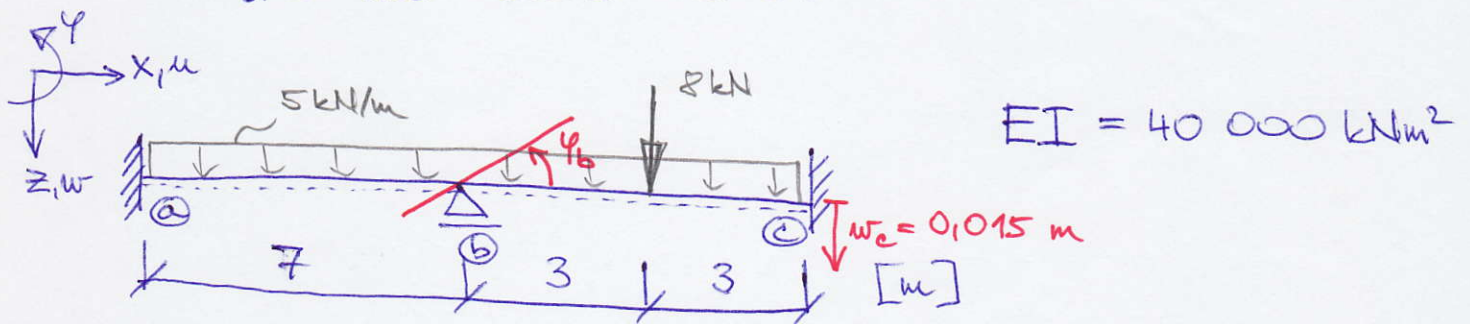


# POSTUP VÝPOČTU DEF. METODOU

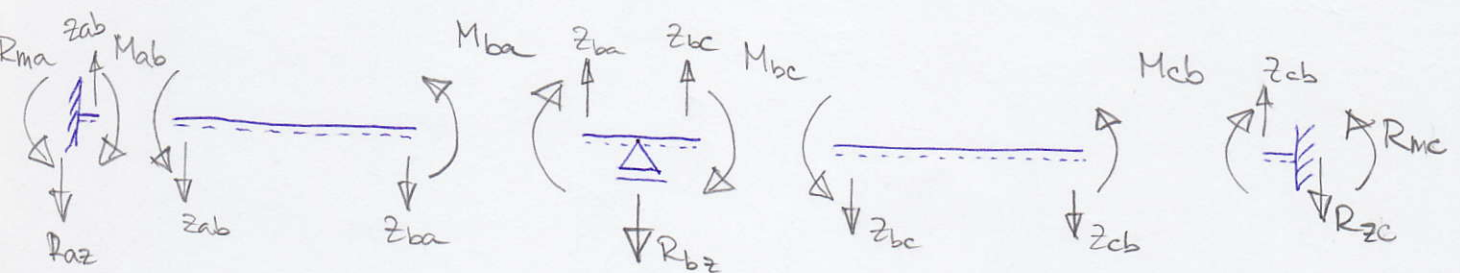
- 0) označit styčníky na konstrukci a stanovit spodní vlnku nosníků (pokud nebude zadáno)
- 1) určit deformační neurčitost  $k_{ce}$  = zavést uznané (hledané) posuny a natočení
- 2) rozdělit konstrukci na prvky a styčníky, zavést koncové síly
- 3) ze silových a momentových podmínek rovnováhy vypočítat uznané posuny a natočení
- 4) vypočítat vnitřní síly na prvcích + uykreslit  $M, N, V$  na konstrukci

Zjednodušenou

Př: // deformační metodou určete průběh vnitřních sil na dané konstrukci.

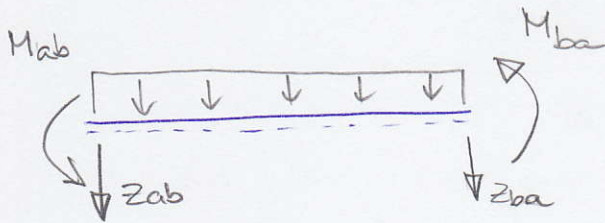


1x deformačně neurčitá konstrukce ( $\varphi_b$ )



Pro výpočet  $\varphi_b$  sestavím momentovou podm. rovnováhy kolem styčníku "b"

Prut (a,b) : V-V ; a = levý konec prutu  
 b = pravý konec prutu



$$M_{ab} = \bar{M}_{ab} + k \left( 2\varphi_a + \varphi_b + 3 \frac{w_b^e - w_a^e}{L} \right)$$

$$M_{ba} = \bar{M}_{ba} + k \left( \varphi_a + 2\varphi_b + 3 \frac{w_b^e - w_a^e}{L} \right)$$

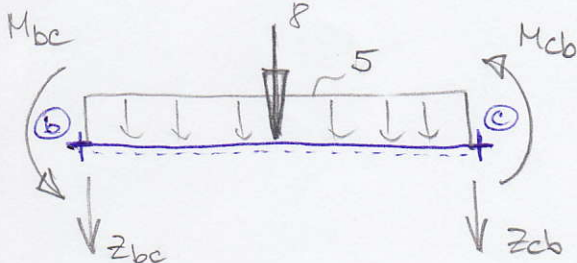
$$\bar{M}_{ba} = \frac{-fL^2}{12} = \frac{-5.7^2}{12} = \underline{\underline{-20,41\bar{6} \text{ kNm}}}$$

$$k = \frac{2 \cdot EI}{L} = \frac{2 \cdot 40000}{7} = \underline{\underline{11\,428,57 \text{ kNm}}}$$

$$M_{ba} = -20,41\bar{6} + 11\,428,57 \left( \varphi_a + 2\varphi_b + 3 \frac{w_b^e - w_a^e}{7} \right) =$$

$$\underline{\underline{= -20,41\bar{6} + 22\,857,14 \cdot \varphi_b}}$$

Prut (b,c) : V-V ; b = levý konec prutu  
 c = pravý konec prutu



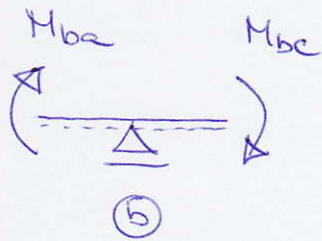
$$L = 6 \text{ m}$$

$$M_{bc} = \bar{M}_{bc} + k \left( 2\varphi_b + \varphi_c + 3 \frac{w_b^e - w_c^e}{L} \right) =$$

$$= \frac{fL^2}{12} + \frac{F \cdot L}{8} + \frac{2EI}{L} \left( 2\varphi_b + 0 + 3 \cdot \frac{0,015 - 8}{6} \right) =$$

$$= \frac{5.6^2}{12} + \frac{8 \cdot 6}{8} + \frac{2 \cdot 40000}{6} \left( 2\varphi_b + \frac{3 \cdot 0,015}{6} \right) =$$

$$M_{bc} = 121 + 26\,666,6 \cdot \varphi_b$$



Momentové podmínky rovnováhy:

$$\textcircled{b} \downarrow: M_{ba} + M_{bc} = 0$$

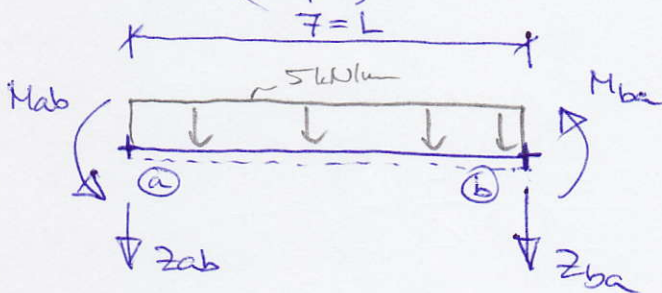
$$-20,416 + 22\,857,14 \cdot \varphi_b + 121 + 26\,666,6 \varphi_b = 0$$

$$\varphi_b = -2,031 \cdot 10^{-3} \text{ [rad]}$$

$$M_{bc} = 66,8397 \text{ kNm}$$

$$M_{ba} = -66,84 \text{ kNm}$$

Prut (a,b):



$$M_{ab} = \overline{M_{ab}} + k \left( 2\varphi_a + \varphi_b + 3 \cdot \frac{w_b^l - w_a^l}{L} \right) =$$

$$= \frac{fL^2}{12} + \frac{2EI}{L} (\varphi_b) =$$

$$= -2,795 \text{ kNm}$$

Svislé síly  $Z_{ab}$ ,  $Z_{ba}$  lze vypočítat buď z momentové podmínky rovnováhy celého prutu anebo v závislosti na natočení  $\varphi_b$ .

1) možnost: momentové podmínky rovnováhy

$$\textcircled{b} \downarrow: M_{ab} + M_{ba} + \frac{f \cdot L^2}{2} + Z_{ab} \cdot L = 0$$

$$-2,795 - 66,84 + \frac{5 \cdot 7^2}{2} + Z_{ab} \cdot 7 = 0$$

$$Z_{ab} = -7,552 \text{ kN}$$

Silová podm. rovnováhy na prutu

$$\downarrow : Z_{ab} + Z_{ba} + f \cdot L = 0$$

$$-7,552 + Z_{ba} + 5 \cdot 7 = 0$$

$$\underline{Z_{ba} = -27,448 \text{ kN}}$$

2) možnost: pomocí vypočteného natočení  $\varphi_b$

$$Z_{ab} = \overline{Z_{ab}} - \frac{3}{L} \cdot k \left( \varphi_a + \varphi_b + 2 \frac{w_b^l - w_a^l}{L} \right) =$$

$$= -\frac{f \cdot L}{2} - \frac{3}{L} \cdot \frac{2EI}{L} \left( \varphi + (-2,031 \cdot 10^{-3}) + \varphi \right) =$$

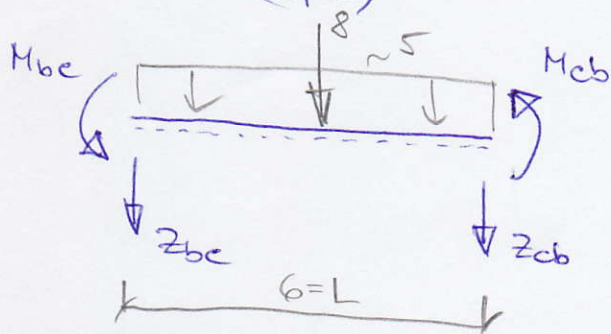
$$\underline{= -7,552 \text{ kN}}$$

$$Z_{ba} = \overline{Z_{ba}} + \frac{3}{L} \cdot k \left( \varphi_a + \varphi_b + 2 \frac{w_b^l - w_a^l}{L} \right) =$$

$$= -\frac{fL}{2} + \frac{3}{L} \cdot \frac{2EI}{L} \left( \varphi + (-2,031 \cdot 10^{-3}) + \varphi \right) =$$

$$\underline{= -27,448 \text{ kN}}$$

Prut (b,c):



$$M_{cb} = \overline{M_{cb}} + k \left( \varphi_b + 2\varphi_c + 3 \frac{w_c^l - w_b^l}{L} \right) =$$

$$= -\frac{fL^2}{12} - \frac{FL}{8} + \frac{2EI}{L} \left( \varphi_b + \varphi + 3 \frac{0,015 - 0}{L} \right) =$$

$$\underline{= 51,92 \text{ kNm}}$$

$$\curvearrowright_c : M_{bc} + M_{cb} + Z_{bc} \cdot L + F \cdot \frac{L}{2} + \frac{f \cdot L^2}{2} = 0$$

$$66,84 + 51,92 + Z_{bc} \cdot 6 + 5 \cdot \frac{6}{2} + \frac{8 \cdot 6^2}{2} = 0 \Rightarrow \underline{Z_{bc} = -38,793 \text{ kN}}$$

$$\downarrow: z_{bc} + z_{cb} + F + f \cdot L = 0$$

$$-38,793 + z_{cb} + 8 + 5 \cdot 6 = 0$$

$$\underline{z_{cb} = 0,793}$$

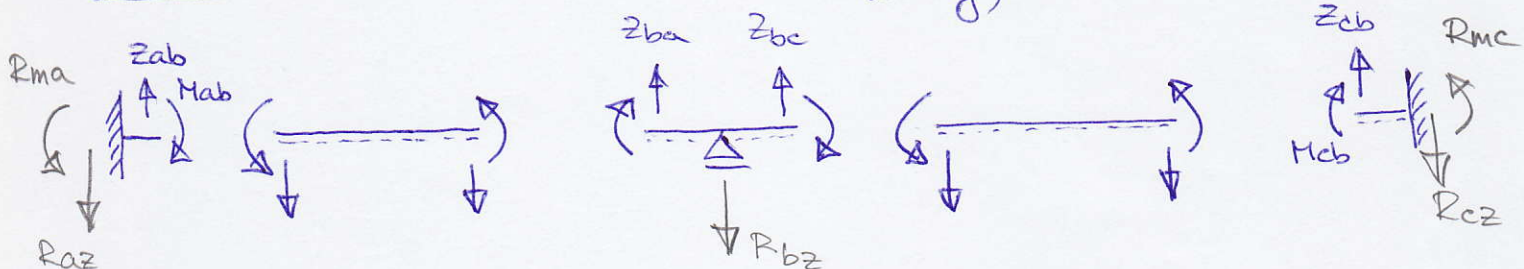
KONTROLA:

$$z_{cb} = \bar{z}_{cb} + \frac{3}{L} \cdot k \left( \varphi_b + \varphi_c + 2 \frac{w_c^l - w_b^l}{L} \right) =$$

$$= -\frac{fL}{2} - \frac{F}{2} + \frac{3}{L} \cdot \frac{2EI}{L} \left( -2,031 \cdot 10^{-3} + 0 + 2 \frac{0,015 - 0}{6} \right) =$$

$$\underline{= 0,793 \text{ kN}}$$

Reakce ve styčnicích: (silové a momentové podmín. rovnováhy)



$$R_{ma} = M_{ab} = -2,795 \text{ kNm}$$

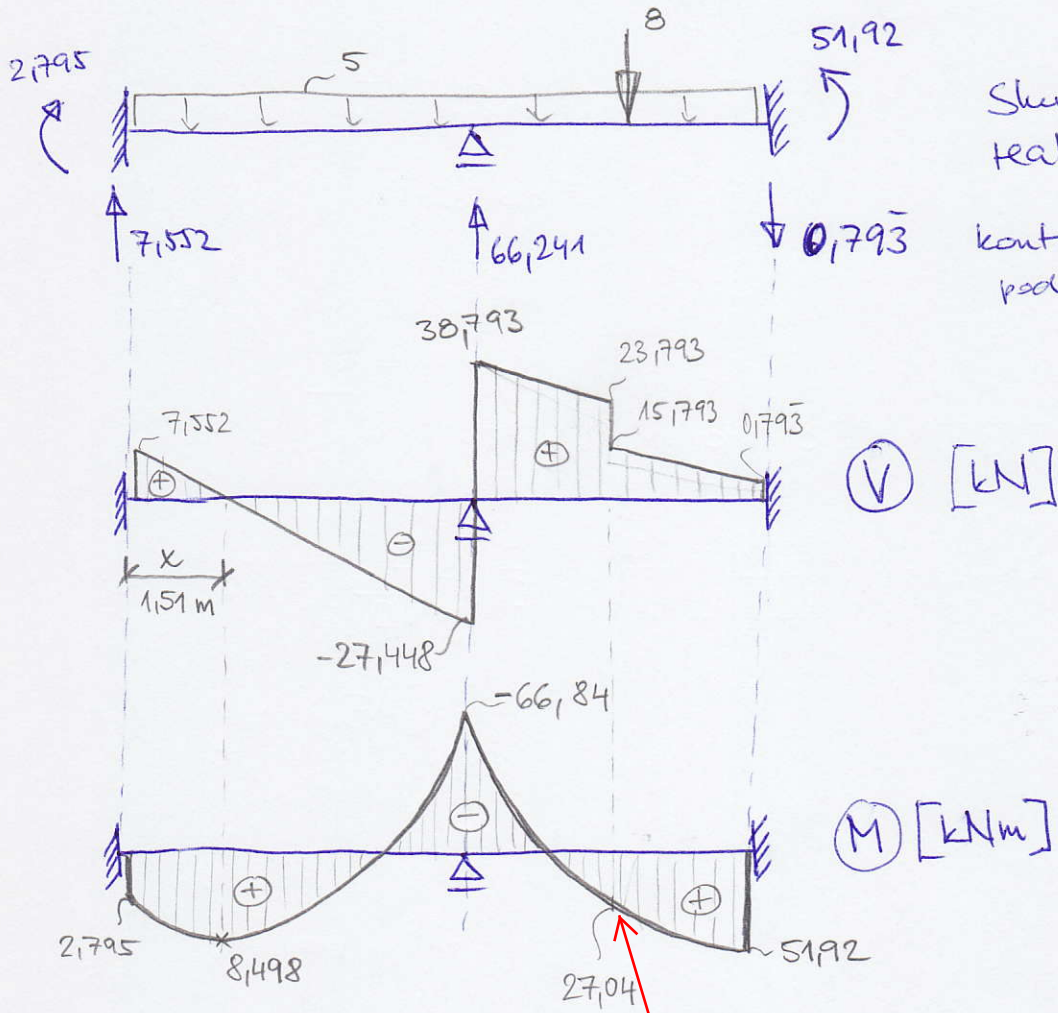
$$R_{az} = Z_{ab} = -7,552 \text{ kN}$$

$$R_{bz} = Z_{ba} + Z_{bc} = -27,448 - 38,793 = -66,241 \text{ kN}$$

$$R_{cz} = Z_{cb} = 0,793 \text{ kN}$$

$$R_{mc} = M_{cb} = 51,92 \text{ kNm}$$

# Výsledné vykreslení:



Skutečná orientace  
reakce!

kontrola: silová  
podmínka rovnováhy

(V) [kN]

(M) [kNm]

! změna posouvající síly => dochází ke zlomu v průběhu momentu (viz vykreslení v EduBeamu na následující straně)

Default\_loadcase

Postprocesor

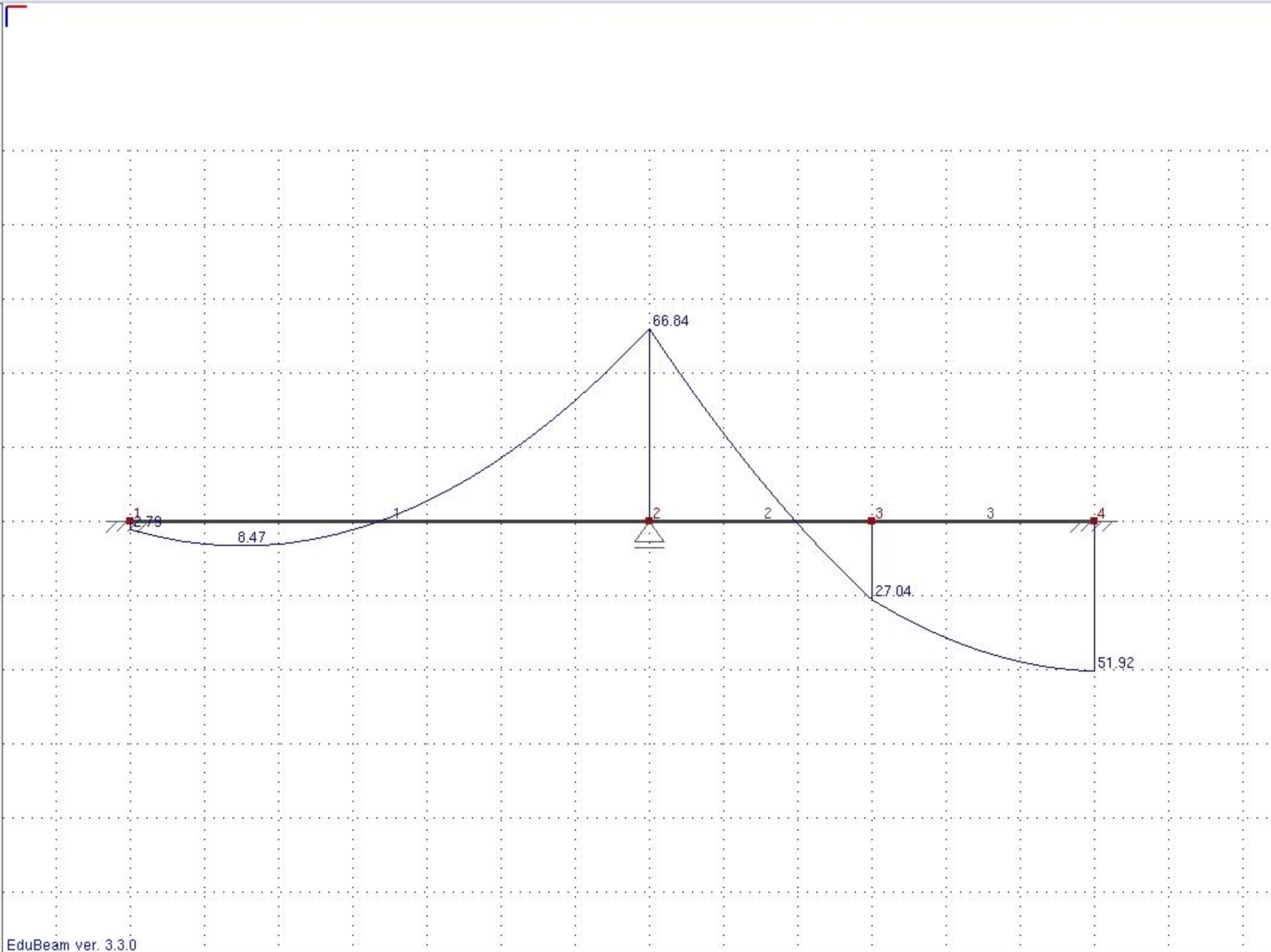
- Deformovaný tvar
- Normálová síla
- Posouvající síla
- Moment
- Reakce

Měřítko

Def. tvar:

Vnitřní síly:

Tabulka



EduBeam ver. 3.3.0

Počítám úlohu  
Počet rovnic (neznámých): 5  
Počet předepsaných stupňů volnosti: 7  
Úloha úspěšně vyřešena