

Schriftelijk tentamen	CTB1110 ConstructieMechanica 1
Totaal aantal pagina's	20 pagina's excl voorblad
Datum en tijd	22-01-2016 van 09:00-12:00 uur
Verantwoordelijk docent	J.W. (Hans) Welleman

Alleen het op dit uitwerkformulier geschreven werk / antwoord wordt beoordeeld, tenzij onder 'aanvullende informatie' anders is aangegeven.

Tentamenvragen (in te vullen door examiner)

Totaal aantal tentamenvragen: 5, allen open vragen

- ☐ alle vragen tellen even zwaar
☒ de vragen hebben verschillende gewicht (het gewicht is in tijd weergegeven)

Gebruik hulpmiddelen en informatiebronnen tijdens tentamen (in te vullen door examiner)

Niet toegestaan:

- Mobiele telefoon, smart Phone of apparaten met vergelijkbare functies.
- Antwoord geschreven met rode pen of met potlood.
- Hulpmiddelen en/of informatiebronnen tenzij hieronder anders vermeld.

Toegestaan:

- ☐ boeken ☐ aantekeningen ☐ woordenboeken ☐ dictaten
☐ formulebladen (zie ook onder aanvullende informatie) ☒ rekenmachines ☐ computer
☒ grafische rekenmachine ☒ tekenmaterialen waaronder een passer

Aanvullende informatie (eventueel in te vullen door examiner)

...

Uiterlijke datum nakijken tentamen: (de uiterlijke nakijktermijn is 15 werkdagen)



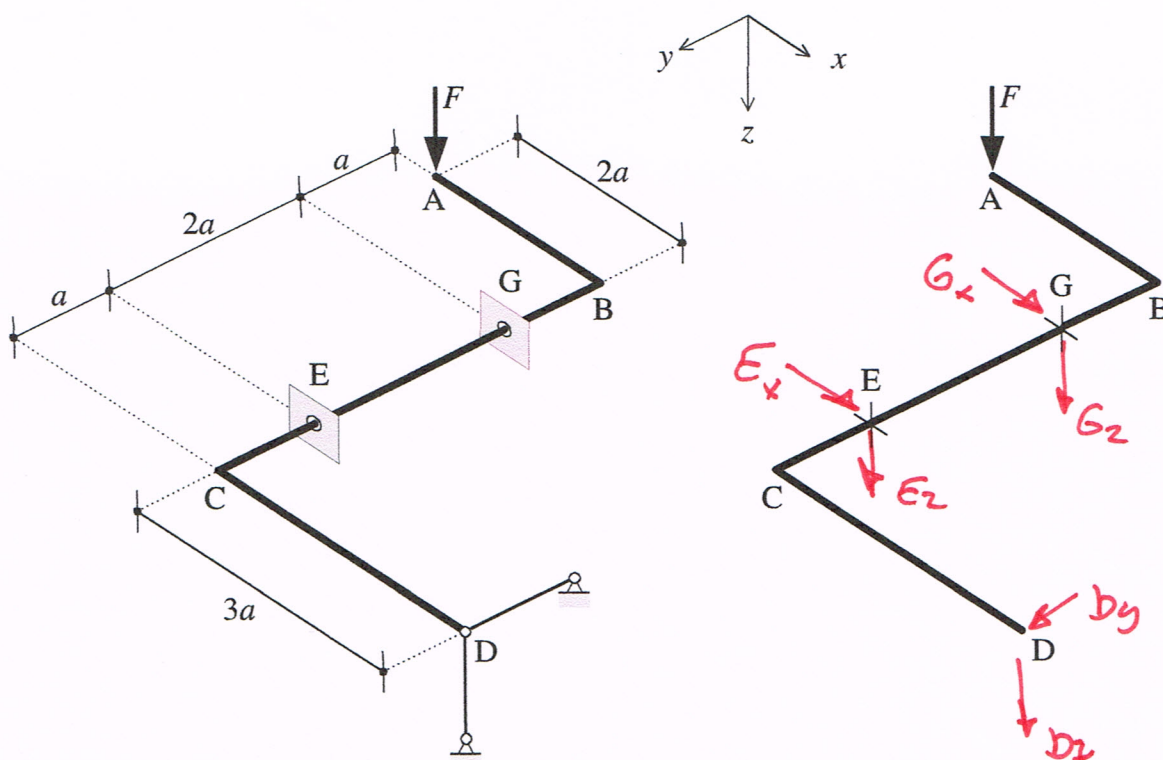
Elk vermoeden van fraude wordt
gemeld bij de examencommissie.

Mobiel UIT

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

Opgave 1 (ongeveer 30 minuten)

In hieronder weergegeven **linker** figuur, is de getekende staaf ABCD in B en C rechthoekig omgezet en ligt in het horizontale x - y -vlak. De staaf is in D opgelegd op een horizontale en verticale pendelstaaf. In E en G is de staaf opgelegd in lagers. De lagers kunnen alleen maar oplegreacties in het verticale vlak x - z -vlak leveren. De belasting bestaat uit de verticale kracht F in A.



Vragen:

- a) Geef alle mogelijke oplegreacties in de **rechter** figuur aan en benoem de oplegreacties. Stel de vergelijkingen op waarmee de oplegreacties kunnen worden bepaald. LET OP : werk deze vergelijkingen nog niet uit.

$$\begin{aligned}
 (1) \sum F_x = 0 : & \quad E_x + G_x = 0 \quad \Rightarrow E_x = 0 \quad (a) \\
 (2) \sum F_y = 0 : & \quad D_y = 0 \quad \Rightarrow D_y = 0 \quad (a) \\
 (3) \sum F_z = 0 : & \quad D_z + E_z + G_z + F = 0 \\
 (4) \sum T_x = 0 : & \quad D_z \cdot a - G_z \cdot 2a - F \cdot 3a = 0 \\
 (5) \sum T_y|_C = 0 : & \quad F \cdot 2a - D_z \cdot 3a = 0 \quad \Rightarrow D_z = \frac{2}{3} F \quad (b) \\
 (6) \sum T_z|_E = 0 : & \quad G_x \cdot 2a + D_y \cdot 3a = 0 \quad \Rightarrow G_x = 0 \quad (c)
 \end{aligned}$$

Voor vervolg opgave 1 zie volgend blad ►

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

andere vergelijkingen zijn mogelijk
als je de assen door een ander punt
kies. Antwoord zal identiek zijn.

- b) Bepaal alle oplegreacties en geef de grootte en richting aan in de figuur op bladzijde 3 zoals ze in werkelijkheid werken op de constructie.

Mie ook a)

$$(1) \rightarrow b_3 = 0$$

$$(5) \rightarrow D_2 = \frac{2}{3} F$$

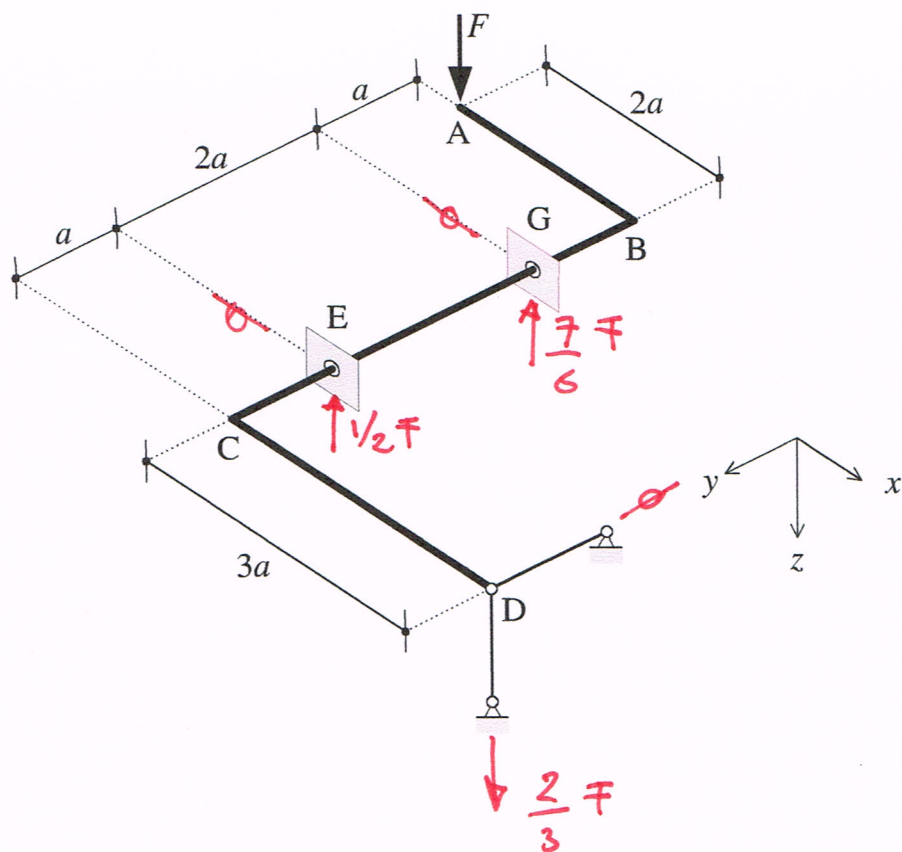
$$(6) \rightarrow G_x = 0$$

$$(1) \rightarrow E_x = 0$$

$$(5) \rightarrow G_2 = -\frac{7}{6} F$$

$$(3) \rightarrow G_2 = -\frac{1}{2} F$$

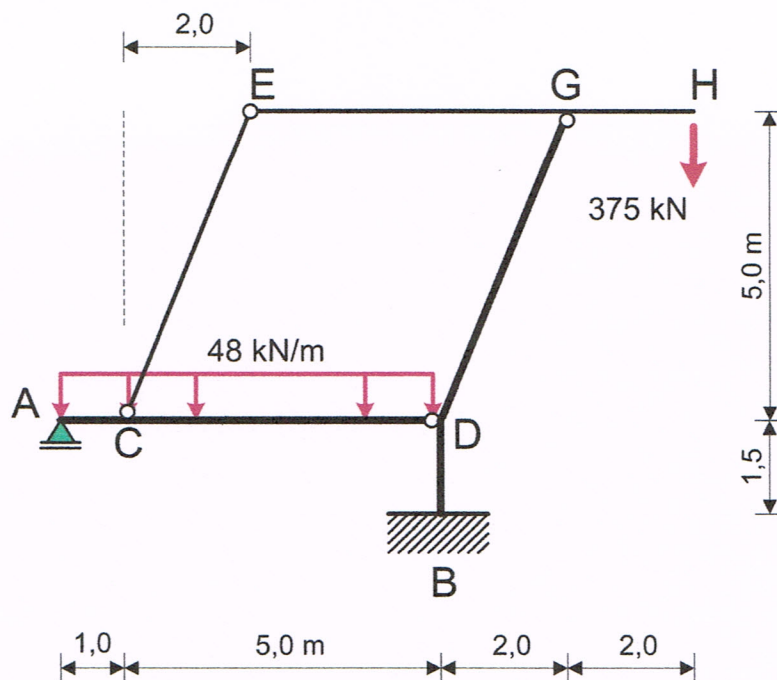
--	--	--	--	--	--	--



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

Opgave 2 (ongeveer 40 minuten)

Op een ophaalbrug wordt in H door de gewichtsbak boven in de brug (balans) een verticale last van 375 kN uitgeoefend. Op het rijdek is een gelijkmatig verdeelde belasting van 48 kN/m aangebracht. Het eigen gewicht van de brug wordt verder verwaarloosd. Richtingen en afmetingen zijn in de onderstaande figuur aangegeven. Let goed op de plaatsing van de scharnieren!



Vragen:

- a) Bepaal de kracht in pendel CE en geef aan of het hier om een trek- of drukkracht gaat.

TIP: Maak de starre brugdelen EGH, ACD en BDG vrij.

Handwritten solution for part a):

Free body diagram of EGH:

- Lengths: EG = 5.0 m, GH = 2.0 m.
- At G: Reaction forces N_V (vertical) and N_H (horizontal) from member BDG.
- At H: Downward load of 375 kN.

Equilibrium equations for EGH:

$$\sum T|_G = 0$$

$$N_V \cdot 5 - 375 \cdot 2 = 0$$

$$N_V = 150$$

$$N_V : N_H = 5 : 2$$

$$N_H = 60$$

Resultant force in CE:

$$N = \sqrt{N_V^2 + N_H^2} = \sqrt{150^2 + 60^2} = 161.55 \text{ (trek)}$$

Direction: $(30^\circ \text{ } 29')$

Reactions at G from BDG:

$$G_H = 60 \text{ kN (} \rightarrow \text{)}$$

$$G_V = 150 \text{ kN (} \uparrow \text{)}$$

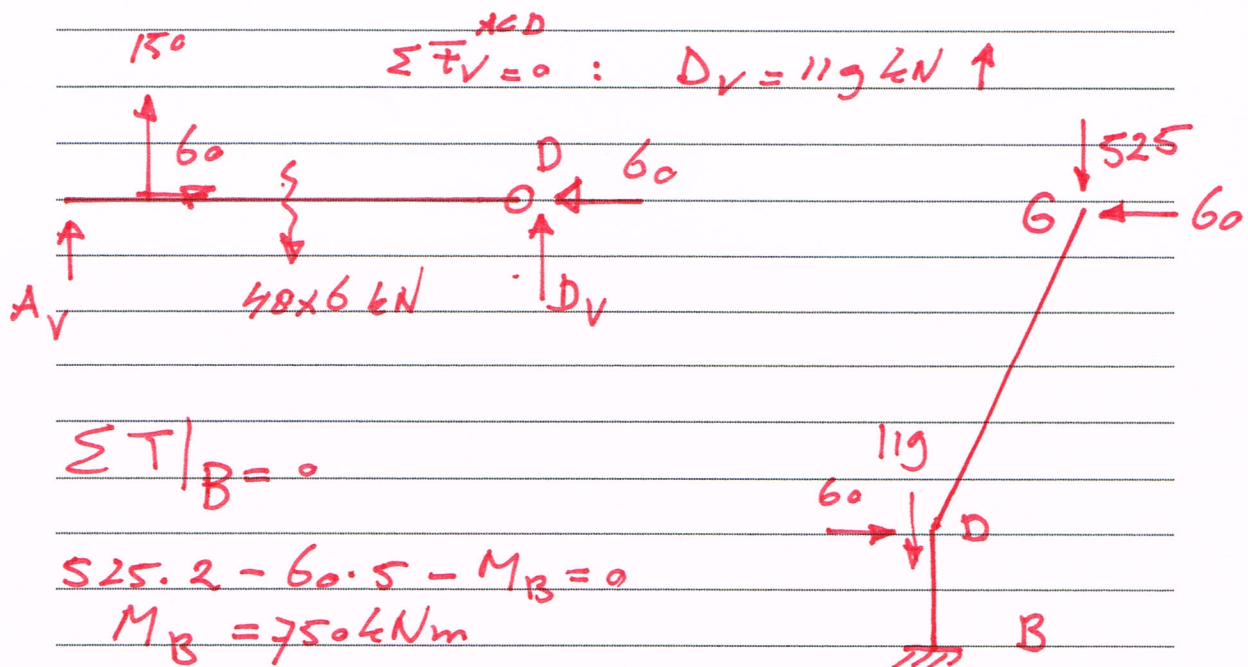
Voor vervolg opgave 2 zie volgend blad ►

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

b) Bepaal de oplegreacties in A en B en teken deze in de bovenstaande figuur zoals ze in werkelijkheid werken op de constructie en schrijf de waarden erbij.

$$\sum T|_D^{\text{ACD}} = 0 : A_V \cdot 6 + 150 \cdot 5 - (48 \cdot 6) \cdot 3 = 0$$

$$A_V = 119 \text{ kN} \uparrow$$



$$\sum T|_B = 0$$

$$525 \cdot 2 - 60 \cdot 5 - M_B = 0$$

$$M_B = 750 \text{ kNm}$$

$$\sum F_V^{BDG} = 0$$

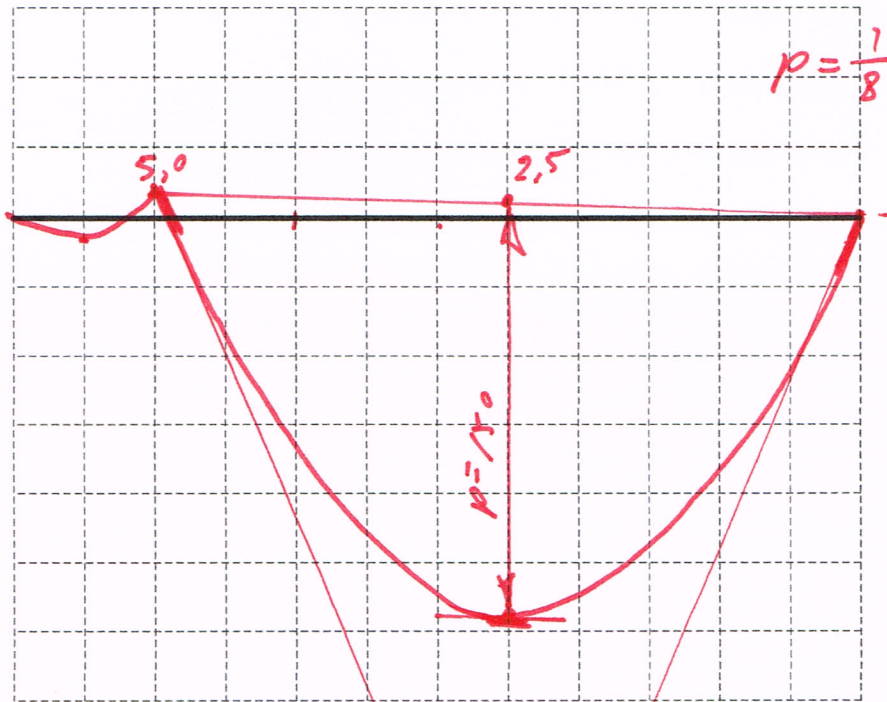
$$B_V - 119 - 525 = 0 \Rightarrow B_V = 644 \text{ kN}$$

$$\sum F_H^{BDG} = 0 : B_H = 0$$

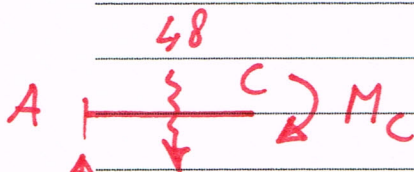
- c) Teken voor de ligger ACD de M -lijn met de vervormingstekens. Schrijf de waarden erbij. Kies zelf een geschikte schaal voor het moment.

... kNm
 0,5 m

M -lijn
 in kNm



$$p = \frac{1}{8} \cdot 48 \cdot 5^2 = 15$$



$$\sum T_c | M = 0$$

$$M_C + 19 \cdot 7,5 - 48 \cdot 0,5 = 0$$

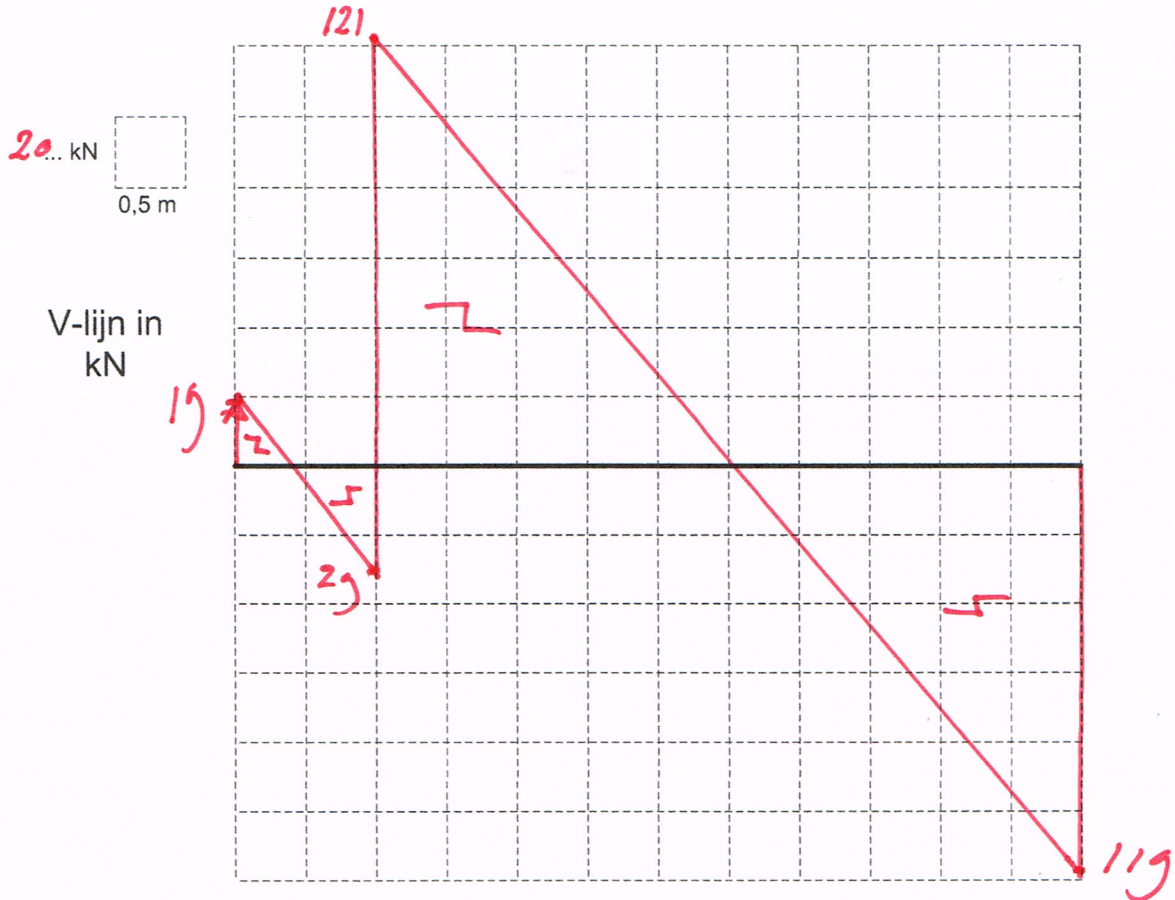
$$M_C = 5,0$$



Voor vervolg opgave 2 zie volgend blad ►

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

- d) Teken voor de ligter ACD de V-lijn met de vervormingstekens. Schrijf de waarden erbij. Kies zelf een geschikte schaal voor de dwarskracht.

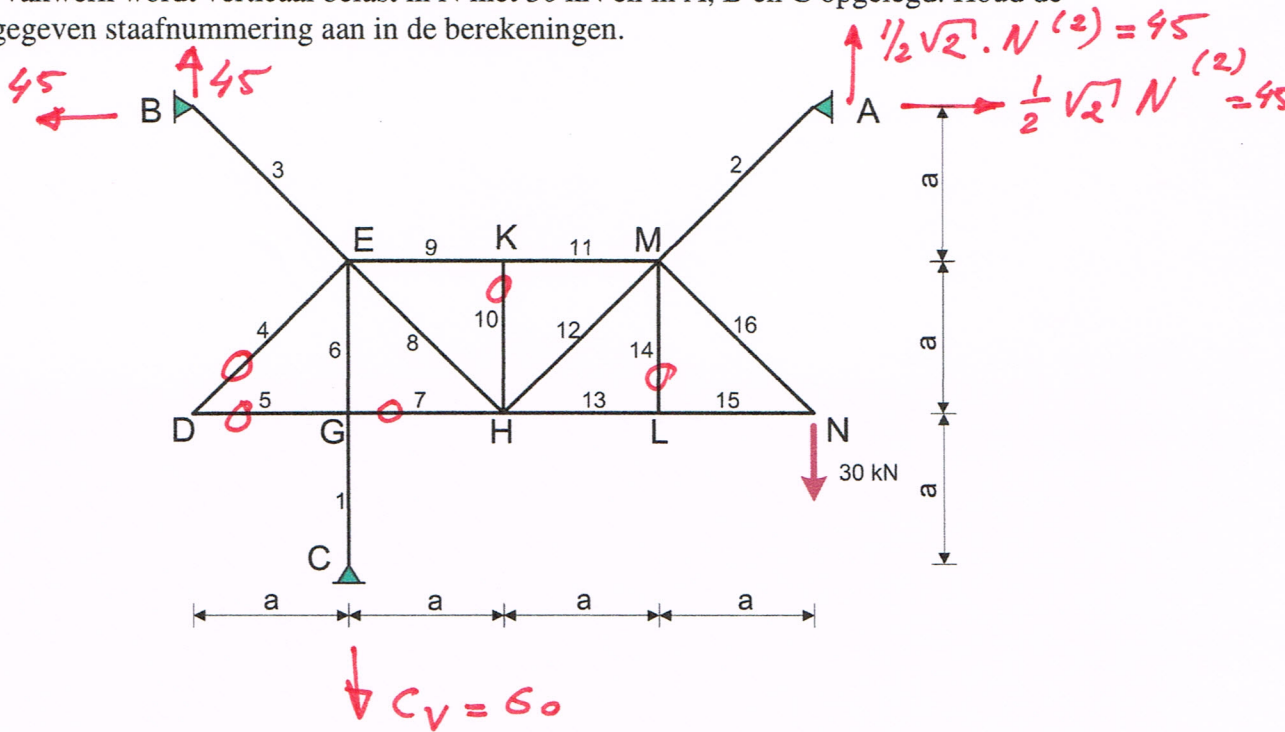


let op relatie M-lijn / V-lijn!

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

Opgave 3 (ongeveer 35 minuten)

Een vakwerk wordt verticaal belast in N met 30 kN en in A, B en C opgelegd. Houd de aangegeven staafnummering aan in de berekeningen.



Vragen:

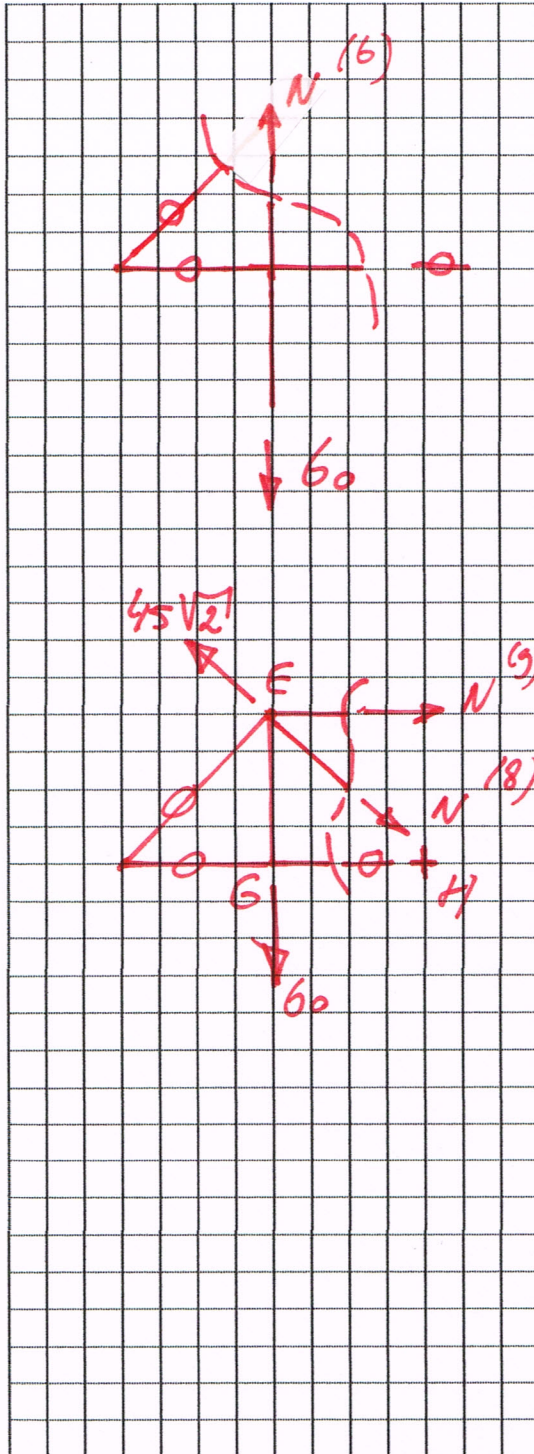
- Geef in de bovenstaande tekening de nulstaven aan.
- Bereken de oplegreacties, teken deze in de bovenstaande figuur zoals ze in werkelijkheid werken en schrijf de waarden er bij.

$$\begin{aligned} \sum T|_H = 0 \quad & C_V \cdot a - 30 \cdot 2a = 0 \Rightarrow C_V = 60 \text{ kN} \\ \sum T|_E = 0 \quad & \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot N^{(2)} \cdot 2a - 30 \cdot 3a = 0 \\ & N^{(2)} = \frac{90}{\sqrt{2}} = 45 \sqrt{2} \quad A_V = 45 \uparrow \\ & A_H = 45 \rightarrow \\ \sum F_V = 0 \quad & B_V = 45 \uparrow \\ & B_H = 45 \leftarrow \end{aligned}$$

Voor vervolg opgave 3 zie volgend blad ►

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

- c) Bereken met de snedemethode de krachten in staaf 6 t/m 10, met de juiste tekens (trek positief en druk negatief) en verzamel de antwoorden in de tabel op pagina 12.



$$N^{(6)} = +60$$

$$N^{(7)} = 0$$

$$\sum T_H = 0$$

$$N^{(9)} \cdot d - 60 \cdot x = 0$$

$$N^{(9)} = +60 \text{ (trek)}$$

$$\sum F_V = 0 \quad N_V^{(8)} = 15 \uparrow$$

$$\sum F_H = 0 \quad N_H^{(8)} = 15 \leftarrow$$

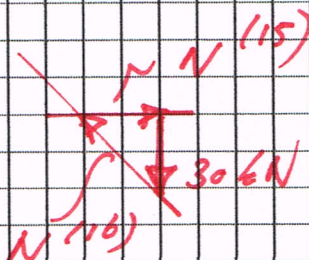
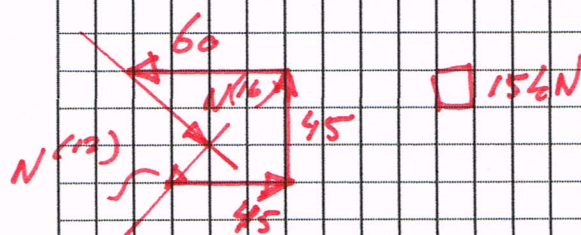
$$\text{dus } N^{(8)} = -15\sqrt{2}$$

$$N^{(10)} = \text{nulstaaf.}$$

Voor vervolg opgave 3 zie volgend blad ►

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

- d) Bereken met het knoopenevenwicht de krachten in de overige staven met de juiste tekens (trek positief en druk negatief) en verzamel de antwoorden in de tabel op pagina 12.



uit oplegreacties :

$$N^{(1)} = +60$$

$$N^{(2)} = +45\sqrt{2}$$

$$N^{(3)} = +45\sqrt{2}$$

$$N^{(4)} = 0$$

$$N^{(5)} = 0$$

$$N^{(11)} = N^{(9)} = +60 \text{ kN}$$

knoopenevenwicht van M:
zie krachten tekening

$$N^{(12)} = 15\sqrt{2} \text{ trek}$$

$$N^{(16)} = 30\sqrt{2} \text{ trek}$$

knoopenevenwicht van N:

$$N^{(16)} = 30\sqrt{2} \text{ trek (help 2!)}$$

$$N^{(15)} = -30 \text{ (druk)}$$

$$N^{(13)} = N^{(15)} = -30$$

$$N^{(14)} = \text{nulstang}$$

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

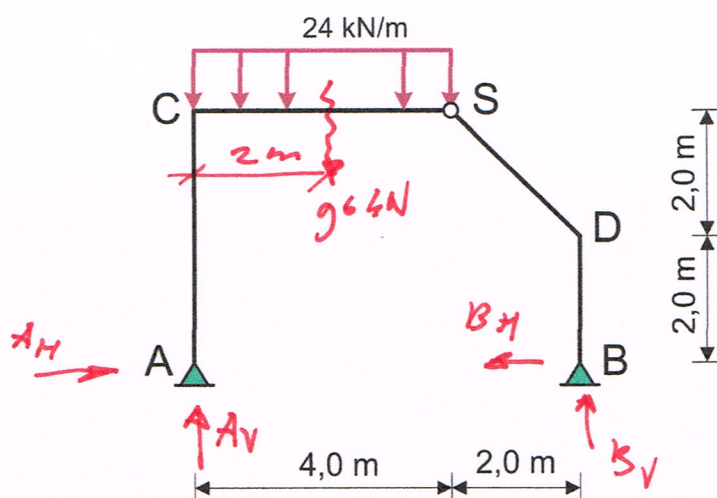
Staafl	N [kN]	Staafl	N [kN]
1	+60	9	+60
2	+95√2	10	0
3	+95√2	11	+60
4	0	12	+15√2
5	0	13	-30
6	+60	14	0
7	0	15	-30
8	-15√2	16	+30√2

Vergeet niet deze tabel in te vullen i.v.m. het automatische leesapparaat.....

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

Opgave 4 (ongeveer 45 minuten)

Gegeven onderstaand driescharnierspant, 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 CS een gelijkmatig verdeelde 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 er bij.

$$\begin{aligned} \sum T|_A &= 0 \quad (\text{geheel}) : B_V = 32 \text{ kN} (\uparrow) \\ \sum T|_S &= 0 \quad (\text{BDS}) : B_H = 16 \text{ kN} (\leftarrow) \\ \sum F_H &= 0 : A_H = 16 \text{ kN} (\rightarrow) \\ \sum F_V &= 0 : A_V = 64 \text{ kN} (\uparrow) \end{aligned}$$

Voor vervolg opgave 4 zie volgend blad ►

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

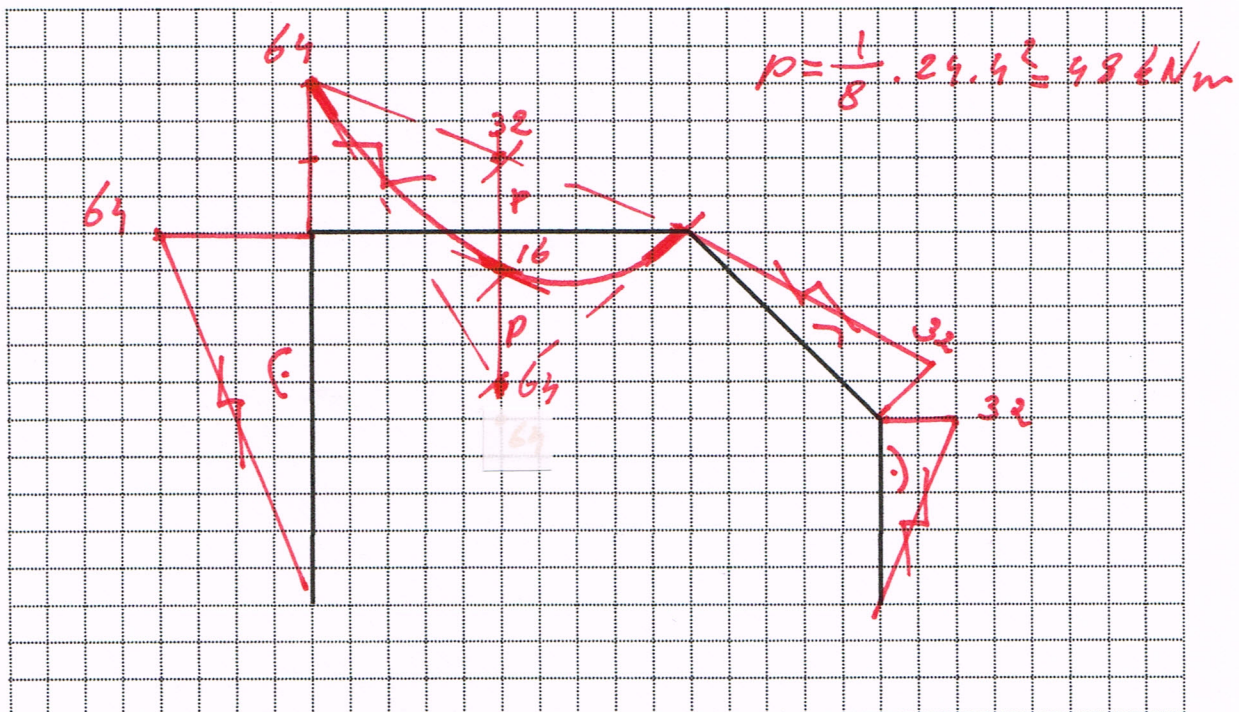
- b) Bepaal de momentenlijn en teken deze inclusief de vervormingstekens en de waarde op karakteristieke punten.

bepaal momenten in C en D m.b.v.
horizontale glijven.

16 kNm



M-lijn in kNm



Voor vervolg opgave 4 zie volgend blad ►

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

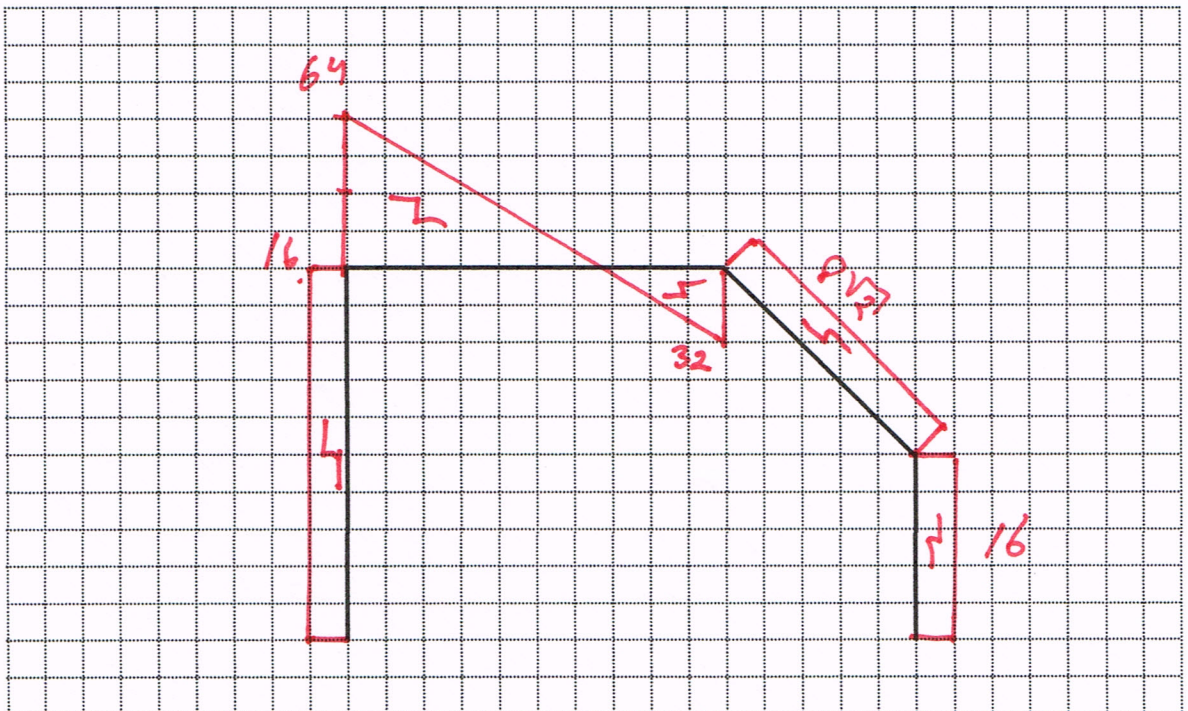
- c) Bepaal de dwarskrachtenlijn en teken deze inclusief de vervormingstekens en de waarde op karakteristieke punten.

gebruik helling M-lijn

16 kN



V-lijn in kN

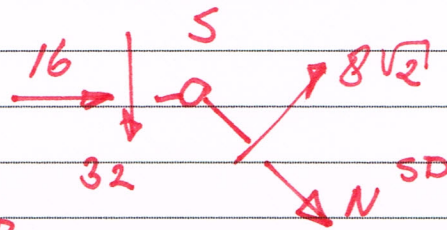


Voor vervolg opgave 4 zie volgend blad ►

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

- d) Bepaal de normaalkrachtenlijn en teken deze inclusief het teken voor trek en druk en de waarde op karakteristieke punten.

schrijf geleendheden van AC, CS en DB
 en knop evenwicht van S of D om N^{SD}
 te bepalen.



$$\sum F_H = 0$$

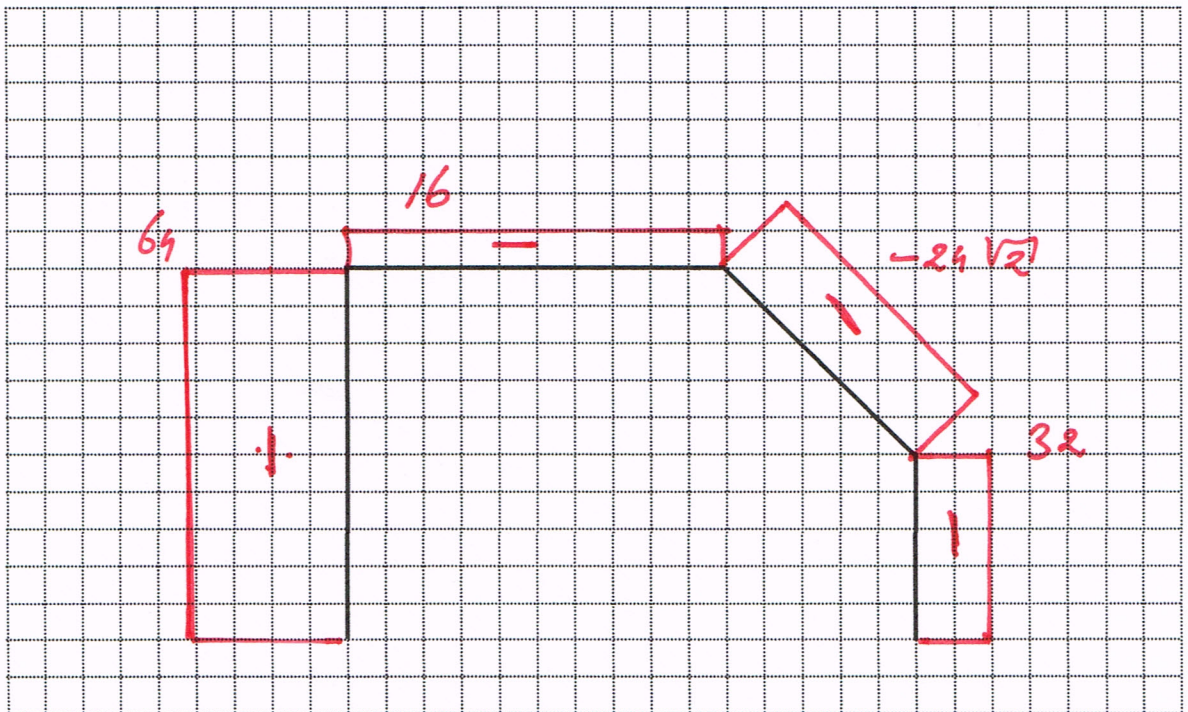
$$16 + 8 + \frac{1}{2}\sqrt{2} N^{SD} = 0$$

$$N^{SD} = -24\sqrt{2} \approx -33,9 \text{ kN}$$

... kN



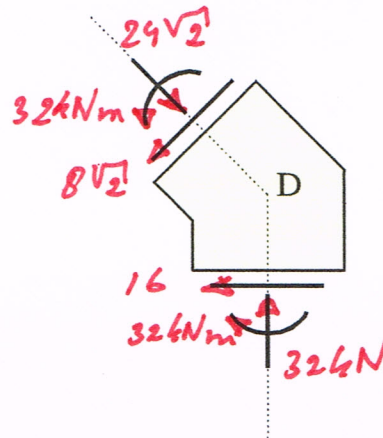
N-lijn in kN



Voor vervolg opgave 4 zie volgend blad ►

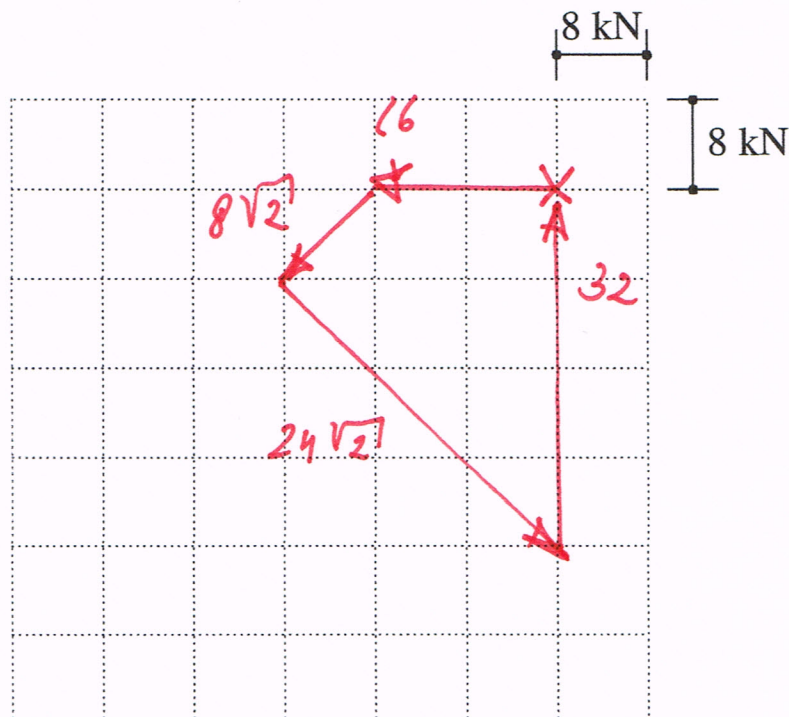
--	--	--	--	--	--	--

- e) Maak knooppunt D vrij. Bereken en teken alle krachten en momenten die er op werken.



*met M-, V-
en N-lijnen
resultaten
interpreteren*

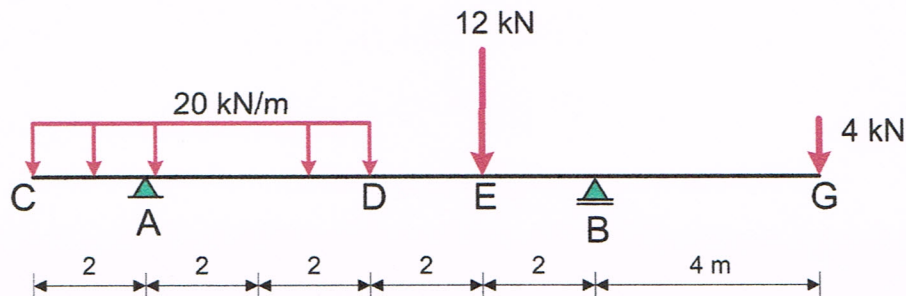
- f) Teken de krachtenveelhoek voor het krachtenevenwicht van knooppunt D.
 Kies als krachtenschaal: $8 \text{ kN} \equiv 1 \text{ cm}$.



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

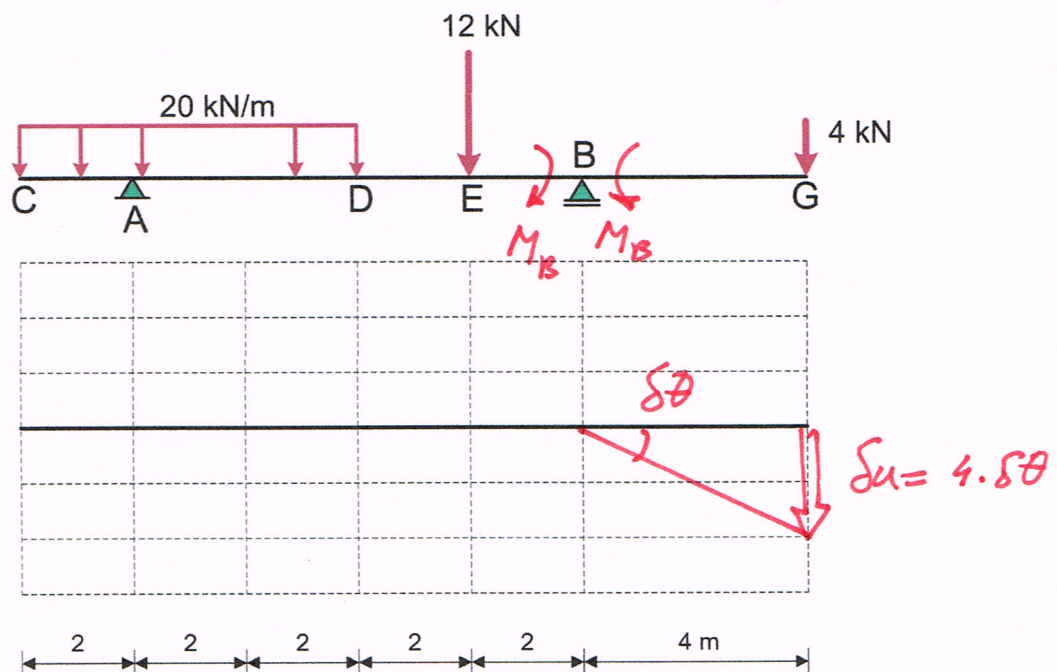
Opgave 5 (ongeveer 30 minuten)

Van de onderstaande ligger wordt gevraagd de krachtsverdeling te bepalen met behulp van het principe van virtuele arbeid. De ligger wordt belast met een verdeelde belasting op een deel van de constructie en twee puntlasten. De afmetingen en verdere gegevens zijn afgebeeld in de onderstaande figuur.



Vragen:

- a) Bepaal met het principe van **virtuele arbeid** het moment in de ligger in B.



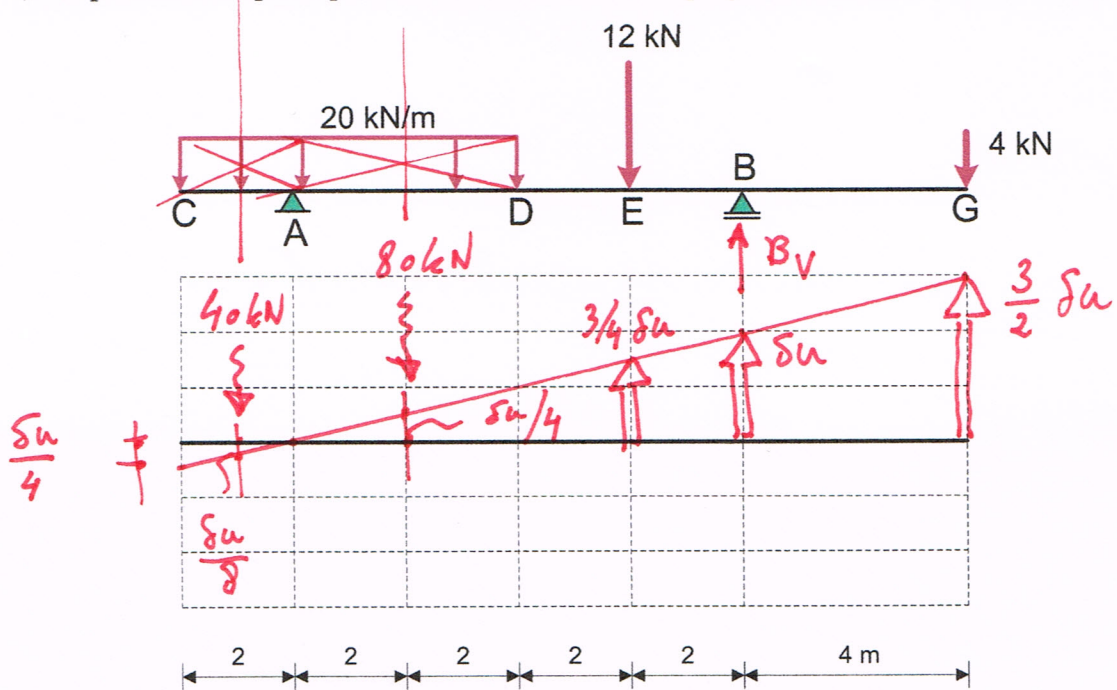
$$\delta A = 4 \cdot \delta u - M_B \cdot \delta \theta = 0 \quad \text{met } \delta u = 4 \cdot \delta \theta$$

$$16 \delta \theta - M_B \cdot \delta \theta = 0$$

$$M_B = 16 \text{ kNm.}$$

Voor vervolg opgave 5 zie volgend blad ►

b) Bepaal met het principe van **virtuele arbeid** de oplegreactie in B.

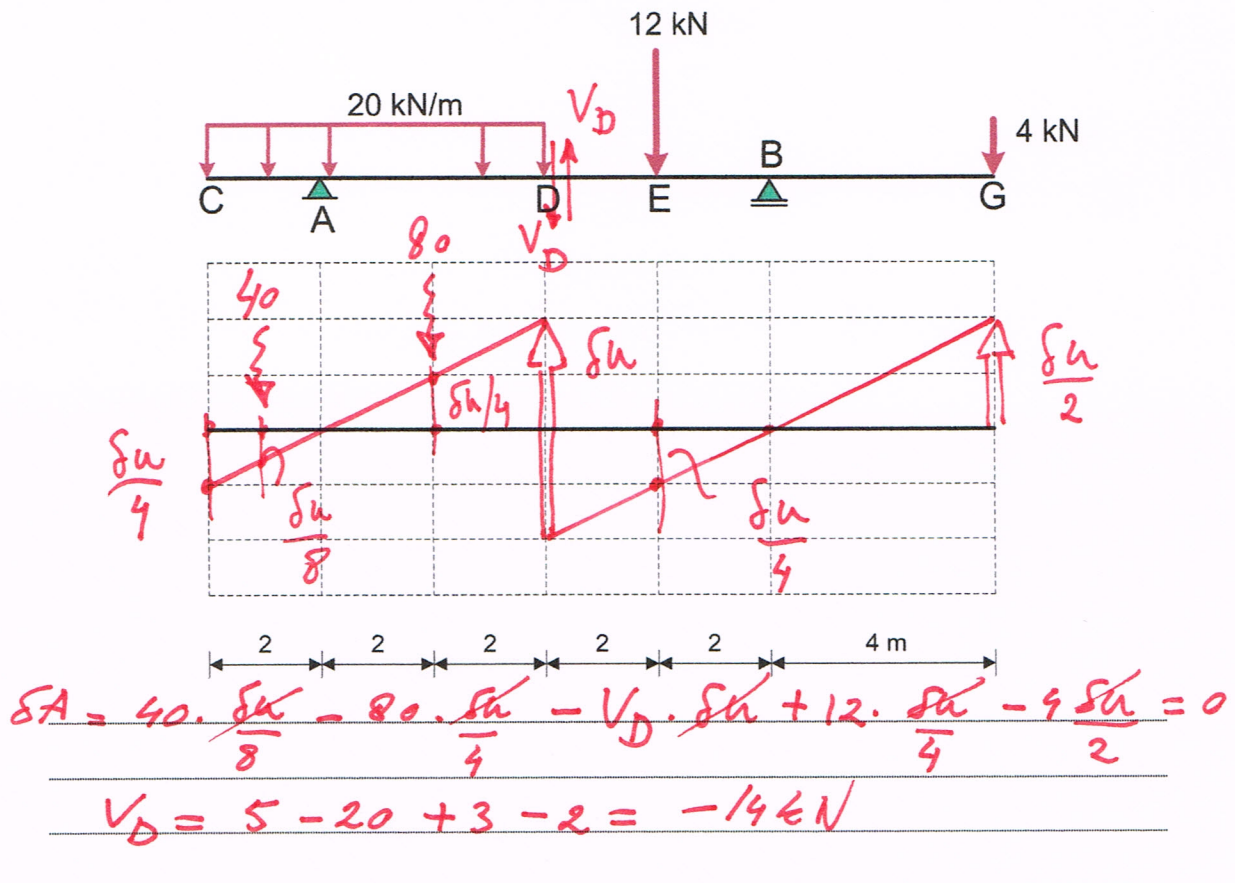


$$\delta A = 40 \cdot \frac{\delta u}{8} - 80 \cdot \frac{\delta u}{4} - 12 \cdot \frac{3}{4} \delta u + B_v \cdot \delta u - 4 \cdot \frac{3}{2} \delta u = 0$$

$$B_v = -5 + 20 + 9 + 6 = 30 \text{ kN} (\uparrow)$$

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

- c) Bepaal met het principe van **virtuele arbeid** de dwarskracht direct rechts van D.



- d) Teken de dwarskrachtenlijn voor de gehele ligger. Geef de vervormingstekens aan voor de dwarskracht en schrijf op karakteristiek punten de waarden erbij.

