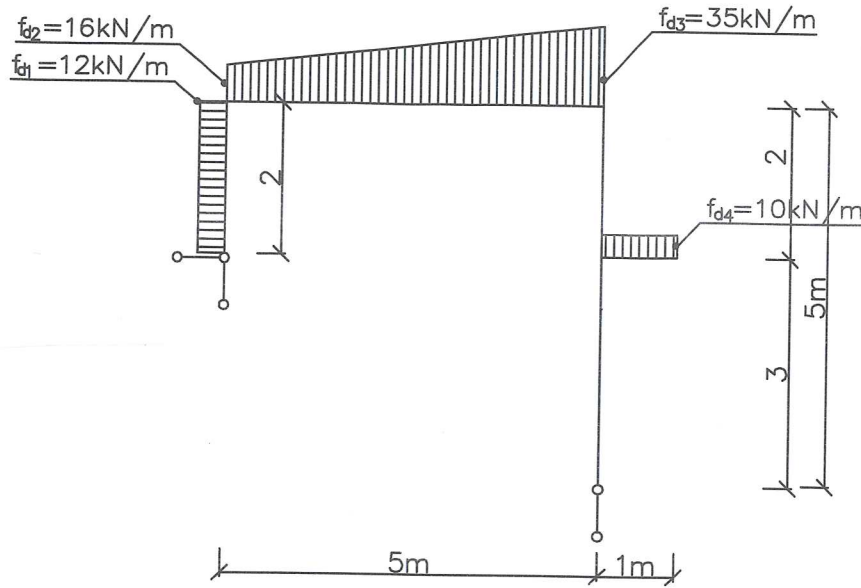
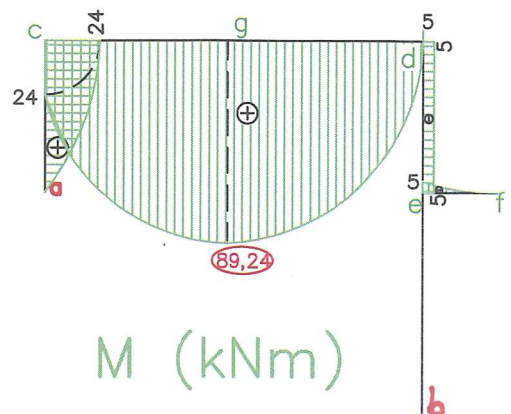
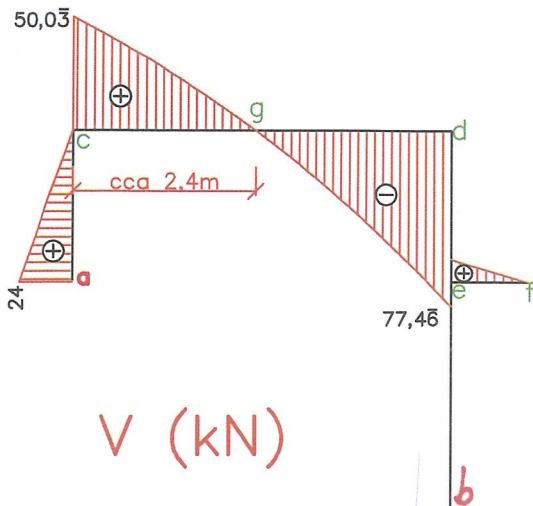
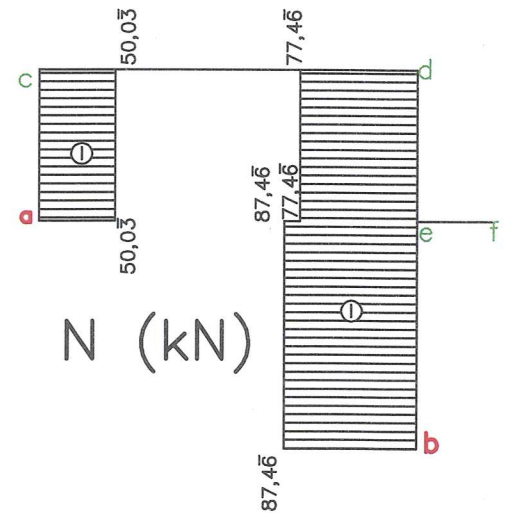
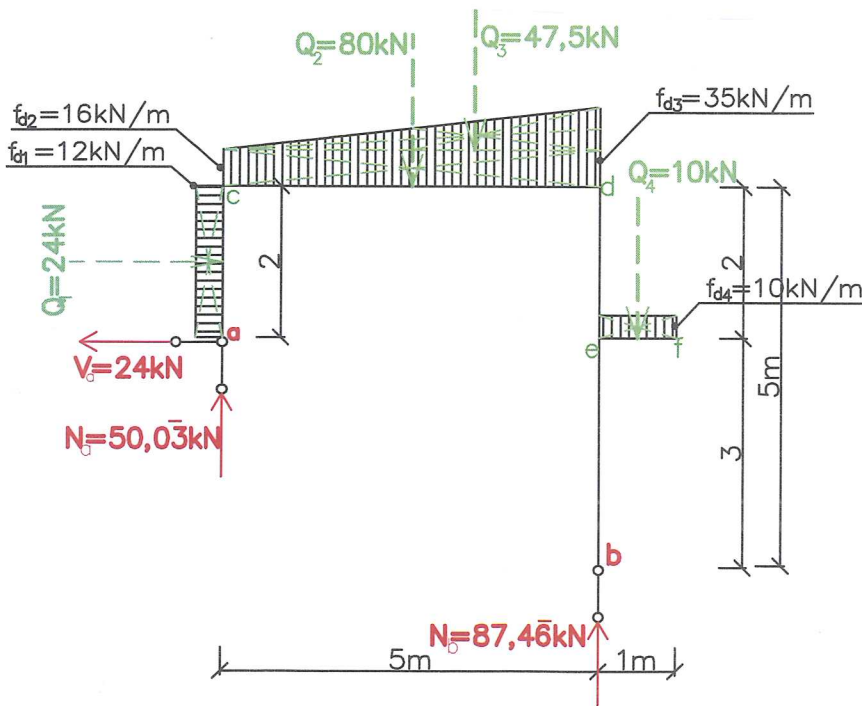


2.3.3 Lomený nosník zatížený rovnoměrným spojitým zatížením

ZADÁNÍ



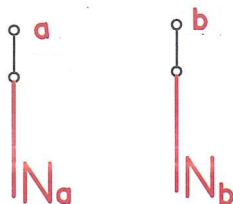
ŘEŠENÍ



POSTUP K ŘEŠENÍ:

A/ VYŘEŠÍME REAKCE

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



- 3) Vypočítáme náhradní břemena

$$Q_1 = f_{d1} \cdot l_1 = 12 \cdot 2 = 24 \text{ kN}$$

$$Q_2 = f_{d2} \cdot l_2 = 16 \cdot 5 = 80 \text{ kN}$$

$$Q_3 = \frac{1}{2} \cdot (f_{d3} - f_{d2}) \cdot l_2 = \frac{1}{2} \cdot (35 - 16) \cdot 5 = 47,5 \text{ kN}$$

$$Q_4 = f_{d4} \cdot l_3 = 10 \cdot 1 = 10 \text{ kN}$$

- 4) Vypočítáme reakce

a) Pomocí silové podmínky do osy x vypočítáme reakci V_a .

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

$$V_a + Q_1 = 0$$

$$V_a + 24 = 0$$

$$V_a = \underline{\underline{-24 \text{ kN}}} \leftarrow$$

b) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **a** vypočítáme reakci N_b

$$\sum_{i=1}^n M_{ai} = 0 \quad \begin{array}{c} + \\ - \end{array}$$

$$Q_1 \cdot 1 + Q_2 \cdot 2,5 + Q_3 \cdot 3,3 + Q_4 \cdot 5,5 + N_b \cdot 5 = 0$$

$$24 \cdot 1 + 80 \cdot 2,5 + 47,5 \cdot 3,3 + 10 \cdot 5,5 + N_b \cdot 5 = 0$$

$$N_b \cdot 5 = -437,3$$

$$N_b = \underline{\underline{-87,46 \text{ kN}}} \curvearrowright$$

c) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **b** vypočítáme reakci N_a .

$$\sum_{i=1}^n M_{bi} = 0 \quad \begin{array}{c} + \\ - \end{array}$$

$$N_a \cdot 5 - V_a \cdot 3 + Q_1 \cdot 4 - Q_2 \cdot 2,5 - Q_3 \cdot 1,6 + Q_4 \cdot 0,5 = 0$$

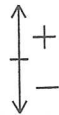
$$N_a \cdot 5 - 24 \cdot 3 + 24 \cdot 4 - 80 \cdot 2,5 - 47,5 \cdot 1,6 + 10 \cdot 0,5 = 0$$

$$N_a \cdot 5 = 250,16$$

$$N_a = \underline{\underline{50,03 \text{ kN}}} \curvearrowright$$

d) Pomocí silové podmínky do osy z si ověříme, že máme reakce vypočítány správně.

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



$$\begin{aligned} N_a - Q_2 - Q_3 - Q_4 + N_b &= 0 \\ 50,03 - 80 - 47,5 - 10 + 87,46 &= 0 \\ 0 &= 0 \checkmark \end{aligned}$$

B/ VYŘEŠÍME PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

1) Průběh normálových sil na nosníku (znaménková konvence $\leftarrow \oplus \rightarrow$)

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

- Průběh od bodu a do bodu c je konstantní, protože jde o průběh mezi „osamělými“ břemeny.
- Průběh od bodu c do bodu d je nulový, protože zde nepůsobí žádná normálová síla.
- Průběh od bodu d do bodu e je konstantní, protože jde o průběh mezi „osamělými“ břemeny.
- Průběh od bodu e do bodu b je konstantní, protože jde o průběh mezi „osamělými“ břemeny.
- Průběh od bodu f do bodu e je nulový, protože zde nepůsobí žádná normálová síla.

LEVÉ SVISLÉ RAMENO:

v bodě a: $N_a^L = N_a = -50,03 \text{ kN}$

v bodě c: $N_c^L = N_a^L = -50,03 \text{ kN}$

VODOROVNÉ RAMENO:

v bodě c: $N_c^L = V_a - Q_1 = 24 - 24 = 0$

v bodě d: $N_d^L = N_c^L = 0$

PRAVÉ SVISLÉ RAMENO:

v bodě b: $N_b^P = -N_b = -87,46 \text{ kN}$

v bodě e: $N_e^P = N_b^P = -87,46 \text{ kN}$

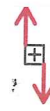
v bodě e (skok): $N_e^{P'} = N_b^P + Q_4 = -87,46 + 10 = -77,46 \text{ kN}$

v bodě d: $N_d^P = N_e^{P'} = -77,46 \text{ kN}$

KONZOLA:

v bodě f: $N_f^P = 0$

v bodě e: $N_e^P = N_f^P = 0$



2) Průběh posouvajících sil na nosníku (znaménková konvence $\uparrow \oplus$)

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

- Průběh od bodu a do bodu c je lineární (křivka 1°), protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení.
- Průběh od bodu c do bodu d je křivka 2°, protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho lichoběžníkového („trojúhelníkového“) zatížení.
- Průběh od bodu d do bodu e je nulový, protože zde nepůsobí žádné posouvající síly.
- Průběh od bodu e do bodu b je nulový, protože zde nepůsobí žádné posouvající síly.
- Průběh od bodu f do bodu e je lineární (křivka 1°), protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení.

LEVÉ SVISLÉ RAMENO:

v bodě a: $V_a^L = V_a = 24 \text{ kN}$

v bodě c: $V_c^L = V_a^L - Q_1 = 24 - 24 = 0 \text{ kN}$

VODOROVNÉ RAMENO:

$$\text{v bodě c: } V_c^L = N_a = \underline{50,03 \text{ kN}}$$

$$\text{v bodě d: } V_d^L = V_c^L - Q_2 - Q_3 = 50,03 - 80 - 47,5 = \underline{-77,46 \text{ kN}}$$

PRAVÉ SVISLÉ RAMENO:

$$\text{v bodě b: } V_b^P = \underline{0}$$

$$\text{v bodě e: } V_e^P = V_b^P = \underline{0}$$

$$\text{v bodě d: } N_d^P = N_e^P = \underline{0}$$

KONZOLA:

$$\text{v bodě f: } V_f^P = \underline{0}$$

$$\text{v bodě e: } V_e^P = V_f^P + Q_4 = 0 + 10 = \underline{10 \text{ kN}}$$

Z průběhu posouvajících sil je pravděpodobné, že mezi bodem c a d se bude vyskytovat nebezpečný průřez, proto určíme jeho polohu a místo označíme jako průřez g.

Vzdálenost můžeme určit buď od bodu c (označíme x_L) nebo do bodu d (označíme x_P).

$$x_L = \text{cca } 2,4 \text{ m}$$

$$x_P = \text{cca } 2,6 \text{ m}$$

Místo nebezpečného průřezu označíme g.

Určíme náhradní břemeno zleva (výhodnější), tj. spojitěho rovnoměrného zatížení od bodu c do g, které označíme např. Q_{L1} a od trojúhelníkového zatížení, které označíme např. Q_{L2} . Obojí budeme potřebovat pro výpočet maximálního ohybového momentu v nebezpečném průřezu.

$$Q_{L1} = f_{d2} \cdot x_L = 16 \cdot 2,4 = 38,4 \text{ kN}$$

Velikost výpočtového spojitěho trojúhelníkového zatížení v bodě g:

$$f_{dg} = ((f_{d3} - f_{d2}) / l_2) \cdot x_L = ((35 - 16) / 5) \cdot 2,4 = 9,12 \text{ kN/m}$$

$$Q_{L2} = \frac{1}{2} \cdot f_{dg} \cdot x_L = \frac{1}{2} \cdot 9,12 \cdot 2,4 = 10,944 \text{ kN}$$

3) Průběh ohybových momentů na nosníku (znaménková konvence)

- Průběh od bodu a do bodu c je křivka 2°, protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení.
- Průběh od bodu c do bodu d je křivka 3°, protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho trojúhelníkového zatížení.
- Průběh od bodu d do bodu e je konstantní, protože zleva i zprava působí vždy stejný moment.
- Průběh od bodu e do bodu b je nulový, protože zde nepůsobí žádný moment.
- Průběh od bodu f do bodu e křivka 2°, protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení.

$$\text{v bodě a: } M_a^L = \underline{0}$$

$$\text{v bodě c: } M_c^L = V_a \cdot 2 - Q_1 \cdot 1 = 24 \cdot 2 - 24 \cdot 1 = \underline{24 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě g: } M_g^L = N_a \cdot 2,4 + V_a \cdot 2 - Q_1 \cdot 1 - Q_{L1} \cdot 1,2 - Q_{L2} \cdot 0,8 = 50,03 \cdot 2,4 + 24 \cdot 2 - 24 \cdot 1 - 38,4 \cdot 1,2 - 10,944 \cdot 0,8 = \underline{89,24 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě d: } M_d^P = -Q_4 \cdot 0,5 = -10 \cdot 0,5 = \underline{-5 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě e: } M_e^P = -Q_4 \cdot 0,5 = -10 \cdot 0,5 = \underline{-5 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě b: } M_b^P = \underline{0}$$

$$\text{v bodě f: } M_f^P = \underline{0}$$

Poznámka: NEBEZPEČNÝ PRŮŘEZ je přibližně v bodě g, kde je maximální ohybový moment o velikosti 89,24 kNm.