

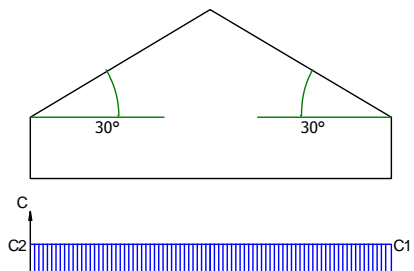
# OBLICZENIA STATYCZNE DLA BUDYNKU TECHNOLOGICZNEGO

## W PŁONCE STRUMIANCE

### WYKORZYSTANE NORMY

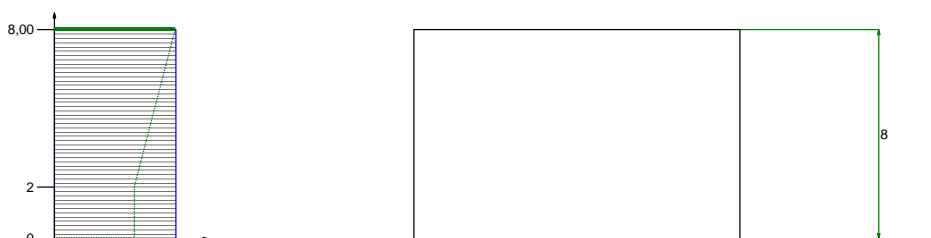
- Obciążenia stałe PN-82/B-02001
- Obciążenia zmienne technologiczne PN-82/B-02003
- Obciążenie śniegiem PN-80/B-02010:Az1
- Obciążenie wiatrem PN-77/B-02011:Az1
- Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone PN-B-03264:1999/2002
- Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednio budowli PN-81/B-03020

### POZ. 1 OBCIĄŻENIA

<p><b>0.1. Ciężar</b> Rodzaj: ciężar Typ: stałe</p> <p><b>0.1.1. Pokrycie dachu</b>            Charakterystyczna wartość obciążenia:  <math>Q_k = 0,15 \text{ kN/m}^2</math>.            Obliczeniowe wartości obciążenia:  <math>Q_{o1} = 0,18 \text{ kN/m}^2</math>, <math>\gamma_{f1} = 1,20</math>,</p> <p><u>Składniki obciążenia:</u>            Blacha stal. na tzw. rąbek stojący 0,5mm  <math>Q_k = 0,1 \text{ kN/m}^2 = 0,10 \text{ kN/m}^2</math>.  <math>Q_{o1} = 0,12 \text{ kN/m}^2</math>, <math>\gamma_{f1} = 1,20</math>,            Łaty 6x4cm co 35cm  <math>Q_k = 6,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,04 \text{ m} \cdot 0,06 \text{ m} / 0,35 \text{ m} = 0,04 \text{ kN/m}^2</math>.  <math>Q_{o1} = 0,05 \text{ kN/m}^2</math>, <math>\gamma_{f1} = 1,20</math>,            Kontrłaty 2,5x4cm  <math>Q_k = 6,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,025 \text{ m} \cdot 0,04 \text{ m} / 0,8 \text{ m} = 0,01 \text{ kN/m}^2</math>.  <math>Q_{o1} = 0,01 \text{ kN/m}^2</math>, <math>\gamma_{f1} = 1,20</math>,</p>	<p><b>0.1.2. Strop</b>            Charakterystyczna wartość obciążenia:  <math>Q_k = 4,45 \text{ kN/m}^2</math>.            Obliczeniowe wartości obciążenia:  <math>Q_{o1} = 4,97 \text{ kN/m}^2</math>, <math>\gamma_{f1} = 1,12</math>,</p> <p><u>Składniki obciążenia:</u>            Wełna min. miękka 18cm  <math>Q_k = 0,6 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,18 \text{ m} = 0,11 \text{ kN/m}^2</math>.  <math>Q_{o1} = 0,13 \text{ kN/m}^2</math>, <math>\gamma_{f1} = 1,20</math>,            Płyta strop. kanałowa gr. 24cm  <math>Q_k = 4,0 \text{ kN/m}^2 = 4,00 \text{ kN/m}^2</math>.  <math>Q_{o1} = 4,40 \text{ kN/m}^2</math>, <math>\gamma_{f1} = 1,10</math>,            Tynk od spodu  <math>Q_k = 19,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,015 \text{ m} = 0,28 \text{ kN/m}^2</math>.  <math>Q_{o1} = 0,36 \text{ kN/m}^2</math>, <math>\gamma_{f1} = 1,30</math>,            Sufit podw.  <math>Q_k = 12,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,005 \text{ m} = 0,06 \text{ kN/m}^2</math>.  <math>Q_{o1} = 0,07 \text{ kN/m}^2</math>, <math>\gamma_{f1} = 1,20</math>,</p>
<p><b>0.2. Śnieg</b> Rodzaj: śnieg Typ: zmienne</p> <p><b>0.2.1. Dach o nachyleniu 30st.</b>            Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu <math>q_k = 1,20 \text{ kN/m}^2</math> przyjęto zgodnie ze zmianą do normy Az1, jak dla strefy III (<math>H = 300 \text{ m n.p.m}</math>).            Współczynnik kształtu <math>C = 0,8 \cdot (60-30)/30 = 0,80</math> jak dla dachu dwuspadowego przy obciążeniu dla pokryć i płatwi.</p> <p>Charakterystyczna wartość obciążenia śniegiem:  <math>Q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,8 \cdot (60 - 30) / 30 = 0,96 \text{ kN/m}^2</math>.            Obliczeniowa wartość obciążenia śniegiem:  <math>Q_o = 1,44 \text{ kN/m}^2</math>, <math>\gamma_f = 1,50</math>.</p>	 <p>The diagram shows a gable roof with two slopes of 30 degrees. Below the roof, a horizontal line represents the snow load distribution, with a peak load labeled 'C' and a lower load labeled 'C2'.</p>

### 0.3. Wiatr

Rodzaj: wiatr Typ: zmienne  
 Charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru  $q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$  przyjęto jak dla strefy I.  
 Współczynnik ekspozycji  $C_e = 0,90$  przyjęto jak dla terenu A i wysokości nad poziomem gruntu  $z = 8,00 \text{ m}$ . Ponieważ  $H/L \leq 2$  przyjęto stały po wysokości rozkład współczynnika ekspozycji  $C_e$  o wartości jak dla punktu najwyższego.



Współczynnik działania porywów wiatru  $\beta = 1,80$  przyjęto jak do obliczeń budowli niepodatnych na dynamiczne działanie wiatru (logarytmiczny dekrement tłumienia  $\Delta = 0,20$ ; okres drgań własnych  $T = 0,20 \text{ s}$ ).

### 0.3.1. Dach 30st - WII - nawietrzna

Współczynnik aerodynamiczny C połaci nawietrznej dachu dwuspadowego

( $\alpha = 30^\circ$ ) wg wariantu II równy jest

$C = C_z - C_w = 0,25$ , gdzie:

$C_z = 0,25$  jest współczynnikiem ciśnienia zewnętrznego,

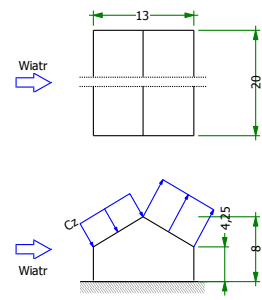
$C_w = 0,00$  jest współczynnikiem ciśnienia wewnętrznego.

Charakterystyczna wartość obciążenia wiatrem:

$Q_k = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,90 \cdot (0,25 - 0,00) \cdot 1,8 = 0,12 \text{ kN/m}^2$ .

Obliczeniowa wartość obciążenia wiatrem:

$Q_o = 0,18 \text{ kN/m}^2$ ,  $\gamma_f = 1,50$ .



### 0.3.2. Dach 30st - WII - zawietrzna

Współczynnik aerodynamiczny C połaci zawietrznej dachu dwuspadowego

( $\alpha = 30^\circ$ ) wg wariantu II równy jest

$C = C_z - C_w = -0,40$ , gdzie:

$C_z = -0,40$  jest współczynnikiem ciśnienia zewnętrznego,

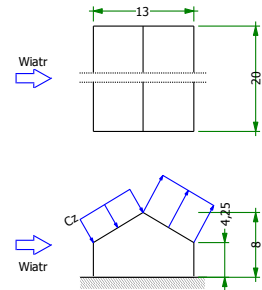
$C_w = 0,00$  jest współczynnikiem ciśnienia wewnętrznego.

Charakterystyczna wartość obciążenia wiatrem:

$Q_k = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,90 \cdot (-0,40 - 0,00) \cdot 1,8 = -0,19 \text{ kN/m}^2$ .

Obliczeniowa wartość obciążenia wiatrem:

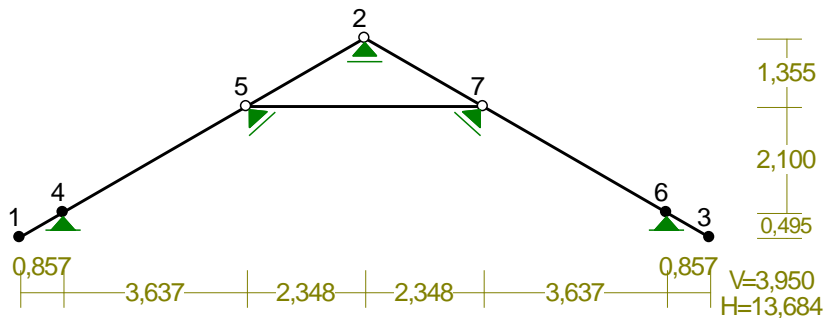
$Q_o = -0,29 \text{ kN/m}^2$ ,  $\gamma_f = 1,50$ .



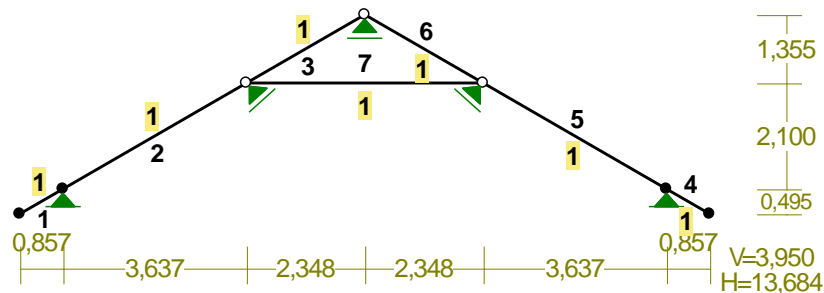
## POZ. 2 OBLICZENIA

### POZ. 2.1 WIĘŻBA DACHOWA – KROKIE Przyjęto max. rozstaw krokwi 1,0m

WEZŁY: Skala 1:150



PRĘTY i PRZEKROJE PRĘTÓW: Skala 1:150



#### PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztw.-sztyw.; 01 - sztw.-przegub;

10 - przegub-sztw.; 11 - przegub-przegub; 22 - ciągnio

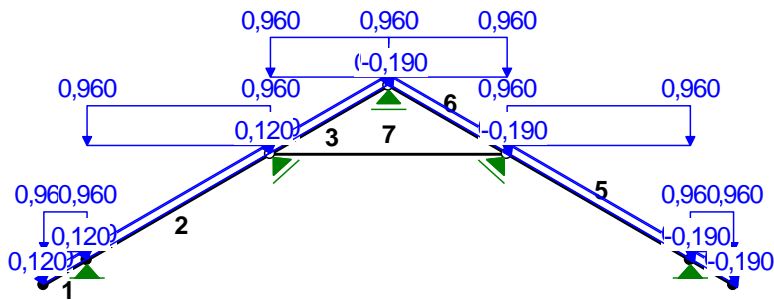
Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	4	0,857	0,495	0,990	1,000	1 B 160x80
2	01	4	5	3,637	2,100	4,200	1,000	1 B 160x80
3	11	5	2	2,348	1,355	2,711	1,000	1 B 160x80
4	00	3	6	-0,857	0,495	0,990	1,000	1 B 160x80
5	01	6	7	-3,637	2,100	4,200	1,000	1 B 160x80

6	11	7	2	-2,348	1,355	2,711	1,000	1 B 160x80
7	11	7	5	-4,696	0,000	4,696	1,000	1 B 160x80

**WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:**

Nr.	A[cm <sup>2</sup> ]	I <sub>x</sub> [cm <sup>4</sup> ]	I <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>g</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>d</sub> [cm <sup>3</sup> ]	h[cm]	Materiał:
1	128,0	2731	683	341	341	16,0	71 Drewno C24

OBCIĄŻENIA: Skala 1:150

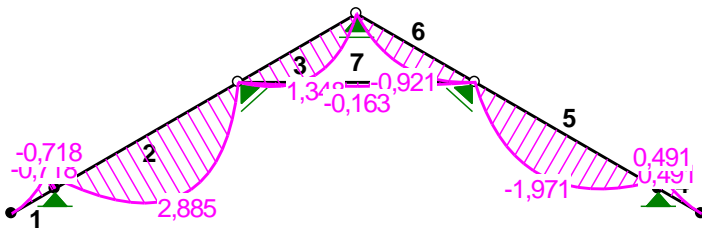


OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
<b>Grupa: A "pokrycie"</b>						
				Stałe	γ <sub>f</sub> = 1,20	
1	Liniowe	0,0	0,150	0,150	0,00	0,99
2	Liniowe	0,0	0,150	0,150	0,00	4,20
3	Liniowe	0,0	0,150	0,150	0,00	2,71
4	Liniowe	0,0	0,150	0,150	0,00	0,99
5	Liniowe	0,0	0,150	0,150	0,00	4,20
6	Liniowe	0,0	0,150	0,150	0,00	2,71
<b>Grupa: B "śnieg_L"</b>						
				Zmienne	γ <sub>f</sub> = 1,50	
1	Liniowe-Y	0,0	0,960	0,960	0,00	0,99
	0.2.1. Dach o nachyleniu 30st p=0,960*1,000					
2	Liniowe-Y	0,0	0,960	0,960	0,00	4,20
	0.2.1. Dach o nachyleniu 30st p=0,960*1,000					
3	Liniowe-Y	0,0	0,960	0,960	0,00	2,71
	0.2.1. Dach o nachyleniu 30st p=0,960*1,000					
<b>Grupa: C "śnieg_P"</b>						
				Zmienne	γ <sub>f</sub> = 1,50	
4	Liniowe-Y	0,0	0,960	0,960	0,00	0,99
	0.2.1. Dach o nachyleniu 30st p=0,960*1,000					
5	Liniowe-Y	0,0	0,960	0,960	0,00	4,20
	0.2.1. Dach o nachyleniu 30st p=0,960*1,000					
6	Liniowe-Y	0,0	0,960	0,960	0,00	2,71
	0.2.1. Dach o nachyleniu 30st p=0,960*1,000					
<b>Grupa: D "wiatr"</b>						
				Zmienne	γ <sub>f</sub> = 1,50	
1	Liniowe	30,0	0,120	0,120	0,00	0,99
	0.3.1. Dach 30st - WII - nawietrzn p=0,120*1,000					
2	Liniowe	30,0	0,120	0,120	0,00	4,20
3	Liniowe	30,0	0,120	0,120	0,00	2,71
4	Liniowe	-30,0	-0,190	-0,190	0,00	0,99
5	Liniowe	-30,0	-0,190	-0,190	0,00	4,20
6	Liniowe	-30,0	-0,190	-0,190	0,00	2,71

**W Y N I K I**  
**Teoria I-go rzędu**

MOMENTY: Skala 1:150



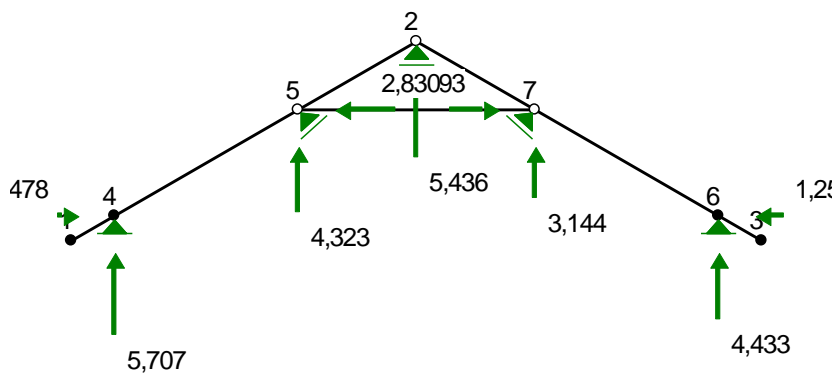
**SIŁY PRZEKROJOWE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABCD

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	0,00	0,000	-0,000	0,000	0,000
2	1,00	0,990	-0,718	-1,452	0,736
	0,00	0,000	-0,718	3,252	-2,532
3	0,53	2,215	<b>2,885*</b>	0,003	-0,886
	1,00	4,200	0,000	-2,910	0,589
	0,00	0,000	0,000	1,989	0,706
4	0,50	1,355	<b>1,348*</b>	0,000	1,713
	1,00	2,711	0,000	-1,989	2,720
	0,00	0,000	0,000	0,000	-0,000
5	0,00	0,004	<b>0,000*</b>	0,004	0,003
	1,00	0,990	0,491	0,992	0,736
	0,00	0,000	0,491	-2,221	-2,566
6	0,53	2,215	<b>-1,971*</b>	-0,002	-0,920
	1,00	4,200	0,000	1,987	0,555
	0,00	0,000	0,000	-1,359	0,342
7	0,50	1,355	<b>-0,921*</b>	-0,000	1,349
	1,00	2,711	-0,000	1,359	2,356
	0,00	0,000	0,000	-0,139	1,343
7	0,50	2,330	<b>-0,163*</b>	-0,001	1,343
	1,00	4,696	0,000	0,139	1,343

\* = Wartości ekstremalne

**REAKCJE PODPOROWE:** Skala 1:150

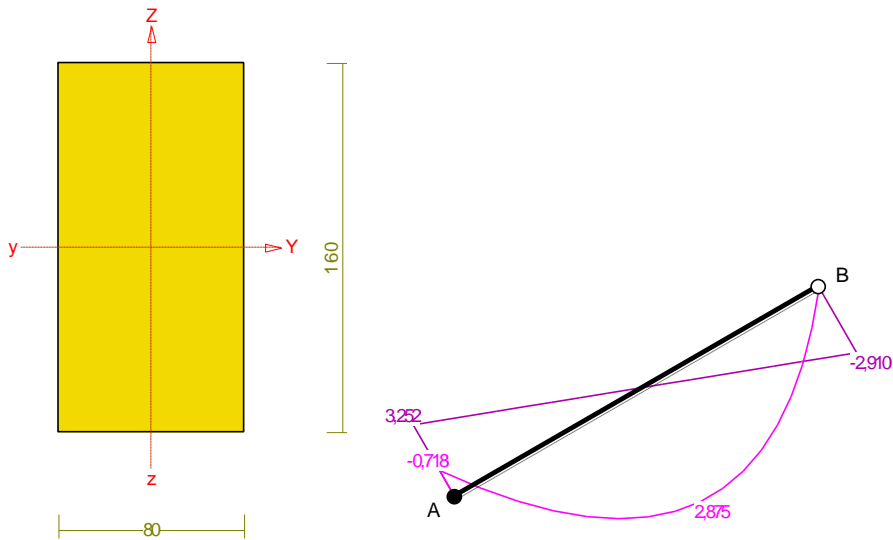


**REAKCJE PODPOROWE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABCD

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
2	0,000	5,436	5,436	
4	0,478	5,707	5,727	
5	-3,893	4,323	5,817	
6	-1,252	4,433	4,606	
7	2,830	3,144	4,230	

## Pręt nr 2 – krokiew 8x16cm



### Sprawdzenie nośności pręta nr 2

#### Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla  $x_a=4,20$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „ABCD”.

Pole powierzchni przekroju netto  $A_n = 128,00 \text{ cm}^2$ .

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 0,589 / 128,00 \times 10 = \mathbf{0,05} < \mathbf{6,46} = f_{t,0,d}$$

#### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=4,20$  m, przy obciążeniach „ABCD”.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 2,532 / 128,00 \times 10 = \mathbf{0,20} < \mathbf{3,58} = 0,369 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla  $x_a=2,10$  m;  $x_b=2,10$  m, przy obciążeniach „ABCD”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,08}{0,370 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} + \frac{8,42}{11,08} = \mathbf{0,782} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,08}{0,369 \times 9,69} + \frac{0,00}{11,08} + 0,7 \times \frac{8,42}{11,08} = \mathbf{0,554} < \mathbf{1}$$

#### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=2,10$  m;  $x_b=2,10$  m, przy obciążeniach „ABCD”.

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,875 / 341,33 \times 10^3 = \mathbf{8,42} < \mathbf{11,08} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=3,41$  m;  $x_b=0,79$  m, przy obciążeniach „ABCD”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,00}{6,46} + \frac{5,38}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,486} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,00}{6,46} + 0,7 \times \frac{5,38}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,340} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=2,10$  m;  $x_b=2,10$  m, przy obciążeniach „ABCD”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,08^2}{9,69^2} + \frac{8,42}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,761} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,08^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{8,42}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,532} < \mathbf{1}$$

#### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=4,20$  m, przy obciążeniach „ABCD”.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,38^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,38} < \mathbf{1,15} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

#### Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla  $x_a=2,10$  m;  $x_b=2,10$  m, przy obciążeniach „ABCD”.

$$u_{z,fin} = -3,3 + -15,7 = \mathbf{19,0} < \mathbf{28,0} = u_{net,fin}$$

**POZ. 2.2 WIĘŻBA DACHOWA – PŁATWIE o nachyleniu 42st.**

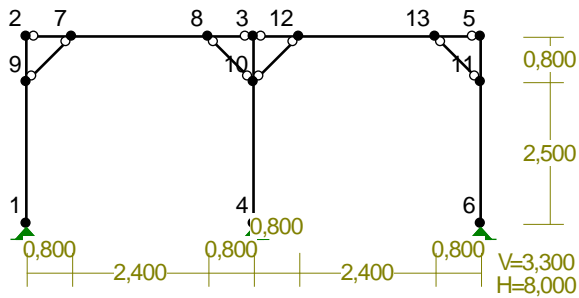
Obc. reakcją w węźle nr 5 z POZ. 2.1

	Reakcja char. [kN/m]	wsp.	Reakcja obl. [kN/m]
pionowa $R_V$	3,020	1,42	4,323
pozioma $R_H$	2,719		3,893

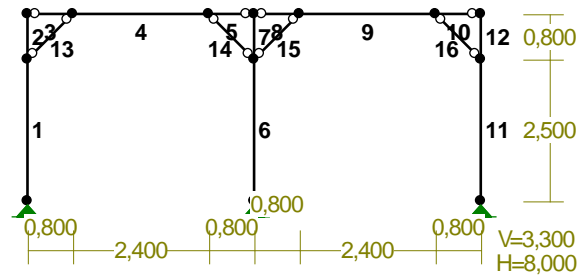
Obciążenie sprowadzone do kier głównych płatwi ( $\cos 42^\circ = 0,743$ ,  $\cos 48^\circ = 0,669$ )

	Reakcja char. [kN/m]	Reakcja obl. [kN/m]
w płaszczyźnie	$3,020/0,743+2,719/0,669=8,13$	$4,323/0,743+3,893/0,669=11,64$
z płaszczyzny	$3,020/0,669-2,719/0,743=0,86$	$4,323/0,669-3,893/0,743=1,22$

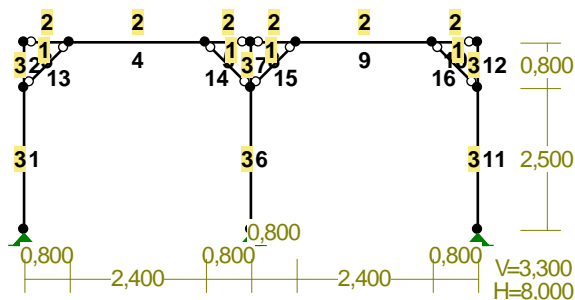
WĘZŁY: Skala 1:120



PRĘTY: Skala 1:120



PRZEKROJE PRĘTÓW: Skala 1:120



**PRĘTY UKŁADU:**

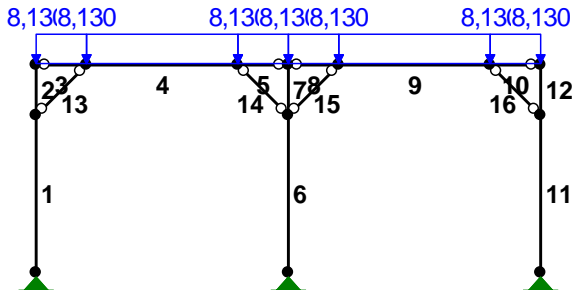
Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;  
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub; 22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	9	0,000	2,500	2,500	1,000	3 B 14,0x14,0
2	00	9	2	0,000	0,800	0,800	1,000	3 B 14,0x14,0
3	10	2	7	0,800	0,000	0,800	1,000	2 B 20,0x14,0
4	00	7	8	2,400	0,000	2,400	1,000	2 B 20,0x14,0
5	01	8	3	0,800	0,000	0,800	1,000	2 B 20,0x14,0
6	00	4	10	0,000	2,500	2,500	1,000	3 B 14,0x14,0
7	00	10	3	0,000	0,800	0,800	1,000	3 B 14,0x14,0
8	10	3	12	0,800	0,000	0,800	1,000	2 B 20,0x14,0
9	00	12	13	2,400	0,000	2,400	1,000	2 B 20,0x14,0
10	01	13	5	0,800	0,000	0,800	1,000	2 B 20,0x14,0
11	00	6	11	0,000	2,500	2,500	1,000	3 B 14,0x14,0
12	00	11	5	0,000	0,800	0,800	1,000	3 B 14,0x14,0
13	11	9	7	0,800	0,800	1,131	1,000	1 B 10,0x10,0
14	11	8	10	0,800	-0,800	1,131	1,000	1 B 10,0x10,0
15	11	10	12	0,800	0,800	1,131	1,000	1 B 10,0x10,0
16	11	13	11	0,800	-0,800	1,131	1,000	1 B 10,0x10,0

**WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:**

Nr.	A[cm <sup>2</sup> ]	I <sub>x</sub> [cm <sup>4</sup> ]	I <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>g</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>d</sub> [cm <sup>3</sup> ]	h[cm]	Material:
1	100,0	833	833	167	167	10,0	71 Drewno C24
2	280,0	9333	4573	933	933	20,0	71 Drewno C24
3	196,0	3201	3201	457	457	14,0	71 Drewno C24

OBCIĄŻENIA: Skala 1:120



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

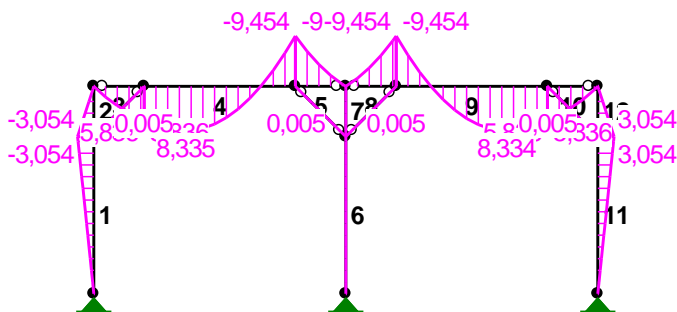
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: A	""			Zmienne	$\gamma_f = 1,42$	
3	Liniowe	0,0	8,130	8,130	0,00	0,80
4	Liniowe	0,0	8,130	8,130	0,00	2,40
5	Liniowe	0,0	8,130	8,130	0,00	0,80
8	Liniowe	0,0	8,130	8,130	0,00	0,80
9	Liniowe	0,0	8,130	8,130	0,00	2,40
10	Liniowe	0,0	8,130	8,130	0,00	0,80

**W Y N I K I**  
Teoria I-go rzędu

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł. A -""	Zmienne	1	1,42

MOMENTY: Skala 1:120

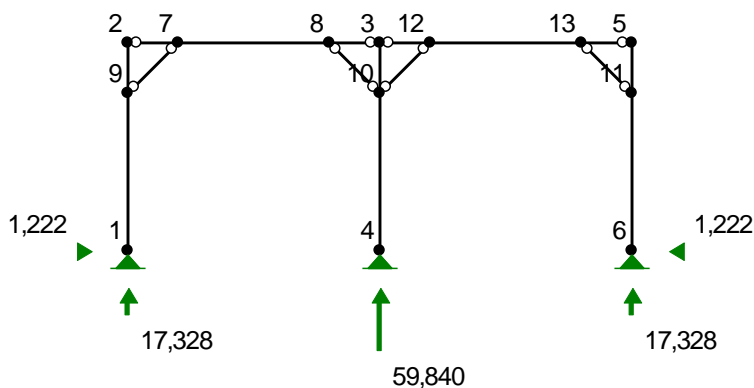


**SIŁY PRZEKROJOWE:** T.I rzędu  
 Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	-0,000	-1,222	-17,328
	1,00	2,500	-3,054	-1,222	-17,102
2	0,00	0,000	-3,054	3,818	-12,037
	1,00	0,800	-0,000	3,818	-11,964
3	0,00	0,000	0,000	11,964	3,818
	1,00	0,800	5,836	2,625	3,818
4	0,00	0,000	5,836	7,638	-1,222
	0,27	0,656	<b>8,335*</b>	-0,023	-1,222
	1,00	2,400	-9,454	-20,379	-1,222
5	0,00	0,000	-9,454	16,487	35,671
	1,00	0,800	0,000	7,148	35,671
6	0,00	0,000	-0,000	0,000	-59,840
	1,00	2,500	0,000	0,000	-59,614
7	0,00	0,000	0,000	-0,000	14,223
	1,00	0,800	-0,000	-0,000	14,295
8	0,00	0,000	0,000	-7,148	35,671
	1,00	0,800	-9,454	-16,487	35,671
9	0,00	0,000	-9,454	20,379	-1,222
	0,73	1,744	<b>8,335*</b>	0,023	-1,222
	1,00	2,400	5,836	-7,638	-1,222
10	0,00	0,000	5,836	-2,625	3,818
	1,00	0,800	-0,000	-11,964	3,818
11	0,00	0,000	0,000	1,222	-17,328
	1,00	2,500	3,054	1,222	-17,102
12	0,00	0,000	3,054	-3,818	-12,037
	1,00	0,800	0,000	-3,818	-11,964
13	0,00	0,000	0,000	0,018	-7,145
	0,53	0,597	<b>0,005*</b>	-0,001	-7,125
	0,48	0,544	<b>0,005*</b>	0,001	-7,127
	1,00	1,131	-0,000	-0,018	-7,108
14	0,00	0,000	0,000	0,018	-52,155
	0,53	0,597	<b>0,005*</b>	-0,001	-52,174
	0,48	0,544	<b>0,005*</b>	0,001	-52,173
	1,00	1,131	-0,000	-0,018	-52,192
15	0,00	0,000	0,000	0,018	-52,192
	0,53	0,597	<b>0,005*</b>	-0,001	-52,172
	0,48	0,544	<b>0,005*</b>	0,001	-52,174
	1,00	1,131	-0,000	-0,018	-52,155
16	0,00	0,000	0,000	0,018	-7,108
	0,53	0,597	<b>0,005*</b>	-0,001	-7,127
	0,48	0,544	<b>0,005*</b>	0,001	-7,126
	1,00	1,131	-0,000	-0,018	-7,145

\* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE: Skala 1:120



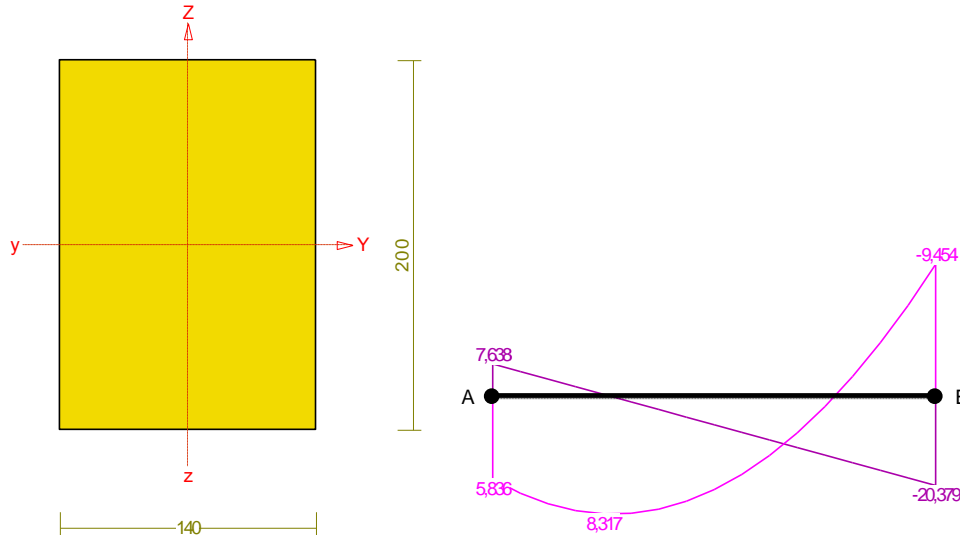


**REAKCJE PODPOROWE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	1,222	17,328	17,371	
4	-0,000	59,840	59,840	
6	-1,222	17,328	17,371	

#### Pręt nr 4 – płatew 14x20cm



#### Obciążenie prostopadłe do płaszczyzny układu:

Przyjęto charakterystyczne wartości momentów przywęzłowych  $M_a = 0,000$  i  $M_b = 0,000$  kNm oraz obciążenia rozłożonego na całej długości pręta  $q = 0,700$  kN/m. Przyjęto stały moment skręcający  $M_{tor} = 0,000$  kNm. Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi  $\gamma_f = 1,42$ .

#### Sprawdzenie nośności pręta nr 4

##### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,40$  m, przy obciążeniach „A”.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 1,222 / 280,00 \times 10 = \mathbf{0,04} < \mathbf{7,02} = 0,724 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla  $x_a=2,40$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,04}{1,019 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} + \frac{10,13}{11,08} = \mathbf{0,919} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,04}{0,724 \times 9,69} + \frac{0,00}{11,08} + 0,7 \times \frac{10,13}{11,08} = \mathbf{0,646} < \mathbf{1}$$

##### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=2,40$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „A”.

Warunek stateczności:  $\sigma_{m,d} = M / W = 9,454 / 933,33 \times 10^3 = \mathbf{10,13} < \mathbf{11,08} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$

Nośność dla  $x_a=2,40$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{10,13}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,914} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{10,13}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,640} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ścisaniem dla  $x_a=2,40$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,04^2}{9,69^2} + \frac{10,13}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,914} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,04^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{10,13}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,640} < \mathbf{1}$$

### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=2,40$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „A”.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{1,09^2 + 0,06^2} = 1,09 < 1,15 = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

### Stan graniczny użytkowania:

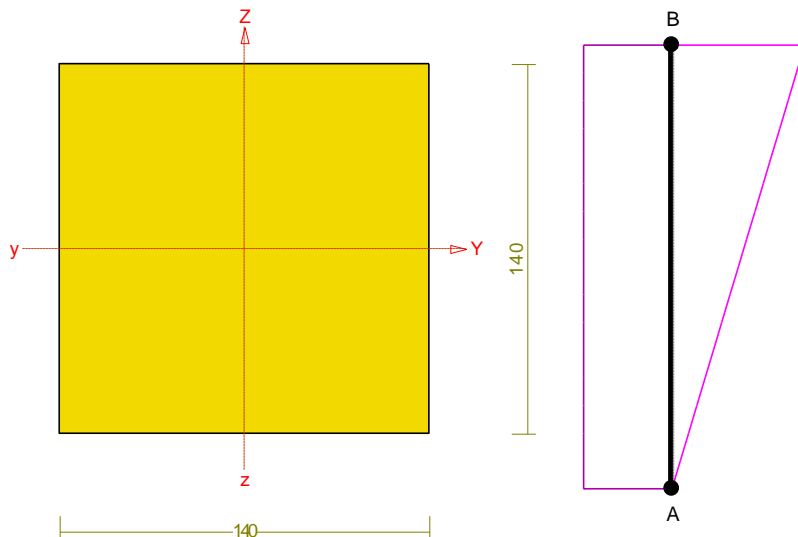
Wyniki dla  $x_a=0,75$  m;  $x_b=1,65$  m, przy obciążeniach „A”.

$$u_{z,fin} = -0,2 + -10,4 = 10,6 < 16,0 = u_{net,fin}$$

$$u_{y,fin} = 0,0 + 0,9 = 0,9 < 16,0 = u_{net,fin}$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} = \sqrt{9,3^2 + 0,8^2} = 10,6 < 16,0 = u_{net,fin}$$

### Pręt nr 6 – słup 14x14cm



### Sprawdzenie nośności pręta nr 6

#### Nośność na ściskanie:

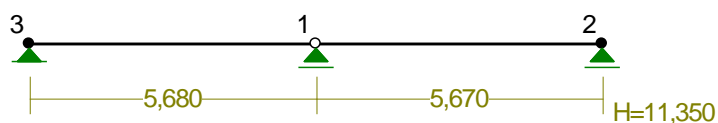
Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,50$  m, przy obciążeniach „A”.

Nośność na ściskanie:

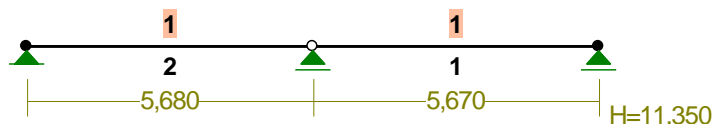
$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 59,840 / 196,00 \times 10 = 3,05 < 3,19 = 0,329 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

## POZ. 2.3 PODCIĄG STALOWY

WEZŁY: Skala 1:150



PRĘTY i PRZEKROJE PRĘTÓW: Skala 1:150



### PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;

10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub; 22 - ciągnio

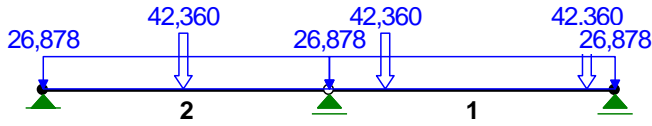
Pręt: Typ: A: B: Lx[m]: Ly[m]: L[m]: Red.EJ: Przekrój:

1	10	1	2	5,670	0,000	5,670	1,000	1 2 I 300
2	01	3	1	5,680	-0,000	5,680	1,000	1 2 I 300

**WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:**

Nr.	A[cm <sup>2</sup> ]	I <sub>x</sub> [cm <sup>4</sup> ]	I <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>g</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>d</sub> [cm <sup>3</sup> ]	h[cm]	Materiał:
1	138,2	22496	19600	1307	1307	30,0	2 St3S (X,Y,V,W)

OBCIĄŻENIA: Skala 1:150



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

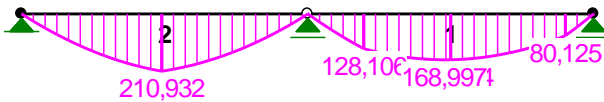
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: A ""						
1	Skupione	0,0	42,360	Zmienne	γ <sub>f</sub> = 1,12	
1	Liniowe	0,0	26,878	26,878	1,11	5,67
	0.1.2. Stro p=4,450*6,040					
2	Liniowe	-0,0	26,878	26,878	0,00	5,68
	0.1.2. Stro p=4,450*6,040					
Grupa: B ""						
1	Skupione	0,0	42,360	Zmienne	γ <sub>f</sub> = 1,41	
1	Skupione	0,0	0,000		5,11	2,83
2	Skupione	-0,0	42,360		2,83	2,78

**W Y N I K I**  
**Teoria I-go rzędu**

**OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:**

Grupa:	Znaczenie:	ψ <sub>d</sub> :	γ <sub>f</sub> :
Ciężar wł.			1,10
A -"od dachu"	Zmienne	1	1,00
B -"od stropu"	Zmienne	1	1,00

MOMENTY: Skala 1:150



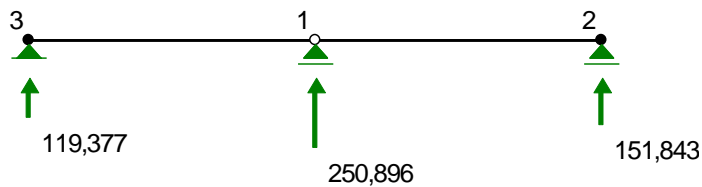
**SIŁY PRZEKROJOWE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	132,781	0,000
	0,48	2,727	<b>169,008*</b>	-0,015	0,000
	1,00	5,670	0,000	-151,843	0,000
2	0,00	0,000	0,000	119,377	0,000
	0,49	2,780	<b>210,932*</b>	32,373	0,000
	1,00	5,680	0,000	-118,116	0,000

\* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE: Skala 1:150



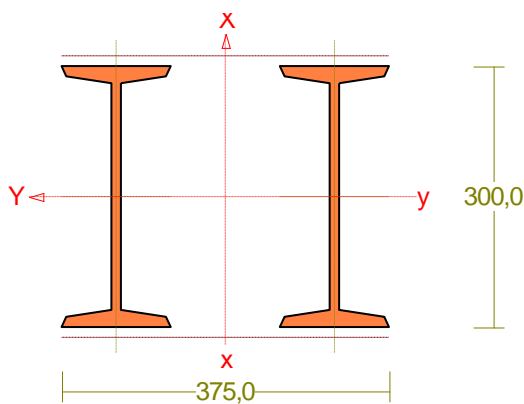
REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	0,000	250,896	250,896	
2	0,000	151,843	151,843	
3	0,000	119,377	119,377	

### Pręt nr 2

Przekrój: 2 I 300



Wymiary przekroju:

I 300 h=300,0 g=10,8 s=125,0 t=16,1 r=10,8.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=22495,7$   $J_{yg}=19600,0$   $A=138,20$   $i_x=12,8$   $i_y=11,9$

$J_w=181151,3$   $J_t=106,8$   $i_s=17,5$ .

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość  $f_d=205$  MPa dla  $g=16,1$ .

Siły przekrojowe:

$x_a = 2,780$ ;  $x_b = 2,900$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: AB

$N = 0,000$  kN,

$M_y = 210,932$  kNm,  $V_x = 32,373$  kN.

Naprężenia w skrajnych włóknach:

$\sigma_t = 161,4$  MPa  $\sigma_c = -161,4$  MPa.

### Połączenie gałęzi:

Przyjęto, że gałęzie połączone są przewiązkami o szerokości  $b = 100,0$  mm i grubości  $g = 12,0$  mm w odstępach  $l_1 = 500,0$  mm, wykonanymi ze stali St3S (X,Y,V,W).

Smukłość gałęzi:

$$\lambda_v = \lambda_1 = l_1 / i_1 = 500,0 / 25,6 = 19,53$$

$$\lambda_p = 84 \sqrt{215 / f_d} = 84 \times \sqrt{215 / 205} = 86,02$$

### Współczynniki redukcji nośności:

Współczynnik niestateczności dla ścianki przy ściskaniu wynosi  $\varphi_p = 1,000$ . Współczynnik niestateczności gałęzi wynosi:

$$\bar{\lambda} = \lambda_1 / \lambda_p = 19,53 / 86,02 = 0,227 \Rightarrow \varphi_1 = 0,995.$$

W związku z tym współczynniki redukcji nośności wynoszą:

- dla zginana względem osi Y:  $\psi_y = 1,000$

### Smukłość zastępcza pręta:

- dla wyoboczenia w płaszczyźnie prostopadłej do osi X

$$\lambda = l_{wx} / i_x = 5680,0 / 127,6 = 44,52$$

$$\lambda_m = \sqrt{\lambda^2 + \lambda_v^2} \text{ m} / 2 = \sqrt{44,52^2 + 19,53^2} = 48,62$$

$$\bar{\lambda}_m = \frac{\lambda_m}{\lambda_p} \sqrt{\psi_6} = \frac{48,62}{86,02} \times \sqrt{0,995} = 0,564$$

### Nośność przewiązek:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 5,680$ .

Przewiązki prostopadłe do osi X:

$$Q = 1,2 \quad V = 1,2 \times 0,000 = 0,000 \text{ kN}$$

$$Q \geq 0,012 A f_d = 0,012 \times 138,20 \times 205 \times 10^{-1} = 33,997 \text{ kN}$$

Przyjęto  $Q = 33,997$  kN

$$V_Q = \frac{Q l_1}{n(m-1)a} = \frac{33,997 \times 500,0}{2 \times (2-1) \times 250,0} = 33,997 \text{ kN} \quad M_Q = \frac{Q l_1}{m n} = \frac{33,997 \times 0,5}{2 \times 2} = 4,250 \text{ kNm}$$

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_v f_d = 0,58 \times 1,000 \times 0,9 \times 100,0 \times 12,0 \times 215 \times 10^{-3} = 134,676 \text{ kN}$$

$$M_R = W f_d = 12,0 \times 100,0^2 / 6 \times 215 \times 10^{-6} = 4,300 \text{ kNm}$$

$$V_Q = 33,997 < 134,676 = V_R \quad M_Q = 4,250 < 4,300 = M_R$$

### Naprężenia:

$x_a = 2,780$ ;  $x_b = 2,900$ .

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 161,4 \text{ MPa}$   $\sigma_c = -161,4 \text{ MPa}$ .

Naprężenia:

- normalne:  $\sigma = 0,0$   $\Delta\sigma = 161,4 \text{ MPa}$   $\psi_{oc} = 1,000$   
 - ścinanie wzdłuż osi X:  $A_v = 64,80 \text{ cm}^2$   $\tau = 5,0 \text{ MPa}$   $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 161,4 = 161,4 < 205 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ex} = \tau / \psi_{ov} = 5,0 / 1,000 = 5,0 < 118,9 = 0,58 \times 205 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{161,4^2 + 3 \times 0,0^2} = 161,4 < 205 \text{ MPa}$$

### Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$\kappa_a = 1,000$   $\kappa_b = 1,000$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 1,000$  dla  $l_0 = 5,680$   
 $l_w = 1,000 \times 5,680 = 5,680 \text{ m}$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$\kappa_a = 1,000$   $\kappa_b = 1,000$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 1,000$  dla  $l_0 = 5,680$   
 $l_w = 1,000 \times 5,680 = 5,680 \text{ m}$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega 0} = 5,680 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 5,680 \text{ m}$ .

### Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 22495,7}{5,680^2} 10^{-2} = 14107,739 \text{ kN} \quad N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 19600,0}{5,680^2} 10^{-2} = 12291,730 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{17,5^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 181151,3}{5,680^2} 10^{-2} + 80 \times 106,8 \times 10^2 \right) = 1,000000E+20 \text{ kN}$$

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 2,780$ ;  $x_b = 2,900$ .

- względem osi Y  $M_R = \psi W_c f_d = 1,000 \times 1306,7 \times 205 \times 10^{-3} = 267,867 \text{ kNm}$

Współczynnik zwiczenia dla  $\bar{\lambda}_L = 0,000$  wynosi  $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_y}{M_{Ry}} = \frac{210,932}{267,867} = 0,787 < 1$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 5,680$ .

- wzdłuż osi X

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_v f_d = 0,58 \times 1,000 \times 64,8 \times 205 \times 10^{-1} = 770,472 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 231,142 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi X:

$$V = 119,377 < 770,472 = V_R$$

### Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 2,780$ ;  $x_b = 2,900$ .

- dla zginania względem osi Y:  $V_x = 32,373 < 231,142 = V_O$

$$M_{R,v} = M_R = 267,867 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_y}{M_{Ry,v}} = \frac{210,932}{267,867} = 0,787 < 1$$

### Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 5,680$ .

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego  $c = 100,0 \text{ mm}$ .

Naprężenia ścisające w środku wynoszą  $\sigma_c = 0,0 \text{ MPa}$ . Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,000$$

Nośność środnika na siłę skupioną:

$$P_{R,w} = c_o t_w \eta_c f_d = 234,6 \times 10,8 \times 1,000 \times 205 \times 10^{-3} = 519,444 \text{ kN}$$

Warunek nośności środnika:

$$P = 0,000 < 519,444 = P_{R,w}$$

### Złożony stan środnika

$x_a = 2,780$ ;  $x_b = 2,900$ .

Siły przekrojowe przypadające na środnik i nośności środnika:

$N_w$	= 0,000	$N_{Rw}$	= 544,982	kN
$M_w$	= 14,446	$M_{Rw}$	= 22,358	kNm
$V$	= 32,373	$V_R$	= 770,472	kN
$P$	= 0,000	$P_{Rc}$	= 481,495	kN

Przyjęto, że zastosowane zostaną żebra w miejscu występowania siły skupionej ( $P = 0$ ).

Współczynnik niestateczności ścianki wynosi:  $\varphi_p = 1,000$ .

Warunek nośności środnika:

$$\left( \frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} + \frac{P}{P_{Rc}} \right)^2 - 3 \varphi_p \left( \frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} \right) \frac{P}{P_{Rc}} + \left( \frac{V}{V_R} \right)^2 =$$
$$\left( \frac{0,000}{544,982} + \frac{14,446}{22,358} + \frac{0,000}{481,495} \right)^2 - 3 \times 1,000 \times \left( \frac{0,000}{544,982} + \frac{14,446}{22,358} \right) \frac{0,000}{481,495} + \left( \frac{32,373}{770,472} \right)^2 = 0,419 < 1$$

### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi X liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 13,4 \text{ mm}$$
$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 5680 / 250 = 22,7 \text{ mm}$$
$$a_{\max} = 13,4 < 22,7 = a_{\text{gr}}$$

## UWAGA:

**NA ETAPIE WYKONAWSTWA NALEŻY W PODCIĄGU SKORYGOWAĆ ROZSTAW PRZEWIĄZEK ŁĄCZĄCYCH BELKI I300PN - POWINNY ONE BYĆ WYKONANE Z BLACHY 100x12mm O ROZSTAWIE 500mm.**

KONIEC OBLICZEŃ STATYCZNYCH

**PROJEKTOWAŁ**

mgr inż. Marcin Andrzejewski

**SPRAWDZIŁ**

mgr inż. Paweł Chmielewski