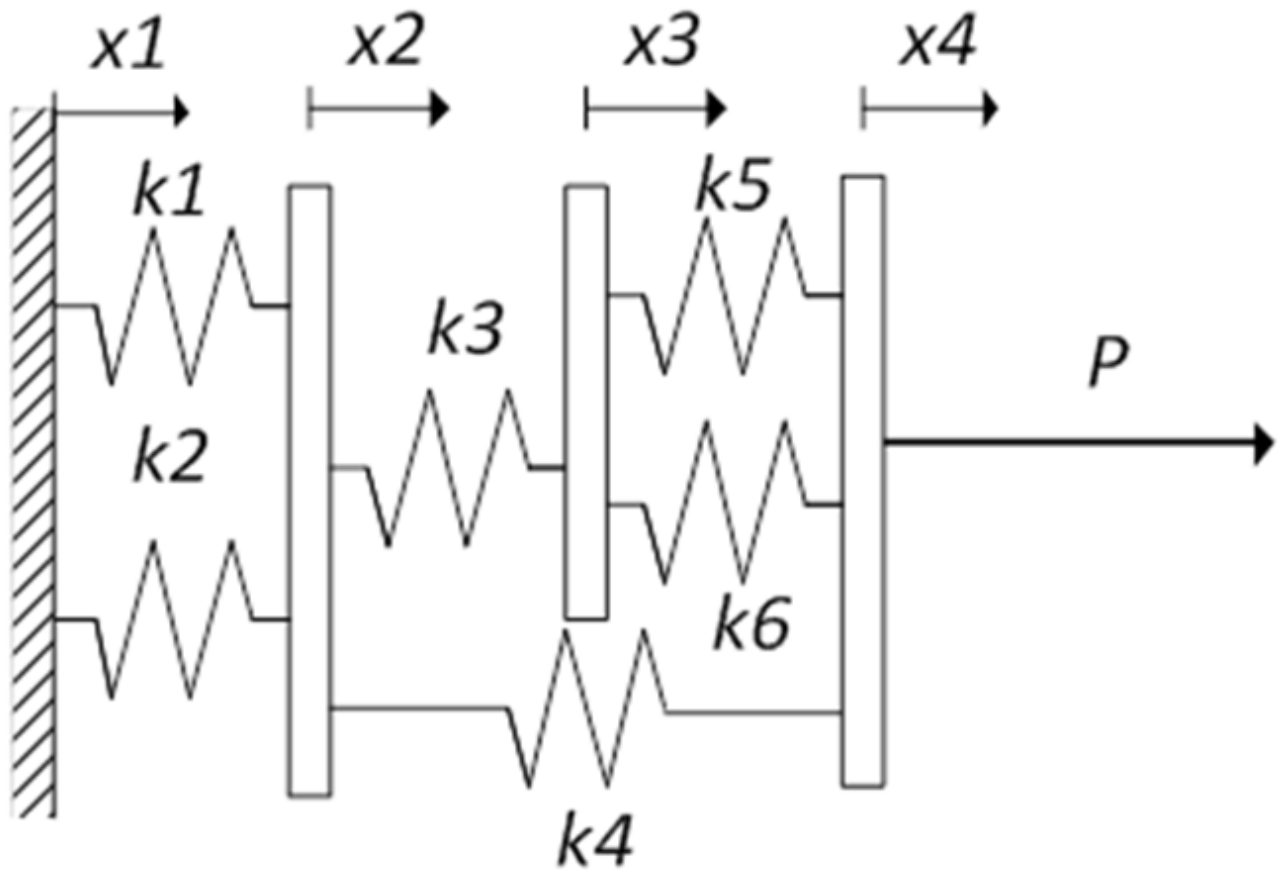


# Opgave i fjedersystem løsningsforslag



restart

$$K := \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_1 - k_2 & 0 & 0 \\ -k_1 - k_2 & k_1 + k_2 + k_3 + k_4 & -k_3 & -k_4 \\ 0 & -k_3 & k_3 + k_5 + k_6 & -k_5 - k_6 \\ 0 & -k_4 & -k_5 - k_6 & k_4 + k_5 + k_6 \end{bmatrix} :$$

$$\delta := \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \end{bmatrix} :$$

$$U := \begin{bmatrix} RI \\ 0 \\ 0 \\ P \end{bmatrix} :$$

$$pmod := \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$Kmod := pmod^+ . K . pmod$$

$$\begin{bmatrix} k1 + k2 + k3 + k4 & -k3 & -k4 \\ -k3 & k3 + k5 + k6 & -k5 - k6 \\ -k4 & -k5 - k6 & k4 + k5 + k6 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$Umod := \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ P \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ P \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\delta mod := Kmod^{-1} . Umod$$

$$\left[ \left[ \frac{P}{k1 + k2} \right], \quad (4) \right.$$

$$\left. \left[ ((k1 k5 + k1 k6 + k2 k5 + k2 k6 + k3 k4 + k3 k5 + k3 k6 + k4 k5 + k4 k6) P) / \right. \right.$$

$$\left. (k1 k3 k4 + k1 k3 k5 + k1 k3 k6 + k1 k4 k5 + k1 k4 k6 + k2 k3 k4 + k2 k3 k5 + k2 k3 k6 \right.$$

$$\left. + k2 k4 k5 + k2 k4 k6) \right],$$

$$\left[ ((k1 k3 + k1 k5 + k1 k6 + k2 k3 + k2 k5 + k2 k6 + k3 k4 + k3 k5 + k3 k6 + k4 k5 \right.$$

$$\left. + k4 k6) P) / (k1 k3 k4 + k1 k3 k5 + k1 k3 k6 + k1 k4 k5 + k1 k4 k6 + k2 k3 k4 + k2 k3 k5 \right.$$

$$\left. + k2 k3 k6 + k2 k4 k5 + k2 k4 k6) \right] \left. \right]$$

$$p\delta := \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\delta := p\delta.\delta_{mod}$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ \left[ \frac{P}{k1 + k2} \right], \\ \left[ \frac{P}{k1 + k2} \right], \\ \left[ ((k1 k5 + k1 k6 + k2 k5 + k2 k6 + k3 k4 + k3 k5 + k3 k6 + k4 k5 + k4 k6) P) \mid \right. \\ \left. (k1 k3 k4 + k1 k3 k5 + k1 k3 k6 + k1 k4 k5 + k1 k4 k6 + k2 k3 k4 + k2 k3 k5 + k2 k3 k6 \right. \\ \left. + k2 k4 k5 + k2 k4 k6) \right], \\ \left[ ((k1 k3 + k1 k5 + k1 k6 + k2 k3 + k2 k5 + k2 k6 + k3 k4 + k3 k5 + k3 k6 + k4 k5 \right. \\ \left. + k4 k6) P) \mid (k1 k3 k4 + k1 k3 k5 + k1 k3 k6 + k1 k4 k5 + k1 k4 k6 + k2 k3 k4 + k2 k3 k5 \right. \\ \left. + k2 k3 k6 + k2 k4 k5 + k2 k4 k6) \right] \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$U := K.\delta$$

$$\begin{bmatrix} \left[ \frac{(-k1 - k2) P}{k1 + k2} \right], \\ \left[ \frac{(k1 + k2 + k3 + k4) P}{k1 + k2} - (k3 (k1 k5 + k1 k6 + k2 k5 + k2 k6 + k3 k4 + k3 k5 + k3 k6 \right. \\ \left. + k4 k5 + k4 k6) P) \mid (k1 k3 k4 + k1 k3 k5 + k1 k3 k6 + k1 k4 k5 + k1 k4 k6 + k2 k3 k4 \right. \\ \left. + k2 k3 k5 + k2 k3 k6 + k2 k4 k5 + k2 k4 k6) - (k4 (k1 k3 + k1 k5 + k1 k6 + k2 k3 \right. \\ \left. + k2 k5 + k2 k6 + k3 k4 + k3 k5 + k3 k6 + k4 k5 + k4 k6) P) \mid (k1 k3 k4 + k1 k3 k5 \right. \\ \left. + k1 k3 k6 + k1 k4 k5 + k1 k4 k6 + k2 k3 k4 + k2 k3 k5 + k2 k3 k6 + k2 k4 k5 + k2 k4 k6) \right], \\ \left[ -\frac{k3 P}{k1 + k2} + ((k3 + k5 + k6) (k1 k5 + k1 k6 + k2 k5 + k2 k6 + k3 k4 + k3 k5 + k3 k6 \right. \\ \left. + k4 k5 + k4 k6) P) \mid (k1 k3 k4 + k1 k3 k5 + k1 k3 k6 + k1 k4 k5 + k1 k4 k6 + k2 k3 k4 \right. \\ \left. + k2 k3 k5 + k2 k3 k6 + k2 k4 k5 + k2 k4 k6) + ((-k5 - k6) (k1 k3 + k1 k5 + k1 k6 \right. \\ \left. + k2 k3 + k2 k5 + k2 k6 + k3 k4 + k3 k5 + k3 k6 + k4 k5 + k4 k6) P) \mid (k1 k3 k4 + k1 k3 k5 \right. \\ \left. + k1 k3 k6 + k1 k4 k5 + k1 k4 k6 + k2 k3 k4 + k2 k3 k5 + k2 k3 k6 + k2 k4 k5 + k2 k4 k6) \right], \\ \left[ -\frac{k4 P}{k1 + k2} + ((-k5 - k6) (k1 k5 + k1 k6 + k2 k5 + k2 k6 + k3 k4 + k3 k5 + k3 k6 \right. \\ \left. + k4 k5 + k4 k6) P) \mid (k1 k3 k4 + k1 k3 k5 + k1 k3 k6 + k1 k4 k5 + k1 k4 k6 + k2 k3 k4 \right. \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$+ k_2 k_3 k_5 + k_2 k_3 k_6 + k_2 k_4 k_5 + k_2 k_4 k_6) + ((k_4 + k_5 + k_6) (k_1 k_3 + k_1 k_5 + k_1 k_6 + k_2 k_3 + k_2 k_5 + k_2 k_6 + k_3 k_4 + k_3 k_5 + k_3 k_6 + k_4 k_5 + k_4 k_6) P) / (k_1 k_3 k_4 + k_1 k_3 k_5 + k_1 k_3 k_6 + k_1 k_4 k_5 + k_1 k_4 k_6 + k_2 k_3 k_4 + k_2 k_3 k_5 + k_2 k_3 k_6 + k_2 k_4 k_5 + k_2 k_4 k_6) ]]$$

simplify

$$\begin{bmatrix} -P \\ 0 \\ 0 \\ P \end{bmatrix} \quad (8)$$

### Eksempel

$$P := 100 ;; k_1 := 1500 ; k_2 := 2000 ;; k_3 := 2500 ;; k_4 := 3000 ;; k_5 := 3500 ;; k_6 := 4000 :$$

$U$

$$\begin{bmatrix} -100 \\ 0 \\ 0 \\ 100 \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$evalf_3(\delta \cdot 1000.0)$$

$$\begin{bmatrix} 0. \\ 28.6 \\ 44.0 \\ 49.1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$K1 := \begin{bmatrix} k_1 & -k_1 \\ -k_1 & k_1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1500 & -1500 \\ -1500 & 1500 \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\delta 1 := \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{35} \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$U1 := K1.\mathcal{J}1$$

$$\begin{bmatrix} -\frac{300}{7} \\ \frac{300}{7} \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$K2 := \begin{bmatrix} k2 & -k2 \\ -k2 & k2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 2000 & -2000 \\ -2000 & 2000 \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$\mathcal{J}2 := \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{35} \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$U2 := K2.\mathcal{J}2$$

$$\begin{bmatrix} -\frac{400}{7} \\ \frac{400}{7} \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$K3 := \begin{bmatrix} k3 & -k3 \\ -k3 & k3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 2500 & -2500 \\ -2500 & 2500 \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$\mathcal{J}3 := \begin{bmatrix} \delta_2 \\ \delta_3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{35} \\ \frac{4}{91} \end{bmatrix} \quad (18)$$

$$U3 := K3.\mathcal{J}3$$

$$\begin{bmatrix} -\frac{500}{13} \\ \frac{500}{13} \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$K4 := \begin{bmatrix} k4 & -k4 \\ -k4 & k4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 3000 & -3000 \\ -3000 & 3000 \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$\mathcal{J}4 := \begin{bmatrix} \delta_2 \\ \delta_4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{35} \\ \frac{67}{1365} \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$U4 := K4 \cdot \mathcal{J}4$$

$$\begin{bmatrix} -\frac{800}{13} \\ \frac{800}{13} \end{bmatrix} \quad (22)$$

$$K5 := \begin{bmatrix} k5 & -k5 \\ -k5 & k5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 3500 & -3500 \\ -3500 & 3500 \end{bmatrix} \quad (23)$$

$$\mathcal{J}5 := \begin{bmatrix} \delta_3 \\ \delta_4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{4}{91} \\ \frac{67}{1365} \end{bmatrix} \quad (24)$$

$$U5 := K5 \cdot \mathcal{J}5$$

$$\begin{bmatrix} -\frac{700}{39} \\ \frac{700}{39} \end{bmatrix} \quad (25)$$

$$K6 := \begin{bmatrix} k6 & -k6 \\ -k6 & k6 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 4000 & -4000 \\ -4000 & 4000 \end{bmatrix} \quad (26)$$

$$\delta6 := \begin{bmatrix} \delta_3 \\ \delta_4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{4}{91} \\ \frac{67}{1365} \end{bmatrix} \quad (27)$$

$$U6 := K6 \cdot \delta6$$

$$\begin{bmatrix} -\frac{800}{39} \\ \frac{800}{39} \end{bmatrix} \quad (28)$$

**Tjek. Normalkraften er 100 i alle snit. Snit gennem 2 og 3.**

$$K3 := \begin{bmatrix} k3 & -k3 \\ -k3 & k3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 2500 & -2500 \\ -2500 & 2500 \end{bmatrix} \quad (29)$$

$$\delta2 := \begin{bmatrix} \delta_2 \\ \delta_3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{35} \\ \frac{4}{91} \end{bmatrix} \quad (30)$$

$U3 := K3.\delta 2$

$$\begin{bmatrix} -\frac{500}{13} \\ \frac{500}{13} \end{bmatrix} \quad (31)$$

$$U1_2 + U2_2 \quad 100 \quad (32)$$

$$U3_2 + U4_2 \quad 100 \quad (33)$$

$$U5_2 + U6_2 + U4_2 \quad 100 \quad (34)$$

$$U3_2 \quad \frac{500}{13} \quad (35)$$

$$U5_2 \quad \frac{700}{39} \quad (36)$$

$$U6_2 \quad \frac{800}{39} \quad (37)$$

QED