

**OBLICZENIA DO PROJEKTU KOTŁOWNI.**

**ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ**

**0.1. Pokrycie**

Rodzaj: ciężar

Typ: stałe

**0.1.1. płyta warstwowa**

Charakterystyczna wartość obciążenia:

$$Q_k = 0,14 \text{ kN/m}^2.$$

Obliczeniowe wartości obciążenia:

$$Q_{o1} = 0,15 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,10,$$

$$Q_{o2} = 0,13 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$$

Składniki obciążenia:

płyta warstwowa dach

$$Q_k = 0,135 \text{ kN/m}^2 = 0,14 \text{ kN/m}^2.$$

$$Q_{o1} = 0,15 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,10,$$

$$Q_{o2} = 0,13 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$$

**0.1.2. płyta ściana**

Charakterystyczna wartość obciążenia:

$$Q_k = 0,12 \text{ kN/m}^2.$$

Obliczeniowe wartości obciążenia:

$$Q_{o1} = 0,13 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,10,$$

$$Q_{o2} = 0,11 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$$

Składniki obciążenia:

płyta ściana

$$Q_k = 0,12 \text{ kN/m}^2 = 0,12 \text{ kN/m}^2.$$

$$Q_{o1} = 0,13 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,10,$$

$$Q_{o2} = 0,11 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$$

**0.2. Śnieg**

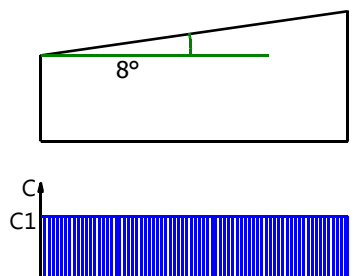
Rodzaj: śnieg

Typ: zmienne

**0.2.1. Śnieg**

Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu  $q_k = 1,60 \text{ kN/m}^2$  przyjęto zgodnie ze zmianą do normy Az1, jak dla strefy IV.

Współczynnik kształtu  $C = 0,80$  jak dla dachu jednospadowego.



Charakterystyczna wartość obciążenia śniegiem:

$$Q_k = 1,6 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,8 = 1,28 \text{ kN/m}^2.$$

Obliczeniowa wartość obciążenia śniegiem:

$$Q_o = 1,92 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_f = 1,50.$$

### 0.3. Wiatr

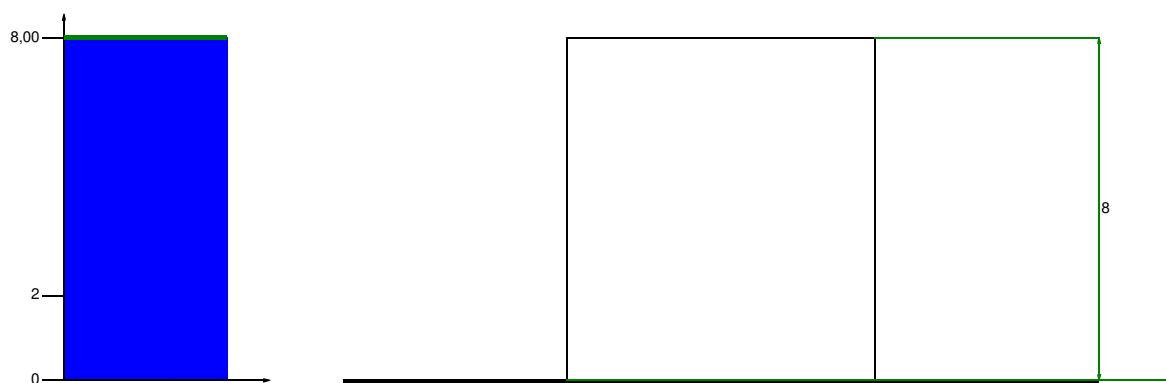
Rodzaj: wiatr

Typ: zmienne

#### 0.3.1. Wiatr ssanie

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.

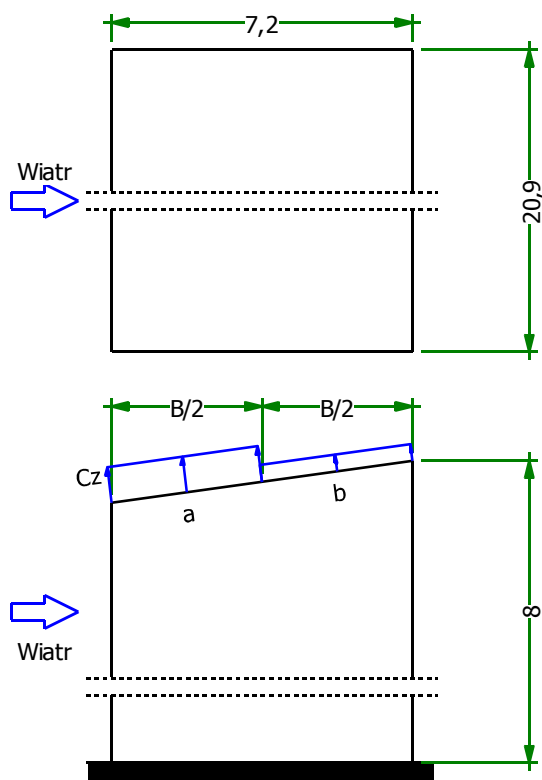


Współczynnik działania porywów wiatru  $\beta = 1,80$  przyjęto jak do obliczeń budowli niepodatnych na dynamiczne działanie wiatru (logarytmiczny dekrement tłumienia  $\Delta = 0,20$ ; okres drgań własnych  $T = 0,20 \text{ s}$ ).

Współczynnik aerodynamiczny  $C$  odcinka a połaci dachu jednospadowego ( $\alpha = 8^\circ$ ) wg wariantu I i kierunku wiatru 1 równy jest  $C = C_z - C_w = -0,90$ , gdzie:

$C_z = -0,90$  jest współczynnikiem ciśnienia zewnętrznego,

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



Charakterystyczna wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_k = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,90 \cdot (-0,90 - 0,00) \cdot 1,8 = -0,44 \text{ kN/m}^2.$$

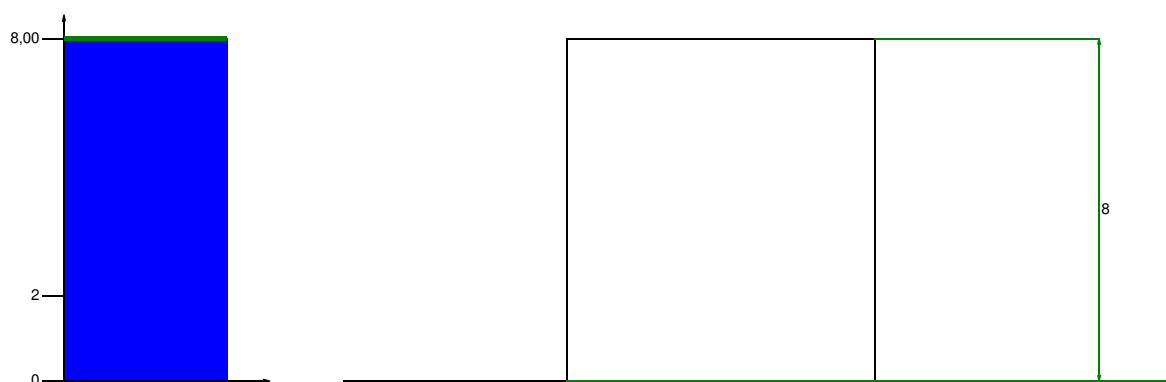
Obliczeniowa wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_o = -0,66 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_f = 1,50.$$

### 0.3.2. Wiatr ssanie odc 2

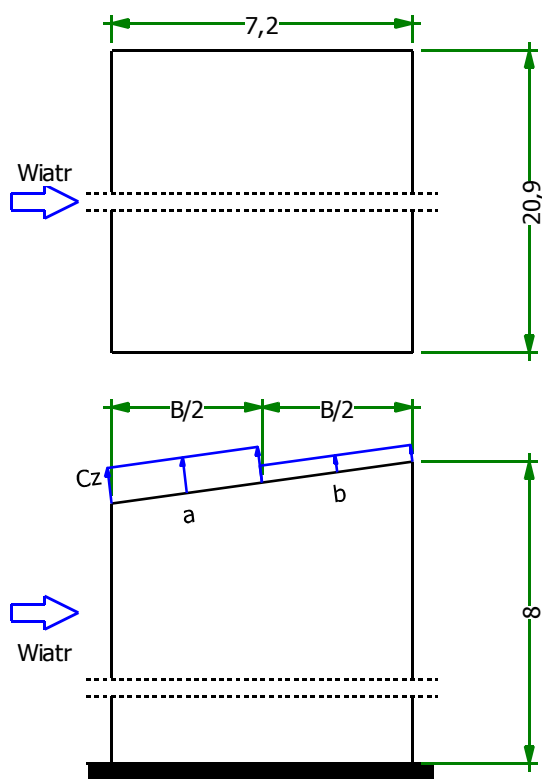
Charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru  $q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$  przyjęto jak dla strefy I.

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  $T = 0,20 \text{ s}$ ).

Współczynnik aerodynamiczny  $C$  odcinka b połaci dachu jednospadowego ( $\alpha = 8^\circ$ ) wg wariantu I i kierunku wiatru 1 równy jest  $C = C_z - C_w = -0,44$ , gdzie:  
 $C_z = -0,44$  jest współczynnikiem ciśnienia zewnętrznego,  
 $C_w = 0,00$  jest współczynnikiem ciśnienia wewnętrznego.



Charakterystyczna wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_k = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,90 \cdot (-0,44 - 0,00) \cdot 1,8 = -0,21 \text{ kN/m}^2.$$

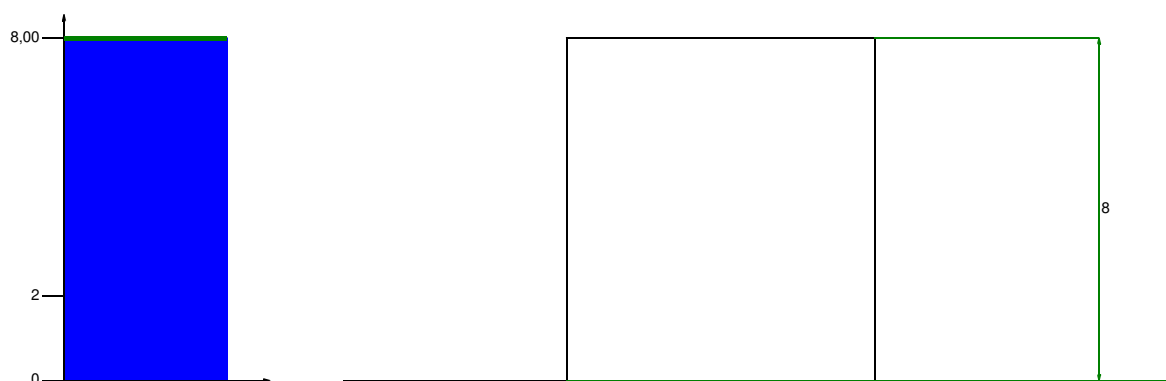
Obliczeniowa wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_o = -0,32 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_f = 1,50.$$

### 0.3.3. Wiatr ściana parcie

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.

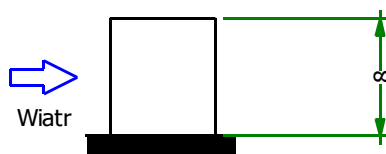
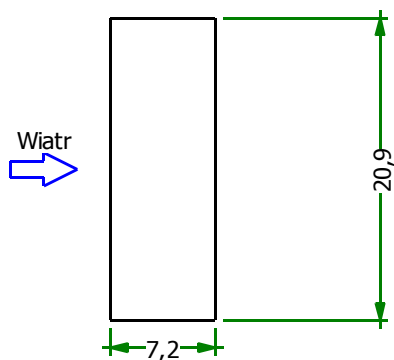


Współczynnik działania porywów wiatru  $\beta = 1,80$  przyjęto jak do obliczeń budowli niepodatnych na dynamiczne działanie wiatru (logarytmiczny dekrement tłumienia  $\Delta = 0,20$ ; okres drgań własnych  $T = 0,20$  s).

Współczynnik aerodynamiczny  $C$  powierzchni nawietrznej budynków i przegród równy jest  $C = C_z$  -  $C_w = 0,70$ , gdzie:

$C_z = 0,70$  jest współczynnikiem ciśnienia zewnętrznego,

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



Charakterystyczna wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_k = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,90 \cdot (0,70 - 0,00) \cdot 1,8 = 0,34 \text{ kN/m}^2.$$

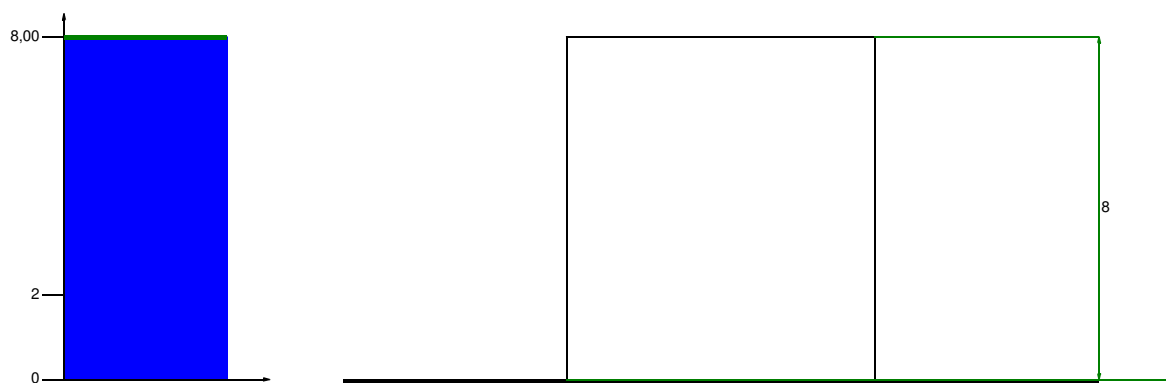
Obliczeniowa wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_o = 0,51 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_f = 1,50.$$

#### 0.3.4. Wiatr ściana ssanie

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  $z = 8,00$  m. Ponieważ  $H/L \leq 2$  przyjęto stały po wysokości rozkład współczynnika ekspozycji  $C_e$  o wartości jak dla punktu najwyższego.



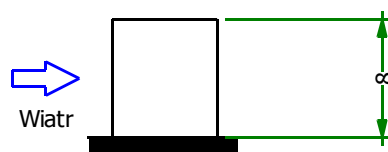
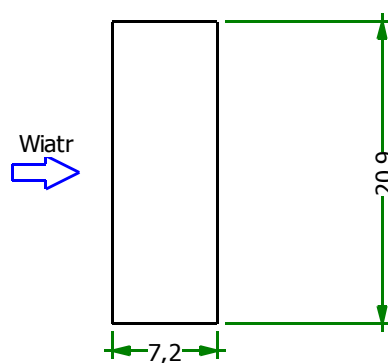
Współczynnik działania porywów wiatru  $\beta = 1,80$  przyjęto jak do obliczeń budowli niepodatnych na dynamiczne działanie wiatru (logarytmiczny dekrement tłumienia  $\Delta = 0,20$ ; okres drgań własnych  $T = 0,20$  s).

Współczynnik aerodynamiczny  $C$  powierzchni zawietrznej budynków i przegród 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:

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

#### 0.4. Użytkowe

Rodzaj: użytkowe

---

Olsztyn Styczeń 2018

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.

Jakiegokolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.

---



*Jakiegokolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.*



OLSANIT Radosław Siwek  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

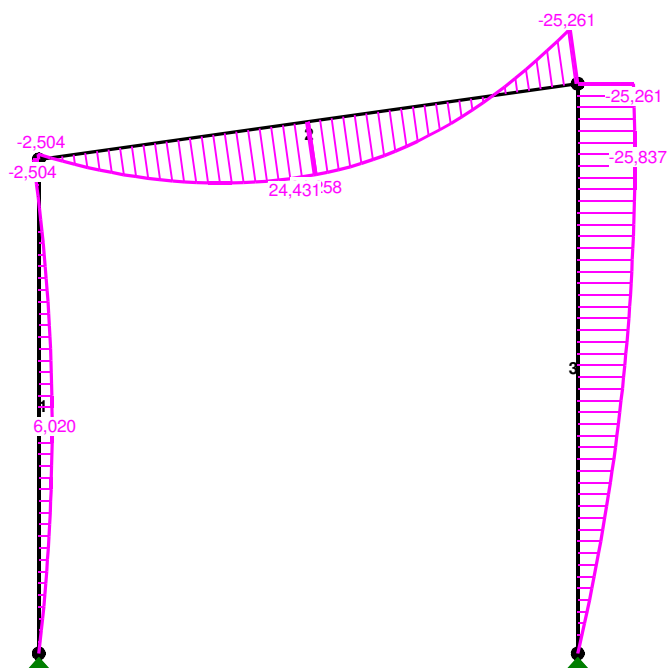
0.3.3. Wiatr ściana parci  $p=0,340 \cdot 1,000$

W Y N I K I wg PN 82/B-02000  
Teoria I-go rzędu

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł.			1,10
A - "pokrycie"	Stałe		1,10
B - "śnieg"	Zmienne 1	1,00	1,50
C - "wiatr z lewej"	Zmienne 1	1,00	1,50
D - "wiatr z prawej"	Zmienne 1	1,00	1,50

MOMENTY: Skala 1:100



Olsztyn Styczeń 2018

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.

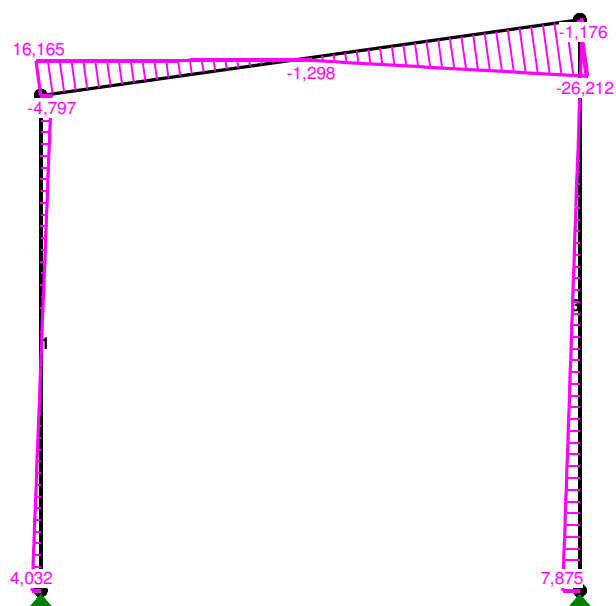
Jakiegokolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.

---

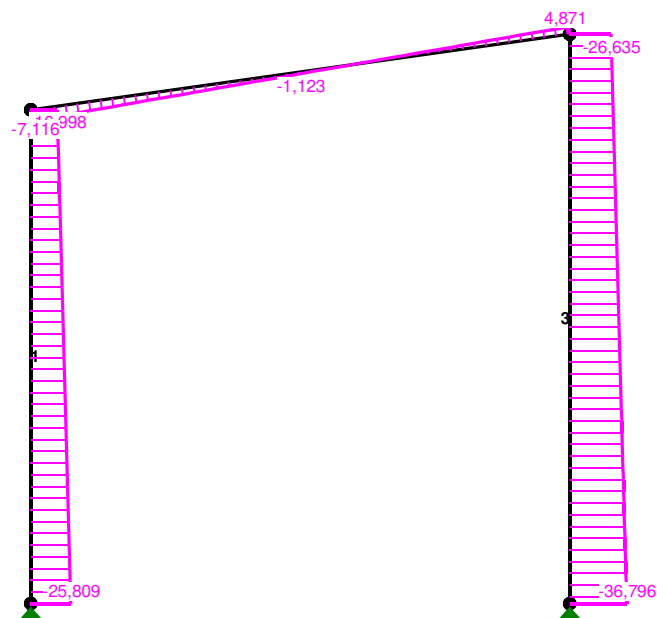
OLSANIT Radosław Siwek  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

---

TNĄCE:            Skala 1:100



NORMALNE:        Skala 1:100



**SIŁY PRZEKROJOWE:**            T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABCD    **Relacja obc.!**

Pręt:        x/L:        x[m]:        M[kNm]:        Q[kN]:        N[kN]:

---

---

**Olsztyn Styczeń 2018**  
Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.  
Jakiegolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.

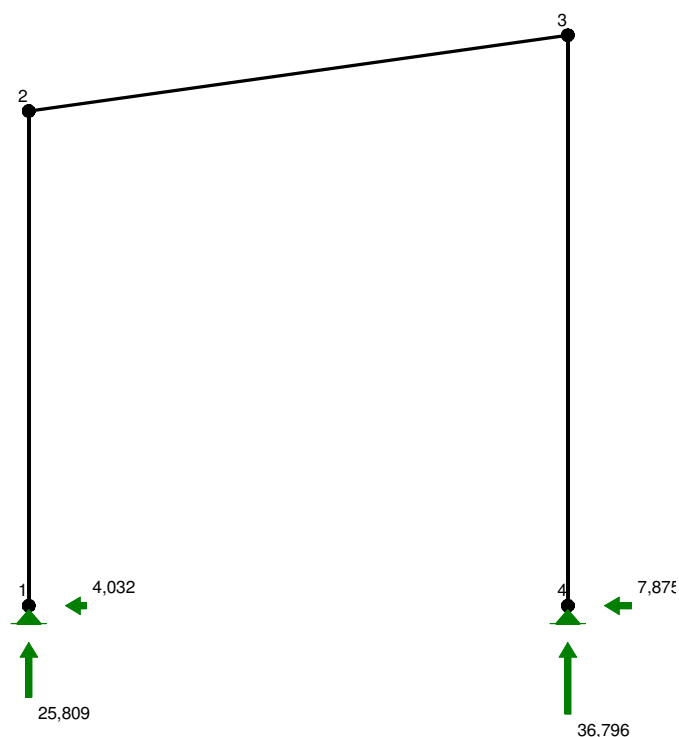
---

**OLSANIT Radosław Siwek**  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

1	0,00	0,000	0,000	4,032	-25,809
	0,46	2,989	<b>6,020*</b>	-0,003	-21,782
	1,00	6,540	-2,504	-4,797	-16,998
2	0,00	0,000	-2,504	16,165	-7,116
	0,46	3,319	<b>24,431*</b>	0,067	-1,591
	1,00	7,200	-25,261	-26,212	4,871
3	0,00	0,000	-25,261	-1,176	-26,635
	0,13	0,972	<b>-25,837*</b>	-0,009	-27,945
	1,00	7,542	0,000	7,875	-36,796

\* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:      Skala 1:100



**REAKCJE PODPOROWE:**      T.I. rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABCD      **Relacja obc.!**

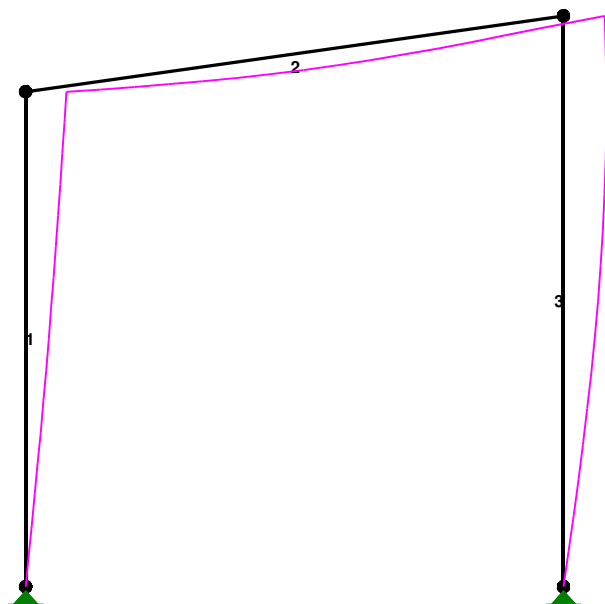
Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	-4,032	25,809	26,122	
4	-7,875	36,796	37,629	

**PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW:**      T.I. rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABCD      **Relacja obc.!**

**OLSANIT Radosław Siwek**  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi[rad] ([deg]):
1	0,00000	-0,00000	0,00000	-0,00691 ( -0,396)
2	0,03750	-0,00011	0,03750	-0,00481 ( -0,275)
3	0,03751	-0,00018	0,03751	0,00269 ( 0,154)
4	0,00000	-0,00000	0,00000	-0,00977 ( -0,560)

PRZEMIESZCZENIA:      Skala 1:100



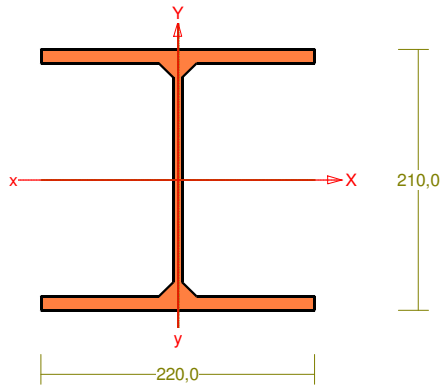
**DEFORMACJE:**                      T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABCD      **Relacja obc.!**

Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	F <sub>Ia</sub> [deg]:	F <sub>Ib</sub> [deg]:	f[m]:	L/f:
1	-0,0000	-0,0375	-0,396	-0,275	0,0023	2848,4
2	-0,0053	-0,0054	-0,275	0,154	0,0105	688,4
3	0,0375	-0,0000	0,154	-0,560	0,0128	590,3

## Pręt nr 1

Zadanie: RAMA GŁÓWNA

Przekrój: I 220 HEA



Wymiary przekroju:

I 220 HEA  $h=210,0$   $g=7,0$   $s=220,0$   $t=11,0$   $r=18,0$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_xg=5410,0$   $J_yg=1955,0$   $A=64,30$   $i_x=9,2$   $i_y=5,5$   $J_w=193266,1$   $J_t=26,2$   $i_s=10,7$ .

Materiał: **18G2 (A)**. Wytrzymałość  **$f_d=305$  MPa** dla  **$g=11,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **2**.

### Siły przekrojowe:

$x_a = 2,861$ ;  $x_b = 3,679$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABCD**

$M_x = -6,009$  kNm,  $V_y = 0,169$  kN,  $N = -21,954$  kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 8,2$  MPa  $\sigma_c = -15,1$  MPa.

### Naprężenia:

$x_a = 2,861$ ;  $x_b = 3,679$ .

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 8,2$  MPa  $\sigma_c = -15,1$  MPa.

Naprężenia:

- normalne:  $\sigma = -3,4$   $\Delta\sigma = 11,7$  MPa  $\psi_{oc} = 1,000$
- ścinanie wzdłuż osi Y:  $A_v = 14,70$  cm<sup>2</sup>  $\tau = 0,1$  MPa  $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 3,4 / 1,000 + 11,7 = 15,1 < 305 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 0,1 / 1,000 = 0,1 < 176,9 = 0,58 \times 305 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{15,1^2 + 3 \times 0,1^2} = 15,1 < 305 \text{ MPa}$$

### Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 6,540$ .

Siła osiowa:  $N = -25,809$  kN.

Pole powierzchni przekroju:  $A = 64,30$  cm<sup>2</sup>.

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A f_d = 64,30 \times 305 \times 10^{-1} = 1961,150$  kN.

---

**Olsztyn Styczeń 2018**

*Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.*

*Jakiegolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.*

---

Warunek nośności (31):

$$N = 25,809 < 1961,150 = N_{Rt}$$

**Długości wyboczeniowe pręta:**

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

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 0,524 \quad \text{węzły przesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 2,530 \quad \text{dla } l_o = 6,540$$
$$l_w = 2,530 \times 6,540 = 16,546 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 2,000$$
$$l_w = 1,000 \times 2,000 = 2,000 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega o} = 6,540 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 6,540 \text{ m}$ .

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 5410,0}{16,546^2} 10^{-2} = 399,811 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 1955,0}{2,000^2} 10^{-2} = 9888,727 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) =$$

$$\frac{1}{10,7^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 193266,1}{6,540^2} 10^{-2} + 80 \times 26,2 \times 10^2 \right) = 2624,991 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na ściskanie:**

$\kappa_a = 0,000$ ;  $\kappa_b = 6,540$ :

$$N_{RC} = A f_d = 64,3 \times 305 \times 10^{-1} = 1961,150 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{1961,150 / 399,811} = 2,547 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,150$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{1961,150 / 9888,727} = 0,512 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,859$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{1961,150 / 2624,991} = 0,994 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,565$$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,150$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{25,809}{0,150 \times 1961,150} = 0,088 < 1$$

**Zwichrzenie:**

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem  $l_1 = l_{\omega o} = 6540 \text{ mm}$ :

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 55}{0,400} \times \sqrt{215 / 305} = 4048 < 6540 = l_y$$

Konieczne jest sprawdzenie zwichrzenia pręta.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 0,00$  cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = 0,00$  cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia:  $A_1 = 0,000$ ,  $A_2 = 0,000$ ,  $B = 0,000$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 0,00 + 0,000 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$0,000 \times 9888,727 + \sqrt{(0,000 \times 9888,727)^2 + 0,000^2 \times 0,107^2 \times 9888,727 \times 2624,991} = 0,000$$

Przyjęto, że pręt jest zabezpieczony przed zwichrzeniem:  $\bar{\lambda}_L = 0$ .

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 2,861$ ;  $x_b = 3,679$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 515,2 \times 305 \times 10^{-3} = 157,148 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{21,954}{1961,150} + \frac{6,009}{1,000 \times 157,148} = 0,049 < 1$$

### Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = -6,020 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,150 \times 2,547^2 \frac{1,000 \times 6,020}{157,148} \times \frac{25,809}{1961,150} = 0,001$$

$$\Delta_y = 0,001 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{25,809}{0,150 \times 1961,150} + \frac{1,000 \times 6,020}{1,000 \times 157,148} = 0,126 < 0,999 = 1 - 0,001$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{25,809}{0,859 \times 1961,150} + \frac{1,000 \times 6,020}{1,000 \times 157,148} = 0,054 < 1,000 = 1 - 0,000$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 6,540$ ;  $x_b = -0,000$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 14,7 \times 305 \times 10^{-1} = 260,043 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,6 V_R = 156,026 \text{ kN}$$

---

**OLSANIT Radosław Siwek**  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

---

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 4,797 < 260,043 = V_R$$

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

$x_a = 2,861$ ;  $x_b = 3,679$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 0,169 < 156,026 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 157,148 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{R,x,V}} = \frac{21,954}{1961,150} + \frac{6,009}{157,148} = 0,049 < 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:**

$x_a = 2,861$ ,  $x_b = 3,679$ .

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 0,169 < 260,027 = 260,043 \times \sqrt{1 - (21,954 / 1961,150)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

**Nośność środniczka pod obciążeniem skupionym:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 6,540$ .

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

Naprężenia ściskające w środku wynoszą  $\sigma_c = 4,0 \text{ MPa}$ . Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 4,0 / 305 = 1,000$$

Nośność środniczka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 245,0 \times 7,0 \times 1,000 \times 305 \times 10^{-3} = 523,075 \text{ kN}$$

Warunek nośności środniczka:

$$P = 0,000 < 523,075 = P_{R,W}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 1,5 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 6540 / 250 = 26,2 \text{ mm}$$

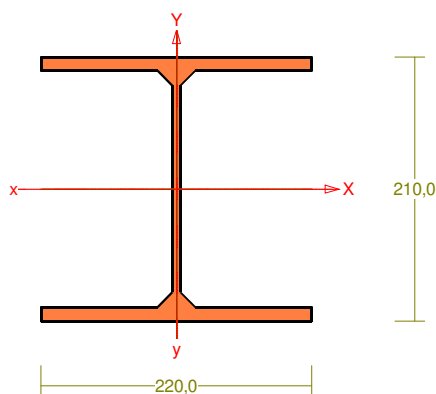
$$a_{\max} = 1,5 < 26,2 = a_{\text{gr}}$$

**Pręt nr 2**

Zadanie: RAMA GŁÓWNA

Przekrój: I 220 HEA





Wymiary przekroju:

I 220 HEA  $h=210,0$   $g=7,0$   $s=220,0$   $t=11,0$   $r=18,0$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_xg=5410,0$   $J_yg=1955,0$   $A=64,30$   $i_x=9,2$   $i_y=5,5$   $J_w=193266,1$   $J_t=26,2$   $i_s=10,7$ .

Materiał: **18G2 (A)**. Wytrzymałość  **$f_d=305$  MPa** dla  **$g=11,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **2**.

### Siły przekrojowe:

$x_a = 7,200$ ;  $x_b = -0,000$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABCD**

$M_x = 25,261$  kNm,  $V_y = -26,212$  kN,  $N = 4,871$  kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 49,8$  MPa  $\sigma_c = -48,3$  MPa.

### Naprężenia:

$x_a = 7,200$ ;  $x_b = -0,000$ .

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 49,8$  MPa  $\sigma_c = -48,3$  MPa.

Naprężenia:

- normalne:  $\sigma = 0,8$   $\Delta\sigma = 49,0$  MPa  $\psi_{ot} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y:  $A_v = 14,70$  cm<sup>2</sup>  $\tau = 17,8$  MPa  $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{et} = \sigma / \psi_{ot} + \Delta\sigma = 0,8 / 1,000 + 49,0 = 49,8 < 305 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 17,8 / 1,000 = 17,8 < 176,9 = 0,58 \times 305 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{49,8^2 + 3 \times 0,0^2} = 49,8 < 305 \text{ MPa}$$

### Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 7,200$ .

Siła osiowa:  $N = -7,116$  kN.

Pole powierzchni przekroju:  $A = 64,30$  cm<sup>2</sup>.

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A f_d = 64,30 \times 305 \times 10^{-1} = 1961,150$  kN.

---

**Olsztyn Styczeń 2018**

*Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.*

*Jakiegokolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.*

---

Warunek nośności (31):

$$N = 7,116 < 1961,150 = N_{Rt}$$

**Długości wyboczeniowe pręta:**

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

$$\kappa_a = 0,377 \quad \kappa_b = 0,411 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,634 \quad \text{dla } l_0 = 7,200$$
$$l_w = 0,634 \times 7,200 = 4,565 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 7,200$$
$$l_w = 1,000 \times 7,200 = 7,200 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega 0} = 7,200 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 7,200 \text{ m}$ .

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 5410,0}{4,565^2} 10^{-2} = 5252,908 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 1955,0}{7,200^2} 10^{-2} = 763,006 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) =$$

$$\frac{1}{10,7^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 193266,1}{7,200^2} 10^{-2} + 80 \times 26,2 \times 10^2 \right) = 2485,357 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na ściskanie:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 7,200$ :

$$N_{RC} = A f_d = 64,3 \times 305 \times 10^{-1} = 1961,150 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{1961,150 / 5252,908} = 0,703 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,839$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{1961,150 / 763,006} = 1,844 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,248$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{1961,150 / 2485,357} = 1,022 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,549$$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,248$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{7,116}{0,248 \times 1961,150} = 0,015 < 1$$

**Zwichrzenie:**

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem  $l_1 = l_{\omega 0} = 7200 \text{ mm}$ :

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 55}{0,595} \times \sqrt{215 / 305} = 2721 < 7200 = l_y$$

Konieczne jest sprawdzenie zwichrzenia pręta.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 0,00$  cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = -0,00$  cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia:  $A_1 = 0,610$ ,  $A_2 = 0,530$ ,  $B = 1,140$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,610 \times 0,00 + 0,530 \times -0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$0,000 \times 763,006 + \sqrt{(0,000 \times 763,006)^2 + 1,140^2 \times 0,107^2 \times 763,006 \times 2485,357} = 168,013$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{157,148 / 168,013} = 1,112$$

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 7,200$ ;  $x_b = -0,000$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 515,2 \times 305 \times 10^{-3} = 157,148 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla  $\bar{\lambda}_L = 1,112$  wynosi  $\varphi_L = 0,672$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{4,871}{1961,150} + \frac{25,261}{0,672 \times 157,148} = 0,242 < 1$$

### Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 25,261 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,839 \times 0,703^2 \frac{1,000 \times 25,261}{157,148} \times \frac{7,116}{1961,150} = 0,000$$

$$\Delta_x = 0,000 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{7,116}{0,839 \times 1961,150} + \frac{1,000 \times 25,261}{0,672 \times 157,148} = 0,244 < 1,000 = 1 - 0,000$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{7,116}{0,248 \times 1961,150} + \frac{1,000 \times 25,261}{0,672 \times 157,148} = 0,254 < 1,000 = 1 - 0,000$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 7,200$ ;  $x_b = -0,000$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 14,7 \times 305 \times 10^{-1} = 260,043 \text{ kN}$$

---

**OLSANIT Radosław Siwek**  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

---

$$V_o = 0,6 \quad V_R = 156,026 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 26,212 < 260,043 = V_R$$

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

$$x_a = 7,200; \quad x_b = -0,000.$$

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 26,212 < 156,026 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 157,148 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{M_{R,x,V}} = \frac{4,871}{1961,150} + \frac{25,261}{157,148} = 0,163 < 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:**

$$x_a = 7,200, \quad x_b = -0,000.$$

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 26,212 < 260,042 = 260,043 \times \sqrt{1 - (4,871 / 1961,150)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rt})^2} = V_{R,N}$$

**Nośność środka pod obciążeniem skupionym:**

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 7,200.$$

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

Naprężenia ściskające w środku wynoszą  $\sigma_c = 4,6 \text{ MPa}$ . Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 4,6 / 305 = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,w} = c_o t_w \eta_c f_d = 245,0 \times 7,0 \times 1,000 \times 305 \times 10^{-3} = 523,075 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 523,075 = P_{R,w}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 7,6 \text{ mm}$$

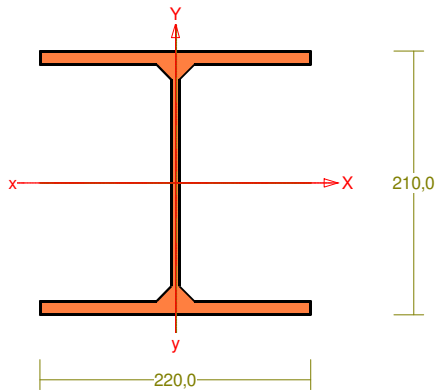
$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 7200 / 250 = 28,8 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 7,6 < 28,8 = a_{\text{gr}}$$

## Pręt nr 3

Zadanie: RAMA GŁÓWNA

Przekrój: I 220 HEA



Wymiary przekroju:

I 220 HEA  $h=210,0$   $g=7,0$   $s=220,0$   $t=11,0$   $r=18,0$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_x=5410,0$   $J_y=1955,0$   $A=64,30$   $i_x=9,2$   $i_y=5,5$   $J_w=193266,1$   $J_t=26,2$   $i_s=10,7$ .

Materiał: **18G2 (A)**. Wytrzymałość  **$f_d=305$  MPa** dla  **$g=11,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 2.

## Siły przekrojowe:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 7,542$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABC**

$M_x = 74,262$  kNm,  $V_y = 3,398$  kN,  $N = -51,835$  kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 136,1$  MPa  $\sigma_c = -152,2$  MPa.

## Naprężenia:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 7,542$ .

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 136,1$  MPa  $\sigma_c = -152,2$  MPa.

Naprężenia:

- normalne:  $\sigma = -8,1$   $\Delta\sigma = 144,1$  MPa  $\psi_{oc} = 1,000$   
- ścinanie wzdłuż osi Y:  $A_v = 14,70$  cm<sup>2</sup>  $\tau = 2,3$  MPa  $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 8,1 / 1,000 + 144,1 = 152,2 < 305 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 2,3 / 1,000 = 2,3 < 176,9 = 0,58 \times 305 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{152,2^2 + 3 \times 0,0^2} = 152,2 < 305 \text{ MPa}$$

**Nośność elementów rozciąganych:**

$x_a = 7,542$ ;  $x_b = -0,000$ .

Siała osiowa:  $N = -61,995 \text{ kN}$ .

Pole powierzchni przekroju:  $A = 64,30 \text{ cm}^2$ .

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A f_d = 64,30 \times 305 \times 10^{-1} = 1961,150 \text{ kN}$ .

Warunek nośności (31):

$$N = 61,995 < 1961,150 = N_{Rt}$$

**Długości wyboczeniowe pręta:**

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

$$\kappa_a = 0,488 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły przesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 2,463 \quad \text{dla } l_0 = 7,542$$
$$l_w = 2,463 \times 7,542 = 18,576 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 1,500$$
$$l_w = 1,000 \times 1,500 = 1,500 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega\omega} = 7,542 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 7,542 \text{ m}$ .

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 5410,0}{18,576^2} 10^{-2} = 317,212 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 1955,0}{1,500^2} 10^{-2} = 17579,959 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) =$$

$$\frac{1}{10,7^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 193266,1}{7,542^2} 10^{-2} + 80 \times 26,2 \times 10^2 \right) = 2426,998 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na ściskanie:**

$x_a = 7,542$ ;  $x_b = -0,000$ :

$$N_{RC} = A f_d = 64,3 \times 305 \times 10^{-1} = 1961,150 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{1961,150 / 317,212} = 2,859 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,120$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{1961,150 / 17579,959} = 0,384 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,923$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{1961,150 / 2426,998} = 1,034 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,543$$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,120$

---

**OLSANIT Radosław Siwek**  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

---

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{Rc}} = \frac{61,995}{0,120 \times 1961,150} = 0,263 < 1$$

**Zwicherungie:**

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem  $l_1 = l_{ow} = 7542$  mm:

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 55}{0,550} \times \sqrt{215 / 305} = 2944 < 7542 = l_1$$

Konieczne jest sprawdzenie zwicherungia pręta.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 0,00$  cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = 0,00$  cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwicherungia:  $A_1 = 0,610$ ,  $A_2 = 0,530$ ,  $B = 1,140$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,610 \times 0,00 + 0,530 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$0,000 \times 17579,959 + \sqrt{(0,000 \times 17579,959)^2 + 1,140^2 \times 0,107^2 \times 17579,959 \times 2426,998} = 796,947$$

Smukłość względna dla zwicherungia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{157,148 / 796,947} = 0,511$$

**Nośność przekroju na zginanie:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 7,542$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 515,2 \times 305 \times 10^{-3} = 157,148 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwicherungia dla  $\bar{\lambda}_L = 0,511$  wynosi  $\varphi_L = 0,986$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{61,995}{1961,150} + \frac{74,262}{0,986 \times 157,148} = 0,506 < 1$$

**Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:**

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 74,262 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_L \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,120 \times 2,859^2 \frac{1,000 \times 74,262}{157,148} \times \frac{61,995}{1961,150} = 0,018$$

$$\Delta_x = 0,018 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{61,995}{0,120 \times 1961,150} + \frac{1,000 \times 74,262}{0,986 \times 157,148} = 0,743 < 0,982 = 1 - 0,018$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{61,995}{0,923 \times 1961,150} + \frac{1,000 \times 74,262}{0,986 \times 157,148} = 0,514 < 1,000 = 1 - 0,000$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 7,542$ ;  $x_b = -0,000$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 14,7 \times 305 \times 10^{-1} = 260,043 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,6 V_R = 156,026 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 16,295 < 260,043 = V_R$$

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

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 7,542$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 3,398 < 156,026 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 157,148 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{51,835}{1961,150} + \frac{74,262}{157,148} = 0,499 < 1$$

### Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 0,000$ ,  $x_b = 7,542$ .

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 3,398 < 259,952 = 260,043 \times \sqrt{1 - (51,835 / 1961,150)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

### Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 7,542$ .

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

Naprężenia ściskające w środniku wynoszą  $\sigma_c = 112,4 \text{ MPa}$ . Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 112,4 / 305 = 1,000$$

Nośność środnika na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 245,0 \times 7,0 \times 1,000 \times 305 \times 10^{-3} = 523,075 \text{ kN}$$

Warunek nośności środnika:

$$P = 0,000 < 523,075 = P_{R,W}$$

### Stan graniczny użytkowania:



Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

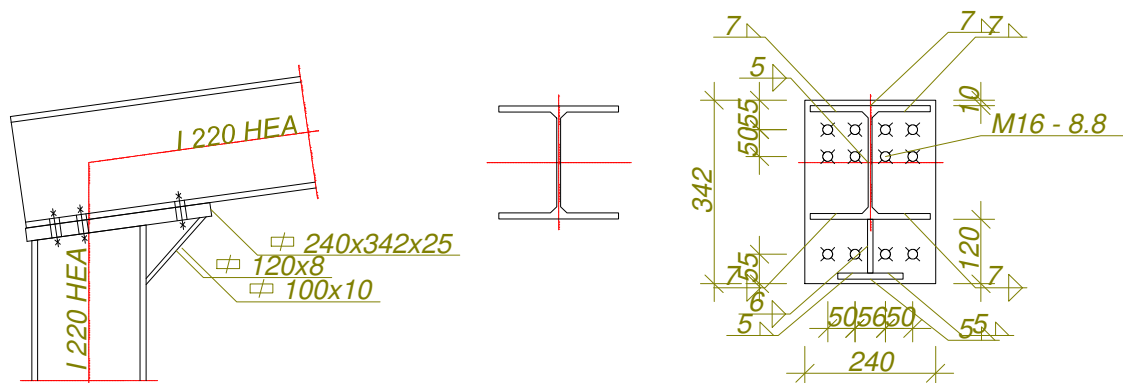
$$a_{\max} = 21,1 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 7542 / 250 = 30,2 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 21,1 < 30,2 = a_{\text{gr}}$$

## POŁĄCZENIE DOCZOŁOWE NA ŚRUBY

Zadanie: RAMA GŁÓWNA; węzeł nr: 2



Przyjęto połączenie **sprężane** kategorii **D** na śruby **M16** klasy **8.8**.

Siły przekrojowe w odległości  $l_0 = 106 \text{ mm}$  od węzła:

$$M = 30,660 \text{ kNm}, \quad V = 7,837 \text{ kN}, \quad N = -19,273 \text{ kN}.$$

### Nośność śruby:

Pole przekroju śruby:  $A_s = 157,0 \text{ mm}^2$ ,  $A_v = 201,1 \text{ mm}^2$ .

$$R_m = 800 \text{ MPa}, \quad R_e = 640 \text{ MPa},$$

Nośność śruby:  $S_{Rt} = \min \{ 0,65 R_m A_s; 0,85 R_e A_s \} = 81,640 \text{ kN}$ ,

$$S_{Rr} = 0,85 S_{Rt} = 0,85 \times 81,640 = 69,394 \text{ kN},$$

$$S_{Rv} = 0,45 R_m A_v = 0,45 \times 800 \times 201,1 \times 10^{-3} = 72,382 \text{ kN}.$$

Siła sprężająca:  $S_o = 0,7 R_m A_s = 0,7 \times 800 \times 157,0 \times 10^{-3} = 87,920 \text{ kN}$ .

### Blacha czołowa:

Przyjęto blachę czołową o wymiarach 240×342 mm ze stali St3S (X,Y,V,W).

Dla połączenia niesprężanego, przy  $c = 61,5$  i  $b_s = 67,0 \leq 2(c+d)$

$$t_{\min} = 1,2 \sqrt{\frac{c S_{Rt}}{b_s f_d}} = 1,2 \times \sqrt{\frac{61,5 \times 81,640 \times 10^3}{67,0 \times 205}} = 22,9 \text{ mm}$$

Dla połączenia sprężanego:

$$t_{\min} = d \sqrt[3]{R_m / 1000} = 16 \times \sqrt[3]{800 / 1000} = 14,9 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = \max \{ 22,9; 14,9 \} = 22,9 \text{ mm}.$$

Przyjęto grubość blachy czołowej  $t = 25 \text{ mm}$ .

### Nośność połączenia:

Współczynnik efektu dźwigni wynosi:

**Olsztyn Styczeń 2018**

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.

Jakiegokolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.

$$\beta = 2,67 - t / t_{min} = 2,67 - 25 / 22,9 = 1,58,$$

przyjęto  $\beta = 1,58 \Rightarrow 1/\beta = 0,63$ .

### Nośność na zginanie

Nośność dla stanu granicznego zerwania śrub:

$$M_{Rt} = S_{Rt} \sum m_i \omega_{hi} y_i = 81,640 \times (4 \times 1,00 \times 272) \times 10^{-3} = 88,682 \text{ kNm}.$$

Przy współdziałaniu siły osiowej uwzględniamy jej wpływ na nośność połączenia:

$$M_{Rt}' = M_{Rt} + 0,5 (h-t) N_o = 88,682 + 0,5 \times (207-11) \times 9,636 \times 10^{-3} = 89,624 \text{ kNm}$$

Warunek stanu granicznego nośności połączenia:

$$M = 30,660 < 89,624 = M_{Rt}'$$

### Nośność na ścinanie

Siła poprzeczna przypadająca na jedną śrubę

$$S_v = V / n = 7,837 / 12 = 0,653 \text{ kN}$$

Siła rozciągająca w śrubie od siły osiowej  $S_t = 0,000 \text{ kN}$ , od zginania  $S_t = 28,225 \text{ kN}$ .

Warunek nośności śruby na ścinanie:

$$(S_t / S_{Rt})^2 + (S_v / S_{Rv})^2 = (28,225 / 81,640)^2 + (0,653 / 72,382)^2 = 0,12 < 1$$

### Nośność spoin:

Przyjęto spoiny o grubości zależnej od grubości ścianki  $a = 0,60 \times t$ .

Kład spoin daje następujące wielkości:

$$A = 96,77 \text{ cm}^2, \quad A_v = 28,62 \text{ cm}^2, \quad I_x = 12562,1 \text{ cm}^4, \quad I_y = 2639,5 \text{ cm}^4.$$

Naprężenia:

$$\tau_{\parallel} = V / A_v = (7,837 / 28,62) \times 10 = 2,7 \text{ MPa},$$

$$\sigma = \frac{M_x y}{I_x} + \frac{N}{A} = \frac{-31,503 \times 17,9 \times 10^3}{12562,1} + \frac{-19,273 \times 10}{96,77} = 42,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma \cos(\gamma) = 42,8 \times \cos(49,0) = 28,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma \sin(\gamma) = 42,8 \times \sin(49,0) = 32,3 \text{ MPa}$$

Dla  $R_e = 225 \text{ MPa}$ , współczynnik  $\chi$  wynosi 0,70.

### Naprężenia zredukowane:

W miejscu występowania największych naprężeń zredukowanych  $\tau_{\parallel} = 0,0 \text{ MPa}$ .

$$\chi \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} = 0,70 \times \sqrt{28,1^2 + 3 \times (0,0^2 + 32,3^2)} = 43,8 < 205 = f_d$$

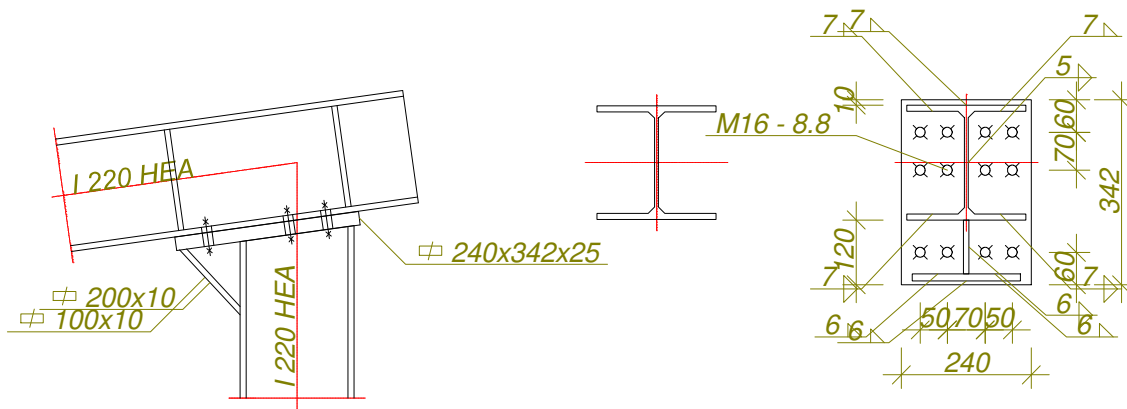
### Największe naprężenia prostopadłe:

$$\sigma = \frac{M_x y}{I_x} + \frac{N}{A} = \frac{-31,503 \times 15,7 \times 10^3}{12562,1} + \frac{-19,273 \times 10}{96,77} = -41,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma \cos(\gamma) = -41,3 \times \cos(41,0) = 31,2 < 205 = f_d$$

## POŁĄCZENIE DOCZOŁOWE NA ŚRUBY

Zadanie: RAMA GŁÓWNA; węzeł nr: 3



Przyjęto połączenie **spreżane** kategorii **D** na śruby **M16** klasy **8.8**.

Siły przekrojowe w odległości  $l_0 = 106 \text{ mm}$  od węzła:

$$\mathbf{M} = -73.892 \text{ kNm}, \quad \mathbf{V} = 3.689 \text{ kN}, \quad \mathbf{N} = -51.970 \text{ kN}.$$

### Nośność śruby:

Pole przekroju śruby:  $A_s = 157,0 \text{ mm}^2$ ,  $A_v = 201,1 \text{ mm}^2$ .

$$R_m = 800 \text{ MPa}, R_e = 640 \text{ MPa},$$

Nośność śruby:  $S_{Rt} = \min \{ 0,65 R_m A_s; 0,85 R_e A_s \} = 81,640 \text{ kN}$ ,

$$S_{Br} = 0,85 \quad S_{Bt} = 0,85 \times 81,640 = 69,394 \text{ kN},$$

$$S_{Rv} = 0,45 R_m A_v = 0,45 \times 800 \times 201,1 \times 10^{-3} = 72,382 \text{ kN}.$$

Siła sprężająca:  $S_o = 0,7 R_m A_s = 0,7 \times 800 \times 157,0 \times 10^{-3} = 87,920 \text{ kN}$ .

**Blacha czołowa:**

Przyjęto blachę czołową o wymiarach 240×342 mm ze stali St3S (X,Y,V,W).

Dla połączenia niesprężanego, przy  $c = 65,0$  i  $b_s = 60,0 \leq 2(c+d)$

$$t_{\min} = 1,2 \sqrt{\frac{c S_{Rt}}{b_s f_d}} = 1,2 \times \sqrt{\frac{65,0 \times 81,640 \times 10^3}{60,0 \times 205}} = 24,9 \text{ mm}$$

Dla połączenia sprężanego:

$$t_{min} = d \sqrt[3]{R_m / 1000} = 16 \times \sqrt[3]{800 / 1000} = 14,9 \text{ mm}$$

$$t_{min} = \max \{24,9; 14,9\} = 24,9 \text{ mm.}$$

Przyjęto grubość blachy czołowej  $t = 25$  mm.

**Nośność połączenia:**

Współczynnik efektu dźwigni wynosi:

$$\beta = 2,67 - t / t_{min} = 2,67 - 25 / 24,9 = 1,67,$$

przyjęto  $\beta = 1,67 \Rightarrow 1/\beta = 0,60$ .

## Nośność na zginanie

Nośność dla stanu granicznego zerwania śrub:

$$M_{Rt} = S_{Rt} \sum_i m_i \omega_i v_i = 81,640 \times (4 \times 0.60 \times 267 + 4 \times 0.60 \times 197) \times 10^{-3} = 90.976 \text{ kNm}.$$

Przy współdziałaniu siły osiowej uwzględniamy jej wpływ na nośność połączenia:

$$M_{Rt}' = M_{Rt} + 0,5 (h-t) N_o = 90,976 + 0,5 \times (317-11) \times 25,985 \times 10^{-3} = 94,953 \text{ kNm}$$

Warunek stanu granicznego nośności połączenia:

$$M = 73,892 < 94,953 = M_{Rt}$$

### Nośność na ścinanie

Siła poprzeczna przypadająca na jedną śrubę

$$S_v = V / n = 3,689 / 12 = 0,307 \text{ kN}$$

Siła rozciągająca w śrubie od siły osiowej  $S_t = 0,000 \text{ kN}$ , od zginania  $S_t = 66,309 \text{ kN}$ .

Warunek nośności śruby na ścinanie:

$$(S_t / S_{Rt})^2 + (S_v / S_{Rv})^2 = (66,309 / 81,640)^2 + (0,307 / 72,382)^2 = 0,66 < 1$$

### Nośność spoin:

Przyjęto spoiny o grubości zależnej od grubości ścianki  $a = 0,60 \times t$ .

Kład spoin daje następujące wielkości:

$$A = 108,67 \text{ cm}^2, \quad A_v = 28,62 \text{ cm}^2, \quad I_x = 15629,1 \text{ cm}^4, \quad I_y = 3295,5 \text{ cm}^4.$$

Naprężenia:

$$\tau_{\parallel} = V / A_v = (3,689 / 28,62) \times 10 = 1,3 \text{ MPa},$$

$$\sigma = \frac{M_x \cdot y}{I_x} + \frac{N}{A} = \frac{70,652 \times 17,5 \times 10^3}{15629,1} + \frac{-51,970 \times 10}{108,67} = 74,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma \cos(\gamma) = 74,5 \times \cos(49,0) = 48,9 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma \sin(\gamma) = 74,5 \times \sin(49,0) = 56,2 \text{ MPa}$$

Dla  $R_e = 225 \text{ MPa}$ , współczynnik  $\chi$  wynosi 0,70.

### Naprężenia zredukowane:

W miejscu występowania największych naprężeń zredukowanych  $\tau_{\parallel} = 0,0 \text{ MPa}$ .

$$\chi \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} = 0,70 \times \sqrt{48,9^2 + 3(0,0^2 + 56,2^2)} = 76,3 < 205 = f_d$$

### Największe naprężenia prostopadłe:

$$\sigma = \frac{M_x \cdot y}{I_x} + \frac{N}{A} = \frac{70,652 \times -16,3 \times 10^3}{15629,1} + \frac{-51,970 \times 10}{108,67} = -78,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma \cos(\gamma) = -78,3 \times \cos(41,0) = 59,1 < 205 = f_d$$

### Spoiny żeber:

Przyjęto spoiny o grubości  $a = 7 \text{ mm}$ . Kład spoin ma powierzchnię  $A = 2 \times 7 \times 177 \times 10^{-2} = 24,78 \text{ cm}^2$ . Siła działająca na spoiny żebra  $N_l = 255,964 \text{ kN}$ .

Dla  $R_e = 355 \text{ MPa}$ , współczynnik  $\chi$  wynosi 0,85.

Nośność spoin:

$$\chi \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2} = 0,85 \times \sqrt{73,0^2 + 3 \times 73,0^2} = 124,2 < 305 = f_d$$

$$\sigma_{\perp} = 73,0 < 305 = f_d$$

POZ. 3.0 rama skrajna

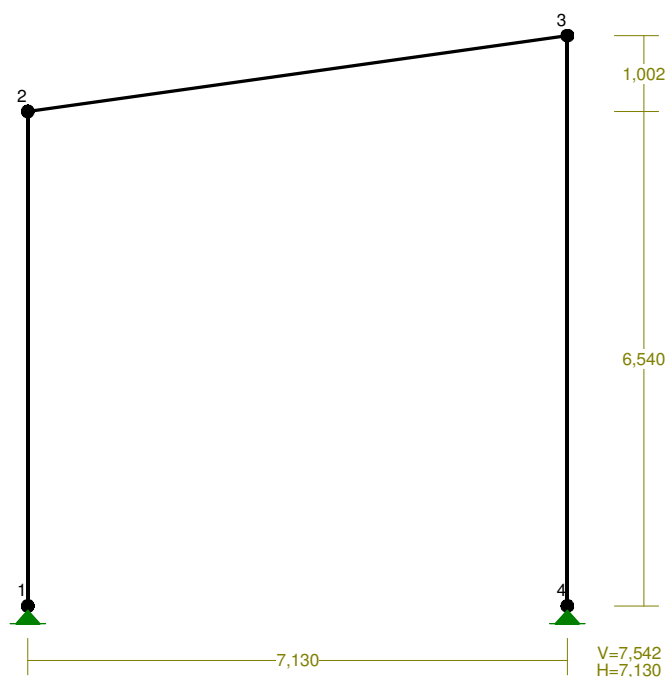
NAZWA: RAMA SKRAJNA

---

OLSANIT Radosław Siwek  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

---

WĘZŁY:      Skala 1:100



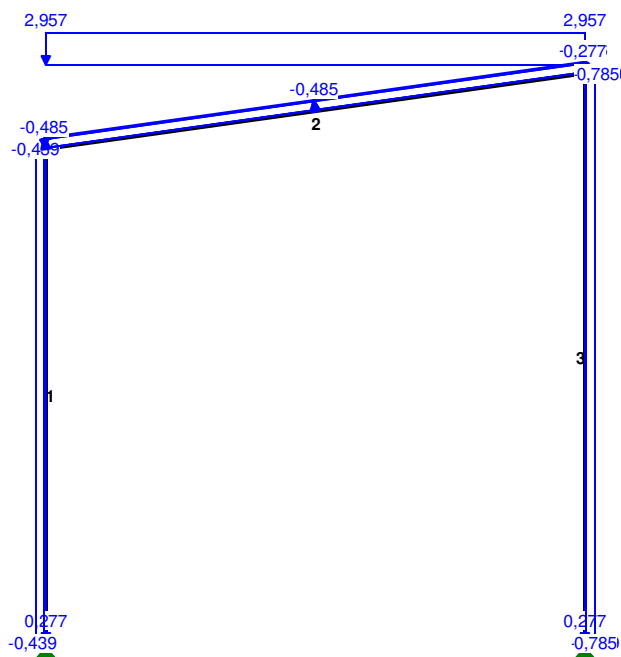
WĘZŁY:

Nr:	X [m] :	Y [m] :
1	0,000	0,000
2	0,000	6,540
3	7,130	7,542
4	7,130	0,000

# OLSANIT Radosław Siwek

10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

OBCIĄŻENIA: Skala 1:100



**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
-----						
Grupa:	A	""		Stałe	γf= 1,10	
1	Liniowe	0,0	0,277	0,277	0,00	6,54
	0.1.2. płyta ścian p=0,120*2,310					
2	Liniowe	8,0	0,323	0,323	0,00	7,20
	0.1.1. płyta warstwow p=0,140*2,310					
3	Liniowe	0,0	0,277	0,277	0,00	7,54
	0.1.2. płyta ścian p=0,120*2,310					
Grupa:	B	""		Zmienne	γf= 1,50	
2	Liniowe-Y	0,0	2,957	2,957	0,00	7,20
	0.2.1. Śnie p=1,280*2,310					
Grupa:	C	""		Zmienne	γf= 1,50	
1	Liniowe	90,0	0,785	0,785	0,00	6,54
	0.3.3. Wiatr ściana parci p=0,340*2,310					
2	Liniowe	8,0	-1,016	-1,016	0,00	3,60
	0.3.1. Wiatr ssani p=-0,440*2,310					
2	Liniowe	8,0	-0,485	-0,485	3,60	7,20
	0.3.2. Wiatr ssanie odc p=-0,210*2,310					
3	Liniowe	-90,0	-0,439	-0,439	0,00	7,54
	0.3.4. Wiatr ściana ssani p=-0,190*2,310					
Grupa:	D	""		Zmienne	γf= 1,50	
1	Liniowe	90,0	-0,439	-0,439	0,00	6,54
	0.3.4. Wiatr ściana ssani p=-0,190*2,310					
2	Liniowe	8,0	-1,016	-1,016	3,60	7,20
	0.3.1. Wiatr ssani p=-0,440*2,310					
2	Liniowe	8,0	-0,485	-0,485	0,00	3,60
	0.3.2. Wiatr ssanie odc p=-0,210*2,310					
3	Liniowe	-90,0	0,785	0,785	0,00	7,54

Olsztyn Styczeń 2018

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.

Jakiegolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.

OLSANIT Radosław Siwek  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

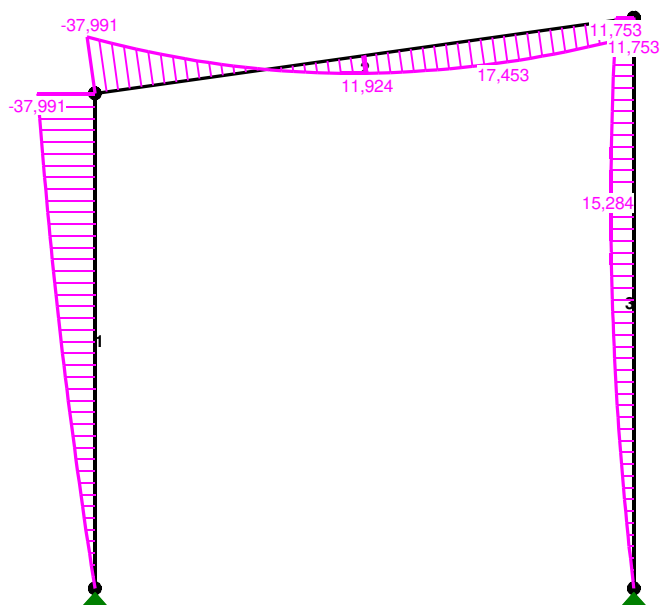
0.3.3. Wiatr ściana parci  $p=0,340 \times 2,310$

W Y N I K I wg PN 82/B-02000  
Teoria I-go rzędu

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł.			1,10
A - ""	Stałe		1,10
B - ""	Zmienne	1	1,00
D - ""	Zmienne	1	1,00

MOMENTY: Skala 1:100



Olsztyn Styczeń 2018

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.

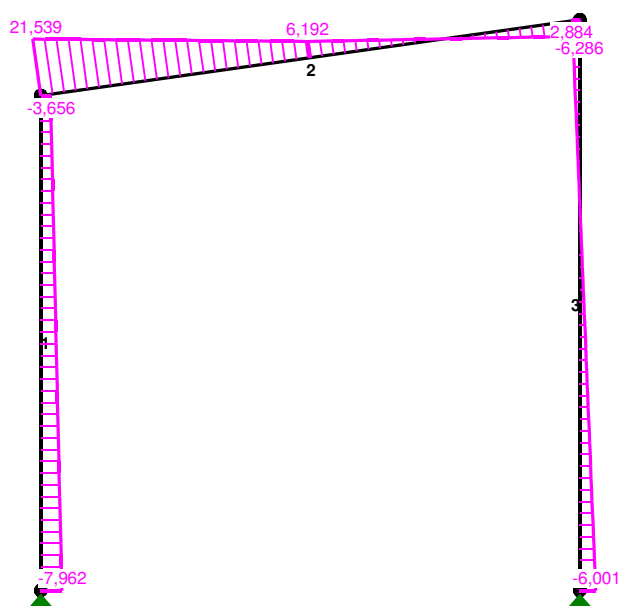
Jakiegolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.

---

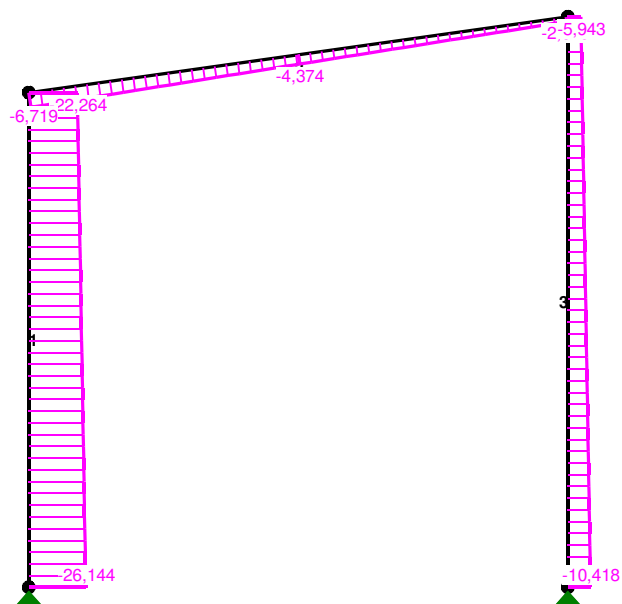
OLSANIT Radosław Siwek  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

---

TNĄCE: Skala 1:100



NORMALNE: Skala 1:100



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

---

Olsztyn Styczeń 2018  
Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.  
Jakiegolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.

---

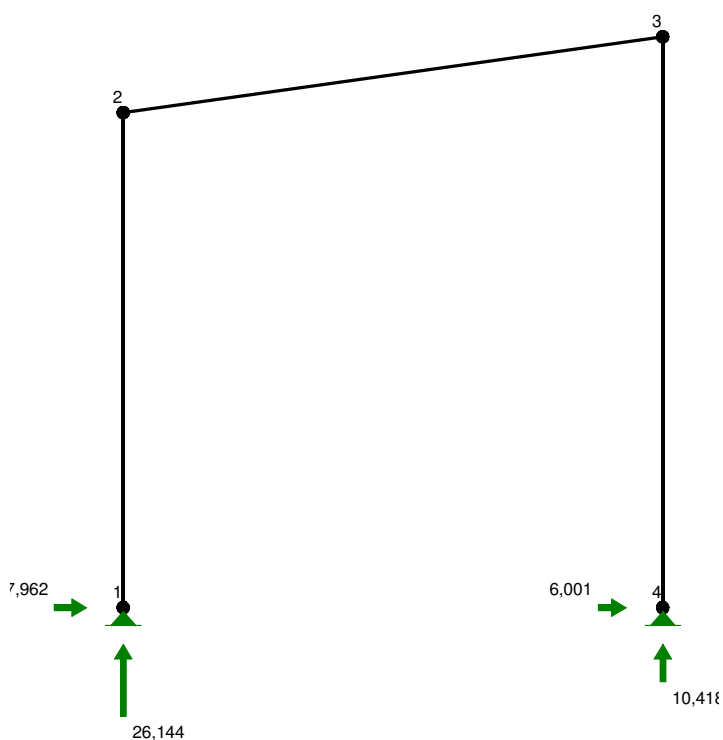


**OLSANIT Radosław Siwek**  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	-0,000	-7,962	-26,144
	1,00	6,540	-37,991	-3,656	-22,264
2	0,00	0,000	-37,991	21,539	-6,719
	0,75	5,400	<b>17,453*</b>	-0,047	-3,202
	1,00	7,200	11,753	-6,286	-2,029
3	0,00	0,000	11,753	2,884	-5,943
	0,32	2,445	<b>15,284*</b>	0,004	-7,394
	1,00	7,542	-0,000	-6,001	-10,418

\* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:      Skala 1:100



**REAKCJE PODPOROWE:**      T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABD

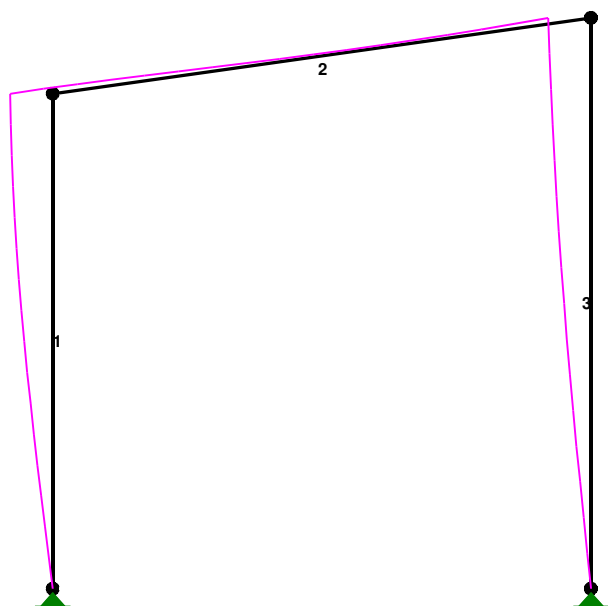
Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	7,962	26,144	27,330	
4	6,001	10,418	12,022	

**PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW:**      T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABD

**OLSANIT Radosław Siwek**  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

Węzeł:	Ux [m] :	Uy [m] :	Wypadkowe [m] :	Fi [rad] ([deg]) :
1	-0,00000	-0,00000	0,00000	0,02745 ( 1,573)
2	-0,12301	-0,00023	0,12301	0,00287 ( 0,165)
3	-0,12308	-0,00009	0,12308	0,00741 ( 0,424)
4	-0,00000	-0,00000	0,00000	0,02263 ( 1,297)

PRZEMIESZCZENIA:      Skala 1:100



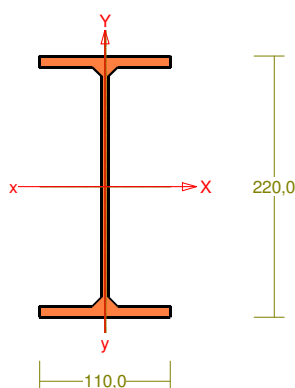
**DEFORMACJE:**                      T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABD

Pręt:	Wa [m] :	Wb [m] :	Fia [deg] :	Fib [deg] :	f [m] :	L/f :
1	0,0000	0,1230	1,573	0,165	0,0210	310,7
2	0,0169	0,0170	0,165	0,424	0,0101	711,5
3	-0,1231	-0,0000	0,424	1,297	0,0161	467,8

## Pręt nr 1

Zadanie: RAMA SKRAJNA

Przekrój: I 220 PE



Wymiary przekroju:

I 220 PE  $h=220,0$   $g=5,9$   $s=110,0$   $t=9,2$   $r=12,0$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=2770,0$   $J_{yg}=205,0$   $A=33,40$   $i_x=9,1$   $i_y=2,5$   $J_w=22672,3$   $J_t=8,6$   $i_s=9,4$ .

Materiał: **18G2AV**. Wytrzymałość  **$f_d=370$  MPa** dla  **$g=9,2$** .

### Siły przekrojowe:

$x_a = 4,905$ ;  $x_b = 1,635$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABC**

$M_x = -13,283$  kNm,  $V_y = -0,181$  kN,  $N = -8,952$  kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 50,1$  MPa  $\sigma_c = -55,4$  MPa.

### Naprężenia:

$x_a = 4,905$ ;  $x_b = 1,635$ .

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 50,1$  MPa  $\sigma_c = -55,4$  MPa.

Naprężenia:

- normalne:  $\sigma = -2,7$   $\Delta\sigma = 52,7$  MPa  $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y:  $A_v = 12,98$  cm<sup>2</sup>  $\tau = 0,1$  MPa  $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 2,7 / 1,000 + 52,7 = 55,4 < 370 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 0,1 / 1,000 = 0,1 < 214,6 = 0,58 \times 370 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{55,4^2 + 3 \times 0,1^2} = 55,4 < 370 \text{ MPa}$$

### Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 6,540$ .

Siała osiowa:  $N = -11,862$  kN.

---

**Olsztyn Styczeń 2018**

*Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.*

*Jakiegokolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.*

---

---

**OLSANIT Radosław Siwek**  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

---

Pole powierzchni przekroju:  $A = 33,40 \text{ cm}^2$ .

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A f_d = 33,40 \times 370 \times 10^{-1} = 1235,800 \text{ kN}$ .

Warunek nośności (31):

$$N = 11,862 < 1235,800 = N_{Rt}$$

**Długości wyboczeniowe pręta:**

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

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 0,524 \quad \text{węzły przesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 2,530 \quad \text{dla } l_0 = 6,540$$

$$l_w = 2,530 \times 6,540 = 16,546 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 2,000$$

$$l_w = 1,000 \times 2,000 = 2,000 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega\omega} = 6,540 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 6,540 \text{ m}$ .

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 2770,0}{16,546^2} 10^{-2} = 204,709 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 205,0}{2,000^2} 10^{-2} = 1036,925 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{9,42} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 22672,3}{6,540^2} 10^{-2} + 80 \times 8,6 \times 10^2 \right) = 891,399 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na ściskanie:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 6,540$ :

$$N_{RC} = \psi A f_d = 1,000 \times 33,4 \times 370 \times 10^{-1} = 1235,800 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{1235,800 / 204,709} = 2,826 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,124$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{1235,800 / 1036,925} = 1,255 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,496$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{1235,800 / 891,399} = 1,354 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,393$$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,124$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{11,862}{0,124 \times 1235,800} = 0,077 < 1$$

**Zwichrzenie:**

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem  $l_1 = l_{\omega\omega} = 6540 \text{ mm}$ :

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 24}{0,472} \times \sqrt{215 / 370} = 1368 < 6540 = l_1$$

Konieczne jest sprawdzenie zwichrzenia pręta.

---

**Olsztyn Styczeń 2018**

*Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.*

*Jakiegokolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.*

---

---

**OLSANIT Radosław Siwek**  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

---

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 0,00$  cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = -0,00$  cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia:  $A_1 = 0,610$ ,  $A_2 = 0,530$ ,  $B = 1,140$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,610 \times 0,00 + 0,530 \times -0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$0,000 \times 1036,925 + \sqrt{(0,000 \times 1036,925)^2 + 1,140^2 \times 0,094^2 \times 1036,925 \times 891,399} = 103,439$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{93,173 / 103,439} = 1,091$$

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 4,905$ ;  $x_b = 1,635$ .

- względem osi X

$$M_R = \psi W_c f_d = 1,000 \times 251,8 \times 370 \times 10^{-3} = 93,173 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla  $\bar{\lambda}_L = 1,091$  wynosi  $\phi_L = 0,688$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{8,952}{1235,800} + \frac{13,283}{0,688 \times 93,173} = 0,214 < 1$$

### Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = -13,296 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \phi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,124 \times 2,826^2 \frac{1,000 \times 13,296}{93,173} \times \frac{11,862}{1235,800} = 0,002$$

$$\Delta_x = 0,002 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\phi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{11,862}{0,124 \times 1235,800} + \frac{1,000 \times 13,296}{0,688 \times 93,173} = 0,285 < 0,998 = 1 - 0,002$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\phi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{11,862}{0,496 \times 1235,800} + \frac{1,000 \times 13,296}{0,688 \times 93,173} = 0,227 < 1,000 = 1 - 0,000$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 6,540$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 13,0 \times 370 \times 10^{-1} = 278,551 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 83,565 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 5,597 < 278,551 = V_R$$

---

**Olsztyn Styczeń 2018**

*Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.*

*Jakiegokolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.*

---

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

$x_a = 4,905$ ;  $x_b = 1,635$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 0,181 < 83,565 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 93,173 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{R,x,V}} = \frac{8,952}{1235,800} + \frac{13,283}{93,173} = 0,150 < 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:**

$x_a = 4,905$ ,  $x_b = 1,635$ .

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 0,181 < 278,543 = 278,551 \times \sqrt{1 - (8,952 / 1235,800)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

**Nośność środniczki pod obciążeniem skupionym:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 6,540$ .

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

Naprężenia ściskające w środniczce wynoszą  $\sigma_c = 3,6 \text{ MPa}$ . Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 3,6 / 370 = 1,000$$

Nośność środniczki na siłę skupioną:

$$P_{R,w} = c_o t_w \eta_c f_d = 206,0 \times 5,9 \times 1,000 \times 370 \times 10^{-3} = 449,698 \text{ kN}$$

Warunek nośności środniczki:

$$P = 0,000 < 449,698 = P_{R,w}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 6,9 \text{ mm}$$

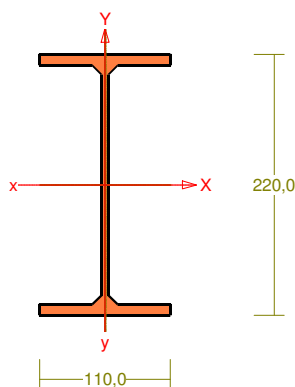
$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 6540 / 250 = 26,2 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 6,9 < 26,2 = a_{\text{gr}}$$

**Pręt nr 2**

Zadanie: RAMA SKRAJNA

Przekrój: I 220 PE



Wymiary przekroju:

I 220 PE  $h=220,0$   $g=5,9$   $s=110,0$   $t=9,2$   $r=12,0$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_xg=2770,0$   $J_yg=205,0$   $A=33,40$   $i_x=9,1$   $i_y=2,5$   $J_w=22672,3$   $J_t=8,6$   $i_s=9,4$ .

Materiał: **18G2AV**. Wytrzymałość  **$f_d=370$  MPa** dla  **$g=9,2$** .

### Siły przekrojowe:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 7,200$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABD**

$M_x = 37,991$  kNm,  $V_y = 21,539$  kN,  $N = -6,719$  kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 148,9$  MPa  $\sigma_c = -152,9$  MPa.

### Naprężenia:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 7,200$ .

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 148,9$  MPa  $\sigma_c = -152,9$  MPa.

Naprężenia:

- normalne:  $\sigma = -2,0$   $\Delta\sigma = 150,9$  MPa  $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y:  $A_v = 12,98$  cm<sup>2</sup>  $\tau = 16,6$  MPa  $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 2,0 / 1,000 + 150,9 = 152,9 < 370 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 16,6 / 1,000 = 16,6 < 214,6 = 0,58 \times 370 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{152,9^2 + 3 \times 0,0^2} = 152,9 < 370 \text{ MPa}$$

### Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 7,200$ .

Siła osiowa:  $N = -6,719$  kN.

Pole powierzchni przekroju:  $A = 33,40$  cm<sup>2</sup>.

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A f_d = 33,40 \times 370 \times 10^{-1} = 1235,800$  kN.

---

**OLSANIT Radosław Siwek**  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

---

Warunek nośności (31):

$$N = 6,719 < 1235,800 = N_{Rt}$$

**Długości wyboczeniowe pręta:**

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

$$\kappa_a = 0,377 \quad \kappa_b = 0,411 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,634 \quad \text{dla } l_o = 7,200$$
$$l_w = 0,634 \times 7,200 = 4,565 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 3,600$$
$$l_w = 1,000 \times 3,600 = 3,600 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega o} = 7,200 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 7,200 \text{ m}$ .

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 2770,0}{4,565^2} 10^{-2} = 2689,567 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 205,0}{3,600^2} 10^{-2} = 320,039 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{9,4^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 22672,3}{7,200^2} 10^{-2} + 80 \times 8,6 \times 10^2 \right) = 870,335 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na ściskanie:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 7,200$ :

$$N_{RC} = \psi A f_d = 1,000 \times 33,4 \times 370 \times 10^{-1} = 1235,800 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{1235,800 / 2689,567} = 0,780 \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,855$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{1235,800 / 320,039} = 2,260 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,187$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{1235,800 / 870,335} = 1,370 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,386$$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,187$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{6,719}{0,187 \times 1235,800} = 0,029 < 1$$

**Zwicherungie:**

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem  $l_1 = l_{\omega o} = 7200 \text{ mm}$ :

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 24}{0,411} \times \sqrt{215 / 370} = 1571 < 7200 = l_1$$

Konieczne jest sprawdzenie zwicherungia pręta.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 0,00 \text{ cm}$ . Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = -0,00 \text{ cm}$ . Przyjęto następujące wartości parametrów zwicherungia:  $A_1 = 0,610$ ,  $A_2 =$

---

**Olsztyn Styczeń 2018**

*Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.*

*Jakiegokolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.*

---



0,530, B = 1,140.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,610 \times 0,00 + 0,530 \times -0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$0,000 \times 320,039 + \sqrt{(0,000 \times 320,039)^2 + 1,140^2 \times 0,094^2 \times 320,039 \times 870,335} = 56,783$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{93,173 / 56,783} = 1,473$$

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 7,200$ .

- względem osi X

$$M_R = \psi W_c f_d = 1,000 \times 251,8 \times 370 \times 10^{-3} = 93,173 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla  $\bar{\lambda}_L = 1,473$  wynosi  $\phi_L = 0,437$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{6,719}{1235,800} + \frac{37,991}{0,437 \times 93,173} = 0,939 < 1$$

### Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 37,991 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \phi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,855 \times 0,780^2 \frac{1,000 \times 37,991}{93,173} \times \frac{6,719}{1235,800} = 0,001$$

$$\Delta_x = 0,001 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\phi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{6,719}{0,855 \times 1235,800} + \frac{1,000 \times 37,991}{0,437 \times 93,173} = 0,939 < 0,999 = 1 - 0,001$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\phi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{6,719}{0,187 \times 1235,800} + \frac{1,000 \times 37,991}{0,437 \times 93,173} = 0,962 < 1,000 = 1 - 0,000$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 7,200$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 13,0 \times 370 \times 10^{-1} = 278,551 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 83,565 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 21,539 < 278,551 = V_R$$

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

---

# OLSANIT Radosław Siwek

10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

---

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 7,200$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 21,539 < 83,565 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 93,173 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{6,719}{1235,800} + \frac{37,991}{93,173} = 0,413 < 1$$

## Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 0,000$ ,  $x_b = 7,200$ .

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 21,539 < 278,547 = 278,551 \times \sqrt{1 - (6,719 / 1235,800)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

## Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 7,200$ .

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

Naprężenia ściskające w środku wynoszą  $\sigma_c = 123,8 \text{ MPa}$ . Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 123,8 / 370 = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 206,0 \times 5,9 \times 1,000 \times 370 \times 10^{-3} = 449,698 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 449,698 = P_{R,W}$$

## Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 7,2 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 7200 / 250 = 28,8 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 7,2 < 28,8 = a_{\text{gr}}$$

---

Olsztyn Styczeń 2018

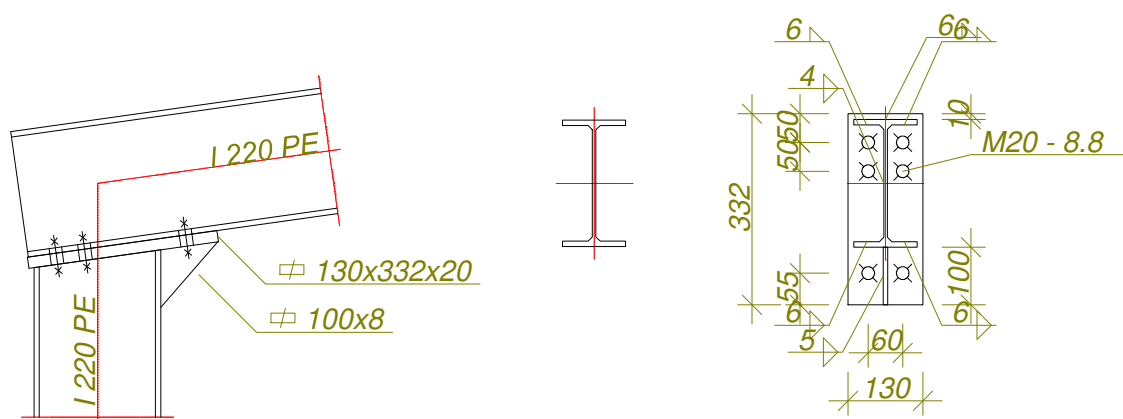
Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.

Jakiegokolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.

---

## POŁĄCZENIE DOCZOŁOWE NA ŚRUBY

Zadanie: RAMA SKRAJNA; węzeł nr: 2



Przyjęto połączenie **sprężane** kategorii **D** na śruby **M20** klasy **8.8**.

Siły przekrojowe w odległości  $l_o = 111$  mm od węzła:

$$M = -37,581 \text{ kNm}, \quad V = 6,801 \text{ kN}, \quad N = -21,594 \text{ kN}.$$

### Nośność śruby:

Pole przekroju śruby:  $A_s = 245,0 \text{ mm}^2$ ,  $A_v = 314,2 \text{ mm}^2$ .

$$R_m = 830 \text{ MPa}, \quad R_e = 660 \text{ MPa},$$

Nośność śruby:  $S_{Rt} = \min \{0,65 R_m A_s; 0,85 R_e A_s\} = 132,178 \text{ kN}$ ,

$$S_{Rr} = 0,85 S_{Rt} = 0,85 \times 132,178 = 112,351 \text{ kN},$$

$$S_{Rv} = 0,45 R_m A_v = 0,45 \times 830 \times 314,2 \times 10^{-3} = 117,338 \text{ kN}.$$

Siła sprężająca:  $S_o = 0,7 R_m A_s = 0,7 \times 830 \times 245,0 \times 10^{-3} = 142,345 \text{ kN}$ .

### Blacha czołowa:

Przyjęto blachę czołową o wymiarach 130×332 mm ze stali St3S (X,Y,V,W).

Dla połączenia niesprężanego, przy  $c = 12,5$  i  $b_s = 65,0 \leq 2(c+d)$

$$t_{\min} = 1,2 \sqrt{\frac{c S_{Rt}}{b_s f_d}} = 1,2 \times \sqrt{\frac{12,5 \times 132,178 \times 10^3}{65,0 \times 205}} = 13,4 \text{ mm}$$

Dla połączenia sprężanego:

$$t_{\min} = d \sqrt[3]{R_m / 1000} = 20 \times \sqrt[3]{830 / 1000} = 18,8 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = \max \{13,4; 18,8\} = 18,8 \text{ mm}.$$

Przyjęto grubość blachy czołowej  $t = 20$  mm.

### Nośność połączenia:

Współczynnik efektu dźwigni wynosi:

$$\beta = 2,67 - t / t_{\min} = 2,67 - 20 / 18,8 = 1,61,$$

przyjęto  $\beta = 1,61 \Rightarrow 1/\beta = 0,62$ .

### Nośność na zginanie

Nośność dla stanu granicznego zerwania śrub:

$$M_{Rt} = S_{Rt} \sum m_i \omega_i y_i = 132,178 \times (2 \times 1,00 \times 178) \times 10^{-3} = 46,939 \text{ kNm}.$$

---

# OLSANIT Radosław Siwek

## 10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

---

Przy współdziałaniu siły osiowej uwzględniamy jej wpływ na nośność połączenia:

$$M_{Rt}' = M_{Rt} + 0,5 (h-t) N_o = 46,939 + 0,5 \times (218-9) \times 10,797 \times 10^{-3} = 48,064 \text{ kNm}$$

Warunek stanu granicznego nośności połączenia:

$$M = 37,581 < 48,064 = M_{Rt}$$

### Nośność na ścinanie

Siła poprzeczna przypadająca na jedną śrubę

$$S_v = V / n = 6,801 / 6 = 1,133 \text{ kN}$$

Siła rozciągająca w śrubie od siły osiowej  $S_t = 0,000 \text{ kN}$ , od zginania  $S_t = 105,825 \text{ kN}$ .

Warunek nośności śruby na ścinanie:

$$(S_t / S_{Rt})^2 + (S_v / S_{Rv})^2 = (105,825 / 132,178)^2 + (1,133 / 117,338)^2 = 0,64 < 1$$

### Nośność spoin:

Przyjęto spoiny o grubości zależnej od grubości ścianki  $a = 0,60 \times t$ .

Kład spoin daje następujące wielkości:

$$A = 48,37 \text{ cm}^2, \quad A_v = 25,03 \text{ cm}^2, \quad I_x = 5311,8 \text{ cm}^4, \quad I_y = 273,5 \text{ cm}^4.$$

Naprężenia:

$$\tau_{\parallel} = V / A_v = (6,801 / 25,03) \times 10 = 2,7 \text{ MPa},$$

$$\sigma = \frac{M_x y}{I_x} + \frac{N}{A} = \frac{36,886 \times -17,9 \times 10^3}{5311,8} + \frac{-21,594 \times 10}{48,37} = -128,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma \cos(\gamma) = -128,7 \times \cos(45,0) = -91,0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma \sin(\gamma) = -128,7 \times \sin(45,0) = -91,0 \text{ MPa}$$

Dla  $R_e = 225 \text{ MPa}$ , współczynnik  $\chi$  wynosi 0,70.

### Naprężenia zredukowane:

W miejscu występowania największych naprężeń zredukowanych  $\tau_{\parallel} = 2,7 \text{ MPa}$ .

$$\chi \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} = 0,70 \times \sqrt{91,0^2 + 3 \times (2,7^2 + 91,0^2)} = 127,5 < 205 = f_d$$

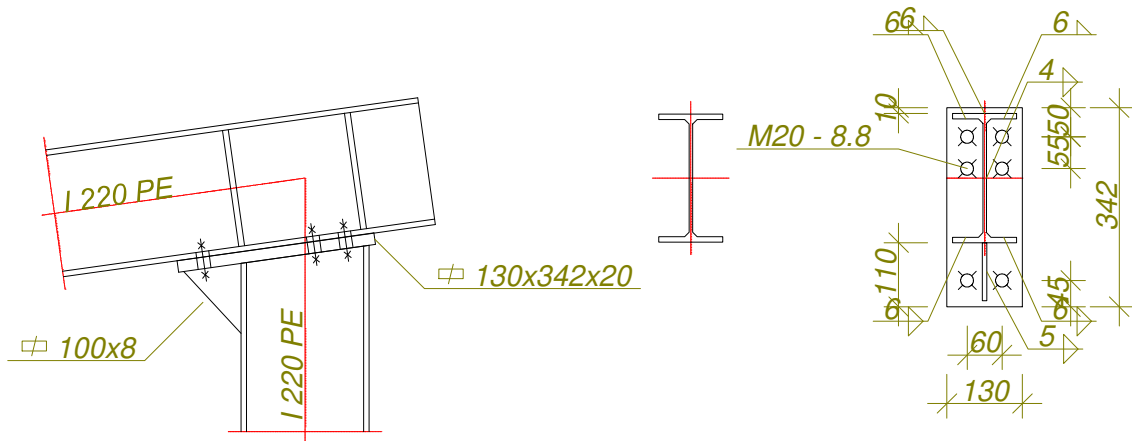
### Największe naprężenia prostopadłe:

$$\sigma = \frac{M_x y}{I_x} + \frac{N}{A} = \frac{36,886 \times -17,9 \times 10^3}{5311,8} + \frac{-21,594 \times 10}{48,37} = -128,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma \cos(\gamma) = -128,7 \times \cos(45,0) = 91,0 < 205 = f_d$$

## POŁĄCZENIE DOCZOŁOWE NA ŚRUBY

Zadanie: RAMA SKRAJNA; węzeł nr: 3



Przyjęto połączenie **sprężane** kategorii **D** na śruby **M20** klasy **8.8**.

Siły przekrojowe w odległości  $l_0 = 111$  mm od węzła:

$$M = 12,066 \text{ kNm}, \quad V = -1,890 \text{ kN}, \quad N = -6,333 \text{ kN}.$$

### Nośność śruby:

Pole przekroju śruby:  $A_s = 245,0 \text{ mm}^2$ ,  $A_v = 314,2 \text{ mm}^2$ .

$$R_m = 830 \text{ MPa}, \quad R_e = 660 \text{ MPa},$$

Nośność śruby:  $S_{Rt} = \min \{0,65 R_m A_s; 0,85 R_e A_s\} = 132,178 \text{ kN}$ ,

$$S_{Rr} = 0,85 S_{Rt} = 0,85 \times 132,178 = 112,351 \text{ kN},$$

$$S_{Rv} = 0,45 R_m A_v = 0,45 \times 830 \times 314,2 \times 10^{-3} = 117,338 \text{ kN}.$$

Siła sprężająca:  $S_o = 0,7 R_m A_s = 0,7 \times 830 \times 245,0 \times 10^{-3} = 142,345 \text{ kN}$ .

### Blacha czołowa:

Przyjęto blachę czołową o wymiarach  $130 \times 342$  mm ze stali St3S (X,Y,V,W).

Dla połączenia niesprężanego, przy  $c = 12,5$  i  $b_s = 65,0 \leq 2(c+d)$

$$t_{min} = 1,2 \sqrt{\frac{c S_{Rt}}{b_s f_d}} = 1,2 \times \sqrt{\frac{12,5 \times 132,178 \times 10^3}{65,0 \times 205}} = 13,4 \text{ mm}$$

Dla połączenia sprężanego:

$$t_{min} = d \sqrt[3]{R_m / 1000} = 20 \times \sqrt[3]{830 / 1000} = 18,8 \text{ mm}$$

$$t_{min} = \max \{13,4; 18,8\} = 18,8 \text{ mm}.$$

Przyjęto grubość blachy czołowej  $t = 20$  mm.

### Nośność połączenia:

Współczynnik efektu dźwigni wynosi:

$$\beta = 2,67 - t / t_{min} = 2,67 - 20 / 18,8 = 1,61,$$

przyjęto  $\beta = 1,61 \Rightarrow 1/\beta = 0,62$ .

### Nośność na zginanie

Nośność dla stanu granicznego zerwania śrub:

$$M_{Rt} = S_{Rt} \sum m_i \omega_i y_i = 132,178 \times (2 \times 0,62 \times 283) \times 10^{-3} = 46,506 \text{ kNm.}$$

Przy współdziałaniu siły osiowej uwzględniamy jej wpływ na nośność połączenia:

$$M_{Rt}' = M_{Rt} + 0,5 (h-t) N_o = 46,506 + 0,5 \times (218-9) \times 3,167 \times 10^{-3} = 46,836 \text{ kNm}$$

Warunek stanu granicznego nośności połączenia:

$$M = 12,066 < 46,836 = M_{Rt}$$

### Nośność na ścinanie

Siła poprzeczna przypadająca na jedną śrubę

$$S_v = V / n = 1,890 / 6 = 0,315 \text{ kN}$$

Siła rozciągająca w śrubie od siły osiowej  $S_t = 0,000 \text{ kN}$ , od zginania  $S_t = 34,293 \text{ kN}$ .

Warunek nośności śruby na ścinanie:

$$(S_t / S_{Rt})^2 + (S_v / S_{Rv})^2 = (34,293 / 132,178)^2 + (0,315 / 117,338)^2 = 0,07 < 1$$

### Nośność spoin:

Przyjęto spoiny o grubości zależnej od grubości ścianki  $a = 0,60 \times t$ .

Kład spoin daje następujące wielkości:

$$A = 48,37 \text{ cm}^2, \quad A_v = 25,03 \text{ cm}^2, \quad I_x = 5311,8 \text{ cm}^4, \quad I_y = 273,5 \text{ cm}^4.$$

Naprężenia:

$$\tau_{\parallel} = V / A_v = (1,890 / 25,03) \times 10 = 0,8 \text{ MPa},$$

$$\sigma = \frac{M_x y}{I_x} + \frac{N}{A} = \frac{-12,270 \times -17,9 \times 10^3}{5311,8} + \frac{-6,333 \times 10}{48,37} = 40,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma \cos(\gamma) = 40,0 \times \cos(45,0) = 28,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma \sin(\gamma) = 40,0 \times \sin(45,0) = 28,3 \text{ MPa}$$

Dla  $R_e = 225 \text{ MPa}$ , współczynnik  $\chi$  wynosi 0,70.

### Naprężenia zredukowane:

W miejscu występowania największych naprężeń zredukowanych  $\tau_{\parallel} = 0,8 \text{ MPa}$ .

$$\chi \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} = 0,70 \times \sqrt{28,3^2 + 3 \times (0,8^2 + 28,3^2)} = 39,6 < 205 = f_d$$

### Największe naprężenia prostopadłe:

$$\sigma = \frac{M_x y}{I_x} + \frac{N}{A} = \frac{-12,270 \times -17,9 \times 10^3}{5311,8} + \frac{-6,333 \times 10}{48,37} = 40,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma \cos(\gamma) = 40,0 \times \cos(45,0) = 28,3 < 205 = f_d$$

### Spoiny żeber:

Przyjęto spoiny o grubości  $a = 6 \text{ mm}$ . Kład spoin ma powierzchnię  $A = 2 \times 6 \times 80 \times 10^{-2} = 9,61 \text{ cm}^2$ . Siła działająca na spoiny żebra  $N_l = 58,012 \text{ kN}$ .

Dla  $R_e = 440 \text{ MPa}$ , współczynnik  $\chi$  wynosi 1,00.

Nośność spoin:

$$\chi \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2} = 1,00 \times \sqrt{42,7^2 + 3 \times 42,7^2} = 85,4 < 370 = f_d$$

$$\sigma_{\perp} = 42,7 < 370 = f_d$$

---

**OLSANIT Radosław Siwek**  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

---

POZ. 4.0 FUNDAMENTY

**stopa st1**

**SZKIC FUNDAMENTU**

**GEOMETRIA FUNDAMENTU**

Wymiary fundamentu :

Typ: **stopa schodkowa**

B = 2,00 m   L = 1,50 m   H = 1,10 m   w = 0,50 m

B<sub>g</sub> = 0,30 m   L<sub>g</sub> = 0,35 m   B<sub>t</sub> = 0,85 m   L<sub>t</sub> = 0,57 m

B<sub>s</sub> = 0,30 m   L<sub>s</sub> = 0,35 m   e<sub>B</sub> = 0,00 m   e<sub>L</sub> = 0,00 m

Posadowienie fundamentu:

D = 1,10 m   D<sub>min</sub> = 1,10 m

Brak wody gruntowej w zasypce

**OPIS PODŁOŻA**

Szkic uwarstwienia podłoża:

Zestawienie warstw podłoża

N r	Nazwa gruntu	h [m]	nawod niona	$\rho_o^{(n)}$ [t/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{f,min}$	$\gamma_{f,max}$	$\phi_u^{(r)}$ [°]	$c_u^{(r)}$ [kPa]	M <sub>0</sub> [kPa]	M [kPa]
1	Piaski drobne	0,60	nie	1,65	0,90	1,10	26,93	0,00	51257	64072
2	Gliny piaszczyste	4,00	nie	2,20	0,90	1,10	16,10	27,73	35178	46893

Napężenie dopuszczalne dla podłoża    $\sigma_{dop}$  [kPa] = 150,0 kPa

**OBCIĄŻENIA FUNDAMENTU**

Kombinacje obciążeń obliczeniowych:

N r	Ntyp obc.	N [kN]	T <sub>B</sub> [kN]	M <sub>B</sub> [kNm]	T <sub>L</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	e [kPa]	$\Delta e$ [kPa/m]
1	całkowite	51,22	14,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	całkowite	-12,22	-18,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	całkowite	54,25	4,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	całkowite	-8,83	7,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	całkowite	61,99	-16,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**DANE MATERIAŁOWE**

Zasypka:

Ciężar objętościowy:      20,0 kN/m<sup>3</sup>

Współczynniki obciążenia:       $\gamma_{f,min} = 0,90$ ;  $\gamma_{f,max} = 1,20$

Parametry betonu:

Klasa betonu: **C20/25** (B25) →  $f_{cd} = 13,33$  MPa,  $f_{ctd} = 1,00$  MPa,  $E_{cm} = 30,0$  GPa

---

**Olsztyn Styczeń 2018**

*Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.*

*Jakiegolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.*

---

---

**OLSANIT Radosław Siwek**  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

---

Ciężar objętościowy  $\rho = 24,0 \text{ kN/m}^3$

Maksymalny rozmiar kruszywa  $d_g = 16 \text{ mm}$

Współczynniki obciążenia:  $\gamma_{f,\min} = 0,90$ ;  $\gamma_{f,\max} = 1,10$

Zbrojenie:

Klasa stali: A-IIIN (**RB500W**)  $\rightarrow f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ ,  $f_{yd} = 420 \text{ MPa}$ ,  $f_{tk} = 550 \text{ MPa}$

Średnica prętów wzdłuż boku B  $\phi_B = 12 \text{ mm}$

Średnica prętów wzdłuż boku L  $\phi_L = 12 \text{ mm}$

Maksymalny rozstaw prętów  $\phi_L = 20,0 \text{ cm}$

Otulenie:

Nominalna grubość otulenia na podstawie fundamentu  $c_{nom} = 65 \text{ mm}$

Nominalna grubość otulenia na bocznych powierzchniach  $c_{nom,b} = 25 \text{ mm}$

## **ZAŁOŻENIA**

Współczynniki korekcyjne oporu granicznego podłoża:

- dla nośności pionowej  $m = 0,81$
- dla stateczności fundamentu na przesunięcie  $m = 0,72$
- dla stateczności na obrót  $m = 0,72$

Współczynnik kształtu przy wpływie zagłębienia na nośność podłoża:  $\beta = 1,50$

Współczynnik tarcia gruntu o podstawę fundamentu:  $f = 0,50$

Współczynniki redukcji spójności:

- przy sprawdzaniu przesunięcia:  $0,50$

Czas trwania robót: powyżej 1 roku ( $\lambda=1,00$ )

Stosunek wartości obc. obliczeniowych  $N$  do wartości obc. charakterystycznych  $N_k$   $N/N_k = 1,20$

## **WYNIKI-PROJEKTOWANIE**

### **WARUNKI STANÓW GRANICZNYCH PODŁOŻA wg PN-81/B-03020**

Nośność pionowa podłoża:

Decyduje: **kombinacja nr 5**

Decyduje nośność w poziomie: **posadowienia fundamentu**

Obliczeniowy opór graniczny podłoża  $Q_{fNB} = 1449,0 \text{ kN}$ ,  $Q_{fNL} = 1814,0 \text{ kN}$

$N_r = 144,9 \text{ kN} < m \cdot Q_{fN} = 0,81 \cdot 1449,0 \text{ kN} = 1173,7 \text{ kN} \quad (12,3\%)$

Nośność (stateczność) podłoża z uwagi na przesunięcie poziome:

Decyduje: **kombinacja nr 2**

Decyduje nośność w poziomie: **posadowienia fundamentu**

Obliczeniowy opór graniczny podłoża  $Q_{fT} = 26,4 \text{ kN}$

$T_r = 18,8 \text{ kN} < m \cdot Q_{fT} = 0,72 \cdot 26,4 \text{ kN} = 19,0 \text{ kN} \quad (98,8\%)$

Obciążenie jednostkowe podłoża:

Decyduje: **kombinacja nr 5**

Naprężenie maksymalne  $\sigma_{max} = 66,2 \text{ kPa}$

$\sigma_{max} = 66,2 \text{ kPa} < \sigma_{dop} = 150,0 \text{ kPa} \quad (44,2\%)$

Stateczność fundamentu na obrót:

Decyduje: **kombinacja nr 2**

Decyduje moment wywracający  $M_{oB,1-4} = 32,88 \text{ kNm}$ , moment utrzymujący  $M_{uB,1-4} = 65,03 \text{ kNm}$

$M_o = 32,88 \text{ kNm} < m \cdot M_u = 0,72 \cdot 65,0 \text{ kNm} = 46,8 \text{ kNm} \quad (70,2\%)$

Osiadanie:

---

**Olsztyn Styczeń 2018**

*Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.*

*Jakiegokolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.*

---



**OLSANIT Radosław Siwek**  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

Decyduje: **kombinacja nr 5**

Osiadanie pierwotne  $s' = 0,03$  cm, wtórne  $s'' = 0,03$  cm, całkowite  $s = 0,06$  cm

$s = 0,06$  cm <  $s_{dop} = 1,00$  cm (6,0%)

**OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE FUNDAMENTU wg PN-B-03264:2002**

Nośność na przebicie:

Decyduje: **kombinacja nr 5**

Pole powierzchni wielokąta  $A = 0,62$  m<sup>2</sup>

Siła przebijająca  $N_{Sd} = (g+q)_{max} \cdot A = 40,9$  kN

Nośność na przebicie  $N_{Rd} = 327,0$  kN

$N_{Sd} = 40,9$  kN <  $N_{Rd} = 327,0$  kN (12,5%)

Wymiarowanie zbrojenia:

Wzdłuż boku B:

Decyduje: **kombinacja nr 5**

Zbrojenie potrzebne  $A_s = 2,24$  cm<sup>2</sup>

Przyjęto konstrukcyjnie **9 prętów  $\phi 12$  mm** o  $A_s = 10,18$  cm<sup>2</sup>

Wzdłuż boku L:

Decyduje: **kombinacja nr 5**

Zbrojenie potrzebne  $A_s = 1,37$  cm<sup>2</sup>

Przyjęto konstrukcyjnie **11 prętów  $\phi 12$  mm** o  $A_s = 12,44$  cm<sup>2</sup>

**SZKIC ZBROJENIA**

**WYKAZ ZBROJENIA**

Nr pręta	Średnica [mm]	Długość [cm]	Liczba [szt.]			Długość całkowita [m]			
			prętów w 1 elementach	elementów	całkowita prętów	RB500W			
						φ6	φ12	φ16	
stopa st1 - wykonać 6 szt.									
1	12	195	9	6	54		105,30		
2	12	145	11	6	66		95,70		
3	16	107	14	6	84			89,88	
4	6	108	14	6	84	90,72			
Długość całkowita wg średnic						[m]	90,8	201,0	89,9
Masa 1mb pręta						[kg/mb]	0,222	0,888	1,578
Masa prętów wg średnic						[kg]	20,2	178,5	141,9
Masa prętów wg gatunków stali						[kg]	340,6		
Masa całkowita						[kg]	341		

UWAGA: Długość pręta jest długością obliczoną na podstawie wymiarów w osi pręta (metoda B wg PN-EN ISO 3766:2006)

**Olsztyn Styczeń 2018**

*Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.*

*Jakiegokolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.*

**stopa st2**  
**SZKIC FUNDAMENTU**

**GEOMETRIA FUNDAMENTU**

Wymiary fundamentu :

Typ: **stopa schodkowa**

$B = 1,40 \text{ m}$     $L = 1,35 \text{ m}$     $H = 1,05 \text{ m}$     $w = 0,50 \text{ m}$

$B_g = 0,25 \text{ m}$     $L_g = 0,25 \text{ m}$     $B_t = 0,57 \text{ m}$     $L_t = 0,55 \text{ m}$

$B_s = 0,25 \text{ m}$     $L_s = 0,25 \text{ m}$     $e_B = 0,00 \text{ m}$     $e_L = 0,00 \text{ m}$

Posadowienie fundamentu:

$D = 1,10 \text{ m}$     $D_{\min} = 1,10 \text{ m}$

Brak wody gruntowej w zasypce

**OPIS PODŁOŻA**

Szkic uwarstwienia podłoża:

Zestawienie warstw podłoża

Nr	Nazwa gruntu	h [m]	nawodniona	$\rho_o^{(n)}$ [t/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{f,\min}$	$\gamma_{f,\max}$	$\phi_u^{(r)}$ [°]	$c_u^{(r)}$ [kPa]	$M_0$ [kPa]	$M$ [kPa]
1	Piaski drobne	0,60	nie	1,65	0,90	1,10	26,93	0,00	51257	64072
2	Gliny piaszczyste	4,00	nie	2,20	0,90	1,10	16,10	27,73	35178	46893

Napężenie dopuszczalne dla podłoża    $\sigma_{\text{dop}}$  [kPa] = 150,0 kPa

**OBCIĄŻENIA FUNDAMENTU**

Kombinacje obciążeń obliczeniowych:

Nr	typ obc.	N [kN]	$T_B$ [kN]	$M_B$ [kNm]	$T_L$ [kN]	$M_L$ [kNm]	e [kPa]	$\Delta e$ [kPa/m]
1	całkowite	24,39	8,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	całkowite	-3,95	-7,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	całkowite	-6,48	7,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	całkowite	24,70	-6,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**DANE MATERIAŁOWE**

Zasyпка:

Ciężar objętościowy:    $20,0 \text{ kN/m}^3$

Współczynniki obciążenia:    $\gamma_{f,\min} = 0,90$ ;    $\gamma_{f,\max} = 1,20$

Parametry betonu:

Klasa betonu: **C20/25** (B25) →  $f_{cd} = 13,33 \text{ MPa}$ ,  $f_{ctd} = 1,00 \text{ MPa}$ ,  $E_{cm} = 30,0 \text{ GPa}$

Ciężar objętościowy    $\rho = 24,0 \text{ kN/m}^3$

Maksymalny rozmiar kruszywa    $d_g = 16 \text{ mm}$

Współczynniki obciążenia:    $\gamma_{f,\min} = 0,90$ ;    $\gamma_{f,\max} = 1,10$

Zbrojenie:

**Olsztyn Styczeń 2018**

*Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.*

*Jakiegokolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.*

---

**OLSANIT Radosław Siwek**  
10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

---

Klasa stali: A-IIIIN (**RB500W**)  $\rightarrow f_{yk} = 500 \text{ MPa}, f_{yd} = 420 \text{ MPa}, f_{tk} = 550 \text{ MPa}$

Średnica prętów wzdłuż boku B  $\phi_B = 12 \text{ mm}$

Średnica prętów wzdłuż boku L  $\phi_L = 12 \text{ mm}$

Maksymalny rozstaw prętów  $\phi_L = 20,0 \text{ cm}$

Otulenie:

Nominalna grubość otulenia na podstawie fundamentu  $c_{nom} = 65 \text{ mm}$

Nominalna grubość otulenia na bocznych powierzchniach  $c_{nom,b} = 25 \text{ mm}$

## **ZAŁOŻENIA**

Współczynniki korekcyjne oporu granicznego podłoża:

- dla nośności pionowej  $m = 0,81$
- dla stateczności fundamentu na przesunięcie  $m = 0,72$
- dla stateczności na obrót  $m = 0,72$

Współczynnik kształtu przy wpływie zagłębienia na nośność podłoża:  $\beta = 1,50$

Współczynnik tarcia gruntu o podstawę fundamentu:  $f = 0,50$

Współczynniki redukcji spójności:

- przy sprawdzaniu przesunięcia:  $0,50$

Czas trwania robót: powyżej 1 roku ( $\lambda = 1,00$ )

Stosunek wartości obc. obliczeniowych  $N$  do wartości obc. charakterystycznych  $N_k$   $N/N_k = 1,20$

## **WYNIKI-PROJEKTOWANIE**

### **WARUNKI STANÓW GRANICZNYCH PODŁOŻA wg PN-81/B-03020**

Nośność pionowa podłoża:

Decyduje: **kombinacja nr 1**

Decyduje nośność w poziomie: **posadowienia fundamentu**

Obliczeniowy opór graniczny podłoża  $Q_{fN} = 862,2 \text{ kN}$

$N_r = 76,6 \text{ kN} < m \cdot Q_{fN} = 0,81 \cdot 862,2 \text{ kN} = 698,4 \text{ kN} \quad (11,0\%)$

Nośność (stateczność) podłoża z uwagi na przesunięcie poziome:

Decyduje: **kombinacja nr 3**

Decyduje nośność w poziomie: **posadowienia fundamentu**

Obliczeniowy opór graniczny podłoża  $Q_{fT} = 17,2 \text{ kN}$

$T_r = 7,9 \text{ kN} < m \cdot Q_{fT} = 0,72 \cdot 17,2 \text{ kN} = 12,4 \text{ kN} \quad (63,9\%)$

Obciążenie jednostkowe podłoża:

Decyduje: **kombinacja nr 1**

Naprężenie maksymalne  $\sigma_{max} = 59,7 \text{ kPa}$

$\sigma_{max} = 59,7 \text{ kPa} < \sigma_{dop} = 150,0 \text{ kPa} \quad (39,8\%)$

Stateczność fundamentu na obrót:

Decyduje: **kombinacja nr 3**

Decyduje moment wywracający  $M_{oB,2-3} = 12,85 \text{ kNm}$ , moment utrzymujący  $M_{uB,2-3} = 28,62 \text{ kNm}$

$M_o = 12,85 \text{ kNm} < m \cdot M_u = 0,72 \cdot 28,6 \text{ kNm} = 20,6 \text{ kNm} \quad (62,4\%)$

Osiadanie:

Decyduje: **kombinacja nr 4**

Osiadanie pierwotne  $s' = 0,01 \text{ cm}$ , wtórne  $s'' = 0,02 \text{ cm}$ , całkowite  $s = 0,03 \text{ cm}$

$s = 0,03 \text{ cm} < s_{dop} = 1,00 \text{ cm} \quad (2,6\%)$

---

**Olsztyn Styczeń 2018**

*Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.*

*Jakiegokolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.*

---

# OLSANIT Radosław Siwek

10-420 Olsztyn ul. Stalowa 4 lok. 111

## OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE FUNDAMENTU wg PN-B-03264:2002

Nośność na przebicie:

Decyduje: **kombinacja nr 1**

Pole powierzchni wielokąta  $A = 0,19 \text{ m}^2$

Siła przebijająca  $N_{Sd} = (g+q)_{\max} \cdot A = 11,3 \text{ kN}$

Nośność na przebicie  $N_{Rd} = 284,7 \text{ kN}$

$N_{Sd} = 11,3 \text{ kN} < N_{Rd} = 284,7 \text{ kN} \quad (4,0\%)$

Wymiarowanie zbrojenia:

Wzdłuż boku B:

Decyduje: **kombinacja nr 1**

Zbrojenie potrzebne  $A_s = 0,83 \text{ cm}^2$

Przyjęto konstrukcyjnie **8 prętów  $\phi 12 \text{ mm}$**  o  $A_s = 9,05 \text{ cm}^2$

Wzdłuż boku L:

Decyduje: **kombinacja nr 1**

Zbrojenie potrzebne  $A_s = 0,79 \text{ cm}^2$

Przyjęto konstrukcyjnie **8 prętów  $\phi 12 \text{ mm}$**  o  $A_s = 9,05 \text{ cm}^2$

## SZKIC ZBROJENIA

## WYKAZ ZBROJENIA

WYKRAJ ZŁOTOCENIA									
Nr pręta	Średnica [mm]	Długość [cm]	Liczba [szt.]			Długość całkowita [m]			
			prętów w 1 elementach	elementów	całkowita prętów	RB500W			
						φ6	φ12	φ16	
stopa st2 - wykonać 4 szt.									
1	12	135	8	4	32		43,20		
2	12	130	8	4	32		41,60		
3	16	102	14	4	56			57,12	
4	6	83	16	4	64	53,12			
Długość całkowita wg średnic						[m]	53,2	84,7	57,2
Masa 1mb pręta						[kg/mb]	0,222	0,888	1,578
Masa prętów wg średnic						[kg]	11,8	75,2	90,3
Masa prętów wg gatunków stali						[kg]	177,3		
Masa całkowita						[kg]	178		

UWAGA: Długość pręta jest długością obliczoną na podstawie wymiarów w osi pręta (metoda B wg PN-EN ISO 3766:2006)

OPRACOWAŁ :

Mgr inż. Mariusz Tomczuk

Olsztyn Styczeń 2018

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone.

Jakiegokolwiek zmiany wymagają uzgodnienia z projektantem.