

# KOVOVÉ A DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE 2

## - CVIČENÍ -

### 1. Ocelové konstrukce – ocelová hala

Návrh a posouzení sloupu

## **Postup**

- Návrh profilu sloupu
- Posouzení sloupu na:
  - 1) mezní stav únosnosti (MSÚ)
  - 2) mezní stav použitelnosti (MSP)

## Návrh profilu sloupu

- Průřez sloupu navrhne jako válcovaný profil **HEA** z tabulek
- Předběžný návrh sloupu viz úvod cvičení 5

Z tabulek opíšeme potřebné průřezové charakteristiky:

$A$  ... plocha průřezu [ $\text{mm}^2$ ]

$i_y$  ... poloměr setrvačnosti kolmo k ose  $y$  [ $\text{mm}$ ]

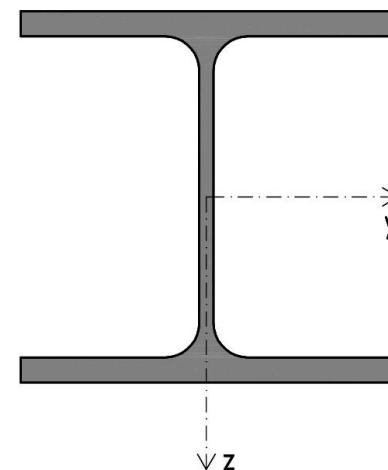
$i_z$  ... poloměr setrvačnosti kolmo k ose  $z$  [ $\text{mm}$ ]

$I_y$  ... moment setrvačnosti kolmo k ose  $y$  [ $\text{mm}^4$ ]

$I_z$  ... moment setrvačnosti kolmo k ose  $z$  [ $\text{mm}^4$ ]

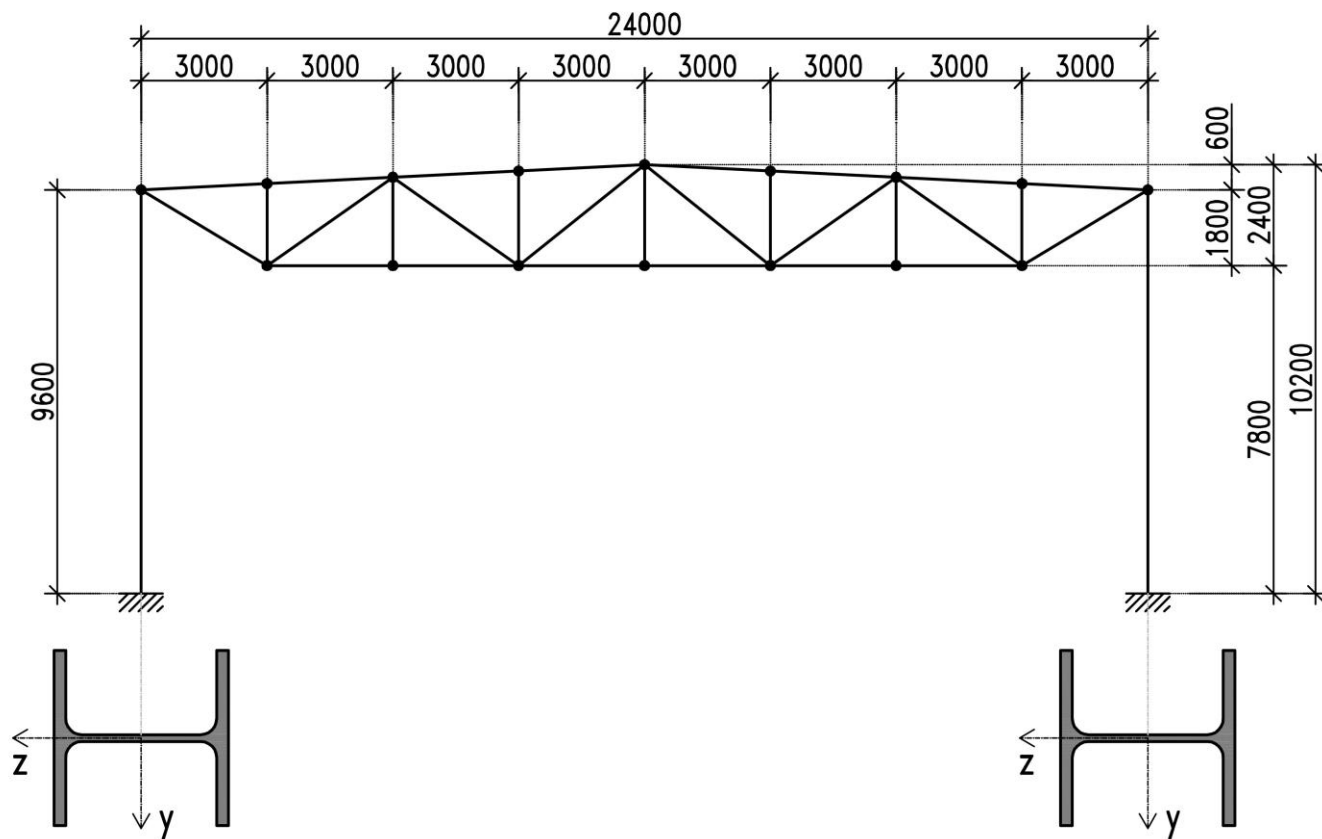
$W_{pl, y}$  ... plastický průřezový modul kolmo k ose  $y$  [ $\text{mm}^3$ ]

$W_{pl, z}$  ... plastický průřezový modul kolmo k ose  $z$  [ $\text{mm}^3$ ]



## Návrh profilu sloupu

- Orientace průřezu v konstrukci:



# Posouzení sloupu

## 1) Mezní stav únosnosti (MSÚ)

- **Vnitřní síly:** sloup posoudíme na kombinaci účinků normálové síly  $N$  a ohybového momentu  $M_y$ .
- O únosnosti rozhodne stabilita prutu, vliv smyku lze zanedbat
- Jako rozhodující kombinaci zatěžovacích stavů budeme uvažovat kombinaci **KZS3** (stálé + vítr příčný + sníh). Většinou nelze jednoznačně stanovit, která z kombinací bude nejvíce nepříznivá, pak je potřeba provést posouzení na všechny kombinace.
- **Zajímá nás  $N_{Ed}$  a  $M_{y,Ed}$  v patě sloupu. Z dvojice sloupů v příčné vazbě uvažujeme sloup s větším  $M_y$ . Hodnoty  $N_{Ed}$  [kN] a  $M_{y,Ed}$  [kNm] pro tento konkrétní sloup opíšeme z programu SCIA (viz ukázka na další straně).**
- **Ocel:** zvolíme třídu oceli S235  $\rightarrow f_y = 235$  MPa

# 1. Ocelové konstrukce – ocelová hala – návrh a posouzení sloupu

SCIA Engineer 21.1.2027.64 - studentská verze

Hala\_21-22    **Hala 2022**

Klepněte zde nebo zmáčkněte mezerník a zadejte váš text... Bude dokončen následujícími řádky.

ZADÁVACÍ PANEĽ    Všechny pracoviště    Základní modelování

Všechny kategorie

**1D vnitřní síly**  
Hodnoty:  $M_y$   
Lineární výpočet  
Kombinace: KZ53  
Souřadný systém: Dílec  
Extrém 1D: Lokální  
Výběr: B22, B23

0,00 kNm  
1,66 kNm  
0,00 kNm  
-191,84 kNm  
-159,74 kNm

**VÝSLEDKY (1)**  
Jméno: 1D vnitřní síly

**VÝBĚR**  
Typ výběru: Aktuální  
Filtr: Ne  
Výsledky v řezech: Vše

**VÝSLEDEK**  
Typ zatížení: Kombinace  
Kombinace: KZ53 - Stálé + vítr pří  
Extrém 1D: Lokální  
Hodnoty:  $M_y$   
Interval:

Souřadný systém: Dílec

**NASTAVENÍ VÝSTUPU**  
Tisknout klíč kombin...

**NASTAVENÍ KRESLENÍ 1D**  
Zobrazit jméno hod...   
Zobrazit hodnoty   
Zobrazit jednotky   
Zobrazit stav   
Zobrazit řez dx   
Zobrazit kombináčn...   
Zobrazit jméno kom...   
Barevné schéma: Definováno výsledkem  
Typ grafu: Vyplněný světle  
Kreslení obálek: 0 do extrému  
Barva popisky podle...   
Rovina kreslení: 3D  
Orientace popisky: Kolmo na osu

**NASTAVENÍ PRO CHYBY, VAROVÁNÍ A POZ...**  
Zobrazit informace...   
Ukázat chyby: Vše

**AKCE**  
Obnovit  
Nová kombinace z kombináčního klíče  
Tabulka výsledků  
Náhled reportu

# 1. Ocelové konstrukce – ocelová hala – návrh a posouzení sloupu

SCIA Engineer 21.1.2027.64 - studentská verze

Hala\_21-22 Hala 2022

Klepněte zde nebo zmáčkněte mezerník a zadejte váš text... Bude dokončen následujícími řádky.

ZADÁVACÍ PANEĚL

Všechny pracoviště

Všechny kategorie

Základní modelování

**1D vnitřní síly**  
Hodnoty: N  
Lineární výpočet  
Kombinace: KZ53  
Souřadný systém: Dílec  
Extrém 1D: Lokální  
Výběr: B22, B23

21,44 kN

-55,20 kN

-33,76 kN

-67,52 kN

VÝSLEDKY (1)

Jméno 1D vnitřní síly

VÝBĚR

Typ výběru Aktuální

Filter Ne

Výsledky v řezech Vše

VÝSLEDEK

Typ zatížení Kombinace

Kombinace KZ53 - Stálé + vítr při

EXTRÉM 1D

Extrém 1D Lokální

Hodnoty N

Interval

Souřadný systém Dílec

NASTAVENÍ VÝSTUPU

Tisknout klíč kombin...

NASTAVENÍ KRESLENÍ 1D

Zobrazit jméno hod...

Zobrazit hodnoty

Zobrazit jednotky

Zobrazit stav

Zobrazit řez dx

Zobrazit kombináčn...

Zobrazit jméno kom...

Barevné schéma

Definováno výsledkem

Typ grafu Vyplněný světle

Kreslení obálek 0 do extrému

Barva popisky podle...

Rovina kreslení 3D

Orientace popisky Kolmo na osu

NASTAVENÍ PRO CHYBY, VAROVÁNÍ A POZ...

Zobrazit informace...

Ukázat chyby Vše

AKCE

Obnovit

Nová kombinace z kombináčního klíče

Tabulka výsledků

Náhled reportu

- Aby sloup v MSÚ vyhověl, musí být splněny podmínky spolehlivosti:

$$N \quad \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} \leq 1,0 \quad My$$

$$N \quad \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} \leq 1,0 \quad My$$

kde:  $N_{Rk} = A \cdot f_y$  ... prostá únosnost v tlaku [kN]

dosadíme v těchto jednotkách:  $A$  [mm<sup>2</sup>];  $f_y$  [MPa], pak  $\rightarrow N_{Rk}$  [N]/1000  $\rightarrow N_{Rk}$  [kN]

$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$  ... prostá únosnost v ohybu [kNm]

dosadíme v těchto jednotkách:  $W_{pl,y}$  [mm<sup>3</sup>];  $f_y$  [MPa], pak  $\rightarrow M_{y,Rk}$  [Nmm]/10<sup>6</sup>  $\rightarrow M_{y,Rk}$  [kNm]

$\chi_y, \chi_z$  ... součinitel vzpěrnosti [-], postup výpočtu na dalších stranách

$\chi_{LT}$  ... součinitel klopení [-] ... hodnotu odhadneme:  $\chi_{LT} = 0,8$

$k_{yy}, k_{zy}$  ... interakční součinitele [-] ... hodnotu odhadneme:  $k_{yy}=1,0$ ;  $k_{zy}=1,0$

$\gamma_{M1}$  ... součinitel spolehlivosti materiálu;  $\gamma_{M1} = 1,0$

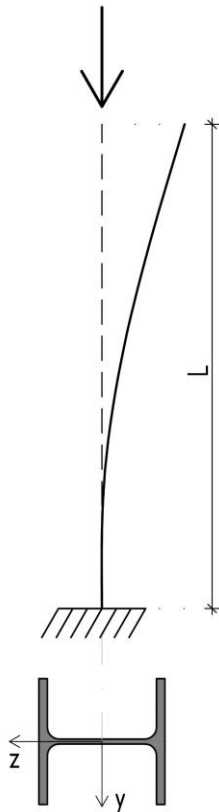


- POZNÁMKA: Při podrobnějším výpočtu by bylo potřeba hodnotu součinitele klopení a hodnoty interakčních součinitelů určit přesně výpočtem. Postup výpočtu například viz skripta nebo Eurokód ČSN EN 1993-1-1.

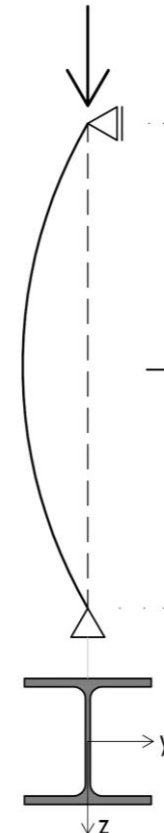
• Vzpěrné délky sloupu:

- vzpěrná délka v rovině rámu:  $L_{cr,y} = \beta_y \cdot L = 2 \cdot L$  (sloup působí jako konzola)
- vzpěrná délka z roviny:  $L_{cr,z} = \beta_z \cdot L = 1 \cdot L$  (výška sloupu)

kde: L... výška sloupu [mm]



Obr.: vybočení sloupu v rovině rámu – sloup působí jako konzola



Obr.: vybočení sloupu z roviny rámu – sloup je oboustranně kloubově uložený: dole v patce, nahoře k vazníku

## Poměrná štíhlost $\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$

- štíhlost prutu:  $\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y}$  [-]      dosadíme v jednotkách:  $L_{cr,y}$  [mm],  $i_y$  [mm]

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \quad [-] \quad \text{dosadíme v jednotkách: } L_{cr,z} \text{ [mm], } i_z \text{ [mm]}$$

- relativní štíhlost:  $\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$  [-]      kde:  $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$  [-]

- poměrná štíhlost prutu (pro třídu 1, 2, 3):  
$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \quad [-]$$
$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad [-]$$

## Výpočet součinitele vzpěrnosti $\chi_y, \chi_z$

- součinitel vzpěrnosti závisí na poměrné štíhlosti (viz předchozí strana) a na imperfekci

### Křivky vzpěrné pevnosti

$$\phi_y = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] [-]$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right] [-]$$

- kde:  $\alpha$  ... součinitel imperfekce dle křivky vzpěrné pevnosti

- křivky vzpěrné pevnosti:

křivka	$a_0$	$a$	$b$	$c$	$d$
$\alpha$	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

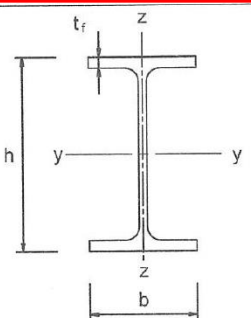
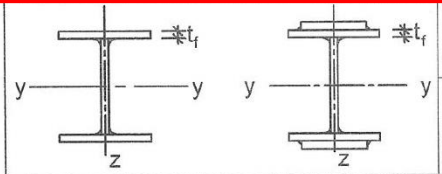
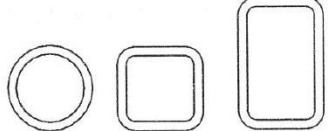
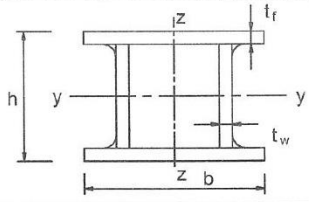
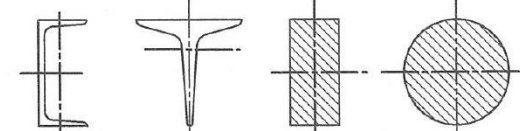
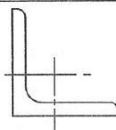
- pro válcovaný průřez HEA bude křivka vzpěrnosti různá pro směr y a pro směr z:

- pro vybočení kolmo k ose y-y:
  - $a$  ... pro  $h/b > 1,2$  a zároveň  $t_f \leq 40$  mm
  - $b$  ... pro  $h/b \leq 1,2$  a zároveň  $t_f \leq 100$  mm
- pro vybočení kolmo k ose z-z:
  - $b$  ... pro  $h/b > 1,2$  a zároveň  $t_f \leq 40$  mm
  - $c$  ... pro  $h/b \leq 1,2$  a zároveň  $t_f \leq 100$  mm

kde:  $h$ ... výška průřezu,  $b$ ... šířka průřezu,  $t_f$ ... tloušťka pásnice (vše viz tabulky)

1. Ocelové konstrukce – ocelová hala – návrh a posouzení sloupu

Přiřazení křivek vzpěrné pevnosti k průřezům

Průřez	Meze	Vybočení kolmo k ose	Křivka pro ocel	
			S235 S275 S355 S420	S460
Válcované průřezy 	$h/b > 1,2$	y-y z-z	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	a a <sub>0</sub>
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$	b c
	$h/b \leq 1,2$	y-y z-z	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	b c
			$t_f > 100 \text{ mm}$	d c
Svařované průřezy 	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	
	$t_f > 40 \text{ mm}$	y-y z-z	c d	
Duté průřezy 	válcované za tepla	všechny	a	a <sub>0</sub>
	tvarované za studena	všechny	c	c
Svařované duté průřezy 	všechny průřezy kromě níže uvedených výjimek	všechny	b	b
	tlusté svary: $a > 0,5 t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	všechny	c	c
U, T a plné průřezy 		všechny	c	c
Úhelníky 		všechny	b	b

M.M. Tabulka 6.2. normy ČSN EN 1993-1-1

## Výpočet součinitele vzpěrnosti $\chi_y$ , $\chi_z$ ... pokračování

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}}$$
$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}}$$

ale:  $\chi \leq 1,0$  (pokud výpočtem vyjde  $\chi_y$  nebo  $\chi_z$  větší než 1, tak do dalších výpočtů uvažujeme, že  $\chi_y = 1,0$  popřípadě  $\chi_z = 1,0$ )

- Aby sloup v MSÚ vyhověl, musí být splněny podmínky spolehlivosti:

$$N \quad \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} \leq 1,0 \quad My$$

$$N \quad \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} \leq 1,0 \quad My$$

kde:  $N_{Rk} = A \cdot f_y$  ... prostá únosnost v tlaku [kN]

dosadíme v těchto jednotkách:  $A$  [mm<sup>2</sup>];  $f_y$  [MPa], pak  $\rightarrow N_{Rk}$  [N]/1000  $\rightarrow N_{Rk}$  [kN]

$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$  ... prostá únosnost v ohybu [kNm]

dosadíme v těchto jednotkách:  $W_{pl,y}$  [mm<sup>3</sup>];  $f_y$  [MPa], pak  $\rightarrow M_{y,Rk}$  [Nmm]/10<sup>6</sup>  $\rightarrow M_{y,Rk}$  [kNm]

$\chi_y, \chi_z$  ... součinitel vzpěrnosti [-], postup výpočtu na dalších stranách

$\chi_{LT}$  ... součinitel klopení [-] ... hodnotu odhadneme:  $\chi_{LT} = 0,8$

$k_{yy}, k_{zy}$  ... interakční součinitele [-] ... hodnotu odhadneme:  $k_{yy}=1,0$ ;  $k_{zy}=1,0$

$\gamma_{M1}$  ... součinitel spolehlivosti materiálu;  $\gamma_{M1} = 1,0$

## Posouzení sloupu

### 2) Mezní stav použitelnosti (MSP)

- Ověření podmínky přípustného vodorovného posuvu ve vrcholu sloupu:

$$\delta \leq \delta_{lim} \quad \text{přičemž:} \quad \delta_{lim} = \frac{h}{150}$$

kde:  $\delta$ ... vodorovný posun sloupu v jeho vrcholu [mm]

$\delta_{lim}$ ... limitní hodnota posunu [mm] (vypočte se jako:  $\delta_{lim} = h/150$ )

$h$ ... výška sloupu [mm]

- Hodnotu posunu  $\delta$  odečteme z výsledků z výpočetního programu SCIA (zde je vodorovný posun značen  $u_x$ )
- Posun  $\delta$  určíme od zatěžovacího stavu ZS3 (příčný vítr) – viz další strana



# 1. Ocelové konstrukce – ocelová hala – návrh a posouzení sloupu

SCIA Engineer 21.1.2027.64 - studentská verze

Hala\_21-22    **Hala 2022**

Klepněte zde nebo zmáčkněte mezerník a zadejte váš text... Bude dokončen následujícími řádky.

**Přemístění uzlů**  
Hodnoty: U<sub>x</sub>  
Lineární výpočet  
Zatěžovací stav: ZS3  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše

ZADÁVACÍ PANEĽ

Všechny pracoviště  
Základní modelování

Všechny kategorie

VÝSLEDKY (1)

Jméno	Přemístění uzlů
VÝBĚR	
Typ výběru	Vše
Filter	Ne
VÝSLEDKY	
Typ zatížení	Zatěžovací stavy
Zatěžovací stav	ZS3 - Vítr Příčný
Extrém	Globální
Hodnoty	U <sub>x</sub>
NASTAVENÍ KRESLENÍ	
Zobrazit hodnotu	<input checked="" type="checkbox"/>
Zobrazit jednotku	<input checked="" type="checkbox"/>
Zobrazit jméno hodnoty	<input checked="" type="checkbox"/>
Kreslení obálek	0 do extrému
AKCE	
Obnovit	<input type="checkbox"/>
Tabulka výsledků	<input type="checkbox"/>
Náhled reportu	<input type="checkbox"/>

U<sub>x</sub> = 0,0 mm    U<sub>x</sub> = 57,8 mm    U<sub>x</sub> = 0,0 mm

M.M.