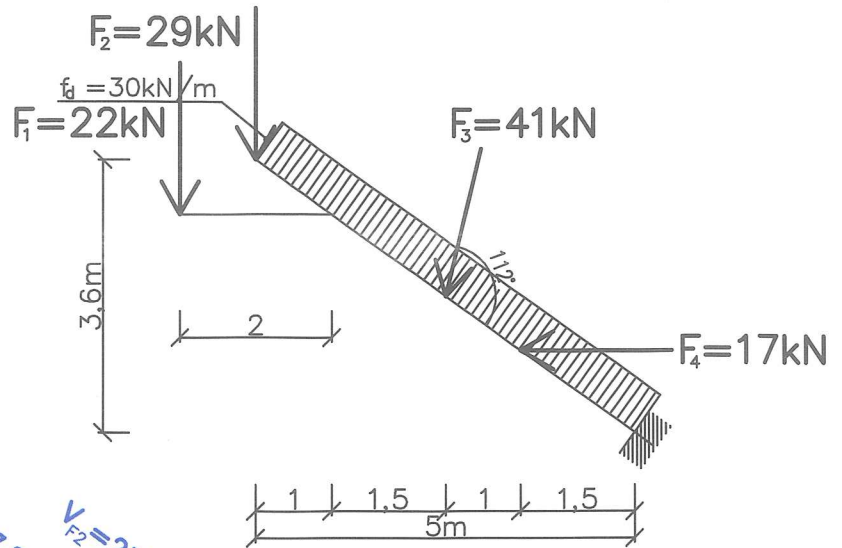
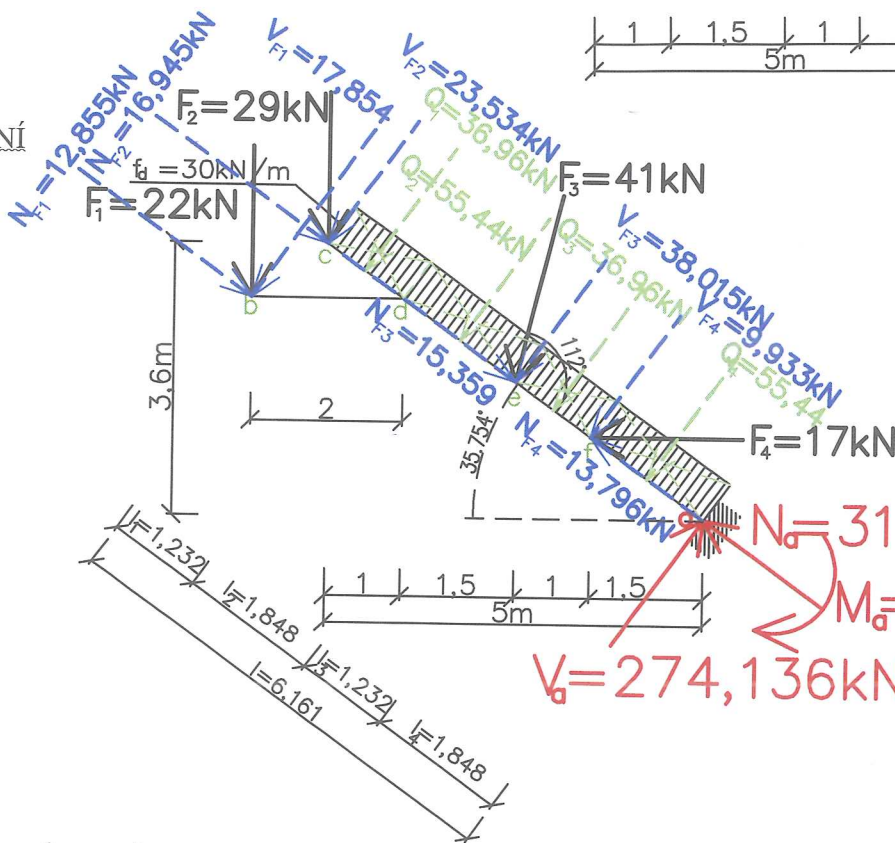


3.4.3 Šikmý nosník zatížený kombinovaným zatížením

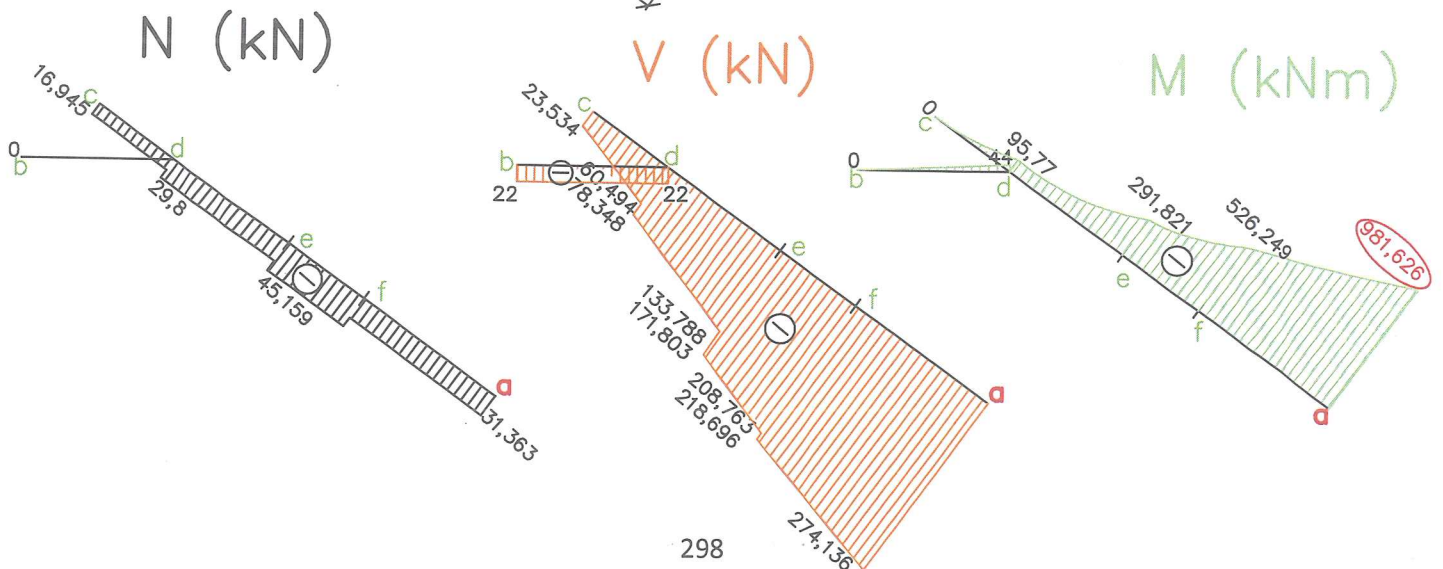
ZADÁNÍ



ŘEŠENÍ



$N_4 = 31,363 \text{ kN}$
 $M_4 = 981,626 \text{ kNm}$
 $V_4 = 274,136 \text{ kN}$



POSTUP K ŘEŠENÍ:

A/ VYŘEŠÍME REAKCE

1) Vypočítáme potřebné vzdálenosti a úhly

$$\operatorname{tg} \alpha = 3,6/5 = 0,72$$

$$\alpha = 35,754^\circ$$

$$l = \sqrt{3,6^2 + 5^2}$$

$$l = \underline{6,161 \text{ m}}$$

$$\cos \alpha = 1 / l_1$$

$$l_1 = 1 / \cos 35,754^\circ$$

$$l_1 = \underline{1,232 \text{ m}}$$

$$\cos \alpha = 1,5 / l_2$$

$$l_2 = 1,5 / \cos 35,754^\circ$$

$$l_2 = \underline{1,848 \text{ m}}$$

$$l_1 = l_3$$

$$l_2 = l_4$$

2) Vypočítáme náhradní břemena

$$Q_1 = Q_3 = f_d \cdot l_1 = 30 \cdot 1,232 = 36,96 \text{ kN}$$

$$Q_2 = Q_4 = f_d \cdot l_2 = 30 \cdot 1,848 = 55,44 \text{ kN}$$

3) Rozložení sil na jednotlivé složky

$$F_1 \begin{cases} N_{F1} = F_1 \cdot \sin \alpha = 22 \cdot \sin 35,754^\circ = \underline{12,855 \text{ kN}} \\ V_{F1} = F_1 \cdot \cos \alpha = 22 \cdot \cos 35,754^\circ = \underline{17,854 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$F_2 \begin{cases} N_{F2} = F_2 \cdot \sin \alpha = 29 \cdot \sin 35,754^\circ = \underline{16,945 \text{ kN}} \\ V_{F2} = F_2 \cdot \cos \alpha = 29 \cdot \cos 35,754^\circ = \underline{23,534 \text{ kN}} \end{cases}$$

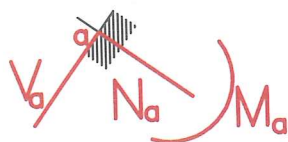
$$F_3 \begin{cases} N_{F3} = F_3 \cdot \sin 22^\circ = 41 \cdot \sin 22^\circ = \underline{15,359 \text{ kN}} \\ V_{F3} = F_3 \cdot \cos 22^\circ = 41 \cdot \cos 22^\circ = \underline{38,015 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$F_4 \begin{cases} N_{F4} = F_4 \cdot \cos \alpha = 17 \cdot \cos 35,754^\circ = \underline{13,796 \text{ kN}} \\ V_{F4} = F_4 \cdot \sin \alpha = 17 \cdot \sin 35,754^\circ = \underline{9,933 \text{ kN}} \end{cases}$$

4) Výpočet reakcí

a) Označíme podporu **a** a další zajímavé místo **b, c, d, e, f**.

b) Podle typu podpory naznačíme předpokládané reakce.



c) Pomocí silové podmínky rovnováhy do osy nosníku vypočítáme reakci N_a .
(Je to pro nás momentálně početně výhodnější než používat osu x)

$$\sum_{i=1}^n N_i = 0$$



$$N_{F1} + N_{F2} + N_{F3} - N_{F4} + N_a = 0$$
$$12,855 + 16,945 + 15,359 - 13,796 + N_a = 0$$

$$N_a = \underline{-31,363 \text{ kN}}$$

d) Pomocí silové podmínky rovnováhy kolmo na osu nosníku vypočítáme reakci V_a .
(Je to pro nás momentálně početně výhodnější než používat osu z)

$$\sum_{i=1}^n V_i = 0$$

$$-V_{F1} - V_{F2} - Q_1 - Q_2 - V_{F3} - Q_3 - V_{F4} - Q_4 + V_a = 0$$

$$-17,854 - 23,534 - 36,96 - 55,44 - 38,015 - 36,96 - 9,933 - 55,44 + V_a = 0$$

$$V_a = \underline{274,136 \text{ kN}}$$

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

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

$$-F_1 \cdot 6 - F_2 \cdot 5 - Q_1 \cdot 5,544 - Q_2 \cdot 4,004 - V_{F3} \cdot 3,08 - Q_3 \cdot 2,464 - V_{F4} \cdot 1,848 - Q_4 \cdot 0,924 + M_a = 0$$

$$-22 \cdot 6 - 29 \cdot 5 - 36,96 \cdot 5,544 - 55,44 \cdot 4,004 - 38,015 \cdot 3,08 - 36,96 \cdot 2,464 - 9,933 \cdot 1,848 -$$

$$55,44 \cdot 0,924 + M_a = 0$$

$$M_a = \underline{981,626 \text{ kNm}}$$

f) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu c si ověříme správnost našeho výpočtu.

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

$$-F_1 \cdot 1 + Q_1 \cdot 0,616 + Q_2 \cdot 2,156 + V_{F3} \cdot 3,08 + Q_3 \cdot 3,696 + V_{F4} \cdot 4,312 + Q_4 \cdot 5,236 - V_a \cdot 6,161 + M_a = 0$$

$$-22 \cdot 1 + 36,96 \cdot 0,616 + 55,44 \cdot 2,156 + 38,015 \cdot 3,08 + 36,96 \cdot 3,696 + 9,933 \cdot 4,312 + 55,44 \cdot 5,236 -$$

$$274,136 \cdot 6,161 + 981,626 = 0$$

$$\underline{0,225 \doteq 0} \checkmark$$

B/ VYŘEŠÍME PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

- 1) Průběh normálových 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 normálové síly.

v bodě a: $N_a^P = -N_a = \underline{-31,363 \text{ kN}}$

v bodě f: $N_f^P = N_a^P = \underline{-31,363 \text{ kN}}$

$$N_f^{P'} = N_f^P - N_{F4} = -31,363 - 13,796 = \underline{-45,159 \text{ kN}}$$

v bodě e: $N_e^P = N_f^{P'} = \underline{-45,159 \text{ kN}}$

$$N_e^{P'} = N_e^P + N_{F3} = -45,159 + 15,359 = \underline{-29,8 \text{ kN}}$$

v bodě d: $N_d^P = N_e^{P'} = \underline{-29,8 \text{ kN}}$

$$N_d^{P'} = N_d^P + N_{F1} = -29,8 + 12,855 = \underline{-16,945 \text{ kN}}$$

v bodě c: $N_c^P = N_d^{P'} = \underline{-16,945 \text{ kN}}$

$$N_c^{P'} = N_c^P + N_{F2} = -16,945 + 16,945 = \underline{0}$$

KONZOLA:

v bodě b: $N_b^L = \underline{0}$

v bodě d: $N_d^L = N_b^L = \underline{0}$

2) Průběh posouvajících sil na nosníku (znaménková konvence )

Mezi dvěma osamělými břemeny je vždy konstantní průběh. Mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení je průběh lineární (křivka 1.stupně). Místo, kde působí osamělé břemeno, se projeví v průběhu sil skokem.

v bodě a: $V_a^P = -V_a = -274,136 \text{ kN}$

v bodě f: $V_f^P = V_a^P + Q_4 = -274,136 + 55,44 = -218,696 \text{ kN}$

$$V_f^{P'} = V_f^P + V_{F4} = -218,696 + 9,933 = -208,763 \text{ kN}$$

v bodě e: $V_e^P = V_f^{P'} + Q_3 = -208,763 + 36,96 = -171,803 \text{ kN}$

$$V_e^{P'} = V_e^P + V_{F3} = -171,803 + 38,015 = -133,788 \text{ kN}$$

v bodě d: $V_d^P = V_e^{P'} + Q_2 = -133,788 + 55,44 = -78,348 \text{ kN}$

$$V_d^{P'} = V_d^P + V_{F1} = -78,348 + 17,854 = -60,494 \text{ kN}$$

v bodě c: $V_c^P = V_d^{P'} + Q_1 = -60,494 + 36,96 = -23,534 \text{ kN}$

$$V_c^{P'} = V_c^P + V_{F2} = -23,534 + 23,534 = 0$$

KONZOLA:

v bodě b: $V_b^L = -F_1 = -22 \text{ kN}$

v bodě d: $V_d^L = V_b^L = -22 \text{ kN}$

3) Průběh ohybových momentů na nosníku (znaménková konvence )

Mezi dvěma osamělými břemeny je průběh lineární (křivka 1.stupně). Mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení je průběh křivka 2.stupně. Místo, kde mění rovnoměrné spojitě zatížení svou velikost, se projeví v průběhu momentů zlomem.

v bodě a: $M_a^P = -M_a = -981,626 \text{ kNm}$ (nebezpečný průřez)

v bodě f: $M_f^P = -M_a + V_a \cdot 1,848 - Q_4 \cdot 0,924 = -981,626 + 274,136 \cdot 1,848 - 55,44 \cdot 0,924 = -526,249 \text{ kNm}$

v bodě e: $M_e^P = -M_a + V_a \cdot 3,08 - Q_4 \cdot 2,156 - V_{F4} \cdot 1,232 - Q_3 \cdot 0,616 = -981,626 + 274,136 \cdot 3,08 - 55,44 \cdot 2,156 - 9,933 \cdot 1,232 - 36,96 \cdot 0,616 = -291,821 \text{ kNm}$

v bodě e: $M_e^P = R_{bz} \cdot 3 - R_{bx} \cdot 5 - V_{F4} \cdot 1,944 = 204,656 \cdot 3 - 460,962 \cdot 5 - 55,426 \cdot 1,944 = -1798,6 \text{ kNm}$

v bodě d: $M_d^L = -F_2 \cdot 1 - Q_1 \cdot 0,616 - F_1 \cdot 2 = -29 \cdot 1 - 36,96 \cdot 0,616 - 22 \cdot 2 = -95,77 \text{ kNm}$

v bodě c: $M_c^L = 0$

KONZOLA:

v bodě b: $M_b^L = 0$

v bodě d: $M_d^L = -F_1 \cdot 2 = -22 \cdot 2 = -44 \text{ kNm}$

Poznámka: NEBEZPEČNÝ PRŮŘEZ je v bodě a, kde je maximální ohybový moment o velikosti $-981,626 \text{ kNm}$.