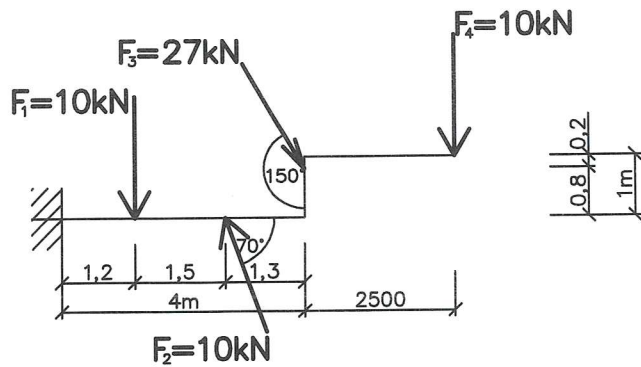
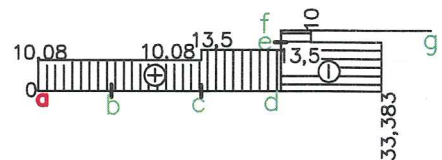
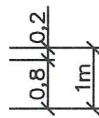
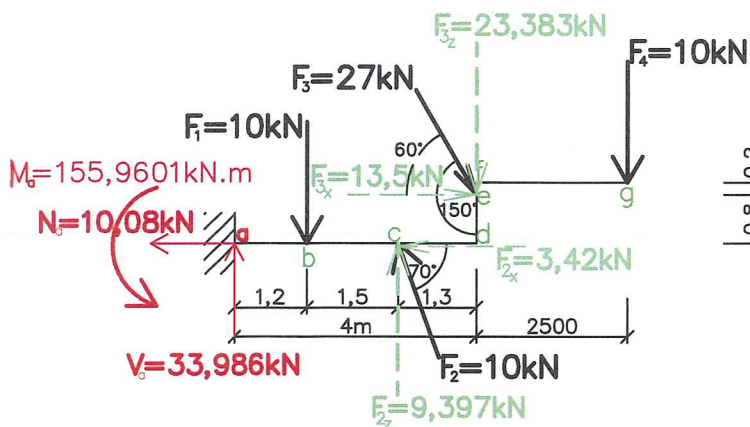


### 1.3.4 Lomený nosník zatížený osamělými břemeny

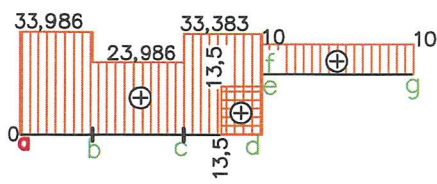
#### ZADÁNÍ



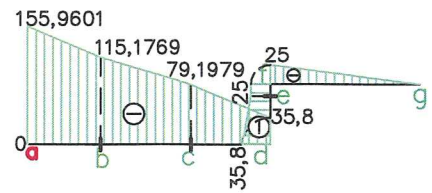
#### ŘEŠENÍ



N (kN)



V (kN)



M (kNm)

#### A/ VYŘEŠÍME REAKCE

1) Rozložení šikmých sil

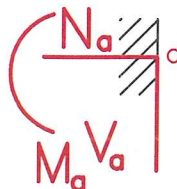
$$F_2 \begin{cases} F_{2x} = F_2 \cdot \cos 70^\circ = 10 \cdot \cos 70^\circ = \underline{3,42 \text{ kN}} \\ F_{2z} = F_2 \cdot \sin 70^\circ = 10 \cdot \sin 70^\circ = \underline{9,397 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$F_3 \begin{cases} F_{3x} = F_3 \cdot \cos 60^\circ = 27 \cdot \cos 60^\circ = \underline{13,5 \text{ kN}} \\ F_{3z} = F_3 \cdot \sin 60^\circ = 27 \cdot \sin 60^\circ = \underline{23,383 \text{ kN}} \end{cases}$$

2) Výpočet reakcí

a) Označíme podporu **a**

b) Podle typu podpory naznačíme předpokládané reakce.



c) Pomocí silové podmínky do osy x vypočítáme reakci  $N_a$ .

$$\sum_{i=1}^n F_{xi} = 0 \quad \leftarrow \begin{matrix} - \\ + \end{matrix} \rightarrow$$

$$N_a - F_{2x} + F_{3x} = 0$$

$$N_a - 3,42 + 13,5 = 0$$

$$N_a = \underline{-10,08 \text{ kN}} \leftarrow$$

d) Pomocí silové podmínky do osy z vypočítáme reakci  $V_a$ .

$$\sum_{i=1}^n F_{zi} = 0 \quad \begin{matrix} \uparrow + \\ \downarrow - \end{matrix}$$

$$V_a - F_1 + F_{2z} - F_{3z} - F_4 = 0$$

$$V_a - 10 + 9,397 - 23,383 - 10 = 0$$

$$V_a = \underline{33,986 \text{ kN}} \uparrow$$

e) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **a** vypočítáme reakci  $M_a$ .

$$\sum_{i=1}^n M_{ai} = 0 \quad \begin{matrix} \curvearrowright + \\ \curvearrowleft - \end{matrix}$$

$$M_a + F_1 \cdot 1,2 - F_{2z} \cdot 2,7 + F_{3x} \cdot 0,8 + F_{3z} \cdot 4 + F_4 \cdot 6,5 = 0$$

$$M_a + 10 \cdot 1,2 - 9,397 \cdot 2,7 + 13,5 \cdot 0,8 + 23,383 \cdot 4 + 10 \cdot 6,5 = 0$$

$$M_a = \underline{-155,9601 \text{ kNm}} \quad \curvearrowleft$$

f) Pomocí momentové podmínky k bodu **e** si ověříme, že máme reakce vypočítány správně.

$$\sum_{i=1}^n M_{ei} = 0 \quad \begin{matrix} \curvearrowright + \\ \curvearrowleft - \end{matrix}$$

$$V_a \cdot 4 + N_a \cdot 0,8 - M_a - F_1 \cdot 2,8 + F_{2z} \cdot 1,3 + F_{2x} \cdot 0,8 + F_4 \cdot 2,5 = 0$$

$$33,986 \cdot 4 + 10,08 \cdot 0,8 - 155,9601 - 10 \cdot 2,8 + 9,397 \cdot 1,3 + 3,42 \cdot 0,8 + 10 \cdot 2,5 = 0$$

$$0 = 0 \quad \checkmark$$

## B/ VYŘEŠÍME PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

### 1) Průběh normálových sil na nosníku (znaménková konvence )

Mezi jednotlivými břemeny je vždy konstantní průběh. V působišti osamělého břemena se vždy tento průběh mění skokem právě o hodnotu této normálové síly.

! Podélná osa nosníku se po délce mění a tím se mění i vnímání normálových sil!

NIŽŠÍ VODOROVNÉ RAMENO:

v bodě a:  $N_a^L = N_a = \underline{10,08 \text{ kN}}$

v bodě b:  $N_b^L = N_a^L = \underline{10,08 \text{ kN}}$

v bodě c:  $N_c^L = N_b^L + F_{2x} = 10,08 + 3,42 = \underline{13,5 \text{ kN}}$

v bodě d:  $N_d^L = N_c^L = \underline{13,5 \text{ kN}}$

SVISLÉ RAMENO:

v bodě d:  $N_d^P = -F_4 - F_{3z} = -10 - 23,383 = \underline{-33,383 \text{ kN}}$

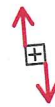
v bodě e:  $N_e^P = N_d^P = \underline{-33,383 \text{ kN}}$

v bodě f:  $N_f^P = -F_4 = \underline{-10 \text{ kN}}$

VYŠŠÍ VODOROVNÉ RAMENO:

v bodě f:  $N_f^P = \underline{0}$

v bodě g:  $N_g^P = \underline{0}$



### 2) Průběh posouvajících sil na nosníku (znaménková konvence )

Mezi dvěma osamělými břemeny je vždy konstantní průběh. V působišti osamělého břemena se vždy tento průběh mění skokem právě o hodnotu této posouvající síly.

! Podélná osa nosníku se mění po délce a tím se mění vnímání posouvajících sil!

NIŽŠÍ VODOROVNÉ RAMENO:

v bodě a:  $V_a^L = V_a = \underline{33,986 \text{ kN}}$

v bodě b:  $V_b^L = V_a^L - F_1 = 33,986 - 10 = \underline{23,986 \text{ kN}}$

v bodě c:  $V_c^L = V_b^L + F_{2z} = 23,986 + 9,397 = \underline{33,383 \text{ kN}}$

v bodě d:  $V_d^L = V_c^L = \underline{33,383 \text{ kN}}$

SVISLÉ RAMENO:

v bodě f:  $V_f^P = \underline{0}$


v bodě e:  $V_e^P = V_f^P + F_{3x} = \underline{13,5 \text{ kN}}$

v bodě d:  $V_d^P = V_e^P = \underline{13,5 \text{ kN}}$

VYŠŠÍ VODOROVNÉ RAMENO:

v bodě g:  $V_g^P = F_4 = \underline{10 \text{ kN}}$

v bodě f:  $V_f^P = V_g^P = \underline{10 \text{ kN}}$

- 3) Průběh ohybových momentů na nosníku ( znaménková konvence  )  
Mezi dvěma osamělými břemeny je vždy lineární průběh ( křivka 1.stupně). V působišti osamělého břemena se průběh lomí.

v bodě a:  $M_a^L = -M_a = \underline{-155,9601 \text{ kNm}}$

v bodě b:  $M_b^L = -M_a + V_a \cdot 1,2 = -155,9601 + 33,986 \cdot 1,2 = \underline{-115,1769 \text{ kNm}}$

v bodě c:  $M_c^L = -M_a + V_a \cdot 2,7 - F_1 \cdot 1,5 = -155,9601 + 33,986 \cdot 2,7 - 10 \cdot 1,5 =$   
 $= \underline{-79,1979 \text{ kNm}}$

v bodě d:  $M_d^P = -F_4 \cdot 2,5 - F_{3x} \cdot 0,8 = -10 \cdot 2,5 - 13,5 \cdot 0,8 = \underline{-35,8 \text{ kNm}}$

v bodě e:  $M_e^P = -F_4 \cdot 2,5 = -10 \cdot 2,5 = \underline{-25 \text{ kNm}}$

v bodě f:  $M_f^P = -F_4 \cdot 2,5 = -10 \cdot 2,5 = \underline{-25 \text{ kNm}}$

v bodě g:  $M_g^P = \underline{0}$

**Poznámka:** NEBEZPEČNÝ PRŮŘEZ je v bodě **a**, kde je maximální ohybový moment o velikosti  $-155,9601 \text{ kNm}$ .