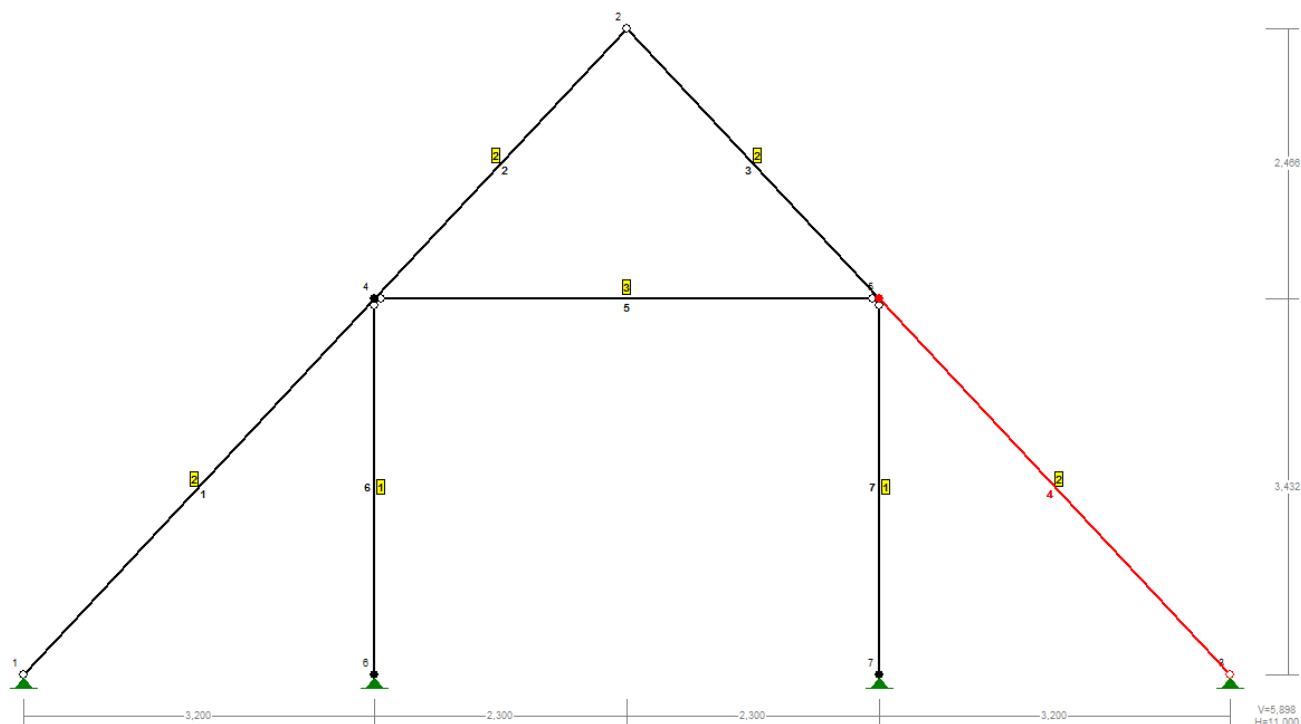


2.0. Dach drewniany, płatwiowo-kleszczowy.

2.1. Szkic



2.2. Charakterystyki przekrojów

Własności techniczne drewna:

Czas działania obciążeń: **Normalny**.

Klasa warunków wilgotnościowych: **1 - Wilg.<80% i > 60% (< 7 dni)**.

$$m_1 = 1,00 \quad k_1 = 1,00$$

Przyjęto normalne warunki użytkowania konstrukcji.

$$m_2 = 1,00 \quad k_2 = 1,00$$

Wstępne wygięcie elementu przyjęto poniżej 1/250.

$$m_4 = 1,00$$

Cechy drewna:

23 Sosna K27

$$R_{dm} = 13,00 \text{ MPa}$$

$$R_{dt} = 9,50 \text{ MPa}$$

$$R_{dc} = 11,50 \text{ MPa},$$

$$R_{dv} = 1,40 \text{ MPa}$$

$$E_m = 9000 \text{ MPa}$$

$$G_m = 550 \text{ MPa}$$

$$R_{dc90} = 3,50 \text{ MPa}$$

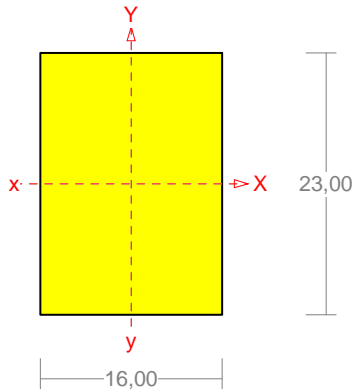
$$m_3 = 1,00, \quad m = 1,00$$

$$m_3 = 1,00, \quad m = 1,00$$

Pręty nr 1, 2, 3, 4

Zadanie: dach drewniany

Przekrój: 2 "krokiew"



Wymiary przekroju:

$h=230,0$ $s=160,0$.

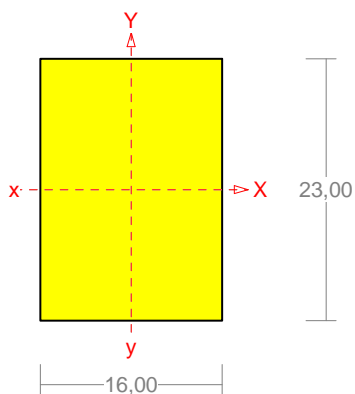
Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=16222,7$ $J_{yg}=7850,7$ $A=368,00$ $i_x=6,6$
 $i_y=4,6$.

Pręt nr 5

Zadanie: dach drewniany

Przekrój: 3 "kleszcze"



Wymiary przekroju:

$h=230,0$ $s=160,0$.

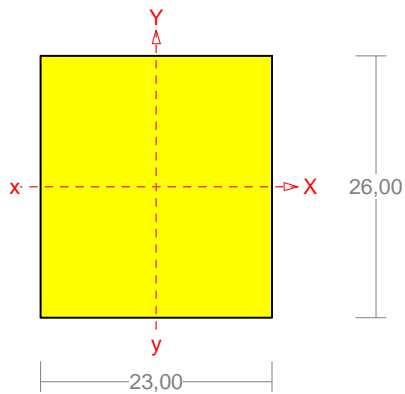
Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=16222,7$ $J_{yg}=7850,7$ $A=368,00$ $i_x=6,6$
 $i_y=4,6$.

Pręty nr 6, 7

Zadanie: dach drewniany

Przekrój: 1 "słupek"



Wymiary przekroju:

$h=260,0$ $s=230,0$.

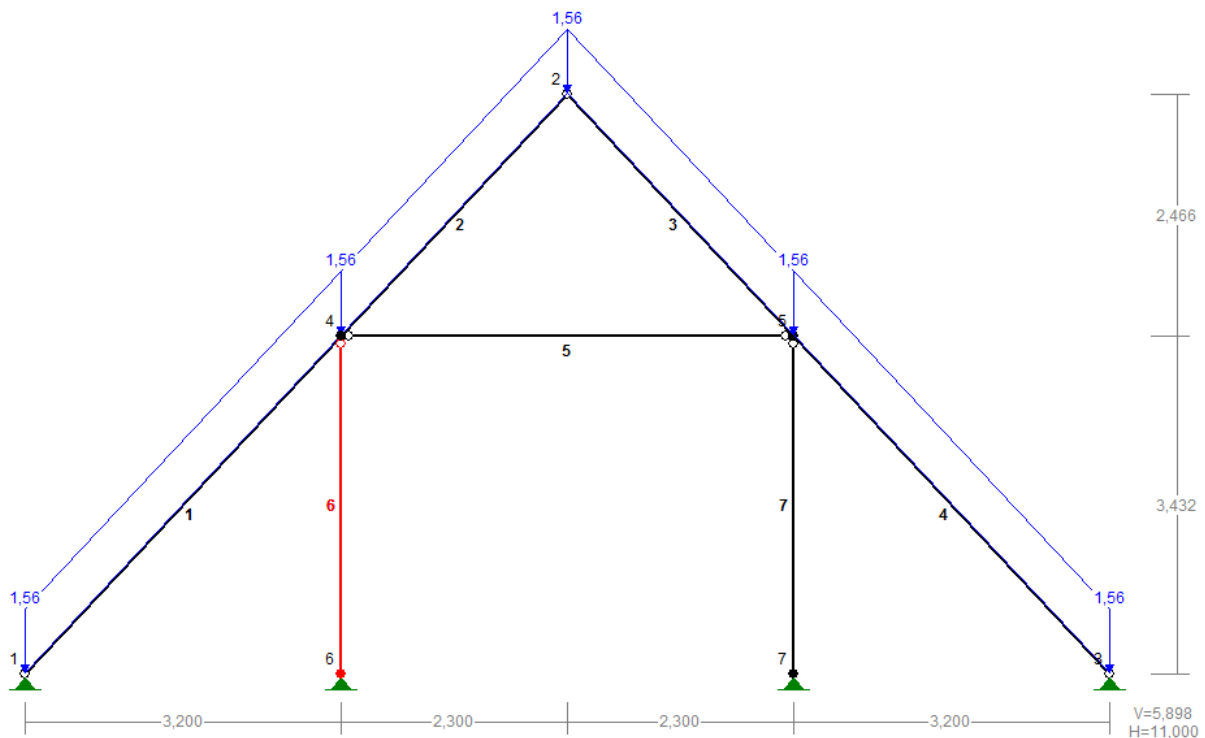
Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=33687,3$ $J_{yg}=26361,8$ $A=598,00$ $i_x=7,5$

$i_y=6,6$.

2.3. Obciążenia

2.3.1. Obciążenia stałe – przekrycie dachu **A**.



$$Q_k = 1,30 \text{ kN/m}^2 * 1,2\text{m} = 1,56 \text{ kN/m.}$$

$$Q_{o1} = 1,58 \text{ kN/m}^2 * 1,2\text{m} = 1,90 \text{ kN/m.} \quad \gamma_{f1} = 1,22,$$

$$Q_{o2} = 1,15 \text{ kN/m}^2 * 1,2\text{m} = 1,36 \text{ kN/m.} \quad \gamma_{f2} = 0,88.$$

Rozstaw krokwi: $a = 1,2\text{m}$

2.3.2. Obciążenie śniegiem **B** i **C** (lustrzane odbicie)

Obciążenie śniegiem dachu, współczynnik C1

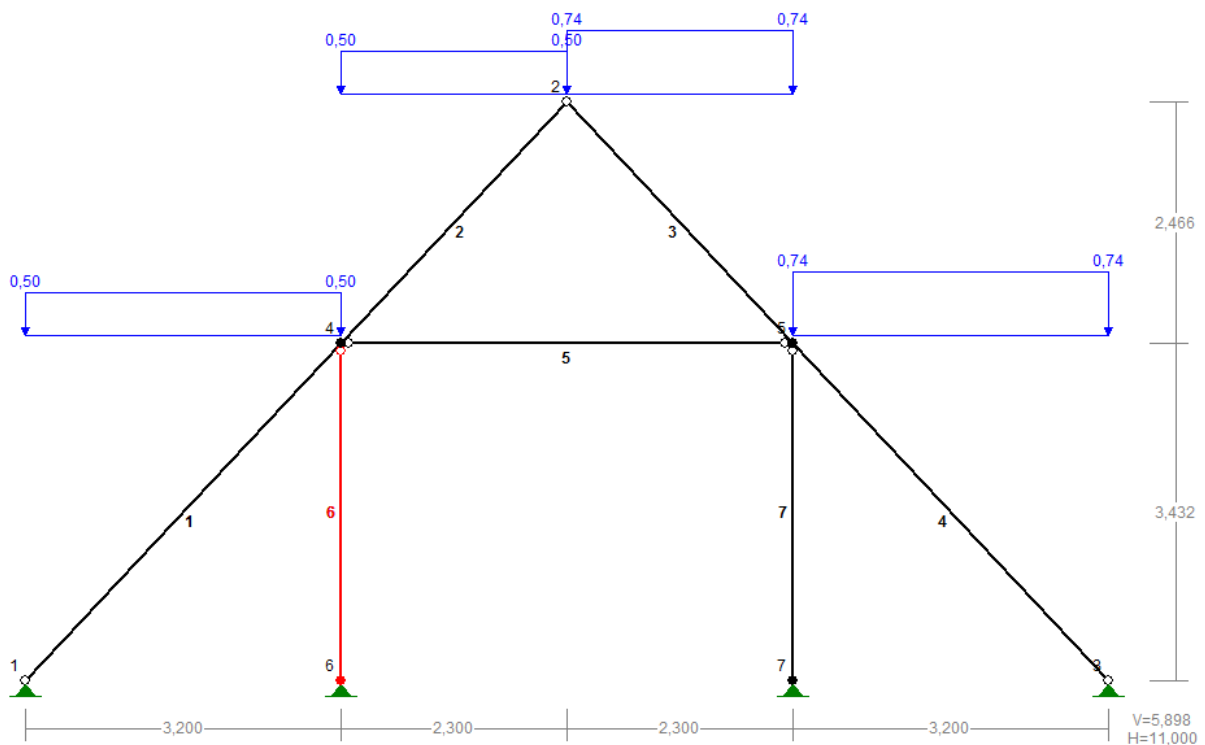
$$Q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,8 \cdot (60 - 47) / 30 \cdot 1,2\text{m} = 0,50 \text{ kN/m.}$$

$$Q_o = 0,7 \text{ kN/m,} \quad \gamma_f = 1,40.$$

Obciążenie śniegiem dachu, współczynnik C2

$$Q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,2 \cdot (60 - 47) / 30 \cdot 1,2\text{m} = 0,74 \text{ kN/m.}$$

$$Q_o = 1,04 \text{ kN/m,} \quad \gamma_f = 1,40.$$



2.3.3. Obciążenie wiatrem **D** i **E** (lustrzane odbicie)

Dach hali, połać nawietrzna, wariant II

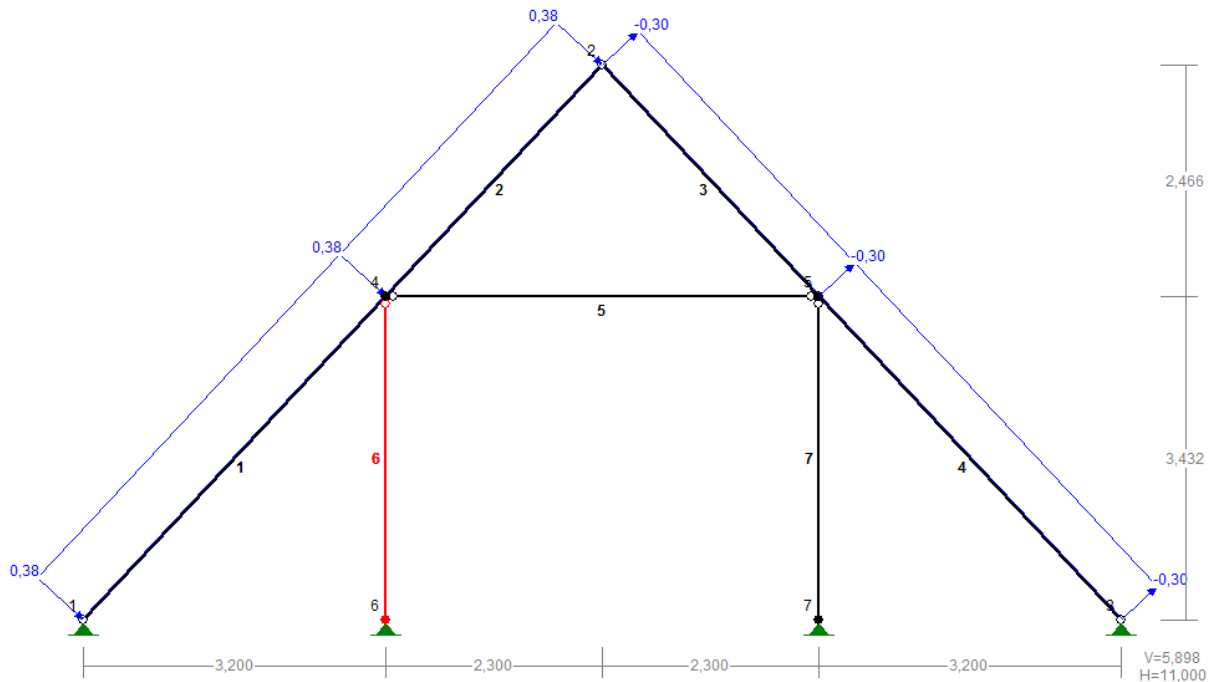
$$Q_k = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,17 \cdot (0,50 - 0,00) \cdot 1,8 \cdot 1,2\text{m} = 0,38 \text{ kN/m.}$$

$$Q_o = 0,50 \text{ kN/m,} \quad \gamma_f = 1,30.$$

Dach hali, połać zawietrzna, wariant II

$$Q_k = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,17 \cdot (-0,40 - 0,00) \cdot 1,8 \cdot 1,2\text{m} = 0,30 \text{ kN/m.}$$

$$Q_o = -0,39 \text{ kN/m,} \quad \gamma_f = 1,30.$$



2.4. Kombinatoryka

Nr: Specyfikacja:

- | | | |
|---|--------------|---------|
| 1 | ZAWSZE : | A |
| | EWENTUALNIE: | B/C+D/E |
| 2 | ZAWSZE : | A+B/C |
| | EWENTUALNIE: | D/E |
| 3 | ZAWSZE : | A+D/E |
| | EWENTUALNIE: | B/C |

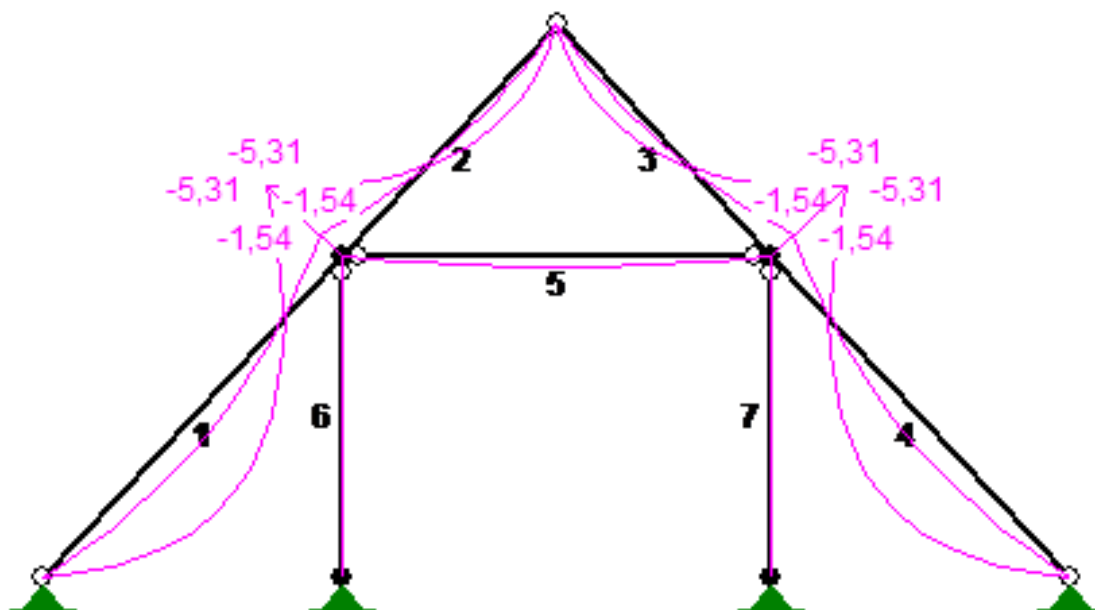
2.5. Obwiednie Sił wewnętrznych od kombinatoryki (wartości obliczeniowe)

2.5.1. Momenty zginające

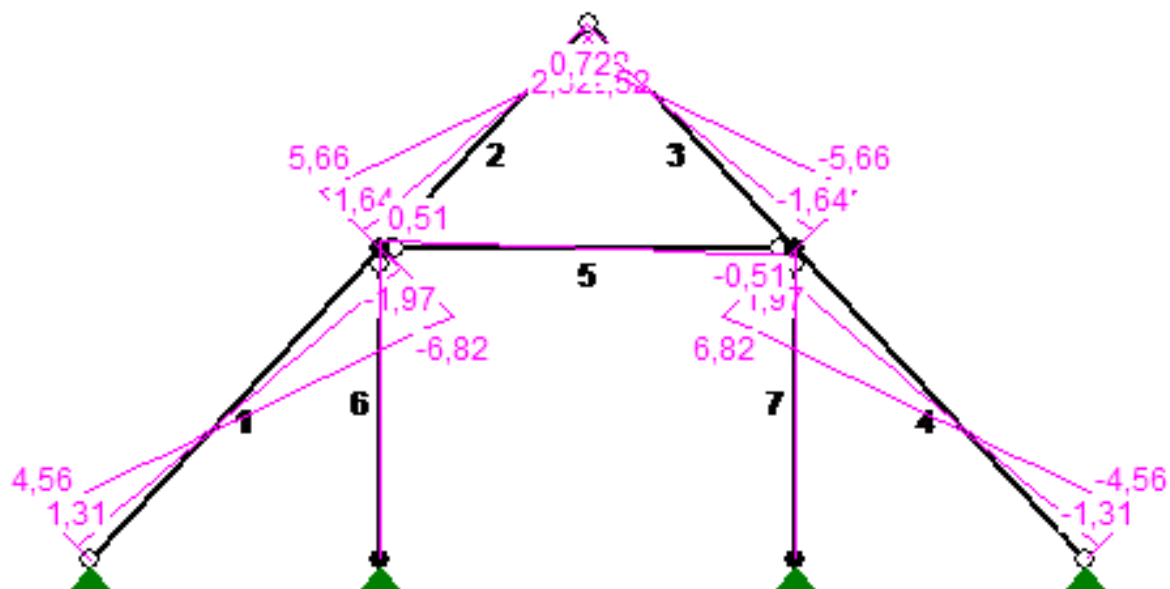
Maksymalne momenty zginające wystąpiły od kombinacji ACD w krokwi (nr pręta 1 i 4) o wartości:

max $M = 4,27 \text{ kNm}$

min $M = -5,31 \text{ kNm}$



2.5.2. Siły tnące

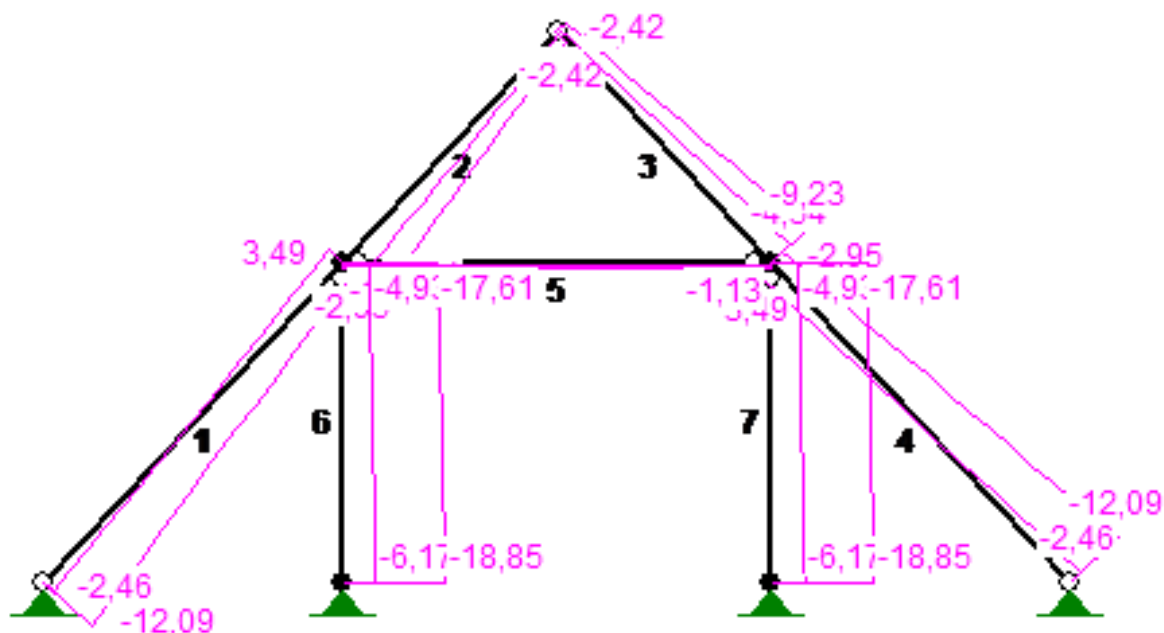


Maksymalne siły tnące wystąpiły od kombinacji ACD w krokwi (nr pręta 1 i 4) o wartości:

$$\max T = 4,56 \text{ kN}$$

$$\min T = -6,82 \text{ kN}$$

2.5.3. Siły normalne



Maksymalne siły ściskające wystąpiły w słupkach (pręty nr 6 i 7) od kombinacji ACD i wynoszą:

min $N = -18,85$ kN

Maksymalne siły rozciągające wystąpiły w krokwiach (pręty nr 1 i 4) od kombinacji ACD i wynoszą

max $N = 3,49$ kN

2.6. Siły przekrojowe – wartości ekstremalne – lista.

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	1,760	4,27*	0,29	-2,58	ACD
	4,692	-5,31*	-6,82	3,49	ACD
	4,692	-5,31	-6,82*	3,49	ACD
	4,692	-5,31	-6,82	3,49*	ACD
	0,000	0,00	2,89	-12,09*	ACE
2	2,318	1,30*	0,04	-3,44	ACD
	0,000	-5,31*	5,66	-8,24	ACD
	0,000	-5,31	5,66*	-8,24	ACD
	3,372	-0,00	-1,64	-0,61*	aD
	0,000	-3,39	3,61	-9,23*	ACE

3	1,054	1,30*	-0,04	-3,44	ABE
	3,372	-5,31*	-5,66	-8,24	ABE
	3,372	-5,31	-5,66*	-8,24	ABE
	0,000	0,00	1,64	-0,61*	aE
	3,372	-3,39	-3,61	-9,23*	ABD
4	2,933	4,27*	-0,29	-2,58	ABE
	0,000	-5,31*	6,82	3,49	ABE
	0,000	-5,31	6,82*	3,49	ABE
	0,000	-5,31	6,82	3,49*	ABE
	4,692	0,00	-2,89	-12,09*	ABD
5	2,300	0,59*	0,00	-1,13	ABD
	0,000	0,00*	0,51	-1,13	ABD
	0,000	0,00	0,51*	-1,13	ABD
	0,000	0,00	0,51	-0,63*	a
	2,300	0,59	0,00	-0,63*	a
	0,000	0,00	0,51	-1,13*	ABD
	2,300	0,59	0,00	-1,13*	ABD
6	0,000	0,00*	0,00	-17,61	ACD
	3,432	0,00*	0,00	-18,85	ACD
	0,000	0,00*	0,00	-17,61	ACD
	3,432	0,00*	0,00	-18,85	ACD
	0,000	0,00	0,00*	-17,61	ACD
	3,432	0,00	0,00*	-18,85	ACD
	0,000	0,00	0,00	-4,93*	aE
	3,432	0,00	0,00	-18,85*	ACD
7	0,000	0,00*	0,00	-17,61	ABE
	3,432	0,00*	0,00	-18,85	ABE
	0,000	0,00*	0,00	-17,61	ABE
	3,432	0,00*	0,00	-18,85	ABE
	0,000	0,00	0,00*	-17,61	ABE
	3,432	0,00	0,00*	-18,85	ABE
	0,000	0,00	-0,00	-4,93*	aD
	3,432	0,00	0,00	-18,85*	ABE

* = Max/Min

Komentarz

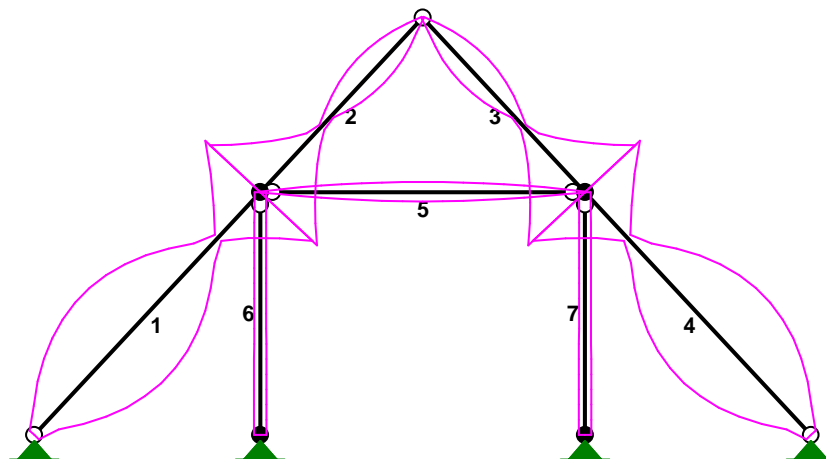
Małe litery np. „a” oznacza, że wartość obciążenia została przemnożona przez γ_f2 , co dało bardziej niekorzystny wynik.

A/a – ciężar przekrycia dachu (* γ_{f1} \ γ_{f2})

B/C – obciążenie śniegiem

C/D – obciążenie wiatrem

2.7. Naprężenia obwiednie



NAPRĘŻENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
 Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	Sigma:	Kombinacja obciążeń:
		----- Ro		[MPa]	
1	4,692	0,406*		3,86	ACD
	1,760	-0,326*		-3,10	ACD
	2,053		0,311*	2,96	ACD
	4,692		-0,386*	-3,67	ACD
2	0,000	0,373*		3,54	ACD
	2,318	-0,107*		-1,02	ACD
	2,318		0,087*	0,83	ACD
	0,000		-0,420*	-3,99	ACD
3	3,372	0,373*		3,54	ABE
	1,054	-0,107*		-1,02	ABE
	1,054		0,087*	0,83	ABE
	3,372		-0,420*	-3,99	ABE
4	0,000	0,406*		3,86	ABE
	2,933	-0,326*		-3,10	ABE
	2,639		0,311*	2,96	ABE
	0,000		-0,386*	-3,67	ABE
5	0,000	-0,002*		-0,02	a
	2,300	-0,047*		-0,45	ABD
	2,300		0,042*	0,40	a
	0,000		-0,003*	-0,03	ABD
6	0,000	-0,009*		-0,08	aE

	3,432	-0,033*		-0,32	ACD
	0,000		-0,009*	-0,08	aE
	3,432		-0,033*	-0,32	ACD
7	0,000	-0,009*		-0,08	aD
	3,432	-0,033*		-0,32	ABE
	0,000		-0,009*	-0,08	aD
	3,432		-0,033*	-0,32	ABE

* = Max/Min

2.8. Reakcje obwiednie

REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	6,13*	10,81	12,43		ACE
	6,13*	10,38	12,05		ABE
	-0,50*	3,83	3,86		aD
	6,13	10,81*	12,43		ACE
	-0,50	3,83*	3,86		aD
	6,13	10,81	12,43*		ACE
3	0,50*	3,83	3,86		aE
	-6,13*	10,81	12,43		ABD
	-6,13*	10,38	12,05		ACD
	-6,13	10,81*	12,43		ABD
	0,50	3,83*	3,86		aE
	-6,13	10,81	12,43*		ABD
6	-0,00*	18,85	18,85		ACD
	0,00*	6,17	6,17		aE
	0,00*	11,86	11,86		A
	-0,00	18,85*	18,85		ACD
	0,00	6,17*	6,17		aE
	-0,00	18,85	18,85*		ACD
7	0,00*	18,85	18,85		ABE
	0,00*	6,17	6,17		aD
	0,00*	11,86	11,86		A
	0,00	18,85*	18,85		ABE
	0,00	6,17*	6,17		aD
	0,00	18,85	18,85*		ABE

* = Max/Min

2.9. Wymiarowanie krokwi(pręty nr 1,2,3,4)

Siły przekrojowe:

$$x_a = 4,692; \quad x_b = 0,000.$$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ACD**

$$\mathbf{M}_x = 5,31 \text{ kNm}, \quad \mathbf{V}_y = -6,82 \text{ kN}, \quad \mathbf{N} = 3,49 \text{ kN},$$

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 3,86 \text{ MPa}$ $\sigma_c = -3,67 \text{ MPa}$.

Nośność elementów rozciąganych:

$$x_a = 4,692; \quad x_b = 0,000.$$

Siła osiowa: $N = 3,49 \text{ kN}$.

Momenty zginające: $M_x = 5,31;$

Pole powierzchni przekroju: $A = 368,0; \quad A_n = 368,0 \text{ cm}^2.$

Wskaźniki wytrzymałości: $W_x = 1410,7;$

$$W_{xn} = 1410,7;$$

Nośność przekroju na rozciąganie: σ_t

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{N}{A_n} + \frac{M_x R_{dt}}{W_{xn} R_{dm}} = \frac{3,49}{368,0} \times 10 + \frac{5,31}{1410,7} \frac{9,5}{13,0} \times 10^3 \\ &= 2,85 < 9,50 = 9,5 \times 1,00 = R_{dt} \text{ m} \end{aligned}$$

Nośność na zginanie:

$$x_a = 4,692; \quad x_b = 0,000.$$

Momenty zginające: $M_x = 5,31;$

Wskaźniki wytrzymałości: $W_x = 1410,7;$

$$W_{xn} = 1410,7;$$

Nośność przekroju na zginanie: σ_m

$$\sigma_m = \frac{M_x}{W_{xn}} = \frac{5,31}{1410,7} \times 10^3 = 3,76 < 13,00 = 13,0 \times 1,00 = R_{dm} \text{ m}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 4,692.$$

Siła osiowa: $N = -6,23 \text{ kN}$.

Pole powierzchni przekroju: $A = 368,0; \quad A_n = 368,0; \quad A_d = 368,0 \text{ cm}^2.$

Momenty bezwładności: $I_x = 16222,7; \quad I_y = 7850,7 \text{ cm}^4$

Długości wybočeníowe: $I_{cx} = 383,3; \quad I_{cy} = 469,2 \text{ cm}$

Wyboczenie w płaszczyźnie równoległej do osi X:

Smukłość:

$$\lambda_c = l_c / \sqrt{I/A} = 383,3 / \sqrt{16222,7 / 368,0} = 57,74$$

Współczynnik wyboczeniowy:

$$k_E = \frac{\pi^2 E_k}{R_{kc} \lambda_c^2} = \frac{3,142^2 \times 7000}{20,0 \times 57,74^2} = 1,036$$

$$B = 1 + \left(1 + \eta_2 \lambda_c \frac{R_{dc}}{R_{dm}} \right) k_E = 1 + \left(1 + 0,0040 \times 57,74 \times \frac{11,5}{13,0} \right) \times 1,036 = 2,248$$

$$k_w = 0,5 \left(B - \sqrt{B^2 - 4 k_E} \right) = 0,5 \times \left(2,248 - \sqrt{2,248^2 - 4 \times 1,036} \right) = 0,647$$

Wyboczenie w płaszczyźnie równoległej do osi Y:

Smukłość:

$$\lambda_c = l_c / \sqrt{I/A} = 469,2 / \sqrt{7850,7 / 368,0} = 101,58$$

Współczynnik wyboczeniowy:

$$k_E = \frac{\pi^2 E_k}{R_{kc} \lambda_c^2} = \frac{3,142^2 \times 7000}{20,0 \times 101,58^2} = 0,335$$

$$B = 1 + \left(1 + \eta_2 \lambda_c \frac{R_{dc}}{R_{dm}} \right) k_E = 1 + \left(1 + 0,0040 \times 101,58 \times \frac{11,5}{13,0} \right) \times 0,335 = 1,455$$

$$k_w = 0,5 \left(B - \sqrt{B^2 - 4 k_E} \right) = 0,5 \times \left(1,455 - \sqrt{1,455^2 - 4 \times 0,335} \right) = 0,286$$

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_c = \frac{N}{A_n} = \frac{6,23}{368,00} \times 10 = \mathbf{0,17} < \mathbf{11,50} = 11,5 \times 1,00 = R_{dc} m$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A_d k_w} = \frac{6,23}{368,00 \times 0,286} \times 10 = \mathbf{0,59} < \mathbf{11,50} = 11,5 \times 1,00 = R_{dc} m$$

Nośność elementów ściskanych i zginanych:

xa = 1,760; xb = 2,933.

Siła osiowa: N = -2,58 kN.

Momenty zginające: M_x = -4,27;

Pole powierzchni przekroju: A = 368,0; A_n = 368,0; A_d = 368,0 cm².

Wskaźniki wytrzymałości: W_x = 1410,7;

W_{xn} = 1410,7;

Nośność przekroju bez uwzględnienia wyboczenia:

$$\sigma_c = \frac{N}{A_n} + \left(\frac{M_x}{W_{xn}} + \frac{M_y}{W_{yn}} \right) \frac{R_{dc}}{R_{dm}} = \frac{2,58}{368,0} \times 10 + \frac{4,27}{1410,7} \frac{11,5}{13,0} \times 10^3$$
$$= \mathbf{2,75} < \mathbf{11,50} = 11,5 \times 1,00 = R_{dc} m$$

Nośność przekroju z uwzględnieniem wyboczenia:

$$\sigma_c = \frac{N}{A_d k_{wx}} + \frac{M_x}{W_x} \frac{R_{dc}}{R_{dm}} \frac{1}{1 - \frac{k_{wx} N}{k_{Ex} A_d R_{kc}}} =$$
$$\frac{2,58}{368,0 \times 0,647} \times 10 + \frac{4,27}{1410,7} \frac{11,5}{13,0} \times 10^3 \frac{1}{1 - \frac{0,647 \times 2,58 \times 10}{1,036 \times 368,0 \times 20,0}}$$
$$= \mathbf{2,79} < \mathbf{11,50} = 11,5 \times 1,00 = R_{dc} m$$

$$e = M_x / N = 4,27 / 2,58 \times 100 = 165,28; \quad r = W_x / A = 1410,7 / 368,0 = 3,83$$

$$\eta_4 = 1 - 7,5 e / (r \lambda_y) = 1 - 7,5 \times 165,28 / (3,83 \times 101,58) = -2,183 \quad \text{Przyjęto}$$
$$\eta_4 = 1,000$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A_d \eta_4 k_{wy}} = \frac{2,58}{368,0 \times 1,000 \times 0,286} \times 10 = \mathbf{0,24} < \mathbf{11,50} = 11,5 \times 1,00 = R_{dc} m$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$$x_a = 4,692; \quad x_b = 0,000.$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad Q_y = 6,82; \quad Q_x = 0,00 \text{ kN.}$$

$$\text{Momenty bezwładności:} \quad I_x = 16222,7; \quad I_y = 7850,7 \text{ cm}^4$$

Ścinanie wzdłuż osi Y:

$$S_x = b h^2 / 8 = 16,0 \times 23,0^2 / 8 = 1058,0 \text{ cm}^3$$

$$\tau = \frac{Q_y S_x}{I_x b} = \frac{6,82 \times 1058,0}{16222,7 \times 16,0} \times 10 = \mathbf{0,28} < \mathbf{1,40} = 1,4 \times 1,00 = R_{dv} m$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia graniczne:

$$f_{gr} = l / 350 = 4692 / 350 = 13,4 \text{ mm}$$

Współczynnik korekcyjny dla charakterystyk sprężystych:

$$k = k_1 k_2 = 1,00 \times 1,00 = 1,00$$

Ugięcia względem osi Y:

Sztywność na zginanie:

$$EI = E_m I k = 9000 \times 16222,7 \times 1,00 \times 10^{-5} = 1460,04 \text{ kNm}^2$$

$$f_{max} = \mathbf{4,5} < \mathbf{13,4} = f_{gr}$$

2.10. Wymiarowanie kleszczy (pręt nr 5)

Siły przekrojowe:

$$x_a = 2,300; \quad x_b = 2,300.$$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABD**

$$\mathbf{M}_x = -0,59 \text{ kNm}, \quad \mathbf{V}_y = 0,00 \text{ kN}, \quad \mathbf{N} = -1,13 \text{ kN},$$

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 0,39 \text{ MPa}$ $\sigma_c = -0,45 \text{ MPa}$.

Nośność na zginanie:

$$x_a = 2,300; \quad x_b = 2,300.$$

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_x = -0,59;$$

$$\text{Wskaźniki wytrzymałości:} \quad W_x = 1410,7;$$

$$W_{xn} = 1410,7;$$

Nośność przekroju na zginanie:

$$\sigma_m = \frac{M_x}{W_{xn}} = \frac{0,59}{1410,7} \times 10^3 = \mathbf{0,42} < \mathbf{13,00} = 13,0 \times 1,00 = R_{dm} \text{ m}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 4,600.$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = -1,13 \text{ kN}.$$

$$\text{Pole powierzchni przekroju:} \quad A = 368,0; \quad A_n = 368,0; \quad A_d = 368,0 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Momenty bezwładności:} \quad I_x = 16222,7; \quad I_y = 7850,7 \text{ cm}^4$$

$$\text{Długości wyboczeniowe:} \quad l_{cx} = 460,0; \quad l_{cy} = 460,0 \text{ cm}$$

Wyboczenie w płaszczyźnie równoległej do osi X:

Smukłość:

$$\lambda_c = l_c / \sqrt{I/A} = 460,0 / \sqrt{16222,7 / 368,0} = 69,28$$

Współczynnik wyboczeniowy:

$$k_E = \frac{\pi^2 E_k}{R_{kc} \lambda_c^2} = \frac{3,142^2 \times 7000}{20,0 \times 69,28^2} = 0,720$$

$$B = 1 + \left(1 + \eta_2 \lambda_c \frac{R_{dc}}{R_{dm}} \right) k_E = 1 + \left(1 + 0,0040 \times 69,28 \times \frac{11,5}{13,0} \right) \times 0,720 = 1,896$$

$$k_w = 0,5 \left(B - \sqrt{B^2 - 4 k_E} \right) = 0,5 \times \left(1,896 - \sqrt{1,896^2 - 4 \times 0,720} \right) = 0,525$$

Wyboczenie w płaszczyźnie równoległej do osi Y:

Smukłość:

$$\lambda_c = l_c / \sqrt{I/A} = 460,0 / \sqrt{7850,7 / 368,0} = 99,59$$

Współczynnik wyboczeniowy:

$$k_E = \frac{\pi^2 E_k}{R_{kc} \lambda_c^2} = \frac{3,142^2 \times 7000}{20,0 \times 99,59^2} = 0,348$$

$$B = 1 + \left(1 + \eta_2 \lambda_c \frac{R_{dc}}{R_{dm}} \right) k_E = 1 + \left(1 + 0,0040 \times 99,59 \times \frac{11,5}{13,0} \right) \times 0,348 = 1,471$$

$$k_w = 0,5 \left(B - \sqrt{B^2 - 4 k_E} \right) = 0,5 \times \left(1,471 - \sqrt{1,471^2 - 4 \times 0,348} \right) = 0,297$$

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_c = \frac{N}{A_n} = \frac{1,13}{368,00} \times 10 = \mathbf{0,03} < \mathbf{11,50} = 11,5 \times 1,00 = R_{dc} m$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A_d k_w} = \frac{1,13}{368,00 \times 0,297} \times 10 = \mathbf{0,10} < \mathbf{11,50} = 11,5 \times 1,00 = R_{dc} m$$

Nośność elementów ściskanych i zginanych:

$x_a = 2,300$; $x_b = 2,300$.

Siła osiowa: $N = -1,13$ kN.

Momenty zginające: $M_x = -0,59$;

Pole powierzchni przekroju: $A = 368,0$; $A_n = 368,0$; $A_d = 368,0$ cm².

Wskaźniki wytrzymałości: $W_x = 1410,7$;

$$W_{xn} = 1410,7;$$

Nośność przekroju bez uwzględnienia wyboczenia:

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{N}{A_n} + \left(\frac{M_x}{W_{xn}} + \frac{M_y}{W_{yn}} \right) \frac{R_{dc}}{R_{dm}} = \frac{1,13}{368,0} \times 10 + \frac{0,59}{1410,7} \frac{11,5}{13,0} \times 10^3 \\ &= \mathbf{0,40} < \mathbf{11,50} = 11,5 \times 1,00 = R_{dc} m \end{aligned}$$

Nośność przekroju z uwzględnieniem wyboczenia:

$$\sigma_c = \frac{N}{A_d k_{wx}} + \frac{M_x}{W_x} \frac{R_{dc}}{R_{dm}} \frac{1}{1 - \frac{k_{wx} N}{k_{Ex} A_d R_{kc}}} =$$

$$\frac{1,13}{368,0 \times 0,525} \times 10 + \frac{0,59}{1410,7} \frac{11,5}{13,0} \times 10^3 \frac{1}{1 - \frac{0,525 \times 1,13 \times 10}{0,720 \times 368,0 \times 20,0}}$$

$$= \mathbf{0,43} < \mathbf{11,50} = 11,5 \times 1,00 = R_{dc} m$$

$$e = M_x / N = 0,59 / 1,13 \times 100 = 52,21; \quad r = W_x / A = 1410,7 / 368,0 = 3,83$$

$$\eta_4 = 1 - 7,5 e / (r \lambda_y) = 1 - 7,5 \times 52,21 / (3,83 \times 99,59) = -0,026 \quad \text{Przyjęto } \eta_4 = 1,000$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A_d \eta_4 k_{wy}} = \frac{1,13}{368,0 \times 1,000 \times 0,297} \times 10 = \mathbf{0,10} < \mathbf{11,50} = 11,5 \times 1,00 = R_{dc} m$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 4,600.$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad Q_y = 0,51; \quad Q_x = 0,00 \text{ kN.}$$

$$\text{Momenty bezwładności:} \quad I_x = 16222,7; \quad I_y = 7850,7 \text{ cm}^4$$

Ścinanie wzdłuż osi Y:

$$S_x = b h^2 / 8 = 16,0 \times 23,0^2 / 8 = 1058,0 \text{ cm}^3$$

$$\tau = \frac{Q_y S_x}{I_x b} = \frac{0,51 \times 1058,0}{16222,7 \times 16,0} \times 10 = \mathbf{0,02} < \mathbf{1,40} = 1,4 \times 1,00 = R_{dv} m$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia graniczne:

$$f_{gr} = l / 350 = 4600 / 350 = 13,1 \text{ mm}$$

Współczynnik korekcyjny dla charakterystyk sprężystych:

$$k = k_1 k_2 = 1,00 \times 1,00 = 1,00$$

Ugięcia względem osi Y:

Sztywność na zginanie:

$$EI = E_m I k = 9000 \times 16222,7 \times 1,00 \times 10^{-5} = 1460,04 \text{ kNm}^2$$

$$f_{\max} = \mathbf{0,9} < \mathbf{13,1} = f_{gr}$$

2.11. Wymiarowanie słupków

Siły przekrojowe:

$$x_a = 3,432; \quad x_b = 0,000.$$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ACD**

$$\mathbf{N} = -18,85 \text{ kN,}$$

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = -0,32 \text{ MPa}$ $\sigma_c = -0,32 \text{ MPa}$.

Nośność przekroju na ściskanie:

$$x_a = 3,432; \quad x_b = 0,000.$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = -18,85 \text{ kN.}$$

$$\text{Pole powierzchni przekroju:} \quad A = 598,0; \quad A_n = 598,0; \quad A_d = 598,0 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Momenty bezwładności:} \quad I_x = 33687,3; \quad I_y = 26361,8 \text{ cm}^4$$

$$\text{Długości wyboczeniowe:} \quad I_{cx} = 343,2; \quad I_{cy} = 343,2 \text{ cm}$$

Wyboczenie w płaszczyźnie równoległej do osi X:

Smukłość:

$$\lambda_c = I_c / \sqrt{I/A} = 343,2 / \sqrt{33687,3 / 598,0} = 45,73$$

Współczynnik wyboczeniowy:

$$k_E = \frac{\pi^2 E_k}{R_{kc} \lambda_c^2} = \frac{3,142^2 \times 7000}{20,0 \times 45,73^2} = 1,652$$

$$B = 1 + \left(1 + \eta_2 \lambda_c \frac{R_{dc}}{R_{dm}} \right) k_E = 1 + \left(1 + 0,0040 \times 45,73 \times \frac{11,5}{13,0} \right) \times 1,652 = 2,919$$

$$k_w = 0,5 \left(B - \sqrt{B^2 - 4 k_E} \right) = 0,5 \times \left(2,919 - \sqrt{2,919^2 - 4 \times 1,652} \right) = 0,768$$

Wyboczenie w płaszczyźnie równoległej do osi Y:

Smukłość:

$$\lambda_c = I_c / \sqrt{I/A} = 343,2 / \sqrt{26361,8 / 598,0} = 51,69$$

Współczynnik wyboczeniowy:

$$k_E = \frac{\pi^2 E_k}{R_{kc} \lambda_c^2} = \frac{3,142^2 \times 7000}{20,0 \times 51,69^2} = 1,293$$

$$B = 1 + \left(1 + \eta_2 \lambda_c \frac{R_{dc}}{R_{dm}} \right) k_E = 1 + \left(1 + 0,0040 \times 51,69 \times \frac{11,5}{13,0} \right) \times 1,293 = 2,529$$

$$k_w = 0,5 \left(B - \sqrt{B^2 - 4 k_E} \right) = 0,5 \times \left(2,529 - \sqrt{2,529^2 - 4 \times 1,293} \right) = 0,711$$

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_c = \frac{N}{A_n} = \frac{18,85}{598,00} \times 10 = \mathbf{0,32} < \mathbf{11,50} = 11,5 \times 1,00 = R_{dc} \text{ m}$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A_d k_w} = \frac{18,85}{598,00 \times 0,711} \times 10 = \mathbf{0,44} < \mathbf{11,50} = 11,5 \times 1,00 = R_{dc} \text{ m}$$

2.12. Podsumowanie

Wszystkie warunki stanu granicznego nośności SGN i stanu granicznego użytkowania SGU są spełnione. Konstrukcja dachu drewnianego, płatwiowo-kleszczowego jest nośna.