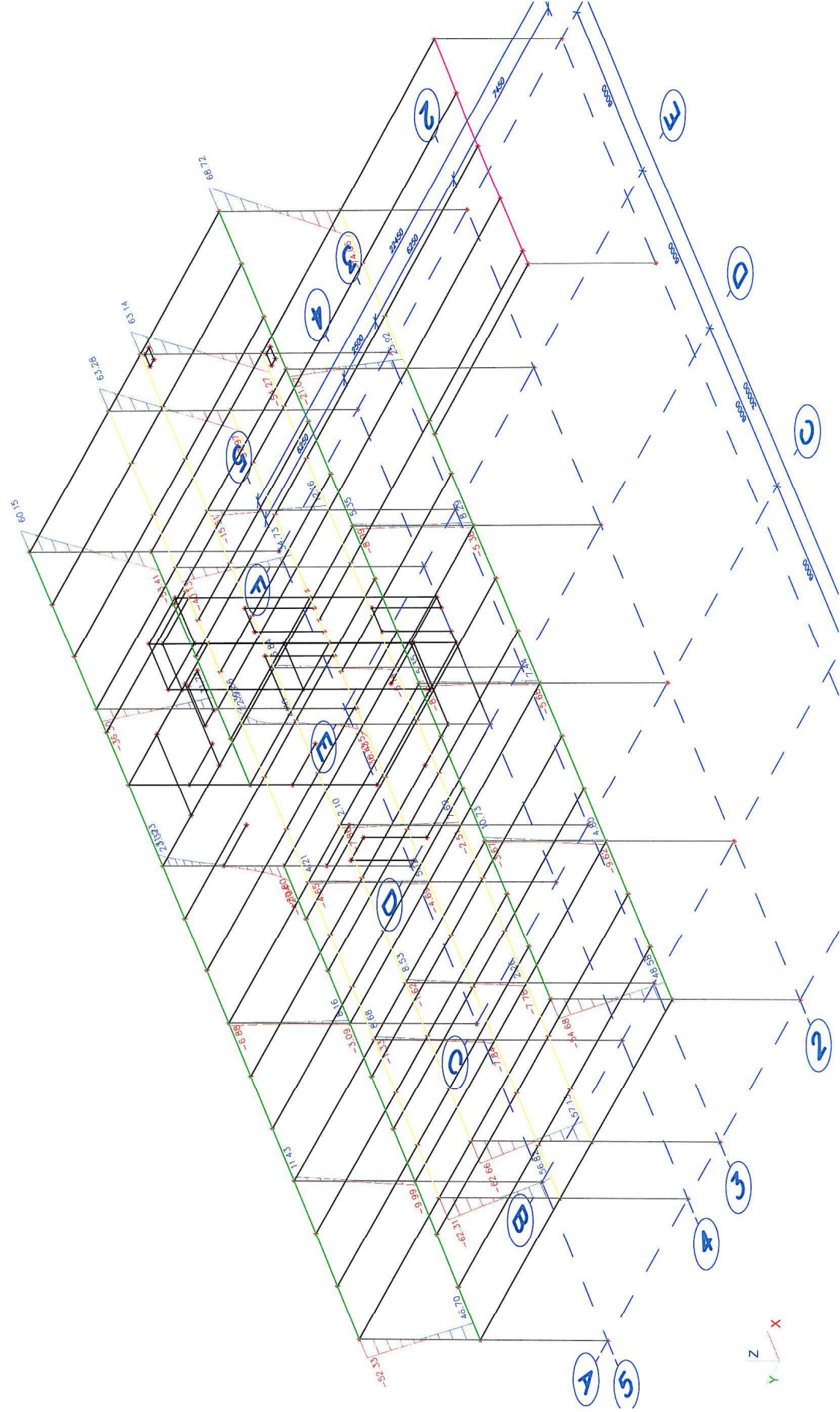
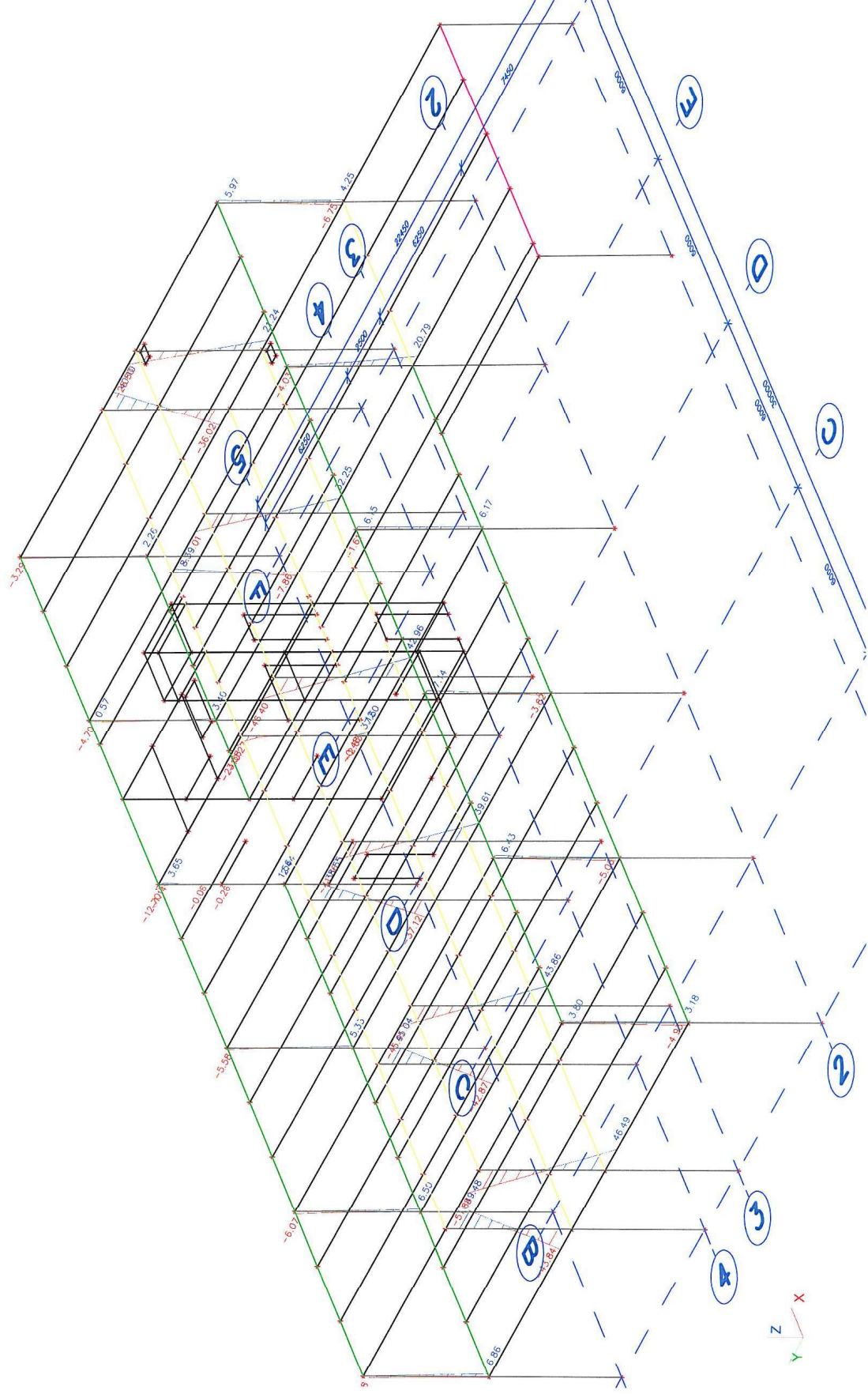


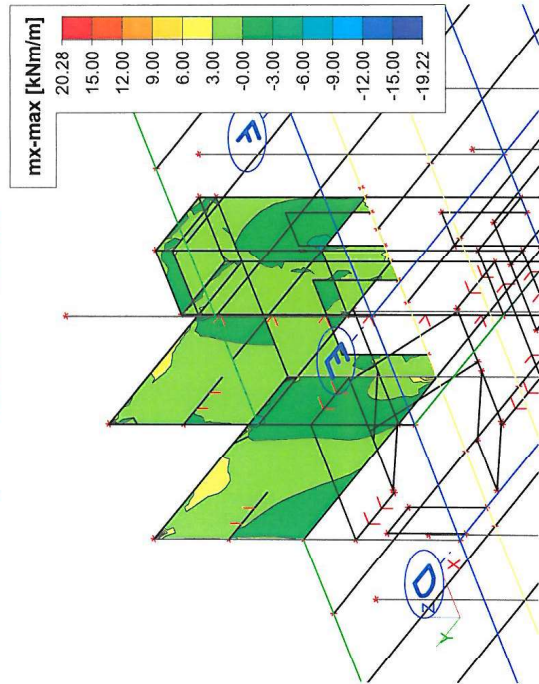
#### 7.4.7.2. Vnitřní síly ve sloupech 2.NP - My



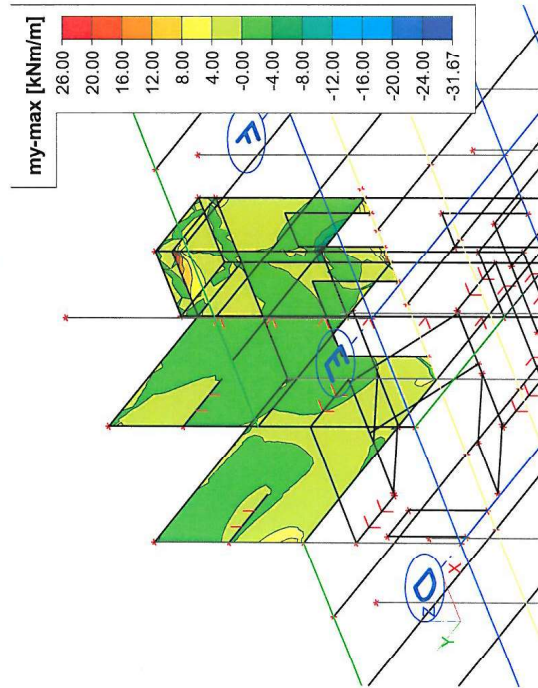
### 7.4.7.3. Vnitřní síly ve sloupech 2.NP - Mz



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

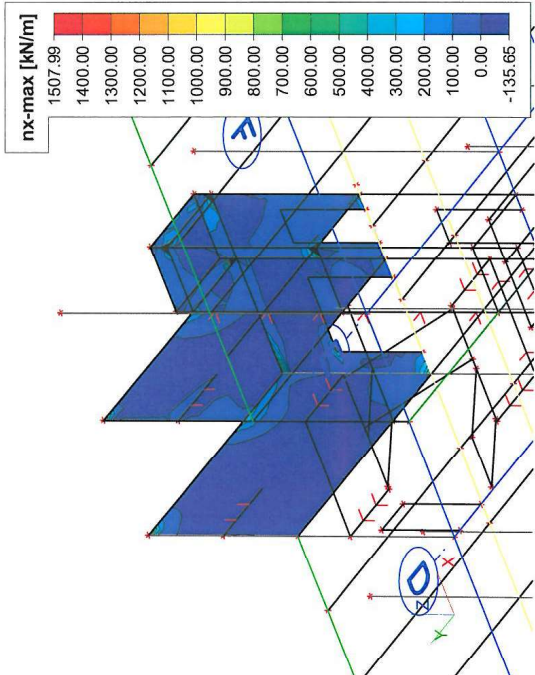


7.4.7.5. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP - my max

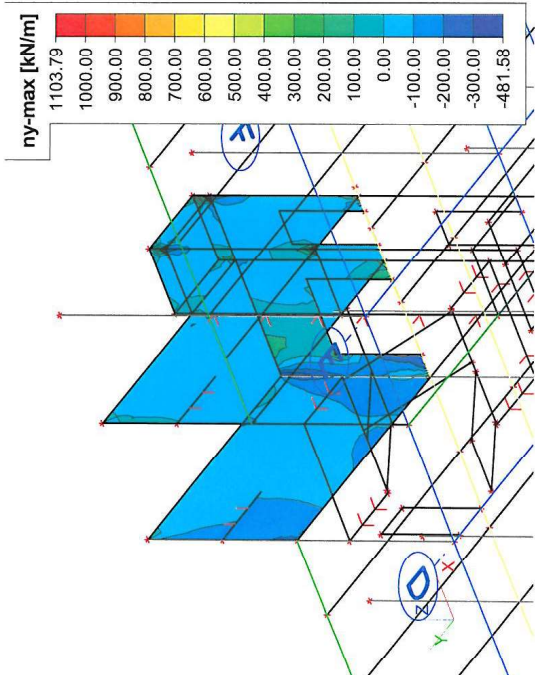




7.4.7.6. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP - nx max

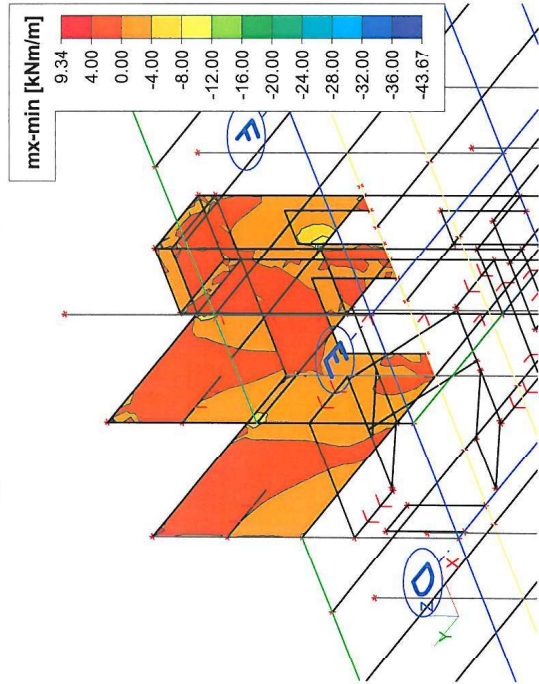


7.4.7.7. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP - ny max

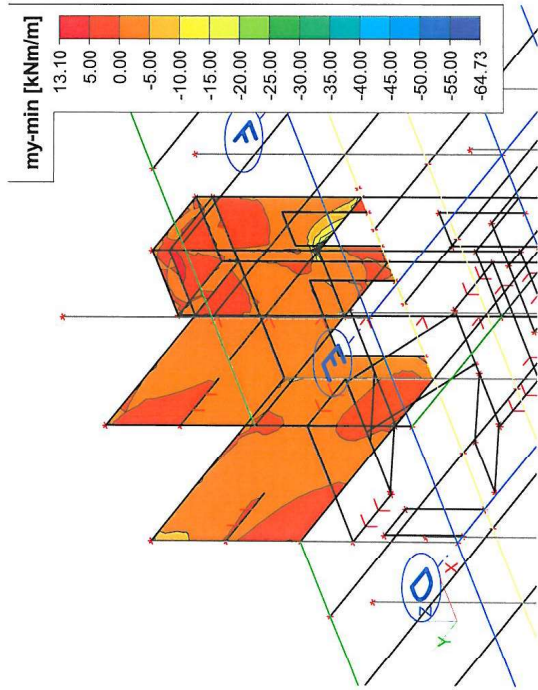




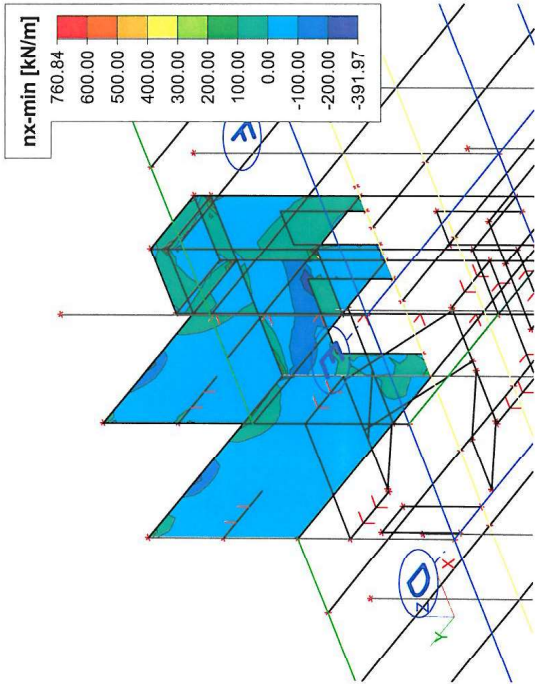
7.4.7.8. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP - mx min



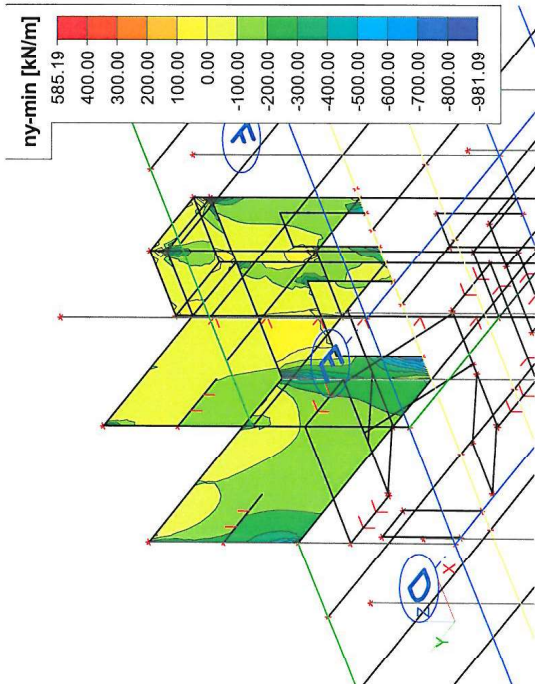
7.4.7.9. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP - my min



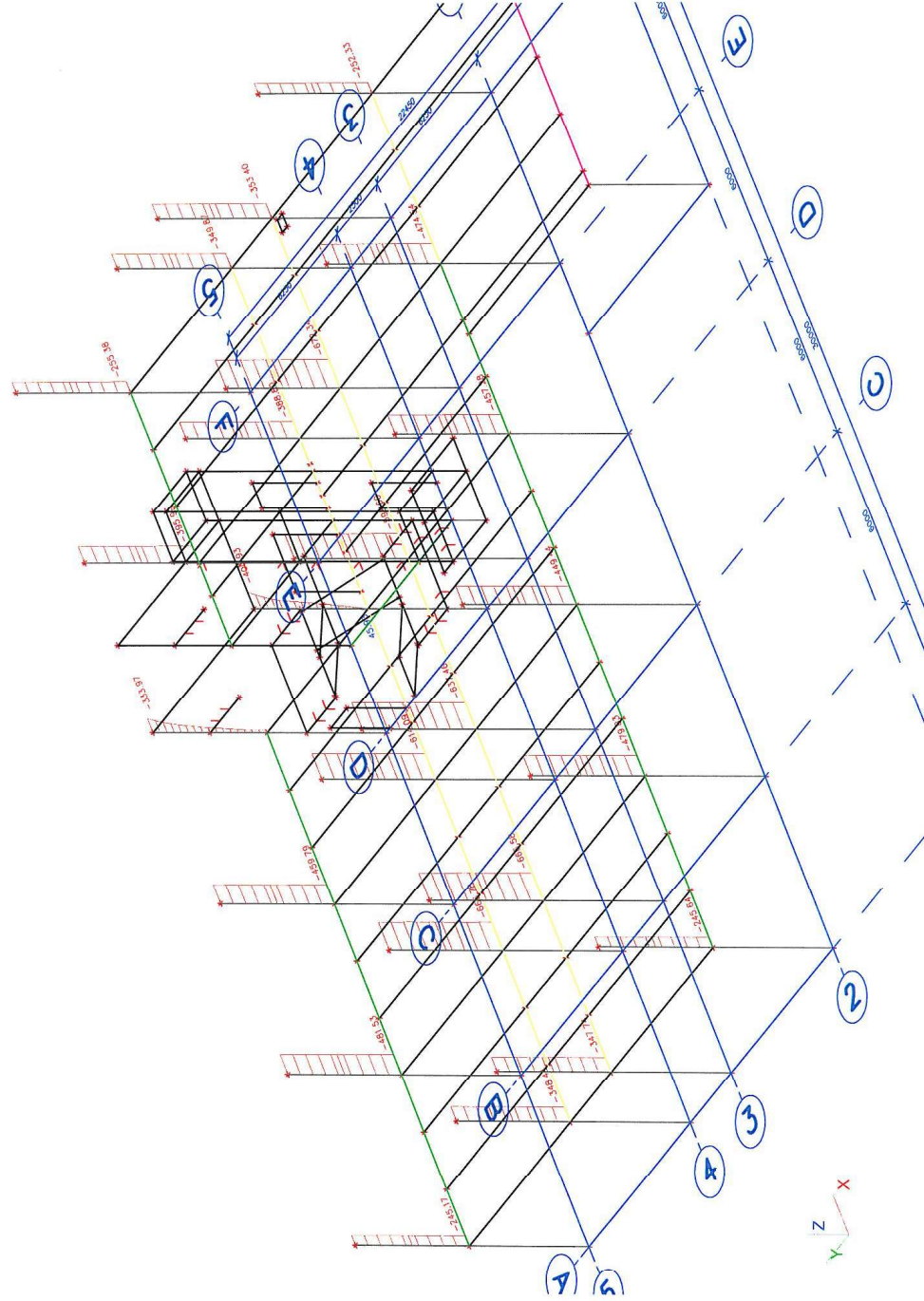
7.4.7.10. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP - nx min



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



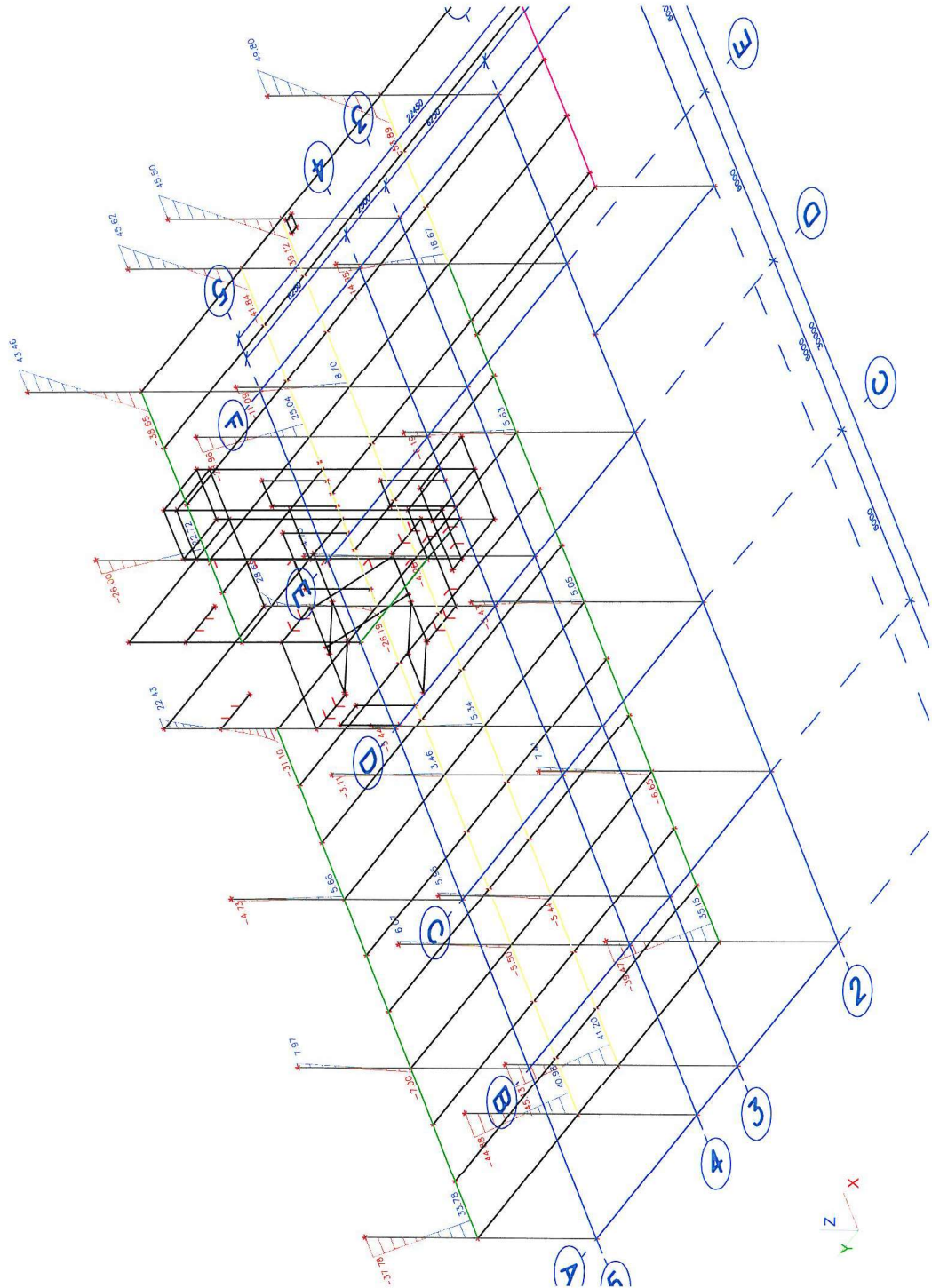
#### 7.4.8.1. Vnitřní síly ve sloupech 2.NP N char.



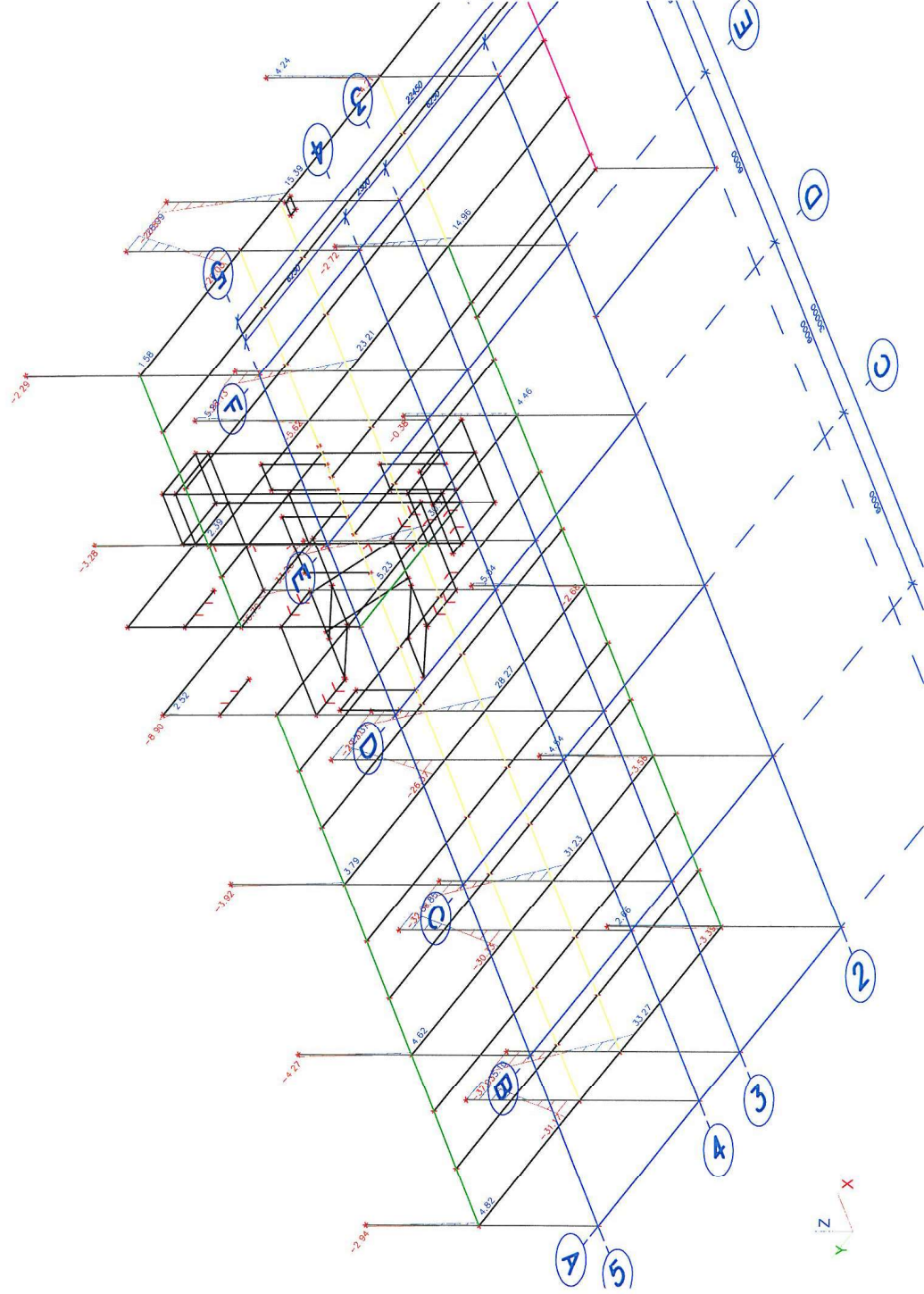


|         |                                 |
|---------|---------------------------------|
| Projekt | Informačně-vzdělávací středisko |
| Část    | Objekt IA (SO 201)              |
| Popis   | Nosná konstrukce objektu        |
| Autor   | Ing. Martin Šafařík             |

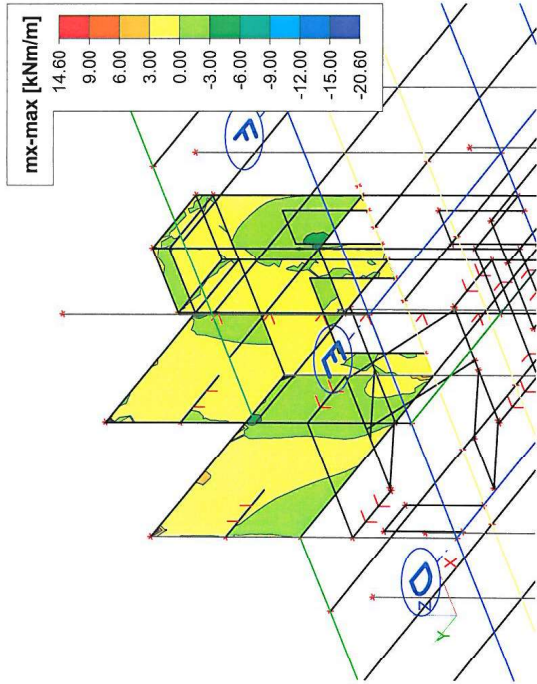
7.4.8.2. Vnitřní síly ve sloupech 2.NP My char.



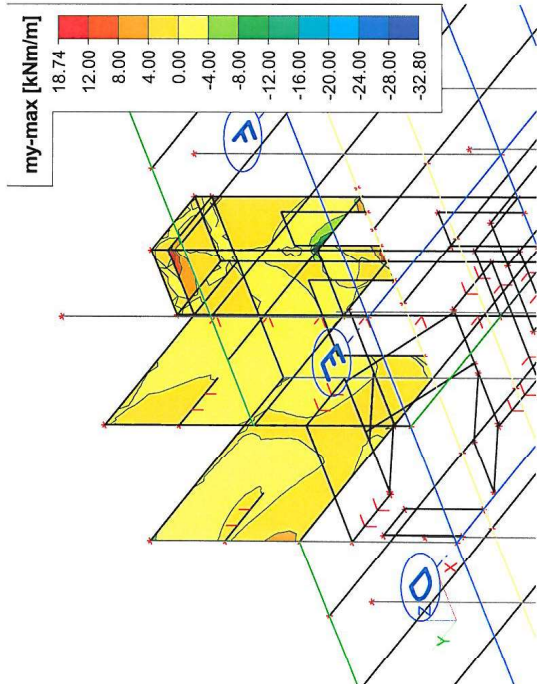
#### 7.4.8.3. Vnitřní síly ve sloupech 2.NP Mz char.



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

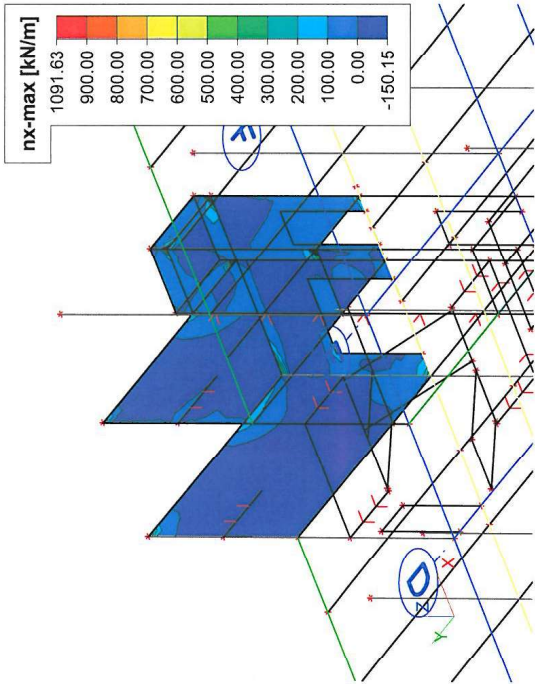


7.4.8.5. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP - my max char.

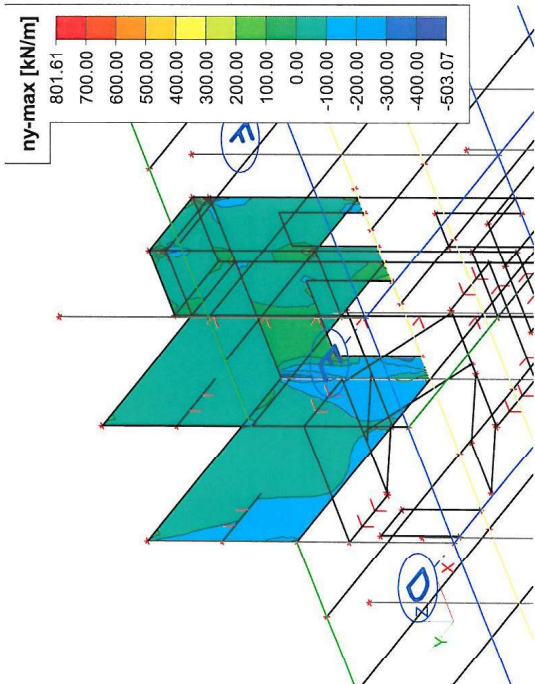




7.4.8.6. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP - nx max char.

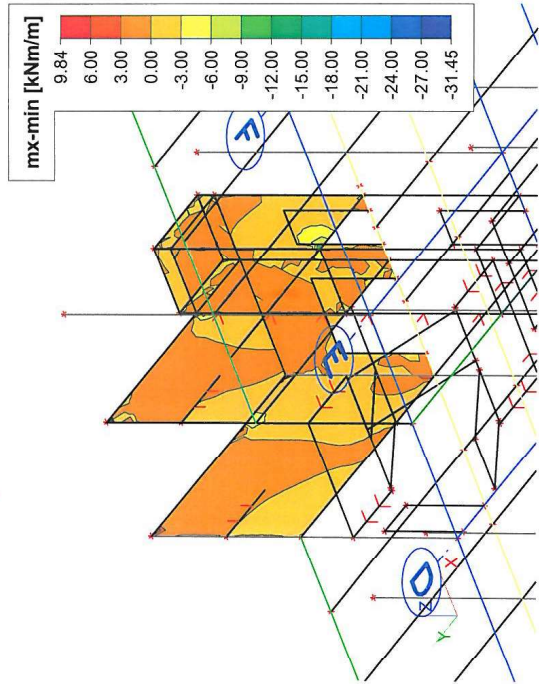


7.4.8.7. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP - ny max char.

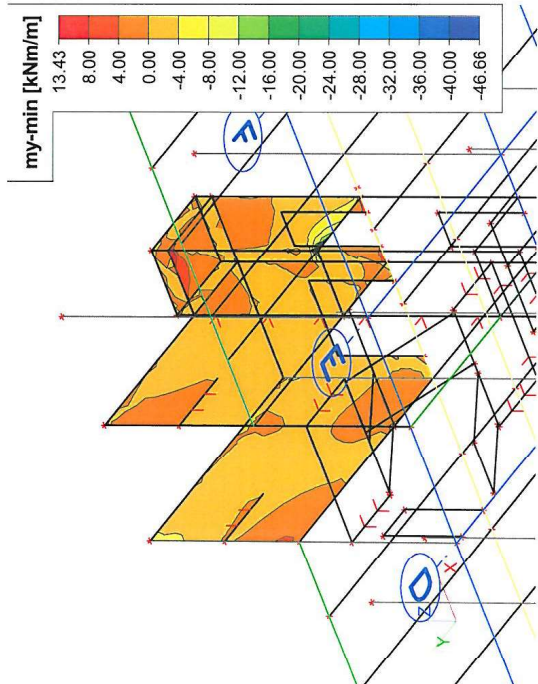


|         |                                 |
|---------|---------------------------------|
| Projekt | Informačné-vzdělávací středisko |
| Část    | Objekt IA (SO 201)              |
| Popis   | Nosná konstrukce objektu        |
| Autor   | Ing. Martin Šafařík             |

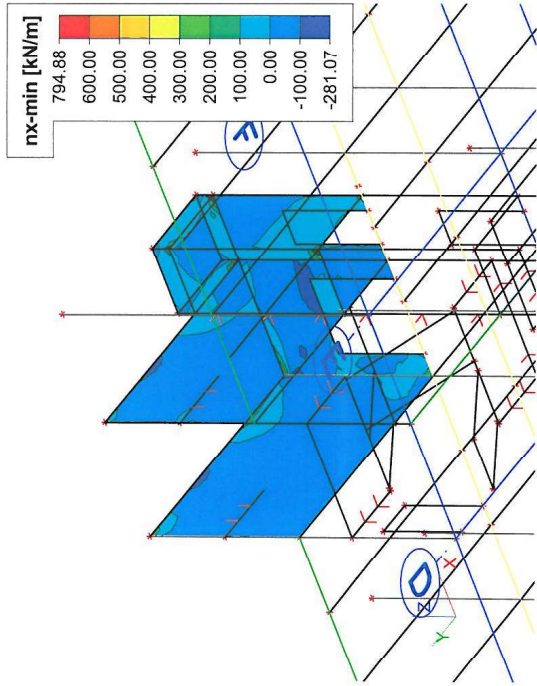
7.4.8.8. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP - mx min char.



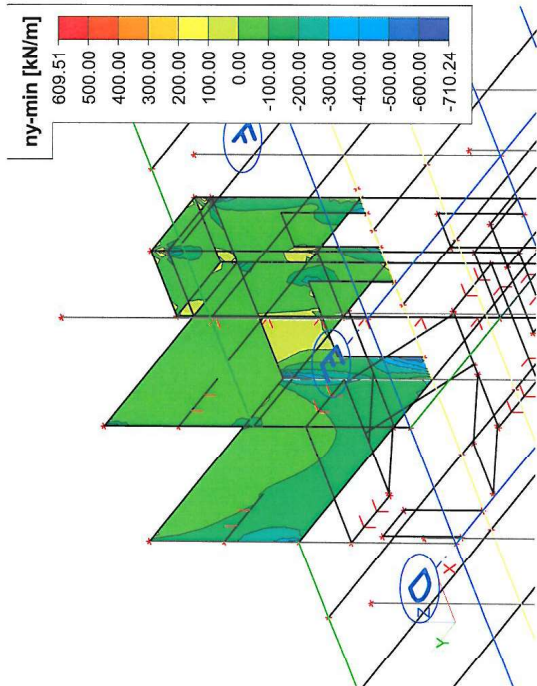
7.4.8.9. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP - my min char.



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



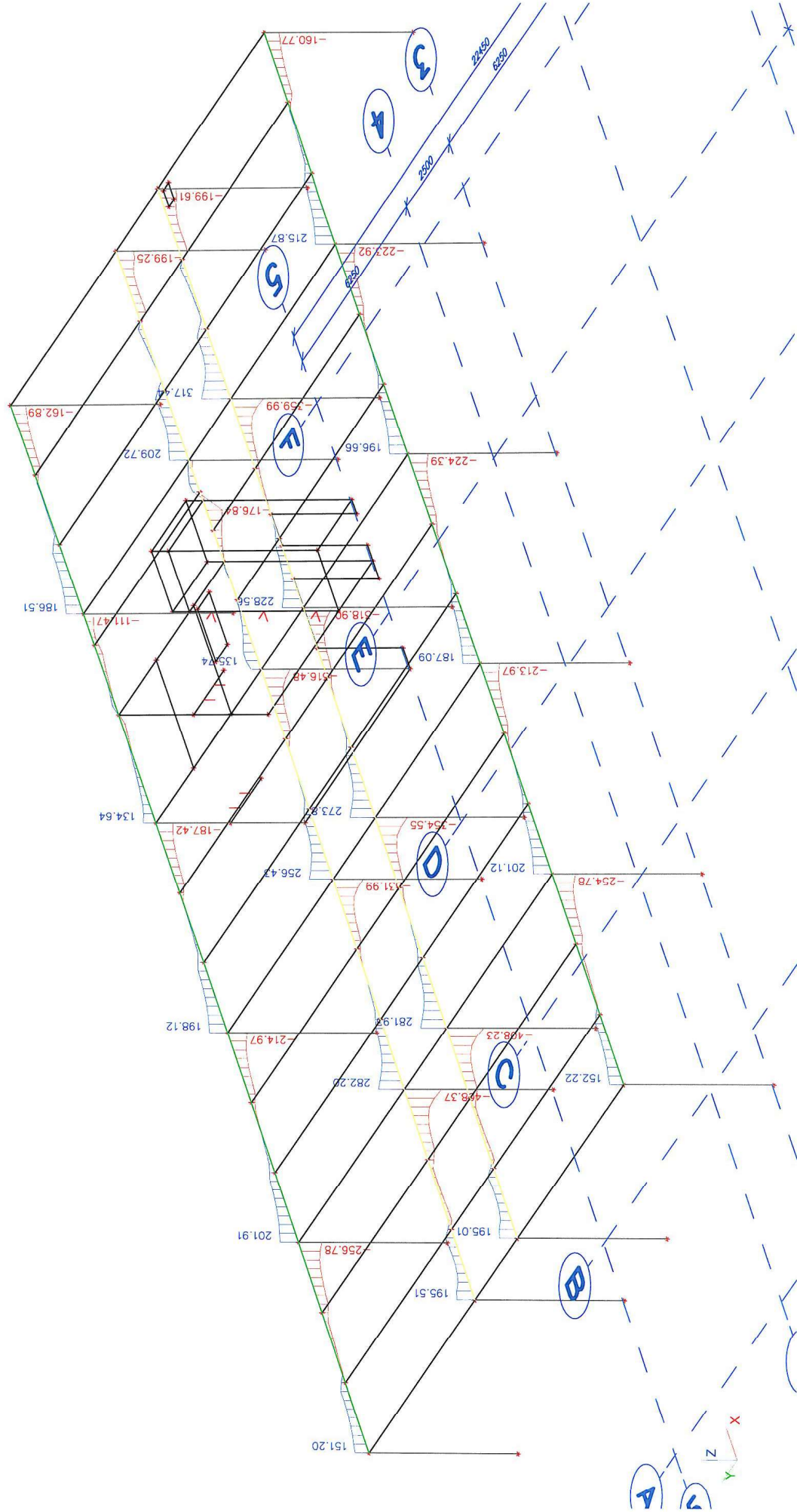
7.4.8.11. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP - ny min char.



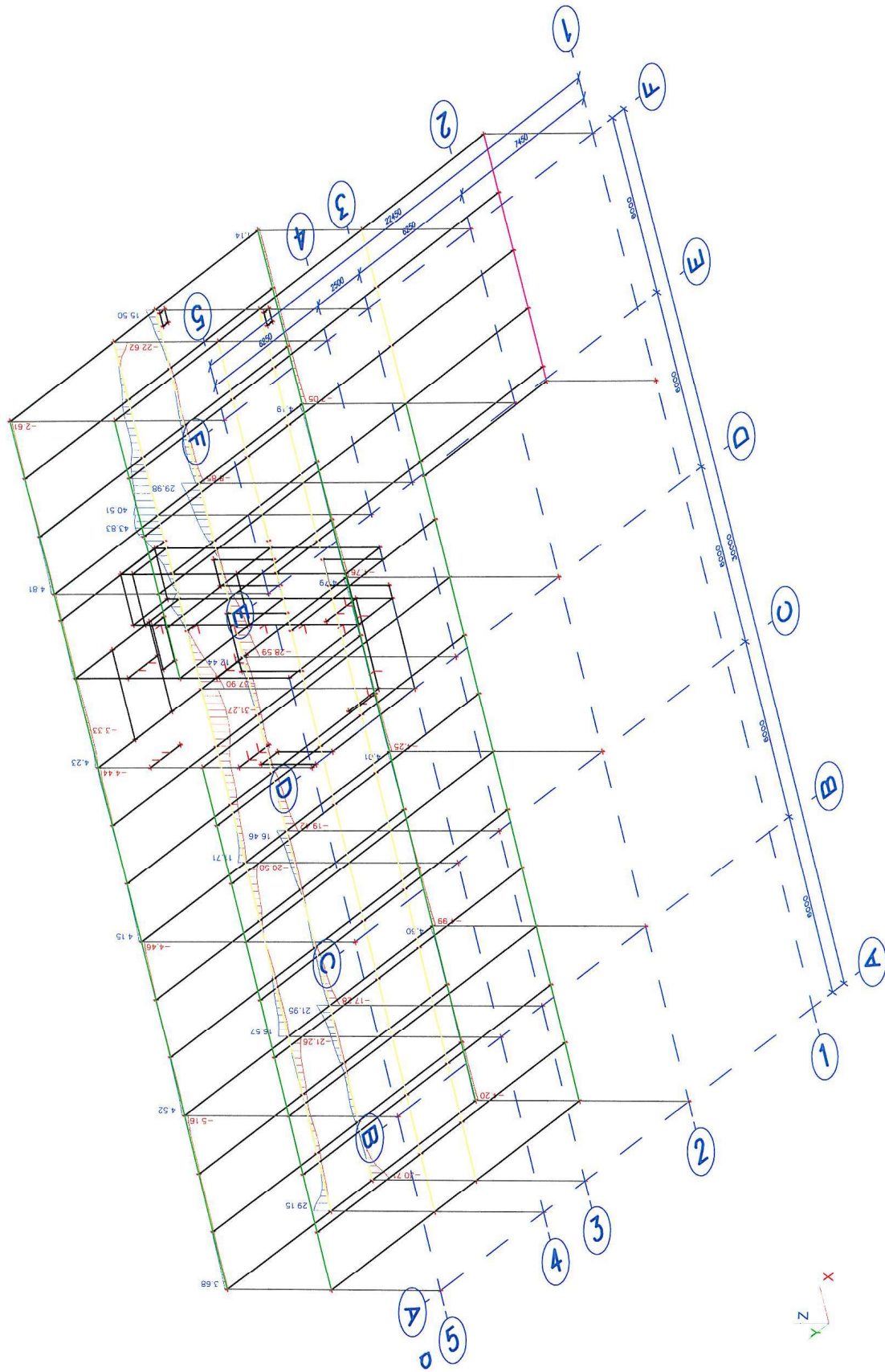


#### 7.4.9. Průvlaky a deska stropu nad 2.NP kombinace 6.10 (STR/GEO)

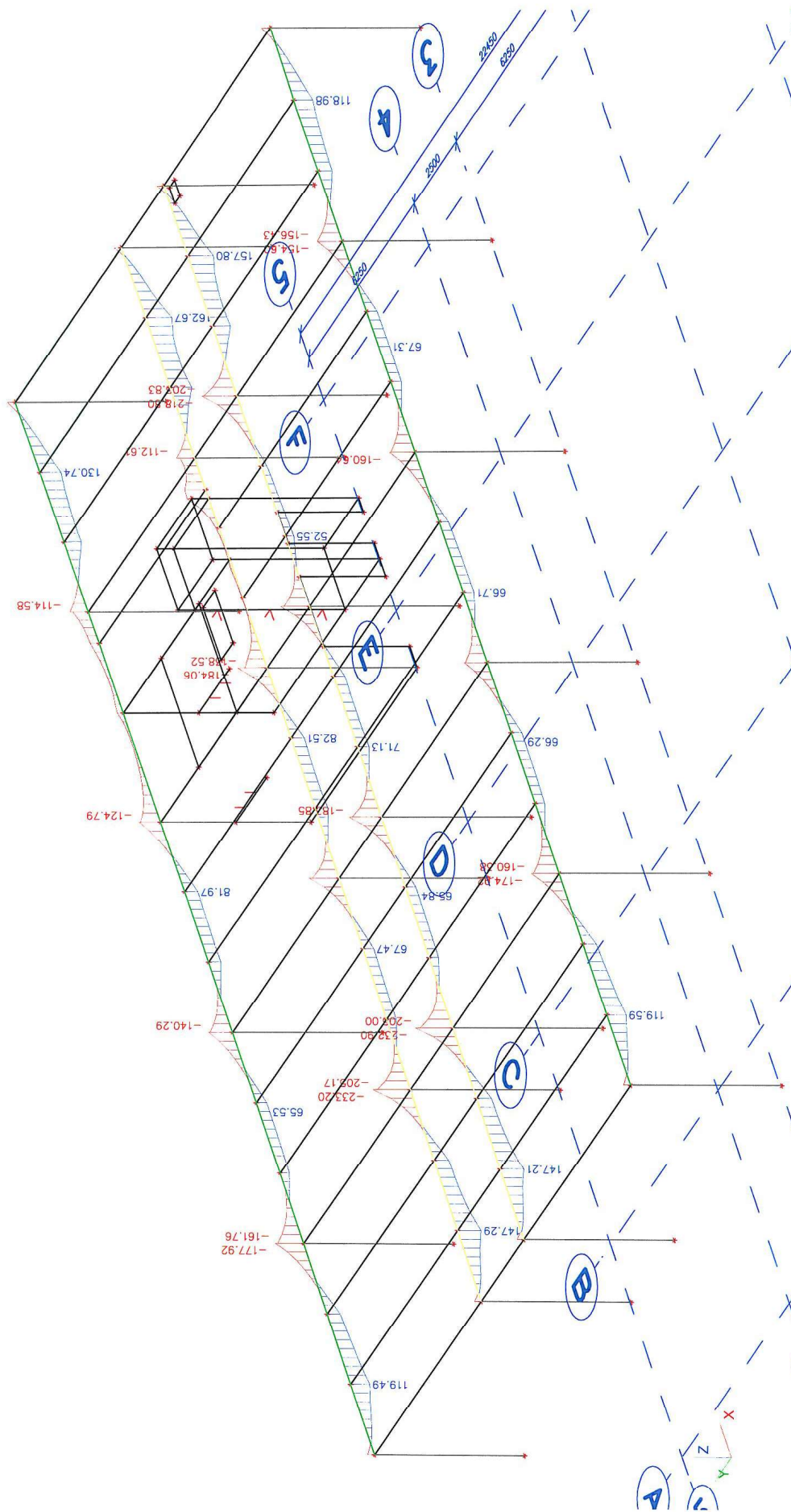
##### 7.4.9.1. Vnitřní síly v průvlacích stropu nad 2.NP - Vz



#### 7.4.9.2. Vnitřní síly v průvlacích stropu nad 2.NP Mx

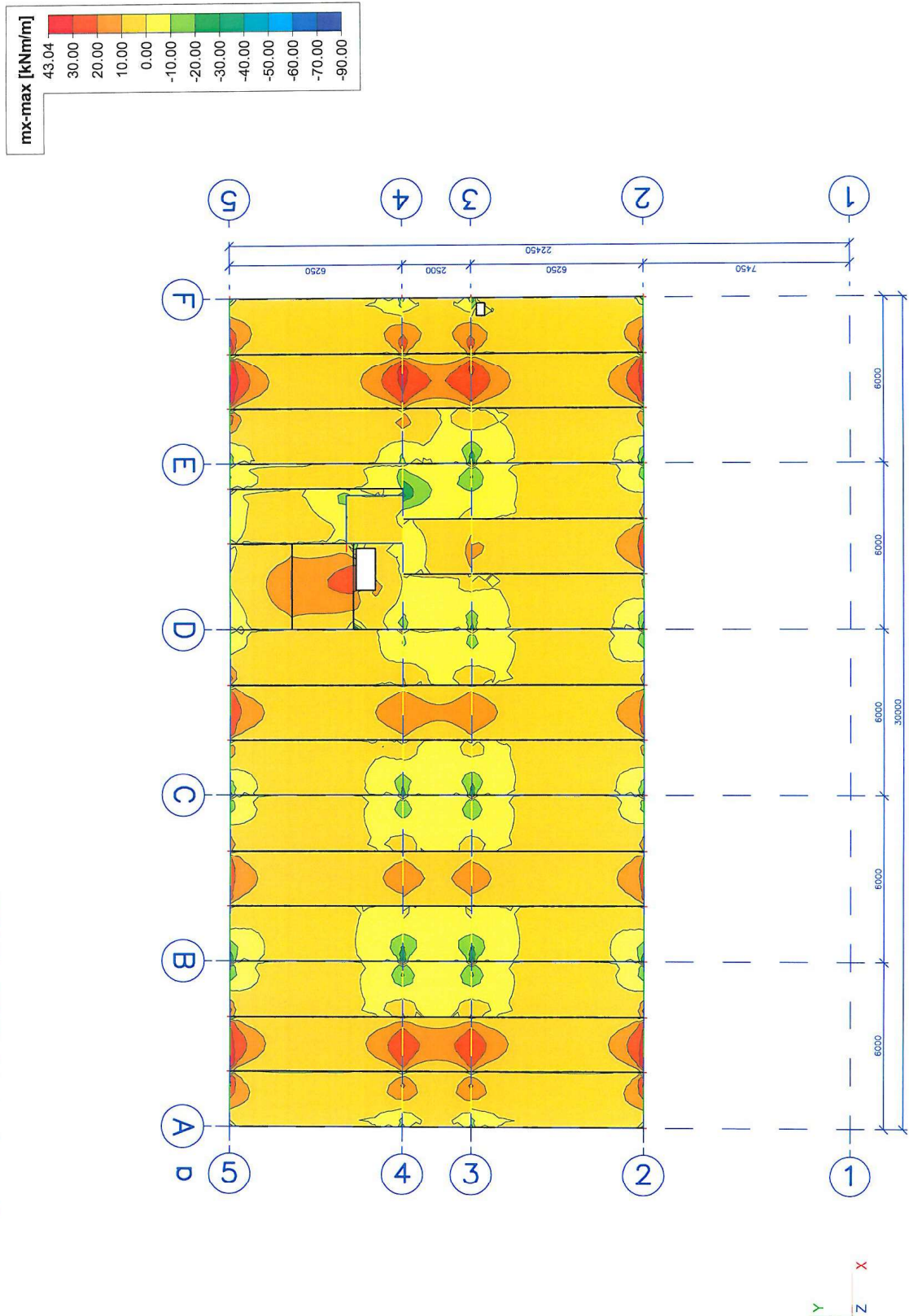


#### 7.4.9.3. Vnitřní síly v průvlacích stropu nad 2.NP - M/y

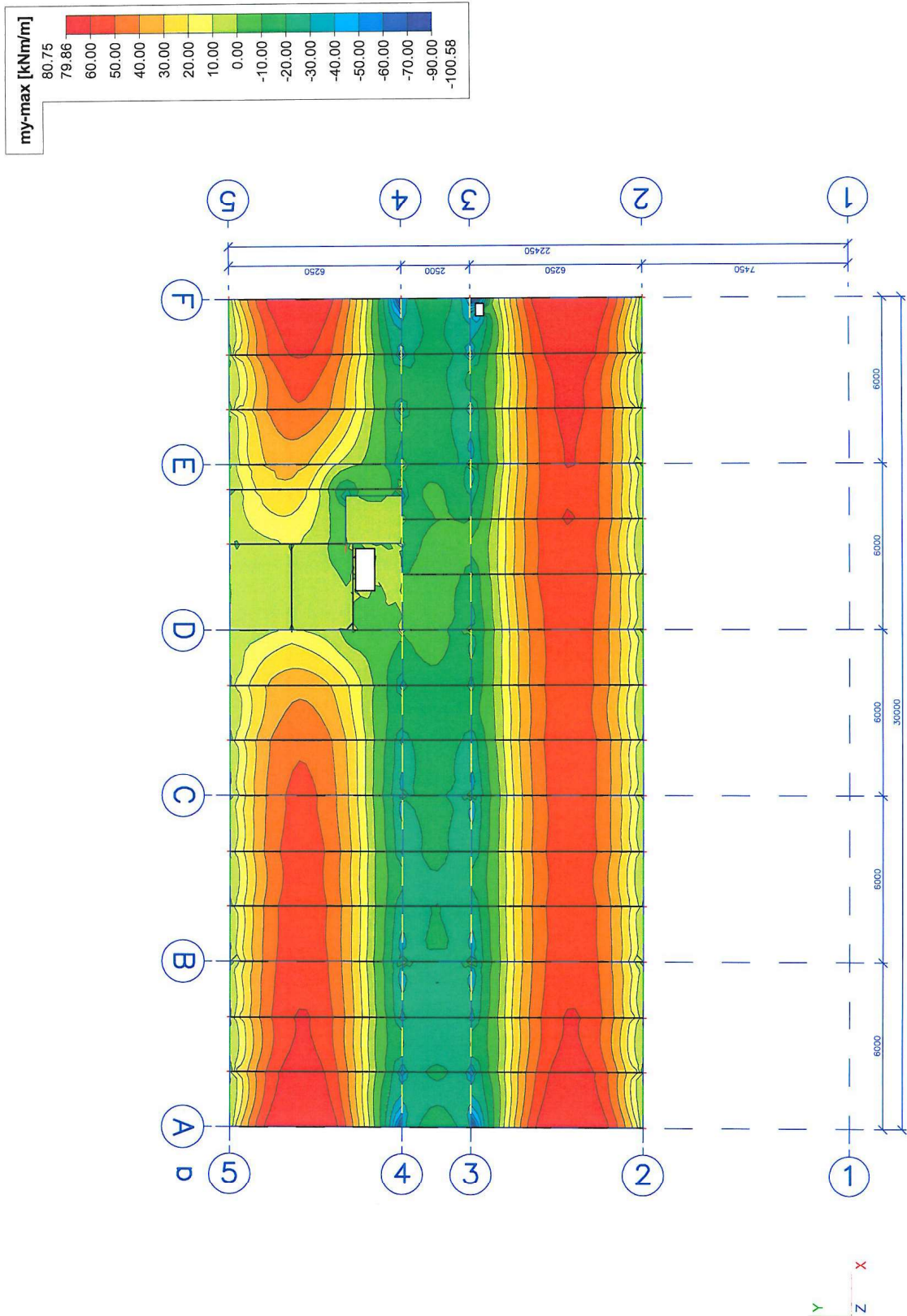




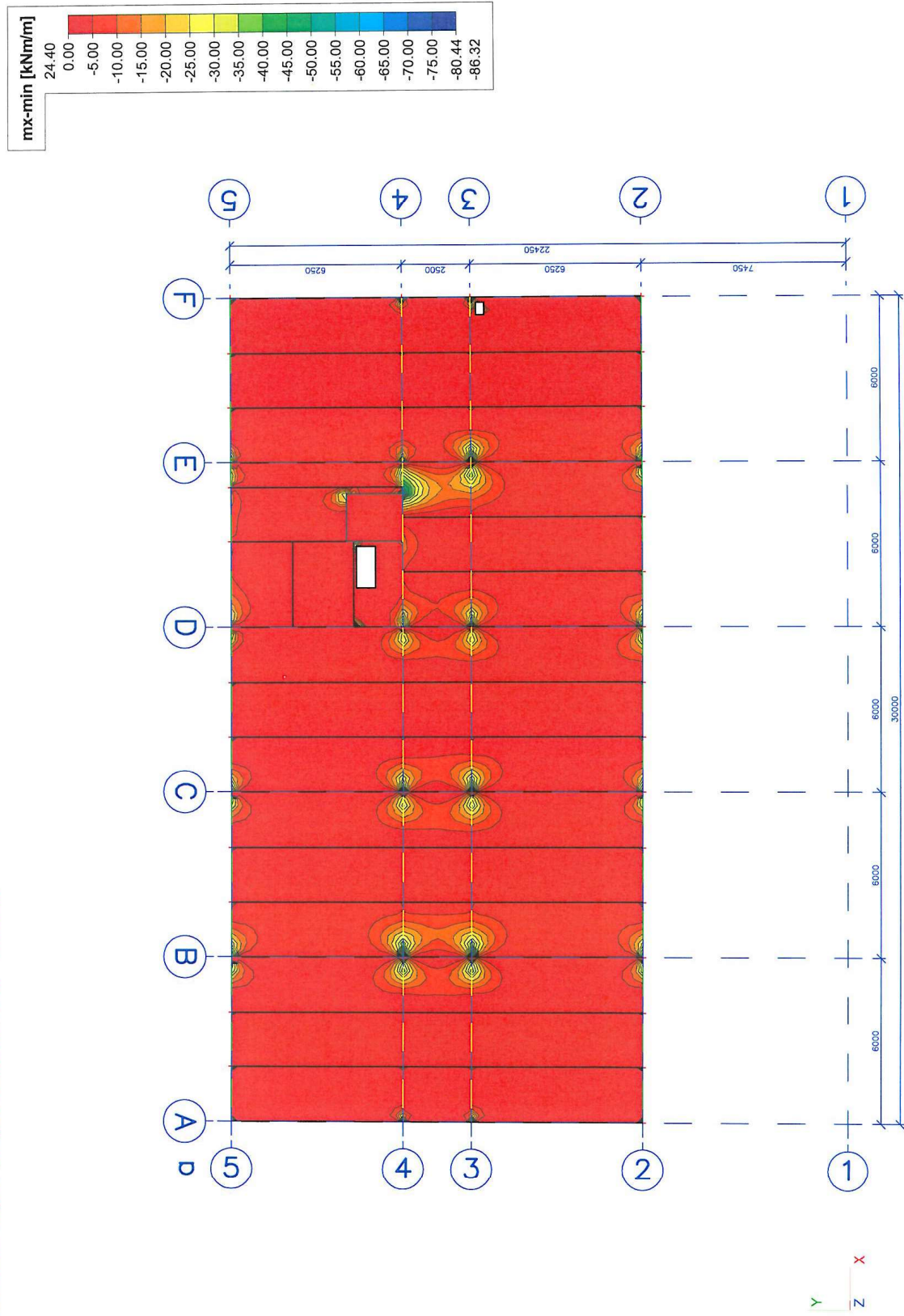
7.4.9.4. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - mx max



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

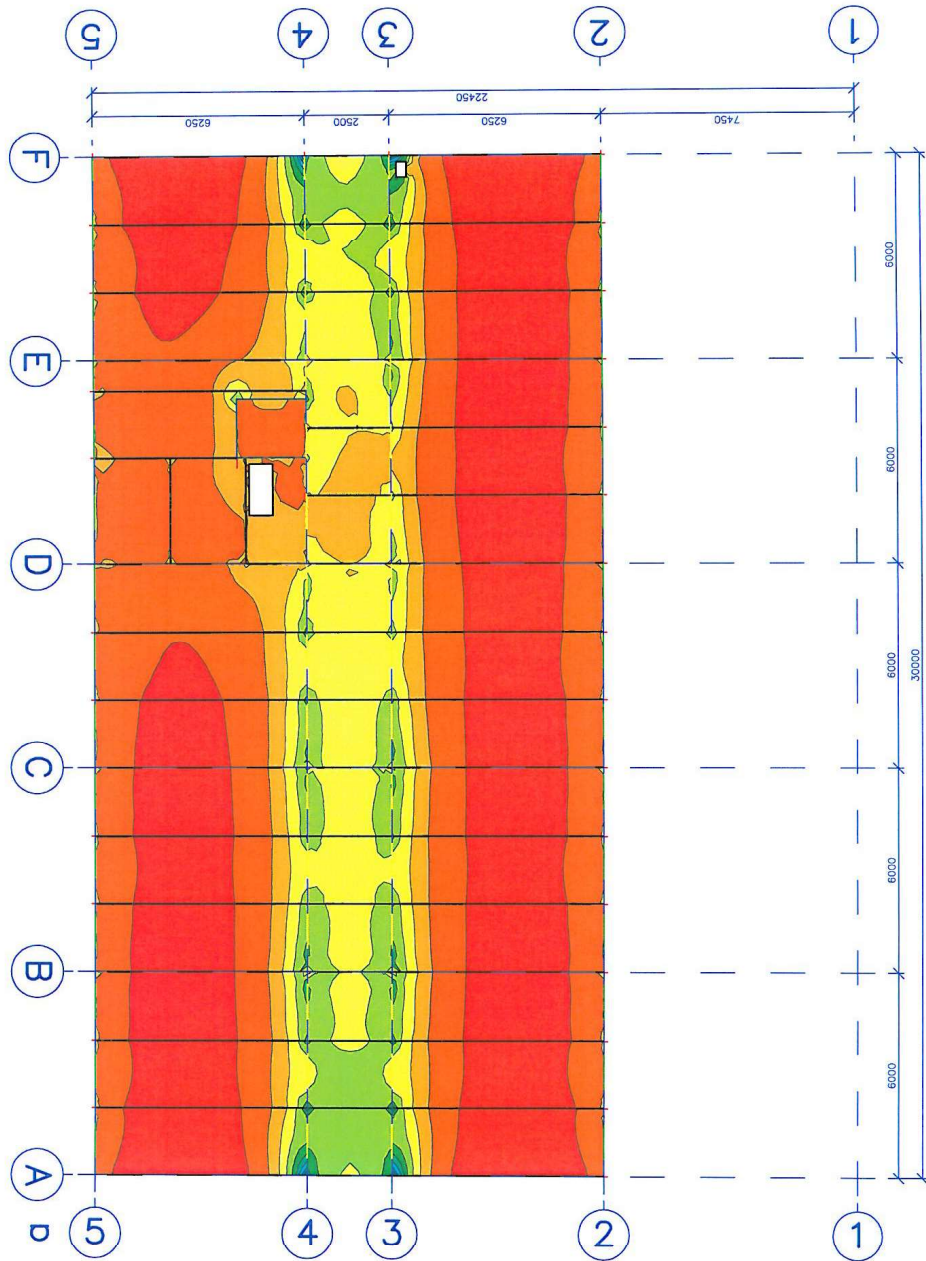
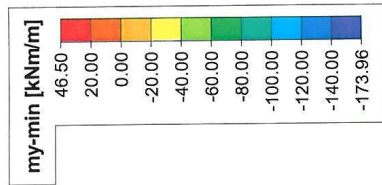


#### 7.4.9.6. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - $m_x$ min

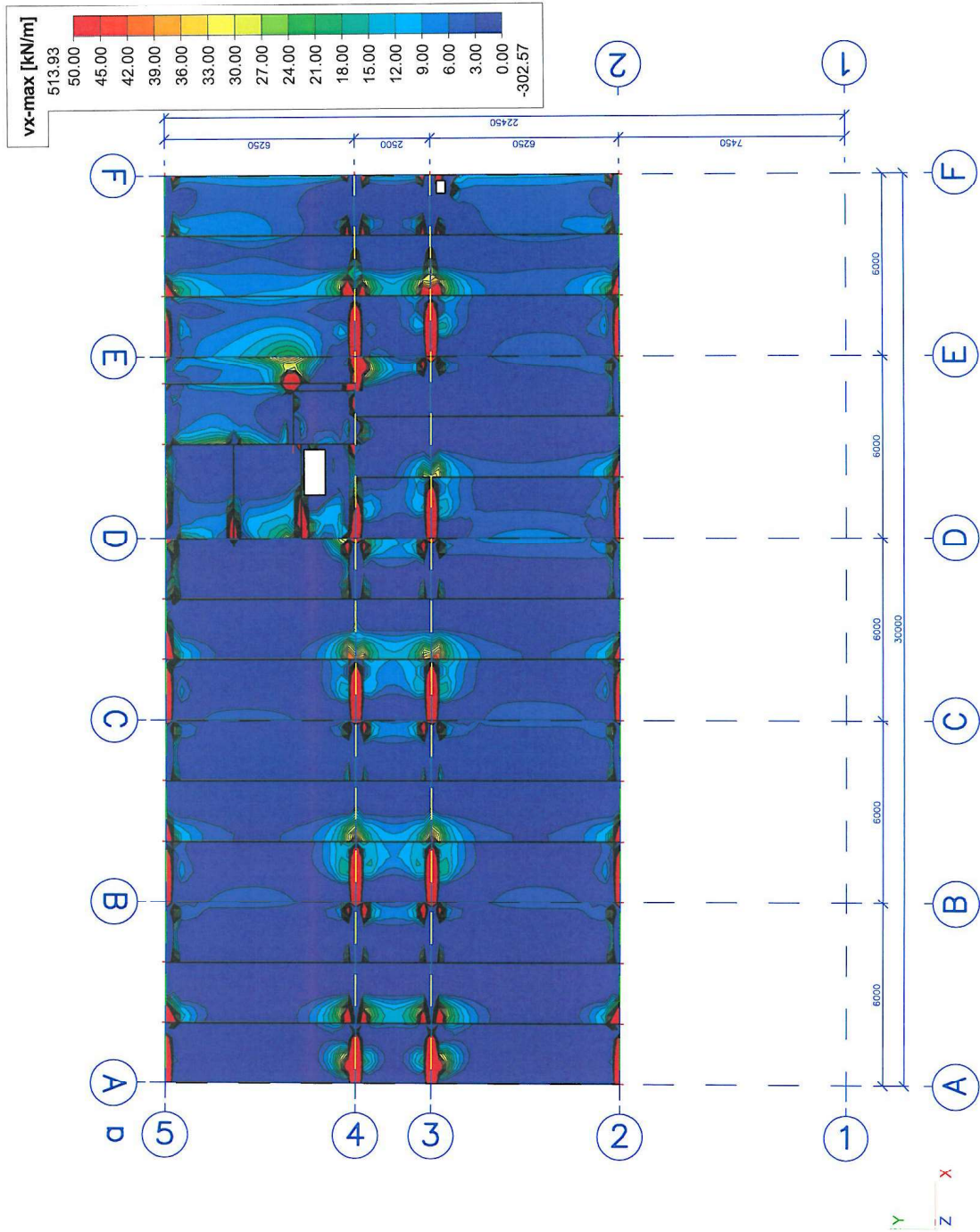




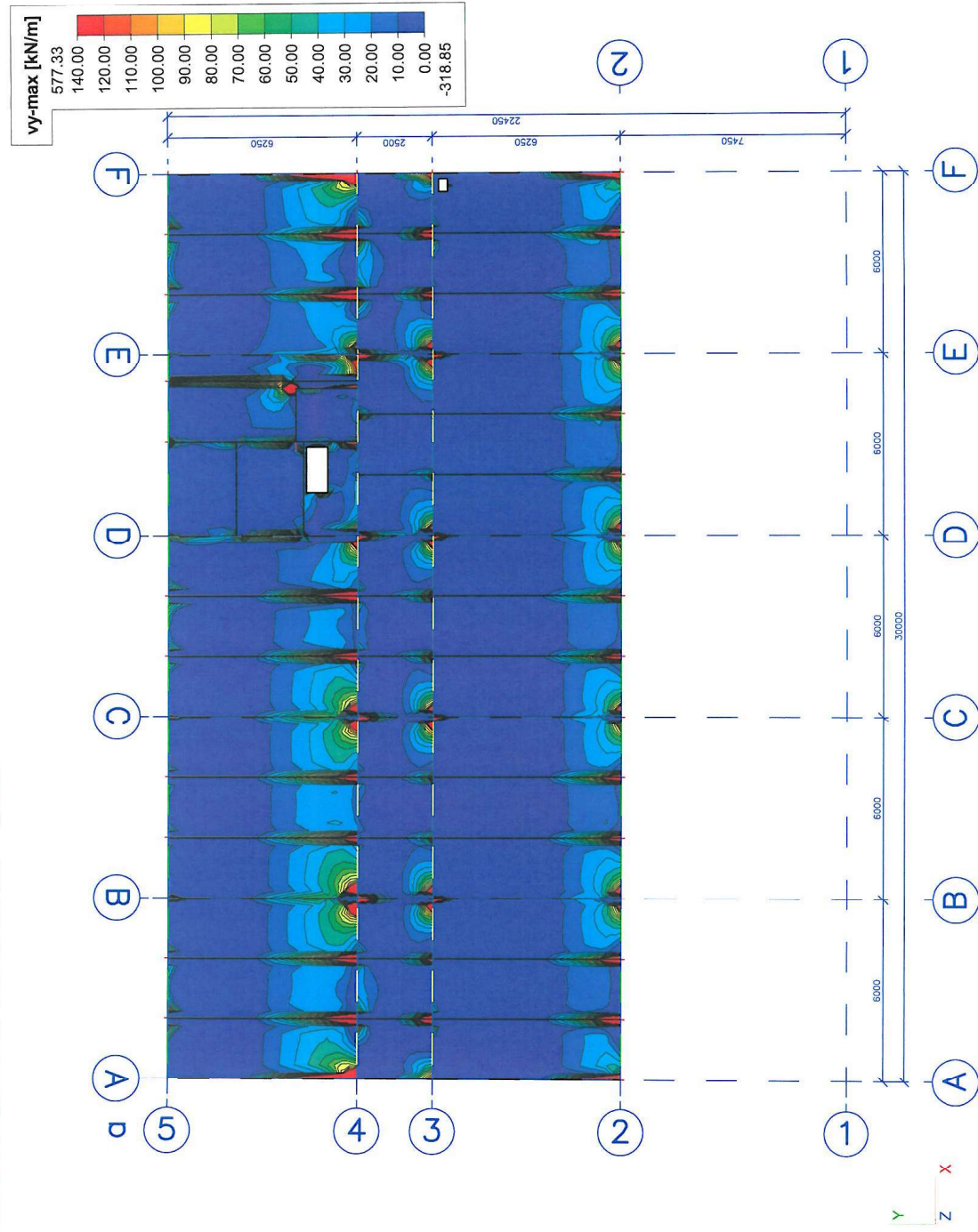
# 7.4.9.7. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - my min



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

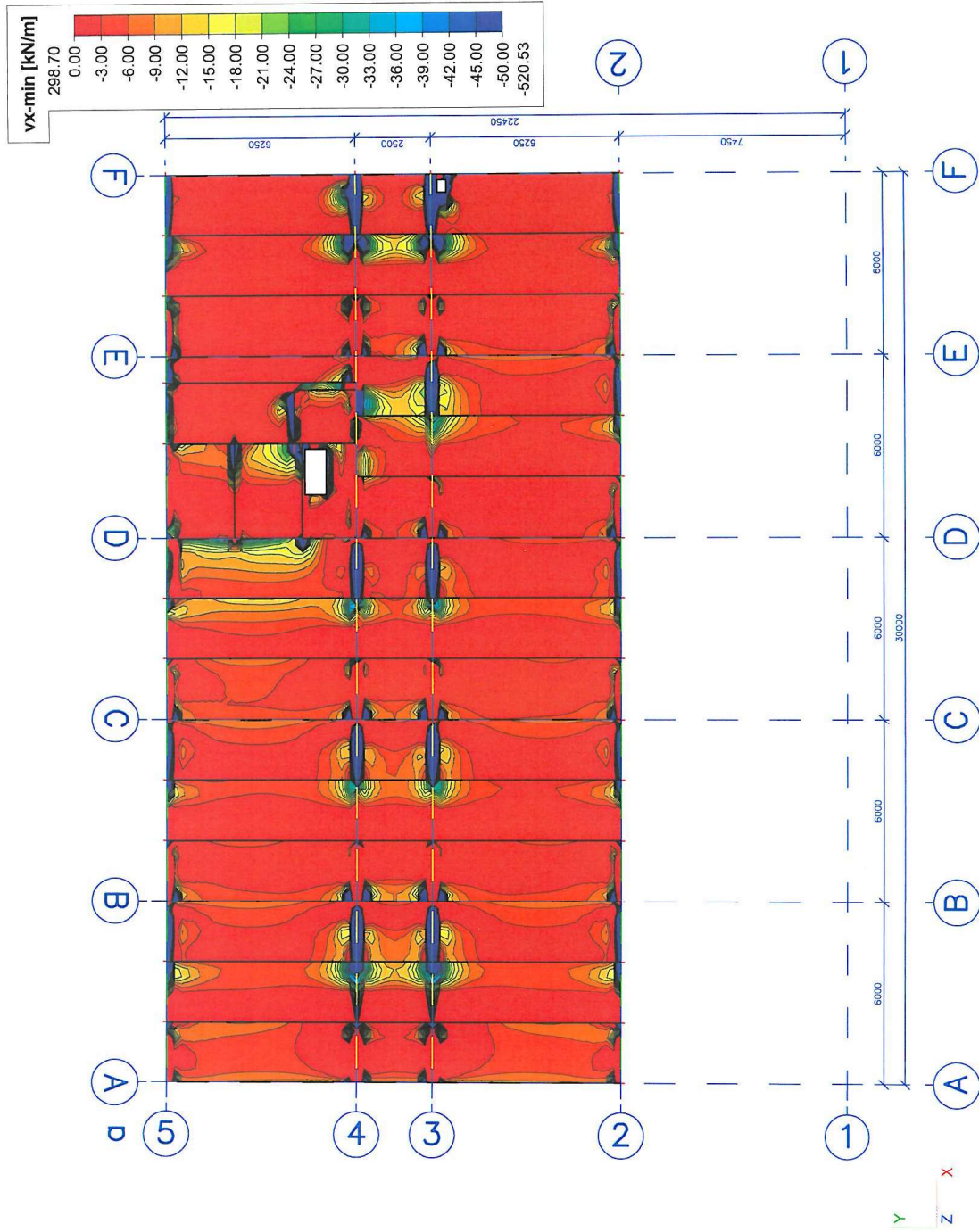


#### 7.4.9.9. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - vy max

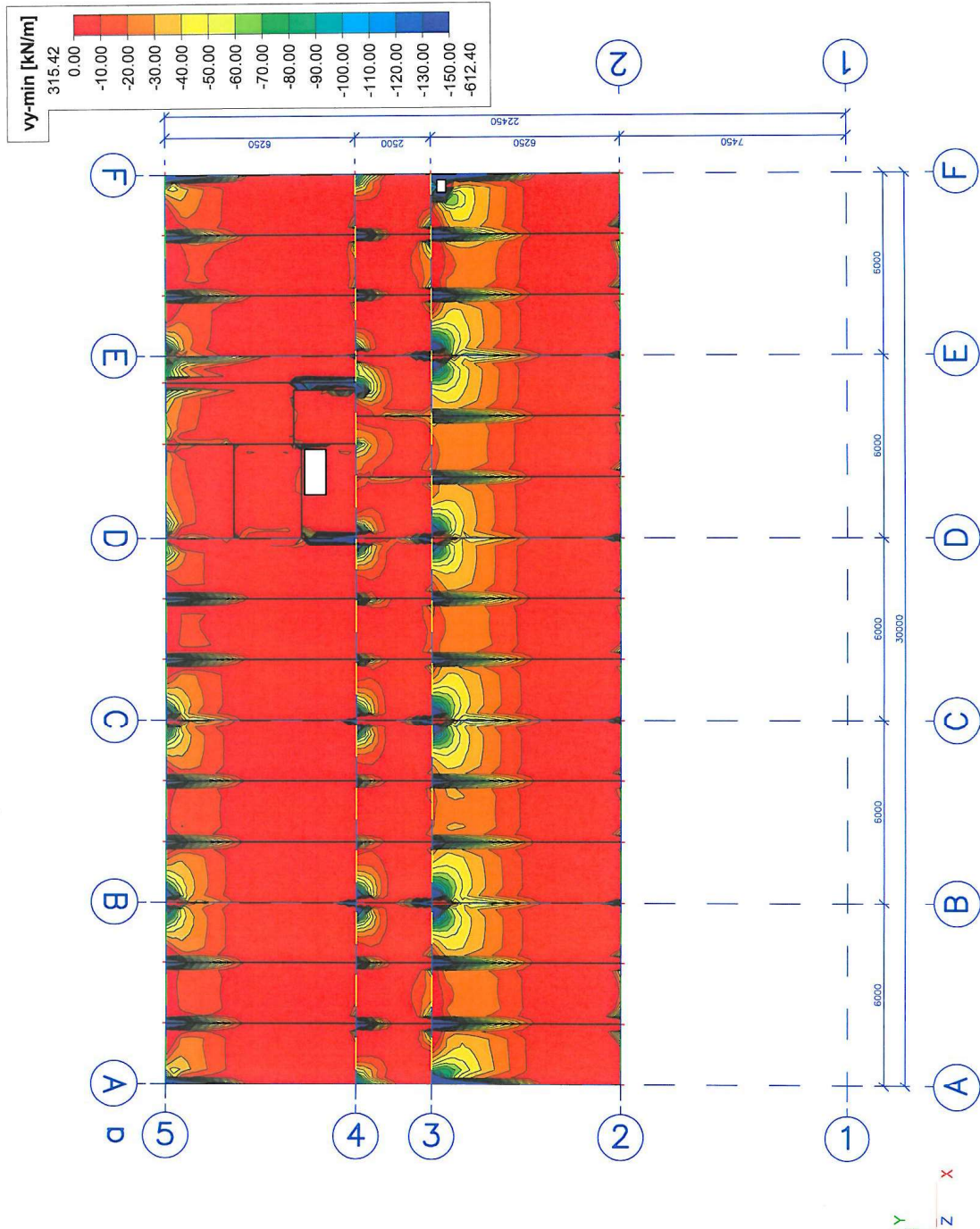




7.4.9.10. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - vx min

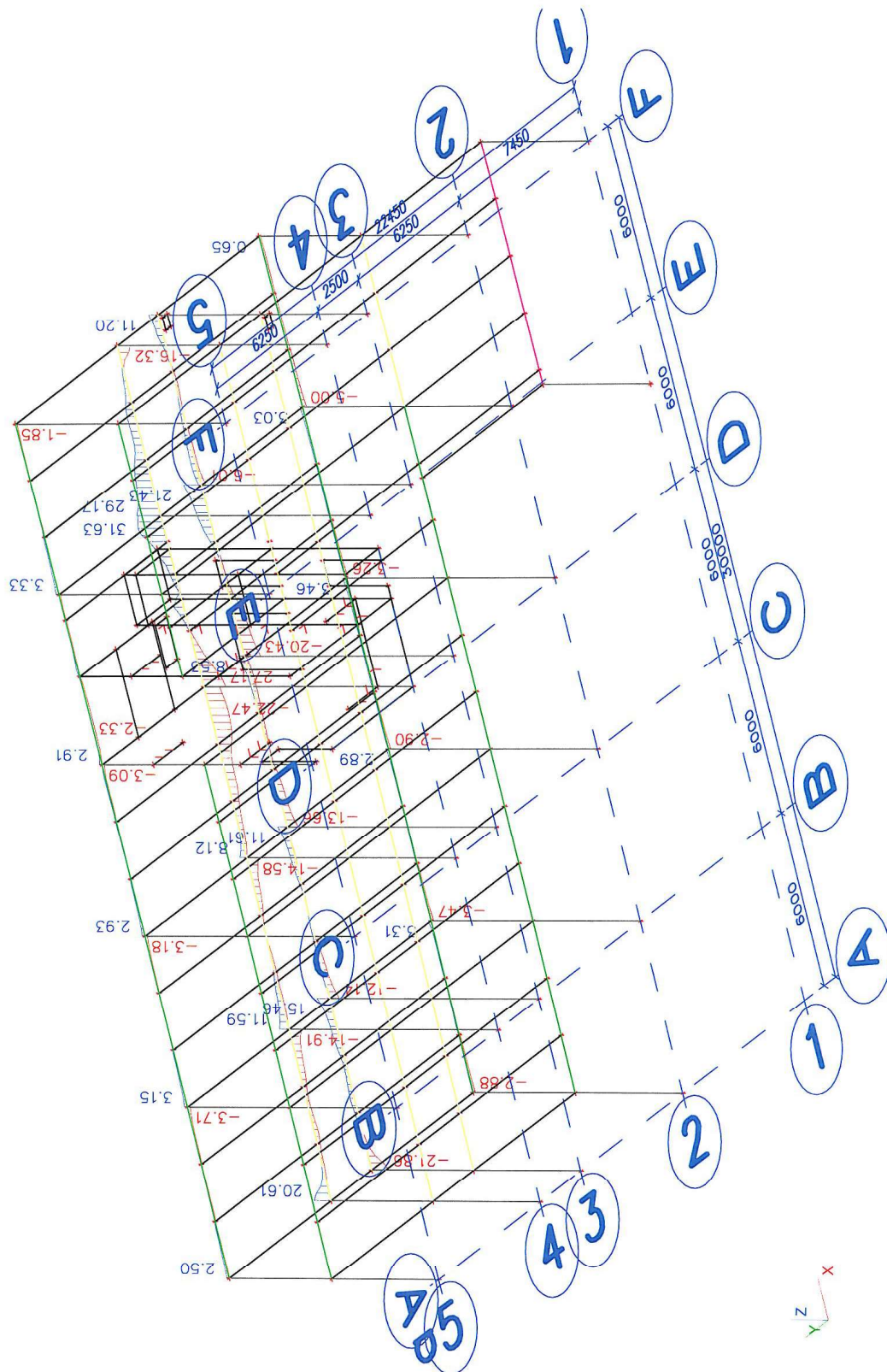


7.4.9.11. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - vy min



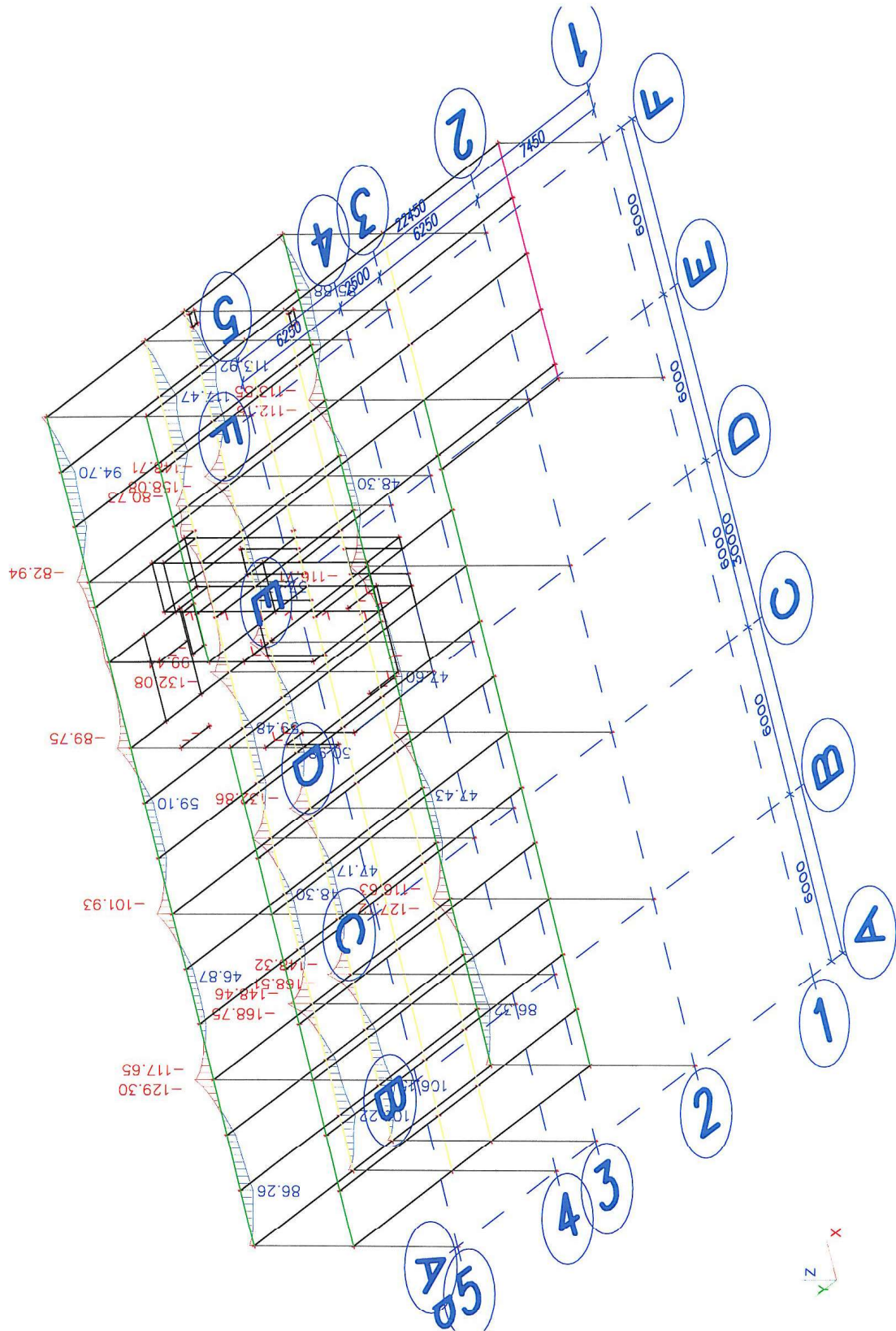
#### 7.4.10. Průvlaky a deska stropu nad 2.NP kombinace charakteristiká

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

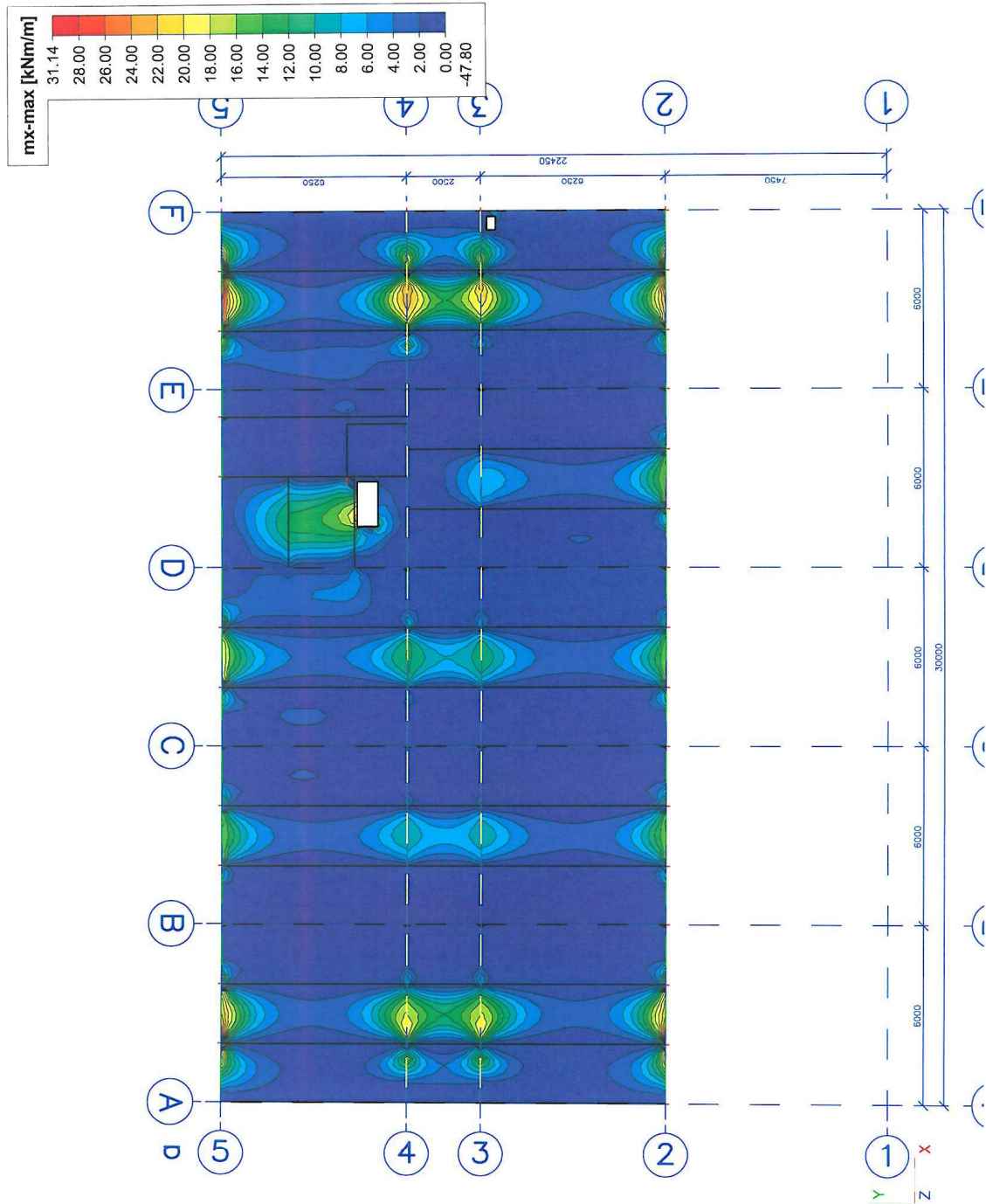




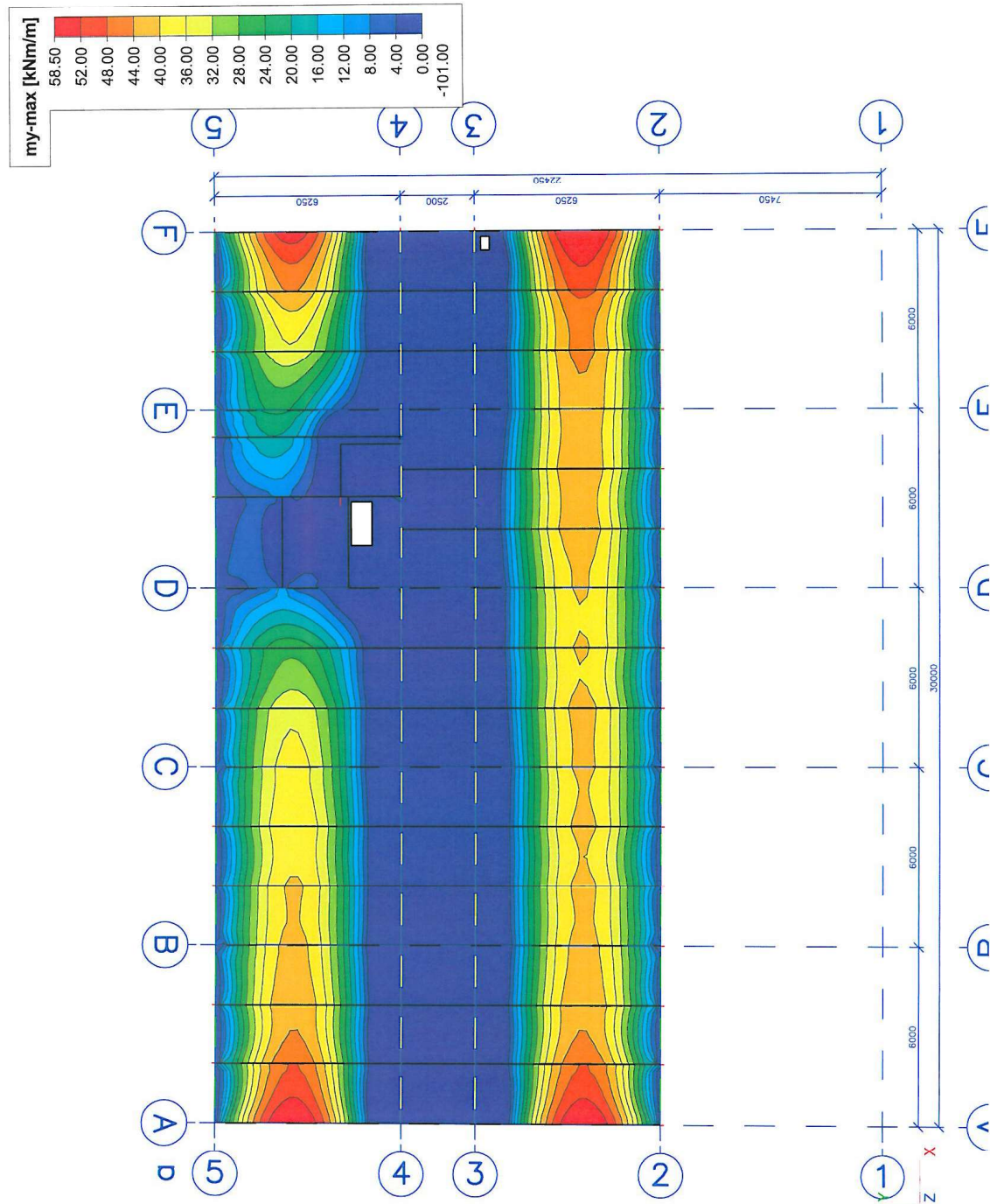
7.4.10.2. Vnitřní síly v průvlacích stropu nad 2.NP My char.



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

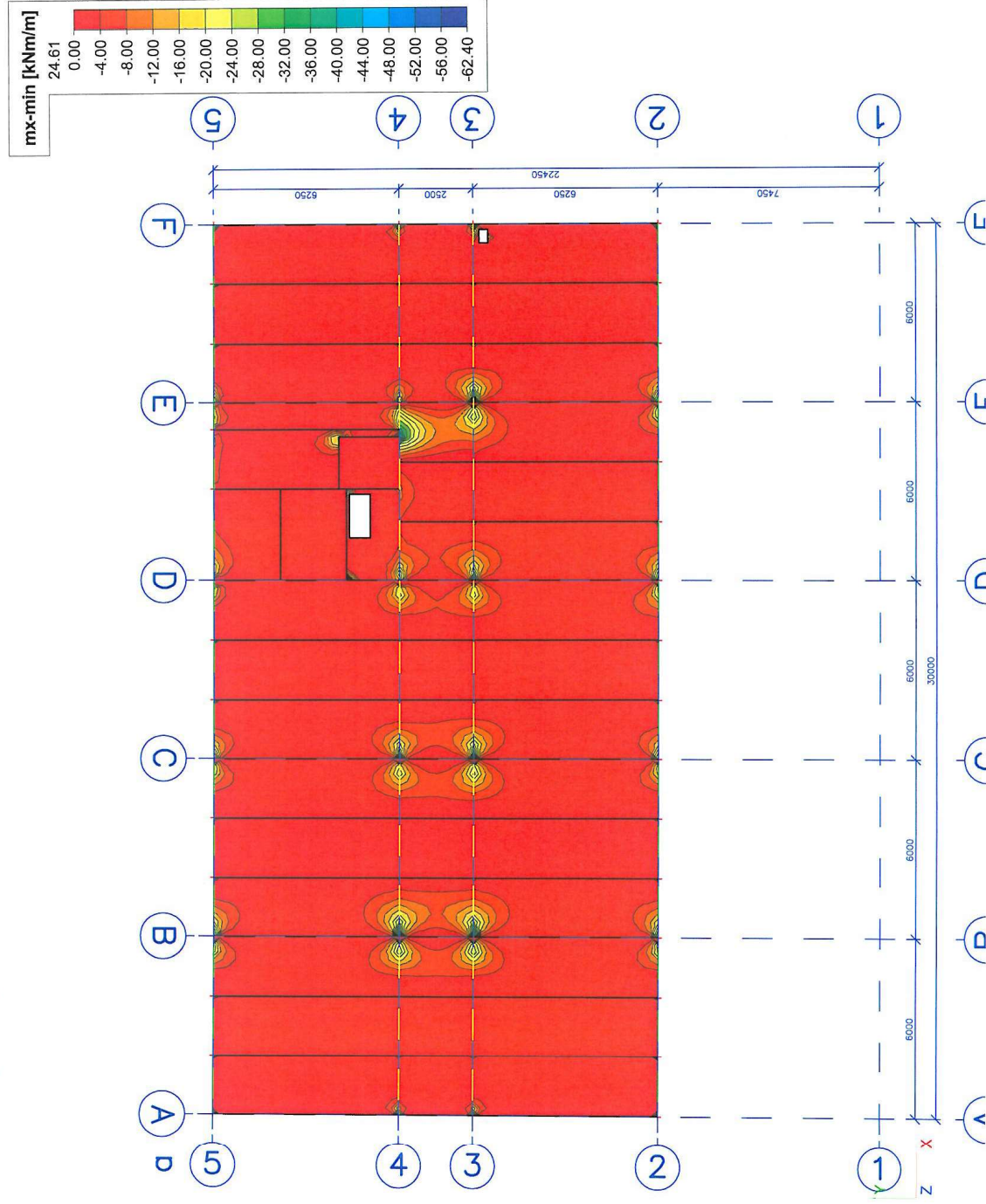


7.4.10.4. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - my max char.

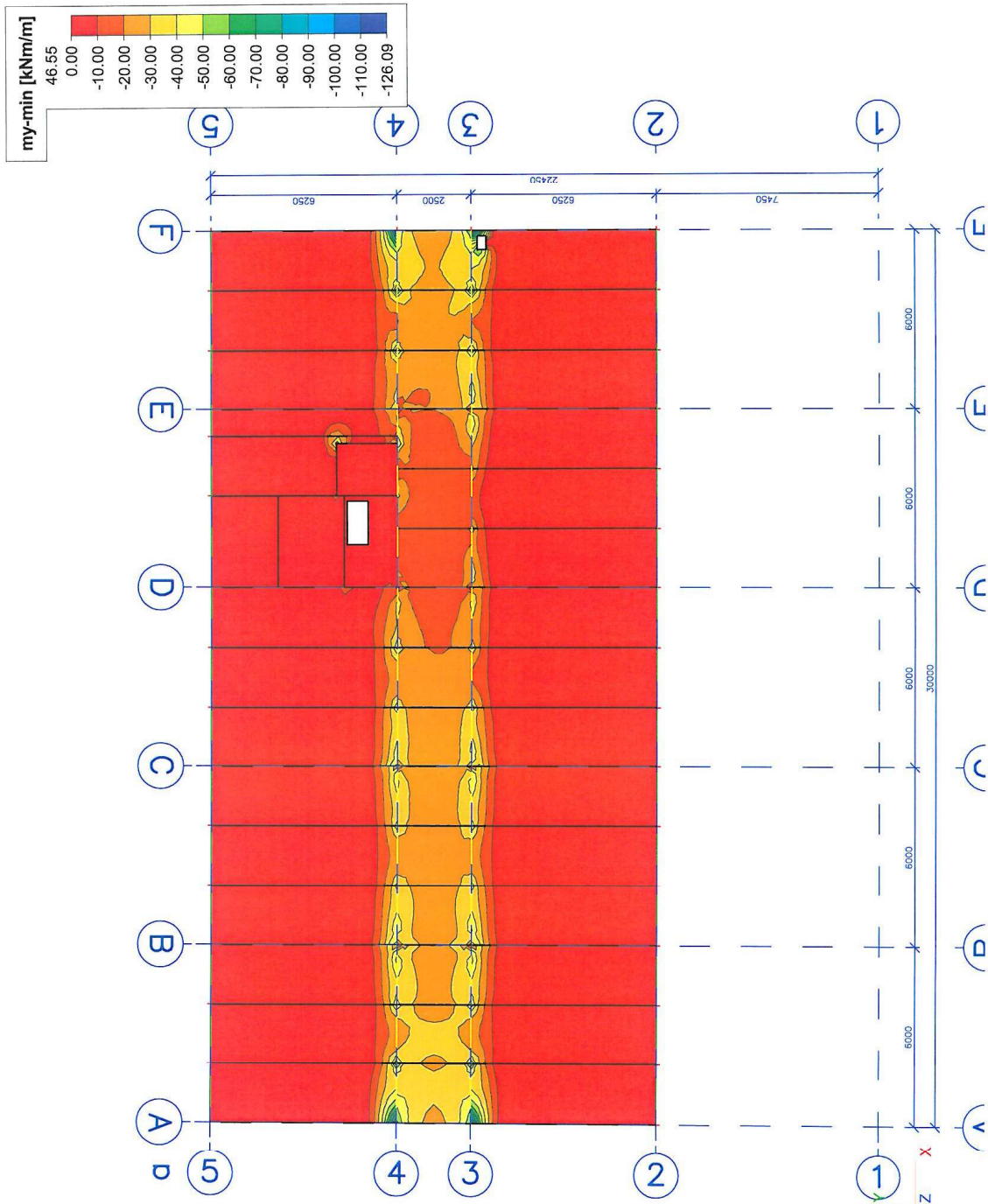




86



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



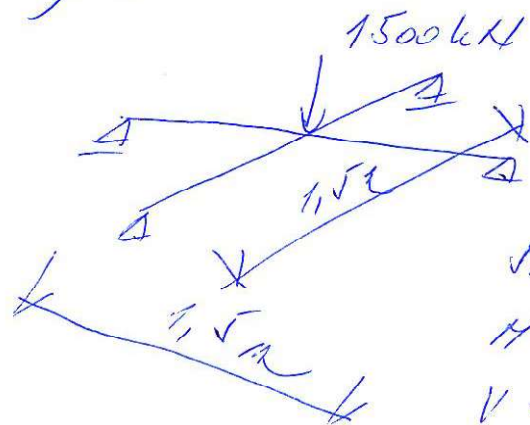
|         |                                 |
|---------|---------------------------------|
| Projekt | Informačně-vzdělávací středisko |
| Část    | Objekt IA (SO 201)              |
| Popis   | Nosná konstrukce objektu        |
| Autor   | Ing. Martin Šafařík             |

## 8. Posouzení konstrukcí



VÝPOČET VNITŘNÍCH A ZÁKLADOVÝCH  
TAKÉ VUVNĚ TOPOLOGIÁKŮ - PŘETAH PŘÍMA  
JEZ VLASTNÍ VÝKONOSTI TĚLŮ

1) VNITŘNÍ PLOUP - KŘÍŽENÍ TĚLŮ



$$H_{ed} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1500}{2} = 187,5 \text{ kN}$$

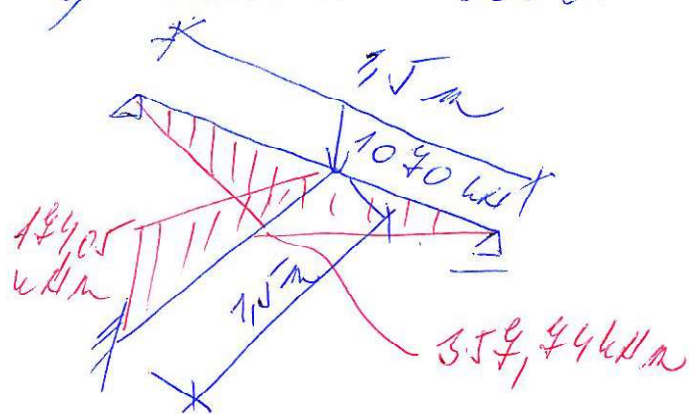
$$V_{ed} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1500}{2} = 375 \text{ kN}$$

SÍLY OD VL. TÍHY

$$H = \frac{1}{8} \cdot 375 \cdot 1,5^2 = 10,25 \text{ kN}$$

$$V = \frac{1}{2} \cdot 375 \cdot 1,5 = 281,25 \text{ kN}$$

2) KRAVNÍ PLOUP - KŘÍŽENÍ "T"



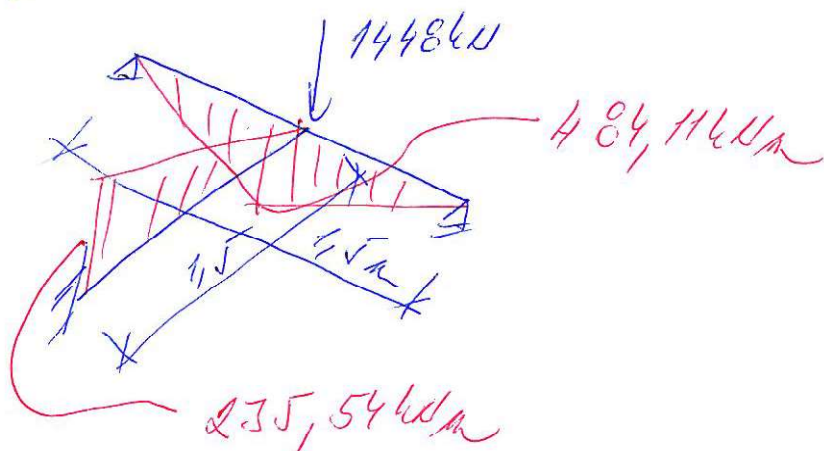
$$V_{ed} = 476,98 \text{ kN}$$

SÍLY OD VLASTNÍ TÍHY

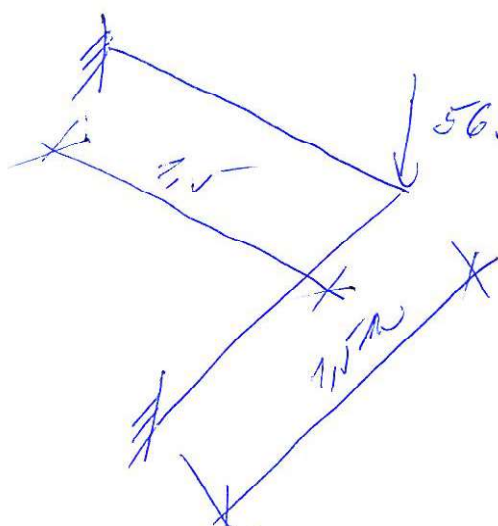
$$H = 12,08 \text{ kN}$$

$$V = 27,39 \text{ kN}$$

3) KRAVNÍ PLOUP - KŘÍŽENÍ "T"



#### 4) ROHOVÝ SLOUP



$$M_{ed} = \frac{569 \cdot 1,5}{2} = 426,45 \text{ kNm}$$

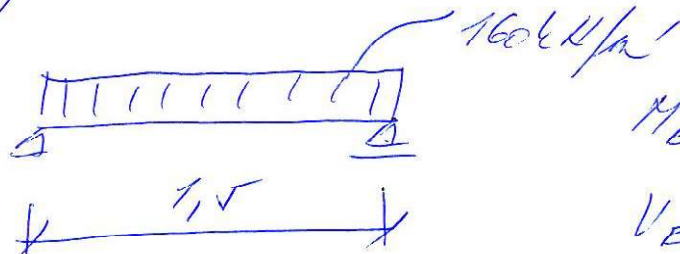
$$V_{ed} = \frac{569}{2} = 284,5 \text{ kN}$$

SÍLY OČ VLASTNÍ TÍHY

$$H = \frac{1}{2} \cdot 36,45 \cdot 1,5^2 = 41 \text{ kNm}$$

$$V = 36,45 \cdot 1,5 = 54,68 \text{ kN}$$

#### 5) ZÁKLADOVÝ FAS POD STĚNOU



$$M_{ed} = \frac{1}{8} \cdot 160 \cdot 1,5^2 = 45 \text{ kNm}$$

$$V_{ed} = \frac{1}{2} \cdot 160 \cdot 1,5 = 120 \text{ kN}$$

SÍLY OČ VLASTNÍ TÍHY

$$H = \frac{1}{8} \cdot 36,45 \cdot 1,5^2 = 10,25 \text{ kNm}$$

$$V = \frac{1}{2} \cdot 36,45 \cdot 1,5 = 27 \text{ kN}$$

SÍLY VEMKAVÍCI V ZÁKLADOVÝCH FASECH  
VLIVEM TOPOLOGIČNÍ JEDNÉ FÉI TÍHNEO-  
VÁHÍ FÉIJAÚY K JEČNÝM SILÁM V  
ZÁKLADOVÝCH FASECH.



MAXIMÁLNÍ NÁHRAŽNÍ ZÁKLADOVÉHO DOŠTU  
S VLIVEM FOTODOLÁŽI.

VZHLÉDEM K ROZMĚRŮM OBJEKTU  
A ZÁKLADOVÉHO DOŠTU VE FOTOSTATICKÉ  
KATEGORIICE NIK V ZÁKLADOVÉM DOŠTU  
AŽ DO 20% OHYBOVÉHO NÁHRAŽNÍ

ad 1) VNITŘNÍ PLOUF, KĚIČENÍ TASU

$$H_{ED} = 187,5 \text{ kNm} + 19,25 + 526,85 \text{ kNm} = 724,6 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 34,5 \text{ kN} + 24 + 405 \text{ kN} = 805 \text{ kN}$$

ad 2) KĚANÍ PLOUF KĚIČENÍ, T

$$H_{ED} = 357,44 + 14,08 + 436,28 \text{ kNm} = 806,1 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 446,98 \text{ kN} + 24,39 + 346,54 \text{ kN} = 850,87 \text{ kN}$$

VZHLÉDEM K ODOUSTEANNÉHU VYČTUČENÍ  
PRŮŘEZU VE HOČHO VLAČOVAT S KATEGORIÍ  
OHYBOVÝCH MOMENTŮ DO TOLÉ CCA 5%

ad 3) KĚANÍ PLOUF KĚIČENÍ, T

$$H_{ED} = 484,11 + 14,08 \text{ kNm} + 825,54 \text{ kNm} = 1322 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 446,98 \text{ kN} + 24,39 + 580,44 = 1085,11 \text{ kN}$$

PRŮŘEZ JIČE 115M, VYČTUČEN 2x50x25

TĚKÍKLY ZAHUSTIT A 200MM

VZHLÉDEM K ODOUSTEANNÉHU VYČTUČENÍ  
VE HOČHO VLAČOVAT S KATEGORIÍ  
OHYBOVÝCH MOMENTŮ DO TOLÉ CCA 10%



ad 4) DO KOV' PLOUF

$$M_{ED} = 426,45 + 41 + 363,24 \text{ kNm} = 830,69 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 284,5 \text{ kN} + 54,68 + 209 \text{ kN} = 548,18 \text{ kN}$$

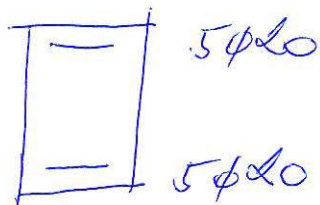
VZHLÉDEH K ODBOUSTRANĚNÍ VÝSTUŽEK, PŘÍBĚHU JE MOŽNO UVAŽOVAT JEDNOSTĚJNĚ OHYBOVÝCH MOMENTŮ DO FOTTOBY (FOT PLOUF) PŘA 8%

ad 5) ZAČLÁTOVÝ FAS FOT VTEKOU

$$M_{ED} = 45 + 10,25 + 229 \text{ kNm} = 284,25 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 120 \text{ kN} + 27 + 303,6 \text{ kN} = 450,6 \text{ kN}$$

PRO FAS FOT NAHAHÁKÍ ad 1 - ad 2, ad 4 - ad 5



TR φ 12/20

TR φ 8/20

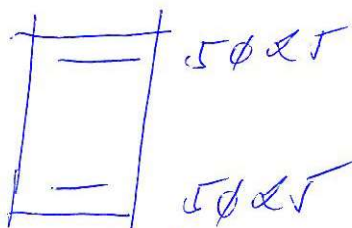
MOHENT NA PŘEČ ÚKOSKOSTI  
 $M_{ED} = 465,61 \text{ kNm}$

POSOVÁNÍ SÍLA NA PŘEČ ÚKOSKOSTI

$$V_{ED} = 980 \text{ kN}$$

ÚKOSKOST VE VÝCHLU KENÍ PŘEKROČENÁ FOT ZEDNATELSTVÍ OHYBOVÝCH MOMENTŮ KENÍ PŘEKROČENÁ OHYBOVÁ ÚKOSKOST.

PRO FAS ad 3)



TR φ 12/20

TR φ 8/20

MOHENT NA PŘEČ ÚKOSKOSTI  
 $M_{ED} = 1189 \text{ kNm}$

POSOVÁNÍ SÍLA NA PŘEČ ÚKOSKOSTI

$$V_{ED} = 1218 \text{ kN}$$

POSOVÁNÍ SÍLA NA PŘEČ ÚKOSKOSTI

## 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

$m_{Ed} = 526$  kNm  
 $m_{Ed,g} = 303,00$  kNm  
 $V_{Ed} = 402$  kN  
 $m_{Ed,ch} = 380,00$  kNm

### Zadání geometrie

h 1200 mm  
b 900 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         |          |                                    |
| $f_{ctm} = 2,9$ Mpa        |        |        | $f_{yd} = 534,78$ Mpa      |          |                                    |
| $E_{cm} = 32,8$ Gpa        |        |        | $\epsilon_{yd} = 2,17$ [‰] |          |                                    |
| $\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰] |        |        |                            |          |                                    |

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

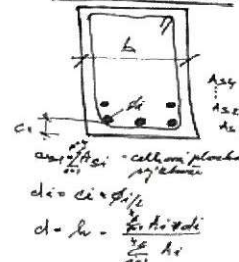
|            |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|
|            | 37 mm | 37 mm | 37 mm | 37 mm |
| i =        | 1     | 2     | 3     | 4     |
| $\phi i =$ | 20    | 0     | 0     | 0     |
| ks =       | 5     | 0     | 0     | 0     |
| ci =       | 50    | 0     | 0     | 0     |
| ai =       | 1571  | 0     | 0     | 0     |
| $a_{s1} =$ | 1571  |       |       |       |
| $d_1 =$    | 60    |       |       |       |
| $d =$      | 1140  |       |       |       |

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

PLAN - OSOVLUK



$s_1 = 175$  mm

$s \leq s_{s1,max}$

OK

### Posouzení

$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 47,4$  mm  
 $\xi = \frac{x}{d} = 0,0416 < \xi_{bal,1} = 0,617$   
Vyhovuje

$m_{Ed} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 765,61$  kNm/m  
 $m_{Ed} = 526 < m_{Rd} = 765,61$  kNm/m  
 $m_{Ed} < m_{Rd}$  Vyhovuje

### Kontrola vyztužení

$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$   
 $a_{s1} = 1571 > a_{s,min} = 1545,3$  mm<sup>2</sup>  
 $a_{s1} > a_{s,min}$  Vyhovuje

$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 1545,32$  mm<sup>2</sup>  
 $a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 1333,80$  mm<sup>2</sup>

$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000$  mm<sup>2</sup>  $> a_{s1} = 1571$  mm<sup>2</sup>  
Vyhovuje

### Smyk

$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 3673,883$  kN  
 $\cot \Theta = 2,5$  - volíme

$v = 0,6 \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$   
 $z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1121$  mm

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

### Třmínky

n = 4 počet stříhů na třmínku  
 $\phi i = 8$  mm - profil třmínku  
a = 250 mm - osová vzdálenost třmínků  
 $A_{sw} = 201$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků  
 $a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 979,98$  kN

$|V_{Ed}| = 402$  kN  $\leq V_{Rd,s} = 979,98$  kN

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků  
 $s \leq 0,75 \cdot d = 855,0$  mm  
 $s \leq 400$  mm  $s_{sv,min} = 400$

- omezení stupně vyztužení

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

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

$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 254,92$  mm

$s_{min} = \min(s_{sv,min}, s_w) = 254,92$  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 :

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

$$A_t = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 1,08800 \text{ m}^2$$

$$a_{gv} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_t} = 0,604 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gv} - 0,5h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gv})^2 = 0,131915 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_r \cdot f_{cm}}{(h - a_{gv})} = 641,051 \text{ kNm/m}$$

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

$$m_{Ed,q} = 303 \text{ kN / m} \leq m_{cr} = 641,051 \text{ kN/m}$$

**Trhliny nevzniknou**

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha'_e \cdot a_s}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha'_e \cdot a_s}} \right) = 0,1454 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha'_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0103865 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 4,242 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha'_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 221,630 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

**Napětí splňuje omezující podmínky**



## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty

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

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

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

$\sigma_s = 176,7$  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  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,1350$  m<sup>2</sup>

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\}; \min\{150,00; 351,53; 600\} h_{c,ef} = 150,00$  mm

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0,6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0,4

$k_t = 0,4$

$a_s = 1571$  mm<sup>2</sup>

$a_p =$  mm<sup>2</sup>

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01164$

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

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000350 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0005302$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0005302$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 462,208$  mm

Případ  $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 1498,34$  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

$\phi = 20$  profil prutů

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

$5(c+\phi/2) = 300$  mm

vzdálenost výztuže  $175,00$  mm

**Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$**

$s_{r,max} = 462,21$  mm

Kontrola trhlin

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

$w_k = 0,2450$  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

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 826$  kNm

$m_{Ed,q} = 535,00$   $m_{Ed,ch} = 603,00$  kNm

$V_{Ed} = 580$  kN

### Zadání geometrie

h 1200 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

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 =       | 5     | 0     | 0     | 0     |
| ci =       | 50    | 0     | 0     | 0     |
| ai =       | 2454  | 0     | 0     | 0     |
| $a_{s1} =$ | 2454  |       |       |       |
| $d_1 =$    | 63    |       |       |       |
| $d =$      | 1138  |       |       |       |

$s_1 = 169$  mm

$s \leq s_{s1,max}$

Ok

### min. vzdálenosti prutů

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

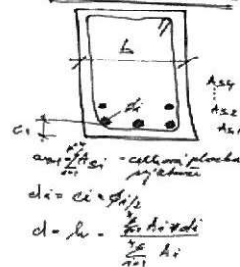
$s_{min} = 37$  mm

$k_1 = 1,2$

$k_2 = 5$

$d_g = 32$  mm

TRAM - ODELUK



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 74,1 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0651 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Ed} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 1182,21 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 826 < m_{Ed} = 1182,21 \text{ kNm/m}$$

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

### Kontrola vyztužení

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

$$a_{s1} = 2454 > a_{s,min} = 1541,9 \text{ mm}^2$$

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

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

$$> a_{s1} = 2454 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}} = 1541,93 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_i \cdot d = 1330,88 \text{ mm}^2$$

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 3630,718 \text{ kN}$$

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

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

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1108 \text{ mm}$$

### Třmínky

n = 4 počet stříhů na třmínku

$\phi_i = 8$  mm - profil třmínku

a = 250 mm - osová vzdálenost třmínků

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

$a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 968,47 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 580 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 968,47 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

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

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

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

- omezení stupně vyztužení

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

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

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 254,92 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{sv,min}, s_w) = 254,92 \text{ mm}$$

## 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 :

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

$$A_i = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 1,09249 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,606 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5 h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,133168 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 649,518 \text{ kNm/m}$$

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

$$m_{Ed,q} = 535 \text{ kN / m} \leq m_{cr} = 649,518 \text{ kN/m}$$

**Trhliny nevzniknou**

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,1785 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0154545 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 6,179 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 227,907 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

**Napětí splňuje omezující podmínky**



## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty

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

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

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

$\sigma_s = 202,2 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$  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  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,1406 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\} = \min\{156,25; 340,50; 600\} = 156,25 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0,6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0,4

$k_i = 0,4$

$a_s = 2454 \text{ mm}^2$

$a_p =$  předpokládaná výztuž

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01745$

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

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000644 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0006066$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0006438$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 413,507 \text{ mm}$

Případ  $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 1463,66 \text{ mm}$

$c = 50$  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  $s_{r,max}$

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

vzdálenost výztuže  $168,75 \text{ mm}$

**Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$**

$s_{r,max} = 413,51 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

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

$w_k = 0,2662 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

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

$m_{Ed} = 826$  kNm  
 $m_{Ed,q} = 535,00$  kNm  
 $m_{Ed,ch} = 603,00$  kNm  
 $V_{Ed} = 580$  kN

### Zadání geometrie

h 1200 mm  
b 1150 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                                   |          |
| $f_{ctm} = 20,00$ 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  $\eta f_{cd}$   
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 přetožení

### Zadání plochy výztuže

Vrstva  
Profil ve vrstvách  
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         | 5     | 0     | 0     | 0     |
| ci         | 50    | 0     | 0     | 0     |
| ai         | 2454  | 0     | 0     | 0     |
| $a_{s1} =$ | 2454  |       |       |       |
| $d_1 =$    | 63    |       |       |       |
| $d =$      | 1138  |       |       |       |

$s_1 = 231$  mm

$s \leq s_{s1,max}$

Ok

### min. vzdálenosti prutů

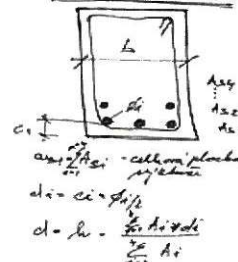
$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$   
 $s_{min} = 37$  mm

$k_1 = 1,2$

$k_2 = 5$

$d_g = 32$  mm

TRAM - obdélník



### Posouzení

$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 58,0$  mm  
 $\xi = \frac{x}{d} = 0,0510 < \xi_{bal,1} = 0,617$   
Vyhovuje

$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 1189,09$  kNm/m  
 $m_{Ed} = 826 < m_{Rd} = 1189,09$  kNm/m  
 $m_{Ed} < m_{Rd}$  Vyhovuje

### Kontrola vyztužení

$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$   
 $a_{s1} = 2454 > a_{s,min} = 1970,3$  mm<sup>2</sup>  
 $a_{s1} > a_{s,min}$  Vyhovuje

$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 1970,25$  mm<sup>2</sup>

$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 1700,56$  mm<sup>2</sup>

$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000$  mm<sup>2</sup>  $> a_{s1} = 2454$  mm<sup>2</sup>  
Vyhovuje

### Smyk

$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 4666,235$  kN  
 $\cot \Theta = 2,5$  - volíme

$v = 0,6 \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$   
 $z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1114$  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  
 $\phi_i = 8$  mm - profil třmínku  
a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků  
 $A_{sv} = 201$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

Velká osová vzdálenost třmínků!!!

max = 200 mm

$V_{Rd,s} = \frac{A_{sv} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 1217,63$  kN

$|V_{Ed}| = 580$  kN  $\leq V_{Rd,s} = 1217,63$  kN

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$s \leq 0,75 \cdot d = 853,1$  mm  
 $s \leq 400$  mm  $s_{sv,min} = 400$

- omezení stupně vyztužení

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

$s_w = \frac{A_{sv}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 199,50$  mm

$s_{min} = \min(s_{sv,min}, s_w) = 199,50$  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 :

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

$$A_t = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 1,39249 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_t} = 0,605 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,169177 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 823,313 \text{ kNm/m}$$

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

$$m_{Ed,q} = 535 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 823,313 \text{ kN/m}$$

**Trhliny nevzniknou**

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,1595 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0158539 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinaci zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 5,381 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,sh} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 226,574 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

**Napětí splňuje omezující podmínky**



## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty

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

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

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

$\sigma_s = 201,0$  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  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff} = 0,1797$  m<sup>2</sup>

$h_{c,eff} = \min\{ 2,5(h - d), (h - x) / 3, h / 2; \min\{ 156,25 ; 346,85 ; 600 \} h_{c,eff} = 156,25$  mm

Voliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0.6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 2454$  mm<sup>2</sup>

$a_s =$  předpokládaná výztuž

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01366$

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

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000546 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0006031$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0006031$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 481,148$  mm

Případ  $s > 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 1484,61$  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  $s_{r,max}$

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

vzdálenost výztuže  $231,25$  mm

**Případ  $s \leq 5(c + \phi/2)$**

$s_{r,max} = 481,15$  mm

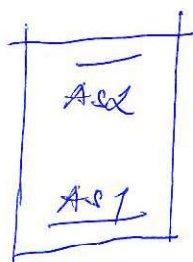
Kontrola trhlin

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

$w_k = 0,2902$  mm  $\leq w_{max} = 0,3$  mm

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

NÁVRH VÝSTUŽE NA KROUCENI' ZÁKLADOVÉHO  
 ŽSÚ BETON C30/37 XC4, XA2  
 OCEL B500B  
 KRYTÍ 50 MM



$$b = 900 \text{ mm}$$

$$L = 1200 \text{ mm}$$

MAX. KROUŤOVÝ MOMENT

$$T_{ED} = 244 \text{ kNm}$$

$$M_{ED} = 419,68 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 327,73 \text{ kN}$$

PLOCHA VÝSTUŽE PRO ZACHYCENÍ OHYBOVÉHO  
 MOMENTU

$$A_{sx} = A_{sy} = 1571 \text{ mm}^2 \quad (5\phi 20)$$

SUPLE' TĚHÁKŮ PRO ZACHYCENÍ POSUVNÉHO  
 SILY  $A_{sw} = 201 \text{ mm}^2 \quad (4\phi 8)$

NÁHRADNÍ PRŮŘEZ NA KROUCENI'

$$e_{ef} = \frac{1,2 \times 0,9 \text{ m}}{2(1,2 + 0,9)} = \frac{1,08}{4,2} = 0,259 \text{ m}$$

ANALOGICKÝ TĚHLOSTĚNNÝ PRŮŘEZ

$$b_k = 0,9 - 0,259 = 0,643 \text{ m}$$

$$h_k = 1,2 - 0,259 = 0,943 \text{ m}$$

$$A_k = 0,606 \text{ m}^2$$

$$u_k = 2(0,643 + 0,943) = 3,172 \text{ m}$$

HLAVNÍ DIAGONÁLY ( $\cot \phi = 2,5$ )

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot 0,606 \cdot 0,528 \cdot 20000 \cdot 0,259 \cdot \cos 21,8^\circ \cdot \sin 21,8^\circ$$

$$\gamma = 0,6 \left[ 1 - \frac{30}{250} \right] = 0,528$$

$$T_{Rd,max} = 1134 \text{ kNm} > T_{ED} = 244 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{ED}}{T_{Rd,max}} = \frac{244}{1134} = 0,215$$

НАВЕДЪН ПОДЕЛКЕ' ВЪЗТУЖЕ НА КРОВОУКЪ'

$$\frac{T_{Ed} \cdot \cos \varphi}{\lambda \cdot A_k} = \frac{294 \cdot 1,5}{\lambda \cdot 0,606} = 565,2 \text{ kN/m}$$

ВЪЗДА'ЛНОСТ МЕДИ ПОДЕЛКА'НИ РЕУТЪ  $\alpha < 300 \text{ mm}$   
 $\mu_s = 0,5 \cdot R_k + 0,25 R_k = 0,55 \text{ g}$

НАВЕДЪН ПОДЕЛКЕ' ВЪЗТУЖЕ

$$\lambda + 3 \phi 16 \quad A_{se} = 1206 \text{ mm}^2$$

$$\frac{1,06 \cdot 10^{-4} \cdot 434,48 \cdot 10^3}{0,3} = 1248,76 \text{ kN/m} > 565,2 \text{ kN/m}$$

ВЕЛИКОЗЪ ВЪХОУУВЕ НА КРОВОУКЪ'

РЕУ'БЪЕЗ 1200/800 ВЪХОУ' 1 РЕУ'БЪЕЗ  
1200/1150 mm



Sloup 300/300  
1 K/P - K BAKU

BETON B 45

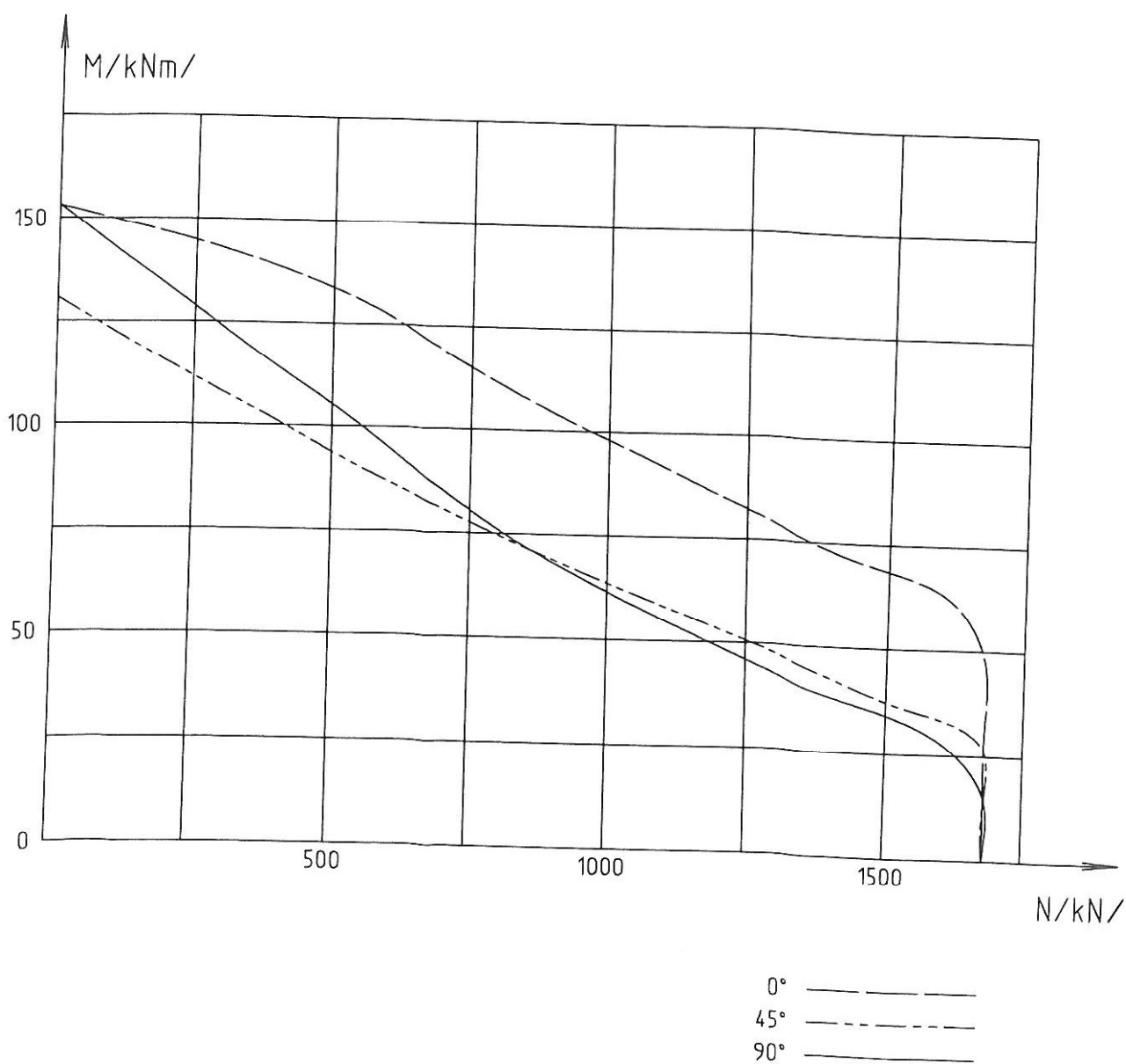
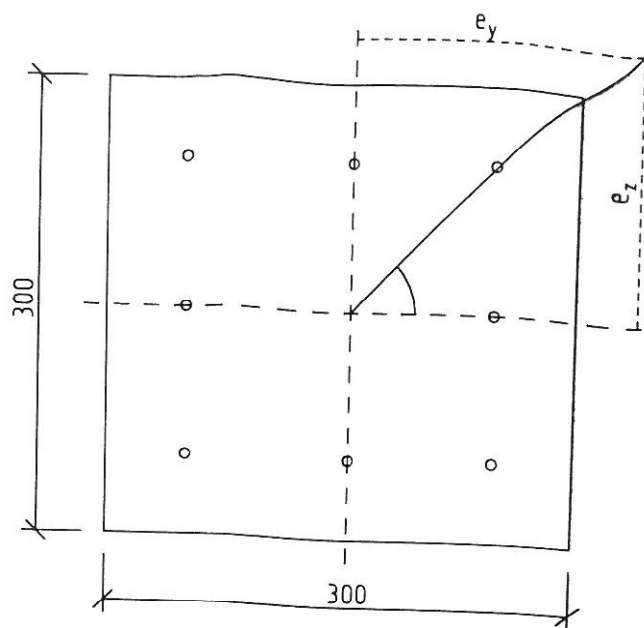
$l = 4,200\text{m}$

$L_y = 4,410\text{m}$

$L_z = 6,300\text{m}$

8  $\emptyset$  R 25

OCEL 10505/R /  
( $\mathbb{I}500\mathbb{I}$ )



sloup 300/300  
1 KP - VKLITĚNÍ

BETON B 45

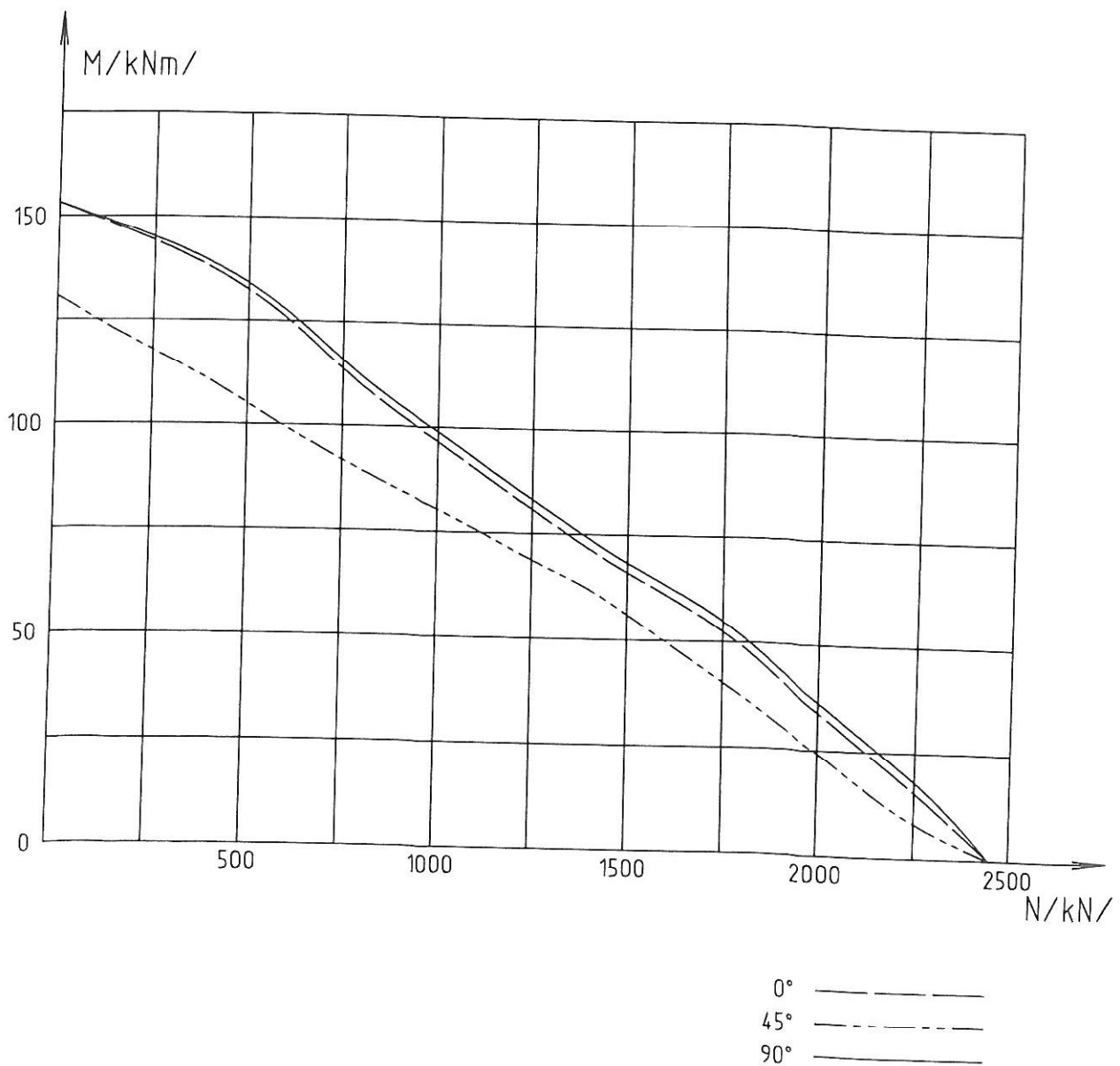
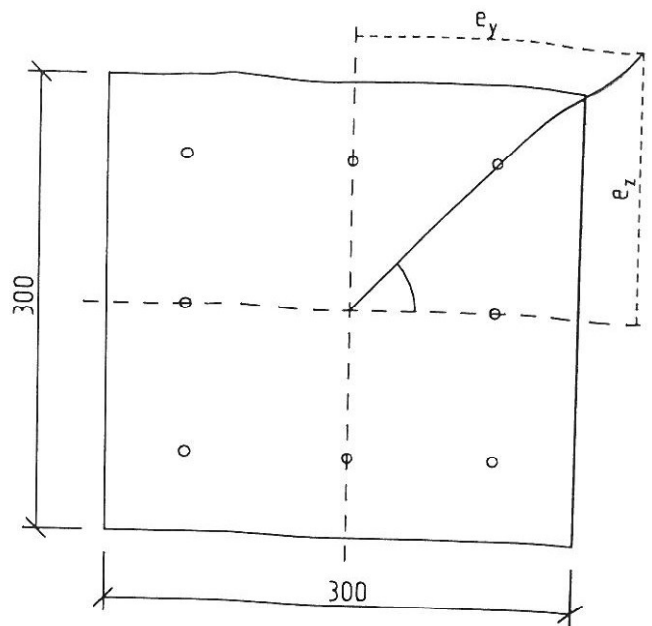
$l = 4,200\text{m}$

$L_y = 4,494\text{m}$

$L_z = 4,368\text{m}$

8  $\emptyset$  R 25

OCELOVÝ PROFIL  
( $\approx 500\text{kg}$ )



Sloup 300/300  
2 KF - LEAVKA

BETON B 45

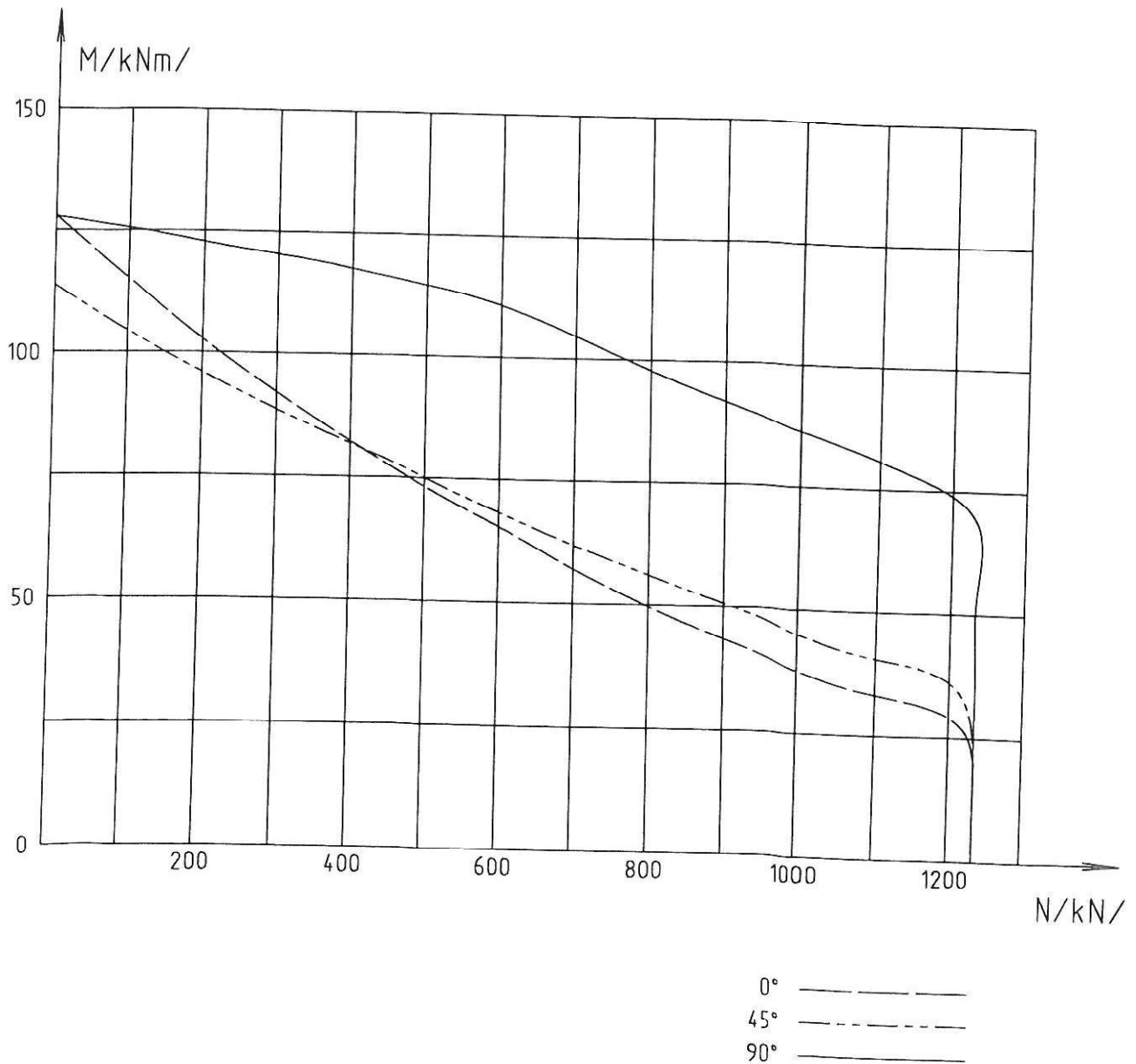
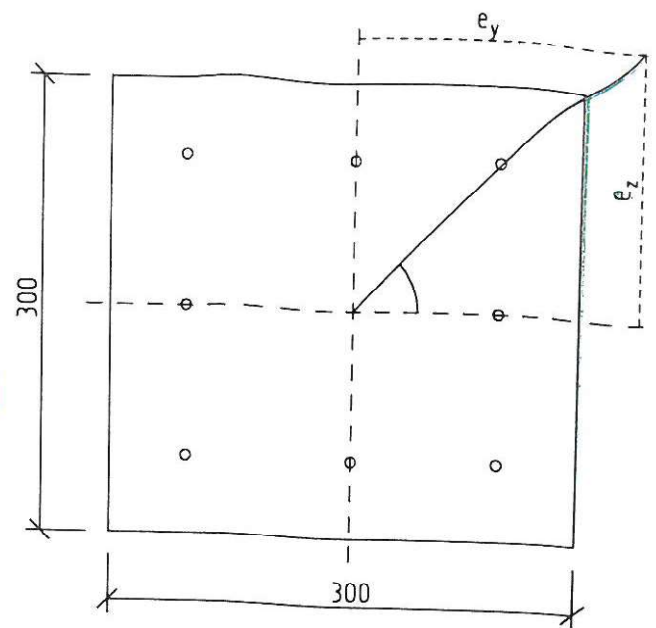
$l = 4,000\text{m}$

$L_y = 7,080\text{m}$

$L_z = 4,200\text{m}$

8  $\emptyset$  R 22

OCEL 10505/R /  
(B 500B)





Sloup 300/300  
 ŽUP - ST. BEDNA

BETON B 45

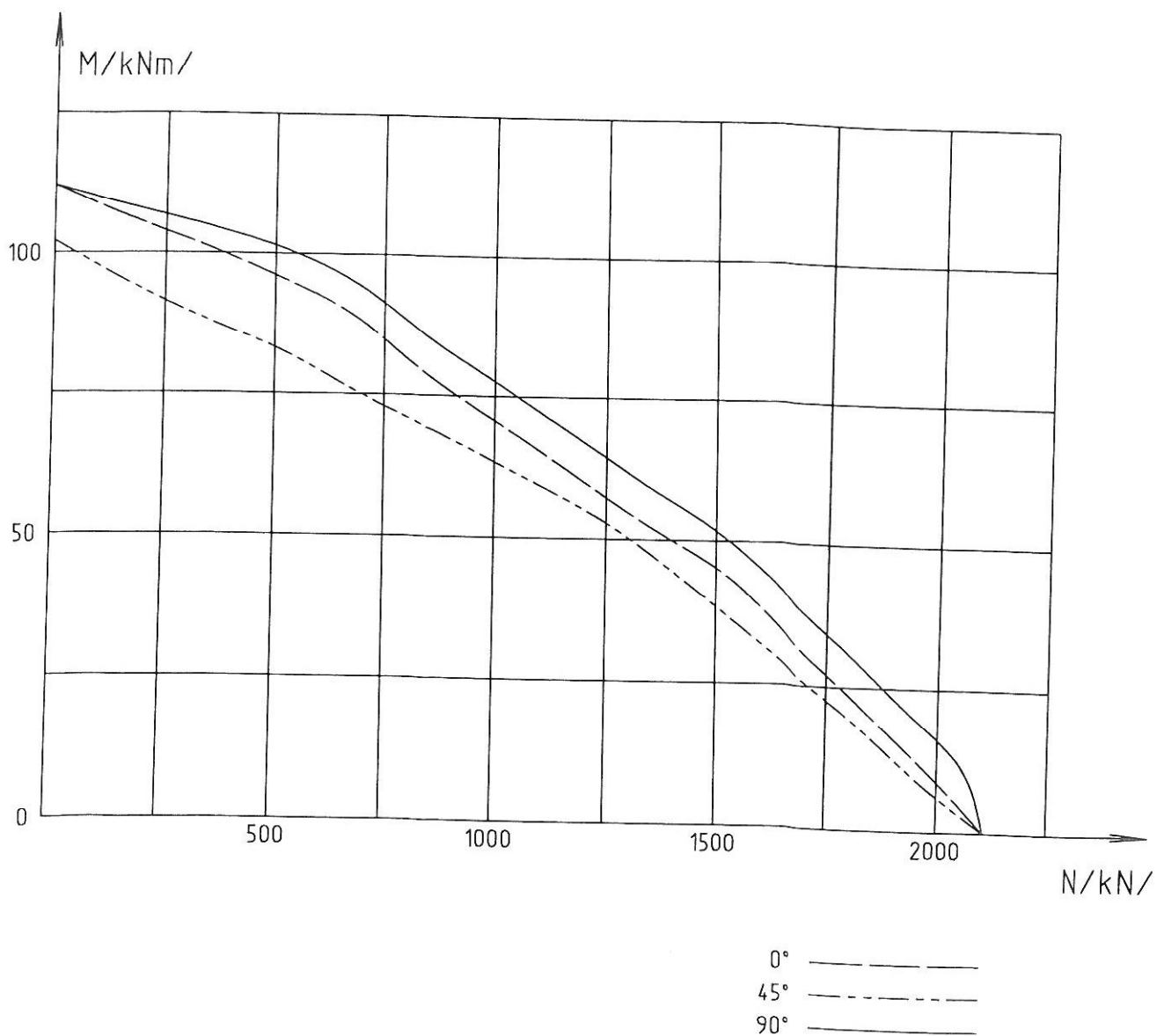
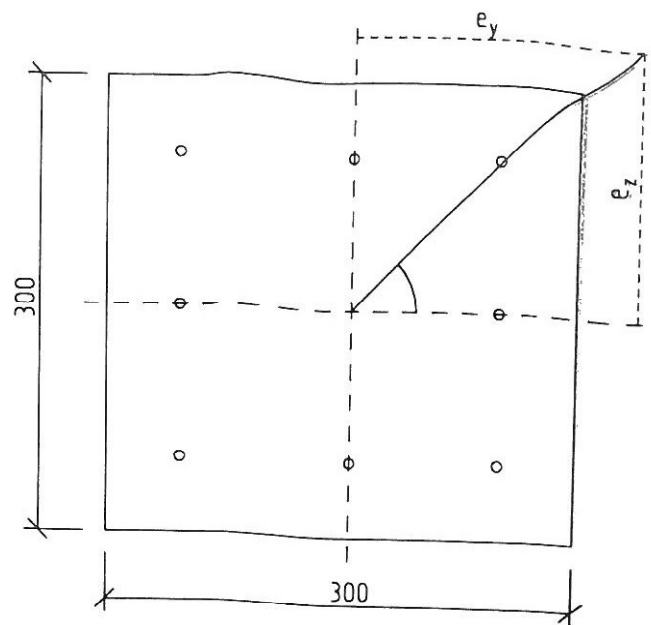
$l = 4,000\text{m}$

$L_y = 4,600\text{m}$

$L_z = 4,160\text{m}$

8  $\emptyset$  R 20

OCEL 10505/R /  
 (R500B)











Akce: K.Vary, **IVC**  
 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  
 $m_{Ed,q} = 60,00$  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  |        | $\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰] |                                    |
| $E_{cm} = 32,8$ Gpa  |        |   |                                    |
| $\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]                                 |        |   |                                    |

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

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

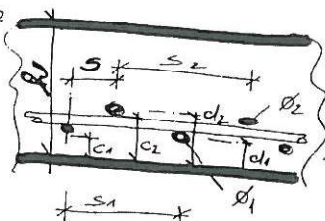
- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

**Zadání plochy výztuže**

Vrstva  
 Profil ve vrstvě  
 Osová vzdálenost  
 Krytí profilu  
 Plocha na 1 mb  
 Celková plocha  
 Teoretická osa plochy výztuže  
 Účinná výška průřezu  
 Posouzení

|            | 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  
 $s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi_s + k_2, 20 \text{ mm})$   
 $s_{min} = 37 \text{ mm}$   
 $k_1 = 1,2$   
 $k_2 = 5$   
 $d_s = 32 \text{ mm}$



$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 30,7 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,143612 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

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**

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

$$a_{s1} = 1131 > a_{s,min} = 322,3 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 10000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 1131 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}} = 322,32 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_i \cdot d = 278,20 \text{ mm}^2$$

**Konstrukční podmínky**

Maximální vzdálenost prutů  $s_{s1,max} = 2h \leq 300 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$   
 Výpočet vzdálenosti ze skupiny vložek si  $s = 100 \text{ mm}$

$s \leq s_{s1,max}$   $s \geq s_{min}$   
 Osová vzdálenost prutů - OK  
 Min. vzdálenost prutů OK

**Rozdělovací výztuž**

Profil rozdělovací výztuže  $\phi_{st} = 8 \text{ mm}$   
 Vzdálenost rozdělovací výztuže  $s_{st} = 200 \text{ mm}$   
 $A_{st} = 251 \text{ mm}^2$   
 $A_{st} = 226 \text{ mm}^2$   
 Min. rozdělovací  $a_{s,req} = 0,2 \cdot a_{s1} = 226 \text{ mm}^2$   
 $A_{st} > a_{s,req}$

Plocha rozdělovací výztuže vyhovuje

Maximální osová vzdálenost

$$s_{max,slab} = \min(3h; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

$$s_{st} = 200$$

$$s_{max,slab} = 400 \text{ mm}$$

$$s_{st} > s_{max,slab}$$

Vzdálenost rozdělovací výztuže vyhovuje

*122*

## Smyk

\*) u desek nebývá obvykle nutné provádět kontrolu smykové únosnosti

Únosnost ve smyku desky bez smykové výztuže

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d = 126,88 \text{ kN/m}$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_1 \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

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

$$\sigma_s = 312,512 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed, ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} =$$

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

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

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0674 \text{ m}^2$$

$$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\}; \min\{90,00; 67,39; 125\} h_{c,ef} = 67,39 \text{ mm}$$

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0.6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$$k_1 = 0,4$$

$$a_s = 1131 \text{ mm}^2$$

$$a_p = 0 \text{ předpínací výztuž}$$

$$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01678$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,001182 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0009375$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0011821$$

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  $s > 5(c+\phi/2)$

$$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 285,05 \text{ mm}$$

$$c = 30 \text{ krytí podélné výztuže}$$

$$k_1 = 0,8 \text{ pruty s velkou soudrůžností}$$

$$k_2 = 0,5 \text{ pro ohyb}$$

$$k_3 = 3,4 \text{ doporučená hodnota}$$

$$k_4 = 0,425 \text{ doporučená hodnota}$$

$$\phi = 12 \text{ profil prutů}$$

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

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

$$\lambda_d = K_{c1} \cdot K_{c2} \cdot K_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 28,13$$

$$\frac{l}{d} = 30,37 \leq \lambda_d = 28,13$$

Součinitel závisí na tvaru průřezu

$$K_{c1} =$$

**Nutné posoudit pruhyb s vlivem smršťování a dotvarování**

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

pro T průřez s poměrem šířky přiruby k šířce žebra větší než 3

v ostatních případech

Součinitel závislý na rozpětí

- rozpětí  $l = 6,50$  m

$$K_{c2} = 1,00$$

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

$$K_{c3} = \frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \frac{A_{s,prov}}{A_{s,reg}} = 1,10$$

$$A_{s,reg} = 1026,24 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 1131 \text{ mm}^2$$

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

$$K_{c3} = 1,3$$

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

$$\lambda_{d,tab} = \left\langle \begin{aligned} &K \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \\ &K \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho'}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \end{aligned} \right\rangle = 25,53$$

10/5

Akce: K Vary, **IVC**  
 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  
 $m_{Ed,ch} = 60,00$  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  |        | $\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰] |         |
| $E_{cm} = 32,8$ Gpa  |        |   |         |
| $\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]                                 |        |   |         |

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

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

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

**Zadání plochy výztuže**

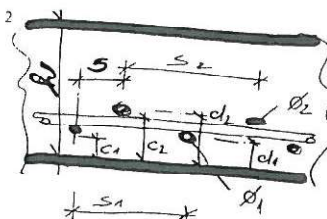
Vrstva  
 Profil ve vrstvě  
 Osová vzdálenost  
 Krytí profilu  
 Plocha na 1 mb  
 Celková plocha  
 Teoretická osa plochy výztuže  
 Účinná výška průřezu

|            | 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**

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

$k_1 = 1,2$   
 $k_2 = 5$   
 $d_s = 32 \text{ mm}$



$$x = \frac{a_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * \eta * f_{cd}} = 25,6 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,1196767 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

**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**

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

$$a_{s1} = 942 > a_{s,min} = 322,3 \text{ mm}^2$$

**Vyhovuje**

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 10000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 942 \text{ mm}^2$$

**Vyhovuje**

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 * f_{ctm} * b_i * d}{f_{yk}} = 322,32 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 * b_i * d = 278,20 \text{ mm}^2$$

**Konstrukční podmínky**

Maximální vzdálenost prutů  $s_{s1,max} = 2h \leq 300 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$   
 Výpočet vzdálenosti ze skupiny vložek si  $s = 120 \text{ mm}$

$s \leq s_{s1,max}$   $s > s_{min}$   
 Osová vzdálenost prutů - OK  
 Min. vzdálenost prutů OK

**Rozdělovací výztuž**

Profil rozdělovací výztuže  $\phi_{st} = 8 \text{ mm}$   
 Vzdálenost rozdělovací výztuže  $s_{st} = 200 \text{ mm}$   
 $A_{st} = 251 \text{ mm}^2$   
 Min. rozdělovací  $a_{s,req} = 0,2 * a_{s1} = 188 \text{ mm}^2$   
 $A_{st} > a_{s,req}$

**Plocha rozdělovací výztuže vyhovuje**

Maximální osová vzdálenost  $s_{max, slab} = \min(3h; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$   
 $s_{st} = 200$   $s_{max, slab} = 400 \text{ mm}$   
 $s_{st} > s_{max, slab}$   
**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 :

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

$$A_i = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 0,25480 \text{ m}^2$$

$$a_{gr} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,127 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gr} - 0,5h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gr})^2 = 0,001339 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gr})} = 31,457 \text{ kNm/m}$$

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

$$m_{Ed,q} = 50 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 31,457 \text{ kNm/m}$$

**Trhliny vzniknou**

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha'_e \cdot a_s}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha'_e \cdot a_s}} \right) = 0,0442 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha'_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0001943 \text{ m}^4$$

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 11,364 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

$$\sigma_s = \alpha'_e \cdot \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 319,459 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$



## 2) Kontrola trhlin

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_1 \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha'_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

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

$$\sigma_s = 319,459 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_s = \alpha'_e \frac{m_{Ed,chl} \cdot (d - x_r)}{I_r} =$$

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

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

$$k_1 = 0,4$$

$$a_s = 942 \text{ mm}^2$$

$$a_p = 0 \text{ předpínací výztuž}$$

$$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01374$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,001140 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0009584$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0011403$$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s < 5(c + \phi/2)$

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 250,516 \text{ mm}$$

Případ  $s > 5(c + \phi/2)$

$$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 291,71 \text{ mm}$$

|                  |       |                            |
|------------------|-------|----------------------------|
| c =              | 30    | krytí podélné výztuže      |
| k <sub>1</sub> = | 0,8   | pruty s velkou soudržností |
| 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

$$s_{r,max}$$

$$5(c + \phi/2) = 180 \text{ mm}$$

$$\text{vzdálenost výztuže} = 120 \text{ mm}$$

**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

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

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tah} = 31,65$$

$$\frac{l}{d} =$$

$$30,37 \leq \lambda_d = 31,65$$

Není nutné počítat průhyb

Součinitel závisí na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 1$$

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

pro T průřez s poměrem šířky přiruby k šířce žebra větší než 3

v ostatních případech

Součinitel závisí 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 deska  
☒ krajní pole spojitého nosníku nebo desky  
☐ vnitřní pole nosníku nebo desky  
☐ deska lokálně podepřená  
☐ konzola

$$\kappa = 1,3$$

Referenční stupeň vyztužení

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = 0,00548 \geq \rho = 0,00440$$

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

$$\lambda_{d,tah} = \left\langle \begin{aligned} &\kappa \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \\ &\kappa \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho'}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \end{aligned} \right\rangle = 30,32$$

# 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

Výztuž : B 505 B

$f_{cd} = 20,00$  Mpa

$f_{yd} = 434,78$  Mpa

$m_{l,d} = 80$  kNm

a = 30 mm

$A_{s,req} = 903$  mm<sup>2</sup>

$A_{s,prov} = 942$  mm<sup>2</sup>

$\gamma_{m,\Phi} = 1,15$

$\eta_{fi} = 0,7$

- krytí výztuže

- plocha výztuže nutné

- plocha výztuže navrhnuté

- součinitel spolehlivosti materiálu (doporučeno 1)

- redukční součinitel

$\phi = 12$  mm - průměr profilů

ad = 36 mm - 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 prutů 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 osové 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

$$k_{s,\Phi} = \frac{\sigma_{s,fi}}{f_{yk}} = 0,518$$

Upravená požadovaná osová vzdálenost

$$a' = a + \Delta a = a + 0,1 \cdot (500 - \Theta_{cr}) = 6 \text{ mm}$$

30 mm  $a' \geq a_d$  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 tláčeného betonu

Teplota na straně tláčeného betonu

30

$$k_{c,\Phi} = 1$$

$$f_{cd,\Phi} = \frac{k_{c,\Phi} \cdot f_{ck}}{\gamma_{m,\Phi}} = 26,09 \text{ Mpa}$$

$$k_{c,\Phi} = 1,0$$

$$k_{c,\Phi} = 1,0 - 1,0 \cdot (\Phi - 100) / 500 \quad \text{pro } 20^\circ\text{C} < \Phi < 100^\circ\text{C}$$

$$\quad \text{pro } 100^\circ\text{C} < \Phi < 600^\circ\text{C}$$

Stanovení redukčního součinitele na základě

osové vzdálenosti výztuže od povrchu betonu  $a_d = 36$  mm

$$k_{s,\Phi} = 1,000 \quad \text{Požární odolnost} = 30 \text{ REI}$$

Redukovaná pevnost výztuže

$$f_{yd,\Phi} = \frac{k_{s,\Phi} \cdot f_{yk}}{\gamma_{m,\Phi}} = 434,78 \text{ Mpa}$$

$$x = \frac{A_{s,prov} \cdot f_{yd,\Phi}}{b \cdot \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd,\Phi}} = 19,63 \text{ mm}$$

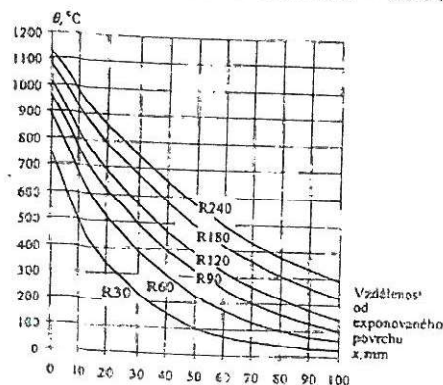
Teplota z grafu 250 °C

$$m_{l,d,\Phi} = a_{s,prov} \cdot f_{yd,\Phi} (d - 0,5 \lambda x) = 84,47 \text{ kNm/m}$$

Účinek zatížení při požáru

$$m_{l,d,\Phi} = \eta_{fi} \cdot m_{l,d} = 56,00 \text{ kNm/m}$$

$$m_{l,d,\Phi} \geq m_{l,d} \quad 56,00 \text{ kNm/m}$$



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, *IVC*  
 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 | 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  |        | $\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]      |         |
| $E_{cm} = 32,8$ Gpa  |        |  |         |
| $\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]                                 |        |  |         |

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

$$\eta = 1$$

$$\lambda = 0,8$$

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

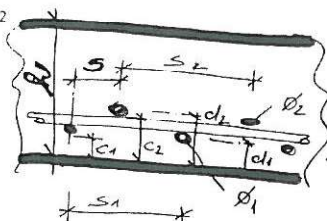
- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

**Zadání plochy výztuže**

Vrstva  
 Profil ve vrstvě  
 Osová vzdálenost  
 Krytí profilu  
 Plocha na 1 mb  
 Celková plocha  
 Teoretická osa plochy výztuže  
 Účinná výška průřezu  
 Posouzení

|                                | 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  
 $s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi_s + k_2, 20mm)$   
 $= s_{min} = 37$  mm  
 $k_1 = 1,2$   
 $k_2 = 5$   
 $d_s = 32$  mm



$$x = \frac{a_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * \eta * f_{cd}} = 25,6 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,1196767 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

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**

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

$$a_{s1} = 942 > a_{s,min} = 322,3 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 10000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 942 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 * f_{ctm} * b_i * d}{f_{yk}} = 322,32 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 * b_i * d = 278,20 \text{ mm}^2$$

**Konstrukční podmínky**

Maximální vzdálenost prutů  $s_{s1,max} = 2h \leq 300 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$   
 Výpočet vzdálenosti ze skupiny vložek si  $s = 120 \text{ mm}$

$s \leq s_{s1,max}$   $s \geq s_{min}$   
 Osová vzdálenost prutů - OK  
 Min. vzdálenost prutů OK

**Rozdělovací výztuž**

Profil rozdělovací výztuže  $\phi_{vt} = 8$  mm  
 Vzdálenost rozdel. výztuže  $s_{vt} = 200$  mm  
 $A_{st} = 251$  mm<sup>2</sup>  
 Min. rozděl  $a_{s,req} = 0,2 * a_{s1} = 188$  mm<sup>2</sup>  
 $A_{vt} > a_{s,req}$

Plocha rozdělovací výztuže vyhovuje

Maximální osová vzdálenost

$$s_{max,slab} = \min(3h; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

$$s_{st} = 200$$

$$s_{max,slab} = 400 \text{ mm}$$

$$s_{st} > s_{max,slab}$$

Vzdálenost rozdel. 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

$$m_{Ed,q} = 53 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 31,457 \text{ kN/m}$$

Trhliny vzniknou

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,0442 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0001943 \text{ m}^4$$

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 12,046 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 308,810 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

## 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

$$\sigma_s = 308,810 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed, ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} =$$

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

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

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff} = 0,0686 \text{ m}^2$$

$$h_{c,eff} = \min \{ 2,5(h-d), (h-x)/3, h/2 \}; \min \{ 90,00; 68,61; 125 \} \quad \} h_{c,eff} = 68,61 \text{ mm}$$

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0,6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0,4

$$k_t = 0,4$$

$$a_s = 942 \text{ mm}^2$$

$$a_p = 0 \text{ předpínací výztuž}$$

$$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01374$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,001087 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0009264$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0010870$$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s < 5(c+\phi/2)$

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 250,516 \text{ mm}$$

Případ  $s > 5(c+\phi/2)$

$$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 291,71 \text{ mm}$$

|                  |       |                            |
|------------------|-------|----------------------------|
| c =              | 30    | krytí podélné výztuže      |
| k <sub>1</sub> = | 0,8   | pruty s velkou soudržností |
| 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

$s_{r,max}$

$$5(c+\phi/2) = 180 \text{ mm}$$

$$\text{vzdálenost výztuže} = 120 \text{ mm}$$

**Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$**

$$s_{r,max} = 250,52 \text{ mm}$$

Kontrola trhlin

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

$$w_k = 0,2723 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,4 \text{ mm}$$

**Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje**



Prvek: Průvlak 350/500-spodní výztuž

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

50

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$$m_{Ed} = 143 \text{ kNm}$$

$$m_{Ed,q} = 93,36 \text{ kNm} \quad m_{Ed,ch} = 102,25 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 368 \text{ kN}$$

### Zadání geometrie

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

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

Rovnoměrně rozdělení napětí betonu v tlaku

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 = | 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   |       |       |       |

$$s_1 = 75 \text{ mm}$$

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

Ok

### min. vzdálenosti prutů

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

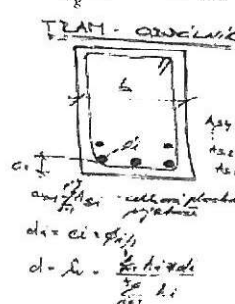
$$= s_{min}$$

$$37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

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



### Posouzení

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

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

Vyhovuje

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

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

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

### Kontrola vyztužení

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

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

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

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

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

Vyhovuje

### Smyk

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

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

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

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

### Třminky

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

$$\phi i = 8 \text{ mm - profil třmínku}$$

$$a = 150 \text{ mm - osová vzdálenost třmínků}$$

$$A_{sv} = 201 \text{ mm}^2 \text{ - plocha třmínků}$$

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

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

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

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

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

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad s_{sv,min} = 346,5$$

- omezení stupně vyztužení

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

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

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

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

## 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:

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha_e - 1) a_s = 0,17909 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,255 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5h)^2 + (\alpha_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,003826 \text{ m}^4$$

$$m_{ci} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 45,200 \text{ kNm/m}$$

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

$$m_{Ed,q} = 93,36 \text{ kN/m} \leq m_{ci} = 45,200 \text{ kN/m}$$

**Trhliny vzniknou**

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,1006 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0007586 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 12,379 \text{ Mpa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 296,722 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

**Napětí splňuje omezující podmínky**

## 2) Kontrola trhlin

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_1 \cdot \frac{\varepsilon_{cm} - \varepsilon_{cm}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$  napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou  $\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{m \cdot \sigma_c \cdot (d - x_s)}{I_s}$

$\sigma_s = 270,9$  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  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff} = 0,0333$  m<sup>2</sup>

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

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0.6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_1 = 0,4$

$a_s = 804$  mm<sup>2</sup>

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

$f_{ct,eff} = 2,9$  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  $s \leq 5(c + \phi/2)$

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

Případ  $s > 5(c + \phi/2)$

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

$s_{r,max}$

$5(c + \phi/2) = 190$  mm

vzdálenost výztuže  $75,33$  mm

Případ  $s \leq 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = 214,45$  mm

Kontrola trhlin

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

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

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje



### 3) Kontrola průhybu

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

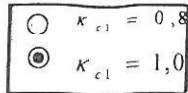
$$\lambda_d = K_{c1} \cdot K_{c2} \cdot K_{c3} \cdot \lambda_{d,lab} = 33,04$$

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

Není nutné počítat průhyb

Součinitel závislý na tvaru průřezu

$$K_{c1} = 1$$



$$K_{c1} = 0,8$$

$$K_{c1} = 1,0$$

pro T průřez s poměrem šířky k výšce větší než 3

v ostatních případech

Součinitel závislý na rozpětí

$$- \text{rozpětí } l = 6,00 \text{ m}$$

$$K_{c2} = 1,00$$

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

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

$$A_{s,req} = 132,39 \text{ mm}^2$$

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

Referenční stupeň vyztužení

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

Geometrický stupeň vyztužení tahovou výztuží

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

Součinitel pro zohlednění různých nosných systémů

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

$$K = 1,5$$

Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0$$

Výpočet podle prvního vzorce

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

Prvek: Průvlak 400/500-spodní výztuž

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí: XC1  
Návrhová životnost: 50 let  
Požární odolnost: REI  
Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 197$  kNm  
 $m_{Ed,q} = 128,00$  kNm  
 $m_{Ed,ch} = 141,00$  kNm  
 $V_{Ed} = 414$  kN

### Zadání geometrie

h = 500 mm  
b = 400 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                              |          |          |
| $f_{ctm} = 2,9$ Mpa        |        |        | $f_{sd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa |          |          |
| $E_{cm} = 32,8$ Gpa        |        |        | $\epsilon_{yd} = \frac{f_{sd}}{E_s} = 2,17$ [‰] |          |          |
| $\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰] |        |        |   |          |          |

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku  
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

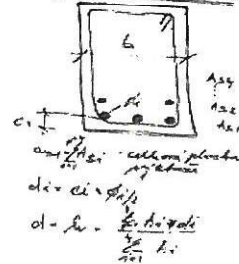
Vrstva  
Profil ve vrstvě  
Počet prutů  
Krytí profilu  
Plocha na 1 mb  
Celková plocha  
Teoretická osa plochy výztuže  
Účinná výška průřezu  
Vzdálenost mezi pruty  
Min světlost mezi pruty

|            |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|
|            | 37 mm | 37 mm | 37 mm | 37 mm |
| i =        | 1     | 2     | 3     | 4     |
| $\phi i =$ | 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   |       |       |       |

min. vzdálenosti prutů  
 $s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2 \cdot 20mm)$   
 $s_{min} = 37$  mm

$k_1 = 1,2$   
 $k_2 = 5$   
 $d_g = 32$  mm

TRAM - ONELINK



### Posouzení

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

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

Vyhovuje

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

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

Vyhovuje

### Kontrola vyztužení

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

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

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 277,13 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 239,20 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 20000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 1257 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

### Smyk

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

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

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

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

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

### Třmínky

n = 4 počet stříhů na třmínku  
 $\phi i = 8$  mm - profil třmínku  
a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků  
 $A_{st} = 201$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků  
 $a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

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

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

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků  
 $s \leq 0,75 \cdot d = 345,0$  mm  
 $s \leq 400$  mm  
 $s_{vr,min} = 345$

- omezení stupně vyztužení

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

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

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

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

## Kontrola mezního stavu použitelnosti

### 1) Omezené napětí

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

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

- 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 vyvoláno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku

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

**Průřez bez trhlin:**

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

$$A_i = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 0.20640 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0.5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0.257 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0.5h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0.004440 \text{ m}^4$$

$$m_{ci} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 52.817 \text{ kNm/m}$$

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

$$m_{Ed,q} =$$

$$128$$

$$\text{kN} / \text{m} \leq m_{cr} =$$

$$52.817 \text{ kN/m}$$

**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 betonu**

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 13.207 \text{ Mpa} \leq 0.45 \cdot f_{ck} = 13.50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha'_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 266.080 \text{ Mpa} \leq 0.8 \cdot f_{yk} = 400.00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

**Napětí splňuje omezující podmínky**



## 2) Kontrola trhlin

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

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_1 \cdot \frac{\epsilon_{ci,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výtuzi

$\sigma_s =$  napětí v tažené výtuzi vypočtené na průřezu porušeném trhlinou  $\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{m \cdot \epsilon_{ci,eff} \cdot (d - \lambda_s)}{I_r}$

$\sigma_s = 241,5 \text{ Mpa}$

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

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

$k_1 = 0,4$

$a_s = 1257 \text{ mm}^2$

$a_p =$  předpoklad výtuzi

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,03142$

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

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,000988 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0007246$

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,0009881$

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 výtuzi

$k_1 = 0,8$  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 výtuzi  $86,67 \text{ mm}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 210,23 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

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

$w_k = 0,2077 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,4 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

### 3) Kontrola průhybu

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

$$\lambda_d = K_{c1} \cdot K_{c2} \cdot K_{c3} \cdot \lambda_{d,tah} = 31,16$$

$$\frac{l}{d} =$$

$$13,04 \leq \lambda_d = 31,16$$

Není nutné počítat průhyb

Součinitel závislí na tvaru průřezu

$$K_{c1} =$$

$$1$$

$$\begin{aligned} \text{○ } K_{c1} &= 0,8 \\ \text{● } K_{c1} &= 1,0 \end{aligned}$$

pro T průřez s poměrem šířkyprůřezu kšířce žebra větší než 3

v ostatních případech

Součinitel závislí na rozpětí

- rozpětí  $l = 6,00$  m

$$K_{c2} = 1,00$$

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

$$K_{c3} = \frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} = 1,18$$

$$A_{s,req} = 1000,80 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 1257 \text{ mm}^2$$

Součinitel pro zohlednění různých nosných systémů

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

$$K = 1,5$$

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

$$\lambda_{d,tah} = \left\langle \begin{aligned} &K \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \\ &K \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho'}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \end{aligned} \right\rangle = 26,38$$

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

$m_{Ed} = 175$  kNm  
 $m_{Ed,q} = 108,75$  kNm  
 $m_{Ed,chl} = 127,13$  kNm  
 $V_{Ed} = 249,24$  kN

### Zadání geometrie

h = 500 mm  
b = 350 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                                 |          |          |
| $f_{ctm} = 2,9$ 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  $\lambda x$   
 $\eta = 1$   
 $\lambda = 0,8$   
 $\xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yk}} = 0,617$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

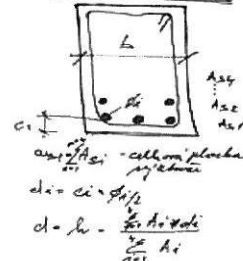
Vrstva  
Profil ve vrstvě  
Počet prutů  
Krytí profilu  
Plocha na 1 mb  
Celková plocha  
Teoretická osa plochy výztuže  
Účinná výška průřezu  
Vzdálenost mezi pruty  
Min světlost mezi pruty

|            |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|
|            | 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   |       |       |       |
| s1 =       | 78 mm |       |       |       |

### 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 - OSOVLNÍK



### Posouzení

$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 114,3$  mm  
 $\xi = \frac{x}{d} = 0,2674 < \xi_{bal,1} = 0,617$   
**Vyhovuje**

$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 244,43$  kNm/m  
 $m_{Ed} = 175 < m_{Rd} = 244,43$  kNm/m  
**Vyhovuje**

### Kontrola vyztužení

$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$   
 $a_{s1} = 1473 > a_{s,min} = 225,4$  mm<sup>2</sup>  
**Vyhovuje**

$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 225,36$  mm<sup>2</sup>  
 $a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 194,51$  mm<sup>2</sup>

$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 20000$  mm<sup>2</sup> **Vyhovuje**  
 $a_{s1} = 1473$  mm<sup>2</sup>

### Smyk

$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 486,555$  kN  
 $\cot \Theta = 2,5$  - volíme  
 $|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$  **Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu  $\cot \Theta = 2,5$**   
 $v = 0,6 \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$   
 $z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 382$  mm

### Třminky

n = 2 počet střihů na třmínku  
 $\phi_i = 8$  mm - profil třmínku  
a = 150 mm - osová vzdálenost třmínků  
 $A_{sw} = 101$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků  
 $a \leq s_{min}$

**Osová vzdálenost třmínků je OK**

$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 278,11$  kN

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků  
 $s \leq 0,75 \cdot d = 320,6$  mm  
 $s \leq 400$  mm  
 $s_{17,min} = 320,625$

- omezení stupně vyztužení

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

$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 327,76$  mm

$s_{min} = \min(s_{17,min}, s_w) = 320,63$  mm

$|V_{Ed}| = 249,24$  kN  $\leq V_{Rd,s} = 278,11$  kN

**Navrhnutý třmínek vyhovuje**



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

$m_{Ed} = 281$  kNm

$m_{Ed,q} = 182,32$   $m_{Ed,chl} = 205,32$  kNm

$V_{Ed} = 405$  kN

### Zadání geometrie

h = 500 mm

b = 400 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      |          |                                    |
| $f_{ctm} = 2,9$ Mpa        |        |        | $\epsilon_{yd} = 2,17$ [‰] |          |                                    |
| $E_{cm} = 32,8$ Gpa        |        |        |                            |          |                                    |
| $\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰] |        |        |                            |          |                                    |

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     |
| $\phi_i =$ | 25    | 0     | 0     | 0     |
| ks =       | 4     | 0     | 0     | 0     |
| ci =       | 60    | 0     | 0     | 0     |
| ai =       | 1963  | 0     | 0     | 0     |
| $a_{s1} =$ | 1963  |       |       |       |
| $d_1 =$    | 73    |       |       |       |
| $d =$      | 428   |       |       |       |

$$s_1 = 60 \text{ mm}$$

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

Ok

### min. vzdálenosti prutů

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

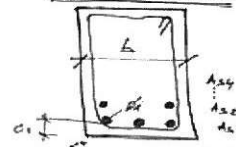
$$s_{min} = 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

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

TRAM - OBDELNIK



$$d_i = c_i + \phi_i / 2$$

$$d = d_u + \sum_{i=1}^n A_i \cdot \phi_i$$

### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 133,4 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,3120 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 319,40 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 281 < m_{Rd} = 319,40 \text{ kNm/m}$$

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

### Kontrola vyztužení

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

$$a_{s1} = 1963 > a_{s,min} = 257,6 \text{ mm}^2$$

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

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

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

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

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 544,96 \text{ kN}$$

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

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

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 374 \text{ mm}$$

### Třmínky

n = 2

počet střihů na třmínku

$\phi_i = 8$

mm - profil třmínku

a = 100

mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 101$

mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 408,84 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 405 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 408,84 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 320,6 \text{ mm}$$

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

$$s_{s1,min} = 320,625$$

- omezení stupně vyztužení

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

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

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

$$s_{min} = \min(s_{s1,min}, s_w) = 286,79 \text{ mm}$$

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 RE1  
Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 169,36$  kNm  
 $m_{Ed,g} = 139,57$  kNm  
 $m_{Ed,ch} = 169,36$  kNm  
 $V_{Ed} = 405$  kN

### Zadání geometrie

h 500 mm  
b 400 mm

|                            |        |                                    |   |          |                                    |
|----------------------------|--------|------------------------------------|---|----------|------------------------------------|
| Třída betonu :             | C30/37 | C30/37                             | Výztuž :  | 10 505 R | 10 505 R                           |
| $f_{ck} = 30$ Mpa          |        |                                    | $f_{yk} = 500$ Mpa                              |          |                                    |
| $\alpha_{cc} = 1$          |        | 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        |        |                                    | $\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰] |          |                                    |
| $\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰] |        |                                    |   |          |                                    |

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 větvi  
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   |       |       |       |

s1 = 103 mm

$s \leq s_{s1,max}$

Ok

### min. vzdálenosti prutů

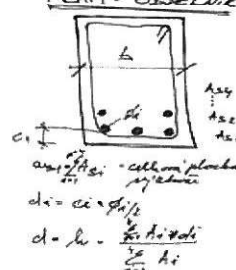
$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2 \cdot 20mm)$   
 $s_{min} = 37$  mm

$k_1 = 1,2$

$k_2 = 5$

$d_g = 32$  mm

TRAM - ODRŽENÍ



### Posouzení

$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 100,0$  mm  
 $\xi = \frac{x}{d} = 0,2340 < \xi_{bal,1} = 0,617$   
**Vyhovuje**

$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 248,09$  kNm/m  
 $m_{Ed} = 169,36 < m_{Rd} = 248,09$  kNm/m  
 $m_{Ed} < m_{Rd}$  **Vyhovuje**

### Kontrola vyztužení

$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$   
 $a_{s1} = 1473 > a_{s,min} = 257,6$  mm<sup>2</sup>  
 $a_{s1} > a_{s,min}$  **Vyhovuje**

$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 257,55$  mm<sup>2</sup>  
 $a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 222,30$  mm<sup>2</sup>

$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 20000$  mm<sup>2</sup> **Vyhovuje**

### Smyk

$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 564,389$  kN  
 $\cot \Theta = 2,5 - \text{volíme}$

$v = 0,6 \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$   
 $z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 387$  mm

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

### Třminky

n = 2 počet střihů na třmínku  
 $\phi i = 8$  mm - profil třmínku  
a = 100 mm - osová vzdálenost třmínků  
 $A_{sw} = 101$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků  
 $a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 423,41$  kN

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$s \leq 0,75 \cdot d = 320,6$  mm  
 $s \leq 400$  mm  
 $s_{w,min} = 320,625$

- omezení stupně vyztužení

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

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

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

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

$|V_{Ed}| = 405$  kN  $\leq V_{Rd,s} = 423,41$  kN

Navržený třmínek vyhovuje