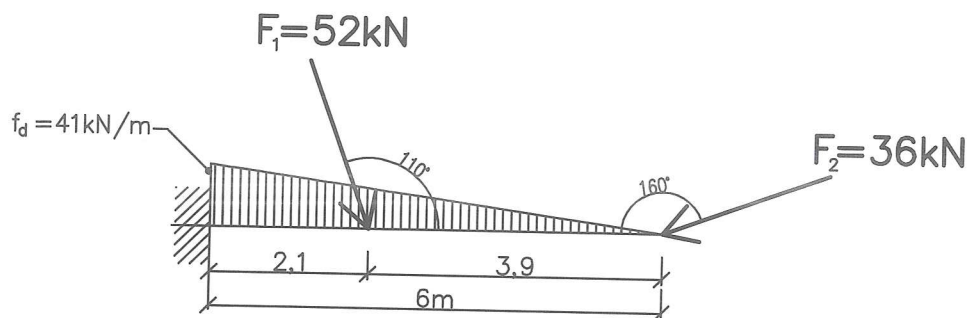
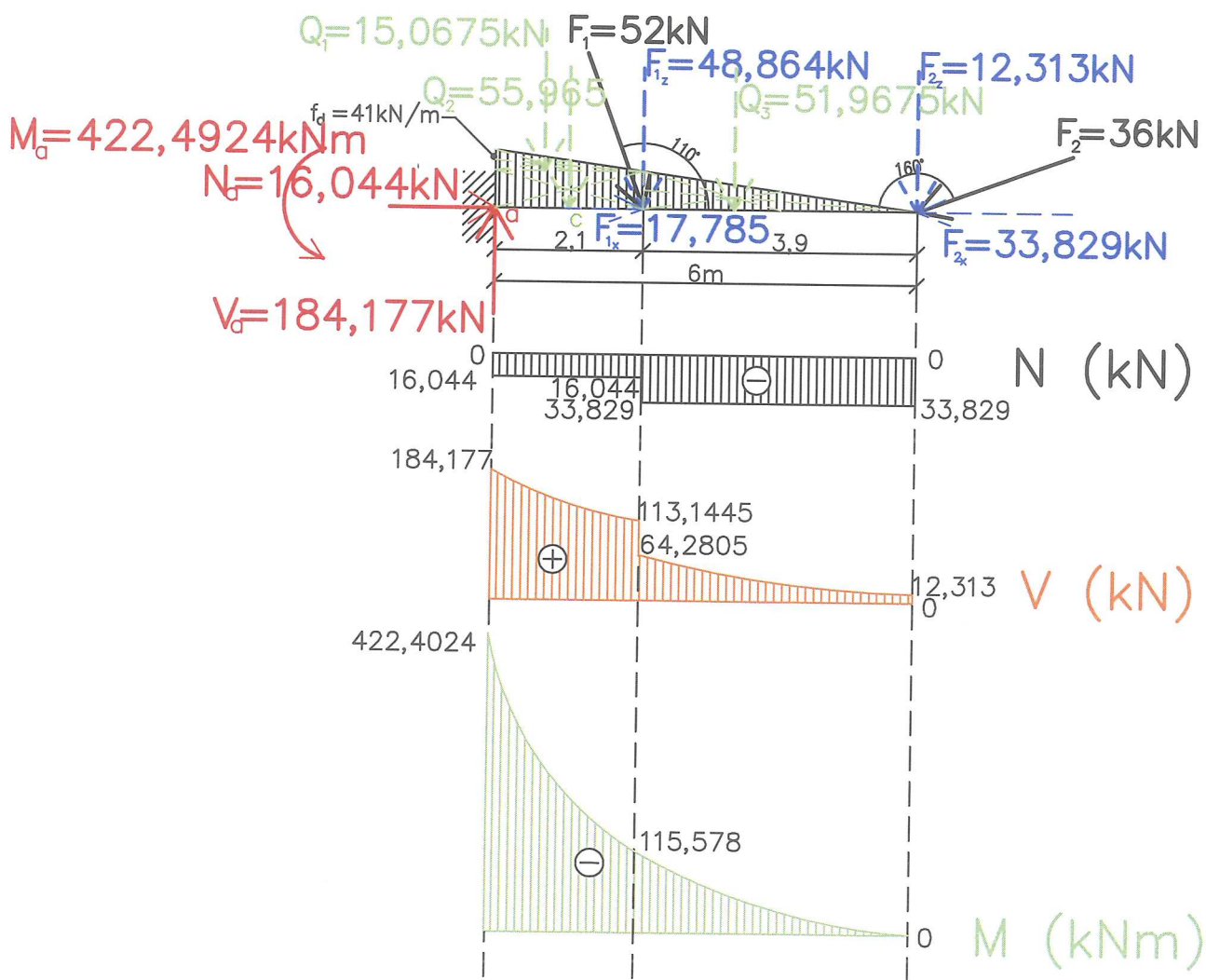


### 3.2.3 Konzola zatížená kombinovaným zatížením

#### ZADÁNÍ



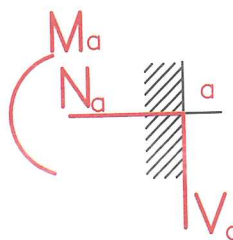
#### ŘEŠENÍ



## POSTUP K ŘEŠENÍ:

### A/ VYŘEŠÍME REAKCE

- 1) Označíme podporu **a** a další zajímavá místa **b, c**
- 2) Naznačíme průběh reakcí podle typu podpory

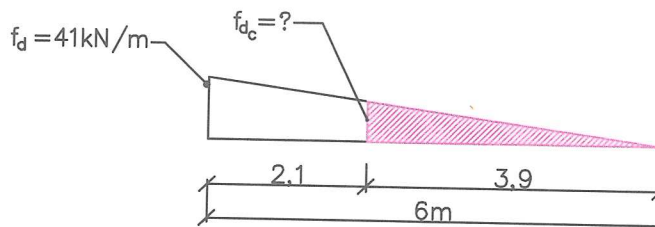


- 3) Rozložení šikmých sil

$$\begin{aligned} F_1 & \begin{cases} F_{1x} = F_1 \cdot \cos 70^\circ = 52 \cdot \cos 70^\circ = \underline{17,785 \text{ kN}} \\ F_{1z} = F_1 \cdot \sin 70^\circ = 52 \cdot \sin 70^\circ = \underline{48,864 \text{ kN}} \end{cases} \\ F_2 & \begin{cases} F_{2x} = F_2 \cdot \cos 20^\circ = 36 \cdot \cos 20^\circ = \underline{33,829 \text{ kN}} \\ F_{2z} = F_2 \cdot \sin 20^\circ = 36 \cdot \sin 20^\circ = \underline{12,313 \text{ kN}} \end{cases} \end{aligned}$$

- 4) Výpočet náhradních břemen

V tomto příkladě je nutné rozdělit si spojité zatížení v místě, kde působí síla  $F_1$ , aby bylo možné určit řádně průběhy vnitřních sil. Spojité zatížení v tomto místě si označíme  $f_{dc}$ . při výpočtu budeme vycházet z podobnosti trojúhelníků:



$$\begin{aligned} f_d / l_1 &= f_{dc} / l_2 \\ 41 / 6 &= f_{dc} / 3,9 \\ f_{dc} &= (41 / 6) \cdot 3,9 \\ f_{dc} &= \underline{26,65 \text{ kN/m}} \end{aligned}$$

$$Q_1 = \frac{1}{2} \cdot (f_d - f_{dc}) \cdot l_1 = \frac{1}{2} \cdot (41 - 26,65) \cdot 2,1 = 15,0675 \text{ kN}$$

$$Q_2 = f_{dc} \cdot l_1 = 26,65 \cdot 2,1 = 55,965 \text{ kN}$$

$$Q_3 = \frac{1}{2} \cdot f_{dc} \cdot l_2 = \frac{1}{2} \cdot 26,65 \cdot 3,9 = 51,9675 \text{ kN}$$

- 5) Vypočítáme reakce

- a) Pomocí silové podmínky rovnováhy do osy x vypočítáme reakci  $N_a$ .

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

$$\begin{aligned} N_a + F_{1x} - F_{2x} &= 0 \\ N_a + 17,785 - 33,829 &= 0 \\ N_a &= \underline{16,044 \text{ kN}} \rightarrow \end{aligned}$$

- b) Pomocí silové podmínky rovnováhy do osy z vypočítáme reakci  $V_a$ .

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

$$\begin{aligned} V_a - Q_1 - Q_2 - F_{1z} - Q_3 - F_{2z} &= 0 \\ V_a - 15,0675 - 55,965 - 48,864 - 51,9675 - 12,313 &= 0 \\ V_a &= \underline{184,177 \text{ kN}} \uparrow \end{aligned}$$

c) Reakci  $M_a$  je možno také určit pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu a.

$$\sum_{i=1}^n M_{ai} = 0$$

$$M_a + Q_1 \cdot 0,7 + Q_2 \cdot 1,05 + F_{1z} \cdot 2,1 + Q_3 \cdot 3,4 + F_{2z} \cdot 6 = 0$$

$$M_a + 15,0675 \cdot 0,7 + 55,965 \cdot 1,05 + 48,864 \cdot 2,1 + 51,9675 \cdot 3,4 + 12,313 \cdot 6 = 0$$

$$M_a = -422,4924 \text{ kNm}$$

d) Správnost výpočtu lze ověřit pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu b.

$$\sum_{i=1}^n M_{bi} = 0$$

$$-M_a + V_a \cdot 6 - Q_1 \cdot 5,3 - Q_2 \cdot 4,95 - F_{1z} \cdot 3,9 - Q_3 \cdot 2,6 = 0$$

$$-422,4924 + 184,177 \cdot 6 - 15,0675 \cdot 5,3 - 55,965 \cdot 4,95 - 48,864 \cdot 3,9 - 51,9675 \cdot 2,6 = 0$$

$$0 = 0 \quad \checkmark$$

## B/ VYŘEŠÍME PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

1) Výpočet průběhu normálových sil (znaménková konvence  $\leftarrow \oplus \rightarrow$ )

- Mezi jednotlivými působišti normálových sil a a b je vždy konstantní průběh, který se mění vždy skokem v působišti nové síly a to právě o hodnotu této normálové síly.

v bodě a:  $N_a^L = -N_a = -16,044 \text{ kN}$

v bodě c:  $N_c^L = N_a^L - F_{1x} = -16,044 - 17,785 = -33,829 \text{ kN}$

v bodě b:  $N_b^L = N_c^L = -33,829 \text{ kN}$

$N_b^{L'} = N_b^L + F_{2x} = -33,829 + 33,829 = 0$

2) Výpočet průběhu posouvajících sil (znaménková konvence  $\uparrow \oplus \downarrow$ )

- Z bodu a do bodu c je průběh křivka 2.stupně a mění se o velikost náhradního břemena  $Q_1$  a  $Q_2$ .

- V bodě c dojde v průběhu ke skoku a to o velikost síly  $F_{1z}$ .

- Z bodu c do bodu b je průběh křivka 2.stupně a mění se o velikost náhradního břemena  $Q_3$ .  
V bodě b dojde v průběhu ke skoku a to o velikost síly  $F_{2z}$ .

v bodě a:  $V_a^L = V_a = 184,177 \text{ kN}$

v bodě c:  $V_c^L = V_a^L - Q_1 - Q_2 = 184,177 - 15,0675 - 55,965 = 113,1445 \text{ kN}$

$V_c^{L'} = V_c^L - F_{1z} = 113,1445 - 48,864 = 64,2805 \text{ kN}$

v bodě b:  $V_b^L = V_c^{L'} - Q_3 = 64,2805 - 51,9675 = 12,313 \text{ kN}$

$V_b^{L'} = V_b^L - F_{2z} = 12,313 - 12,313 = 0$

3) Výpočet průběhu ohybových momentů (znaménková konvence  $\oplus$ )

- Z bodu a do bodu c je průběh křivka 3.stupně, v bodě c dojde ke zlomu.

- Z bodu c do bodu b je křivka 3.stupně.

v bodě b:  $M_b^P = 0$

v bodě c:  $M_c^P = -F_{1z} \cdot 3,9 - Q_3 \cdot 1,3 = -12,313 \cdot 3,9 - 51,9675 \cdot 1,3 = -115,578 \text{ kNm}$

v bodě a:  $M_a^L = -M_a = -422,4924 \text{ kNm}$

**Poznámka:** NEBEZPEČNÝ PRŮŘEZ je v bodě a, tzn. že ohybový moment má v tomto místě maximální hodnotu o velikost 422,4924 kNm.