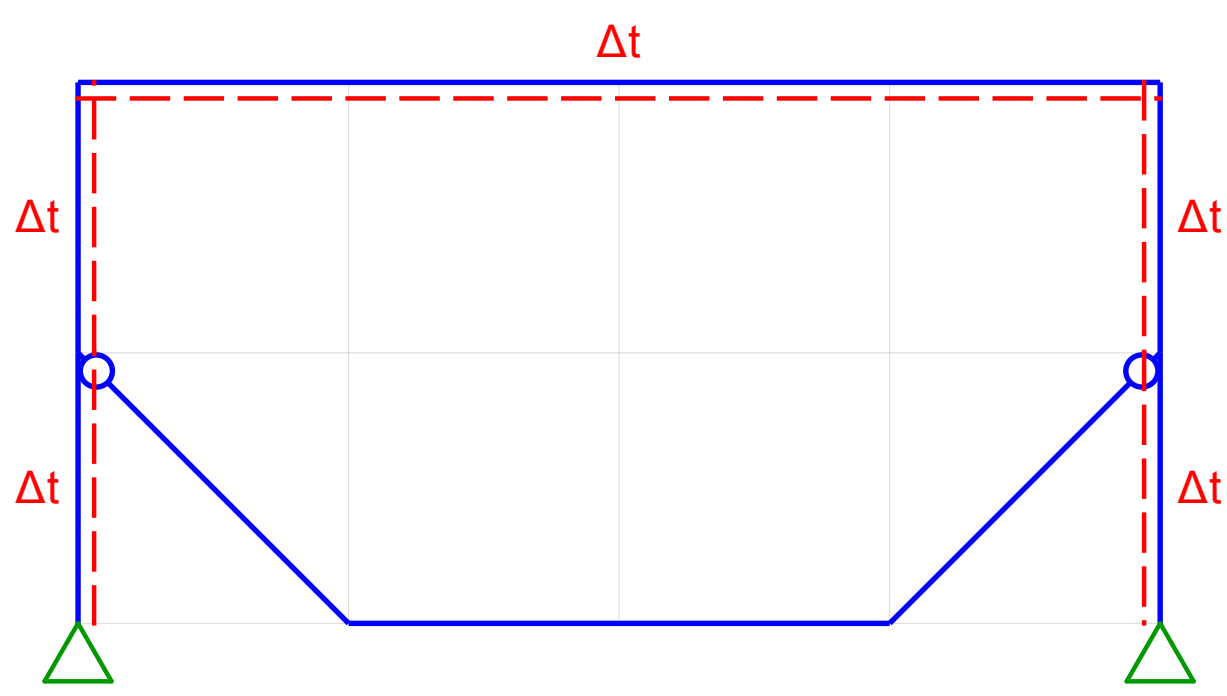
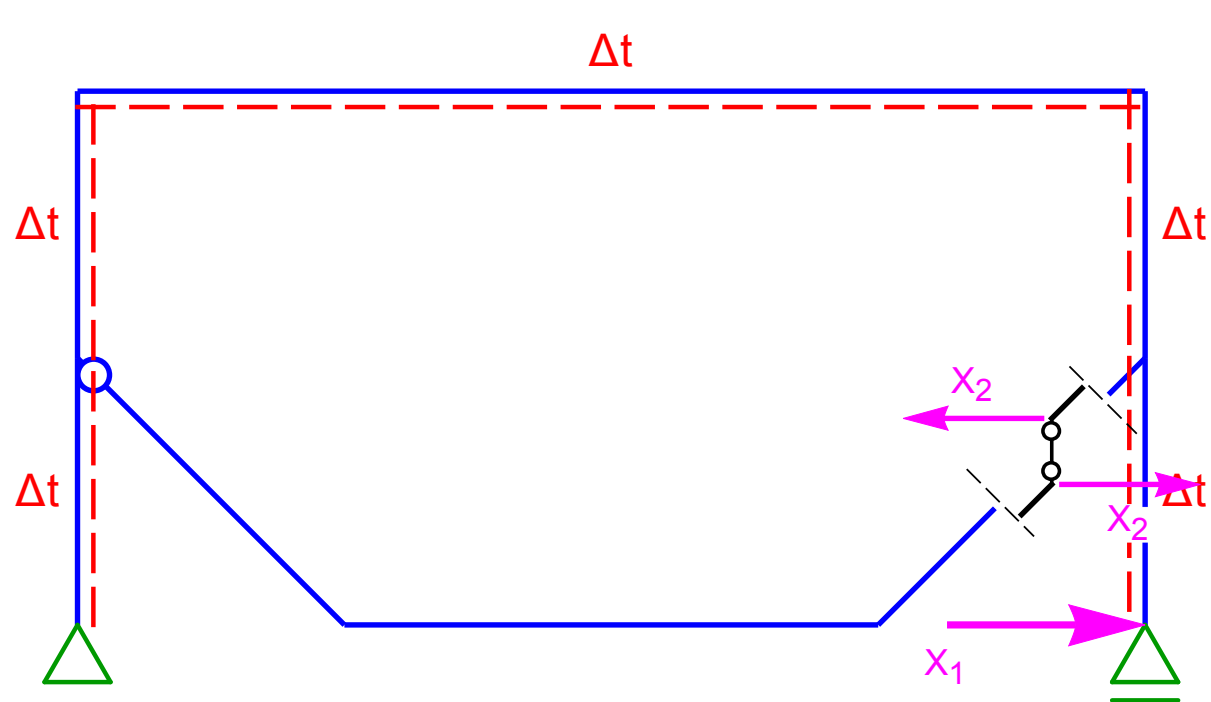


Geometria oraz obciążenia konstrukcji (wymiar oczka siatki - 1, EA = ∞):



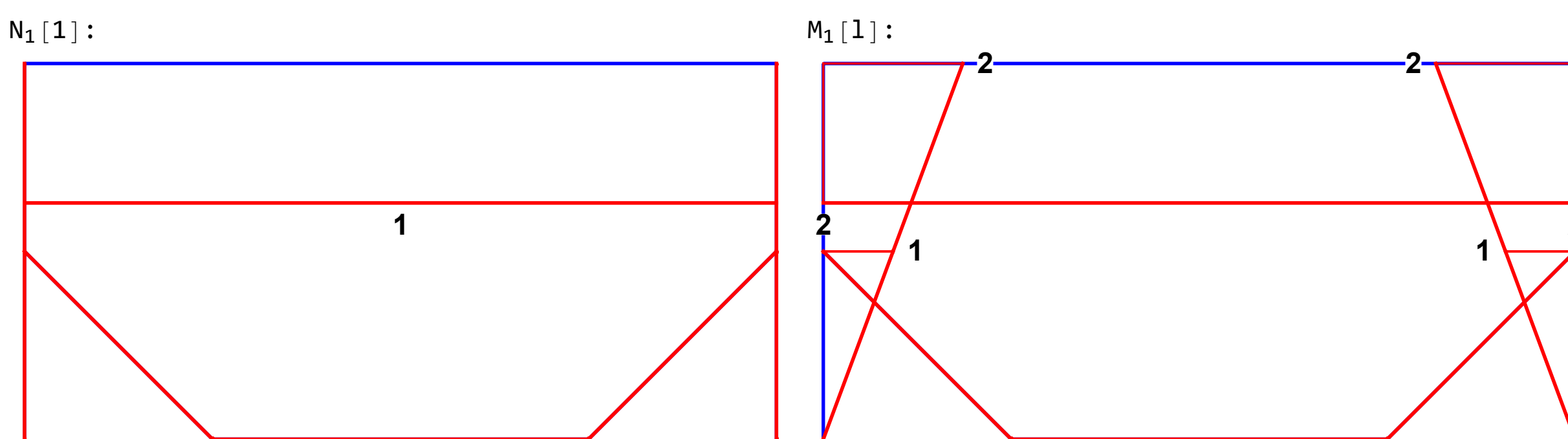
Konstrukcja jest 2 krotnie statycznie niewyznaczalna.

Układ zastępczy:

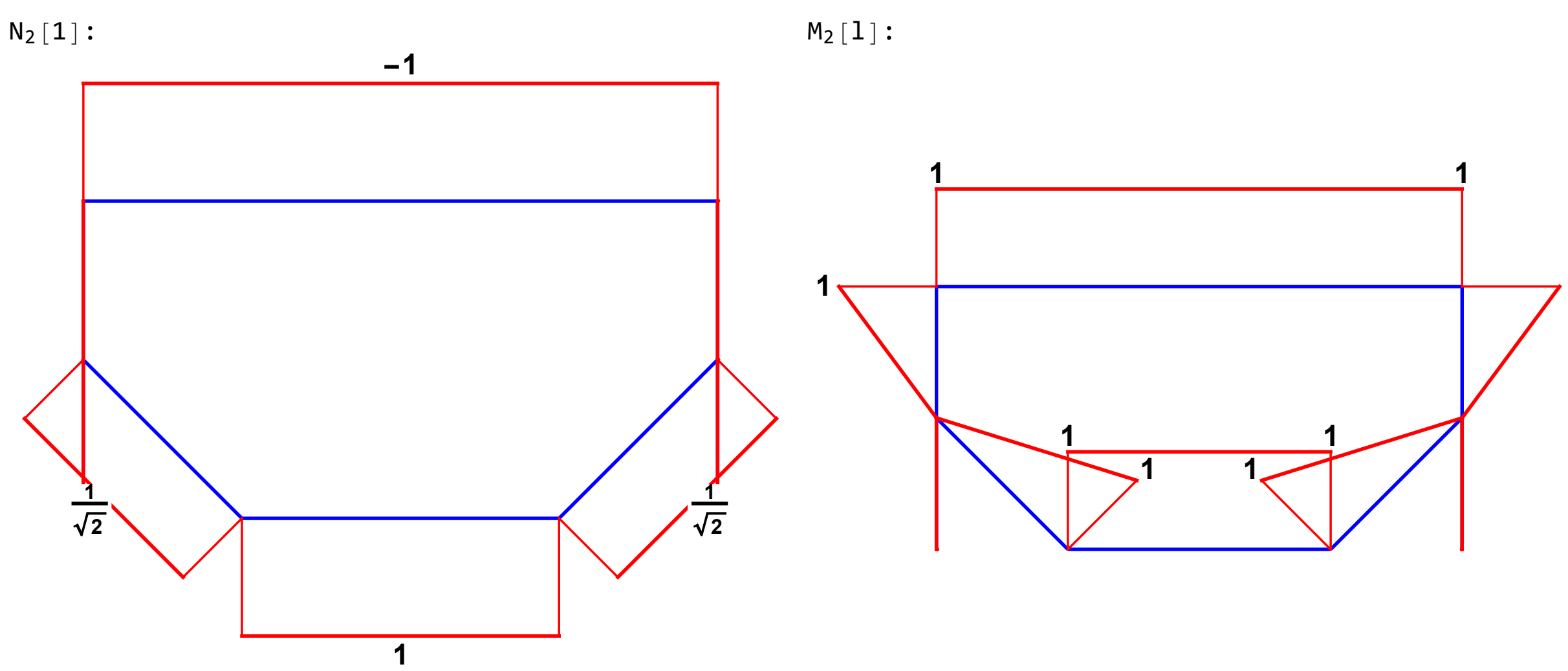


Wykresy sił wewnętrznych od jednostkowych sił nadliczbowych:

- od siły $X_1 = 1$:



- od siły $X_2 = 1$:



Przemieszczenia od obciążenia temperaturą:

$$\delta_{10}^t = \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot 1\right) \left(\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + (21 \cdot 4 \cdot 1) \left(\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot 1\right) \left(\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) = 12.000 \frac{1^2 \alpha \Delta t}{h}$$

$$\delta_{20}^t = \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(-\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + (1 \cdot 4 \cdot 1) \left(-\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(-\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) = -5.000 \frac{1^2 \alpha \Delta t}{h}$$

Przemieszczenia od jednostkowych sił nadliczbowych:

$$\delta_{11} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1 + \frac{1}{3} \cdot 21\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot 1\right) \left(\frac{1}{3} \cdot 1 + \frac{2}{3} \cdot 21\right) \right] + \frac{1}{EJ} [(21 \cdot 4 \cdot 1) (21)] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 21 + \frac{1}{3} \cdot 1\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{1}{3} \cdot 21 + \frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] = 21.333 \frac{1^3}{EJ}$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{1}{3} \cdot (-1) + \frac{2}{3} \cdot (-21)\right) \right] + \frac{1}{EJ} [(1 \cdot 4 \cdot 1) (-21)] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot (-21) + \frac{1}{3} \cdot (-1)\right) \right] = -9.667 \frac{1^3}{EJ}$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] + \frac{1}{EJ} [(1 \cdot 4 \cdot 1) (1)] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] + \frac{1}{EJ} [(1 \cdot 2 \cdot 1) (1)] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] = 7.609 \frac{1^3}{EJ}$$

Równania nierozdzielności:

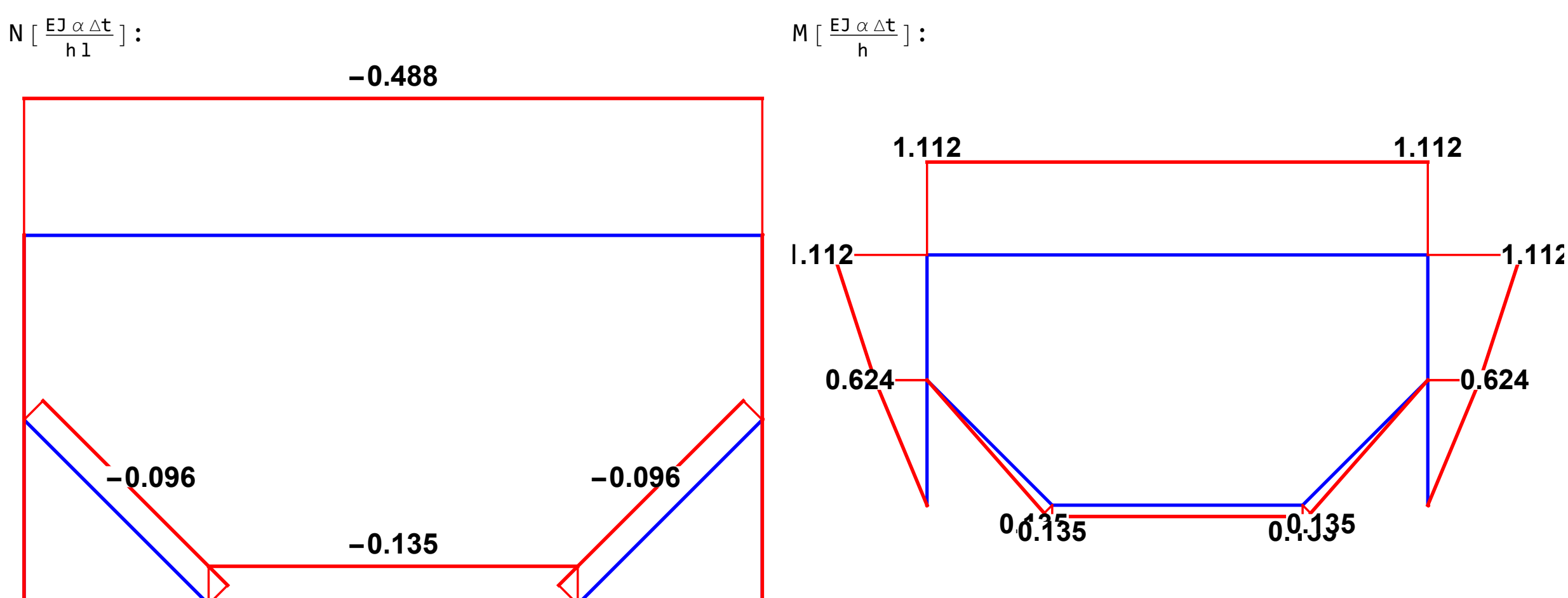
$$\begin{pmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \delta_{10}^t \\ \delta_{20}^t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \frac{21.333 \cdot 1^3}{EJ} & -\frac{9.667 \cdot 1^3}{EJ} \\ -\frac{9.667 \cdot 1^3}{EJ} & \frac{7.609 \cdot 1^3}{EJ} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{12.000 \cdot 1^2 \alpha \Delta t}{h} \\ -\frac{5.000 \cdot 1^2 \alpha \Delta t}{h} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

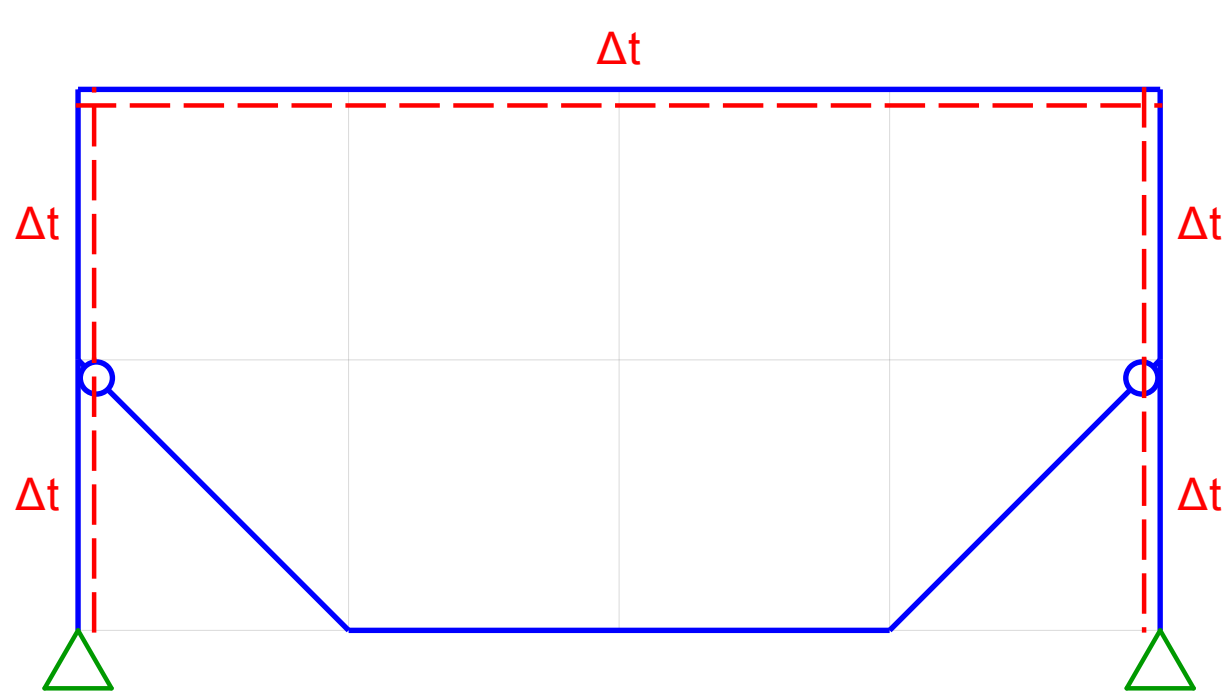
Rozwiązanie metody sił:

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{0.624 \cdot EJ \alpha \Delta t}{h \cdot 1} \\ -\frac{0.135 \cdot EJ \alpha \Delta t}{h \cdot 1} \end{pmatrix}$$

Wykresy sił wewnętrznych:

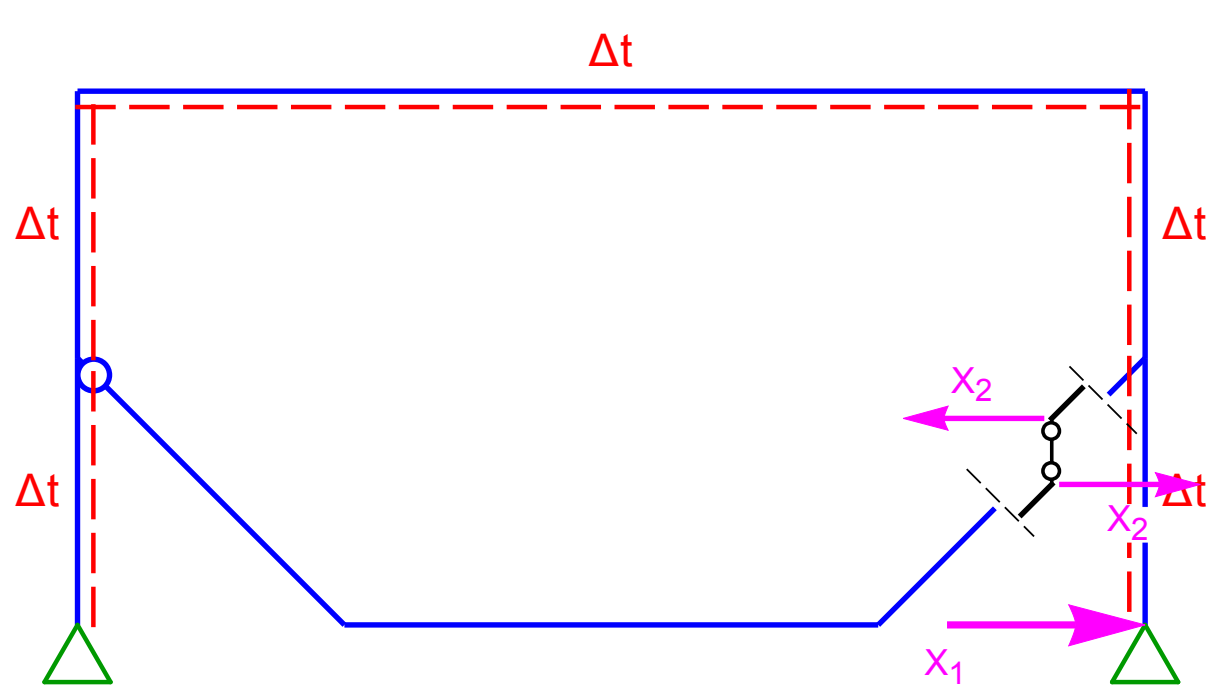


Geometria oraz obciążenia konstrukcji (wymiar oczka siatki - 1, EA = ∞):



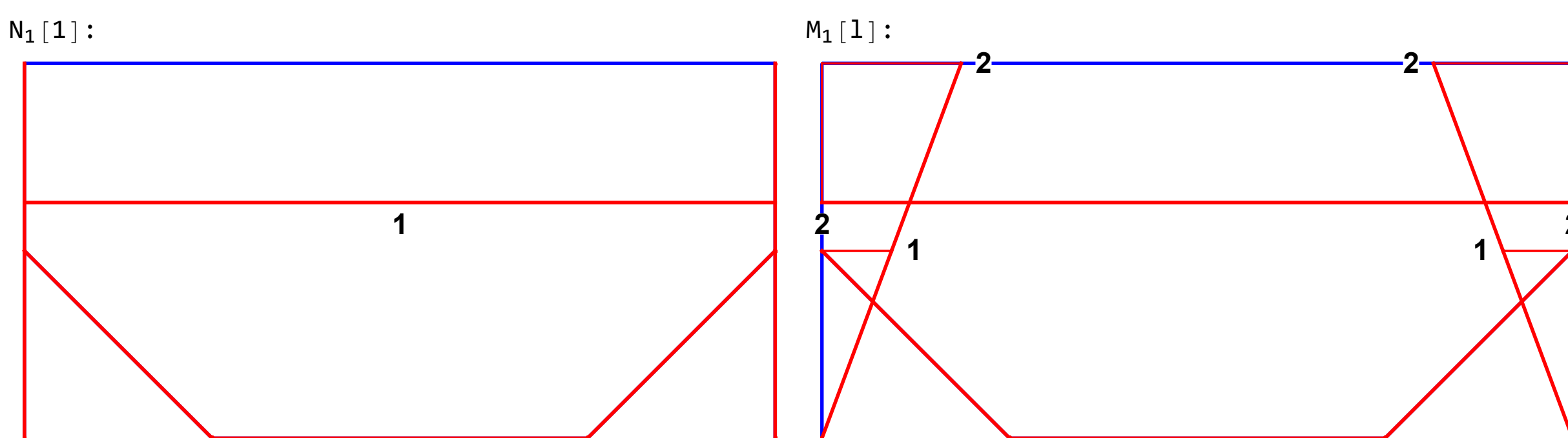
Konstrukcja jest 2 krotnie statycznie niewyznaczalna.

Układ zastępczy:

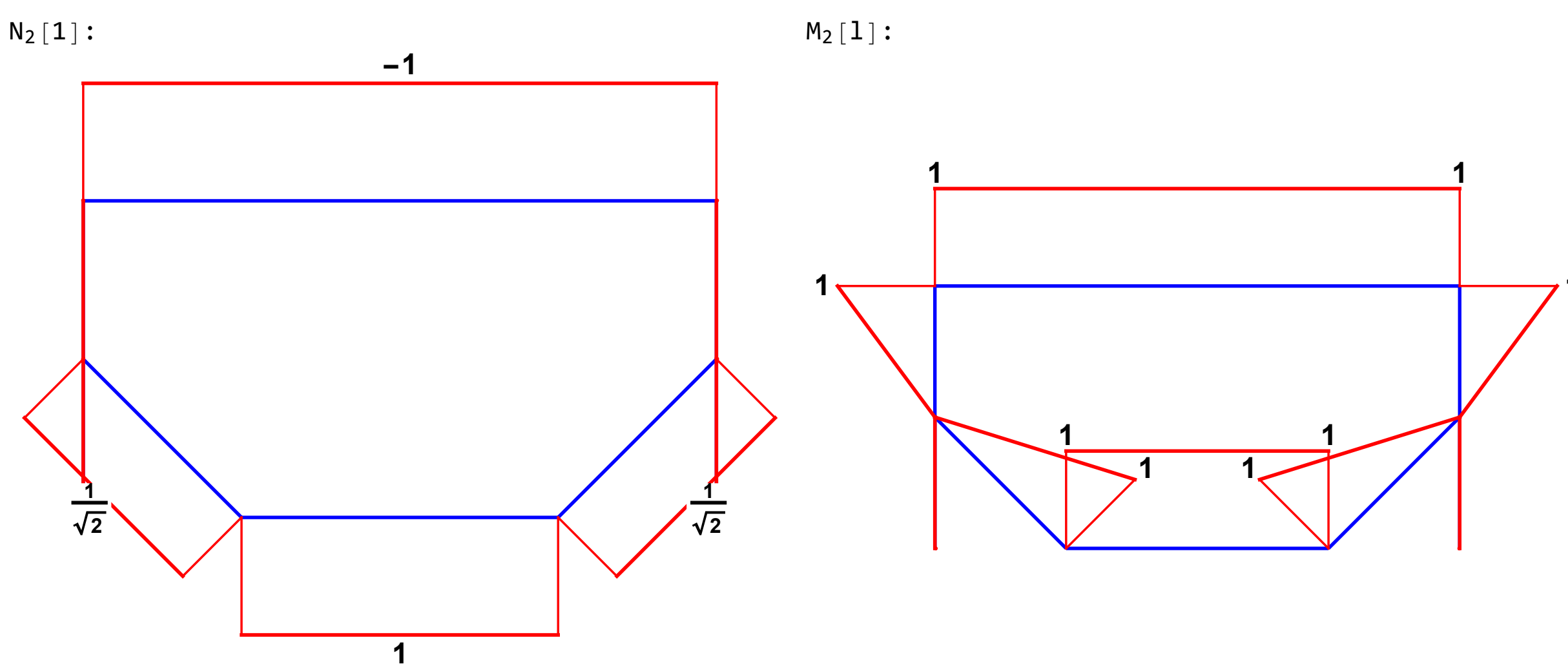


Wykresy sił wewnętrznych od jednostkowych sił nadliczbowych:

- od siły $X_1 = 1$:



- od siły $X_2 = 1$:



Przemieszczenia od obciążenia temperaturą:

$$\delta_{10}^t = \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot 1\right) \left(\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + (21 \cdot 4 \cdot 1) \left(\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot 1\right) \left(\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) = 12.000 \frac{1^2 \alpha \Delta t}{h}$$

$$\delta_{20}^t = \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(-\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + (1 \cdot 4 \cdot 1) \left(-\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(-\frac{\alpha \Delta t}{h}\right) = -5.000 \frac{1^2 \alpha \Delta t}{h}$$

Przemieszczenia od jednostkowych sił nadliczbowych:

$$\delta_{11} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1 + \frac{1}{3} \cdot 21\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot 1\right) \left(\frac{1}{3} \cdot 1 + \frac{2}{3} \cdot 21\right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[(21 \cdot 4 \cdot 1) (21) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 21 + \frac{1}{3} \cdot 1\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{1}{3} \cdot 21 + \frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] = 21.333 \frac{1^3}{EJ}$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{1}{3} \cdot (-1) + \frac{2}{3} \cdot (-21)\right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[(1 \cdot 4 \cdot 1) (-21) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot (-21) + \frac{1}{3} \cdot (-1)\right) \right] = -9.667 \frac{1^3}{EJ}$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[(1 \cdot 4 \cdot 1) (1) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[(1 \cdot 2 \cdot 1) (1) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] = 7.609 \frac{1^3}{EJ}$$

Równania nierozdzielności:

$$\begin{pmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \delta_{10}^t \\ \delta_{20}^t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \frac{21.333 \cdot 1^3}{EJ} & -\frac{9.667 \cdot 1^3}{EJ} \\ -\frac{9.667 \cdot 1^3}{EJ} & \frac{7.609 \cdot 1^3}{EJ} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{12.000 \cdot 1^2 \alpha \Delta t}{h} \\ -\frac{5.000 \cdot 1^2 \alpha \Delta t}{h} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Rozwiązanie metody sił:

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{0.624 \cdot EJ \alpha \Delta t}{h \cdot 1} \\ -\frac{0.135 \cdot EJ \alpha \Delta t}{h \cdot 1} \end{pmatrix}$$

Wykresy sił wewnętrznych:

