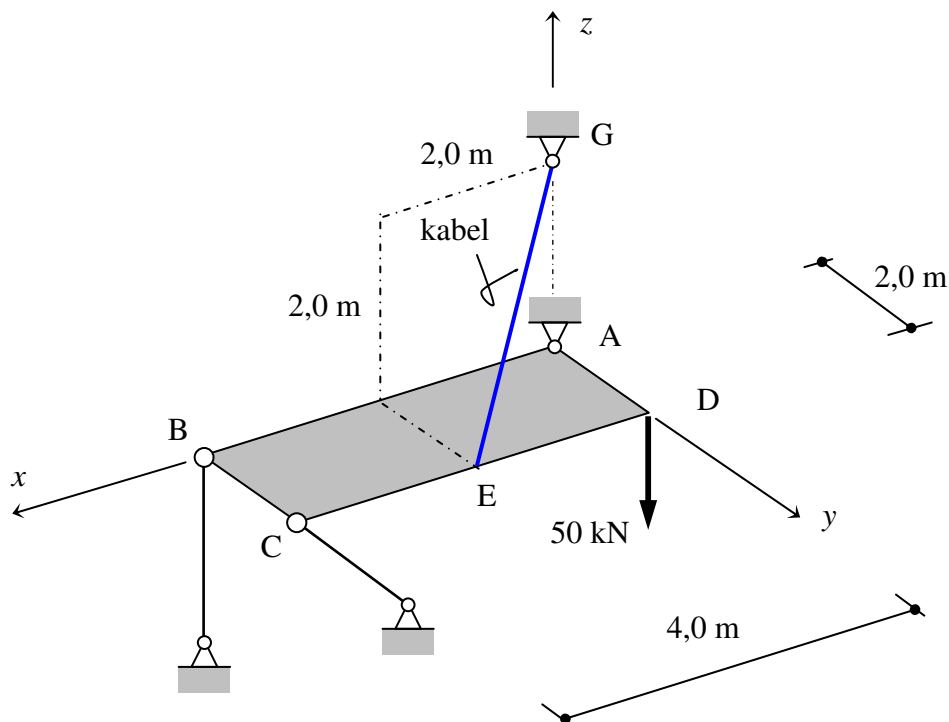


UITWERKING

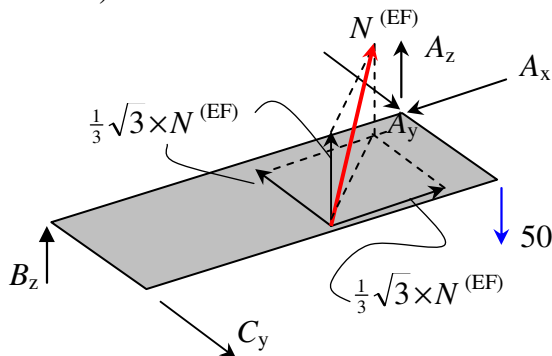
Opgave 1

De plaat ABCD wordt ondersteund door een scharnieroplegging in A, een pendeloplegging evenwijdig aan de z -as in B, een pendeloplegging evenwijdig aan de y -as in C en een kabel EG in E. De plaat wordt belast met een kracht van 50 kN in de negatieve z -richting in punt D zoals in de figuur is aangegeven.



Vragen:

a) Bereken de kracht in de kabel.



$$\sum T|_{AB} = 0 \quad -50 \times 2,0 + \frac{1}{3}\sqrt{3} \times N^{(EF)} \times 2,0 = 0$$

$$N^{(EF)} = 50\sqrt{3} \text{ kN}$$

Voor vervolg opgave 1 zie volgend blad ►

b) Bereken de krachten in de pendels bij B en C.

$$\sum T|_{y\text{-as}} = 0 \quad -\frac{1}{3}\sqrt{3} \times N^{(\text{EF})} \times 2,0 - B_z \times 4,0 = 0 \Rightarrow B_z = -25 \text{ kN}$$

$$\sum T|_{z\text{-as}} = 0 \quad C_y \times 4 = 0 \Rightarrow C_y = 0 \text{ kN}$$

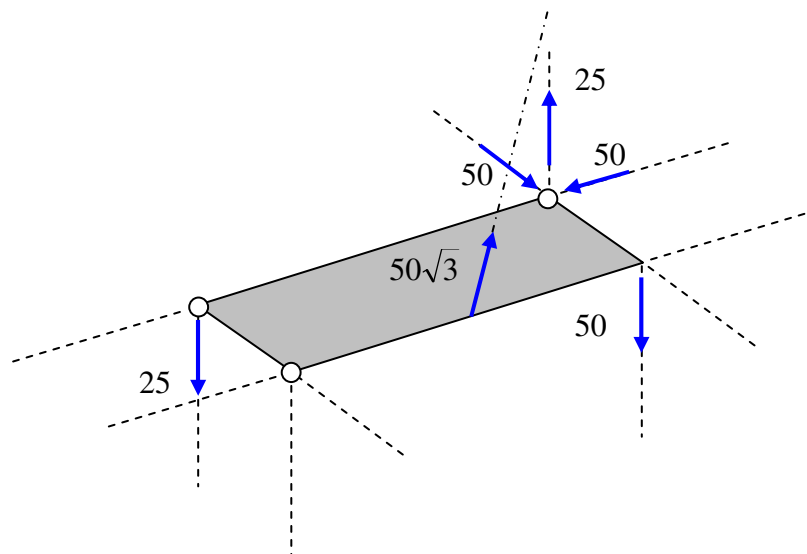
c) Bereken de oplegreacties in A

$$\sum F_x = 0 \quad A_x - \frac{1}{3}\sqrt{3} \times N^{(\text{EF})} = 0 \Rightarrow A_x = 50 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0 \quad A_y + C_y - \frac{1}{3}\sqrt{3} \times N^{(\text{EF})} = 0 \Rightarrow A_y = 50 \text{ kN}$$

$$\sum F_z = 0 \quad A_z + B_z - 50 + \frac{1}{3}\sqrt{3} \times N^{(\text{EF})} = 0 \Rightarrow A_z = 25 \text{ kN}$$

d) Maak de plaat ABCD vrij en teken alle krachten zoals ze op de plaat werken. Schrijf de waarden erbij.



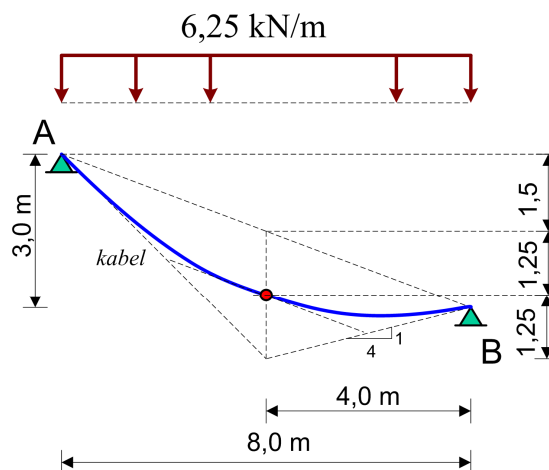
Opgave 2

- a) Halverwege de kabel ligt het snijpunt van de raaklijnen 2,5 m onder de koorde. De dagmaat l en H zijn bekend. Hieruit volgt:

$$\frac{1}{4}ql^2 = H \times 2\frac{1}{2}$$

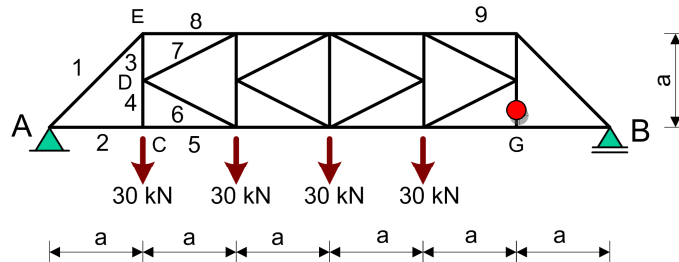
$$q = \frac{10H}{8^2} = \frac{10 \times 40}{64} = 6,25 \text{ kN/m}$$

- b) Teken parabool, raaklijnen snijden halverwege op 2,5 m onder de koorde. Parabool gaat door punt halverwege deze afstand tot de koorde. Dit punt ligt dus 4,0 m links van B en 0,25 m boven B.



Opgave 3

- a) Nulstaven : Er is maar 1 nulstaaf te voorspellen op basis van de drie bekende basisgevallen. In de onderstaande figuur is deze met een rode punt gemarkeerd.

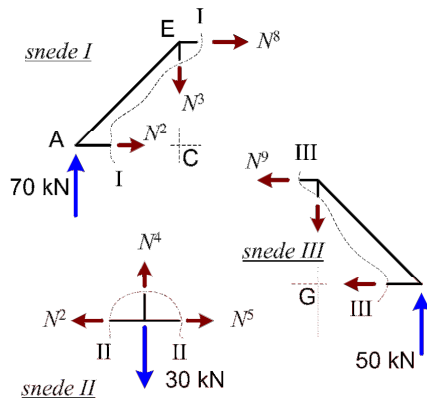


- b) Oplegreacties: Neem de onbekende verticale oplegreacties in A en B omhoog aan.

$$\sum T|_B = 0 \quad A_v \times 6a - 30 \times 5a - 30 \times 4a - 30 \times 3a - 30 \times 2a = 0 \Leftrightarrow A_v = 70 \text{ kN} (\uparrow)$$

$$\sum F_v = 0 \quad B_v = 50 \text{ kN} (\uparrow)$$

- c) Op basis van snede I-I kunnen de krachten worden bepaald:



snede I - I :

$$\sum T|_C = 0 \quad 70 \times a + N^8 \times a = 0 \Leftrightarrow N^8 = -70 \text{ kN}$$

$$\sum F_v = 0 \quad N^3 = 70 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0 \quad N^2 = 70 \text{ kN}$$

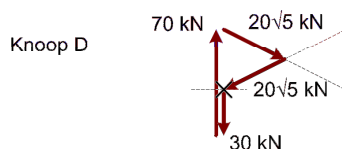
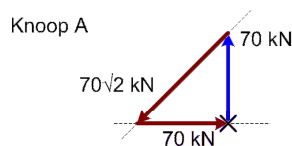
snede II - II :

$$\sum F_v = 0 \quad N^4 = 30 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0 \quad N^5 = 70 \text{ kN}$$

- d) Op basis van snede II-II kunnen de krachten worden bepaald, zie hierboven.

- e) Op basis van knoopenevenwicht kunnen de krachten worden bepaald:



knoop A :

$$N^1 = -70\sqrt{2} \text{ kN}$$

$$N^2 = 70 \text{ kN}$$

knoop D :

$$N^6 = -20\sqrt{5} \text{ kN}$$

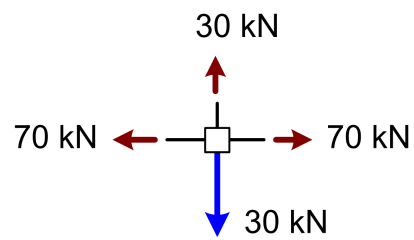
$$N^7 = 20\sqrt{5} \text{ kN}$$

snede III - III :

$$\sum T|_G = 0 \quad 50 \times a + N^9 \times a = 0 \Leftrightarrow N^9 = -50 \text{ kN}$$

- f) Zie onderstaande figuur behorende bij snede II-II.

knoop C



Opgave 4

- a) Neem verticale oplegreacties omhoog aan. Kies de horizontale oplegreacties naar binnen. Hiermee wordt gevonden:

$$\sum T_B^{\text{geheel}} = 0; \quad -A_V \times 8 - A_H \times 2 + (8 \times 4) \times 6 + 32 = 0; \quad (1)$$

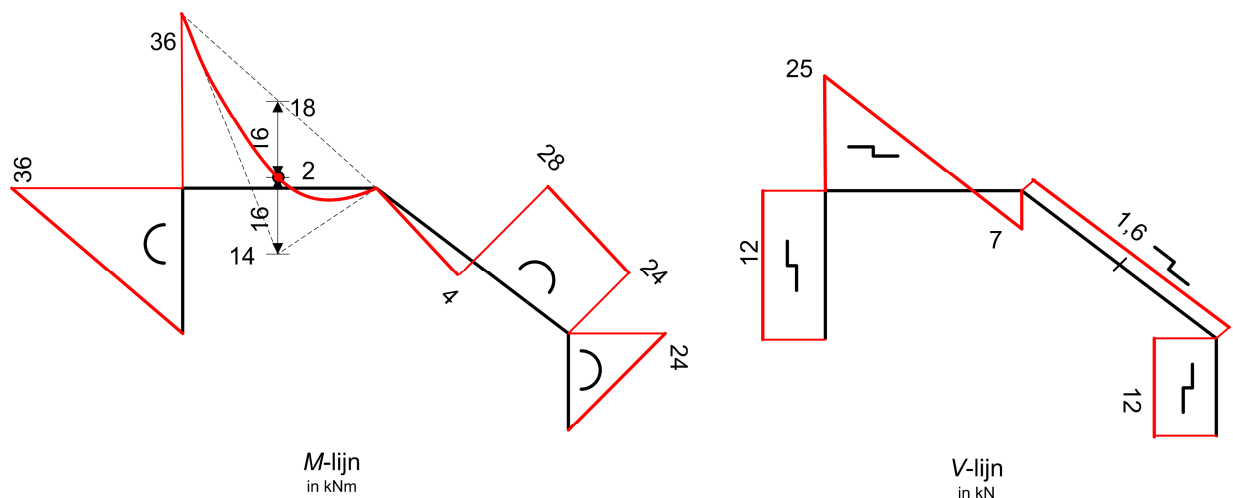
$$\sum T_S^{\text{links}} = 0; \quad -A_V \times 4 + A_H \times 3 + (8 \times 4) \times 2 = 0; \quad (2)$$

(1) - 2 × (2) levert :

$$A_H = 12 \text{ kN } (\rightarrow); A_V = 25 \text{ kN } (\uparrow);$$

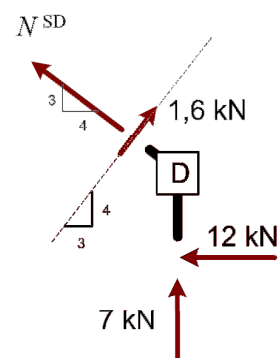
$$B_H = 12 \text{ kN } (\leftarrow); B_V = 7 \text{ kN } (\uparrow);$$

- b) Bepaal momenten op karakteristieke punten en let op het vervormingsteken.
- met de horizontale oplegreactie in B volgt $M_D = 24 \text{ kNm}$,
 - met een snede direct onder het koppel volgt $M_{E-o} = 28 \text{ kNm}$,
 - met de sprong t.p.v. het koppel volgt direct boven het koppel $M_{E-b} = 4 \text{ kNm}$,
 - met de horizontale oplegreactie in A volgt $M_C = 36 \text{ kNm}$
 - in S is het moment NUL en over CS is de M -lijn een parabool.

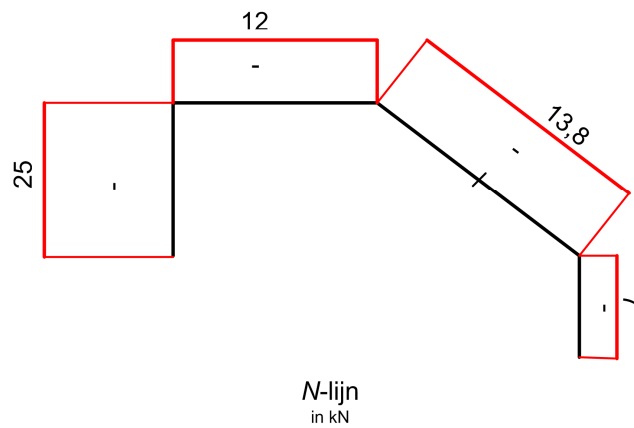


- c) Haal de hellingen uit de M -lijn om de V te bepalen. Ook het vervormingsteken voor de dwarskracht wordt uit de M -lijn gehaald. Let op het verloop. Het aangrijpingspunt van het koppel van 32 kNm is niet zichtbaar in de V -lijn (theorie).
- d) Maak knoop D vrij en bepaal de normaalkracht SD met behulp van het krachtenevenwicht.

$$\sum F_v = 0; \quad -\frac{4}{5} \times 1,6 - 7 - \frac{3}{5} N^{SD} = 0 \Leftrightarrow N^{SD} = -13,8 \text{ kN}$$

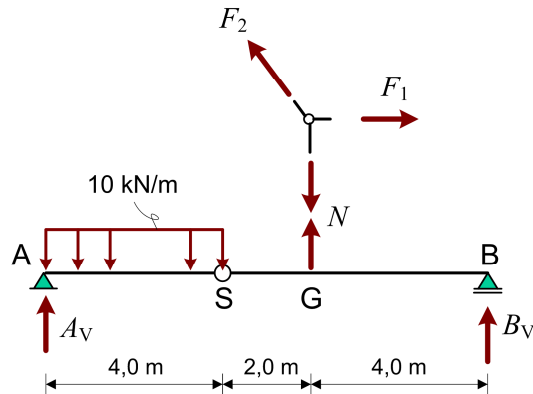


De onderstaande N -lijn wordt hiermee gevonden.



Opgave 5

- a) Maak de ligger vrij van het hangwerk en kies de kracht in de verticale kabel als onbekende.



Op deze scharnierligger werken nu drie onbekende verticale krachten. Deze zijn oplosbaar:

ligger :

$$\sum T \Big|_S^{links} = 0; \quad -A_V \times 4 + 40 \times 2 = 0; \quad \Leftrightarrow \quad A_V = 20 \text{ kN } (\uparrow); \quad A_H = 0 \text{ kN}$$

$$\sum T \Big|_B^{geheel} = 0; \quad -A_V \times 10 + 40 \times 8 - N \times 4 = 0; \quad \Leftrightarrow \quad N = \frac{320 - 200}{4} = 30 \text{ kN } (\uparrow)$$

$$\sum F_V = 0; \quad 10 \times 4 - A_V - B_V - N = 0 \quad \Leftrightarrow \quad B_V = 40 - 20 - 30 = -10 \text{ kN } (\downarrow)$$

hangwerk : (knoopevenwicht C)

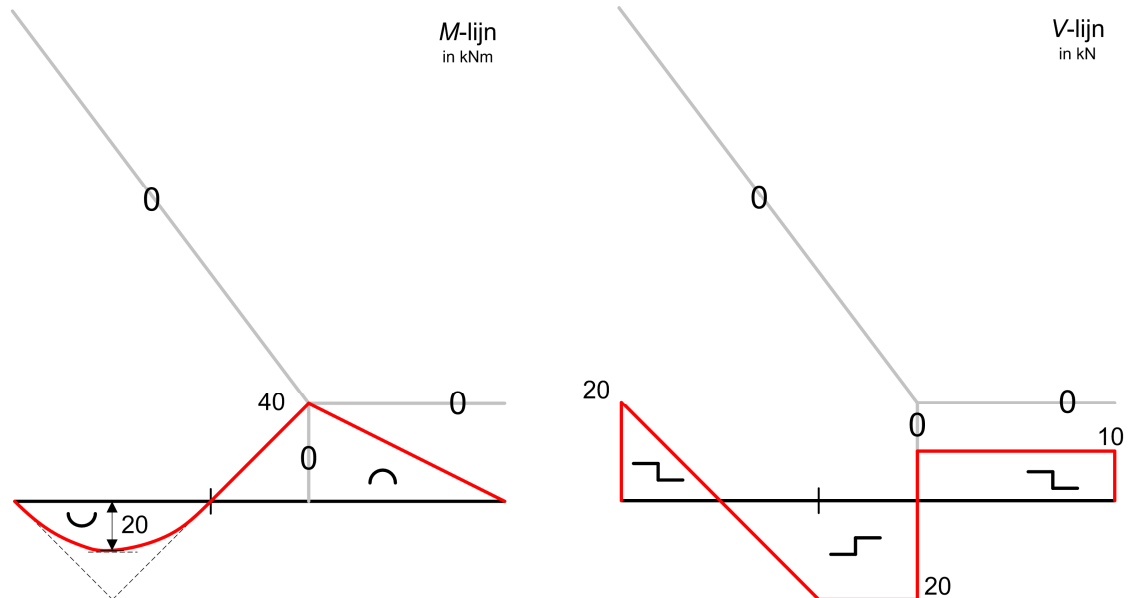
$$\sum F_V; \quad -\frac{4}{5} F_2 + N = 0; \quad \Leftrightarrow \quad F_2 = N^{EC} = \frac{5}{4} \times 30 = 37,5 \text{ kN}$$

$$\sum F_H; \quad F_1 - \frac{3}{5} F_2 = 0; \quad \Leftrightarrow \quad F_1 = N^{ED} = \frac{3}{5} \times 37,5 = 22,5 \text{ kN}$$

$$C_V = 30 \text{ kN } (\uparrow); \quad C_H = 22,5 \text{ kN } (\leftarrow)$$

$$D_V = 0 \text{ kN}; \quad D_H = 22,5 \text{ kN } (\rightarrow)$$

- b) Ook zonder de oplegreacties is de momentenlijn direct te tekenen.



- c) Haal de hellingen uit de M -lijn om de V te bepalen. Ook het vervormingsteken voor de dwarskracht wordt uit de M -lijn gehaald.
- d) De ligger heeft geen normaalkracht, alleen in het hangwerk komen normaalkrachten voor.

