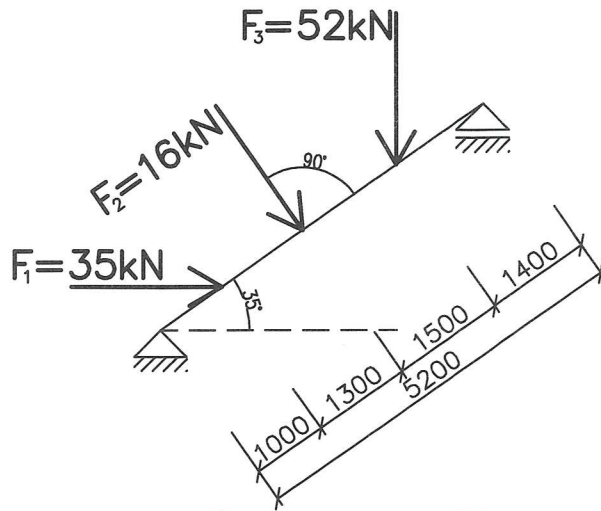


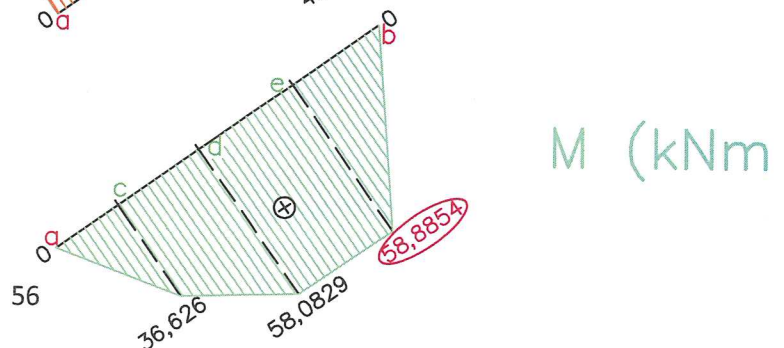
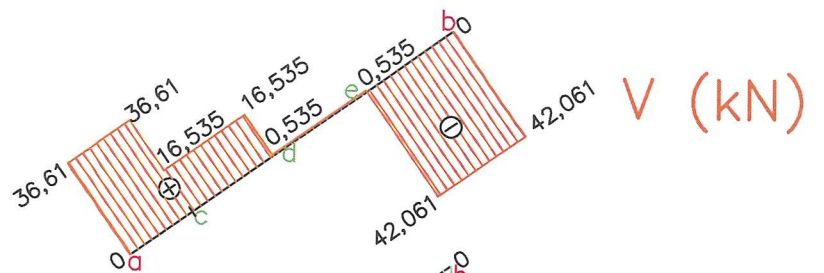
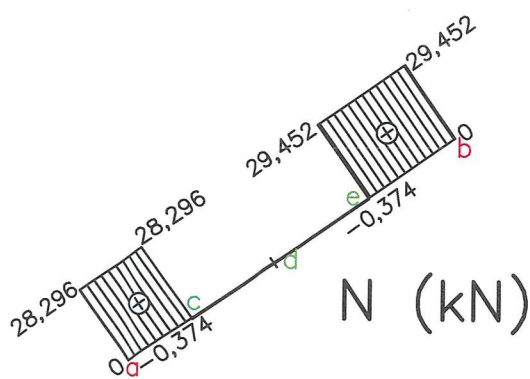
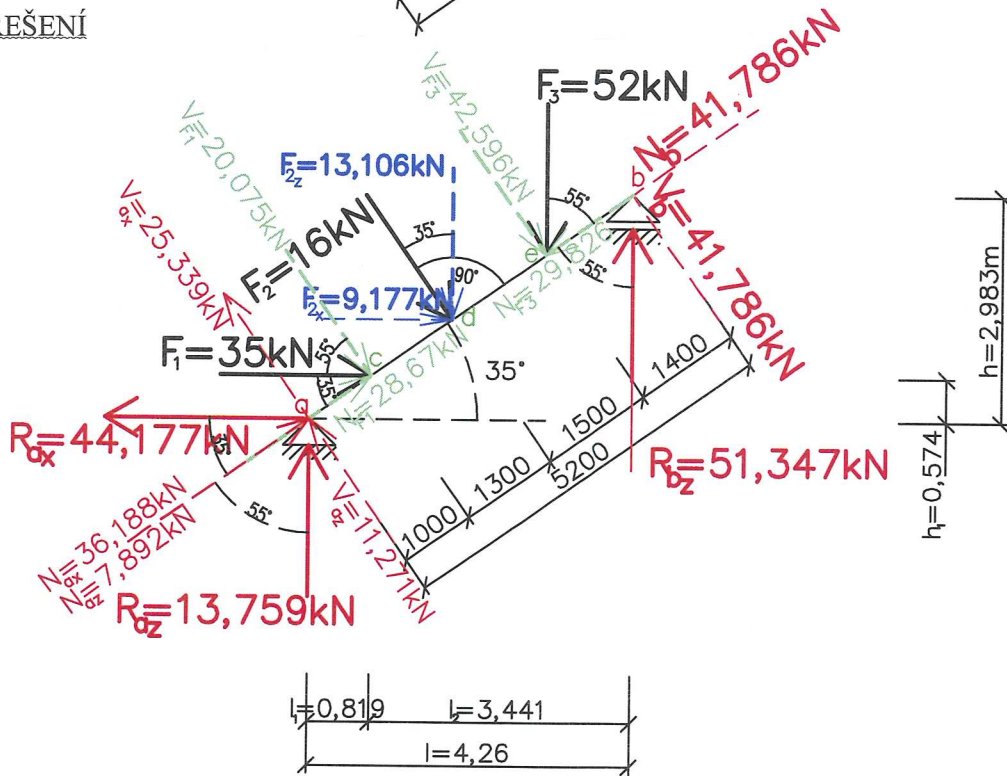
1.4 Šikmé a lomené nosníky

1.4.1 Šikmý nosník zatížený osamělými břemeny

ZADÁNÍ



ŘEŠENÍ



Při řešení šikmých nosníků se opět nic nemění, jen je vše složitější na správný výpočet ramen, na kterých působí síla při výpočtu momentů. A také je nutno popřemýšlet, jak co nejvýhodněji rozložit síly, aby pro nás byl výpočet co nejjednodušší. Berte to jako prima příležitost pěkně se procvičit goniometrické funkce.

! Pamatujte stále na to, že rameno síly je nejkratší (tedy kolmá) vzdálenost k určitému bodu, který jste si vybrali!

Protože nám tady mohou přibýt další směry podélné osy nosníku kromě vertikální a horizontální a nosník může u lomených nosníků navíc měnit opět směr podélné osy po své délce, dohodněme si tato značení:

- N = normálová síla působící v podélné ose nosníku
- V = posouvající síla působící kolmo na podélnou osu nosníku
- R = označení reakce, pokud se nejedná ani o normálovou ani o posouvající sílu
- index x budou mít síly působící horizontálně
- index z budou mít síly působící vertikálně

POSTUP K ŘEŠENÍ:

A/ VYŘEŠÍME REAKCE

1) Rozložení šikmých sil

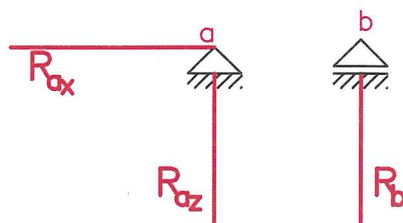
Síly je zde výhodné si rozložit i na normálové a posouvající. (Pro výpočet průběhů vnitřních sil je to výhodné vždy.)

$$\begin{array}{l}
 F_1 \begin{cases} N_{F1} = F_1 \cdot \cos 35^\circ = 35 \cdot \cos 35^\circ = \underline{28,67 \text{ kN}} \\ V_{F1} = F_1 \cdot \sin 35^\circ = 35 \cdot \sin 35^\circ = \underline{20,075 \text{ kN}} \end{cases} \\
 F_3 \begin{cases} N_{F3} = F_3 \cdot \cos 55^\circ = 52 \cdot \cos 55^\circ = \underline{29,826 \text{ kN}} \\ V_{F3} = F_3 \cdot \sin 55^\circ = 52 \cdot \sin 55^\circ = \underline{42,596 \text{ kN}} \end{cases} \\
 F_2 \begin{cases} F_{2x} = F_2 \cdot \sin 35^\circ = 16 \cdot \sin 35^\circ = \underline{9,177 \text{ kN}} \\ F_{2z} = F_2 \cdot \cos 35^\circ = 16 \cdot \cos 35^\circ = \underline{13,106 \text{ kN}} \end{cases}
 \end{array}$$

2) Výpočet reakcí

a) Označíme podpory a, b .

b) Podle typu podpory naznačíme předpokládané reakce.



c) Vypočítáme si vzdálenost **l** a **h**

$$\begin{aligned}\sin 35^\circ &= h / 5,2 \\ h &= 5,2 \cdot \sin 35^\circ \\ h &= \underline{2,983 \text{ m}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\cos 35^\circ &= l / 5,2 \\ l &= 5,2 \cdot \cos 35^\circ \\ l &= \underline{4,26 \text{ m}}\end{aligned}$$

d) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **a** vypočítáme reakci **R_{bz}**.

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n M_{ai} = 0 & \quad \begin{array}{c} + \\ \curvearrowright \\ - \\ \curvearrowleft \end{array} \\ V_{F1} \cdot 1 + F_2 \cdot 2,3 + V_{F3} \cdot 3,8 + R_{bz} \cdot 4,26 = 0 \\ 20,075 \cdot 1 + 16 \cdot 2,3 + 42,596 \cdot 3,8 + R_{bz} \cdot 4,26 = 0 \\ R_{bz} \cdot 4,26 = -218,7398 \\ R_{bz} = \underline{-51,347 \text{ kN}} \quad \curvearrowleft\end{aligned}$$

e) Pomocí silové podmínky rovnováhy do osy **x** vypočítáme reakci **R_{ax}**.

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n F_{xi} = 0 & \quad \begin{array}{c} - \\ \longleftrightarrow \\ + \end{array} \\ R_{ax} + F_1 + F_{2x} = 0 \\ R_{ax} + 35 + 9,177 = 0 \\ R_{ax} = \underline{-44,177 \text{ kN}} \leftarrow\end{aligned}$$

f) Pomocí silové podmínky rovnováhy do osy **z** vypočítáme reakci **R_{az}**.

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n F_{zi} = 0 & \quad \begin{array}{c} \uparrow + \\ \downarrow - \end{array} \\ R_{az} - F_{2z} - F_3 + R_{bz} = 0 \\ R_{az} - 13,106 - 52 + 51,347 = 0 \\ R_{az} = \underline{13,759 \text{ kN}} \uparrow\end{aligned}$$

g) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **c** si zkontrolujeme, zda máme reakce vypočítány správně.

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n M_{ci} = 0 & \quad \begin{array}{c} + \\ \curvearrowright \\ - \\ \curvearrowleft \end{array} \\ \cos 35^\circ = l_1 / 1 & \quad \cos 35^\circ = l_2 / 4,2 & \quad \text{nebo} & \quad l_2 = 1 - l_1 & \quad \sin 35^\circ = h_1 / 1 \\ l_1 = 1 \cdot \cos 35^\circ & \quad l_2 = 4,2 \cdot \cos 35^\circ & & \quad l_2 = 4,26 - 0,819 & \quad h_1 = 1 \cdot \sin 35^\circ \\ l_1 = \underline{0,819 \text{ m}} & \quad l_2 = \underline{3,441 \text{ m}} & & \quad l_2 = \underline{3,441 \text{ m}} & \quad h_1 = \underline{0,574 \text{ m}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_{az} \cdot 0,819 + R_{ax} \cdot 0,574 + F_2 \cdot 1,3 + V_{F3} \cdot 2,8 - R_{bz} \cdot 3,441 = 0 \\ 13,759 \cdot 0,819 + 44,177 \cdot 0,574 + 16 \cdot 1,3 + 42,596 \cdot 2,8 - 51,347 \cdot 3,441 = 0 \\ \underline{0,009 \doteq 0} \quad \checkmark\end{aligned}$$

B/ VYŘEŠÍME PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

Také reakce si rozložíme na normálové a posouvající síly.

$$R_{ax} \begin{cases} N_{ax} = R_{ax} \cdot \cos 35^\circ = 44,177 \cdot \cos 35^\circ = \underline{36,188 \text{ kN}} \\ V_{ax} = R_{ax} \cdot \sin 35^\circ = 44,177 \cdot \sin 35^\circ = \underline{25,339 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$R_{az} \begin{cases} N_{az} = R_{az} \cdot \cos 55^\circ = 13,759 \cdot \cos 55^\circ = \underline{7,892 \text{ kN}} \\ V_{az} = R_{az} \cdot \sin 55^\circ = 13,759 \cdot \sin 55^\circ = \underline{11,271 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$R_{bz} \begin{cases} N_{bz} = R_{bz} \cdot \cos 55^\circ = 51,347 \cdot \cos 55^\circ = \underline{29,451 \text{ kN}} \\ V_{bz} = R_{bz} \cdot \sin 55^\circ = 51,347 \cdot \sin 55^\circ = \underline{42,061 \text{ kN}} \end{cases}$$

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

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: $N_a^L = N_{ax} - N_{az} = 36,188 - 7,892 = \underline{28,296 \text{ kN}}$

v bodě c: $N_c^L = N_a^L - N_{F1} = 28,296 - 28,67 = \underline{-0,374 \text{ kN}}$

v bodě d: $N_d^L = N_c^L = \underline{-0,374 \text{ kN}}$

v bodě e: $N_e^L = N_d^L + N_{F3} = -0,374 + 29,826 = \underline{29,452 \text{ kN}}$

v bodě b: $N_b^L = N_e^L - N_{bz} = 29,452 - 29,451 = \underline{0}$ (Vracíme se k základní čáře.)

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

Mezi dvěma osamělými břemeny je vždy konstantní průběh. V působišti osamělého břemena se vždy tento průběh mění skokem právě o hodnotu této posouvající síly.

v bodě a: $V_a^L = V_{ax} + V_{az} = 25,339 + 11,271 = \underline{36,61 \text{ kN}}$

v bodě c: $V_c^L = V_a^L - V_{F1} = 36,61 - 20,075 = \underline{16,535 \text{ kN}}$

v bodě d: $V_d^L = V_c^L - F_2 = 16,535 - 16 = \underline{0,535 \text{ kN}}$

v bodě e: $V_e^L = V_d^L - V_{F3} = 0,535 - 42,596 = \underline{-42,061 \text{ kN}}$

v bodě b: $V_b^L = V_e^L + V_{bz} = -42,061 + 42,061 = \underline{0}$ (Vracíme se k základní čáře.)

- 3) Průběh ohybových momentů na nosníku (znaménková konvence \oplus)

Mezi dvěma osamělými břemeny je vždy lineární průběh (křivka 1.stupně). V působišti osamělého břemena se průběh lomí.

v bodě a: $M_a^L = \underline{0}$

v bodě c: $M_c^L = R_{az} \cdot 0,819 + R_{ax} \cdot 0,574 = 13,759 \cdot 0,819 + 44,177 \cdot 0,574 = \underline{36,626 \text{ kNm}}$

v bodě d: $M_d^P = V_{bz} \cdot 2,9 - V_{F3} \cdot 1,5 = 42,061 \cdot 2,9 - 42,596 \cdot 1,5 = \underline{58,0829 \text{ kNm}}$

v bodě e: $M_e^P = V_{bz} \cdot 1,4 = 42,061 \cdot 1,4 = \underline{58,8854 \text{ kNm}}$ (nebezpečný průřez)

v bodě b: $M_b^P = \underline{0}$

Poznámka: NEBEZPEČNÝ PRŮŘEZ je v bodě e, kde je maximální ohybový moment o velikosti 58,8854 kNm.