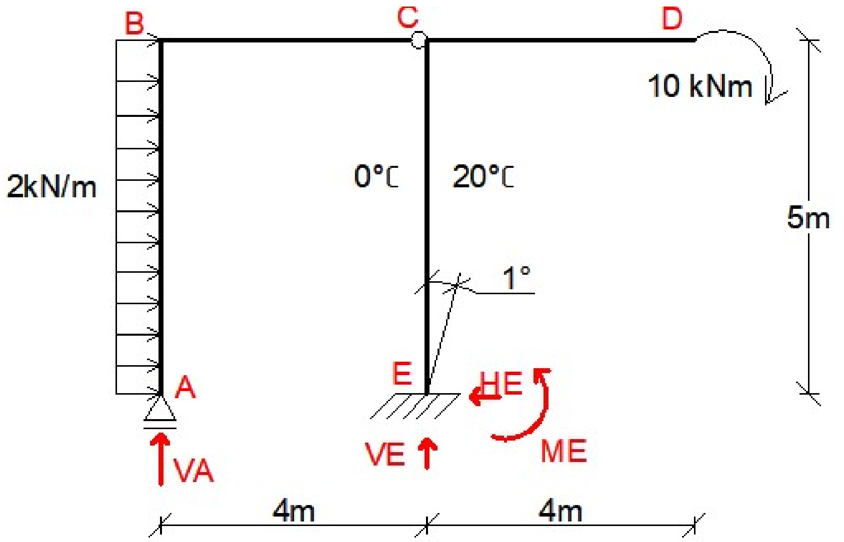
Rama płaska - przykład liczenia przemieszczeń

Wszystkie moje komentarze będą zaznaczone na czerwono.



Do policzenia:

X_A Y_D φ_D $\Delta\varphi_C$

IPN 180

$E := 210\ \mathrm{GPa}$

$J := 1450\ \mathrm{cm}^4$

$EJ := E \cdot J = 3045\ \mathrm{kN\ m}^2$

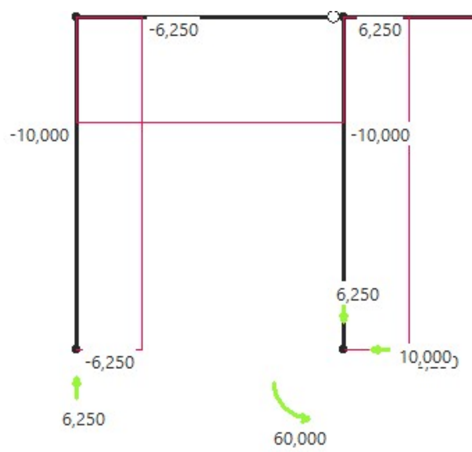
$h := 0.18\ \mathrm{m}$

$\alpha_t := 1.2 \cdot 10^{-5}$

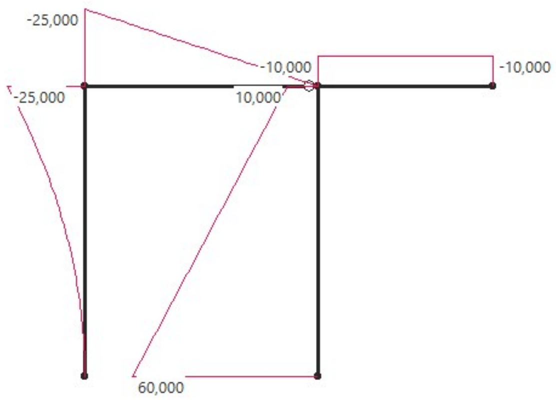
Należy zamieścić wszystkie obliczenia sił wewnętrznych i reakcji. W tym przykładzie są pominięte, aby skupić się na przemieszczeniach.

Stan p:

N [kN]:



M [kNm]:



$q := 2$ - wartość obciążenia, prostopadle do pręta

$L := 5$ - długość obciążenia ciągłego

$w := \frac{q \cdot L^2}{8}$ - wysokość paraboli

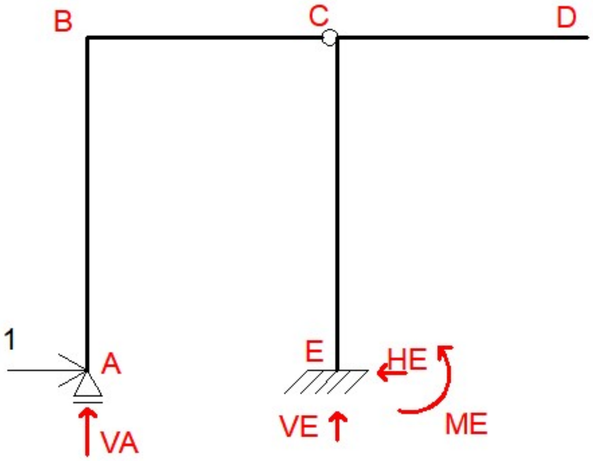
$B := 5$ - szerokość paraboli

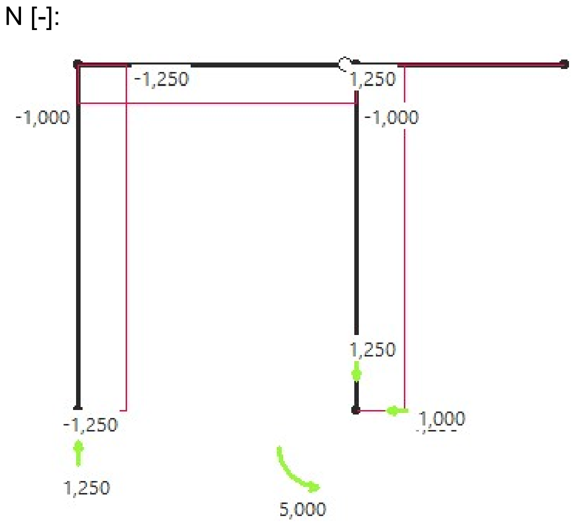
$P := \frac{2}{3} \cdot w \cdot B$ - pole paraboli

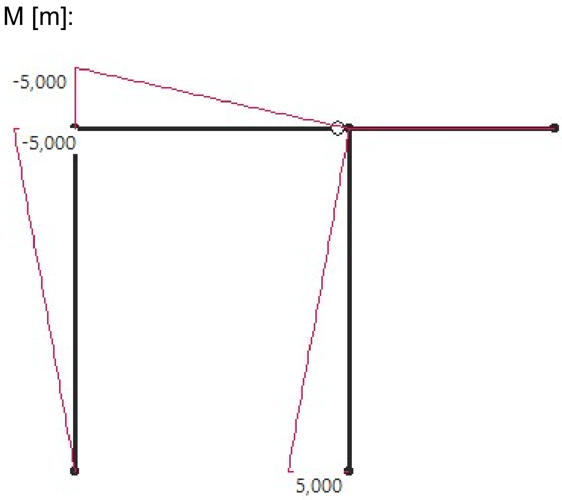
$t_0 := \frac{0 + 20}{2} = 10$ - temperatura średnia

$\Delta t := 20 - 0 = 20$ - różnica temperatur

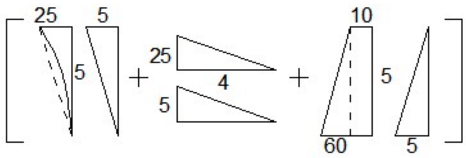
Stan wirtualny 1 (X.A):







$\delta_{1p} := \frac{1}{EJ}$



$$\delta_{1p} := \frac{1}{EJ} \cdot \left(25 \cdot 5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot \frac{2}{3} - P \cdot 5 \cdot \frac{1}{2} + 25 \cdot 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot \frac{2}{3} + 10 \cdot 5 \cdot 5 \cdot \frac{1}{2} + \left((60 - 10) \cdot 5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot \frac{2}{3}\right)\right) \text{kN m}^3 = 0.2839 \text{ m}$$

temperatura średnia: $\delta_{t0} := N_i \cdot \alpha_t \cdot t_0$

$$\delta_{1t0} := 1.25 \cdot 5 \text{ m} \cdot \alpha_t \cdot t_0 = 0.0008 \text{ m}$$

różnica temperatur: $\delta_{\Delta t} := M_i \cdot \frac{\alpha_t \cdot \Delta t}{h}$

$$\delta_{1\Delta t} := -5 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\alpha_t \cdot \Delta t}{h} = -0.0167 \text{ m}$$

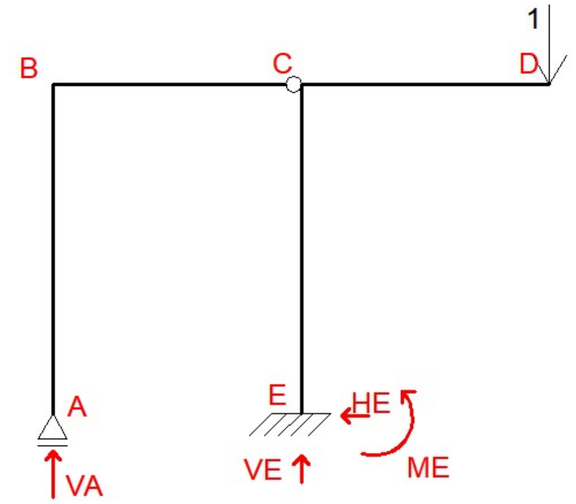
wymuszenie: $\delta_\Delta := -R_i \cdot \Delta$ zakładamy, że kierunek dodatni jest zgodnie z ruchem wskazówek zegara

$$\delta_{1\Delta} := -(-5 \text{ m}) \cdot 1° = 0.0873 \text{ m}$$

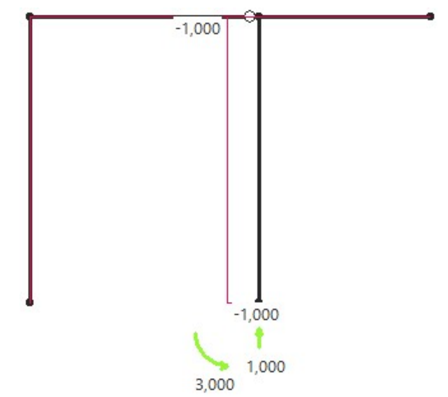
Wynik: $X_A := \delta_{1p} + \delta_{1t0} + \delta_{1\Delta t} + \delta_{1\Delta} = 0.3553 \text{ m}$

Odpowiedź: punkt A przesunął się o 0.3553m w prawo.

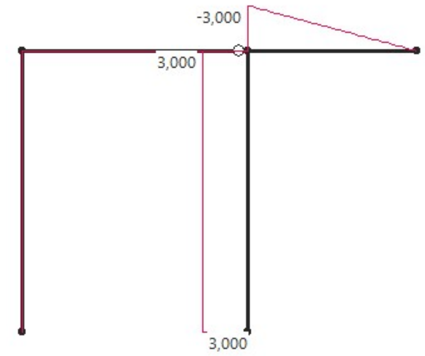
Stan wirtualny 2 (Y.D):



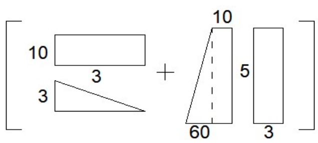
N [-]:



M [m]:



$\delta_{2p} := \frac{1}{EJ}$



$$\delta_{2p} := \frac{1}{EJ}\cdot\left(10\cdot3\cdot3\cdot\frac{1}{2}+10\cdot5\cdot3+\left((60-10)\cdot5\cdot\frac{1}{2}\cdot3\right)\right)\ \mathrm{kN\ m}^3 = 0.1872\ \mathrm{m}$$

$$\delta_{2t0} := (-1)\cdot5\ \mathrm{m}\cdot\alpha_t\cdot t_0 = -0.0006\ \mathrm{m}$$

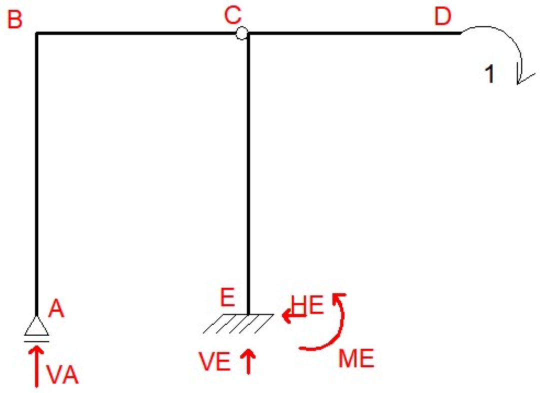
$$\delta_{2\Delta t} := (-3\ \mathrm{m})\cdot5\ \mathrm{m}\cdot\frac{\alpha_t\cdot\Delta t}{h} = -0.02\ \mathrm{m}$$

$$\delta_{2\Delta} := -(-3\ \mathrm{m})\cdot1\ ° = 0.0524\ \mathrm{m}$$

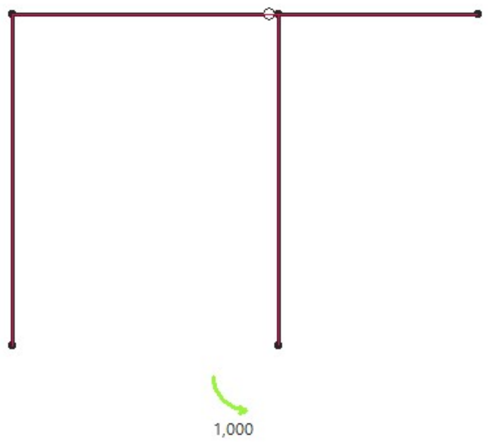
Wynik: $Y_D := \delta_{2p}+\delta_{2t0}+\delta_{2\Delta t}+\delta_{2\Delta} = 0.219\ \mathrm{m}$

Odpowiedź: punkt D przesunął się o 0.219m w dół.

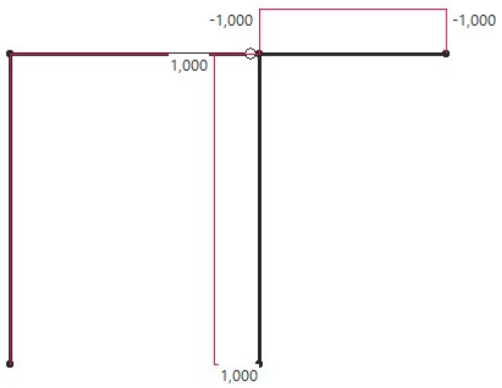
Stan wirtualny 3 (φ.D):

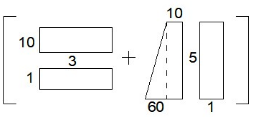


N [1/m]:



M [-]:



$\delta_{3p} := \dfrac{1}{EJ}$ []

$$\delta_{3p} := \frac{1}{EJ} \cdot \left(10 \cdot 3 \cdot 1 + 10 \cdot 5 \cdot 1 + (60 - 10) \cdot 5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \right) \mathrm{kN\ m}^2 = 0.0673$$

$$\delta_{3t0} := 0 = 0$$

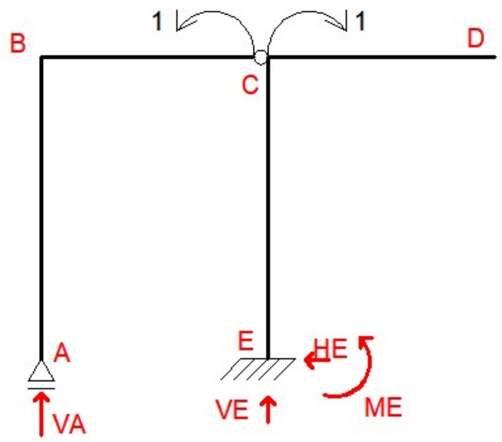
$$\delta_{3\Delta t} := (-1) \cdot 5\ \mathrm{m} \cdot \frac{\alpha_t \cdot \Delta t}{h} = -0.0067$$

$$\delta_{3\Delta} := -(-1) \cdot 1\ ° = 0.0175$$

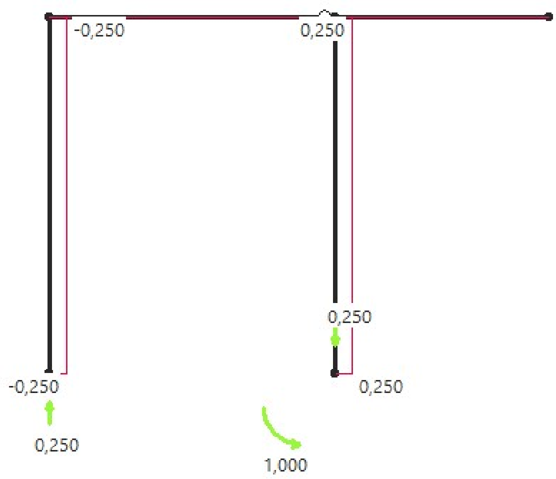
Wynik: $\varphi_D := \delta_{3p} + \delta_{3t0} + \delta_{3\Delta t} + \delta_{3\Delta} = 0.0781$ $\varphi_D = 4.4754\ °$

Odpowiedź: punkt D obrócił się o 4.4754° zgodnie z ruchem wskazówek zegara.

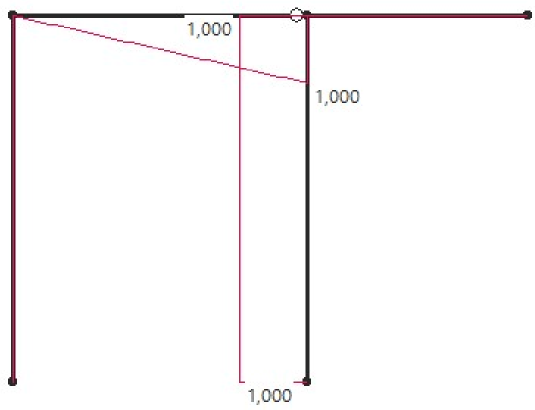
Stan wirtualny 4 (Δφ.C):



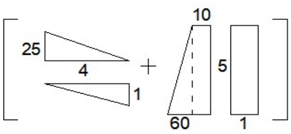
N [1/m]:



M [-]:



$\delta_{4p} := \frac{1}{EJ}$



$$\delta_{4p} := \frac{1}{EJ} \cdot \left(-25 \cdot 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot \frac{1}{3} + 10 \cdot 5 \cdot 1 + (60 - 10) \cdot 5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \right) \mathrm{kN\,m}^2 = 0.052$$

$$\delta_{4t0} := \left(0.25 \cdot \frac{1}{\mathrm{m}} \right) \cdot 5\ \mathrm{m} \cdot \alpha_t \cdot t_0 = 0.0001$$

$$\delta_{4\Delta t} := (-1) \cdot 5\ \mathrm{m} \cdot \frac{\alpha_t \cdot \Delta t}{h} = -0.0067$$

$$\delta_{4\Delta} := -(-1) \cdot 1\ ° = 0.0175$$

Wynik: $\Delta\varphi_C := \delta_{4p} + \delta_{4t0} + \delta_{4\Delta t} + \delta_{4\Delta} = 0.0629$ $\quad \Delta\varphi_C = 3.6059\ °$

Odpowiedź: przegub C załamał się o 3.6059° zgodnie z założonym kierunkiem.