

Studienummer

Opgaven

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|

Naam student

model in bewerking

|   |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|   |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
| 1 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 0 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Vakje volledig invullen

## Hertentamen CTB2210 ConstructieMechanica 3

14 April 2016, 13:30 - 16:30

Statisch onbepaalde constructies, stabiliteit van het evenwicht en inleiding elasticiteitstheorie. Het antwoordformulier wordt door een scanner ingelezen en verder digitaal verwerkt. Het is dus van het grootste belang binnen de aangegeven ruimte te blijven en duidelijk te schrijven. Verwijder niet het nietje, alle bladen zijn uniek gecodeerd en kunnen niet worden vervangen.

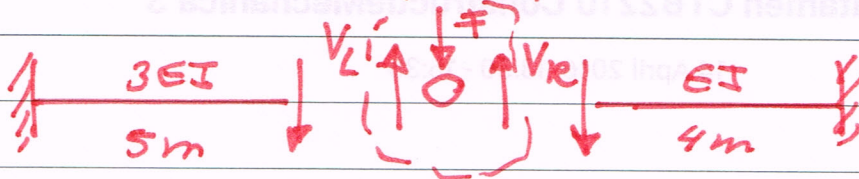
## Opgave 1 : Theorie

- (a) Geef aan welke fundamentele onbekende(n) u kiest indien de krachtsverdeling wordt opgelost met behulp van de (discrete) verplaatsingenmethode.

*Bakking  $w_s$  van het scharnier*

- (b) Stel de bijbehorende vergelijkinge(n) op waarmee u de onbekende(n) kunt bepalen en los deze op.

*$\sum$  verticale krachten op scharnier = 0*



$$w_s = \frac{V_L 5^3}{3 \cdot 3EI} \quad \Leftrightarrow \quad \text{evenwicht} \quad w_s = \frac{V_R 4^3}{3EI}$$

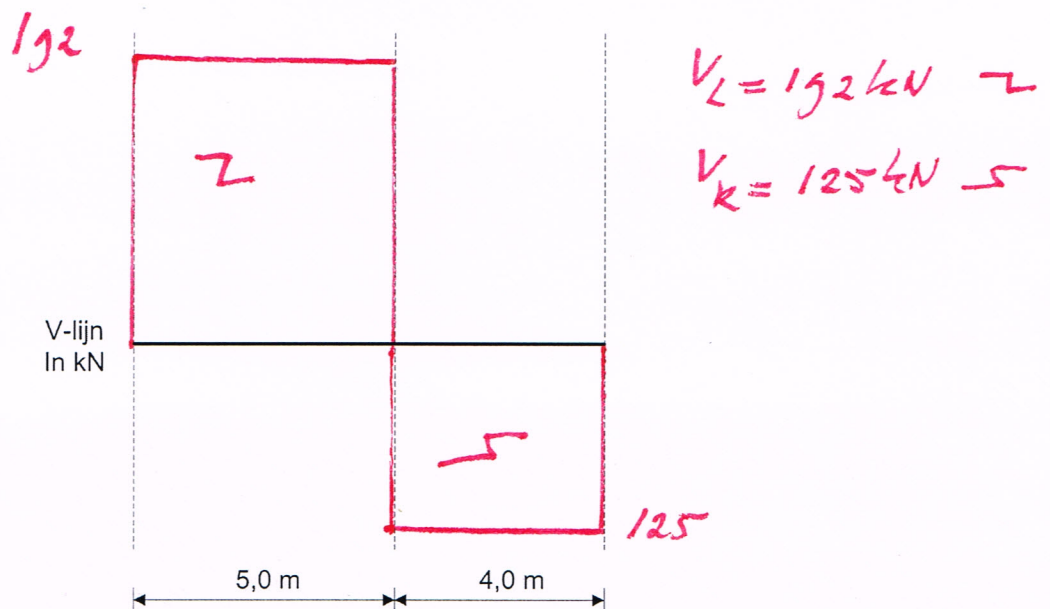
$$V_L = \frac{9EI}{125} \cdot w_s$$

$$V_R = \frac{3EI}{64} w_s$$

$$\sum F_v = 0: -V_L + F - V_R = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \left( \frac{9EI}{125} + \frac{3EI}{64} \right) w_s = F$$

$$w_s = \frac{8000}{551EI} \cdot F = \frac{1}{30} \text{ m} = 0,033 \text{ m}$$

- (c) Bepaal de dwarskrachtverdeling voor de gehele constructie en teken deze de verdeling inclusief de vervormingstekens. Zet de waarden erbij.



- (d) Bepaal de maximale waarde voor F waarbij instabiliteit optreedt,

lokale buig  $F < F_{KL} = \frac{\pi^2 EI}{5^2} \approx 600 \text{ kN} \text{ (592)}$   
 globale buig  $F_{tot} < F_{KG}$  met  $\frac{1}{F_{KG}} = \frac{1}{\pi^2 EI} + \frac{1}{\frac{\pi^2 EI}{8^2}}$   
 $F_{tot} = F + \frac{F \cdot 4}{3} + \frac{F \cdot 4}{5} + \frac{F \cdot 4}{2} = \frac{77}{15} F$  en  $F_{KG} = 168,8 \text{ kN}$   
 $\frac{77}{15} F < 168,8 \Rightarrow F < 32,8 \text{ kN (max 32,8)}$

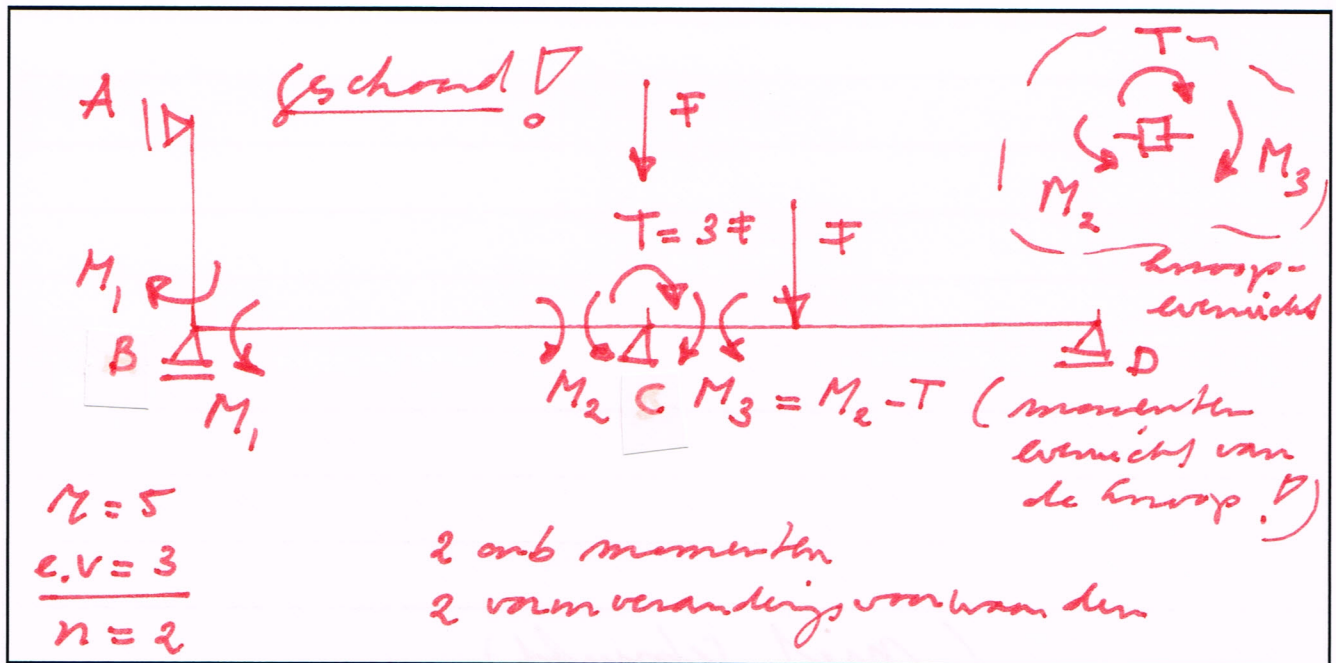
This answerbox will continue on the next page.

This answerbox belongs to question d.

(niet gebruikt)

## Opgave 2 : Statisch Onbepaalde constructies

- (a) Analyseer deze constructie en geef het model dat u hanteert om de krachtsverdeling te bepalen met behulp van de krachtenmethode. Ondersteun dit onderdeel met een duidelijke schets met daarin aangegeven de door u aangenomen onbekende(n).



- (b) Stel de noodzakelijke vergelijkingen op en los de door u aangenomen onbekende(n) op. Hierbij mag u het probleem zoveel mogelijk reduceren en gebruik maken van alle op het formuleblad gegeven vergeet-mij-nietjes.

$$\varphi_B^{AB} = \varphi_B^{BC} : \frac{-M_1 \cdot 3}{3EI} = \frac{M_1 \cdot 6}{3EI} + \frac{M_2 \cdot 6}{6EI} \quad (1)$$

$$\varphi_C^{BC} = \varphi_C^{CD} : \frac{-M_1 \cdot 6}{6EI} - \frac{M_2 \cdot 6}{3EI} = \frac{(M_2 - T) \cdot 6}{3EI} - \frac{F \cdot 2 \cdot 4 \cdot 6}{6EI \cdot 6} \quad (2)$$

$$(1) : 3M_1 + M_2 = 0 \quad M_2 = -3M_1$$

$$(2) : M_1 + 4M_2 = 2T + \frac{80}{36} F$$

$$M_1 = -79 \text{ kNm} ; M_2 = 222 \text{ kNm} ; M_3 = -75 \text{ kNm}$$

This answerbox will continue on the next page.

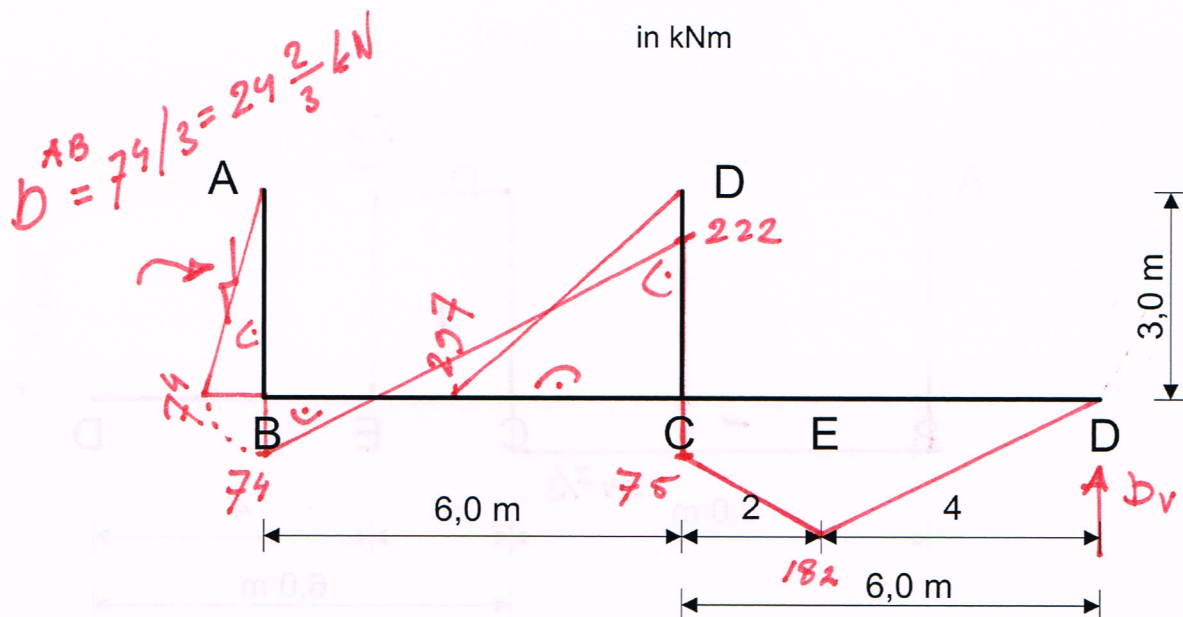
This answerbox belongs to question b.

(nicht gebremst)

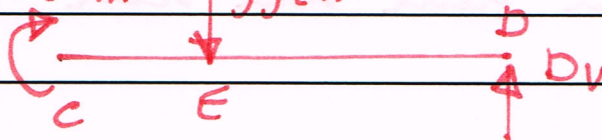
- (c) Teken voor de gehele constructie de momentenlijn inclusief de vervormingstekens en zet op karakteristieke punten de waarden erbij. Kies zelf een geschikte schaal.

### M-lijn

in kNm



moment in E? Eerst  $D_v$  bepalen dan snede in E.  $75 \text{ kNm}$   $99 \text{ kN}$



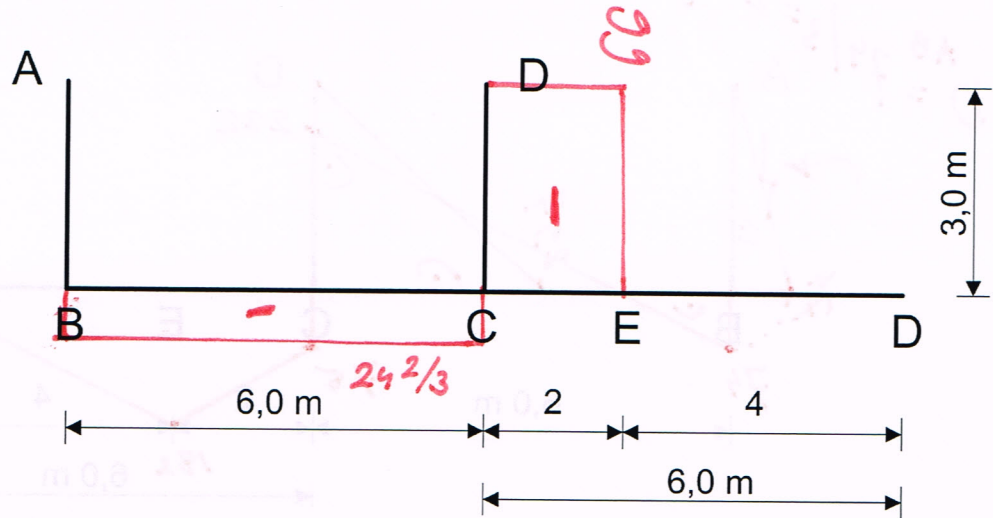
$$\sum T|_C = 0 \quad 75 + 99 \cdot 2 - D_v \cdot 6 = 0 \quad M_E = 45,5 \times 4 = 182 \text{ kNm}$$

$$D_v = 45,5 \text{ kN} (\uparrow)$$

- (d) Teken voor de gehele constructie de normaalkrachtenlijn en geef met het teken aan of het om trek of druk gaat. Kies zelf een geschikte schaal.

### N-lijn

in kN



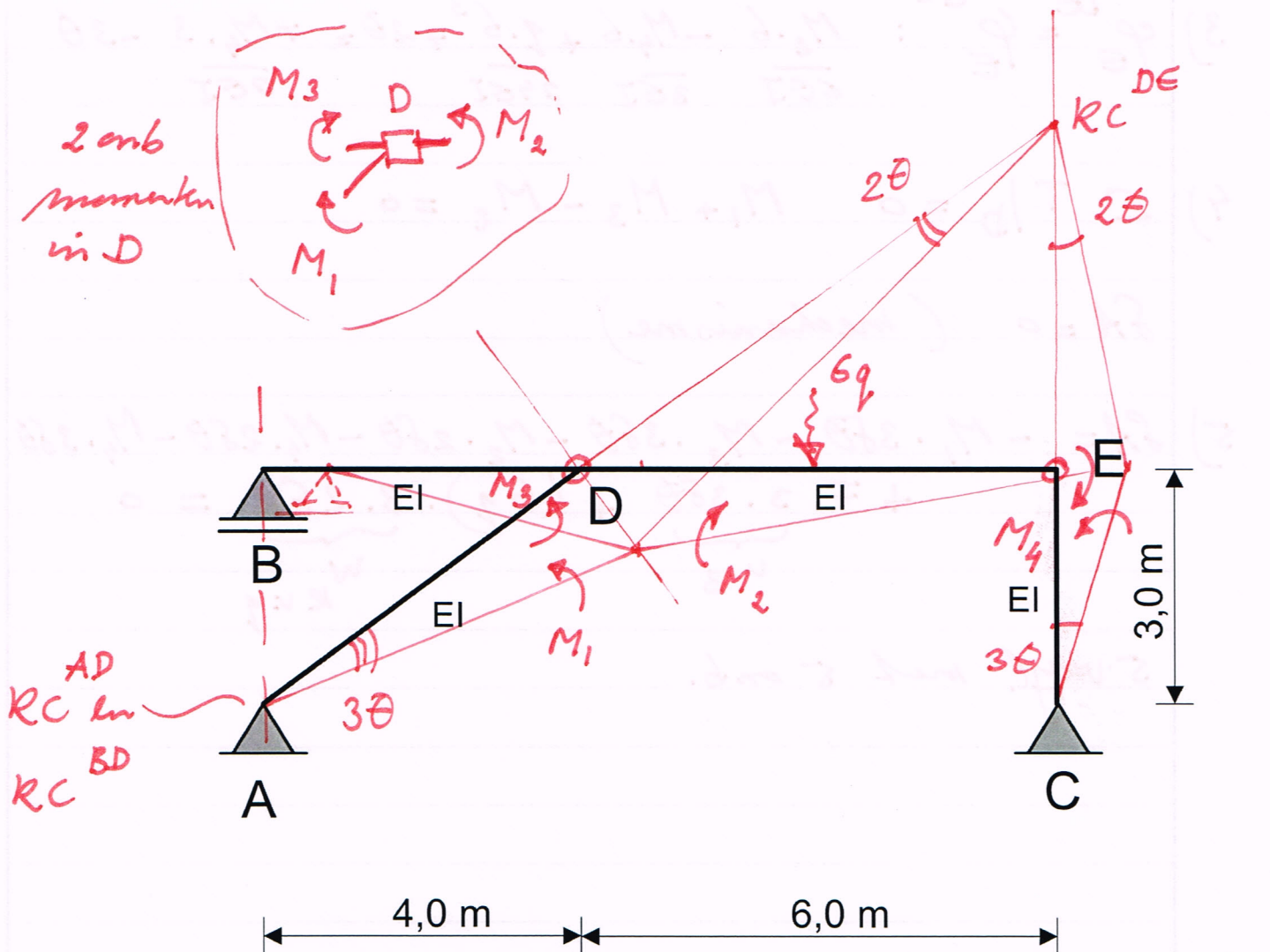
$V_{AB} = N^{BC}$ ; let op tekens  
in denk aan deel CD

### Opgave 3 : Statisch Onbepaalde Constructies

(a) Hoeveel-voudig statisch onbepaald is deze constructie?

|          |                              |
|----------|------------------------------|
| $M = 5$  |                              |
| $EV = 3$ |                              |
| $h = 2$  | 2-voudig statisch onbepaald. |
|          |                              |
|          |                              |

(b) Geef in de onderstaande schets aan welke onbekende(n) u kiest om de krachtsverdeling te kunnen bepalen



3 fund onbepaalde momenten en ( $M_1$ ,  $M_2$  en  $M_4$ )  
 1 onbepaalde rotatie  $\theta$   
 7 evenwichts vergt voor  $M_3$

- (c) Stel de vergelijking(en) op waarmee u de onbekenden kunt oplossen. (ga deze niet oplossen).  
Gebruik zo nodig het volgende blad voor verduidelijkende schetsen.

$$1) \overset{AD}{\varphi_D} = \overset{DE}{\varphi_D} : + \frac{M_1 \cdot 5}{3EI} - 3\theta = - \frac{M_2 \cdot 6}{3EI} + \frac{M_4 \cdot 6}{6EI} - \frac{q \cdot 6^3}{24EI} + 2\theta$$

$$2) \overset{BD}{\varphi_D} = \overset{AD}{\varphi_D} : + \frac{M_3 \cdot 4}{3EI} - 3\theta = + \frac{M_1 \cdot 5}{3EI} - 3\theta$$

$$3) \overset{DE}{\varphi_E} = \overset{EC}{\varphi_E} : \frac{M_2 \cdot 6}{6EI} - \frac{M_4 \cdot 6}{3EI} + \frac{q \cdot 6^3}{24EI} + 2\theta = + \frac{M_4 \cdot 3}{3EI} - 3\theta$$

$$4) \sum T|_D = 0 \quad M_1 + M_3 - M_2 = 0$$

$$\delta A = 0 \quad (\text{mechanisme})$$

$$5) \delta A = -M_1 \cdot 3\delta\theta - M_3 \cdot 3\delta\theta - M_2 \cdot 2\delta\theta - M_4 \cdot 2\delta\theta - M_4 \cdot 3\delta\theta \\ + \underbrace{7 \cdot 3 \cdot 3\delta\theta}_{W_B} + \underbrace{(6q) \cdot 3 \cdot 2\delta\theta}_{W_{Kv.q}} = 0$$

5 vergl. met 5 onb.

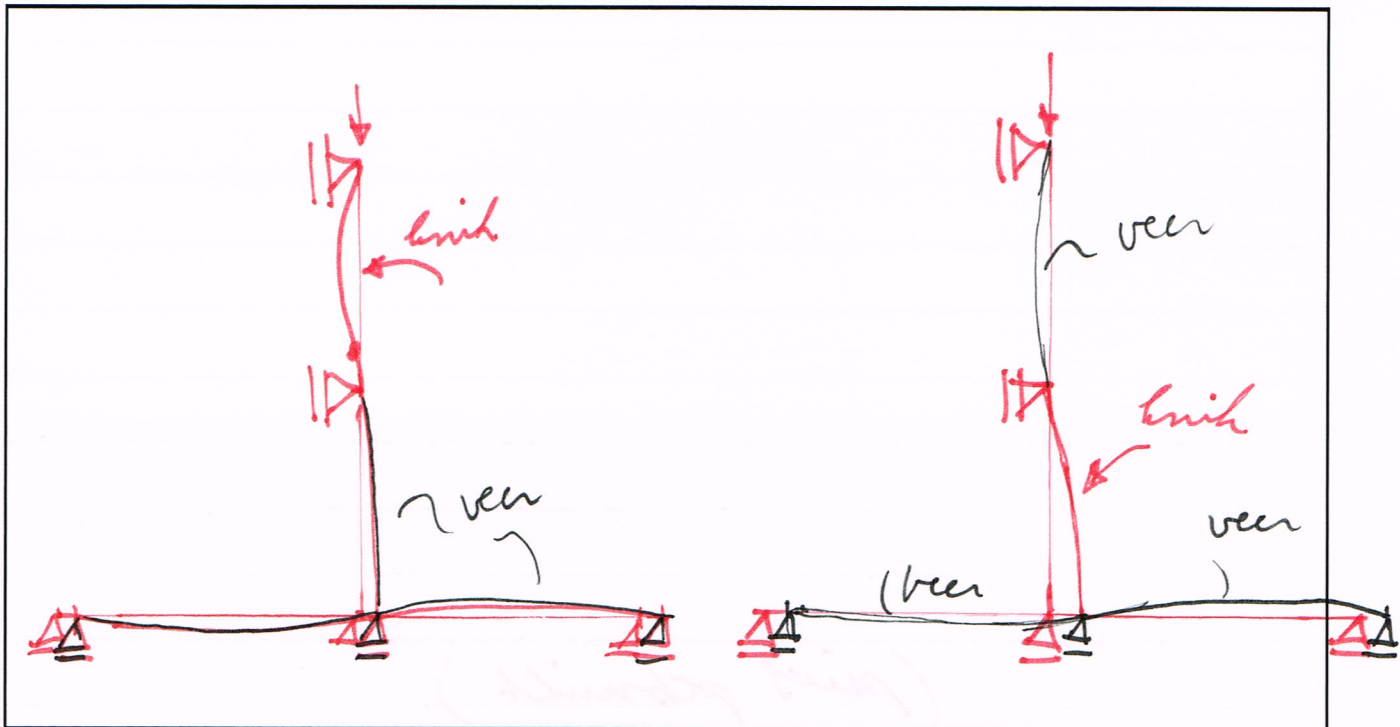
This answerbox will continue on the next page.

This answerbox belongs to question c.

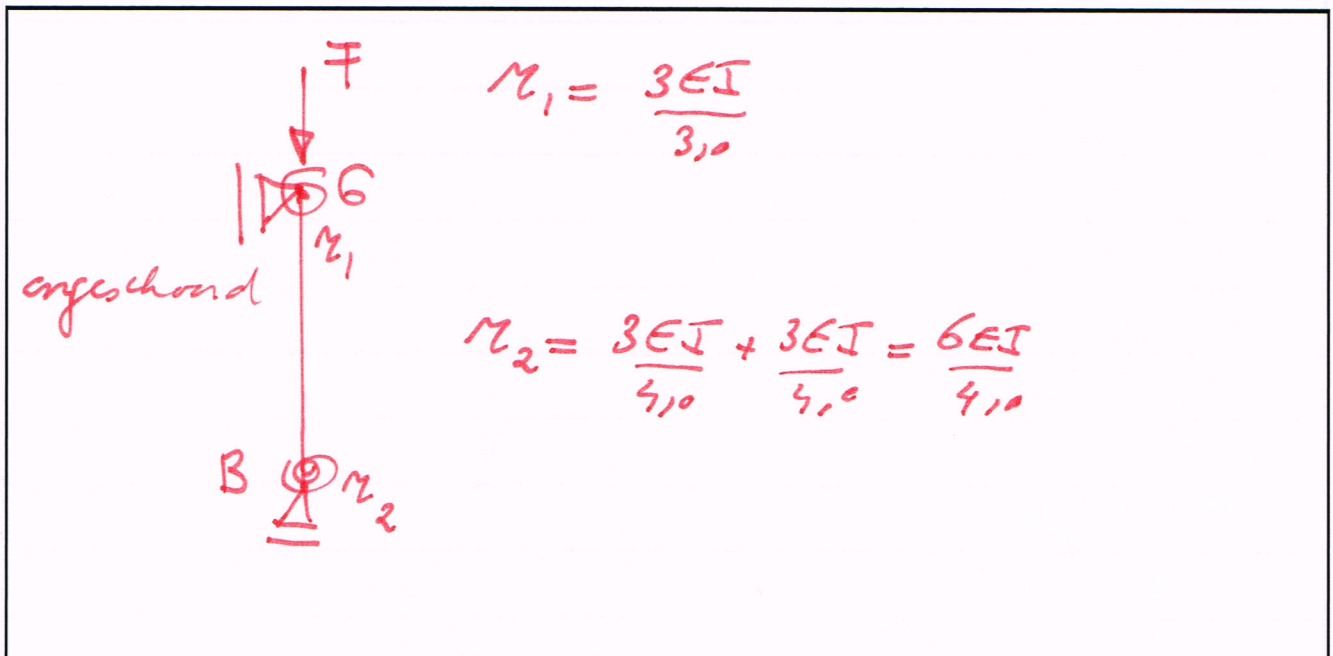
(niet gebruikt)

### Opgave 4 : Stabiliteit

- (a) Teken de knikvorm(en) van deze constructie. Geef duidelijk aan welke delen mogelijk uitknikken en welke delen alleen buigen.



- (b) Geef een schets van het rekenmodel dat u hanteert voor het bepalen van de knikkracht van het onderste deel GB van de kolom. Bepaal ook alle noodzakelijke parameters in uw model en geef deze aan in uw schets.



This answerbox will continue on the next page.

This answerbox belongs to question b.

(c) Bepaal met uw model de kniklast van deel GB. Maak zonodig gebruik van het formuleblad.

aangeschouwd,  $\eta$ -formule

$$\rho_1 = \frac{n_1 \cdot s}{EI} = 3 \quad \eta_1 = 4 + \frac{10}{s_1} = \frac{22}{3}$$

$$\rho_2 = \frac{n_2 \cdot s}{EI} = 4\frac{1}{2} \quad \eta_2 = 4 + \frac{10}{4\frac{1}{2}} = \frac{56}{9}$$

$$F_k = \frac{\left(\frac{22}{3} + \frac{56}{9}\right)^2}{\frac{22}{3} \cdot \frac{56}{9} \left(\frac{22}{3} + \frac{56}{9} - 4\right)} \cdot \frac{\pi^2 EI}{3^2} = 0,421 \times \frac{\pi^2 \cdot 5000}{9}$$

$$F_k = 2310,8 \text{ kN} \quad (\pi^2 \approx 10 \text{ levert } 2341 \text{ kN})$$

## Opgave 5 : Elasticiteitstheorie

(a) Wat houdt een homogene isotrope spanningssituatie in?

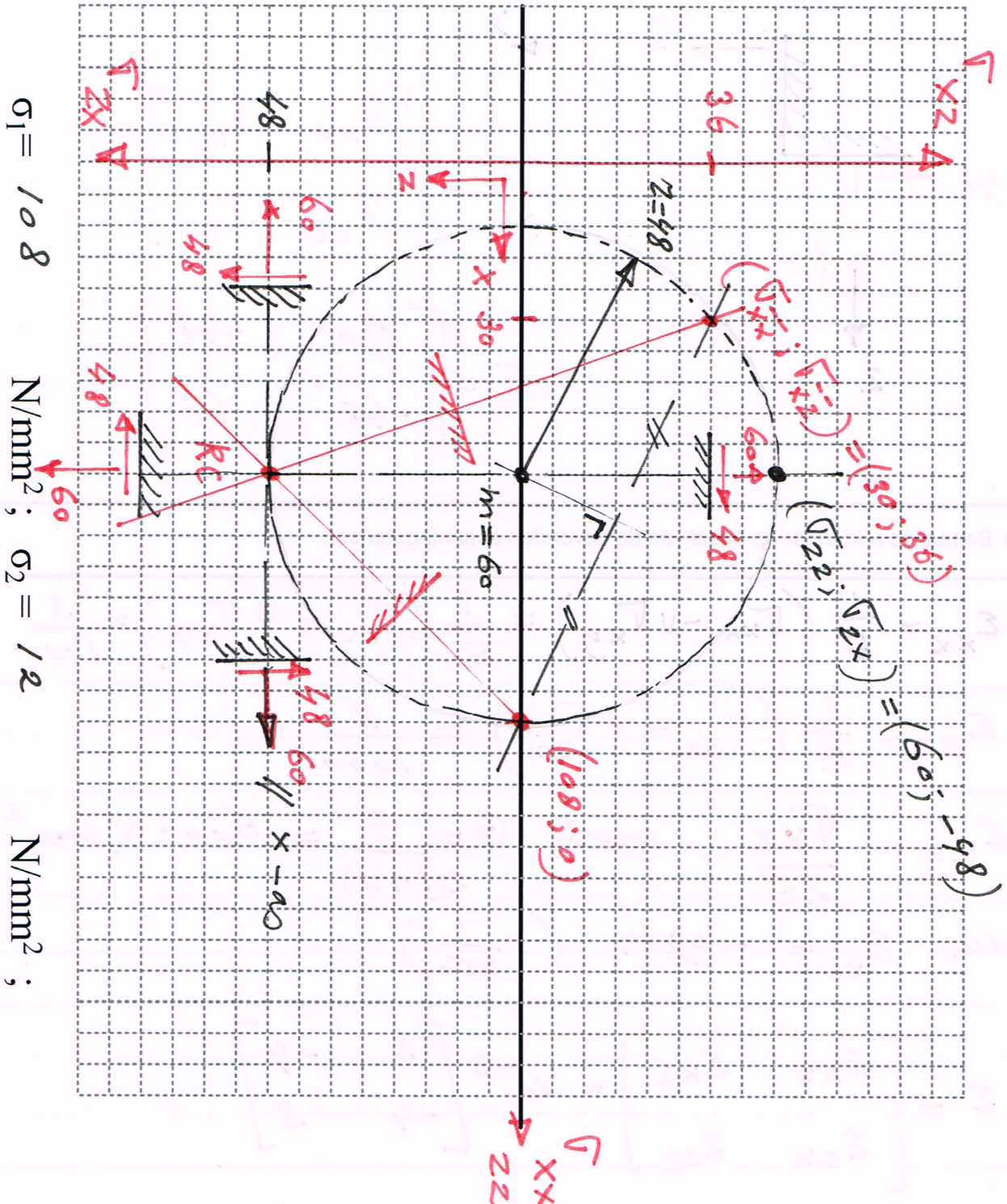
homogeen: het materiaal is op iedere plaats gelijk (identieke eigenschappen)

isotrop: het materiaal heeft in alle richtingen dezelfde eigenschappen

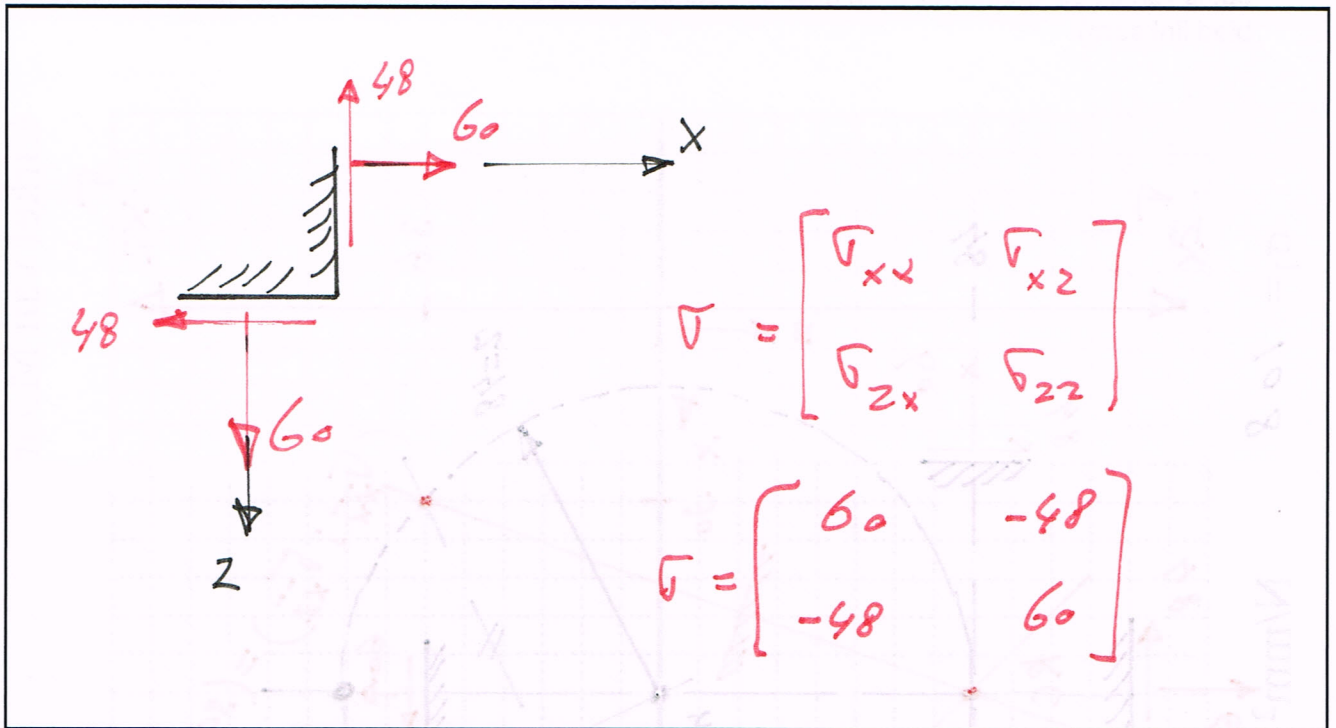
- (b) Teken de cirkel van Mohr voor de spanningen en geef duidelijk het richtingencentrum en de hoofdrichtingen en hoofdspanningen aan. Bepaal de hoofdspanningen m.b.v. een berekening op basis van de cirkelinformatie en geef de getalswaarden op 1 decimaal aan in de tekening. (draai dit blad linksom)

Cirkel van Mohr

Schaal: 1 hokje = 6,0 N/mm<sup>2</sup>



- (c) Bepaal met de cirkel van Mohr de spanningstensor en teken de spanningen op de vlakjes zoals deze in werkelijkheid werken en zet de getalswaarde erbij.



- (d) Bepaal de rektensor op basis van de gevonden spanningstensor.

$$\epsilon_{xx} = \frac{1}{E} (\sigma_{xx} - \nu \sigma_{yy}) = \frac{1}{E} (\sigma_{xx} - \nu \sigma_{zz}) = \frac{3}{1000}$$

$$\epsilon_{zz} = \frac{1}{E} (\sigma_{zz} - \nu \sigma_{zz}) = \frac{3}{1000}$$

$$\epsilon_{xz} = \frac{\sigma_{xz}}{2G} \quad \text{met } G = \frac{E}{2(1+\nu)} = 6000 \text{ N/mm}^2$$

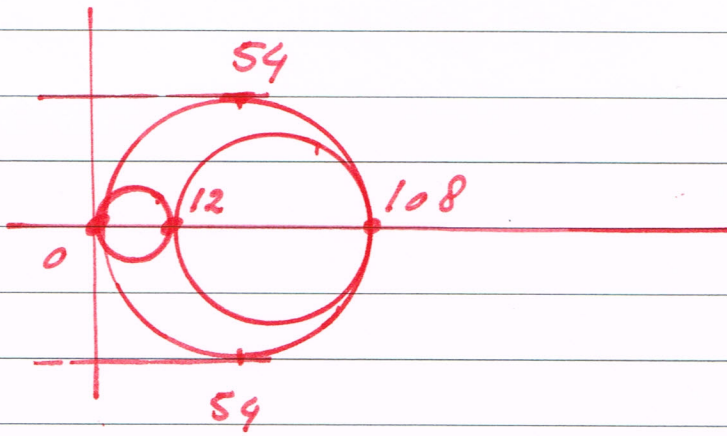
$$\text{dus } \epsilon_{xz} = -0,004 \quad \left(-\frac{1}{250}\right)$$

$$\epsilon = \begin{bmatrix} \epsilon_{xx} & \epsilon_{xz} \\ \epsilon_{zx} & \epsilon_{zz} \end{bmatrix} = 10^{-3} \begin{bmatrix} 3 & -4 \\ -4 & 3 \end{bmatrix}$$

- (e) Bepaal de veiligheidsfactor van de gegeven spanningstoestand op basis van het criterium van Tresca.

grootste cirkel is maatgevend:

$$\text{diameter} = 108 \text{ N/mm}^2$$



criterium  $\gamma \cdot 108 \leq f_y = 115$

$$\gamma = \frac{115}{108} = 1,06 \quad (\text{veilig met kleine marge!})$$