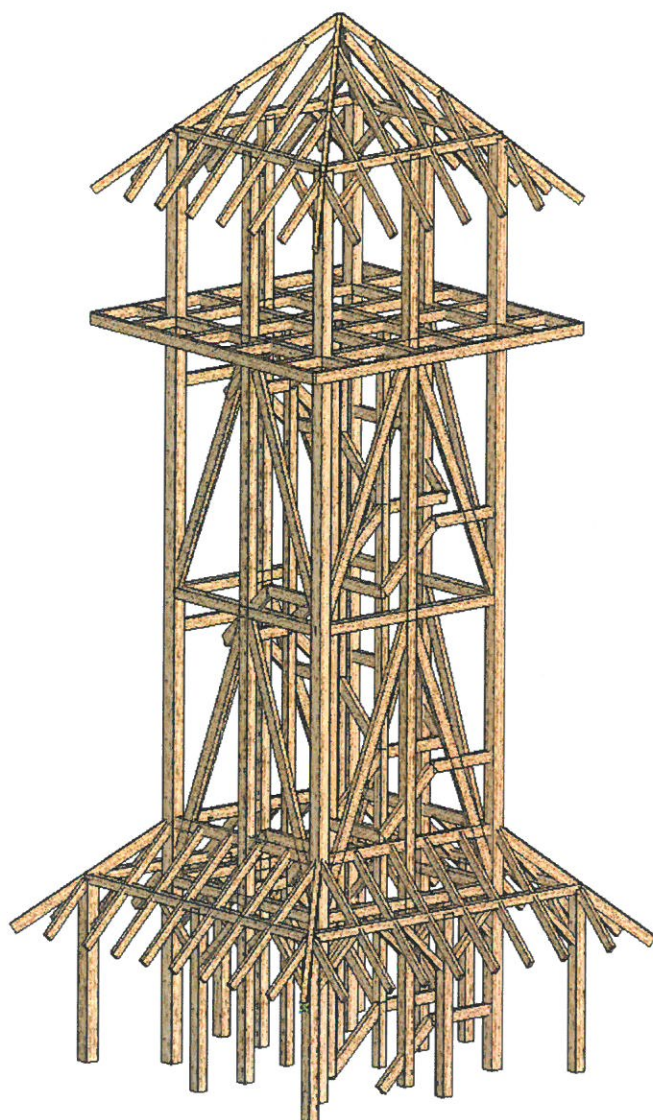


---

## OBLICZENIA STATYCZNO – WTRZYMAŁOŚCIOWE

---

### WIEŻA WIDOKOWA



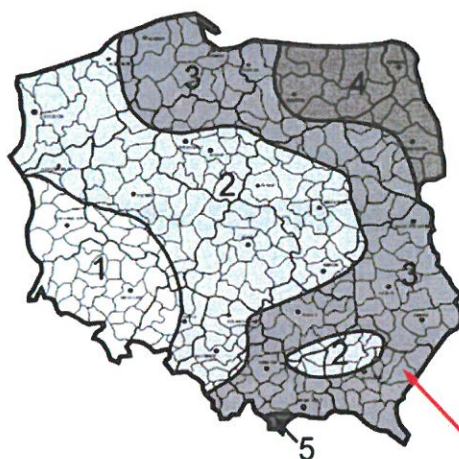
## I. Zestawienie obciążeń

### 1. Zestawienie obciążeń klimatycznych

#### 1.1. Obciążenie śniegiem wg PN-EN 1991-1-3

Lokalizacja: Ułazów, woj. podkarpackie, wysokość ~210.00m n.p.m.

3. strefa obciążenia śniegiem gruntu



Rys.1. Podział Polski na strefy obciążenia śniegiem gruntu wg PN-EN-1991-1-3

#### 1.1.1. Równomierne obciążenie śniegiem

$A := 210,00$  m n.p.m. wysokość nad poziomem morza

Tablica 5.2: Współczynniki kształtu dachu

Kąt spadku dachu $\alpha$	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	–

$$\mu_1 := 0,8$$

współczynnik kształtu dachu (dach płaski)

$$C_e := 1$$

współczynnik ekspozycji dla terenu normalnego tab.5.1.

$$C_t := 1$$

współczynnik termiczny p.5.2.(8)

$$s_k := \max \left( \left( 0,006 \cdot A - 0,6 \right) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}, 1,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 1,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem gruntu, strefa 3.

$$s_n := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,96 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem

$$s_d := 1,5 \cdot s_n = 1,44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

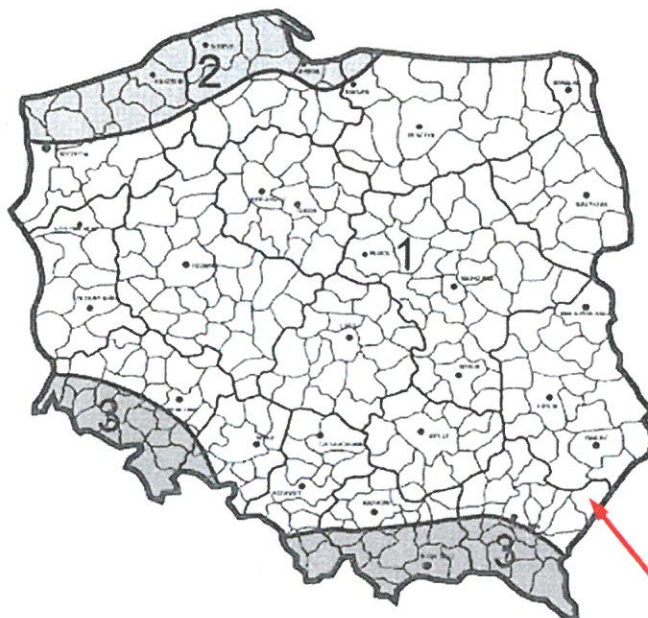
wartość obliczeniowa obciążenia śniegiem

## 1.2. Obciążenie wiatrem wg PN-EN 1991-1-4

Lokalizacja: Ułazów, woj. podkarpackie, wysokość ~210.00 m n.p.m.

1. strefa obciążenia wiatrem

Kategoria terenu III - wsie, tereny podmiejskie, stałe lasy



Rys.2.1. Podział Polski na strefy obciążenia wiatrem

### Bazowe ciśnienie prędkości wiatru

$A := 210,00$  m n.p.m.      wysokość nad poziomem morza

$$v_{b,0} := 22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

podstawowa wartość bazowej prędkości wiatru  
tab. NB.1.

$$q_{b,0} := 0,3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

podstawowa wartość ciśnienia  
prędkości wiatru tab. NB.1.

$$c_{dir} := 1$$

współczynnik kierunkowy

$$c_{season} := 1$$

współczynnik sezonowy

$$v_b := c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

podstawowa prędkość wiatru wz. 4.1

$$\rho := 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

gęstość powietrza

$$q_b := 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0,3025 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

wartość bazowa ciśnienia prędkości wz. 4.10

$$CsCd := 1$$

współczynnik konstrukcyjny p.6.2.(1)



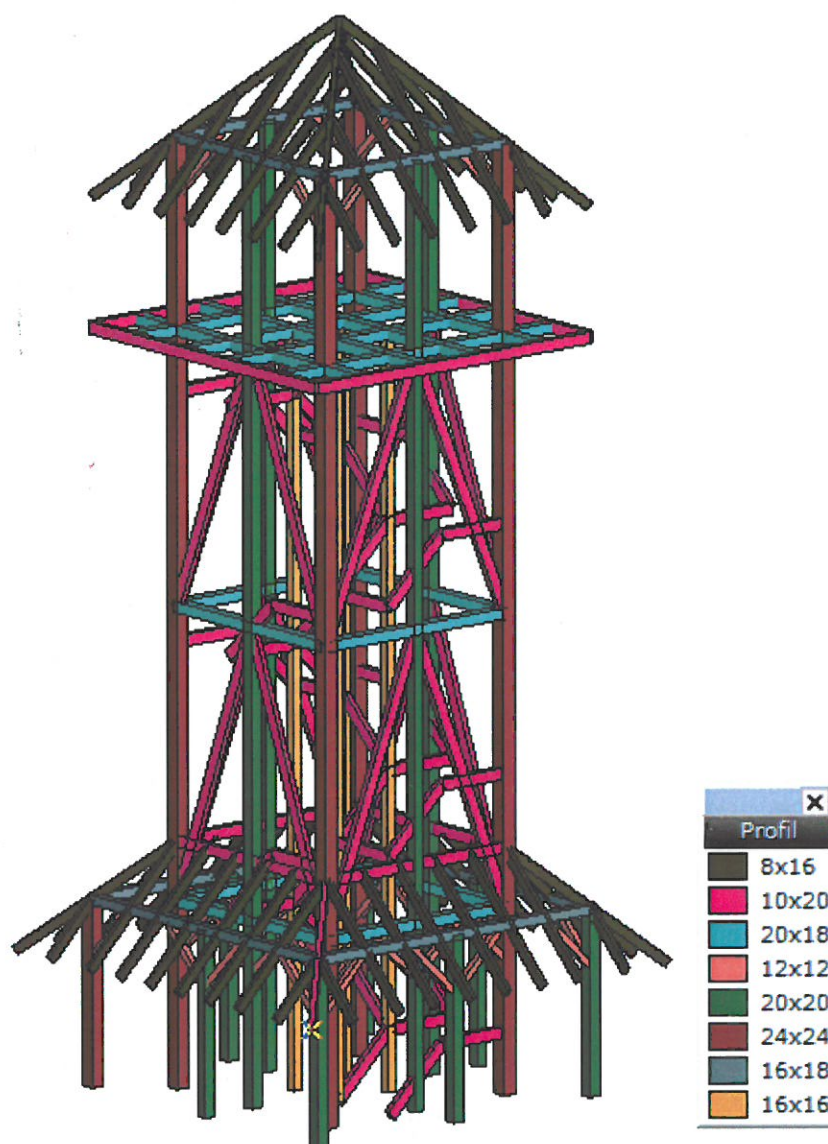


ZESTAWIENIE ODDZIAŁYWAŃ NA DACH			
Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne [kN/m <sup>2</sup> ]	Współczynnik $\gamma$ [-]	Obciążenie obliczeniowe [kN/m <sup>2</sup> ]
<b>OBCIĄŻENIE STAŁE</b>			
1. Pokrycie - gont	0.450	1.35	0.608
2. Łaty 40x60 (4.2 kN/m <sup>3</sup> * 0.04m * 0.06m)/0.6	0.017	1.35	0.023
3. Kontrłaty 50x25 (4.2 kN/m <sup>3</sup> * 0.05m * 0.025m)/0.8	0.007	1.35	0.009
4. Wiatroizolacja	-	-	-
5. Deskowanie szczelne - deski gr.3.2cm (4.2 kN/m <sup>3</sup> * 0.032m)	0.14	1.35	0.189
6. Krokwie 8x16 cm - wg programu obliczeniowego	-	-	-
<b>RAZEM</b>	<b>0.613</b>	<b>-</b>	<b>0.828</b>
<b>OBCIĄŻENIE ZMIENNE</b>			
1. Obciążenie użytkowe dla dachów	0.400	1.5	0.600
2. Obciążenie śniegiem	0.960	1.5	1.440
3. Obciążenie wiatrem - wg powyższych obliczeń	-	-	-
<b>RAZEM</b>	<b>1.360</b>	<b>-</b>	<b>2.040</b>

ZESTAWIENIE ODDZIAŁYWAŃ NA SCHODY			
Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne [kN/m <sup>2</sup> ]	Współczynnik $\gamma$ [-]	Obciążenie obliczeniowe [kN/m <sup>2</sup> ]
<b>OBCIĄŻENIE STAŁE</b>			
1. Deski gr. 6cm (4.2 kN/m <sup>3</sup> * 0.06m)	0.252	1.35	0.340
2. Belki konstrukcji nośnej- wg programu obliczeniowego	-	-	-
<b>RAZEM</b>	<b>0.252</b>	<b>-</b>	<b>0.340</b>
<b>OBCIĄŻENIE ZMIENNE</b>			
1. Obciążenie użytkowe dla schodów	2.000	1.5	3.000
<b>RAZEM</b>	<b>2.000</b>	<b>-</b>	<b>3.000</b>

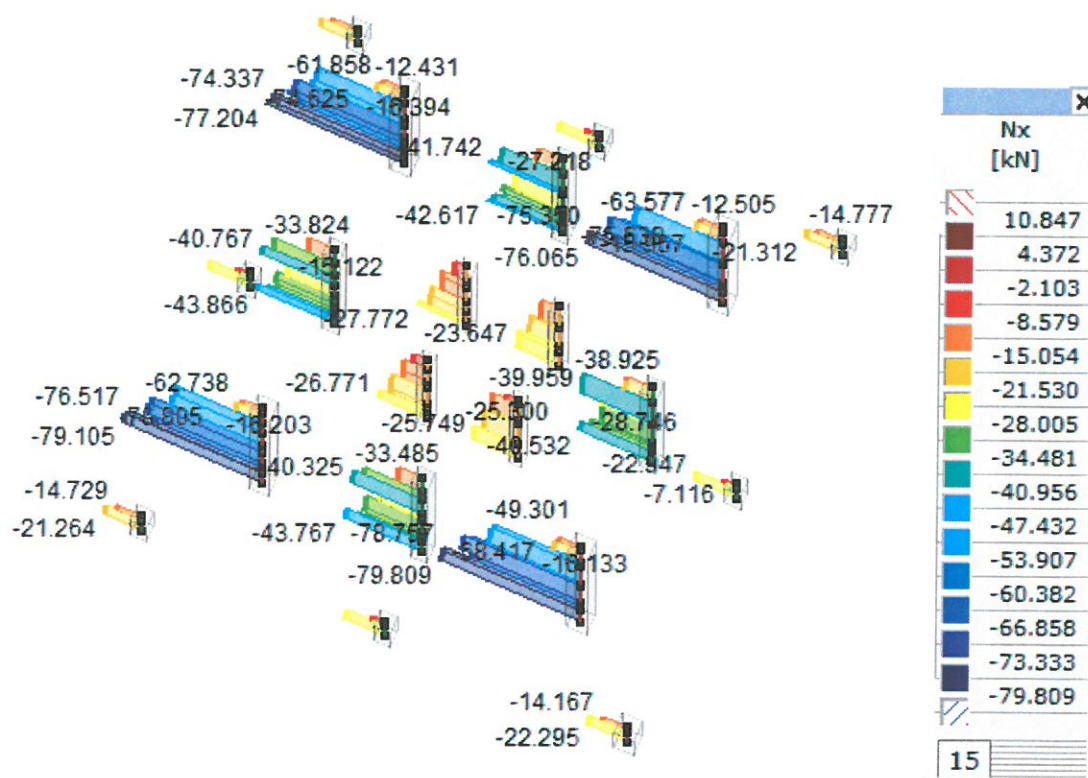
ZESTAWIENIE ODDZIAŁYWAŃ NA PODEST			
Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne [kN/m <sup>2</sup> ]	Współczynnik $\gamma$ [-]	Obciążenie obliczeniowe [kN/m <sup>2</sup> ]
<b>OBCIĄŻENIE STAŁE</b>			
1. Deski gr. 6cm (4.2 kN/m <sup>3</sup> * 0.06m)	0.252	1.35	0.340
2. Belki konstrukcji nośnej- wg programu obliczeniowego	-	-	-
<b>RAZEM</b>	<b>0.252</b>	<b>-</b>	<b>0.340</b>
<b>OBCIĄŻENIE ZMIENNE</b>			
1. Obciążenie użytkowe dla podestu	5.000	1.5	7.500
<b>RAZEM</b>	<b>5.000</b>	<b>-</b>	<b>7.500</b>

## II. Wyniki obliczeń statycznych

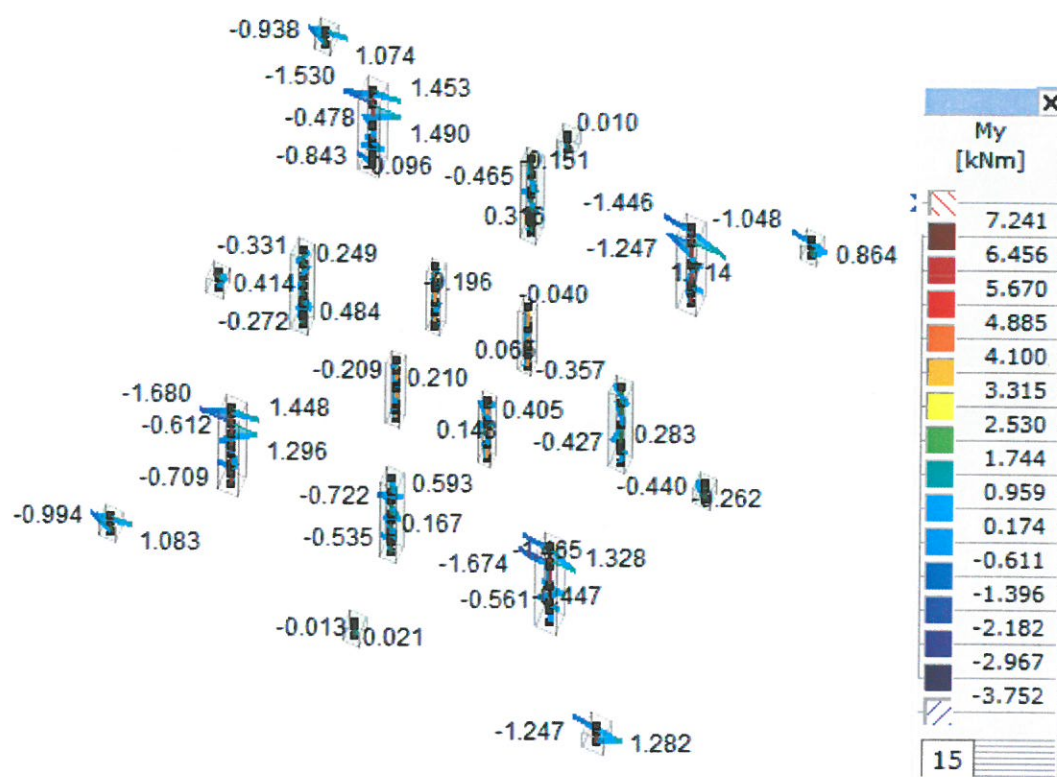


Rys. 1. Widok 3d modelu obliczeniowego oraz przyjęte profile

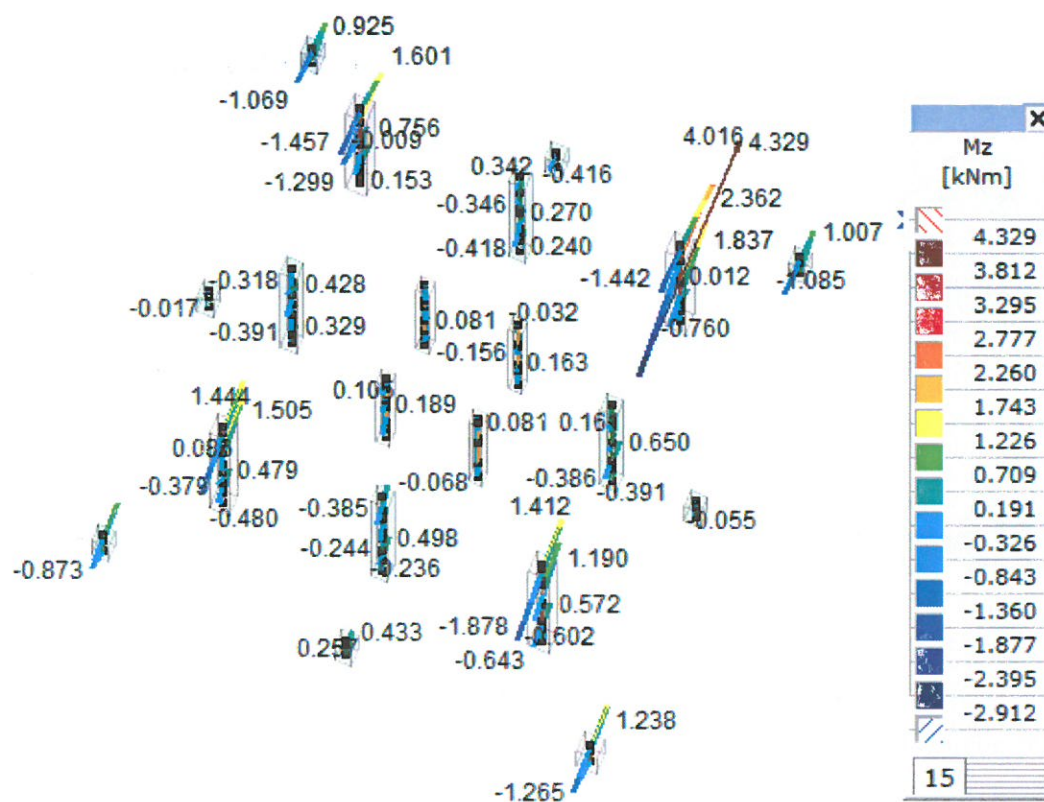
## 1. Wyniki obliczeń statycznych dla słupów



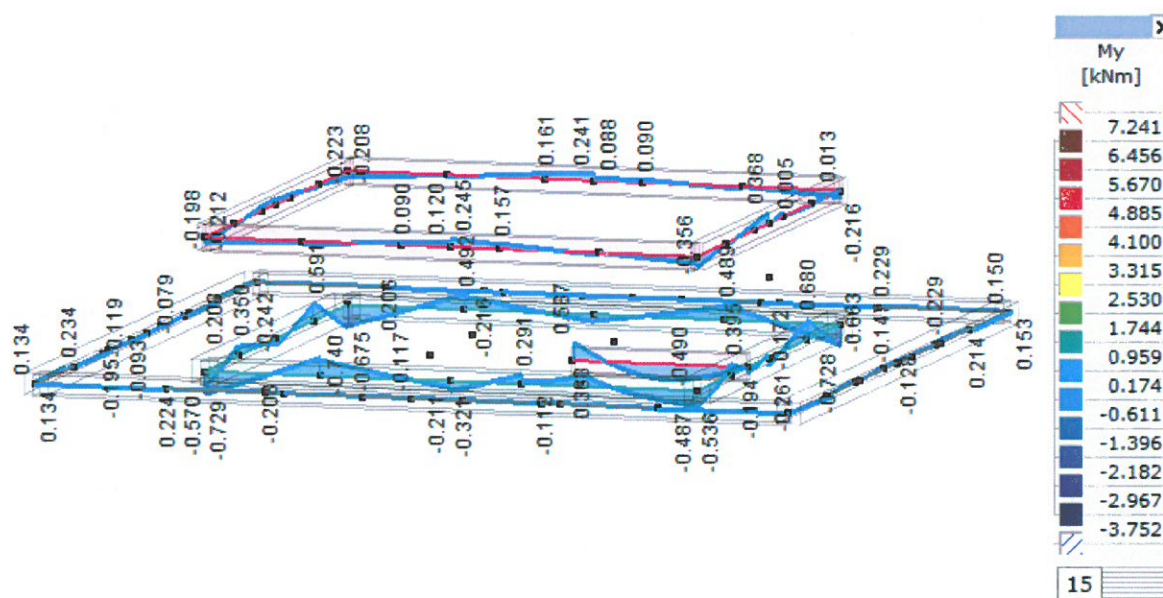
Rys. 2. Wykres sił osiowych

Rys. 3. Wykres momentów zginających  $M_y$

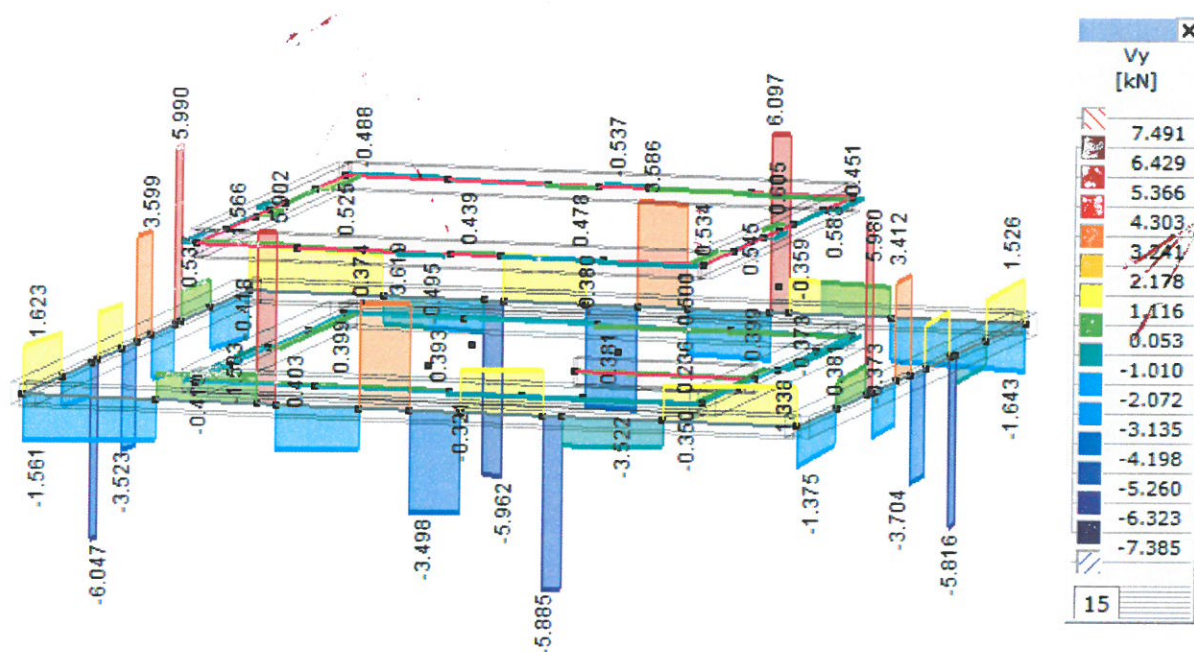
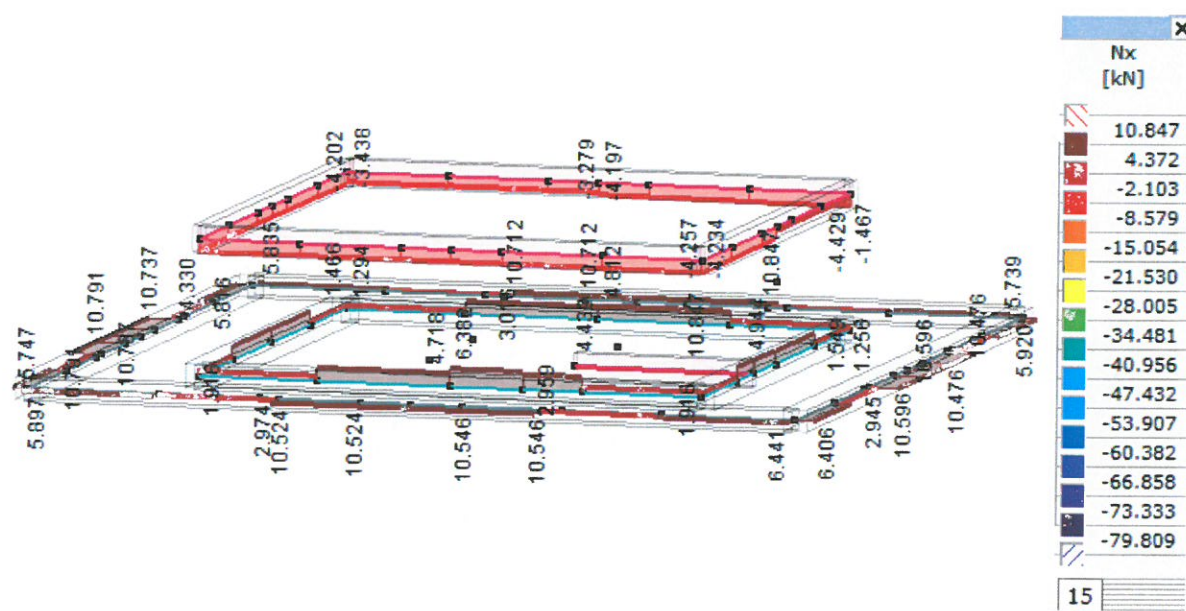


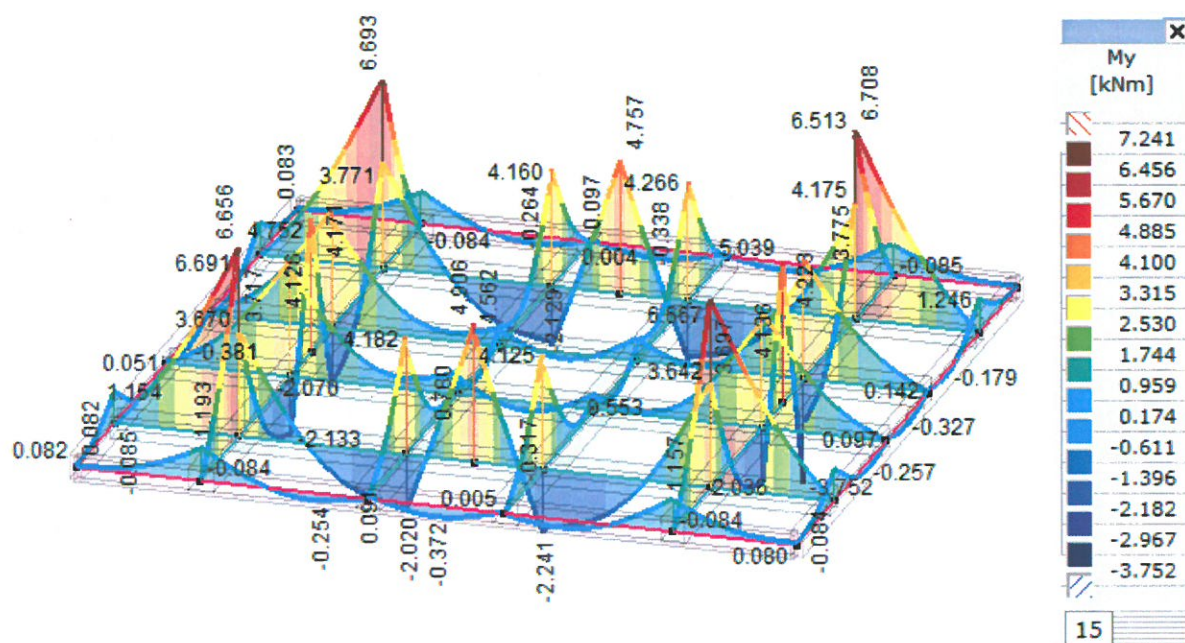
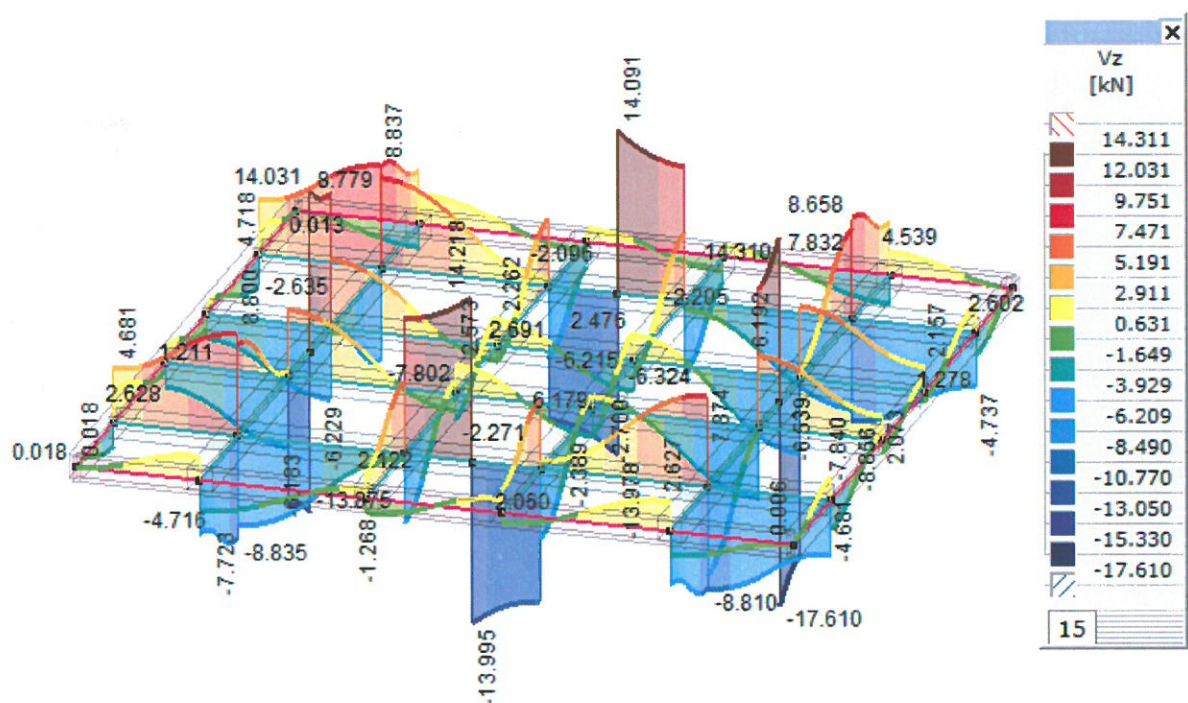
Rys. 4. Wykres momentów zginających  $M_z$ 

## 2. Wyniki obliczeń statycznych dla belek

Rys. 5. Wykres momentów zginających  $M_y$  – belki w poziomie dachu przy wejściu na wieżę

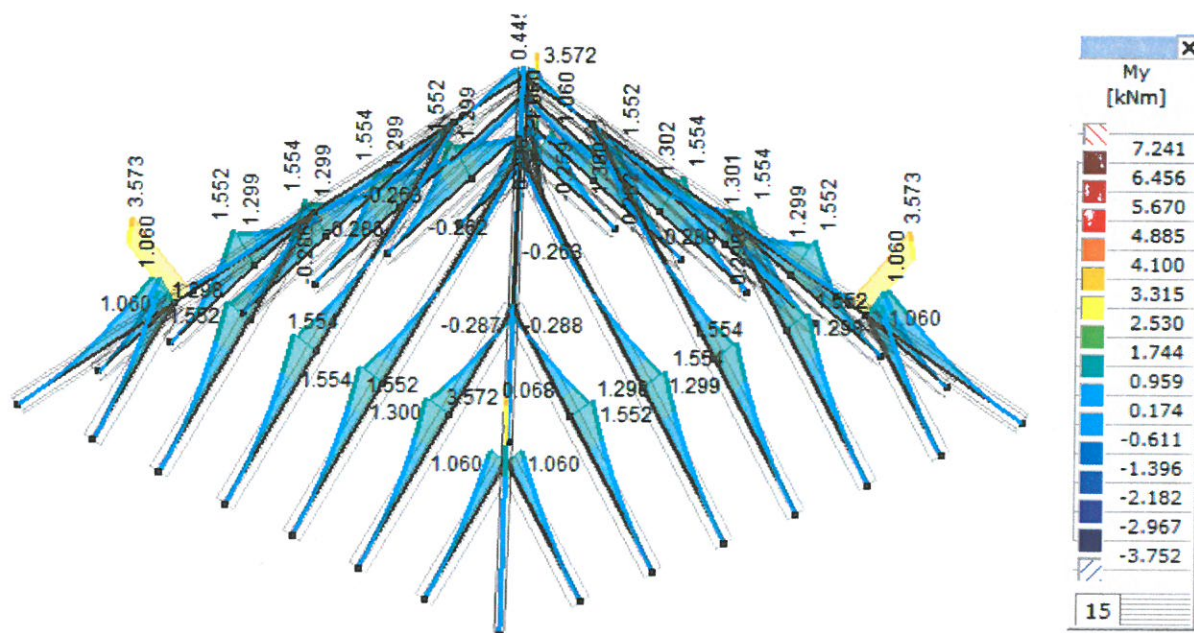
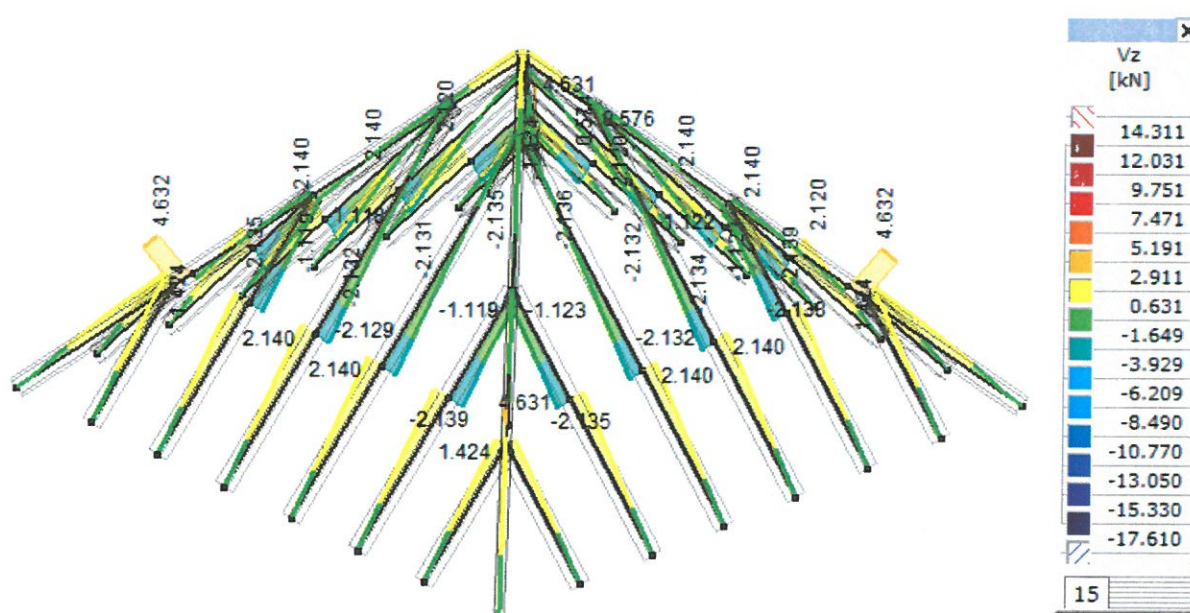


Rys. 6. Wykres sił ścinających  $V_y$  – belki w poziomie dachu przy wejściu na wieżęRys. 7. Wykres sił osiowych  $N_x$  – belki w poziomie dachu przy wejściu na wieżę

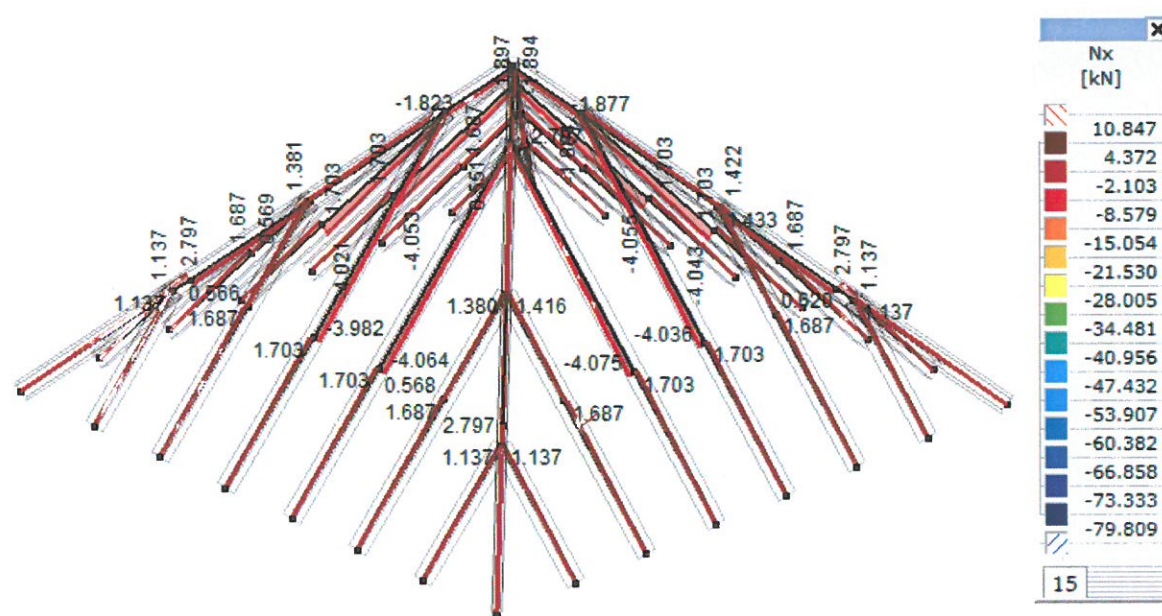
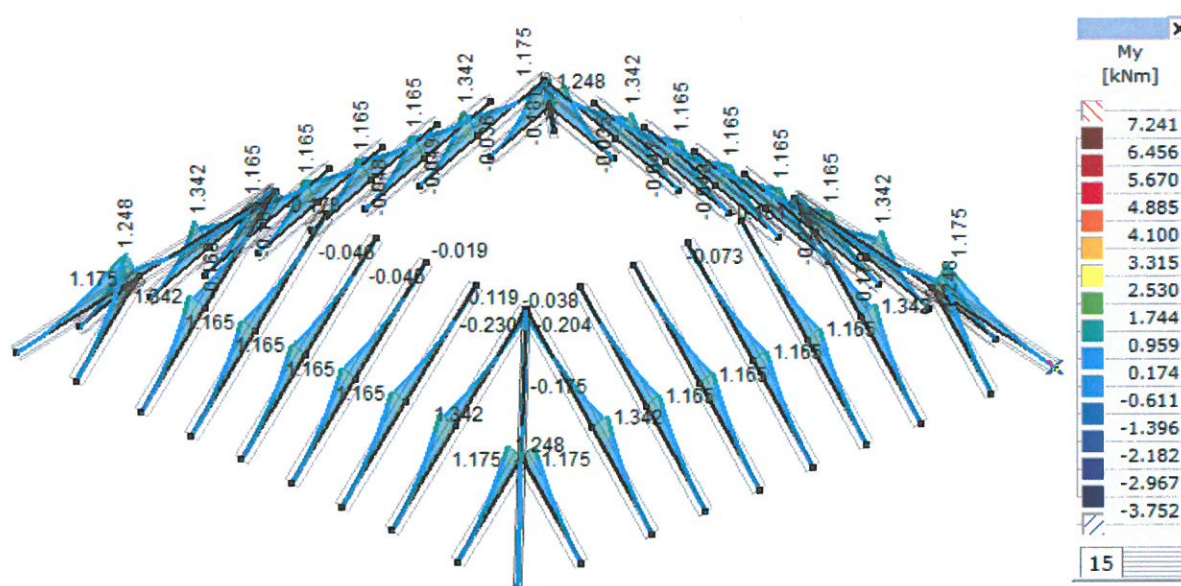
Rys. 8. Wykres momentów zginających  $M_y$  – belki podestuRys. 9. Wykres sił ścinających  $V_y$  – belki podestu

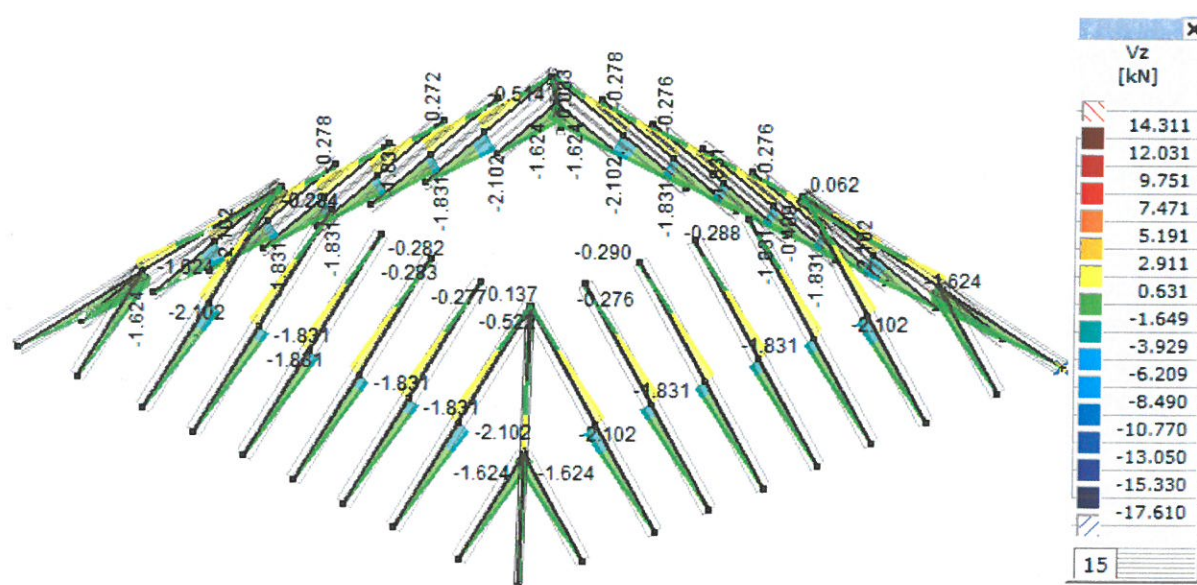


### 3. Wyniki obliczeń statycznych dla krokwi

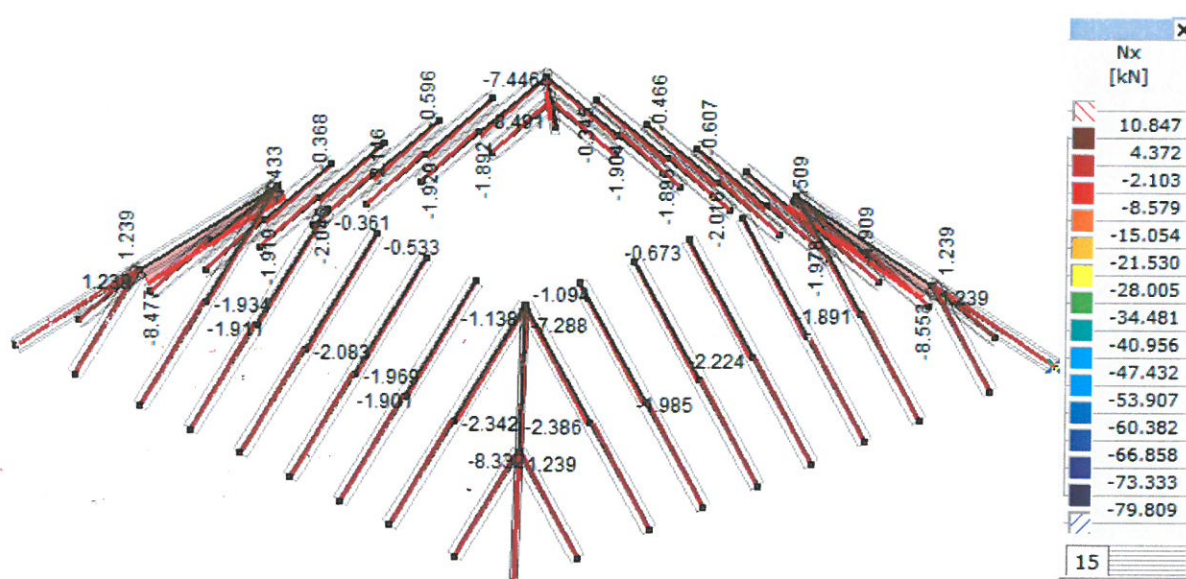
Rys. 10. Wykres momentów zginających  $M_y$  – krokwie dachuRys. 11. Wykres sił ścinających  $V_y$  – krokwie dachu



Rys. 12. Wykres sił osiowych  $N_y$  – krokwie dachuRys. 13. Wykres momentów zginających  $M_y$  – krokwie dachu przy wejściu na wieżę



Rys. 14. Wykres sił ścinających  $V_y$  – krokwie dachu przy wejściu na wieżę



Rys. 15. Wykres sił osiowych  $N_y$  – krokwie dachu przy wejściu na wieżę

### III. Wyniki obliczeń wytrzymałościowych

#### 1. Wymiarowanie słupa

##### WYMIAROWANIE ELEMENTU DREWNIANEGO

Wymiarowany element: **510**

Węzły: **71-172**

Norma: **Eurokod-PL**

PN-EN 1995-1-1:2010

Materiał: **C24**

Klasa użytkowania: **2**

Przekrój poprzeczny: **24x24**

Przypadek obciążenia: **Komb #1 - użytkowe**

Klasa trwania obciążenia: **Krótkotrwale**

##### SPRAWDZENIE INTERAKCJI

###### 7. Siła Normalna-Zginanie

EN 1995-1-1: 6.3.2, 6.2.4

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 4200.00 = 0 \text{ mm}$

$$\eta_1 = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{0.88}{14.54} \right)^2 + \frac{0.17}{16.62} + 0.7 \cdot \frac{1.26}{16.62} = 6.7 \% \quad (6.19)$$

$$\eta_2 = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{0.88}{14.54} \right)^2 + 0.7 \cdot \frac{0.17}{16.62} + \frac{1.26}{16.62} = 8.7 \% \quad (6.20)$$

$$\eta_{NM} = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(6.7; 8.7) = 8.7 \% \quad \text{spełniony}$$

###### 8. Ściskanie-Zginanie-Wyboczenie

EN 1995-1-1: 6.3.2

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 4200.00 = 0 \text{ mm}$

$$\lambda_y = \frac{K_{yy} \cdot L_{tot}}{i_{s,y}} = \frac{1.00 \cdot 4200.00}{69.28} = 60.6$$

$$\lambda_z = \frac{K_{zz} \cdot L_{tot}}{i_{s,z}} = \frac{1.00 \cdot 4200.00}{69.28} = 60.6$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0.05}}} = \frac{60.6}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21.00}{7400.00}} = 1 \quad (6.21)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0.05}}} = \frac{60.6}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21.00}{7400.00}} = 1 \quad (6.22)$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1 - 0.3) + 1^2 \right) = 1.10 \quad (6.27)$$

$$k_z = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1 - 0.3) + 1^2 \right) = 1.10 \quad (6.28)$$



$$\eta_1 = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{|0.88|}{0.67 \cdot 14.54} + \frac{|0.17|}{16.62} + 0.7 \cdot \frac{|1.26|}{16.62} = 15.4 \% \quad (6.23)$$

$$\eta_2 = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{|0.88|}{0.67 \cdot 14.54} + 0.7 \cdot \frac{|0.17|}{16.62} + \frac{|1.26|}{16.62} = 17.3 \% \quad (6.24)$$

$$\eta_{N,M,Buck} = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(15.4; 17.3) = 17.3 \% \quad \text{spełniony}$$

## 9. Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie

EN 1995-1-1: 6.3.3

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 4200.00 = 0 \text{ mm}$

$dL = 2 \cdot h_{max} = 2 \cdot 240.00_{max} = 480.00 \text{ mm}$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78 \cdot b^2}{h \cdot (K_{LT} \cdot L_{tot} + dL)} \cdot E_{0.05} = \frac{0.78 \cdot 240.00^2}{240.00 \cdot (1.00 \cdot 4200.00 + 480.00)} \cdot 7400.00 = 296.00 \text{ N/mm}^2 \quad (6.32)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24.00}{296.00}} = 0.28 \quad (6.30)$$

$$k_{crit} = 1.00 \quad (6.34)$$

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left( \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 = \frac{0.88}{0.67 \cdot 14.54} + \left( \frac{|0.17|}{1.00 \cdot 16.62} \right)^2 = 9.0 \% \quad (6.35)$$

$$\eta_2 = \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} = \frac{|0.17|}{1.00 \cdot 16.62} = 1.0 \% \quad (6.33)$$

$$\eta_{N,MLTB} = \max(\eta_1; \eta_2) = 9.0 \% \quad \text{spełniony}$$

## 2. Wymiarowanie belek podestu

### WYMIAROWANIE ELEMENTU DREWNIANEGO

Wymiarowany element: 199

Węzły: 71-83

Norma: Eurokod-PL

PN-EN 1995-1-1:2010

Materiał: C24

Klasa użytkowania: 2

Przekrój poprzeczny: 20x18

Przypadek obciążenia: Komb #1 - użytkowe

Klasa trwania obciążenia: Krótkotrwale

**1. Siła normalna**

EN 1995-1-1: 6.1.2, 6.1.4

Polożenie przekroju decydującego:  $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 1000.00 = 0 \text{ mm}$ 

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_s}{A_s} = \frac{24.27}{36000.00} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{h,y} = 1$$

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,y} \cdot f_{t,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0.90 \cdot 1 \cdot 14.00}{1.3} = 9.69 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_N = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{0}{9.69} = 0 \% \quad (6.1) \quad \text{spełniony}$$

**2. Zginanie (y)**

EN 1995-1-1: 6.1.6

Polożenie przekroju decydującego:  $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 1000.00 = 0 \text{ mm}$ 

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{|M_y|}{W_y} = \frac{|36200.37|}{1200000.06} = 0.03 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{h,y} = 1 \quad (3.1)$$

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,y} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0.90 \cdot 1 \cdot 24.00}{1.3} = 16.62 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{M_y} = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.03}{16.62} = 0.2 \% \quad \text{spełniony}$$

**3. Zginanie (z)**

EN 1995-1-1: 6.1.6

Polożenie przekroju decydującego:  $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 1000.00 = 0 \text{ mm}$ 

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{|M_z|}{W_z} = \frac{|(-6707666.40)|}{1080000.07} = 6.21 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{h,z} = 1 \quad (3.1)$$

$$f_{m,z,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,z} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0.90 \cdot 1 \cdot 24.00}{1.3} = 16.62 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{M_z} = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{6.21}{16.62} = 37.4 \% \quad \text{spełniony}$$

**4. Ścinanie(y)**

EN 1995-1-1: 6.1.7

Polożenie przekroju decydującego:  $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 1000.00 = 0 \text{ mm}$ 

$$k_{\sigma} = 0.67 \quad (6.13a)$$

$$\tau_{V_y,d} = \frac{1.5 \cdot |V_y|}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{1.5 \cdot |(-8855.96)|}{0.67 \cdot 180.00 \cdot 200.00} = 0.55 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,y,k}}{\gamma_M} = \frac{0.90 \cdot 4.00}{1.3} = 2.77 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{V_y} = \frac{\tau_{V_y,d}}{f_{v,y,d}} = \frac{0.55}{2.77} = 19.9 \% \quad (6.13) \quad \text{spełniony}$$

## 5. Ścinanie(z)

EN 1995-1-1: 6.1.7

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 1000.00 = 1000.00 \text{ mm}$

$$k_{cr} = 0.67 \quad (6.13a)$$

$$\tau_{V_z,d} = \frac{1.5 \cdot |V_z|}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{1.5 \cdot |(-43.92)|}{0.67 \cdot 180.00 \cdot 200.00} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,z,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,z,k}}{\gamma_M} = \frac{0.90 \cdot 4.00}{1.3} = 2.77 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{V_z} = \frac{\tau_{V_z,d}}{f_{v,z,d}} = \frac{0}{2.77} = 0.1 \% \quad (6.13) \quad \text{spełniony}$$

## 6. Skręcanie

EN 1995-1-1: 6.1.8

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 1000.00 = 0 \text{ mm}$

$$\tau_{tor,d} = 0.05 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{0.90 \cdot 4.00}{1.3} = 2.77 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{shape} = \min \left( 1 + 0.05 \cdot \frac{h}{b} ; 1.3 \right) = \min \left( 1 + 0.05 \cdot \frac{200.00}{180.00} ; 1.3 \right) = 1.056 \quad (6.15)$$

$$\eta_{M_x} = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} = \frac{0.05}{1.056 \cdot 2.77} = 1.6 \% \quad (6.14) \quad \text{spełniony}$$

## SPRAWDZENIE INTERAKCJI

## 7. Siła Normalna-Zginanie

EN 1995-1-1: 6.3.2, 6.2.4

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 1000.00 = 0 \text{ mm}$

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0}{9.69} + \frac{|0.03|}{16.62} + 0.7 \cdot \frac{|6.21|}{16.62} = 26.4 \% \quad (6.17)$$



$$\eta_2 = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0}{9.69} + 0.7 \cdot \frac{|0.03|}{16.62} + \frac{|6.21|}{16.62} = 37.5 \% \quad (6.18)$$

$$\eta_{N,M} = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(26.4; 37.5) = 37.5 \% \quad \text{spełniony}$$

### 8. Ściskanie-Zginanie-Wyboczenie

EN 1995-1-1: 6.3.2

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 1000.00 = 0 \text{ mm}$

$$\eta_1 = \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{|0.03|}{16.62} + 0.7 \cdot \frac{|6.21|}{16.62} = 26.3 \% \quad (6.23)$$

$$\eta_2 = k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = 0.7 \cdot \frac{|0.03|}{16.62} + \frac{|6.21|}{16.62} = 37.5 \% \quad (6.24)$$

$$\eta_{N,M,Buck} = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(26.3; 37.5) = 37.5 \% \quad \text{spełniony}$$

### 9. Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie

EN 1995-1-1: 6.3.3

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 1000.00 = 0 \text{ mm}$

$$\sigma_{Mcd} = |\sigma_{m,y,d}| - \sigma_{c,0,d} = |0.03| - \sigma_{c,0,d} = 0.03 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{N,MLTB} = \frac{\sigma_{Mcd}}{k_{cvt} \cdot f_{m,y,d}} = \frac{0.03}{1.00 \cdot 16.62} = 0.2 \% \quad \text{spełniony}$$

## 3. Wymiarowanie krokwi

### WYMIAROWANIE ELEMENTU DREWNIANEGO

Wymiarowany element: **296**

Węzły: **118-157**

Norma: **Eurokod-PI.**

PN-EN 1995-1-1:2010

Materiał: **C24**

Klasa użytkowania: **2**

Przekrój poprzeczny: **8x16**

Przypadek obciążenia: **Komb #1 - użytkowe**

Klasa trwania obciążenia: **Krótkotrwale**

### SPRAWDZENIE INTERAKCJI

### 7. Siła Normalna-Zginanie

EN 1995-1-1: 6.3.2, 6.2.4

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 2177.86 = 0 \text{ mm}$

$$\eta_1 = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{0.31}{14.54} \right)^2 + \frac{|3.81|}{16.62} + 0.7 \cdot \frac{|0.35|}{18.84} = 24.2 \% \quad (6.19)$$

$$\eta_2 = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{0.31}{14.54} \right)^2 + 0.7 \cdot \frac{|3.81|}{16.62} + \frac{|0.35|}{18.84} = 17.9 \% \quad (6.20)$$

$$\eta_{N,M} = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(24.2; 17.9) = 24.2 \% \quad \text{spełniony}$$

### 8. Ściskanie-Zginanie-Wyboczenie

EN 1995-1-1: 6.3.2

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 2177.86 = 0 \text{ mm}$

$$\lambda_y = \frac{K_{yy} \cdot L_{tot}}{i_{y,y}} = \frac{1.00 \cdot 2177.86}{46.19} = 47.2$$

$$\lambda_z = \frac{K_{zz} \cdot L_{tot}}{i_{z,z}} = \frac{1.00 \cdot 2177.86}{23.09} = 94.3$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0.05}}} = \frac{47.2}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21.00}{7400.00}} = 0.8 \quad (6.21)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0.05}}} = \frac{94.3}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21.00}{7400.00}} = 1.6 \quad (6.22)$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (0.8 - 0.3) + 0.8^2 \right) = 0.87 \quad (6.27)$$

$$k_z = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.6 - 0.3) + 1.6^2 \right) = 1.91 \quad (6.28)$$

$$k_{c,y} = \min \left( \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}; 1 \right) = \min \left( \frac{1}{0.87 + \sqrt{0.87^2 - 0.8^2}}; 1 \right) = 0.83 \quad (6.25)$$

$$k_{c,z} = \min \left( \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}; 1 \right) = \min \left( \frac{1}{1.91 + \sqrt{1.91^2 - 1.6^2}}; 1 \right) = 0.34 \quad (6.26)$$

$$\eta_1 = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{|0.31|}{0.83 \cdot 14.54} + \frac{|3.81|}{16.62} + 0.7 \cdot \frac{|0.35|}{18.84} = 26.8 \% \quad (6.23)$$

$$\eta_2 = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{|0.31|}{0.34 \cdot 14.54} + 0.7 \cdot \frac{|3.81|}{16.62} + \frac{|0.35|}{18.84} = 24.3 \% \quad (6.24)$$

$$\eta_{N,M,Buck} = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(26.8; 24.3) = 26.8 \% \quad \text{spełniony}$$

## 4. Wymiarowanie zastrzałów

### WYMIAROWANIE ELEMENTU DREWNIANEGO

Wymiarowany element: 214

Węzły: 12-45

Norma: Eurokod-PL

PN-EN 1995-1-1:2010

Materiał: C24

Klasa użytkowania: 2

Przekrój poprzeczny: 10x20

Przypadek obciążenia: Komb #1 - użytkowe

Klasa trwania obciążenia: Krótkotrwałe

**SPRAWDZENIE INTERAKCJI****7. Siła Normalna-Zginanie**

EN 1995-1-1: 6.3.2, 6.2.4

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 5302.12 = 0 \text{ mm}$ 

$$\eta_1 = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{0.46}{14.54} \right)^2 + \frac{0.18}{16.62} + 0.7 \cdot \frac{0.03}{18.02} = 1.3 \% \quad (6.19)$$

$$\eta_2 = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{0.46}{14.54} \right)^2 + 0.7 \cdot \frac{0.18}{16.62} + \frac{0.03}{18.02} = 1.1 \% \quad (6.20)$$

$$\eta_{N,M} = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(1.3; 1.1) = 1.3 \% \quad \text{spełniony}$$

**8. Ściskanie-Zginanie-Wyboczenie**

EN 1995-1-1: 6.3.2

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 5302.12 = 0 \text{ mm}$ 

$$\lambda_y = \frac{K_{yy} \cdot L_{tot}}{i_{y,y}} = \frac{1.00 \cdot 5302.12}{57.74} = 91.8$$

$$\lambda_z = \frac{K_{zz} \cdot L_{tot}}{i_{z,z}} = \frac{1.00 \cdot 5302.12}{28.87} = 183.7$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0.05}}} = \frac{91.8}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21.00}{7400.00}} = 1.6 \quad (6.21)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0.05}}} = \frac{183.7}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21.00}{7400.00}} = 3.1 \quad (6.22)$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.6 - 0.3) + 1.6^2 \right) = 1.84 \quad (6.27)$$

$$k_z = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (3.1 - 0.3) + 3.1^2 \right) = 5.63 \quad (6.28)$$

$$k_{c,y} = \min \left( \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}; 1 \right) = \min \left( \frac{1}{1.84 + \sqrt{1.84^2 - 1.6^2}}; 1 \right) = 0.36 \quad (6.25)$$

$$k_{c,z} = \min \left( \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}; 1 \right) = \min \left( \frac{1}{5.63 + \sqrt{5.63^2 - 3.1^2}}; 1 \right) = 0.10 \quad (6.26)$$

$$\eta_1 = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0.46}{0.36 \cdot 14.54} + \frac{0.18}{16.62} + 0.7 \cdot \frac{0.03}{18.02} = 10.2 \% \quad (6.23)$$

$$\eta_2 = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0.46}{0.10 \cdot 14.54} + 0.7 \cdot \frac{0.18}{16.62} + \frac{0.03}{18.02} = 33.6 \% \quad (6.24)$$

$$\eta_{N,M,Buck} = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(10.2; 33.6) = 33.6 \% \quad \text{spełniony}$$

mgr inż. Jerzy Rogalski  
 Uprawnienia budowlane do projektowania  
 bez ograniczeń w specjalności:  
 konstrukcyjno-budowlanej.  
 nr ewid. 117/99, PDK/50/0368/07  
 37-600 Lubaczów, ul. Mickiewicza 239  
 NIP 793-195-46-45; tel: 795 859 324

INŻYNIER ZYGMUNT MOTYKA  
 UPRAWNIENIE BUDOWLANE BEZ OGRANICZEŃ  
 DO PROJEKTOWANIA I KIEROWANIA ROBOTAMI  
 BUDOWLANymi w SPECJALNOŚCI  
 ARCHITEKTONICZNEJ, KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANEJ  
 NR EWIDENCYJNY UPRAWNIEN 409/68  
 NR WBPP/ZNB/IUB/79/3.17/52/82  
 PDK/50/0286/02