

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

Deze antwoordformulieren worden voor een groot deel
verwerkt met een

optisch leesapparaat

Losse bladen en kladpapier

worden daarom **niet** ingenomen

Let op:

*Het juiste antwoord kan vaak langs
verschillende wegen worden bereikt, dus
vaak ook op een andere manier dan in
deze uitwerking.*

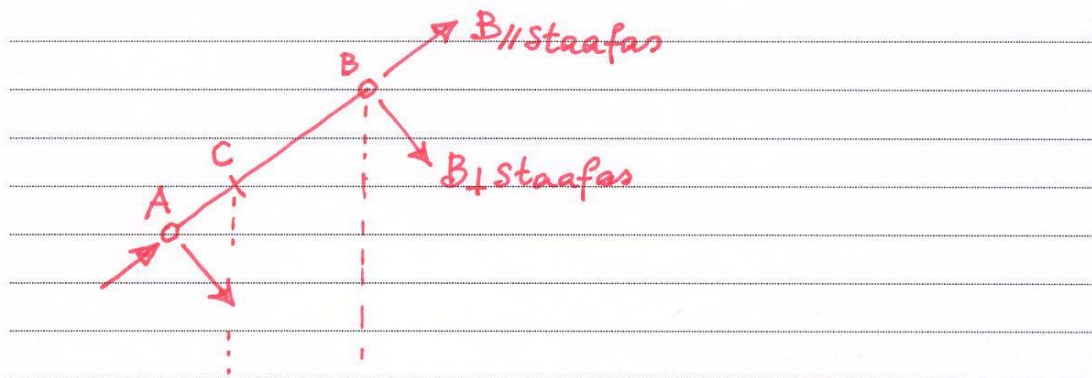
--	--	--	--	--	--	--	--

Opgave 1 (gewicht 0,3 - ongeveer 10 minuten)

Voor de berekening van een vakwerk wordt aangenomen dat alle staafverbindingen scharnierend zijn en dat de belasting aangrijpt in de knooppunten.

Vraag:

Waarom worden de staven in een vakwerk alleen maar op normaalkracht belast en zijn er geen buigende momenten en dwarskrachten.

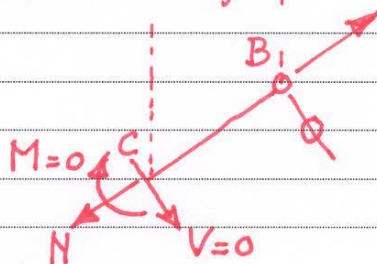


De kracht in B op vakwerkstaaf AB kan men ontbinden in componenten // en $\perp$ de staafas

uit het momentenevenwicht om A volgt:

$$B_{\perp \text{staafas}} = 0$$

Stel C is een willekeurig punt tussen A en B.
maak BC vrij.



uit het evenwicht van BC volgt:

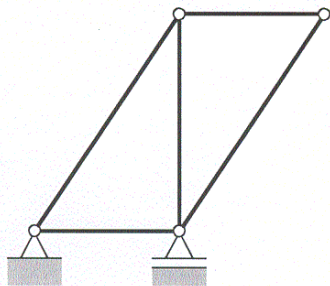
$$M=0 \text{ en } V=0$$

In de staaf kan alleen een dwarskracht werken.

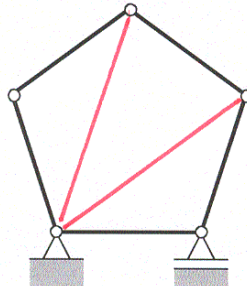
--	--	--	--	--	--	--	--

Opgave 2 (gewicht 0,9 - ongeveer 20 minuten)

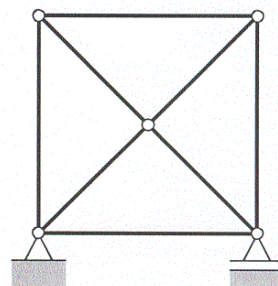
In de drie hieronder getekende constructies zijn alle staafverbindingen scharnierend.



(I)
kb



(II)
ko



(III)
kb

Vragen:

- a. Welke van de getekende constructies zijn kinematisch bepaald en welke zijn kinematisch onbepaald? Motiveer uw antwoord.

I en III $\rightarrow$ kb ; de vakwerken zijn opgebouwd uit vormvaste driehoeken en plaatsvast opgelegd. Er zijn geen vrije bewegingsmogelijkheden.

II $\rightarrow$ ko ; de vijfhoek bezit vrije bewegingsmogelijkheden. Hier is sprake van een mechanisme.

- b. Maak in bovenstaande figuur de kinematisch onbepaalde constructie(s) kinematisch bepaald met zo min mogelijk extra staven.

Er zijn minimaal twee staven nodig.

- c. Geef van ieder van de drie nu kinematisch bepaalde constructies aan of deze statisch bepaald of statisch onbepaald is. Motiveer uw antwoord.

graad van Statisch onbepaaldheid = aantal onbekende oplegreacties (r) en staafkrachten (s) verminderd met het aantal beschikbare evenwichtsvergelijkingen ($2k$; twee per knooppunt) : $n = r + s - 2k$

I $r = 3$; $k = 4$; $s = 5 \rightarrow n = 0$ statisch bepaald

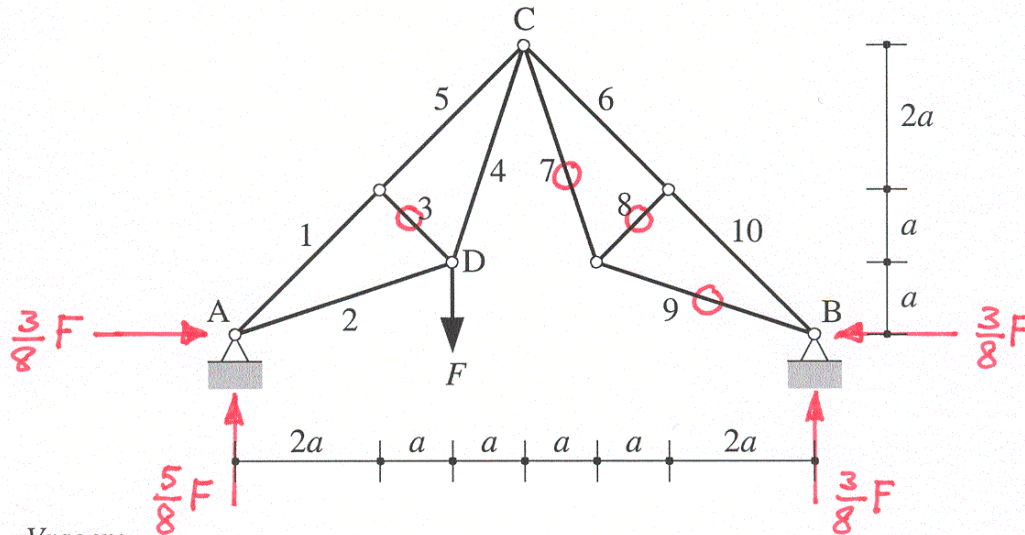
II $r = 3$; $k = 5$; $s = 7 \rightarrow n = 0$ " "

III $r = 3$; $k = 5$; $s = 8 \rightarrow n = 1$ statisch onbepaald

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

Opgave 3 (gewicht 2,2 - ongeveer 40 minuten)

Gegeven het hieronder getekende vakwerk. Afmetingen en belasting kunnen uit de figuur worden afgelezen.



Vragen:

- a. Van welke staven kunt u op voorhand zeggen dat het nulstaven zijn. Geef ze duidelijk aan in de figuur.

staven 3, 7, 8 en 9

- b. Bereken de (horizontale en verticale component van de) oplegreacties in A en B. Teken ze in de figuur zoals ze in werkelijkheid werken en schrijf de waarden er bij.

Gehele vakwerk : $\sum T/A = 0 \rightarrow B_v = \frac{3}{8} F (\uparrow)$

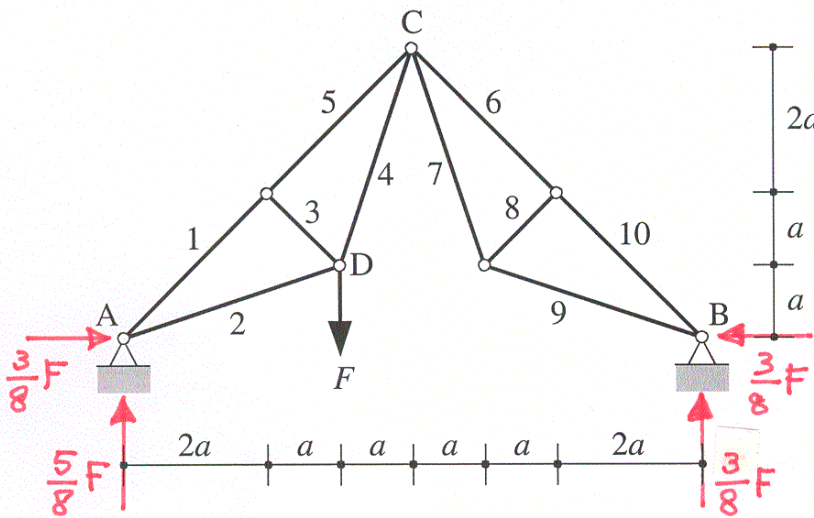
Rechter helft BC : $\sum T/C = 0 \rightarrow B_h = \frac{3}{8} F (\leftarrow)$

Oplegreacties in A volgen nu direct uit het krachtenevenwicht van het gehele vakwerk.

- c. Bereken alle staafkrachten met de goede tekens voor trek en druk¹. Verzamel alle waarden in de tabel op het volgend blad. (Zie ook vraag d).

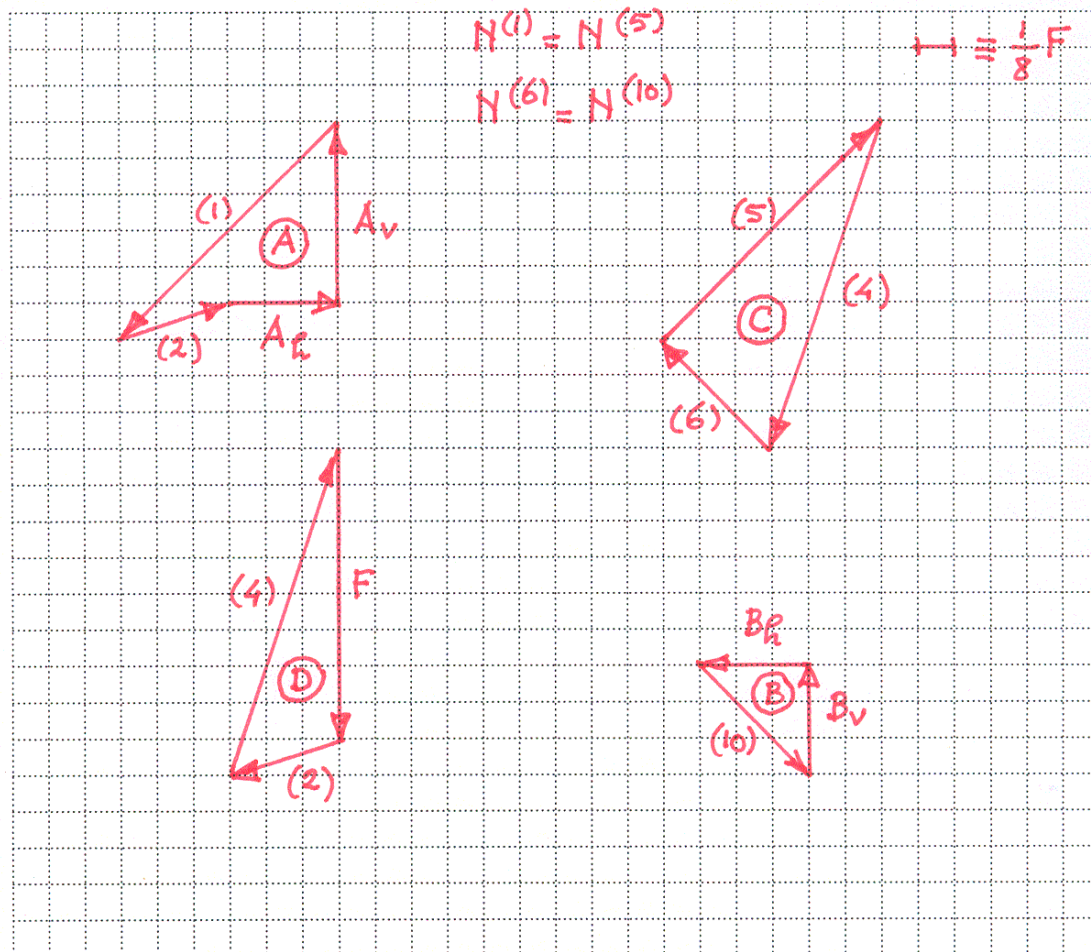
Voor vervolg opgave 3 zie volgend blad ►

¹ Trek positief en druk negatief.



Staat	N
1	$-6F\sqrt{2}/8$
2	$+F\sqrt{10}/8$
3	0
4	$+3F\sqrt{10}/8$
5	$-6F\sqrt{2}/8$
6	$-3F\sqrt{2}/8$
7	0
8	0
9	0
10	$-3F\sqrt{2}/8$

- d. Teken de krachtenveelhoeken voor het evenwicht van de knooppunten A, B, C en D.
 Kies als krachtenschaal: $F \equiv 4 \text{ cm}$ (1 hokje $\equiv F/8$).

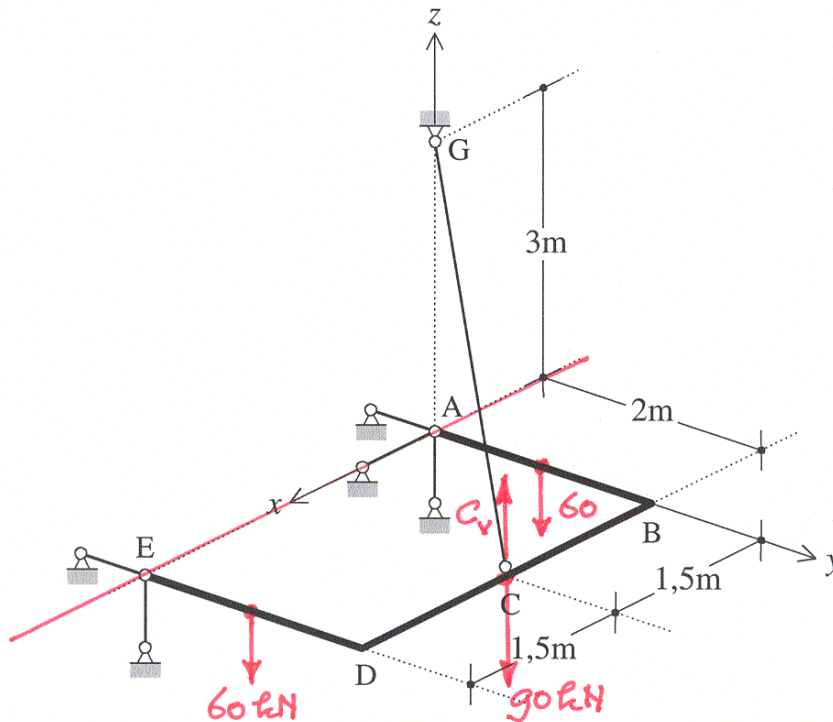


--	--	--	--	--	--	--

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

De in het horizontale x-y-vlak gelegen geknikte prismatische staaf ABCDE heeft rechte hoeken in B en D. Het eigen gewicht van de staaf bedraagt 30 kN/m.

De constructie is in A en E op de aangegeven wijze opgelegd op pendelstaven en in C opgehangen aan kabel CG. De afmetingen kunnen uit de figuur worden afgelezen.



Vragen:

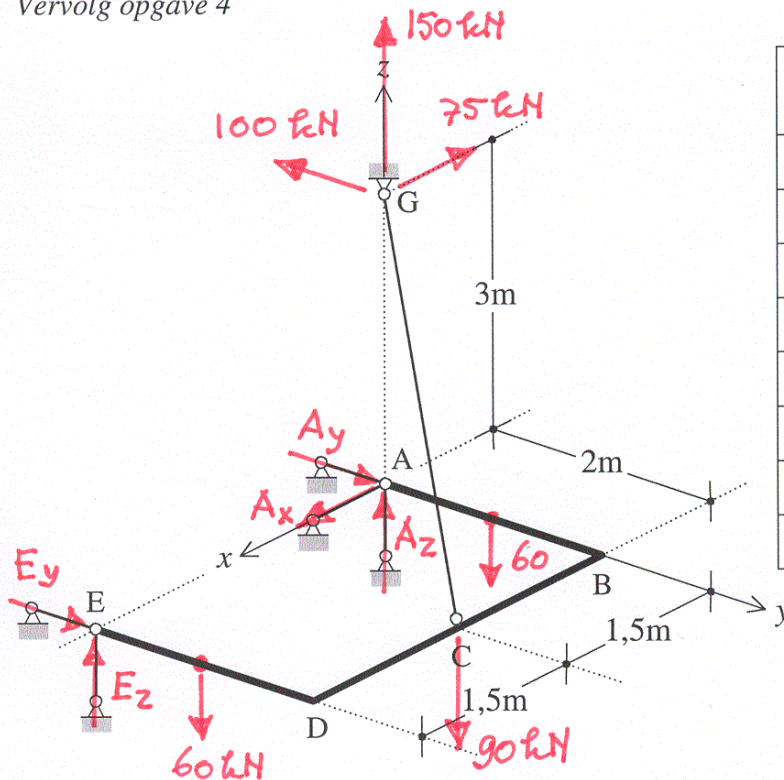
a. Bereken de kabelkracht in CG.

$$\sum T_x / E = -2 \times 60 \text{ kN} \times 1 \text{ m} - 90 \text{ kN} \times 2 \text{ m} + C_v \times 2 \text{ m} = 0$$

$$\rightarrow C_v = 150 \text{ kN}$$

$$N^{(CD)} = 150 \text{ kN} \times \frac{\sqrt{1,5^2 + 2^2 + 3^2}}{3} = 195,26 \text{ kN}$$

Voor vervolg opgave 4 zie volgend blad ►



opleg-reactie	kN
A_x	+75
A_y	+100
A_z	+30
E_y	0
E_z	+30
G_x	-75
G_y	-100
G_z	+150

- b. Bereken de (x-, y- en z-component van de) oplegreacties in A, E en G. Geef duidelijk aan hoe u de berekening uitvoert. Verzamel deze waarden met de goede tekens in bovenstaande tabel.

Oplegreacties in G volgen direct uit kabelkracht:
 $G_z = +150 \text{ kN}$; $G_x = -\frac{1.5}{3} G_z = -75 \text{ kN}$; $G_y = -\frac{2}{3} G_z = -100 \text{ kN}$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow A_x = +75 \text{ kN}$$

$$\sum T_z | E = 0 \rightarrow A_y = +100 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow E_y = 0$$

$$\sum T_y | A = E_z \cdot 3\text{m} - 60 \text{ kN} \cdot 3\text{m} - 90 \text{ kN} \cdot 1.5\text{m} + 75 \text{ kN} \cdot 3\text{m} = 0$$

$$\rightarrow A_z = +30 \text{ kN}$$

$$\sum F_z = 0 \rightarrow E_z = +30 \text{ kN}$$

Voor vervolg opgave 4 zie volgend blad ►

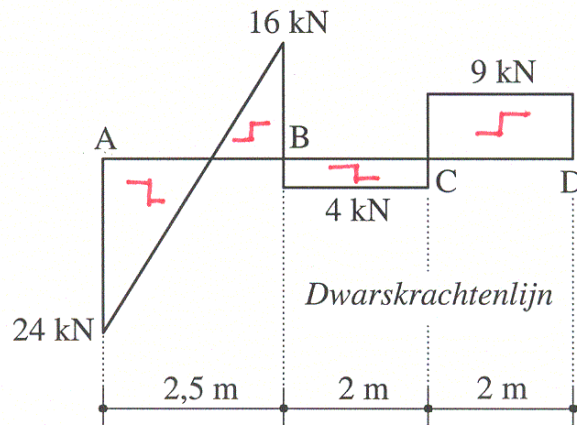
-

(Waarden in kN)

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

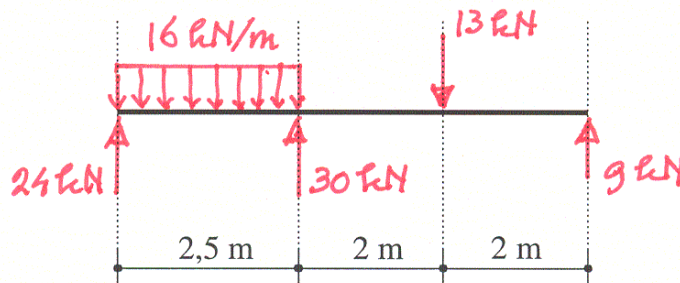
Opgave 5 (gewicht 2,2 - ongeveer 40 minuten)

In onderstaande figuur is van een ligger ABCD de vorm van de dwarskrachtenlijn gegeven. Op de ligger werken geen (geconcentreerde) koppels.



Vragen:

- Teken de vervormingstekens in de dwarskrachtenlijn¹ als is gegeven dat er in C een geconcentreerde kracht naar beneden werkt.
- Teken alle (verdeelde) krachten op de vrijgemaakte ligger zoals ze in werkelijkheid werken en schrijf hun waarden er bij.



- Voer een controle uit voor het momentenevenwicht om B.

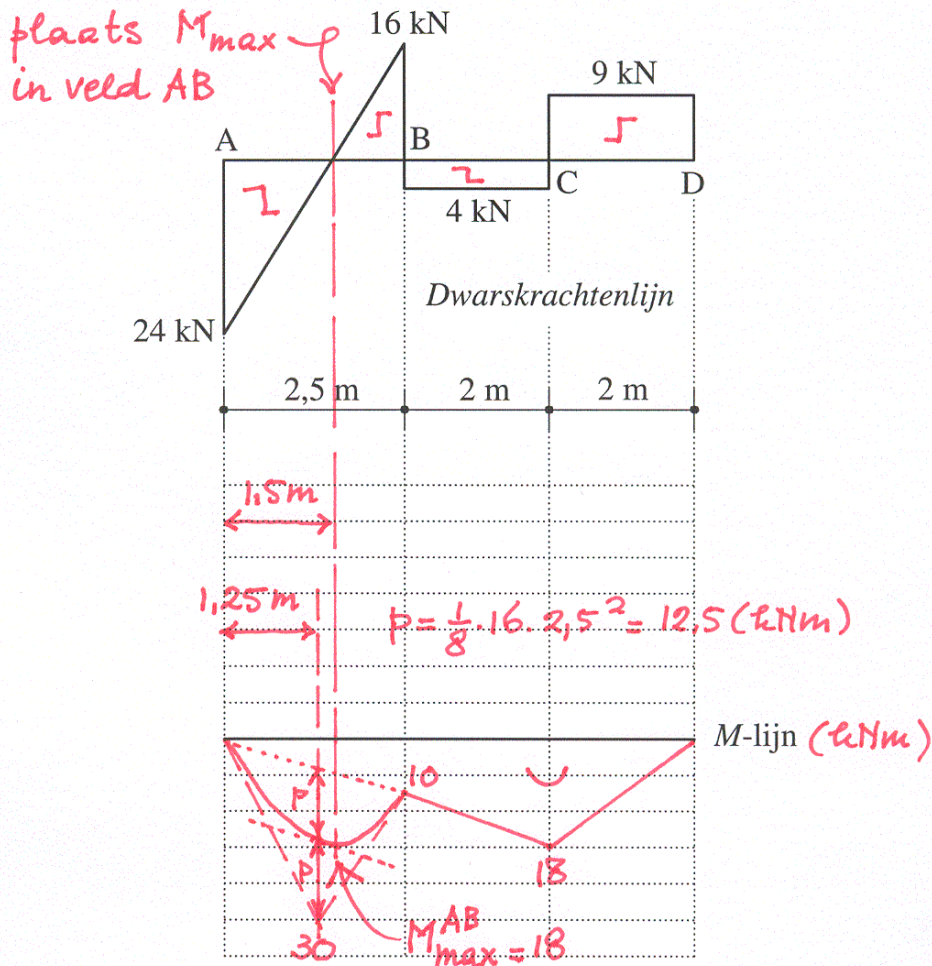
$$\begin{aligned}
 \sum T(\uparrow) &= 24 \text{ kN} \cdot 2,5 \text{ m} & +60 \\
 &\quad - 16 \text{ kN/m} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 1,25 \text{ m} & -50 \\
 &\quad + 13 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} & +26 \\
 &\quad - 9 \text{ kN} \cdot 4 \text{ m} & -36 \\
 &= 0 & 0
 \end{aligned}$$

Voor vervolg opgave 5 zie volgend blad ►

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

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

- d. Teken de momentenlijn voor ABCD, met de vervormingstekens¹ en de raaklijnen in A en B. Schrijf de belangrijkste waarden er bij.



- e. Hoe groot is het maximum buigend moment in de ligter en waar treedt dat op?

Maximum veldmoment in AB treedt op waar $V=0$.
 Waarde kan men hier uit de oppervlakte van de
 V-lijn berekenen: $M_{AB_{max}} = \frac{1}{2} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN} = 18 \text{ kNm}$

of uit evenwicht: $M_{AB_{max}}$

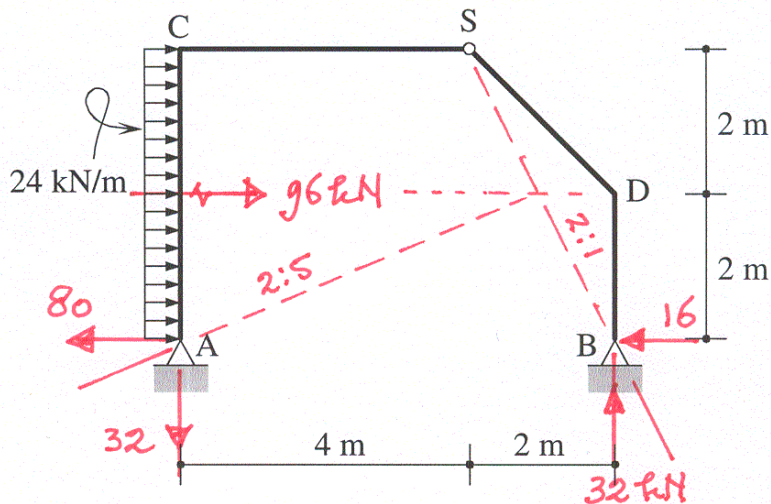
In C treedt
 ook een maxi-
 mum van 18
 kNm op!

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

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

Opgave 6 (gewicht 2,2 - ongeveer 35 minuten)

Gegeven onderstaand driescharnierenspant, bestaande uit de in A en B scharnierend opgelegde vormvaste delen ACS en BDS die in S scharnierend met elkaar zijn verbonden. Op het spant werkt over AC een gelijkmatig verdeelde horizontale belasting van 24 kN/m. De afmetingen kunnen uit de figuur worden afgelezen.



Vragen:

- a. Bereken de (horizontale en verticale component van de) oplegreacties. Teken ze in de figuur in de richtingen waarin zij in werkelijkheid werken en schrijf de waarden erbij.

Gehele constructie: $\sum T/A = 0 \rightarrow B_v = 32 \text{ kN} (\uparrow)$

Deel BDS: $\sum T/S = 0 \rightarrow B_h = 16 \text{ kN} (\leftarrow)$

Gehele constructie:

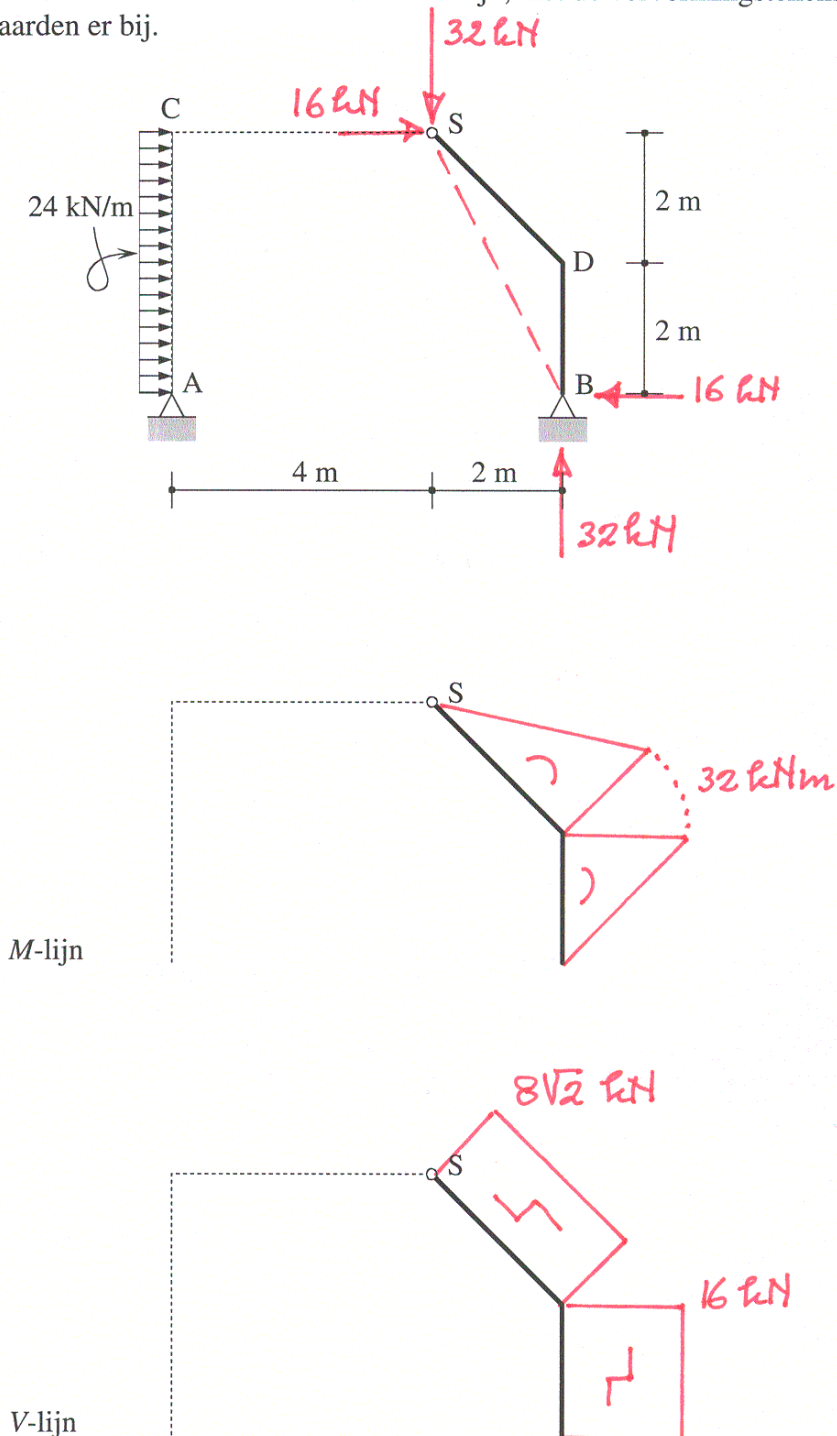
$\sum F_h = 0 \rightarrow A_h = 80 \text{ kN} (\leftarrow)$

$\sum F_v = 0 \rightarrow A_v = 32 \text{ kN} (\downarrow)$

Voor vervolg opgave 6 zie volgend blad ►

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

- b. Teken voor BDS de momenten- en dwarskrachtenlijn, met de vervormingstekens¹.
Schrijf de waarden er bij.



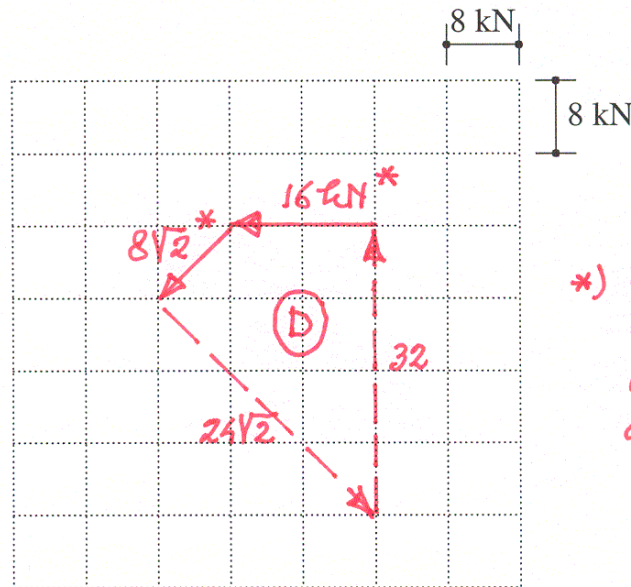
Voor vervolg opgave 6 zie volgend blad ►

¹ Indien u geen vervormingstekens hanteert, geef dan op een andere manier voor elk van de rechte staven duidelijk aan welke tekenafpraak u gebruikt.

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

Vervolg opgave 6

- c. Teken de krachtenveelhoek voor het krachtenevenwicht van knooppunt D.
Kies als krachtschaal: $8 \text{ kN} \equiv 1 \text{ cm}$.



*) Grootte en richting uit de V-lijn afgeleid.

- d. Maak knooppunt D vrij en teken alle krachten en momenten zoals zij er in werkelijkheid op werken. Schrijf hun waarden er bij.

