

EKSAMEN I EMNE TKT4126 MEKANIKK

Mandag 12. desember 2005

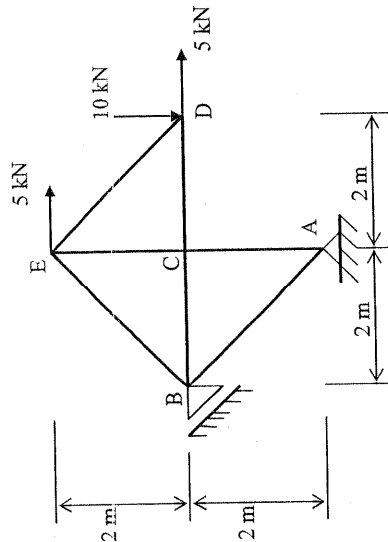
Kl. 0900 – 1300

Faglig kontakt under eksamen:
Svein I Sørensen, tlf. 47 90 61 47

Hjelpemidler : C

- Godkjent enkel kalkulator
- Formelsamling TKT4126 (3 sider)
- Rottmann : Matematisk formelsamling

OPPGAVE 1 (Vekt 0,25)

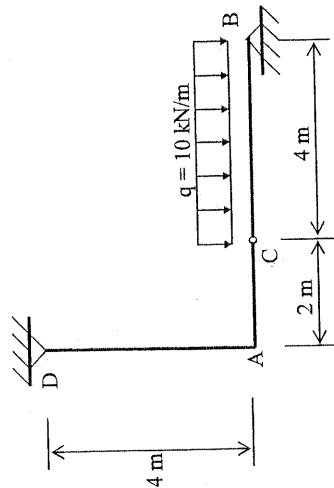


Figur 1

Figur 1 viser et idcett fagverk opplagret på et fast boltlager i A og et forskyvelig boltlager i B (glidelager). Lageret i B kan gli parallelt med stav AB. Fagverket er belastet med horisontal og vertikal kraft i D, og horisontal kraft i E.

- a. Vis at fagverket er statisk bestemt
- b. Bestem opplagerreaksjonene i A og B.
- c. Bestem alle stavkreftene, og vis på figur størrelser og om det er strekk eller trykk i stavene.

OPPGAVE 2 (Vekt 0,25)



Figur 2

Figur 2 viser ei ramme som er opplagret i B og D med faste boltlager, og med et indre ledd i C. Ramma er belastet med en jevnt fordelt last langs hele CB.

- a. Vis at ramma er statisk bestemt
- b. Bestem opplagerreaksjonene i B og D, og leddkrefter i C. Tegn kraftbilde.
- c. Beregn og tegn diagram for moment (M), skjærkrefter (V) og aksialkrefter (N) i ramma. Vis kraftretninger med virkningssymboler i diagrammene.

Løsning OPPG. 1

Antall reaksjonskrefter: $r = 3$ } $S+r=10 =$ antall uløste
 Antall staver: $s = 7$ }
 Antall knipl. : $k = 5 \Rightarrow 2.5 = 10 =$ antall likning
 ↓
STATISK BESTEMT!

b) OPPLAGERREAKSJONER:

$$\sum M_A = 0:$$

$$B \cdot 2\sqrt{2} + 5 \cdot 2 \cdot 5.4 - 10 \cdot 2 = 0$$

$$B = \frac{10 + 20 + 20}{2\sqrt{2}} = \frac{25}{\sqrt{2}} \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0:$$

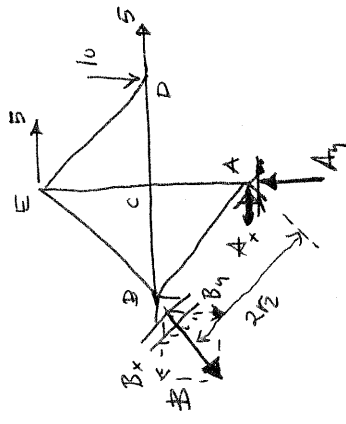
$$A_y - \frac{B}{\sqrt{2}} - 10 = 0$$

$$A_y = \frac{2.5}{\sqrt{2}} + 10 = \underline{\underline{22.5 \text{ kN}}}$$

$$\sum F_x = 0:$$

$$A_x + \frac{B}{\sqrt{2}} + 5 + 5 = 0$$

$$A_x = \frac{2.5}{\sqrt{2}} - 10 = \underline{\underline{2.5 \text{ kN}}}$$



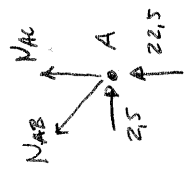
c) Ståvkrefter:

Knipl. A:

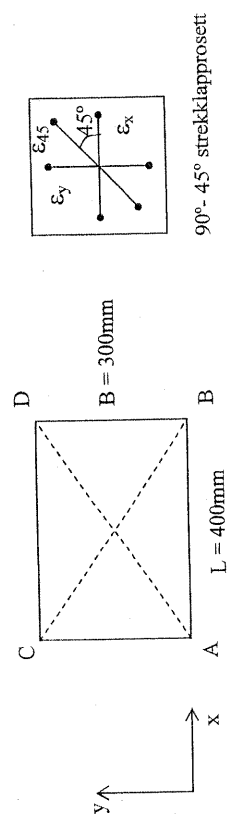
$$\sum F_x = 0: \frac{N_{AB}}{\sqrt{2}} - 2.5 = 0 \rightarrow N_{AB} = 2.5\sqrt{2} = \underline{\underline{3.535 \text{ kN}}} \text{ (Strekk)}$$

$$\sum F_y = 0: N_{AC} + \frac{N_{AB}}{\sqrt{2}} + 22.5 = 0$$

$$N_{AC} = -2.5 - 22.5 = \underline{\underline{-25 \text{ kN}}} \text{ (Trykk)}$$



OPPGAVE 3 (Vekt 0,20)



Figur 3

Figur 3 viser ei rektangulær ståplate ABCD. Tøyninger i flata er målt med en 90°-45° strekkloppsett som vist på figuren:

$$\epsilon_x = 1,2 \cdot 10^{-3}; \quad \epsilon_y = 0,4 \cdot 10^{-3}; \quad \epsilon_{45} = 1,2 \cdot 10^{-3}$$

a. Vis at koordinatskjærtøyningen kan bestemmes som:

$$\gamma_{xy} = 2\epsilon_{45} - \epsilon_x - \epsilon_y$$

Beregn verdien av γ_{xy} .

b. Beregn lengdeendring (i mm) av diagonalene AD og BC pga tøyningene.

OPPGAVE 4 (Vekt 0,30)

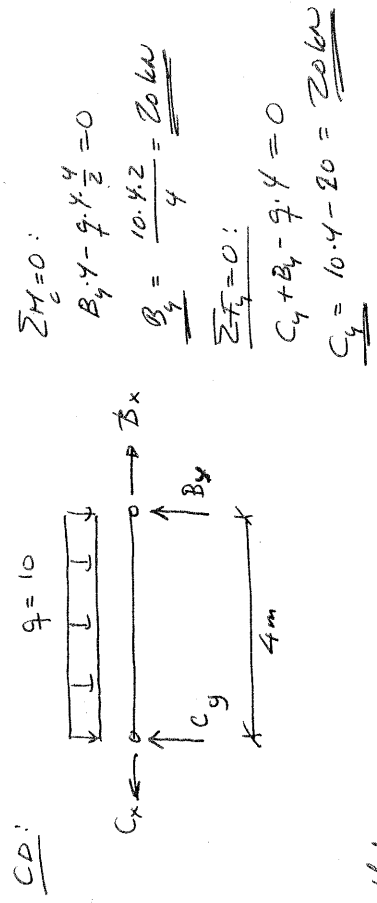
Stålet i plata i figur 3, oppgave 3 har elastisitetsmodul $E = 210000 \text{ N/mm}^2$, tverrkontraksjonstall $\nu = 0,3$ og flytegrense $f_y = 350 \text{ N/mm}^2$.

- Plata i oppgave 3 har plan spenningsstilstand ($\sigma_z = 0$). Beregn koordinatspenningene σ_x , σ_y og τ_{xy} i plata pga tøyningene fra oppgave 3. Beregn også tøyningen normalt til plateplanet.
- Beregn hovedspenninger og hovedspenningstreninger, samt maksimal skjærspenning i plata.
- Tegn Mohr-diagram for spenningene og vis pol, hovedspenninger og retninger, samt spenningspunkter på sirkelen for spenningene i diagonalretningene av plata. Les av normalspenninger og skjærspenninger i diagonalretningene.
- Beregn sikkerhet mot flytning etter Mises-kriteriet.

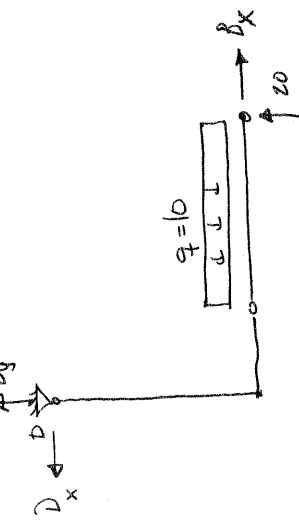
Lösungsweg Graph. 2

- g) Anzahl Knoten: 4 } ⇒ 6 abhängige STATISCH
 Anzahl Leerdreiecke: 2 } BEZIEHUNGEN!
 Anzahl kinem. B.d.g.: 2.3 = 6 CUL

b) Opgelösungsweg einer Leerdreiecke:

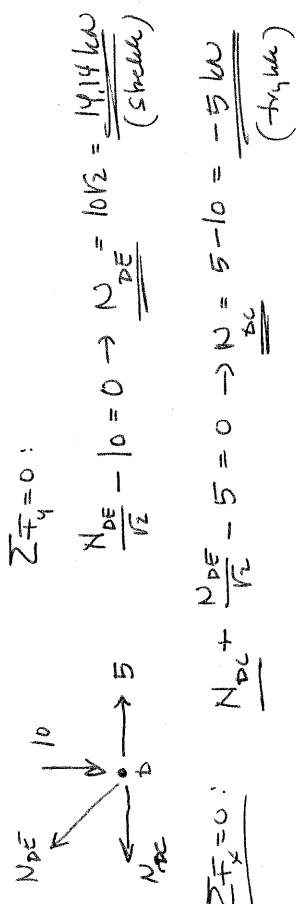


Alle zusammen:

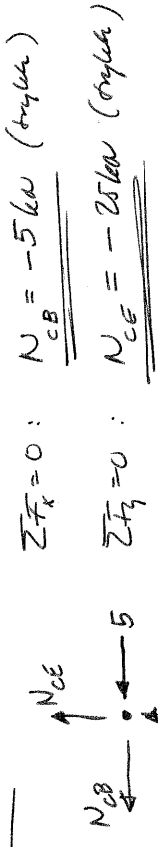


$\sum F_x = 0: D_x - B_x = 0 \Rightarrow \underline{\underline{D_x = 10 \text{ kN}}}$
 $\sum F_y = 0: D_y + 20 - 10 \cdot 4 = 0 \Rightarrow \underline{\underline{D_y = 20 \text{ kN}}}$
CD: $C_x - B_x = 0 \Rightarrow \underline{\underline{C_x = 10 \text{ kN}}}$

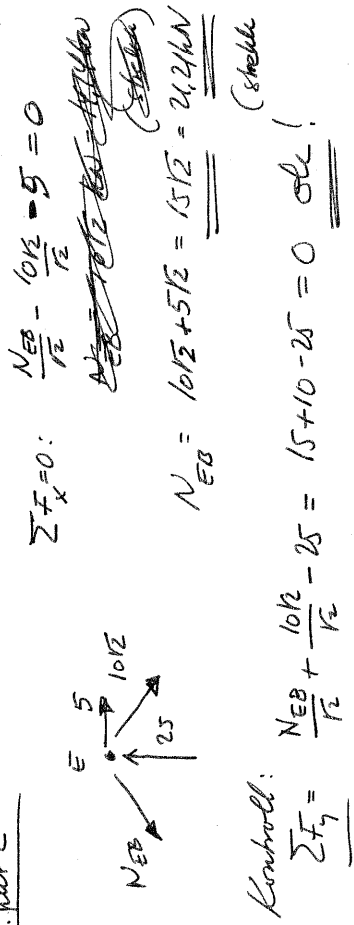
Knoten D:



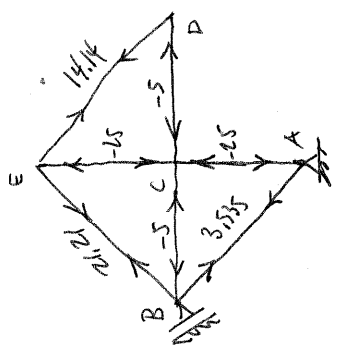
Knoten C:



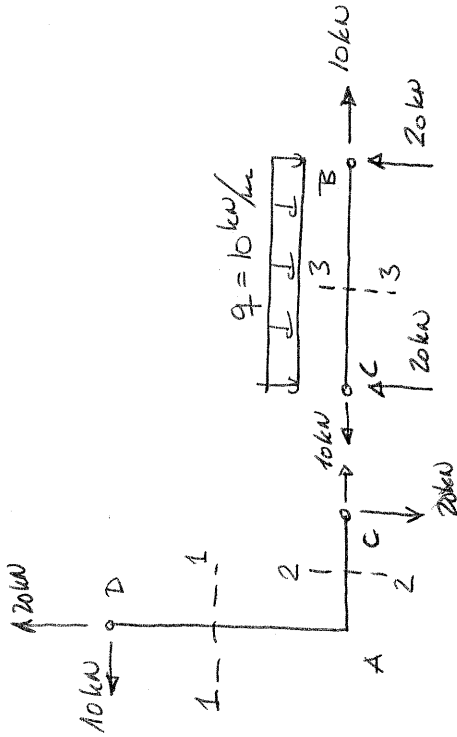
Knoten E:



Resultat sammeln:

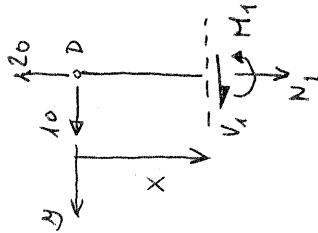


KRAFTBILDE



c) Tre snitt som vist på kraftbildet.

SNITT 1



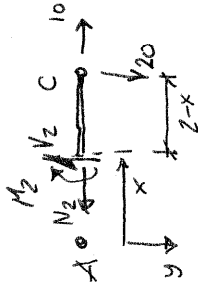
$$\sum F_y = 0: V_1 + 10 = 0 \Rightarrow V_1 = -10 \text{ kN} \quad (\uparrow)$$

$$\sum F_x = 0: N_1 - 20 = 0 \Rightarrow N_1 = 20 \text{ kN} \quad (\rightarrow)$$

$$\sum M_{\text{snitt}} = 0: M_1 + 10x = 0 \Rightarrow M_1 = -10x \quad (\uparrow)$$

$$\left(\begin{aligned} M_B &= M_1(x=0) = 0 \\ M_A &= M_1(x=2) = -20 \text{ kNm} \end{aligned} \right)$$

SNITT 2



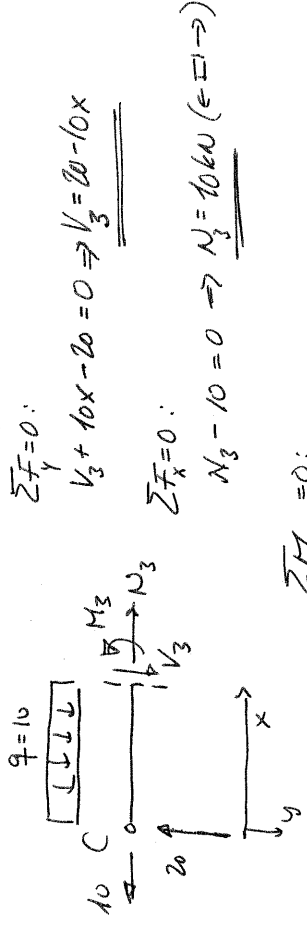
$$\sum F_y = 0: V_2 - 20 = 0 \Rightarrow V_2 = 20 \text{ kN} \quad (\uparrow)$$

$$\sum F_x = 0: N_2 - 10 = 0 \Rightarrow N_2 = 10 \text{ kN} \quad (\leftarrow)$$

$$\sum M_{\text{snitt}} = 0:$$

$$\left(\begin{aligned} M_2 + 20(2-x) &= 0 \Rightarrow M_2 = 20x - 40 \\ M_A &= M_2(x=0) = -40 \text{ kNm} \\ M_C &= M_2(x=2) = 0 \end{aligned} \right)$$

SNITT 3



$$\sum F_y = 0:$$

$$V_3 + 10x - 20 = 0 \Rightarrow V_3 = 20 - 10x$$

$$\sum F_x = 0:$$

$$N_3 - 10 = 0 \Rightarrow N_3 = 10 \text{ kN} \quad (\leftarrow)$$

$$\sum M_{\text{snitt}} = 0:$$

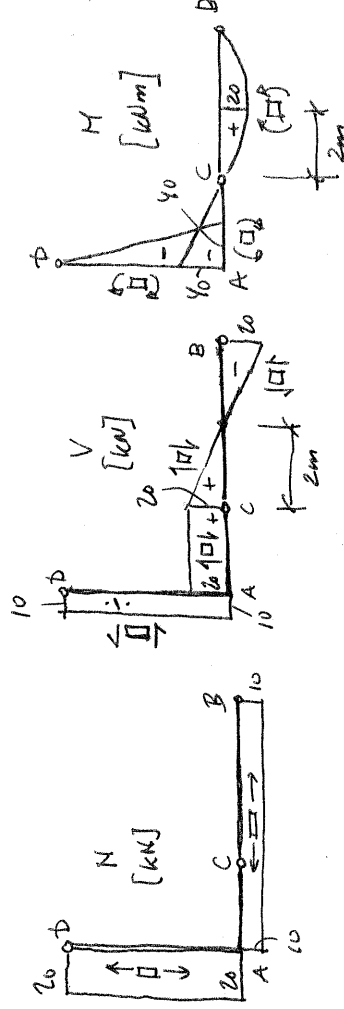
$$M_3 + 10 \cdot x \cdot \frac{x}{2} - 20x = 0$$

$$M_3 = 20x - 5x^2$$

$$V_3 = 0: 20 - 10x = 0 \Rightarrow x = \frac{20}{10} = 2 \text{ m}$$

$$\Rightarrow M_3^{\text{max}} = M_3(x=2) = 20 \cdot 2 - 5 \cdot 2^2 = 40 - 20 = 20 \text{ kNm} \quad (\uparrow)$$

DIAGRAMMER:



SPANNING OPPG. 4

a) Koordinatspenninger:

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2} (\epsilon_x + \nu \epsilon_y) = \frac{210000}{1-0,3^2} (1,2 + 0,3 \cdot 0,4) \cdot 10^{-3} = 304,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2} (\epsilon_y + \nu \epsilon_x) = \frac{210000}{1-0,3^2} (0,4 + 0,3 \cdot 1,2) \cdot 10^{-3} = 175,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{xy} = \frac{E}{2(1+\nu)} \gamma_{xy} = \frac{210000}{2 \cdot 1,3} \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 64,6 \text{ N/mm}^2$$

Teogn. \perp plateplanet:

$$\epsilon_z = -\frac{\nu}{E} (\sigma_x + \sigma_y) = -\frac{0,3}{210000} \cdot (304,6 + 175,4) = -0,69 \cdot 10^{-3}$$

b) Fordeispenninger:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \frac{304,6 + 175,4}{2} + \sqrt{\left(\frac{304,6 - 175,4}{2}\right)^2 + 64,6^2}$$

$$= 240 + \sqrt{64,6^2 + 64,6^2} = 240 + 91,4 = 331,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = 240 - 91,4 = 148,6 \text{ N/mm}^2$$

Fordeispenn. retrn.:

$$\varphi_1 = \arctan \frac{\sigma_1 - \sigma_x}{\tau_{xy}} = \arctan \frac{331,4 - 304,6}{64,6} = 22,5^\circ$$

$$\varphi_2 = 90^\circ + \varphi_1 = 112,5^\circ$$

Max slyrespenning:

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) = \frac{1}{2} (331,4 - 0) = 165,7 \text{ N/mm}^2$$

SPANNING OPPG. 3

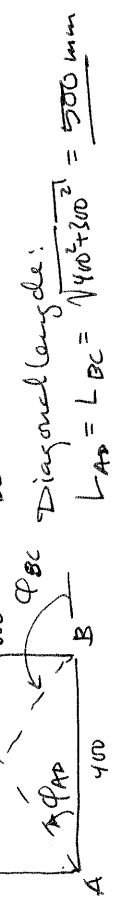
a) $E(45) = \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} + \frac{\epsilon_x - \epsilon_y}{2} \cos(2 \cdot 45) + \frac{1}{2} \gamma_{xy} \sin(2 \cdot 45)$

$\epsilon_{45} = \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} + \frac{1}{2} \gamma_{xy} \Rightarrow \gamma_{xy} = 2\epsilon_{45} - \epsilon_x - \epsilon_y$ QED

$\gamma_{xy} = 2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} - 0,4 \cdot 10^{-3} = 0,8 \cdot 10^{-3}$

$\varphi_{AD} = \arctan \frac{3}{4} = 36,87^\circ$

$\varphi_{BC} = 90^\circ + (90 - 36,87) = 143,13^\circ$



Lengdetegnning av AD:

$$\begin{aligned} \Sigma(\varphi_{AD}) &= E(36,87) = \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} + \frac{\epsilon_x - \epsilon_y}{2} \cos(2 \cdot 36,87) + \frac{1}{2} \gamma_{xy} \sin(2 \cdot 36,87) \\ &= \left(\frac{1,2 - 0,4}{2} + \frac{1,2 - 0,4}{2} \cdot 0,88 + \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 0,96\right) \cdot 10^{-3} \\ &= (0,8 + 0,4 \cdot 0,88 + 0,4 \cdot 0,96) \cdot 10^{-3} = 1,296 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

Lengdetegnning:

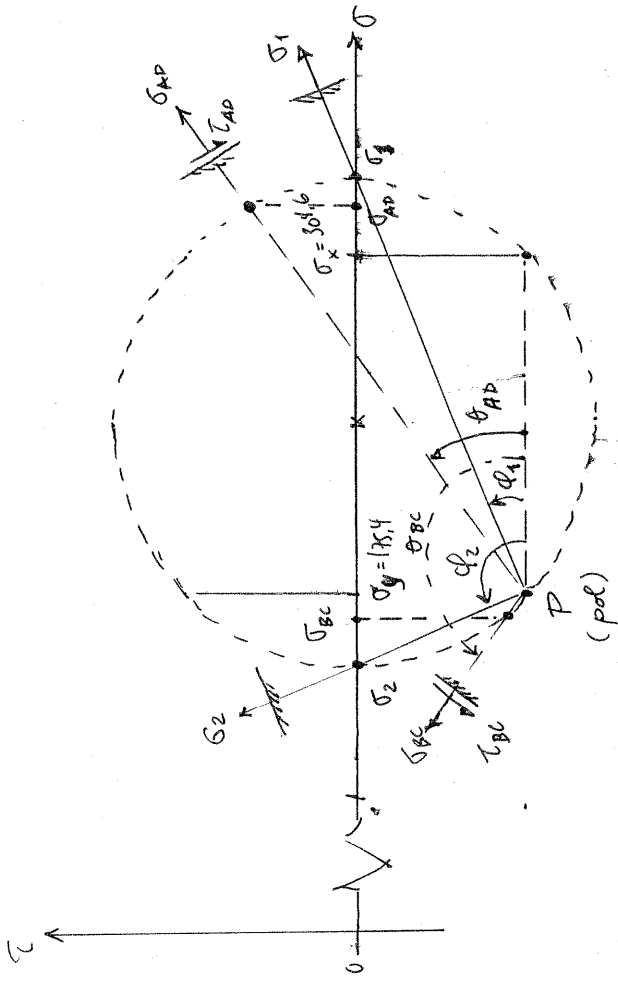
$\Delta L_{AD} = E(\varphi_{AD}) \cdot L_{AD} = 1,296 \cdot 10^{-3} \cdot 500 = 0,65 \text{ mm}$ (forlengelse)

Lengdetegnning av BC:

$\Sigma(\varphi_{BC}) = E(143,13) = (0,8 + 0,4 \cdot \cos 286,26 + 0,4 \cdot \sin 286,26) \cdot 10^{-3}$
 $= (0,8 + 0,4 \cdot 0,28 + 0,4 \cdot (-0,96)) \cdot 10^{-3} = 0,528 \cdot 10^{-3}$

$\Delta L_{BC} = E(\varphi_{BC}) \cdot L_{BC} = 0,528 \cdot 10^{-3} \cdot 500 = 0,26 \text{ mm}$ (forlengelse)

c) Mohr-diagram:



AVEST: $\sigma_{AD} = 319 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{AD} = -20 \text{ N/mm}^2$ (tecken som koord. spänning.)

$\sigma_{BC} = 166 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{BC} = 60 \text{ N/mm}^2$

d) Jernfeningsspänning:

$$\sigma_j = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2} = \sqrt{381,4^2 + 188,6^2 - 331,414816} = 287,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Flytning när $\sigma_v = f_y = 350 \text{ N/mm}^2$

Sikkerhet mot flytning: $n = \frac{f_y}{\sigma_j} = \frac{350}{287,5} = 1,22$

EKSAMEN I EMNE TKT4126 MEKANIKK

Fredag 11. august 2006
Kl. 0900 – 1300

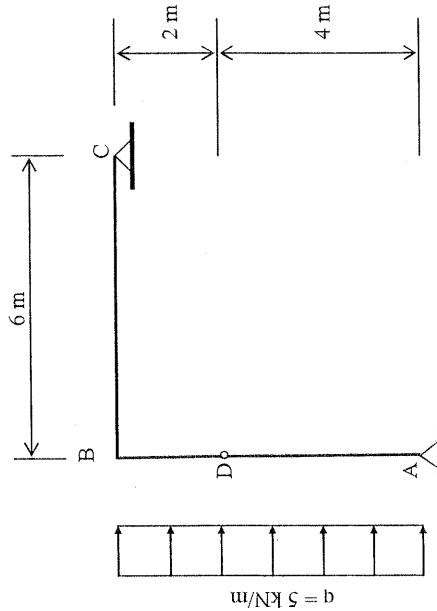
Faglig kontakt under eksamen :
Håvard Nedreid tlf. 73 59 52 31 / 95 79 91 73

Hjelpemidler : C

- Godkjent enkel kalkulator
- Rottmann : Matematisk formelsamling
- *Formelsamling TKT 4126.*

Sensur innen 1. sept, 2006

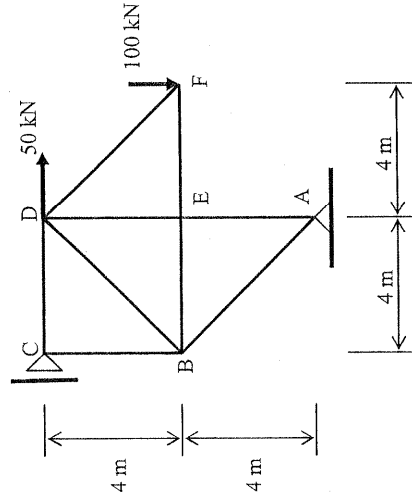
OPPGAVE 1 (Vekt 0.25)



Figur 1

- a) Vis at ramma er statisk bestemt.
- b) Bestem opplagerreaksjoner i A og C, og leddkrefter i D. Tegn kraftbildet.
- c) Beregn og tegn diagram for moment (M), skjærkrefter (V) og aksialkrefter (N) i ramma.
Vis kraftretninger med virkningssymboler i diagrammene.

OPPGAVE 2 (Vekt 0.25)



Figur 2

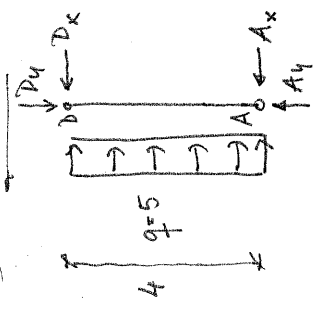
Figur 2 viser et ideelt fagverk opplagret på et fast boltelager i A og et forsryvellig boltelager i C (glidelager). Fagverket er belastet med en horisontal kraft i D og en vertikal kraft i F.

- a) Inneholder fagverket staver som ikke får aksialkraft (såkalte "null-staver"), og i tilfelle hvilke?
Kan staven(e) fjernes siden de ikke får noen krefter?
- b) Vis at fagverket er statisk bestemt, og bestem opplagerreaksjoner i A og C.
- c) Bestem alle stavkreftene, og vis på figur om det er strekk eller trykk i stavnene.

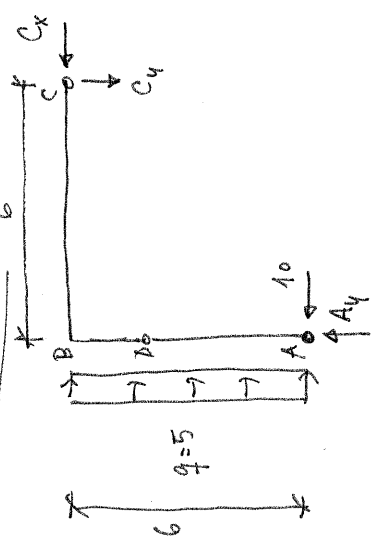
LØSNING OPPGAVE 1

- a) 1 opplysningsreaksjoner } 6 uløste
 2 leddkrefter }
 2 "rammedelen" med } 6 LVL
 3 LVL hver } → STATISK BESTEMT.

b) DEL AD: $A_x = D_x = \frac{5 \cdot 4}{2} = 10 \text{ kN}$



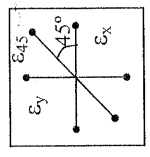
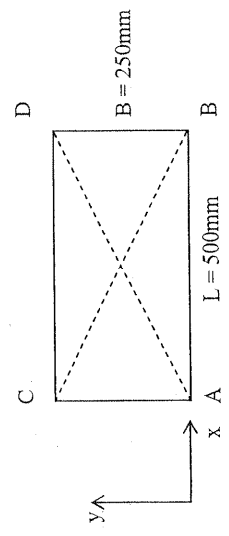
HELE RAMMA:



$\sum F_x = 0:$
 $C_x + 10 - 5 \cdot 6 = 0$
 $C_x = 30 - 10 = 20 \text{ kN}$
 $\sum M_A = 0:$
 $C_y \cdot 6 - C_x \cdot 6 + 9 \cdot 6 \cdot \frac{6}{2} = 0$
 $C_y = \frac{20 \cdot 6 - 5 \cdot 18}{6} = \frac{120 - 90}{6} = \frac{30}{6} = 5 \text{ kN}$

$\sum F_y = 0:$ $A_y = C_y = 5 \text{ kN}$
 DEL AD: $D_y = A_y = 5 \text{ kN}$

OPPGAVE 3 (Vekt 0.25)



90°- 45° strekkklapprossett

Figur 3

Figur 3 viser ei rektangulær stålplate. Tøyninger i flata er målt med en 90°- 45° strekkklapprossett som vist på figuren til:

$\epsilon_x = 1,5 \cdot 10^{-3}$; $\epsilon_y = 0,5 \cdot 10^{-3}$; $\epsilon_{45} = 1,5 \cdot 10^{-3}$

a) Vis at koordinatskjærtøyningen kan bestemmes som:

$\gamma_{xy} = 2\epsilon_{45} - \epsilon_x - \epsilon_y$

Beregn verdien av γ_{xy} .

b) Beregn lengdeendring (i mm) av diagonalene AD og BC pga tøyningene.

OPPGAVE 4 (Vekt 0.25)

Stålet i plata i figur 3, oppgave 3 har elastisitetsmodul $E = 210000 \text{ N/mm}^2$, tverrkontraksjonsstall $\nu = 0,3$ og flytegrense $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$.

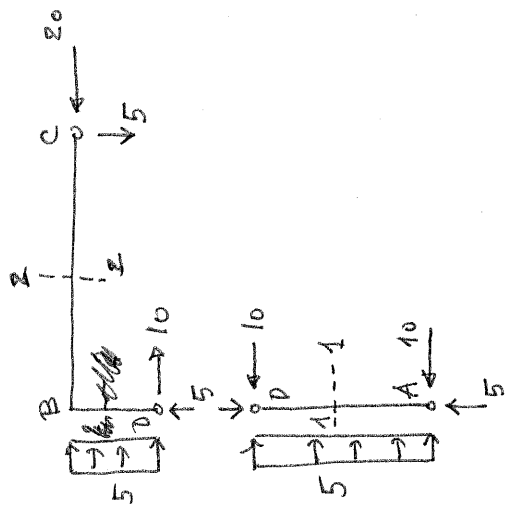
a) Plata i oppgave 3 har plan spenningsstilstand ($\sigma_z = 0$). Beregn koordinatspenningene σ_x , σ_y og τ_{xy} i plata pga tøyningene fra oppgave 3.

Beregn også tøyningen normalt til plateplanet.

b) Beregn hovedspenninger og hovedspenningsretninger, samt maksimal skjærspenning i plata.

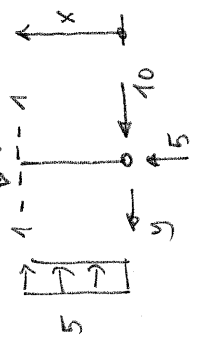
c) Beregn sikkerhet mot flytning etter Mises-kriteriet. Forklar hvorfor det ikke blir flytning etter dette kriteriet selv om største hovedspenning fra spm. b er større enn flytegrensen (bruk gjerne skisse).

KRAFTBILDE



c) Schnitt I-I:

FLD:



$\sum F_x = 0: N_1 = -5 \text{ kN}$ (try kN, konst.)

$\sum F_y = 0: V_1 + 5x - 10 = 0$

$V_1 = 10 - 5x$

A: $x=0 \rightarrow V_1 = 10 \text{ kN}$

D: $x=4 \rightarrow V_1 = -10 \text{ kN}$

B: $x=6 \rightarrow V_1 = -20 \text{ kN}$

$\sum M_{Schnitt I} = 0: M_1 + 5x \cdot \frac{x}{2} - 10x = 0$

$M_1 = 10x - 2.5x^2$

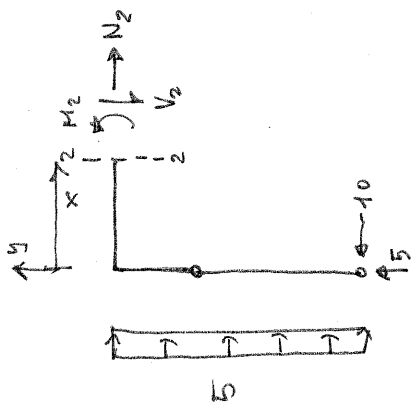
A: $M_1 = 0$

D: $M_1 = 0$

B: $M_1 = 10 \cdot 6 - 2.5 \cdot 6^2 = 30 \text{ kNm}$

$M_{\text{max}} \text{ min } V_1 = 0 \Rightarrow x = 2 \text{ m} \Rightarrow M_{\text{max}} = 10 \cdot 2 - 2.5 \cdot 2^2 = 10 \text{ kNm}$

Schnitt 2-2:



$\sum F_x = 0:$

$N_2 + 5 \cdot 6 - 10 = 0$

$N_2 = -30 + 10 = -20 \text{ kN}$ (try kN, konst.)

$\sum F_y = 0:$

$V_2 = 5 \text{ kN}$

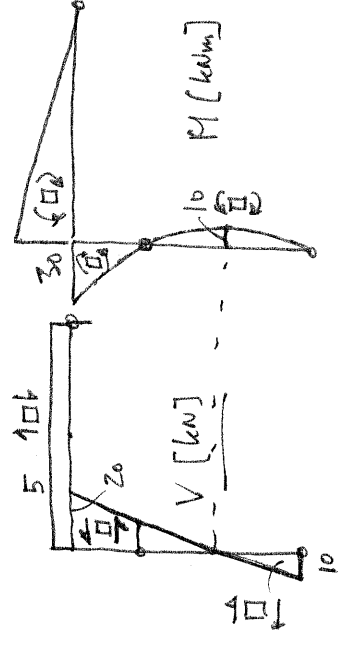
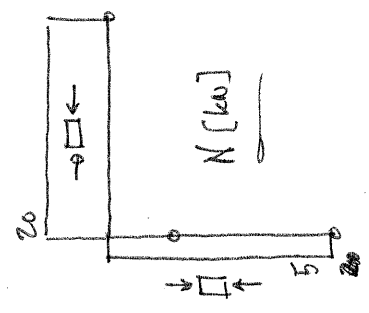
$\sum M_{Schnitt 2} = 0: M_2 + 5 \cdot 6 \cdot \frac{6}{2} + 10 \cdot 6 + 5x = 0$

$M_2 = 5x + 60 - 90 = 5x - 30$

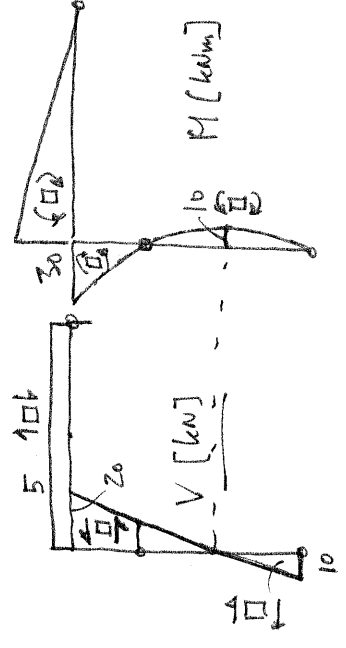
B: $x=0: M_2 = -30 \text{ kNm}$ (□)

C: $x=6: M_2 = 5 \cdot 6 - 30 = 0$

DIAGRAMME:



M [kNm]

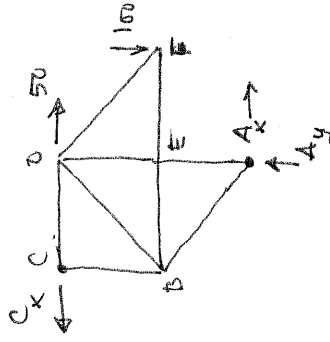


LØSNING OPPGAVE 2

S.2.1

a) Stav BC er nullstav, kan ikke fjernes!

b) Opplysningsforhold: 3 } 12 uløste
 Staver: 9 } ⇒ STATISK BESTEMT!
 Knutepunkter med 2 LVL hver: 6 } 12 LVL



$\sum M_A = 0:$
 $C_x \cdot 8 - 50 \cdot 8 - 100 \cdot 4 = 0$
 $C_x = \frac{400 + 400}{8} = \underline{100 \text{ kN}}$

$\sum F_x = 0:$
 $A_x + 50 - 100 = 0$
 $A_x = \underline{50 \text{ kN}}$

$\sum F_y = 0:$ $A_y - 100 = 0 \Rightarrow A_y = \underline{100 \text{ kN}}$

c) Knutepunkt A:

$\sum F_x = 0:$
 $\frac{N_{AB}}{\sqrt{2}} = 50$
 $N_{AB} = 50 \cdot \sqrt{2} = \underline{70.71 \text{ kN (strekke)}}$

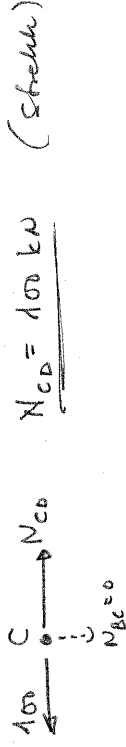
$\sum F_y = 0:$
 $N_{AE} + \frac{N_{AB}}{\sqrt{2}} + 100 = 0$
 $N_{AE} = -100 - 50 = \underline{-150 \text{ kN (trykke)}}$

Knutepunkt B:

$\sum F_y = 0:$
 $\frac{N_{BD}}{\sqrt{2}} = \frac{50\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \rightarrow N_{BD} = \underline{50 \text{ kN (strekke)}}$

$\sum F_x = 0:$
 $N_{BE} + 2 \cdot 50 = 0$
 $N_{BE} = \underline{-100 \text{ kN (trykke)}}$

Knutepunkt C:



Knutepunkt E:



Knutepunkt F:



$\sum F_x = 0:$ $\frac{N_{FD}}{\sqrt{2}} = 100 \Rightarrow N_{FD} = \underline{141.42 \text{ kN (strekke)}}$

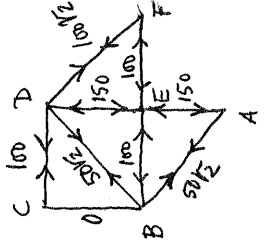
KONTROLL i Knutepunkt D:

$\sum F_x = 50 + \frac{100\sqrt{2}}{\sqrt{2}} - 100 - \frac{50\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 0 \rightarrow 0 \text{ ok}$
 $\sum F_y = 150 - \frac{50\sqrt{2}}{\sqrt{2}} - \frac{100\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 0 \rightarrow 0 \text{ ok!}$



OPPSAMMNING:

(Fjernetinger:



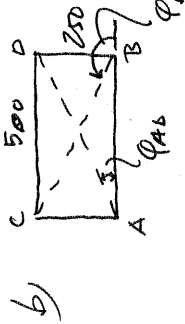
S.2.2

a) Tra formelbauung:

$$\varepsilon(45) = \frac{\varepsilon_x + \varepsilon_y}{2} + \frac{\varepsilon_x - \varepsilon_y}{2} \cos(2 \cdot 45) + \frac{1}{2} \gamma_{xy} \cdot \sin(2 \cdot 45)$$

$$\Rightarrow \varepsilon_{45} = \frac{\varepsilon_x + \varepsilon_y}{2} + \frac{1}{2} \gamma_{xy} \Rightarrow \gamma_{xy} = 2\varepsilon_{45} - \varepsilon_x - \varepsilon_y \quad \text{QED.}$$

$$\gamma_{xy} = 2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3} - 0,5 \cdot 10^{-3} = 1,0 \cdot 10^{-3}$$



$$\varphi_{AD} = \arctan \frac{250}{500} = 26,57^\circ$$

$$\varphi_{BC} = 180^\circ - 26,57^\circ = 153,43^\circ$$

Diagonalenlänge:

$$L_{AD} = L_{BC} = \sqrt{500^2 + 250^2} = 559 \text{ mm}$$

Längdestragn. AD:

$$\begin{aligned} \varepsilon(\varphi_{AD}) &= \varepsilon(26,57^\circ) = \frac{\varepsilon_x + \varepsilon_y}{2} + \frac{\varepsilon_x - \varepsilon_y}{2} \cos(2 \cdot 26,57^\circ) + \frac{1}{2} \gamma_{xy} \sin(2 \cdot 26,57^\circ) \\ &= \frac{1,5 + 0,5}{2} \cdot 10^{-3} + \frac{1,5 - 0,5}{2} \cdot 10^{-3} \cdot 0,96 + \frac{1}{2} \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 \\ &= (1,0 + 0,3 + 0,4) \cdot 10^{-3} = 1,7 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

Längdestragn. BC: $\Delta L_{BC} = \varepsilon(\varphi_{BC}) \cdot L_{BC} = 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot 559 = 0,95 \text{ mm}$ (Fortsetzung)

Längdestragn. BC:

$$\begin{aligned} \varepsilon(\varphi_{BC}) &= \varepsilon(153,43^\circ) = (1,0 + 0,5 \cos 206,86 + 0,5 \sin 206,86) \cdot 10^{-3} \\ &= (1 + 0,5 \cdot 0,6 - 0,5 \cdot 0,8) \cdot 10^{-3} \\ &= (1 + 0,3 - 0,4) \cdot 10^{-3} = 0,9 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

Längdestragn. BC: $\Delta L_{BC} = \varepsilon(\varphi_{BC}) \cdot L_{BC} = 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 559 = 0,5 \text{ mm}$ (für Längdestr.)

a) Tra formelbauung; koord. speun, plan speun. vst:

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_x + \nu \varepsilon_y) = \frac{21 \cdot 10^5}{1-0,32} (1,5 \cdot 10^{-3} + 0,3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3})$$

$$= \frac{21 \cdot 10^5}{0,97} \cdot 1,65 \cdot 10^{-3} = 380,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_y + \nu \varepsilon_x) = \frac{21 \cdot 10^5}{0,97} \cdot (0,5 + 0,3 \cdot 1,5) \cdot 10^{-3} = 219,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{xy} = \frac{E}{2(1+\nu)} \gamma_{xy} = \frac{21 \cdot 10^5}{2 \cdot 1,3} \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} = 80,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_z = -\frac{\nu}{E} (\sigma_x + \sigma_y) = -\frac{0,3}{21 \cdot 10^5} (380,8 + 219,2) = -0,86 \cdot 10^{-3}$$

b) Tra formelbauung, hovedspæninger:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \frac{380,8 + 219,2}{2} + \sqrt{\left(\frac{380,8 - 219,2}{2}\right)^2 + 80,8^2} \\ &= 300 + 114,3 = 414,3 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_2 = 300 - 114,3 = 185,7 \text{ N/mm}^2$$

fordretningsvinkel

$$\varphi_1 = \arctan \frac{\tau_{xy}}{\sigma_1 - \sigma_x} = \arctan \frac{80,8}{414,3 - 380,8} = 22,5^\circ$$

$$\varphi_2 = 90^\circ + \varphi_1 = 112,5^\circ$$

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) = \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_2) = \frac{1}{2} (414,3 - 0) = 207,2 \text{ N/mm}^2$$

c) Fra formelbøiling, jernforingspennung: S. 4.2

$$\sigma_j = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{44,3^2 + 185,7^2} = 199,3185,7 = \underline{\underline{359,4 \text{ N/mm}^2}}$$

Dvs. $\sigma_j < f_y = 400 \Rightarrow$ Ikke flytning!

Sikkerhet mot flytning:

$$\eta = \frac{f_y}{\sigma_j} = \frac{400}{359,4} = \underline{\underline{1,11}}$$

Selv om $\sigma_1 > f_y$ blir det ikke flytning

Pga:

