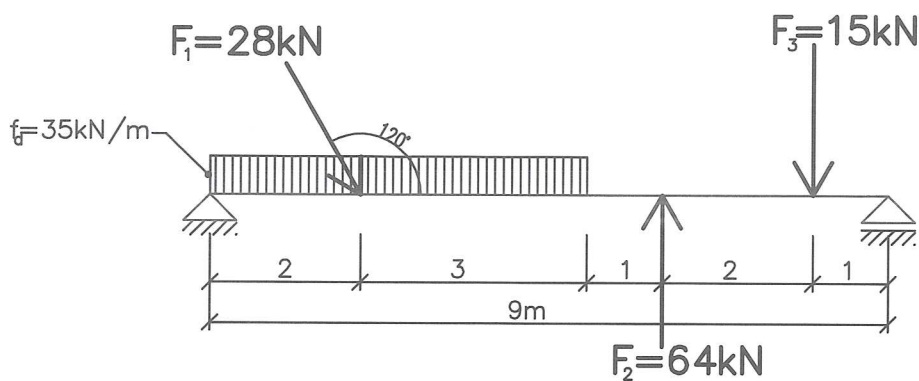
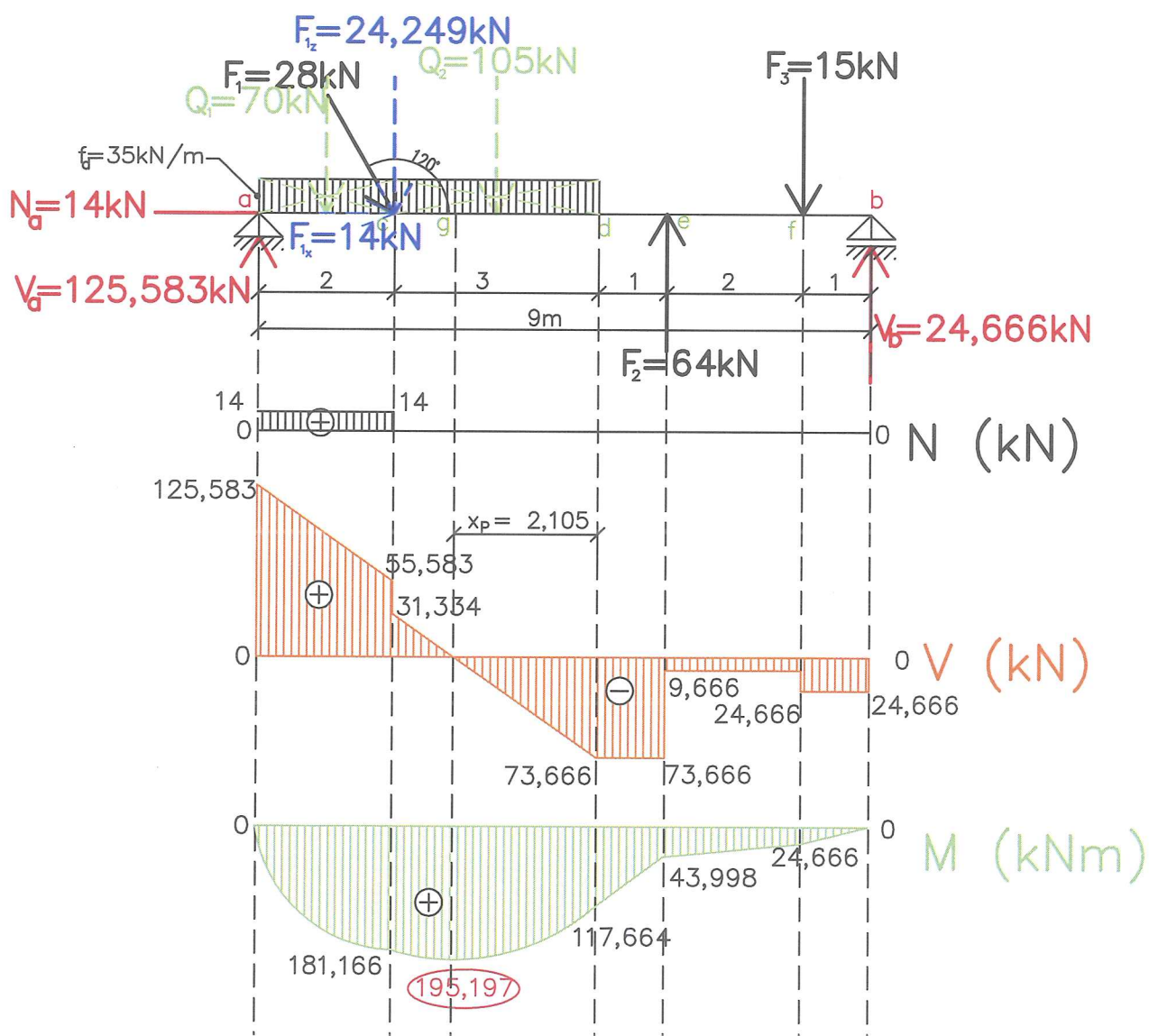


3.1.2 Prostý nosník zatížený kombinovaným zatížením

ZADÁNÍ



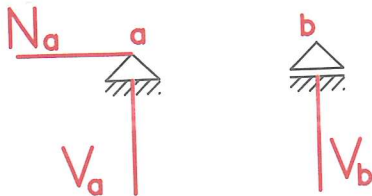
ŘEŠENÍ



POSTUP K ŘEŠENÍ:

A/ VYŘEŠÍME REAKCE

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



- 3) Rozložení šikmé síly

$$F_1 \begin{cases} F_{1x} = F_1 \cdot \cos 60^\circ = 28 \cdot \cos 60^\circ = \underline{14 \text{ kN}} \\ F_{1z} = F_1 \cdot \sin 60^\circ = 28 \cdot \sin 60^\circ = \underline{24,249 \text{ kN}} \end{cases}$$

- 4) Výpočet náhradních břemen

$$Q_1 = f_d \cdot l_1 = 35 \cdot 2 = 70 \text{ kN}$$

$$Q_2 = f_d \cdot l_2 = 35 \cdot 3 = 105 \text{ kN}$$

- 5) Vypočítáme reakce

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

$$\sum_{i=1}^n F_{xi} = 0 \quad \begin{array}{c} \leftarrow \quad \rightarrow \\ N_a + F_{1x} = 0 \\ N_a + 14 = 0 \\ N_a = \underline{-14 \text{ kN}} \leftarrow \end{array}$$


- b) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **b** vypočítáme reakci **V_a**.

$$\sum_{i=1}^n M_{bi} = 0 \quad \begin{array}{c} \curvearrowright \quad \curvearrowleft \\ V_a \cdot 9 - Q_1 \cdot 8 - F_{1z} \cdot 7 - Q_2 \cdot 5,5 + F_2 \cdot 3 - F_3 \cdot 1 = 0 \\ V_a \cdot 9 - 70 \cdot 8 - 24,249 \cdot 7 - 105 \cdot 5,5 + 64 \cdot 3 - 15 \cdot 1 = 0 \\ V_a \cdot 9 = 1130,243 \\ V_a = \underline{125,583 \text{ kN}} \quad \curvearrowright \end{array}$$

- c) Reakci **V_b** je možno také určit pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **a**.

$$\sum_{i=1}^n M_{ai} = 0 \quad \begin{array}{c} \curvearrowright \quad \curvearrowleft \\ Q_1 \cdot 1 + F_{1z} \cdot 2 + Q_2 \cdot 3,5 - F_2 \cdot 6 + F_3 \cdot 8 + V_b \cdot 9 = 0 \\ 0 \cdot 1 + 24,249 \cdot 2 + 105 \cdot 3,5 - 64 \cdot 6 + 15 \cdot 8 + V_b \cdot 9 = 0 \\ V_b \cdot 9 = -221,998 \\ V_b = \underline{-24,666 \text{ kN}} \quad \curvearrowleft \end{array}$$

- c) Správnost výpočtu lze ověřit pomocí silové podmínky do osy **z**.


$$\sum_{i=1}^n F_{zi} = 0$$


$$V_a - Q_1 - F_{1z} - Q_2 + F_2 - F_3 + V_b = 0$$

$$125,583 - 70 - 24,249 - 105 + 64 - 15 + 24,666 = 0$$

$$0 = 0 \quad \checkmark$$

B/ VYŘEŠÍME PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

- 1) Výpočet průběhu normálových sil (znaménková konvence )
- Mezi jednotlivými působišti normálových sil **a** a **c** je konstantní průběh, který se mění vždy skokem v působišti nové síly a to právě o hodnotu této normálové síly.

v bodě **a**: $N_a^L = N_a = 14 \text{ kN}$

v bodě **c**: $N_c^L = N_a^L - F_{1x} = 14 - 14 = 0$


v bodě **d**: $N_d^L = N_c^L = 0$

v bodě **e**: $N_e^L = N_d^L = 0$

v bodě **f**: $N_f^L = N_e^L = 0$

v bodě **b**: $N_b^L = N_f^L = 0$



- 2) Výpočet průběhu posouvajících sil (znaménková konvence )
- Z bodu **a** do bodu **c** je lineární průběh a mění se o velikost náhradního břemena Q_1 .
 - V bodě **c** dojde v průběhu ke skoku o velikosti hodnoty síly F_{1z} .
 - Z bodu **c** do bodu **d** je lineární průběh a mění se o velikost náhradního břemena Q_2 .
 - Z bodu **d** do bodu **e** je konstantní průběh.
 - V bodě **e** dojde v průběhu ke skoku o velikosti hodnoty síly F_2 .
 - Z bodu **e** do bodu **f** je konstantní průběh.
 - V bodě **f** dojde v průběhu ke skoku o velikosti hodnoty síly F_3 .
 - Z bodu **f** do bodu **b** je konstantní průběh.
 - V bodě **b** dojde v průběhu ke skoku o velikosti hodnoty síly V_b a vracíme se k základní čáře.

v bodě **a**: $V_a^L = V_a = 125,583 \text{ kN}$

v bodě **c**: $V_c^L = V_a^L - Q_1 = 125,583 - 70 = 55,583 \text{ kN}$

$$V_c^{L'} = V_c^L - F_{1z} = 55,583 - 24,249 = 31,334 \text{ kN}$$

v bodě **d**: $V_d^L = V_c^{L'} - Q_2 = 31,334 - 105 = -73,666 \text{ kN}$

v bodě **e**: $V_e^L = V_d^L = -73,666 \text{ kN}$

$$V_e^{L'} = V_e^L + F_2 = -73,666 + 64 = -9,666 \text{ kN}$$

v bodě **f**: $V_f^L = V_e^{L'} = -9,666 \text{ kN}$

$$V_f^{L'} = V_f^L - F_3 = -9,666 - 15 = -24,666 \text{ kN}$$

v bodě **b**: $V_b^L = V_f^{L'} = -24,666 \text{ kN}$

$$V_b^{L'} = V_b^L - V_b = -24,666 + 24,666 = 0$$

Mezi body **c** a **d** může být místo nebezpečného průřezu. Přesné místo musíme najít. Určíme ho například zprava od bodu **d** (značíme x_p) a místo nebezpečného průřezu označíme **g**.

$$x_p = |V_d^L| / f_d = 73,666 / 35 = 2,105 \text{ m}$$

Určíme náhradní břemeno od bodu **d** do **g**, které označíme Q_p .

$$Q_p = f_d \cdot x_p = 35 \cdot 2,105 = 73,666 \text{ kN}$$

- 3) Výpočet průběhu ohybových momentů (znaménková konvence )

- Z bodu **a** do bodu **d** je průběh křivka 2.stupně, která má zlom v bodě **c**, kde působí osamělé břemeno F_{1z} a vrchol v bodě **g**, což je místo, které jsme určili jako nebezpečný

průřez, tedy místo s maximální hodnotou ohybového momentu (zároveň v tomto místě mají posouvající síly hodnotu nulovou).

- Z bodu d do bodu e je průběh lineární (křivka 1.stupně)
- Z bodu e do bodu f je průběh lineární (křivka 1.stupně)
- Z bodu f do bodu b je průběh lineární (křivka 1.stupně)

$$\text{v bodě a: } M_a^L = 0$$

$$\text{v bodě c: } M_c^L = V_a \cdot 2 - Q_1 \cdot 1 = 125,583 \cdot 2 - 70 \cdot 1 = \underline{181,166 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě g: } M_g^P = V_b \cdot 6,105 - F_3 \cdot 5,105 + F_2 \cdot 3,105 - Q_P \cdot 1,0525 = 24,666 \cdot 6,105 - 15 \cdot 5,105 + 64 \cdot 3,105 - 73,666 \cdot 1,0525 = \underline{195,197 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě d: } M_d^P = V_b \cdot 4 - F_3 \cdot 3 + F_2 \cdot 1 = 24,666 \cdot 4 - 15 \cdot 3 + 64 \cdot 1 = \underline{117,664 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě e: } M_e^P = V_b \cdot 3 - F_3 \cdot 2 = 24,666 \cdot 3 - 15 \cdot 2 = \underline{43,998 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě f: } M_f^P = V_b \cdot 1 = 24,666 \cdot 1 = \underline{24,666 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě b: } M_b^P = 0$$

Poznámka: NEBEZPEČNÝ PRŮŘEZ je v bodě g, tzn. že ohybový moment má v tomto místě maximální hodnotu o velikost 195,197 kNm.