

Zak.č. : 2528/DPS-2013

Arch.č.: 2525\_01

Příl.č.: **D.1.2 - 7.b**

Akce : **Obnova a modernizace ČOV  
Bruntál, 3. etapa**

Stupeň PD : Dokumentace pro provádění stavby

Objekt : **SO 107 Vyhnívací nádrž  
SO 108 Uskladňovací nádrž**

Příloha : **D.1.2 - 7.b Statický výpočet**

Objednatel: **Město Bruntál**  
Nádražní 20  
792 01 Bruntál

Vypracoval: **KONEKO spol. s r.o. Ostrava**

**Ostrava, únor 2014**

**Výtisk č.:**

# ÚVOD

## 1. Seznam použité literatury

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

## 2. Předmět statického výpočtu

Předmětem předloženého statického výpočtu je podrobný návrh a posouzení ocelových zámečnických výrobků – nově navržené stropní konstrukce, a dále prefabrikované stropní desky vnější jímky.

## 3. Navržené materiály

### Ocelové konstrukce

Ocelové konstrukce (zámečnické výrobky) jsou navrženy z **černé oceli EN 10025: Fe 360**

### Betonové konstrukce

Betonové konstrukce jsou navrženy z betonu **pevnostní třídy C 30/37 pro třídu prostředí XC4**.  
Výztuž – **KARI sítě a vázaná výztuž z betonářské oceli 10 505**.

## Nová stropní konstrukce

V budově přiléhající k výstupní věži je nově navržena stropní konstrukce nad I.NP.

Stropní konstrukce je navržena z ocelových válcovaných stropních nosníků, na kterých bude uložen trapézový plech jako ztracené bednění pro monolitickou železobetonovou stropní desku.

Osová vzdálenost jednotlivých stropních nosníků (rozteč) je 730 mm. Stropní nosníky jsou navrženy jako prosté nosníky na světlé rozpětí 3,9 m.

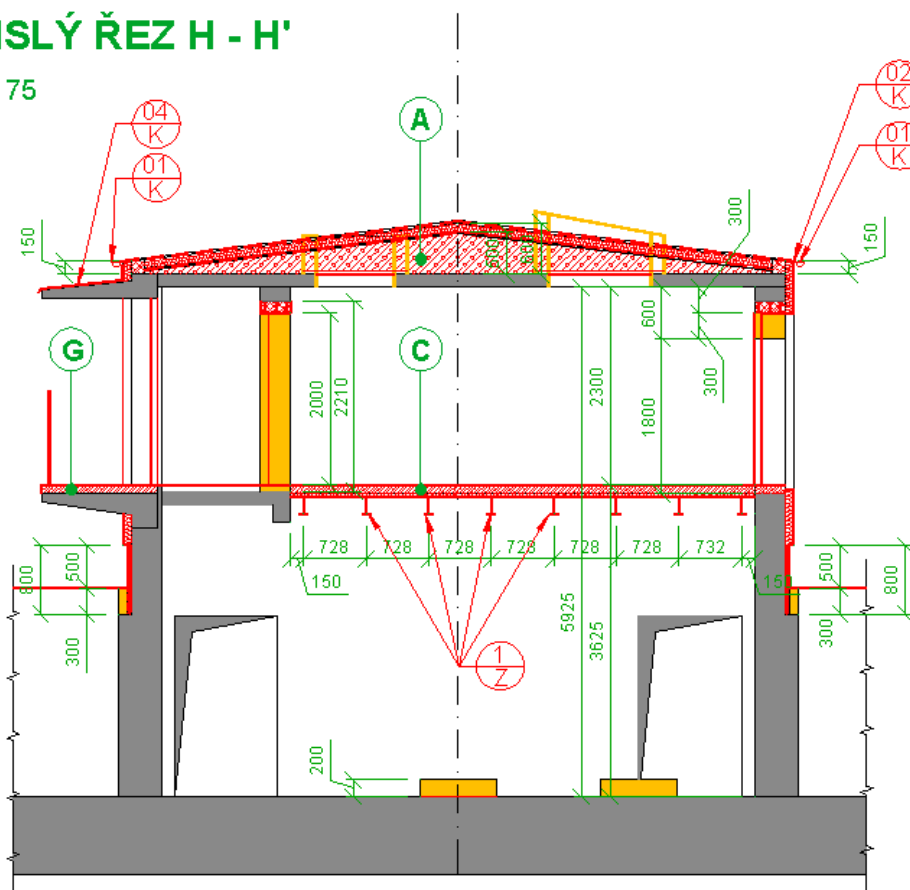
Výška trapézových plechů /ztraceného bednění/ je 40 mm.

Minimální tloušťka ŽB stropní desky (nad vrcholem vln trapézových plechů) je 100 mm.

Místnost nad nově navrženou stropní konstrukcí bude využívána jako sklad – proměnné zatížení je uvažováno jako pro skladové prostory kategorie E1 ( $q_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$ ).

### SVISLÝ ŘEZ H - H'

M 1 : 75



### Zatížení

Plošná hmotnost trapézových plechů  $m \approx 10 \text{ kg}$

#### 1/ stálé zatížení

betonová deska ( $\phi$ tl. = 120 mm):	$0,12 \cdot 25 \cdot 0,73 = 2,19 \text{ kN/m}$
trapéz. plech:	$0,1 \cdot 0,73 = 0,073 \text{ kN/m}$
vl. hmotnost nosníku (odhadem I 200):	$= 0,26 \text{ kN/m}$
charakteristická hodnota	$g_k = 2,52 \text{ kN/m}$
součinitel zatížení:	$\gamma_f = 1,35$

návrhová hodnota:  $g_{Ed} = 2,52 \cdot 1,35 = 3,41 \text{ kN/m}$

## 2/ proměnné zatížení

charakteristická hodnota:  $q_k = 7,5 \cdot 0,73 = 5,48 \text{ kN/m}$

součinitel zatížení:  $\gamma_f = 1,5$

návrhová hodnota:  $q_{Ed} = 5,78 \cdot 1,5 = 8,2 \text{ kN/m}$

## Vnitřní síly

$L = 1,05 \cdot L_0 = 1,05 \cdot 3,9 = 4,1 \text{ m}$

Moment:  $M_{yEd} = 1/8 \cdot (3,41 + 8,2) \cdot 4,1^2 = 24,4 \text{ kNm}$

## Posouzení

1/ na únosnost (MSÚ) – posouzení na únosnost bylo provedeno programem FIN EC – Ocel:

# 1 Obnova a modernizace ČOV Bruntál, 3. etapa

## 2 Norma

**Norma výpočtu** EN 1993-1-1

Výpočet je proveden podle České národní přílohy.

Součinitel únosnosti průřezu  $\gamma_{M0} = 1,000$

Součinitel únosnosti při posouzení stability  $\gamma_{M1} = 1,000$

Součinitel únosnosti oslabeného průřezu  $\gamma_{M2} = 1,250$

## 3 Stropní nosník

### 3.1 Vstupní data

**Délka dílce:** 3,900 m

#### Průřez

**Název:** I 200

TYČE PRŮŘEZU I - I 200	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 200,0 \text{ mm}$
šířka horní pásnice	$b_{ft} = 90,0 \text{ mm}$
šířka spodní pásnice	$b_{fb} = 90,0 \text{ mm}$
tloušťka stojiny	$t_w = 7,5 \text{ mm}$
tloušťka horní pásnice	$t_{ft} = 11,3 \text{ mm}$
tloušťka spodní pásnice	$t_{fb} = 11,3 \text{ mm}$
poloměr zaoblení mezi stojinou a pásnicemi	$R_1 = 7,5 \text{ mm}$
poloměr zaoblení vnitřních hran pásnic	$R_2 = 4,5 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 3,340\text{E}+03 \text{ mm}^2$
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 45,0 \text{ mm}$
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 100,0 \text{ mm}$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 2,140\text{E}+07 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 1,160\text{E}+06 \text{ mm}^4$

TYČE PRŮŘEZU I - I 200	
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 80,0 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 18,6 \text{ mm}$
moment tuhosti v prostém kroucení	$I_k = 1,360\text{E}+05 \text{ mm}^4$
Výšečové charakteristiky	
y-ová souřadnice středu smyku v těžišťovém souřadném systému	$y_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
z-ová souřadnice středu smyku v těžišťovém souřadném systému	$z_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
výšečový moment setrvačnosti ke středu smyku	$I_{w.s} = 9,980\text{E}+09 \text{ mm}^6$

## Materiál

**Název:** EN 10025 : Fe 360

## Zatížení - vnitřní síly

**Celkový počet zatěžovacích případů: 1**

Zatěžovací případ	N [kN]	V <sub>3</sub> [kN]	M <sub>2</sub> [kNm]	V <sub>2</sub> [kN]	M <sub>3</sub> [kNm]	T <sub>t</sub> [kNm]	T <sub>ω</sub> [kNm]	Bimoment [kNm <sup>2</sup> ]
Zat. případ 1	0,000	0,000	24,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

## Vzpěr

Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 3,900 \text{ m}$   
 Součinitel vzpěrné délky  $k_z$  Nezádáno  
 Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 3,900 \text{ m}$   
 Součinitel vzpěrné délky  $k_y$  Nezádáno  
 Délka úseku pro vzpěr  $L_\omega = 3,900 \text{ m}$   
 Součinitel vzpěrné délky  $k_\omega$  Nezádáno

## Klopení

Součinitele uložení konců:  $k_y = -$   $k_z = 1.0$   $k_\omega = 1.0$   
 Klopení  $M_y$ :  
 $I_{z1} = 3,900 \text{ m}$   
 Tvar mom.plochy: Prostý nosník, spojitě zatížení  
 Poloha zatížení:  $z_p = 1,000$   
 Klopení  $M_z$ :  
 $I_{y1} =$  Nezádáno  
 Tvar mom.plochy: Nezádáno

## 3.2 Výsledky

### Celkové posouzení

**Rozhodující zatěžovací případ:** Zat. případ 1

**Třída průřezu:** 1

Vnitřní síly:  $N = 0,000 \text{ kN}$ ;  $M_y = 24,400 \text{ kNm}$ ;  $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

**Posudek nejnepríznivější kombinace prostého tahu a ohybu:**

Únosnosti:  $M_{y,R} = 28,770 \text{ kNm}$

$|0,000 + 0,848 + 0,000| = |0,848| < 1$  **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 209,3

**Průřez vyhovuje**

## Využití

**Využití průřezu:** 84,8 %

Vyhoví na únosnost

2/ na průhyb (MSP)

$$I \text{ č. 200} - I_y = 21,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$w_{\text{lim}} = 1/250 \cdot L = 1/250 \cdot 4100 = 16,4 \text{ mm}$$

$$w_{\text{max}} = 5/384 \cdot (2,52 + 5,48) \cdot 4,1^4 / 210000 / 21,4 \cdot 10^{-6} = 6,5 \text{ mm} < w_{\text{lim}}$$

vyhoví na průhyb

### **Závěr:**

**Navržený průřez – válcovaný profil I č. 200 – vyhoví pro nově navržené stropní nosníky.**

### **Uložení nosníků**

Stropní nosníky budou uloženy v kapsách vysekaných ve stávajícím zdivu objektu, na ocelových roznášecích deskách.

Reakce v místě uložení stropních nosníků:  $R_{\text{Ed}} = 1/2 \cdot (3,41 + 8,2) \cdot 4,1 = 23,8 \text{ kN}$

Půdorysné rozměry roznášecích desek: 200 x 200 mm

Napětí:  $\sigma = 23,8 \cdot 10^{-3} / (0,2 \cdot 0,2) = 0,595 \text{ MPa}$

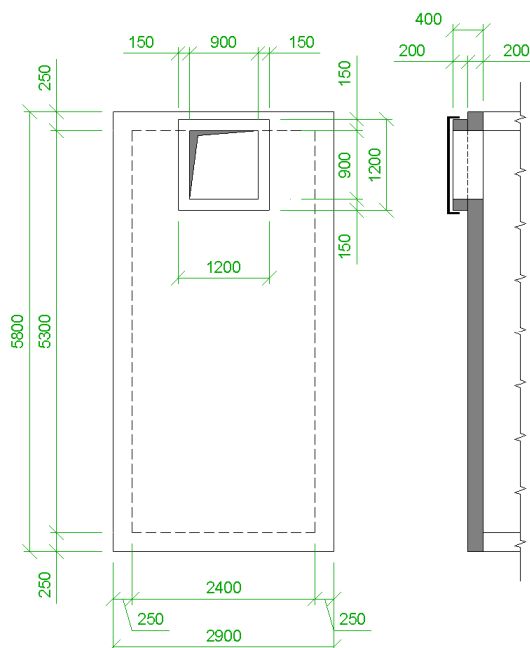
Pro zdivo pevnostní třídy P10 – napětí v tlaku = 1 MPa >  $\sigma = 0,595 \text{ MPa}$

Vyhoví

## Stropní deska vnější jímky

Stávající zákrytová deska vnější jímky půdorysných rozměrů (vnitřních) 5,3 x 2,4 m bude odstraněna a nahrazena novou – staveništním prefabrikátem.

Půdorysné rozměry prefabrikátu jsou 5,8 x 2,9 m, tloušťka je navržena 0,2 m. V prefabrikátu je navržen vstupní otvor půdorysných rozměrů 0,9 x 0,9 m, lemovaný betonovým komínkem výšky 0,2 m s tloušťkou stěny 0,15 m.



Pro manipulaci se staveništním prefabrikátem jsou navrženy přepravní úchyty HALFEN s kulovou hlavou.

Pro výpočet hlavní výztuže stropní desky je uvažováno se dvěma stadii: stadium montáže (zavěšení na čtyřech závěsných úchytech v momentě odbedňování) a stadium po uložení do konečné polohy.

Proměnné zatížení stropní desky po uložení na místo je uvažováno hodnotou  $1,5 \text{ kN/m}^2$  (rovnoměrné celoplošné zatížení).

### Zatížení

1/ vlastní hmotnost desky

součinitel zatížení  $\gamma_f = 1,35$

2/ proměnné zatížení

$q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$  (charakter. hodnota)

součinitel zatížení  $\gamma_f = 1,5$

$q_{Ed} = 1,5 \cdot 1,5 = 2,25 \text{ kN/m}^2$  (návrh. hodnota)

3/ zatížení přilnavostí k bednění (první zvedání prefabrikátu) – hladké nenaolejované bednění

celoplošné rovnoměrné zatížení  $h_{a_k} = 2,0 \text{ kN/m}^2$  (charakter. hodnota)

součinitel zatížení  $\gamma_f = 1,5$

$h_{a_{Ed}} = 2 \cdot 1,5 = 3,0 \text{ kN/m}^2$  (návrh. hodnota)

## Uložení desky

1/ ve stadiu 1 – manipulace a montáž

čtyři bodové podpěry ve vzdálenostech 0,4 m od rohů desky (přepravní úchyty) – kloubové uložení

2/ ve stadiu 2 - v konečné poloze

lineární podpěra ve svislém směru po celém obvodu desky (uložení na stěnách) – kloubové uložení

## Zatížení desky v jednotlivých stádiích

1/ ve stadiu 1 – manipulace a montáž

zatížení vlastní hmotností a přilnavostí k bednění při prvním zvedání

2/ ve stadiu 2 - v konečné poloze

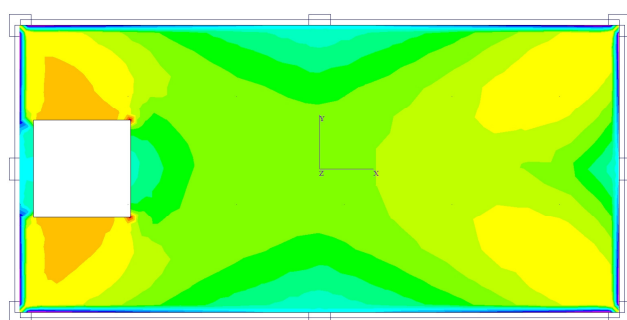
zatížení vlastní hmotností a celoplošným rovnoměrným proměnným zatížením

## Vnitřní síly

Vnitřní síly byly pro obě montážní stadia spočteny programem FEAT 2000 – rovinná úloha

### Vnitřní síly pro 1. stadium

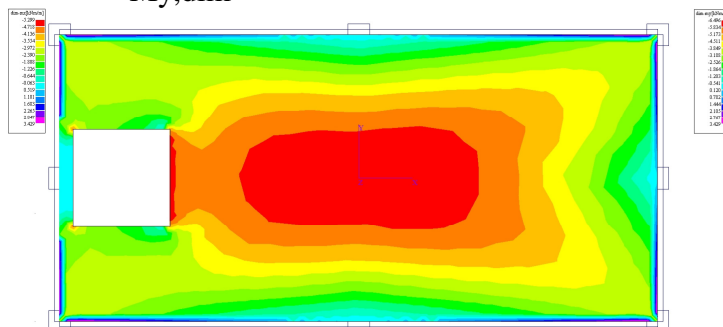
$M_x, \text{dim}$



$M_x = 5,3 \text{ kNm}$  (dolní líc)

$M_x = 3,4 \text{ kNm}$  (horní líc)

$M_y, \text{dim}$

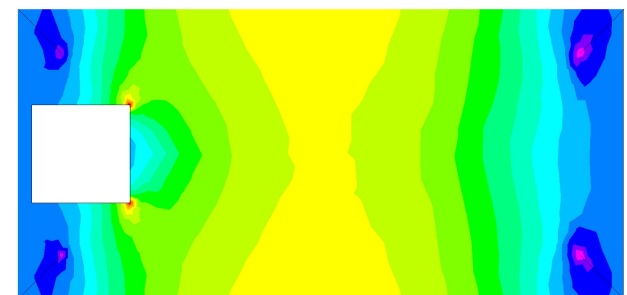


$M_y = 6,5 \text{ kNm}$  (dolní líc)

$M_y = 3,4 \text{ kNm}$  (horní líc)

### Vnitřní síly pro 2. stadium

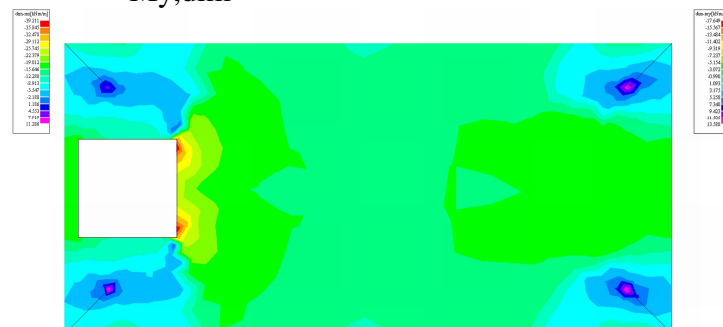
$M_x, \text{dim}$



$M_x = 29,1 \text{ kNm}$  (dolní líc)

$M_x = 11,3 \text{ kNm}$  (horní líc)

$M_y, \text{dim}$



$M_y = 17,6 \text{ kNm}$  (dolní líc)

$M_y = 13,6 \text{ kNm}$  (horní líc)



## Dimenzování – návrh a posouzení výztuže

Je navržena vázaná výztuž z betonářské oceli 10 505

Posouzení na únosnost (MSÚ) bylo provedeno programem FIN EC – Beton 3D.

Tloušťka desky:  $h = 0,2 \text{ m}$   
Krytí:  $30 \text{ mm}$   
Návrh výztuže:  $\phi R 12 \text{ po } 150 \text{ mm /v obou směrech/}$

1/ Posouzení pro směr X:

Maximální návrhový moment:  $M_{\max} = 29,1 \text{ kNm}$

## 1 Obnova a modernizace ČOV Bruntál. 3. etapa

### Součinitele výpočtu

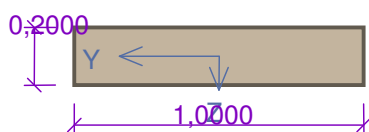
Uvažovány dle normy ČSN EN 1992-1-1.

## 2 Směr X

### 2.1 Vstupní data

Typ prvku: nosník  
Prostředí: XC4 - karbonatace: střídavě mokré a suché  
Požadovaná třída betonu: C30/37

#### Průřez



#### Materiály

##### Beton : C 30/37

$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$ ;  $f_{ct} = 2,9 \text{ MPa}$ ;  $E_{cm} = 32000,0 \text{ MPa}$

##### Ocel podélná : 10505 (R)

$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$ ;  $f_{tk} = 500,0 \text{ MPa}$ ;  $E = 200000,0 \text{ MPa}$

##### Ocel příčná : 10505 (R)

$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$ ;  $f_{tk} = 500,0 \text{ MPa}$ ;  $E = 200000,0 \text{ MPa}$

#### Vnitřní síly - základní (MSU)

č.	Název zatěžovacího případu	$N_{Ed}$ [kN]	$V_{Edz}$ [kN]	$V_{Edy}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$T_{Ed}$ [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	0,00	0,00	0,00	29,10	0,00	0,00	1,000

#### Vyztužení průřezu

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
6	12,0	30,0	dolní výztuž

S tlačnou výztuží není počítáno.

#### Smyková výztuž

Průřez bez smykové výztuže.

#### Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(12; 30; 10) = 30 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 30 + 10 = 40 \text{ mm}$$

## 2.2 Výsledky

### Posouzení min. a max. plochy výztuže

Nosník (tažená výztuž):

$$A_{s,min} = 247,3 \text{ mm}^2 \leq A_s = 678,6 \text{ mm}^2 \leq A_{s,max} = 8000,0 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	$N_{Ed}$ $N_{Rd}$ [kN]	$V_{Edz}$ $V_{Rdz}$ [kN]	$V_{Edy}$ $V_{Rdy}$ [kN]	$M_{Edy}$ $M_{Rdy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ $M_{Rdz}$ [kNm]	$T_{Ed}$ $T_{Rd}$ [kNm]	Posouzení
1	Zat. případ 1	0,00	0,00	0,00	29,10	0,00	0,00	Vyhovuje
		0,00	0,00	0,00	48,07	0,00	0,00	

**Mezní stav únosnosti (ohyb, smyk, kroucení) VYHOVUJE**

### Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

Využití průřezu: 60,5 %

Navržená výztuž vyhoví

2/ Posouzení pro směr Y:

Maximální návrhový moment:  $M_{max} = 17,6 \text{ kNm}$

## 1 Obnova a modernizace ČOV Bruntál. 3. etapa

### Součinitele výpočtu

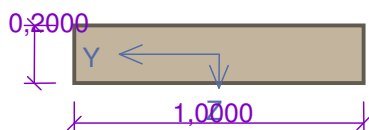
Uvažovány dle normy ČSN EN 1992-1-1.

## 2 Směr Y

### 2.1 Vstupní data

Typ prvku: nosník  
Prostředí: XC4 - karbonatace: střídavě mokré a suché  
Požadovaná třída betonu: C30/37

#### Průřez



#### Materiály

##### Beton : C 30/37

$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$ ;  $f_{ct} = 2,9 \text{ MPa}$ ;  $E_{cm} = 32000,0 \text{ MPa}$

##### Ocel podélná : 10505 (R)

$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$ ;  $f_{tk} = 500,0 \text{ MPa}$ ;  $E = 200000,0 \text{ MPa}$

##### Ocel příčná : 10505 (R)

$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$ ;  $f_{tk} = 500,0 \text{ MPa}$ ;  $E = 200000,0 \text{ MPa}$

### Vnitřní síly - základní (MSU)

č.	Název zatěžovacího případu	$N_{Ed}$ [kN]	$V_{Edz}$ [kN]	$V_{Edy}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$T_{Ed}$ [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	0,00	0,00	0,00	17,80	0,00	0,00	1,000

### Vyztužení průřezu

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
6	12,0	42,0	dolní výztuž

S tlacenou výztuží není počítáno.

### Smyková výztuž

Průřez bez smykové výztuže.

### Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(12; 30; 10) = 30\text{mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = 40\text{mm}$$

## 2.2 Výsledky

### Posouzení min. a max. plochy výztuže

Nosník (tažená výztuž):

$$A_{s,min} = 229,2\text{mm}^2 \leq A_s = 678,6\text{mm}^2 \leq A_{s,max} = 8000,0\text{mm}^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	$N_{Ed}$ $N_{Rd}$ [kN]	$V_{Edz}$ $V_{Rdz}$ [kN]	$V_{Edy}$ $V_{Rdy}$ [kN]	$M_{Edy}$ $M_{Rdy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ $M_{Rdz}$ [kNm]	$T_{Ed}$ $T_{Rd}$ [kNm]	Posouzení
1	Zat. případ 1	0,00	0,00	0,00	17,80	0,00	0,00	Vyhovuje
		0,00	0,00	0,00	44,39	0,00	0,00	

**Mezní stav únosnosti (ohyb, smyk, kroucení) VYHOVUJE**

### Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

Využití průřezu: 40,1 %

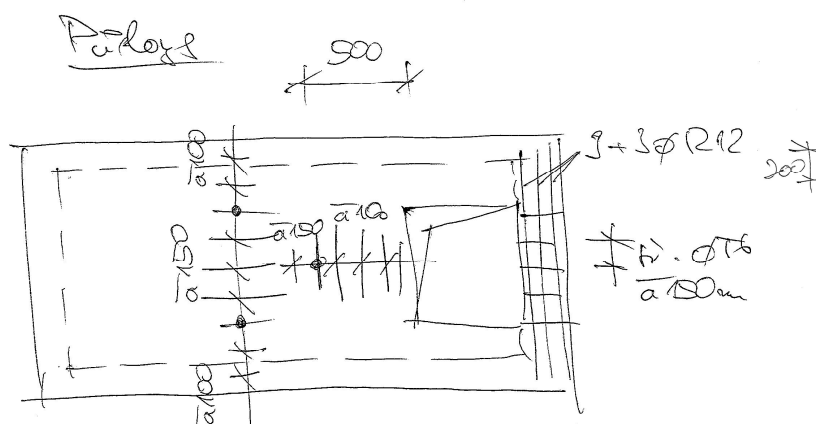
### Závěr:

V podélném i příčném směru je navržena vázaná výztuž  $\phi$  R 12 po 150 mm. Kolem otvorů bude výztuž zhuštěna – je navržena vzdálenost 100 mm.

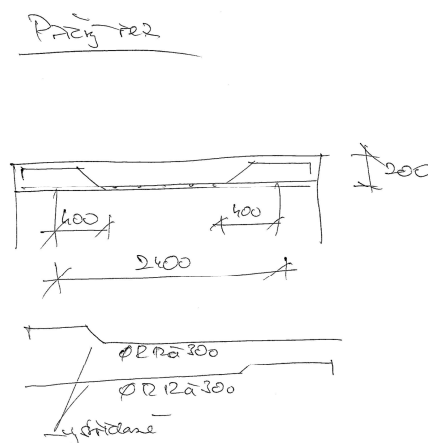
Krytí výztuže je navrženo 30 mm.

### Schéma výztuže

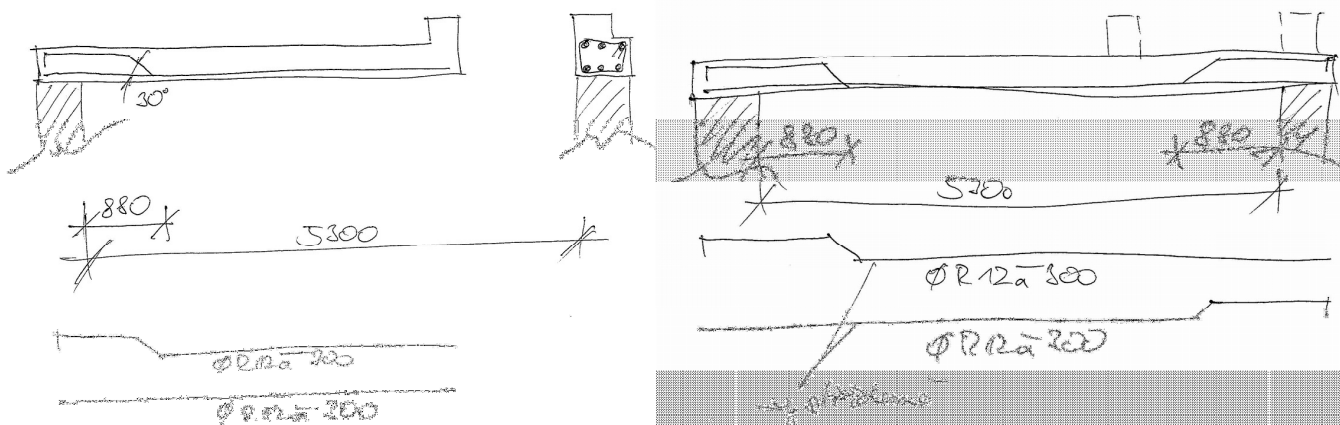
Půdorys



Příčný řez

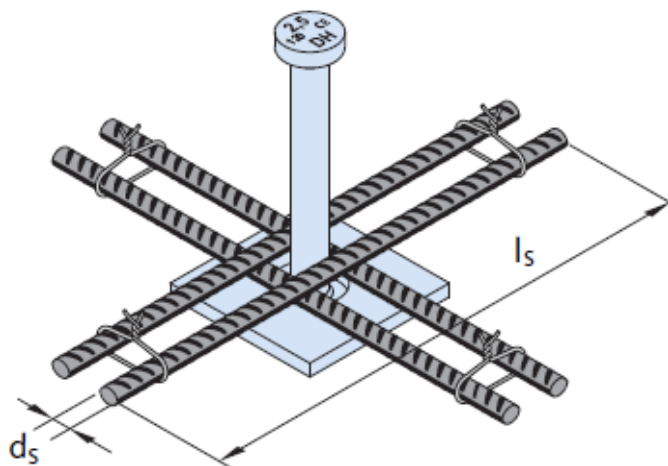


## Podélné řezy



## Převravní úchyty

Pro manipulaci s dílcem jsou navrženy převravní úchyty HALFEN s půlkulatou hlavou a patní deskou. Převravní úchyty musí být doplněny o kotevní výztuž – viz. obrázek:



Kotevní výztuž – 2+2 pruty  $\phi$  R 12 ( $d_s$ ), délky 600 mm ( $l_s$ ).

Vypracoval: Ing. David Kotek

.....

V Ostravě, únor 2014