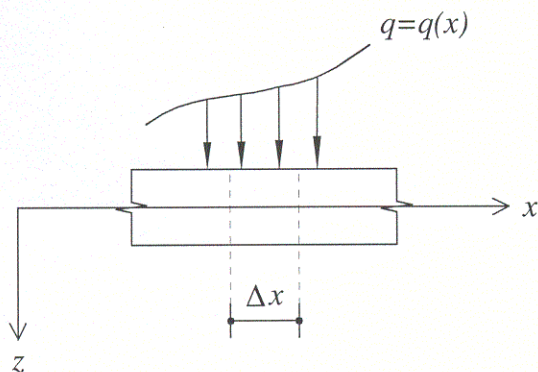


--	--	--	--	--	--	--

Opgave 1 (gewicht 1,0 - ongeveer 20 minuten)

Een balk wordt loodrecht op zijn as belast door een verdeelde belasting $q = q(x)$.



Vragen:

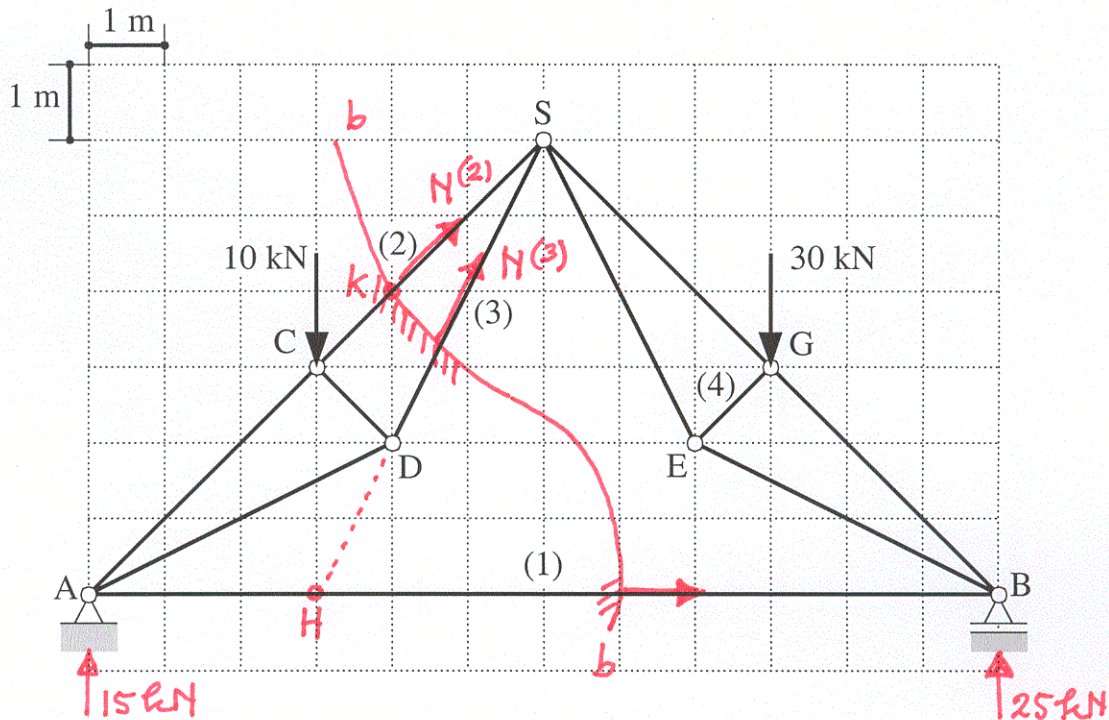
Teken (in de vrije ruimte rechtsboven) de positieve snedekrachten die in het geval van buiging op een balkelementje met kleine lengte Δx werken.

Zie Hartsnijker, blz. 412 e.v. of Meriam, blz. 288 e.v.

b. Leid voor het op buiging belaste balkelementje de differentiaalbetrekkingen voor het evenwicht af.

c. Leid (met behulp van het voorgaande) ook de betrekking af die bestaat tussen het buigend moment M in de balk en de verdeelde belasting q .

--	--	--	--	--	--	--



- c. Bereken met de snedemethode de kracht in staaf (2). Geef in bovenstaande figuur duidelijk de snede aan.

snede b-b, door K op rasterpunt.

ontbind $N^{(2)}$ in K in horizontale en verticale component.

$$\sum T|_H = \frac{1}{2} N^{(2)} \sqrt{2} (1-4) - 15 \cdot 3 = 0 \rightarrow N^{(2)} = -15\sqrt{2} \text{ kN}$$

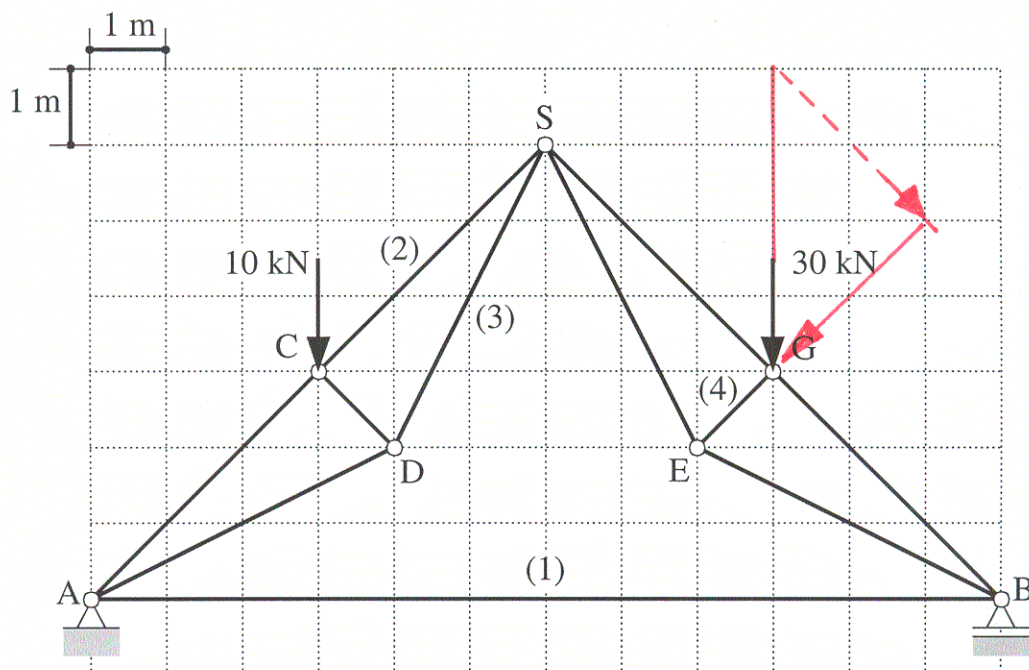
- d. Bereken met de snedemethode de kracht in staaf (3). Geef in bovenstaande figuur duidelijk de snede aan.

snede b-b. $N^{(3)}$ naar H verplaatsen (langs werklijn) en ontbinden in horizontale en verticale component.

$$\sum T|_A = \frac{2}{5} N^{(3)} \sqrt{5} \cdot 3 - 10 \cdot 3 = 0 \rightarrow N^{(3)} = +5\sqrt{5} \text{ kN}$$

Voor vervolg opgave 2 zie volgend blad ►

--	--	--	--	--	--	--



- e. Bereken met een methode naar eigen keuze de kracht in staaf (4).

krachtenevenwicht knooppunt G:

$$N^{(4)} = -\frac{1}{2}\sqrt{2} \cdot 30 \text{ kN} = -15\sqrt{2} \text{ kN}$$

- f. Verzamel de hiervoor berekende staafkrachten in de tabel hiernaast, met de goede tekens voor trek en druk¹.

Staaf	N (kN)
1	+10
2	-15√2
3	+5√5
4	-15√2

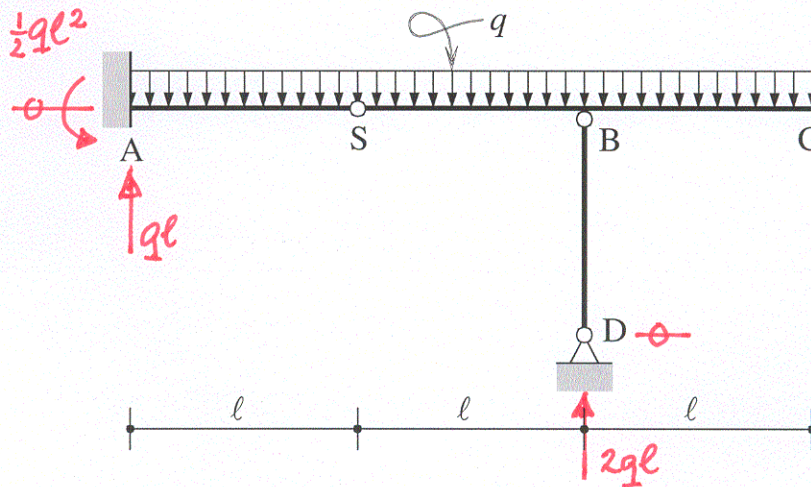
¹ Trek positief en druk negatief.

--	--	--	--	--	--	--

Opgave 3 (gewicht 2,0 - ongeveer 30 minuten)

Onderstaande ligger ASBC is ingeklemd in A en in B opgelegd op een verticale pendelstaaf. De ligger heeft een scharnier in S. De afmetingen kunnen uit de figuur worden afgelezen.

De ligger draagt over de gehele lengte een gelijkmatig verdeelde belasting q .



Vragen:

- a. Bereken de oplegreacties in A en D. Teken ze in de figuur zoals ze in werkelijkheid werken en schrijf de waarden er bij.

BD is een pendeloplegging $\rightarrow D_H = 0$

$$\sum T|_S = 0 \rightarrow D_V = 2ql (\uparrow)$$

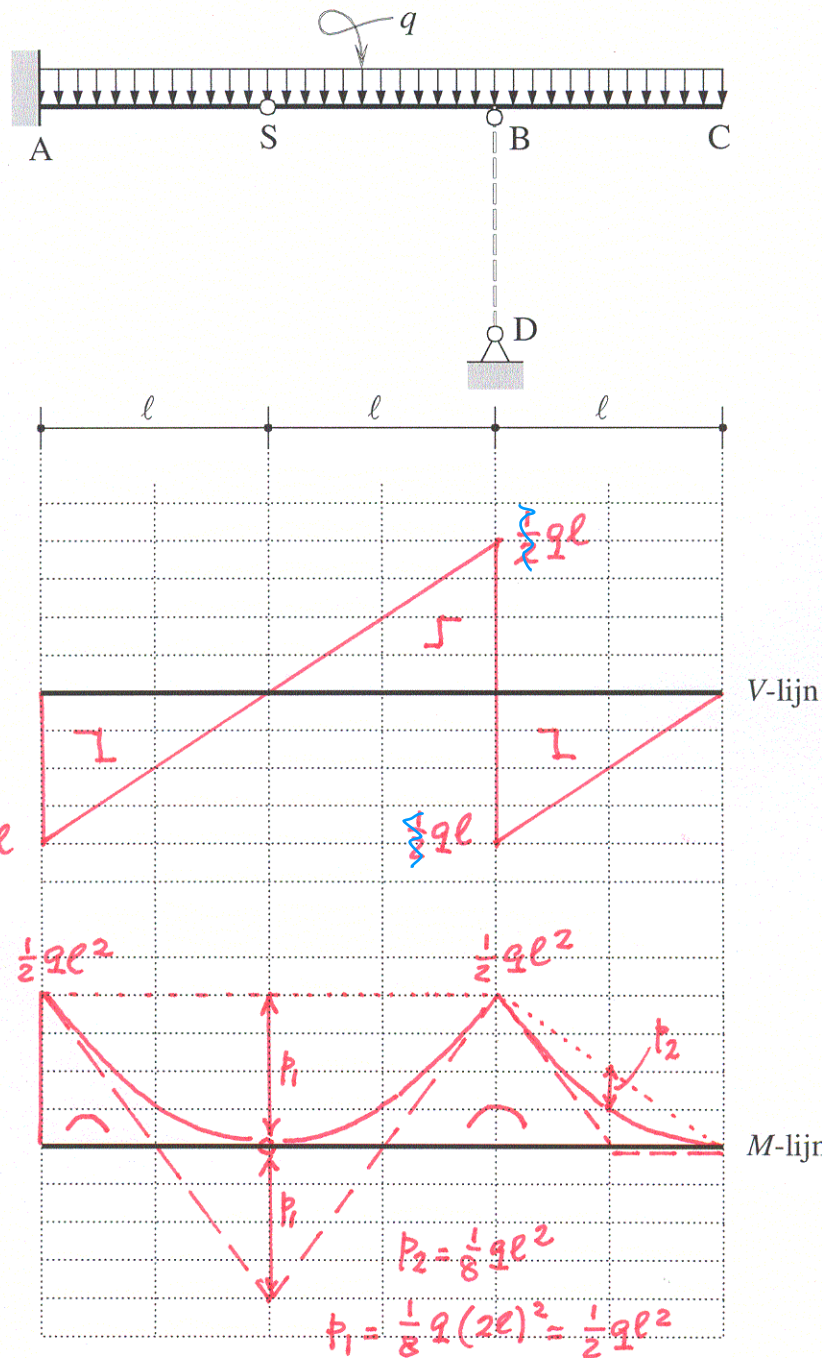
Verder evenwicht gehele constructie bekijken:

$$\sum F_{hor} = 0 \rightarrow A_H = 0 ; \sum F_{vert} = 0 \rightarrow A_V = ql (\uparrow)$$

$$\sum T|_A = A_M - \underbrace{3ql \cdot \frac{3l}{2}}_{\text{belasting}} + \underbrace{2ql \cdot 2l}_{D_V} = 0 \rightarrow A_M = \frac{1}{2}ql^2 (\curvearrowright)$$

Voor vervolg opgave 3 zie volgend blad ►

--	--	--	--	--	--	--



- b. Teken voor ASBC de dwarskrachtenlijn met de vervormingstekens¹. Schrijf de waarden er bij.
- c. Teken voor ASBC de momentenlijn met de vervormingstekens². Schrijf de waarden er bij. Teken ook de raaklijnen in A, B en C en laat duidelijk zien waar deze elkaar snijden.

¹ Indien u geen vervormingstekens hanteert, geef dan op een andere manier duidelijk aan welke tekenafspraken u gebruikt.

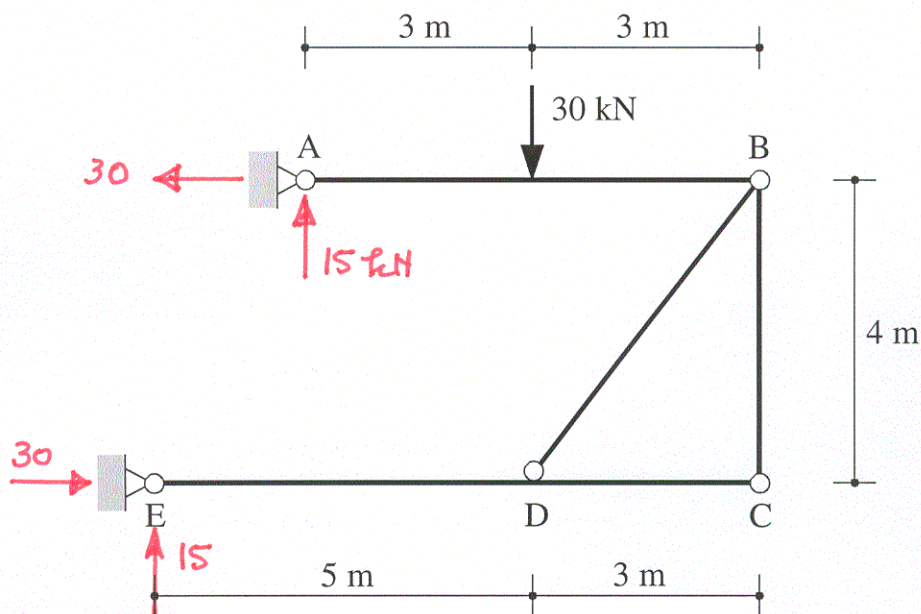
² Zie voetnoot 1.

--	--	--	--	--	--	--

Opgave 4 (gewicht 2,0 - ongeveer 35 minuten)

Onderstaande constructie is opgebouwd uit de staven AB, BC, BD en CDE, die op de aangegeven wijze onderling scharnierend zijn verbonden.

Afmetingen en belasting kunnen uit de figuur worden afgelezen.



Vragen:

- a. Bereken de oplegreacties in A en E. Teken ze in de figuur zoals ze in werkelijkheid werken en schrijf de waarden er bij.

Eenheden: kN en m.

$$\sum T|_B = -A_v(\uparrow) \cdot 6 + 30 \cdot 3 = 0 \rightarrow A_v = 15 \text{ kN}(\uparrow)$$

Verder evenwicht van gehele constructie bekijken.

$$\sum T|_E = A_h(\leftarrow) \cdot 4 + 15 \cdot 2 - 30 \cdot 5 = 0 \rightarrow A_h = 30 \text{ kN}(\leftarrow)$$

$$\sum F_h = 0 \rightarrow E_h = 30 \text{ kN}(\rightarrow)$$

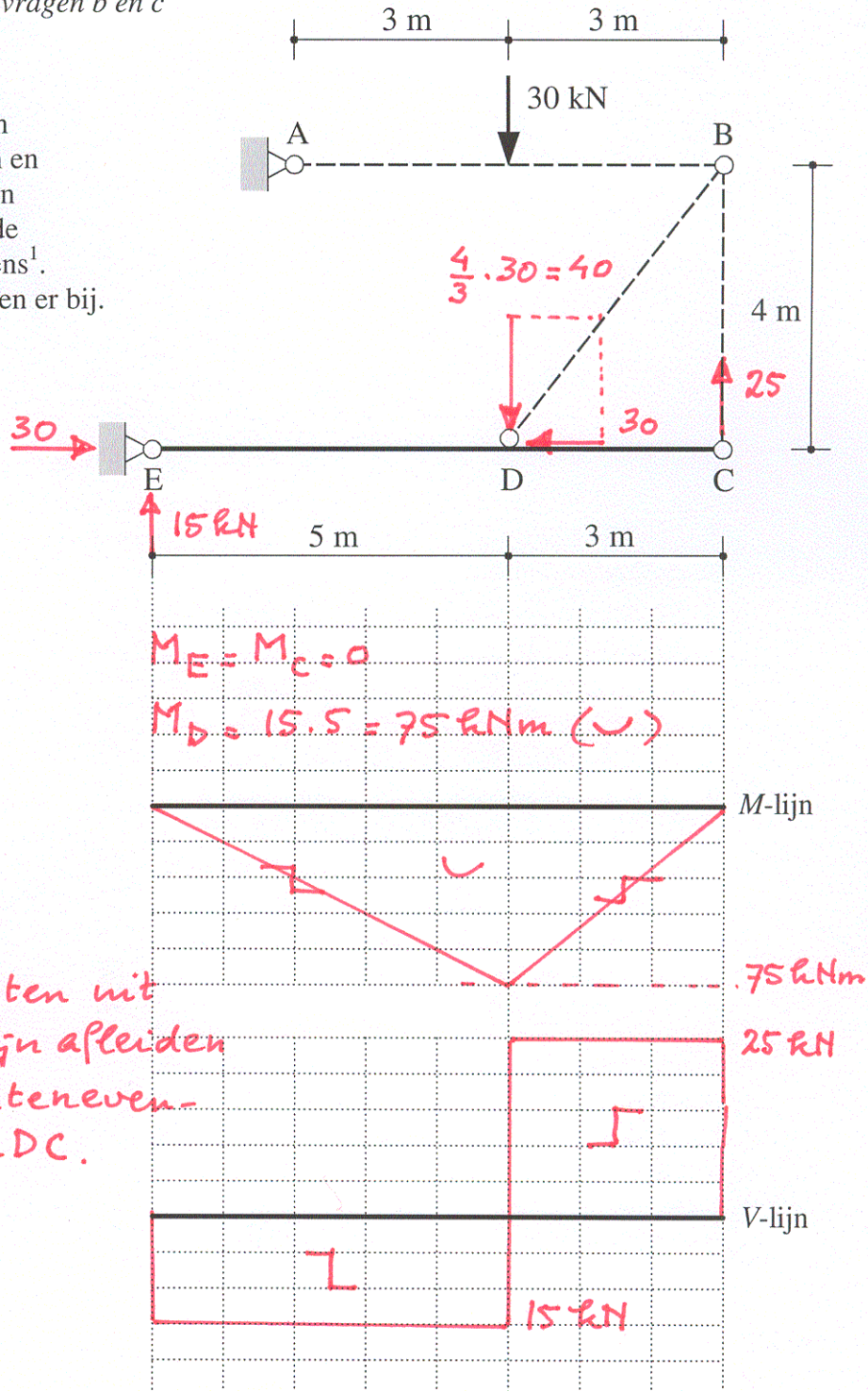
$$\sum F_v = 0 \rightarrow E_v = 15 \text{ kN}(\uparrow)$$

Voor vervolg opgave 4 zie volgend blad ►

Vervolg opgave 4

Indien gewenst kan bij de beantwoording de volgorde van de vragen b en c worden verwisseld.

- b. Bereken en teken de momentenlijn en dwarskrachtenlijn voor EDC, met de vervormingstekens¹. Schrijf de waarden er bij.

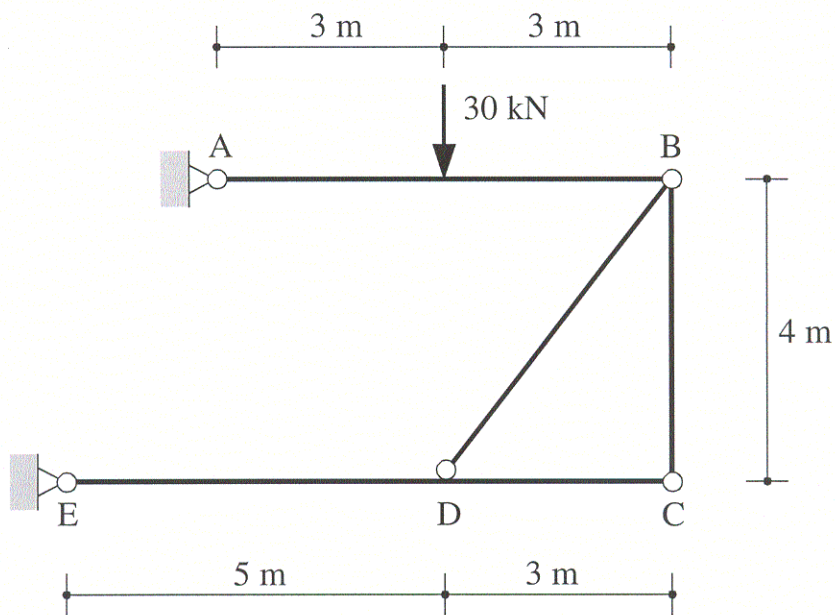


Voor vervolg opgave 4 zie volgend blad ►

¹ Indien u geen vervormingstekens hanteert, geef dan op een andere manier duidelijk aan welke tekenafpraak u gebruikt.

--	--	--	--	--	--	--	--

Indien gewenst kan bij de beantwoording de volgorde van de vragen b en c worden verwisseld.



- c. Bereken de normaalkracht in BC en BD met de goede tekens voor trek en druk¹.

Zie bovenste figuur op vorige bladzijde

$$N_{BC} = +25 \text{ kN}$$

$$N_{BD} = -50 \text{ kN}$$

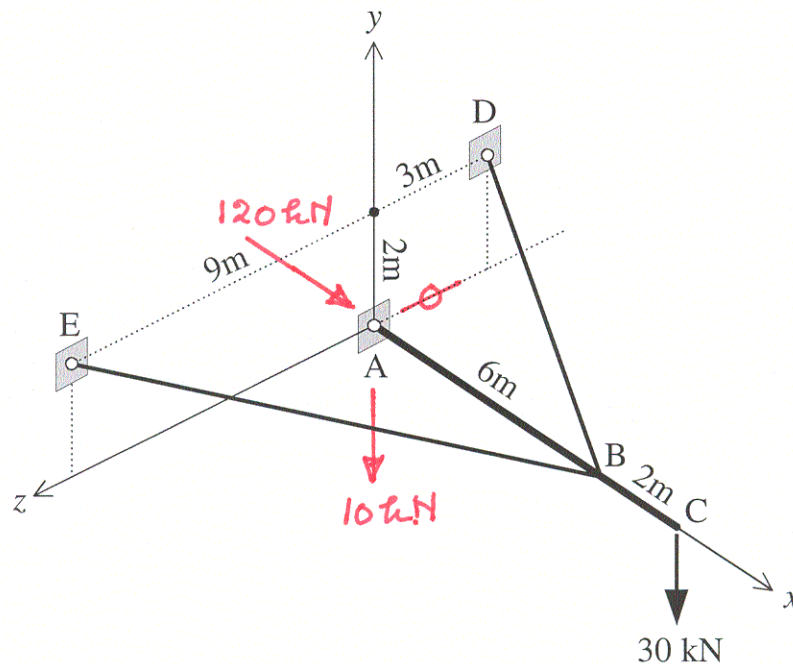
¹ Trek positief en druk negatief.

--	--	--	--	--	--	--

Opgave 5 (gewicht 2,2 - ongeveer 40 minuten)

Balk ABC ligt in het horizontale vlak en is in A opgelegd op een (bol)scharnier en in B opgehangen aan de kabels BD en BE. De afmetingen kunnen uit de figuur worden afgelezen.

De balk wordt in C belast door een verticale kracht van 30 kN.



Vragen:

- a. Bereken de (horizontale en verticale componenten van de) oplegreacties A en teken ze in bovenstaande figuur zoals zij in werkelijkheid werken.

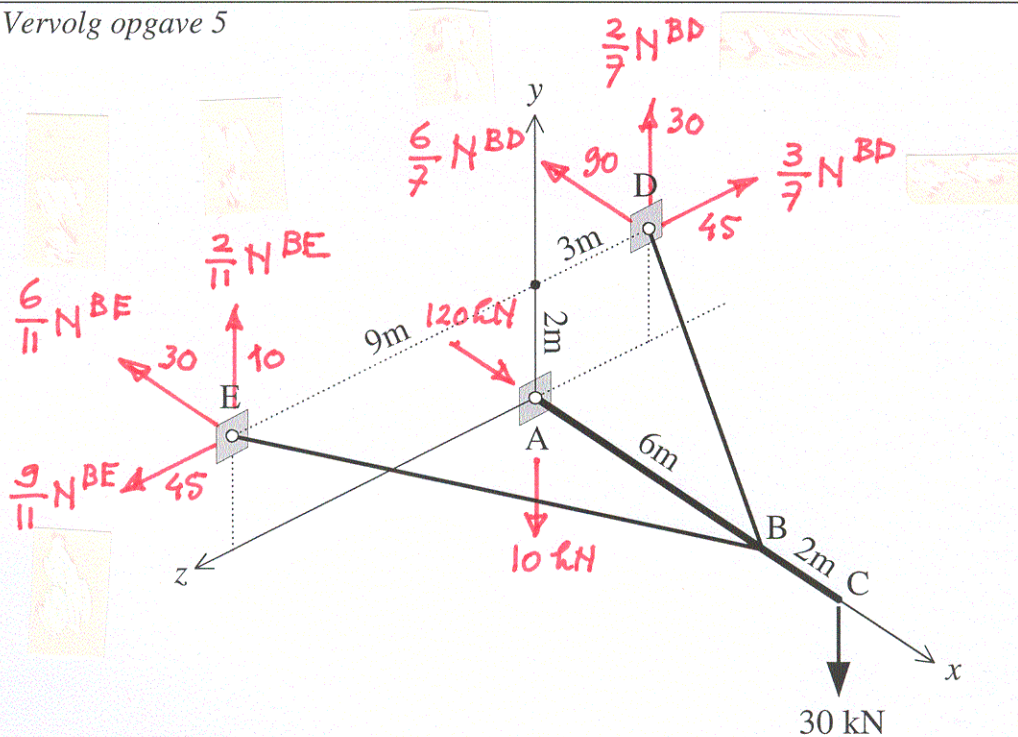
$$\sum T_z / B = 0 \rightarrow A_y = -16 \text{ kN}$$

$$\sum T_y / B = 0 \rightarrow A_z = 0$$

$$\sum T_z / E = 0 \rightarrow A_x = +120 \text{ kN}$$

Voor vervolg opgave 5 zie volgend blad ►

--	--	--	--	--	--	--



- b. Bereken de (horizontale en verticale componenten van de) oplegreacties in E en D en teken ze in bovenstaande figuur zoals zij in werkelijkheid werken.

$$l^{BD} = \sqrt{3^2 + 2^2 + 6^2} = 7 \text{ m} \quad l^{BE} = \sqrt{9^2 + 2^2 + 6^2} = 11 \text{ m}$$

eenheden: kN en m.

$$\sum T_y / E = + \frac{6}{7} N^{BD} \cdot 12 - 120 \cdot 9 = 0 \rightarrow N^{BD} = 105 \text{ kN}$$

Alle oplegreacties in D nu bekend.

$$\sum F_x = 120 - \frac{6}{7} N^{BD} - \frac{6}{11} N^{BE} = 0 \rightarrow N^{BE} = 55 \text{ kN}$$

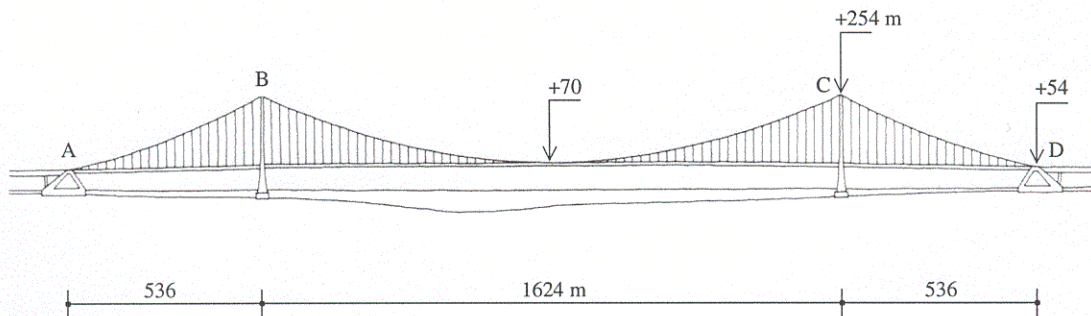
- c. Bereken de normaalkracht in de kabels BD en BE.

Zie hierboven

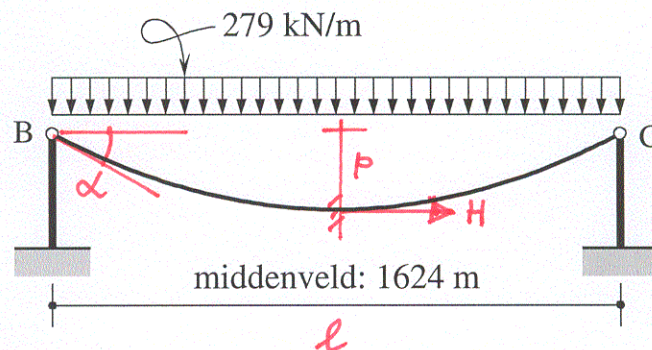
Controlemogelijkheden: $\sum F_y = 0$; $\sum F_z = 0$

--	--	--	--	--	--	--	--

Opgave 6 (gewicht 1,2 - ongeveer 30 minuten)



In bovenstaande figuur zijn de afmetingen gegeven van de hangbrug over de Storebaelt (Grote Belt) in Denemarken. Met betrekking tot de belasting op de kabel ten gevolge van het eigen gewicht van kabel en rijvloerconstructie en verder de verkeersbelasting wordt aangenomen dat deze mag worden geschematiseerd tot een gelijkmatig verdeelde belasting van 279 kN/m.



Vragen:

Bereken tengevolge van de gelijkmatig verdeelde belasting van 279 kN/m:

a. de horizontale component van de kabelkracht in middenveld BC.

$$p = 254 \text{ m} - 70 \text{ m} = 184 \text{ m}$$

momentenevenwicht linker kabelhelft om B:

$$\sum T/B = (279 \text{ kN/m}) \cdot \frac{1624 \text{ m}}{2} \cdot \frac{1624 \text{ m}}{4} - H \cdot p = 0$$

$$\Rightarrow H = 499,88 \times 10^3 \text{ kN} \approx 500 \text{ MN}$$

b. de maximum kabelkracht in het middenveld. Waar treedt deze op?

max. kabelkracht in B en C

$$\tan \alpha = \frac{2P}{\frac{1}{2}l} \text{ (parabool)} = 0,453$$

$$N_B (= N_C) = \frac{500 \text{ MN}}{\cos \alpha} \approx 549 \text{ MN}$$

