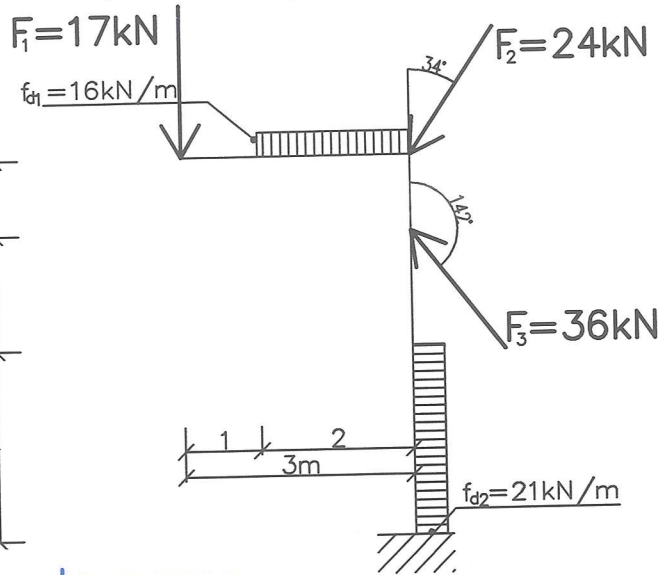


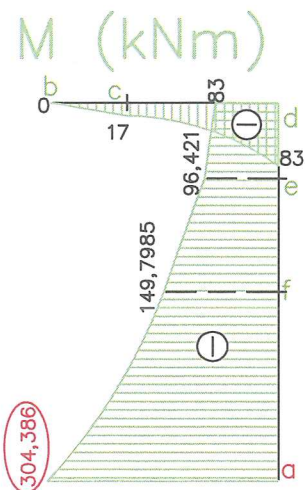
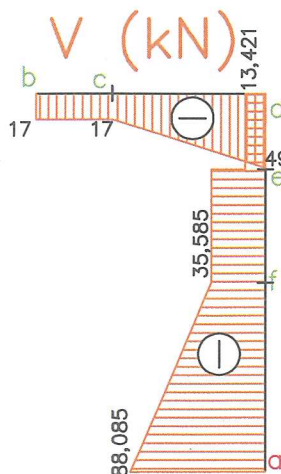
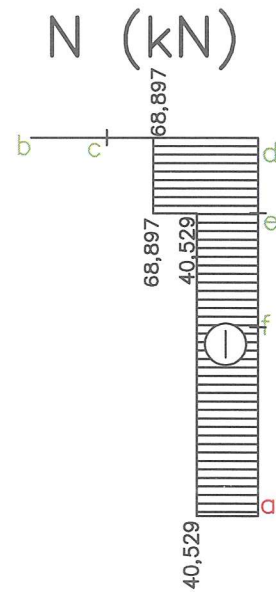
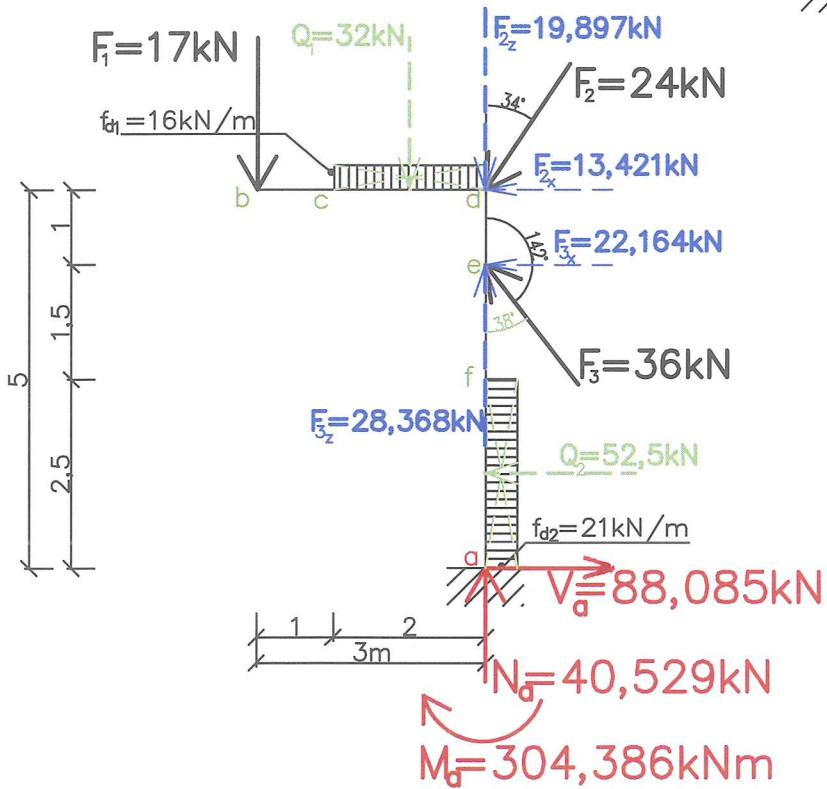
3.3 Lomené nosníky

3.3.1 Lomený nosník zatížený kombinovaným zatížením

ZADÁNÍ



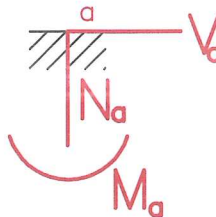
ŘEŠENÍ



POSTUP K ŘEŠENÍ:

A/ VYŘEŠÍME REAKCE

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



- 3) Rozložení šikmých sil

$$\begin{aligned} F_{2x} &= F_2 \cdot \sin 34^\circ = 24 \cdot \sin 34^\circ = \underline{13,421 \text{ kN}} \\ F_{2z} &= F_2 \cdot \cos 34^\circ = 24 \cdot \cos 34^\circ = \underline{19,897 \text{ kN}} \\ F_{3x} &= F_3 \cdot \sin 38^\circ = 36 \cdot \sin 38^\circ = \underline{22,164 \text{ kN}} \\ F_{3z} &= F_3 \cdot \cos 38^\circ = 36 \cdot \cos 38^\circ = \underline{28,368 \text{ kN}} \end{aligned}$$

- 4) Vypočítáme náhradní břemena

$$\begin{aligned} Q_1 &= f_{d1} \cdot l_1 = 16 \cdot 2 = 32 \text{ kN} \\ Q_2 &= f_{d2} \cdot l_2 = 21 \cdot 2,5 = 52,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

- 5) Vypočítáme reakce

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

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

$$\begin{aligned} -F_{2x} - F_{3x} - Q_2 + V_a &= 0 \\ -13,421 - 22,164 - 52,5 + V_a &= 0 \\ V_a &= \underline{88,085 \text{ kN}} \rightarrow \end{aligned}$$

- b) Pomocí silové podmínky do osy **z** si vypočítáme reakci **N_a**

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

$$\begin{aligned} -F_1 - Q_1 - F_{2z} + F_{3z} + N_a &= 0 \\ -17 - 32 - 19,897 + 28,368 + N_a &= 0 \\ N_a &= \underline{40,529 \text{ kN}} \uparrow \end{aligned}$$

- c) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **a** vypočítáme reakci **M_a**.

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

$$\begin{aligned} -F_1 \cdot 3 - Q_1 \cdot 1 - F_{2x} \cdot 5 - F_{3x} \cdot 4 - Q_2 \cdot 1,25 + M_a &= 0 \\ -17 \cdot 3 - 32 \cdot 1 - 13,4215 \cdot 5 - 22,164 \cdot 4 - 52,5 \cdot 1,25 + M_a &= 0 \\ M_a &= \underline{304,386 \text{ kNm}} \curvearrow \end{aligned}$$

d) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu b si ověříme, že máme reakce vypočítány správně.

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

+

↺

-

↻

$$32 \cdot 2 + 19,897 \cdot 3 + 22,164 \cdot 1 - 28,368 \cdot 3 + 52,5 \cdot 3,75 - 40,529 \cdot 3 - 88,085 \cdot 5 + M_a = 0$$

$$0 = 0 \quad \checkmark$$

B/ VYŘEŠÍME PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

- 1) Průběh normálových sil na nosníku (znaménková konvence $\leftarrow \boxplus \rightarrow$)
 !Podélná osa nosníku se po délce mění a tím se mění i vnímání normálových sil!
- Průběh od bodu b do bodu d je nulový, protože zde nepůsobí žádná normálová síla.
 - Průběh od bodu a do bodu d je konstantní, protože jde o průběh mezi „osamělými“ břemeny, přičemž v bodě e se mění skokem o velikost síly F_{3z} .

VODOROVNÉ RAMENO:

v bodě b: $N_b^L = 0$

v bodě c: $N_c^L = N_b^L = 0$

v bodě d: $N_d^L = N_c^L = 0$

SVISLÉ RAMENO:

v bodě a: $N_a^P = -N_a = -40,529 \text{ kN}$

v bodě f: $N_f^P = N_a^P = -40,529 \text{ kN}$

v bodě e: $N_e^P = N_f^P = -40,529 \text{ kN}$

$$N_e^{P'} = N_e^P - F_{3z} = -40,529 - 28,368 = -68,897 \text{ kN}$$

v bodě d: $N_d^P = N_e^{P'} = -68,897 \text{ kN}$



- 2) Průběh posouvajících sil na nosníku (znaménková konvence $\boxplus \updownarrow$)
 !Podélná osa nosníku se mění po délce a tím se mění vnímání posouvajících sil!
- Průběh od bodu b do bodu c je konstantní, protože jde o průběh mezi dvěma osamělými břemeny (resp. mezi koncem spojitěho zatížení a osamělým břemenem, mezi kterými nepůsobí žádné síly ani jiná zatížení).
 - Průběh od bodu c do bodu d je lineární (křivka 1°), protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení.
 - Průběh od bodu d do bodu e je konstantní, protože jde o průběh mezi dvěma osamělými břemeny.
 - Průběh od bodu e do bodu f je konstantní, protože jde o průběh mezi dvěma osamělými břemeny (resp. mezi koncem spojitěho zatížení a osamělým břemenem, mezi kterými nepůsobí žádné síly ani jiná zatížení).
 - Průběh od bodu f do bodu a je lineární (křivka 1°), protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení.

VODOROVNÉ RAMENO:

v bodě b: $V_b^L = -F_1 = -17 \text{ kN}$

v bodě c: $V_c^L = V_a^L = -17 \text{ kN}$

v bodě d: $V_d^L = V_c^L - Q_1 = -17 - 32 = -49 \text{ kN}$


SVISLÉ RAMENO:

v bodě a: $V_a^P = -V_a = -88,085 \text{ kN}$

v bodě f: $V_f^P = V_a^P + Q_2 = -88,085 + 52,5 = -35,585 \text{ kN}$

v bodě e: $V_e^L = V_f^P = -35,585 \text{ kN}$

$$V_e^{L'} = V_e^P + F_{3x} = -35,585 + 22,164 = -13,421 \text{ kN}$$

- 3) Průběh ohybových momentů na nosníku (znaménková konvence )
- Průběh od bodu b do bodu c je lineární (křivka 1°), protože jde o průběh mezi dvěma osamělými břemeny (resp. mezi koncem spojitěho zatížení a osamělým břemenem, mezi kterými nepůsobí žádné síly ani jiná zatížení).
 - Průběh od bodu c do bodu d je křivka 2°, protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení.
 - Průběh od bodu d do bodu e je lineární (křivka 1°), protože jde o průběh mezi dvěma osamělými břemeny.
 - Průběh od bodu e do bodu f je lineární (křivka 1°), protože jde o průběh mezi dvěma osamělými břemeny (resp. mezi koncem spojitěho zatížení a osamělým břemenem, mezi kterými nepůsobí žádné síly ani jiná zatížení).
 - Průběh od bodu f do bodu a je křivka 2°, protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení.

v bodě b: $M_b^L = 0$

v bodě c: $M_c^L = -F_1 \cdot 1 = -17 \cdot 1 = -17 \text{ kNm}$

v bodě d: $M_d^L = -F_1 \cdot 3 - Q_1 \cdot 1 = -17 \cdot 3 - 32 \cdot 1 = -83 \text{ kNm}$

v bodě e: $M_e^L = -F_1 \cdot 3 - Q_1 \cdot 1 - F_{2x} \cdot 1 = -17 \cdot 3 - 32 \cdot 1 - 13,421 \cdot 1 = -96,421 \text{ kNm}$

v bodě f: $M_f^P = -M_a + V_a \cdot 2,5 - Q_2 \cdot 1,25 = -304,386 + 88,085 \cdot 2,5 - 52,5 \cdot 1,25 = -149,7985 \text{ kNm}$

v bodě a: $M_a^P = -M_a = -304,386 \text{ kNm}$

Poznámka: NEBEZPEČNÝ PRŮŘEZ je v bodě a, kde je maximální ohybový moment o velikosti 304,386 kNm.