

## II. OBLICZENIA KONSTRUKCYJNE

### 1. Zestawienie obciążeń elementów dobudowy.

#### 1.1. Dach nad przedsionkiem i podnośnikiem - kąt nachylenia dachu $\alpha = 8,0^\circ$ ( 14,0% )

- *Obciążenia stałe połaci dachu przekazywane na belki dachowe ( wg. PN - EN 1991-1-1 ):*

	obc. char.
plyta warstwowa z rdzeniem poliuretanowym gr.12cm	0,15 kN/m <sup>2</sup>
konstr. stalowa dachu	0,60 kN/m <sup>2</sup>
=====	
$\Sigma =$	0,75 kN/m <sup>2</sup>

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 1,35$  w sytuacji niekorzystnej

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 1,0$  w sytuacji korzystnej

- *Obciążenia zmienne ( wg. PN - EN 1991-1-1 ):*

użytkowe 0,40 kN/m<sup>2</sup>

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 1,5$  w sytuacji niekorzystnej

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 0,0$  w sytuacji korzystnej

- *Obciążenie śniegiem ( wg. PN - EN 1991-1-3 ):* strefa II -  $s_k = 0,9$  kN/m<sup>2</sup>

współczynnik ekspozycji  $C_e = 1,0$

współczynnik termiczny  $C_t = 1,0$

dla  $\alpha = 8,0^\circ$  -  $\mu_1 = 0,80$

$S_1 = s_k \times \mu_1 = 0,9 \text{ kN/m}^2 \times 0,80 = 0,72 \text{ kN/m}^2$

obciążenie śniegiem  $S_2$  w wyniku działania wiatru przy uskoku wysokościowym dachu budynku istniejącego

$b_1 = 55,13\text{m}$ ,  $b_2 = 1,50\text{m}$ ,  $h = 1,0\text{m}$ ,  $L_s = 2h = 2 \times 1,0\text{m} = 2,0\text{m} < 5,0\text{m}$  przyjęto  $L_s = 5,0\text{m}$

$\mu_w = \gamma \times h / s_k = 2 \times 1,0 / 0,9 = 2,22 < 4$  i  $< (b_1 + b_2) / 2h = 28,32$  przyjęto  $\mu_w = 2,22$

obciążenie śniegiem w wyniku zeslizgu śniegu z dachu wyższego budynku

$\mu_s = 0$  dla  $\alpha < 15^\circ$

$\mu_2 = \mu_s + \mu_w = 2,22$

$S_2 = s_k \times \mu_2 = 0,9 \text{ kN/m}^2 \times 2,22 = 2,0 \text{ kN/m}^2$

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 1,50$  w sytuacji niekorzystnej

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 0,0$  w sytuacji korzystnej

- *Obciążenia wiatrem ( wg. PN - EN 1991-1-4 ):*

strefa I obciążenia wiatrem, wysokość nad poziomem morza  $A = 101,05 \text{ m} < 300\text{m}$

prędkość wiatru -  $v_b = 22 \text{ m/s}$

ciśnienie prędkości wiatru  $q_b = q_{b,0} = 0,30 \text{ kN/m}^2$

teren kategorii IV,

wysokość budynku od poziomu terenu  $h = 14,49\text{m} > 2b = 2 \times 4,78\text{m} = 9,56\text{m}$

wymiary dachu zabudowy:  $b \times d = 4,78\text{m} \times 1,50\text{m}$ ,

$z_{\min} = 10\text{m} < h = 14,49\text{m}$ ,  $z = h$

współczynnik ekspozycji  $c_e(z) = 1,5 \times (z/10)^{0,29} = 1,67$

wartość szczytowa ciśnienia prędkości wiatru na wysokości  $z_e = 14,49\text{m}$

wynosi:  $q_p(z) = q_b \times c_e(z) = 0,30 \text{ kN/m}^2 \times 1,67 = 0,501 \text{ kN/m}^2$

współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla odpowiednich sekcji dachu jednospadowego przy parciu wiatru na część podłużną dobudowy  $b=4,78\text{m}$ ,  $\theta = 0,0^\circ$

$$e = \min ( b, 2h ) = 4,78\text{m}$$

dla  $\alpha = 8,0^\circ$  wymiary sekcji narożnych F:  $e_1 = e/4 = 1,195\text{m}$ ,  $e_2 = e/10 = 0,478\text{m}$

sekcje F narożne, sekcja G pośrednia między narożnymi, sekcja H podłużna równoległa do ściany podłużnej

sekcja F ssanie współczynnik ciśnienia netto  $c_{p,\text{net}} = -1,46$ ,

sekcja G ssanie współczynnik ciśnienia netto  $c_{p,\text{net}} = -1,08$ ,

sekcja H ssanie współczynnik ciśnienia netto  $c_{p,\text{net}} = -0,51$ ,

ciśnienie wiatru zewnętrzne dla odpowiednich sekcji:

$$\text{sekcja F ssanie } w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times (-1,46) = -0,732 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{sekcja G ssanie } w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times (-1,08) = -0,541 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{sekcja H ssanie } w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times (-0,51) = -0,256 \text{ kN/m}^2$$

współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla odpowiednich sekcji dachu jednospadowego przy parciu wiatru na część poprzeczną dobudowy  $b=1,50\text{m}$ ,  $\theta = 90,0^\circ$

$$e = \min ( b, 2h ) = 1,50\text{m}$$

dla  $\alpha = 8,0^\circ$  wymiary sekcji narożnych F:  $e_1 = e/4 = 0,375\text{m}$ ,  $e_2 = e/10 = 0,150\text{m}$

sekcje F narożne, sekcja G pośrednia między narożnymi, sekcje H i I podłużne równoległe do ściany poprzecznej

sekcja  $F_{\text{up}}$  ssanie współczynnik ciśnienia netto  $c_{p,\text{net}} = -2,19$ ,

sekcja  $F_{\text{low}}$  ssanie współczynnik ciśnienia netto  $c_{p,\text{net}} = -1,95$ ,

sekcja G ssanie współczynnik ciśnienia netto  $c_{p,\text{net}} = -1,83$ ,

sekcja H ssanie współczynnik ciśnienia netto  $c_{p,\text{net}} = -0,66$ ,

sekcja I ssanie współczynnik ciśnienia netto  $c_{p,\text{net}} = -0,56$ ,

ciśnienie wiatru zewnętrzne dla odpowiednich sekcji:

$$\text{sekcja } F_{\text{up}} \text{ ssanie } w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times (-2,19) = -1,097 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{sekcja } F_{\text{low}} \text{ ssanie } w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times (-1,95) = -0,977 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{sekcja G ssanie } w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times (-1,83) = -0,917 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{sekcja H ssanie } w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times (-0,66) = -0,331 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{sekcja I ssanie } w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times (-0,56) = -0,281 \text{ kN/m}^2$$

współczynniki ciśnienia wewnętrznego na dach:

parcie od wewnątrz na połacie dachu  $c_{pi} = 0,2$

ssanie od wewnątrz na połacie dachu  $c_{pi} = -0,3$

ciśnienie wiatru wewnętrzne dla całej połaci dachu:

$$\text{parcie wewnętrzne } w_i = q_p(z_i) \times c_{pi} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times 0,2 = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{ssanie wewnętrzne } w_i = q_p(z_i) \times c_{pi} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times (-0,3) = -0,15 \text{ kN/m}^2$$

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 1,50$  w sytuacji niekorzystnej

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 0,0$  w sytuacji korzystnej

## 1.2. Warstwy stropu przedsionka nad kondygnacjami nadziemnymi.

- Obciążenia stałe ( wg. PN - EN 1991-1-1 ): obc. char.

płytki cer. na zaprawie klejowej gr. 10mm 0,32 kN/m<sup>2</sup>

szlichta cem. 4cm 0,04 x 21 0,84 kN/m<sup>2</sup>

folia PE 0,02 kN/m<sup>2</sup>

płyta żelb. 0,15x25 3,75 kN/m<sup>2</sup>

tynk 0,015x19 0,29 kN/m<sup>2</sup>

---


$$\Sigma = 5,22 \text{ kN/m}^2$$

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 1,35$  w sytuacji niekorzystnej  
współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 1,0$  w sytuacji korzystnej

- *Obciążenia zmienne ( wg. PN - EN 1991-1-1 ):*

pomieszczenia użytkowe komunikacja 3,0 kN/m<sup>2</sup>

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 1,5$  w sytuacji niekorzystnej

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 0,0$  w sytuacji korzystnej

### 1.3. Ściana zewnętrzna ( szkielet stalowy ):

- *Obciążenia stałe ( wg. PN - EN 1991-1-1 ):*

obc. char.

płyta warstwowa z rdzeniem poliuretanowym gr.10cm 0,14 kN/m<sup>2</sup>

konstr. stalowa ścian 0,60 kN/m<sup>2</sup>

Σ = 0,74 kN/m<sup>2</sup>

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 1,35$  w sytuacji niekorzystnej

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 1,0$  w sytuacji korzystnej

### 1.4. Warstwy stropu przedsionka nad piwnicą.

- *Obciążenia stałe ( wg. PN - EN 1991-1-1 ):*

obc. char.

płytki cer. na zaprawie klejowej gr. 10mm 0,32 kN/m<sup>2</sup>

szlichta cem. 4cm 0,04 x 21 0,84 kN/m<sup>2</sup>

folia PE 0,02 kN/m<sup>2</sup>

płyta żelb. 0,25x25 6,25 kN/m<sup>2</sup>

Σ = 7,43 kN/m<sup>2</sup>

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 1,35$  w sytuacji niekorzystnej

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 1,0$  w sytuacji korzystnej

- *Obciążenia zmienne ( wg. PN - EN 1991-1-1 ):*

pomieszczenia użytkowe komunikacja 3,0 kN/m<sup>2</sup>

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 1,5$  w sytuacji niekorzystnej

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 0,0$  w sytuacji korzystnej

### 1.5. Warstwy stropu nad piwnicą pod podnośnikiem.

- *Obciążenia stałe ( wg. PN - EN 1991-1-1 ):*

obc. char.

płyta żelb. 0,25x25 6,25 kN/m<sup>2</sup>

obciążenia pod platformą podnośnika 45,97 kN/m<sup>2</sup>, 14,02 kN

obciążenia pod maszynownią 66,61 kN/m<sup>2</sup>, 8,26 kN

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 1,35$  w sytuacji niekorzystnej

współczynnik obciążenia  $\gamma_f = 1,0$  w sytuacji korzystnej

## 1.6. Parcie wiatru na ściany zabudowy

- Obciążenia wiatrem ( wg. PN - EN 1991-1-4 ):

strefa I obciążenia wiatrem, wysokość nad poziomem morza  $A = 101,05 \text{ m} < 300 \text{ m}$

prędkość wiatru -  $v_b = 22 \text{ m/s}$

ciśnienie prędkości wiatru  $q_b = q_{b,0} = 0,30 \text{ kN/m}^2$

teren kategorii IV,

wysokość budynku od poziomu terenu  $h = 14,49 \text{ m} > 2b = 2 \times 4,78 \text{ m} = 9,56 \text{ m}$

Parcie wiatru na ścianę podłużną dobudowy

wymiary dobudowy:  $b \times d = 4,78 \text{ m} \times 1,50 \text{ m} + \text{długość budynku } 55,13 \text{ m}$

$z_{\min} = 10 \text{ m} < h = 14,49 \text{ m}$ ,  $z = h$

wartość szczytowa ciśnienia prędkości wiatru na wysokości  $z_e = 14,49 \text{ m}$

współczynnik ekspozycji  $c_e(z=h) = 1,5 \times (z/10)^{0,29} = 1,67$

wynosi:  $q_p(z) = q_b \times c_e(z=h) = 0,30 \text{ kN/m}^2 \times 1,67 = 0,501 \text{ kN/m}^2$

wartość szczytowa ciśnienia prędkości wiatru na wysokości  $z_e = h-b = 9,71 \text{ m}$

współczynnik ekspozycji  $c_e(z=h-b) = 1,5 \times (z/10)^{0,29} = 1,487$

wynosi:  $q_p(z) = q_b \times c_e(z=h-b) = 0,30 \text{ kN/m}^2 \times 1,487 = 0,446 \text{ kN/m}^2$

wartość szczytowa ciśnienia prędkości wiatru na wysokości  $z_e = b = 4,78 \text{ m}$

współczynnik ekspozycji  $c_e(z=b) = 1,5 \times (z/10)^{0,29} = 1,211$

wynosi:  $q_p(z) = q_b \times c_e(z=b) = 0,30 \text{ kN/m}^2 \times 1,211 = 0,364 \text{ kN/m}^2$

$e = \min b, 2h = 4,78 \text{ m}$ ,

$h / d = 14,49 \text{ m} / ( 1,50 \text{ m} + 55,13 \text{ m} ) = 0,256 < 5$ ,  $e = 4,78 \text{ m} < d$

wymiary sekcji ściany poprzecznej:

zakres A -  $e/5 = 4,78 \text{ m} / 5 = 0,956 \text{ m}$

zakres B -  $4/5e = 4/5 \times 4,78 \text{ m} = 3,824 \text{ m}$

zakres C -  $d-e = ( 1,50 \text{ m} + 55,13 \text{ m} ) - 4,78 \text{ m} = 51,85 \text{ m}$

współczynniki ciśnienia zewnętrznego:

sekcja A ssanie  $c_{pe} = -1,20$

sekcja B ssanie  $c_{pe} = -0,80$

sekcja C ssanie  $c_{pe} = -0,50$

sekcja D parcie  $c_{pe} = +0,701$

sekcja E ssanie  $c_{pe} = -0,302$

ciśnienie wiatru zewnętrzne dla odpowiednich sekcji:

sekcja A ssanie  $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times (-1,20) = -0,601 \text{ kN/m}^2$

sekcja A ssanie  $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,446 \text{ kN/m}^2 \times (-1,20) = -0,535 \text{ kN/m}^2$

sekcja A ssanie  $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,364 \text{ kN/m}^2 \times (-1,20) = -0,437 \text{ kN/m}^2$

sekcja B ssanie  $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times (-0,80) = -0,401 \text{ kN/m}^2$

sekcja B ssanie  $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,446 \text{ kN/m}^2 \times (-0,80) = -0,357 \text{ kN/m}^2$

sekcja B ssanie  $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,364 \text{ kN/m}^2 \times (-0,80) = -0,291 \text{ kN/m}^2$

sekcja C ssanie  $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times (-0,50) = -0,251 \text{ kN/m}^2$

sekcja C ssanie  $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,446 \text{ kN/m}^2 \times (-0,50) = -0,223 \text{ kN/m}^2$

sekcja C ssanie  $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,364 \text{ kN/m}^2 \times (-0,50) = -0,182 \text{ kN/m}^2$

sekcja D parcie  $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times 0,701 = 0,351 \text{ kN/m}^2$

sekcja D parcie  $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,446 \text{ kN/m}^2 \times 0,701 = 0,313 \text{ kN/m}^2$

sekcja D parcie  $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,364 \text{ kN/m}^2 \times 0,701 = 0,255 \text{ kN/m}^2$

sekcja E ssanie  $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times (-0,302) = -0,151 \text{ kN/m}^2$

sekcja E ssanie  $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,446 \text{ kN/m}^2 \times (-0,302) = -0,135 \text{ kN/m}^2$

sekcja E ssanie  $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe} = 0,364 \text{ kN/m}^2 \times (-0,302) = -0,110 \text{ kN/m}^2$

Parcie wiatru na ścianę poprzeczną zabudowy

wymiary dobudowy:  $b \times d = 1,50 \text{ m} + \text{długość budynku } 55,13 \text{ m} \times 4,78 \text{ m}$

$$z_{\min} = 10\text{m} < h = 14,49\text{m}, z = h$$

wartość szczytowa ciśnienia prędkości wiatru na wysokości  $z_e = 14,49\text{m}$

$$\text{współczynnik ekspozycji } c_e (z=h) = 1,5 \times (z/10)^{0,29} = 1,67$$

$$\text{wynosi: } q_p (z) = q_b \times c_e (z=h) = 0,30 \text{ kN/m}^2 \times 1,67 = 0,501 \text{ kN/m}^2$$

$$e = \min b, 2h = 2 \times 14,49\text{m} = 28,98\text{m},$$

$$h / d = 14,49\text{m} / 4,78\text{m} = 3,03 < 5, e = 28,98\text{m} > 5d = 5 \times 4,78\text{m} = 23,90\text{m}$$

współczynniki ciśnienia zewnętrznego:

$$\text{sekcja A ssanie } c_{pe} = -1,20$$

$$\text{sekcja D parcie } c_{pe} = +0,80$$

$$\text{sekcja E ssanie } c_{pe} = -0,602$$

ciśnienie wiatru zewnętrzne dla odpowiednich sekcji:

$$\text{sekcja A ssanie } w_e = q_p (z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times (-1,20) = -0,601 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{sekcja D parcie } w_e = q_p (z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times 0,80 = 0,401 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{sekcja E ssanie } w_e = q_p (z_e) \times c_{pe} = 0,501 \text{ kN/m}^2 \times (-0,602) = -0,302 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{współczynnik obciążenia } \gamma_Q = 1,50$$

## **2. Obliczenia elementów konstrukcyjnych dobudowy.**

### **2. 1. Obliczenie ramy stalowej podłużnej dobudowy R1.**

**Obciążenie wiatrem jako obciążenie wiodące.**

ciężar własny +

$$\text{obc. stałe dach char. } - 0,15 \text{ kN/m}^2 \times 1,56\text{m} \times 0,5 = 0,12 \text{ kN/m}$$

$$\text{obc. stałe dach char. } - 0,12 \text{ kN/m} \times 1,56\text{m} \times 0,5 \times 0,5 = 0,05 \text{ kN}$$

$$\text{współczynnik obciążenia } \gamma_G = 1,35$$

$$\text{obc. stałe strop przedsionka char. } - 5,22 \text{ kN/m}^2 \times 1,56\text{m} \times 0,5 = 4,072 \text{ kN/m}$$

$$\text{obc. stałe strop przedsionka char. } - 4,072 \text{ kN/m} \times 1,56\text{m} \times 0,5 \times 0,5 = 1,59 \text{ kN}$$

$$\text{współczynnik obciążenia } \gamma_G = 1,35$$

$$\text{obc. zmienne wiatr dach H( ssanie ) char. } - 0,331 \text{ kN/m}^2 \times 1,56\text{m} \times 0,5 = -0,258 \text{ kN/m}$$

$$\text{obc. zmienne wiatr dach H( ssanie ) char. } - 0,258 \text{ kN/m} \times 1,56\text{m} \times 0,5 \times 0,5 = -0,10 \text{ kN}$$

$$\text{obc. zmienne wiatr dach I( ssanie ) char. } - 0,281 \text{ kN/m}^2 \times 1,56\text{m} \times 0,5 = -0,219 \text{ kN/m}$$

$$\text{obc. zmienne wiatr dach I ( ssanie ) char. } - 0,219 \text{ kN/m} \times 1,56\text{m} \times 0,5 \times 0,5 = -0,085 \text{ kN}$$

$$\text{obc. zmienne wiatr dach ( parcie wew. ) char. } - 0,10 \text{ kN/m}^2 \times 1,56\text{m} \times 0,5 = -0,078 \text{ kN/m}$$

$$\text{obc. zmienne wiatr dach ( parcie wew. ) char. } - 0,078 \text{ kN/m} \times 1,56\text{m} \times 0,5 \times 0,5 = -0,03 \text{ kN}$$

$$\text{współczynnik obciążenia } \gamma_{Q,1} = 1,50$$

$$\text{obc. zmienne wiatr ściany ( parcie ) char. } - 0,401 \text{ kN/m}^2 \times 1,56\text{m} \times 0,5 = 0,313 \text{ kN/m}$$

$$\text{obc. zmienne wiatr ściany ( ssanie ) char. } - 0,302 \text{ kN/m}^2 \times 1,56\text{m} \times 0,5 = -0,236 \text{ kN/m}$$

$$\text{współczynnik obciążenia } \gamma_{Q,1} = 1,50$$

obc. zmienne śnieg char. –

$$0,5 \times 0,72 \text{ kN/m}^2 \times 1,56\text{m} \times 0,5 = 0,5 \times 0,922 \text{ kN/m} = 0,461 \text{ kN/m}$$

$$0,461 \text{ kN/m} \times 1,56\text{m} \times 0,5 \times 0,5 = 0,18 \text{ kN}$$

$$0,5 \times (1,28 \text{ kN/m}^2 + 1,08 \text{ kN/m}^2) \times 0,5 \times 1,56\text{m} \times 0,5 = 0,5 \times 0,92 \text{ kN/m} = 0,46 \text{ kN/m}$$

$$0,46 \text{ kN/m} \times 1,56\text{m} \times 0,5 \times 0,5 = 0,18 \text{ kN}$$

$$\text{współczynnik obciążenia } \gamma_{Q,2} = 1,50$$

$$\text{współczynnik } \Psi_{0,2} = 0,50$$

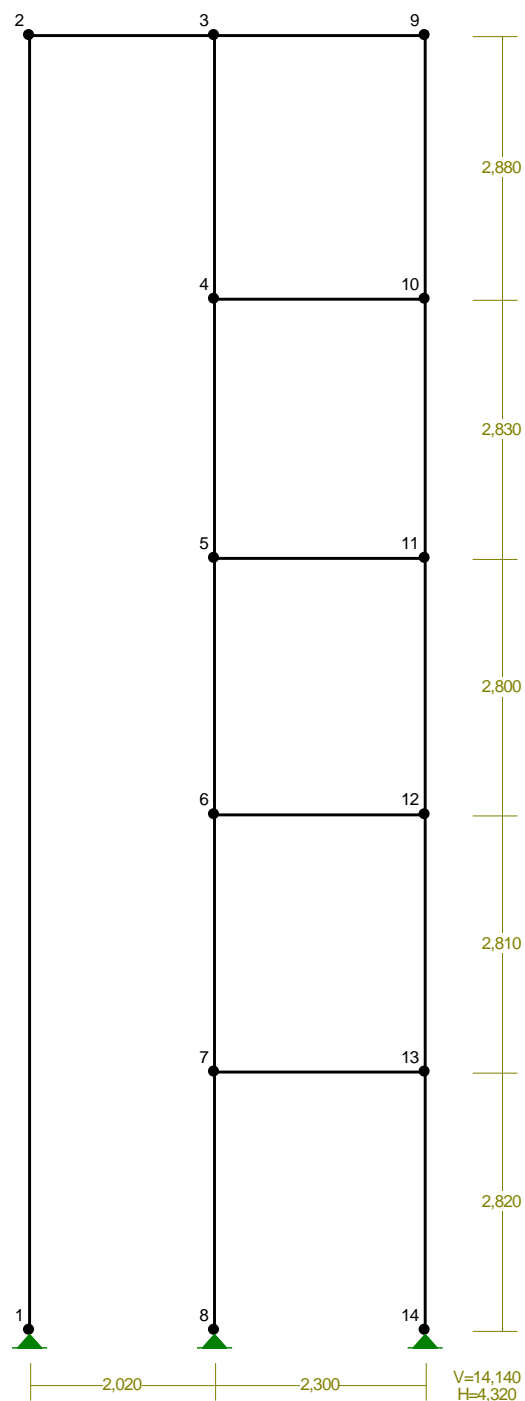
$$\text{obc. zmienne strop przedsionka char. } - 0,7 \times 3,0 \text{ kN/m}^2 \times 1,56\text{m} \times 0,5 = 1,638 \text{ kN/m}$$

$$\text{obc. zmienne strop przedsionka char. } - 1,638 \text{ kN/m} \times 1,56\text{m} \times 0,5 \times 0,5 = 0,64 \text{ kN}$$

$$\text{współczynnik obciążenia } \gamma_{Q,3} = 1,50$$

$$\text{współczynnik } \Psi_{0,3} = 0,70$$

SCHEMAT STATYCZNY:



PRĘTY UKŁADU:

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

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	0,000	14,140	14,140	1,000	4 I 300 PE
2	00	2	3	2,020	0,000	2,020	1,000	2 I 160 HEA
3	00	4	3	0,000	2,880	2,880	1,000	3 I 160 HEB
4	00	5	4	0,000	2,830	2,830	1,000	3 I 160 HEB
5	00	6	5	0,000	2,800	2,800	1,000	3 I 160 HEB
6	00	7	6	0,000	2,810	2,810	1,000	3 I 160 HEB
7	00	8	7	0,000	2,820	2,820	1,000	3 I 160 HEB
8	00	3	9	2,300	0,000	2,300	1,000	2 I 160 HEA
9	00	10	9	0,000	2,880	2,880	1,000	3 I 160 HEB
10	00	11	10	0,000	2,830	2,830	1,000	3 I 160 HEB
11	00	12	11	0,000	2,800	2,800	1,000	3 I 160 HEB



14	Trapezowe	0,0	4,072		0,78	1,52
14	Skupione	0,0	1,590		0,00	
14	Skupione	0,0	1,590		2,30	
15	Trapezowe	0,0	4,072		0,77	1,52
15	Skupione	0,0	1,590		0,00	
15	Skupione	0,0	1,590		2,30	
16	Trapezowe	0,0	4,072		0,78	1,52
16	Skupione	0,0	1,590		0,00	
16	Skupione	0,0	1,590		2,30	
17	Trapezowe	0,0	4,072		0,78	1,52
17	Skupione	0,0	1,590		0,00	
17	Skupione	0,0	1,590		2,30	
Grupa: B ""				Zmienne	$\gamma f = 1,50$	
17	Trapezowe	0,0	1,638		0,78	1,52
17	Skupione	0,0	0,640		0,00	
17	Skupione	0,0	0,640		2,30	
Grupa: C ""				Zmienne	$\gamma f = 1,50$	
16	Trapezowe	0,0	1,638		0,78	1,52
16	Skupione	0,0	0,640		0,00	
16	Skupione	0,0	0,640		2,30	
Grupa: D ""				Zmienne	$\gamma f = 1,50$	
15	Trapezowe	0,0	1,638		0,78	1,52
15	Skupione	0,0	0,640		0,00	
15	Skupione	0,0	0,640		2,30	
Grupa: E ""				Zmienne	$\gamma f = 1,50$	
14	Trapezowe	0,0	1,638		0,78	1,52
14	Skupione	0,0	0,640		0,00	
14	Skupione	0,0	0,640		2,30	
Grupa: F "śnieg"				Zmienne	$\gamma f = 1,50$	
2	Skupione	0,0	0,360		0,00	
2	Trapezowe	0,0	0,921		0,78	1,24
8	Trapezowe	0,0	0,921		0,78	1,52
8	Skupione	0,0	0,720		0,00	
8	Skupione	0,0	0,360		2,30	
Grupa: G "wiatr1"				Zmienne	$\gamma f = 1,50$	
1	Liniowe	90,0	0,313	0,313	0,00	14,14
2	Trapezowe	0,0	-0,336		0,78	1,24
2	Skupione	0,0	-0,130		0,00	
8	Trapezowe	0,0	-0,297		0,78	1,52
8	Skupione	0,0	-0,115		2,30	
8	Skupione	0,0	-0,245		0,00	
9	Liniowe	90,0	0,236	0,236	0,00	2,88
10	Liniowe	90,0	0,236	0,236	0,00	2,83
11	Liniowe	90,0	0,236	0,236	0,00	2,80
12	Liniowe	90,0	0,236	0,236	0,00	2,81
13	Liniowe	90,0	0,236	0,236	0,00	2,82
Grupa: H "wiatr2"				Zmienne	$\gamma f = 1,50$	
1	Liniowe	90,0	-0,236	-0,236	0,00	14,14
2	Trapezowe	0,0	-0,297		0,78	1,24
2	Skupione	0,0	-0,115		0,00	
8	Trapezowe	0,0	-0,336		0,78	1,52
8	Skupione	0,0	-0,130		2,30	
8	Skupione	0,0	-0,245		0,00	
9	Liniowe	90,0	-0,313	-0,313	0,00	2,88
10	Liniowe	90,0	-0,313	-0,313	0,00	2,83
11	Liniowe	90,0	-0,313	-0,313	0,00	2,80
12	Liniowe	90,0	-0,313	-0,313	0,00	2,81
13	Liniowe	90,0	-0,313	-0,313	0,00	2,82

=====

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

=====

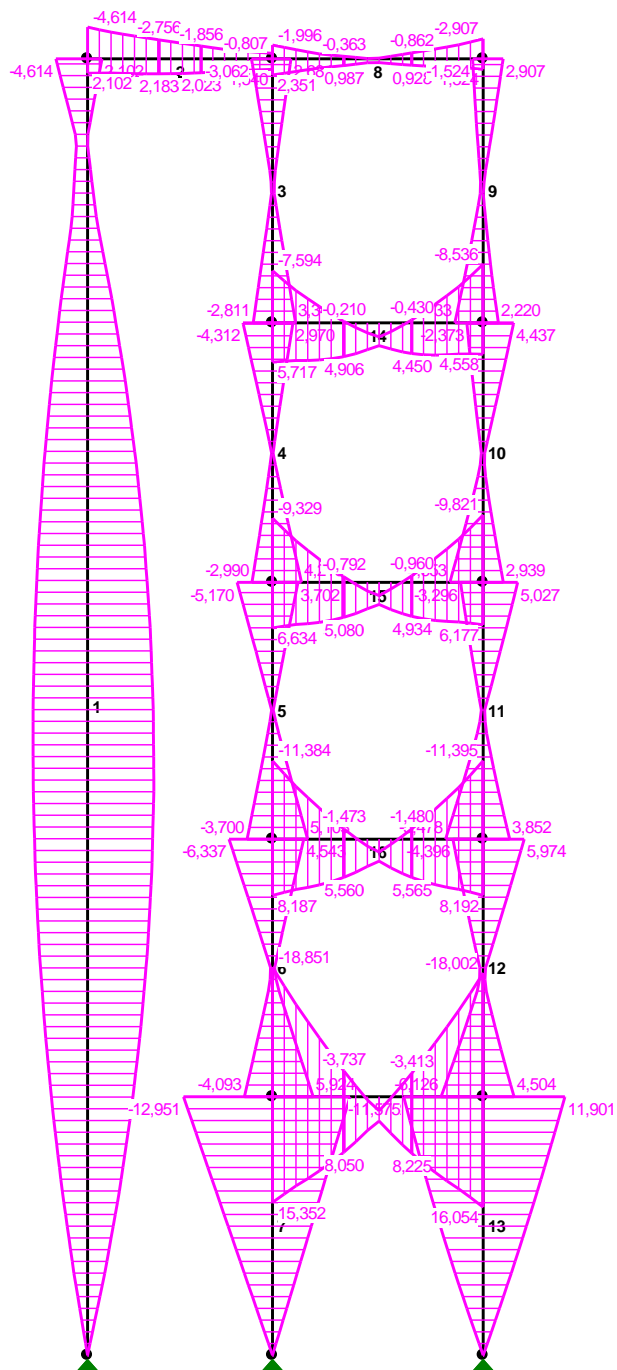


# KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

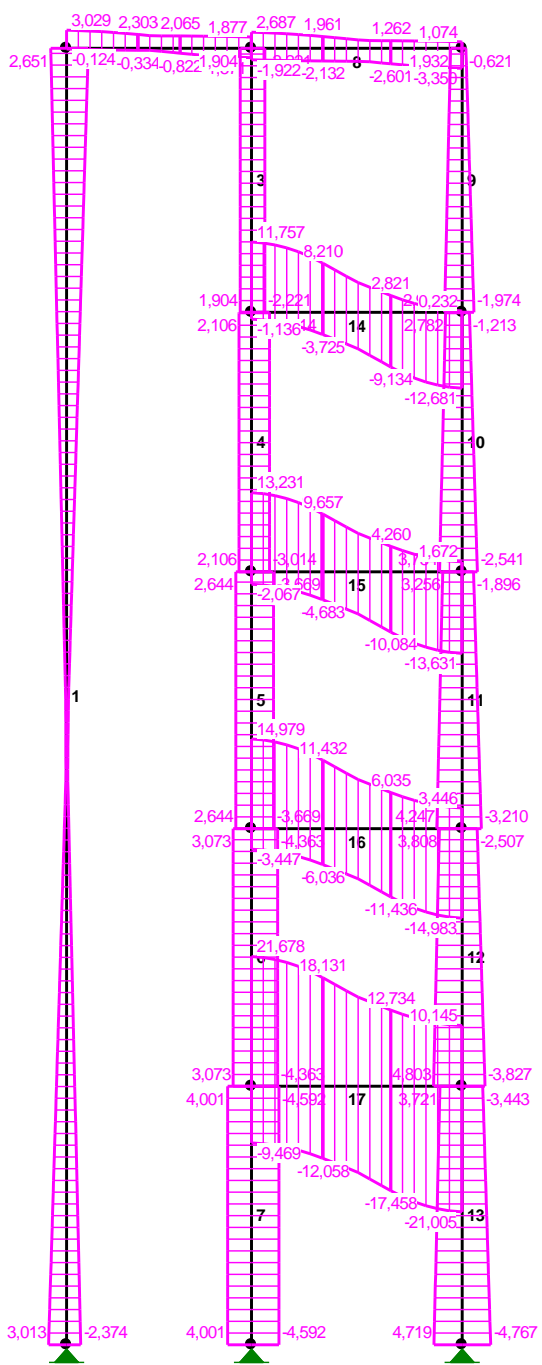
Nr:      Specyfikacja:

1            ZAWSZE            : A  
               EWENTUALNIE: B+C+D+E+F+G/H

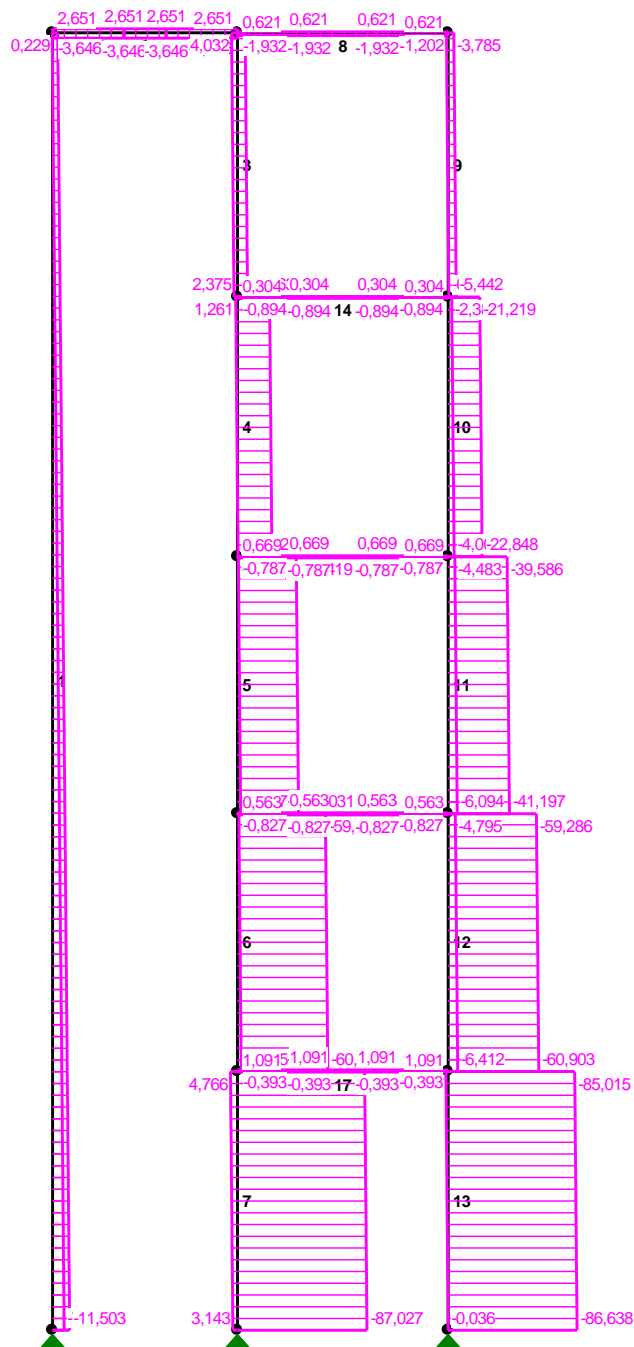
MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



NORMALNE-OBWIEDNIE:



**SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

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

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	6,186	<b>9,653*</b>	0,108	-6,557	AG
	7,070	<b>-7,934*</b>	0,129	-5,221	ABCDEFGH
	14,140	-4,614	<b>-3,646*</b>	-3,442	ABCDEFGG
	14,140	2,102	2,651	<b>0,229*</b>	AH
	0,000	0,000	2,993	<b>-11,503*</b>	ABCDEFGG
2	0,731	<b>2,184*</b>	0,012	2,636	AEFH
	0,000	<b>-4,614*</b>	3,029	-3,646	ABCDEFGG
	0,000	-4,614	<b>3,029*</b>	-3,646	ABCDEFGG
	2,020	1,368	-0,603	<b>2,651*</b>	AH
	0,000	2,102	-0,124	<b>2,651*</b>	AH
	0,000	-4,614	3,029	<b>-3,646*</b>	ABCDEFGG
	2,020	-0,636	0,910	<b>-3,646*</b>	ABCDEFGG

3	0,000	<b>3,345*</b>	-2,219	-6,625	ACEFH
	2,880	<b>-3,062*</b>	-2,217	-4,905	ABCDEFH
	0,000	3,345	<b>-2,221*</b>	-6,609	ABCFEH
	2,880	-3,051	<b>-2,221*</b>	-4,951	ABCFEH
	2,880	2,586	1,807	<b>4,032*</b>	ABCDEG
	0,000	3,153	-2,124	<b>-6,763*</b>	AFH
4	0,000	<b>4,216*</b>	-3,014	-19,837	ABDEH
	2,830	<b>-4,312*</b>	-3,014	-18,208	ABDEH
	0,000	4,216	<b>-3,014*</b>	-19,837	ABDEH
	2,830	-4,312	<b>-3,014*</b>	-18,208	ABDEH
	2,830	2,852	1,986	<b>1,261*</b>	ABCDG
	0,000	3,995	-2,894	<b>-23,151*</b>	AEFH
5	0,000	<b>5,103*</b>	-3,669	-35,050	ACDH
	2,800	<b>-5,170*</b>	-3,669	-33,439	ACDH
	0,000	5,103	<b>-3,669*</b>	-35,050	ACDH
	2,800	-5,170	<b>-3,669*</b>	-33,439	ACDH
	2,800	3,582	2,520	<b>-0,516*</b>	ABCG
	0,000	4,878	-3,546	<b>-41,031*</b>	ADEFH
6	0,000	<b>5,924*</b>	-4,363	-51,959	ABCH
	2,810	<b>-6,337*</b>	-4,363	-53,048	ABCEH
	0,000	5,922	<b>-4,363*</b>	-54,665	ABCEH
	2,810	-6,337	<b>-4,363*</b>	-53,048	ABCEH
	2,810	4,416	2,944	<b>-0,888*</b>	ABG
	0,000	5,687	-4,234	<b>-60,672*</b>	ACDEFH
7	2,820	<b>11,282*</b>	4,001	-6,681	ACDEFG
	2,820	<b>-12,951*</b>	-4,592	-73,957	ABH
	0,000	-0,000	<b>-4,592*</b>	-75,580	ABH
	2,820	-12,951	<b>-4,592*</b>	-73,957	ABH
	2,820	11,236	3,984	<b>4,766*</b>	AG
	0,000	-0,000	-4,576	<b>-87,027*</b>	ABCDEFH
8	0,000	<b>2,351*</b>	-1,922	-1,826	ABCDEG
	2,300	<b>-2,907*</b>	-3,350	-1,930	ABCDEFG
	2,300	-2,907	<b>-3,350*</b>	-1,930	ABCDEFG
	0,000	-1,410	1,486	<b>0,621*</b>	ADH
	2,300	1,517	1,060	<b>0,621*</b>	ADH
	2,300	-2,900	-3,336	<b>-1,932*</b>	ABCEFG
9	0,000	1,765	-0,721	<b>-1,932*</b>	ABCEFG
	2,880	<b>2,907*</b>	1,930	-3,785	ABCDEFG
	0,000	<b>-4,133*</b>	2,952	-5,428	ABCEFG
	0,000	-4,133	<b>2,952*</b>	-5,428	ABCEFG
	2,880	-1,524	-0,619	<b>1,202*</b>	AH
	0,000	-4,120	2,950	<b>-5,442*</b>	ABCDEFG
10	2,830	<b>4,437*</b>	2,782	-19,762	ABDEG
	0,000	<b>-4,853*</b>	3,784	-21,390	ABDEG
	0,000	-4,853	<b>3,784*</b>	-21,390	ABDEG
	2,830	-2,351	-1,194	<b>-2,380*</b>	AH
	0,000	-4,823	3,765	<b>-22,848*</b>	ABCDEFG
	2,800	<b>5,027*</b>	3,256	-36,701	ACDFG
11	0,000	<b>-5,478*</b>	4,247	-38,312	ACDFG
	0,000	-5,478	<b>4,247*</b>	-38,312	ACDFG
	2,800	-3,261	-1,871	<b>-4,483*</b>	AH
	0,000	-5,443	4,223	<b>-41,197*</b>	ABCDEFG
	2,810	<b>5,974*</b>	3,808	-56,435	ABCEFG
	0,000	<b>-6,126*</b>	4,803	-58,052	ABCEFG
12	0,000	-6,126	<b>4,803*</b>	-58,052	ABCEFG
	2,810	-4,371	-2,496	<b>-4,795*</b>	AH
	0,000	-6,117	4,791	<b>-60,903*</b>	ABCDEFG
	2,820	<b>11,901*</b>	3,721	-82,167	ABDEFG
	2,820	<b>-11,575*</b>	-3,443	-1,261	ACH
	0,000	-0,000	<b>-4,767*</b>	-2,884	ACH
13	2,820	-11,555	-3,436	<b>1,587*</b>	AH
	0,000	0,000	4,712	<b>-86,638*</b>	ABCDEFG
	0,000	<b>5,717*</b>	-1,129	0,193	ACG
	2,300	<b>-8,536*</b>	-12,667	0,167	ABDEFG
	2,300	-8,492	<b>-12,681*</b>	0,076	ABCDEG
	2,300	-8,046	-10,788	<b>0,304*</b>	ABCFG

	0,000	5,649	-1,121	<b>0,304*</b>	ABCFG
	0,000	-7,526	11,741	<b>-0,894*</b>	ADEH
	1,764	4,613	0,112	<b>-0,894*</b>	ADEH
15	0,000	<b>6,634*</b>	-2,061	0,538	ABFG
	2,300	<b>-9,821*</b>	-13,630	0,519	ACDEFG
	2,300	-9,815	<b>-13,631*</b>	0,534	ABCDEFGF
	2,300	-9,326	-11,746	<b>0,669*</b>	ABEG
	0,000	6,558	-2,051	<b>0,669*</b>	ABEG
	0,000	-9,253	13,215	<b>-0,787*</b>	ACDFH
	2,154	5,701	-0,022	<b>-0,787*</b>	ACDFH
16	2,300	<b>8,192*</b>	3,442	-0,705	AEH
	2,300	<b>-11,395*</b>	-14,979	0,440	ABCDGF
	2,300	-11,392	<b>-14,983*</b>	0,426	ABCDEFGF
	2,300	-11,334	-14,978	<b>0,563*</b>	ACDFG
	0,000	7,704	-1,577	<b>0,563*</b>	ACDFG
	0,000	-10,901	13,108	<b>-0,827*</b>	ABEH
	2,300	8,131	3,441	<b>-0,827*</b>	ABEH
17	2,300	<b>16,054*</b>	10,141	-0,393	ADH
	0,000	<b>-18,851*</b>	21,676	-0,221	ABCH
	0,000	-18,794	<b>21,678*</b>	-0,332	ABH
	2,300	-17,979	-20,982	<b>1,091*</b>	ABCEG
	0,000	14,867	-7,580	<b>1,091*</b>	ABCEG
	0,000	-18,366	19,789	<b>-0,393*</b>	ADFH
	2,300	16,031	10,122	<b>-0,393*</b>	ADFH

\* = Wartości ekstremalne

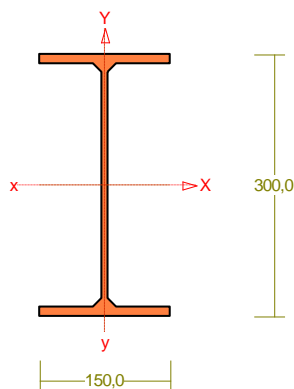
**REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	<b>2,374*</b>	9,252	9,552		ABCDEFGH
	<b>-3,013*</b>	10,084	10,524		AG
	-2,993	<b>11,503*</b>	11,886		ABCDEFGF
	2,354	<b>7,833*</b>	8,179		AH
	-2,993	11,503	<b>11,886*</b>		ABCDEFGF
8	<b>4,592*</b>	75,580	75,720		ABH
	<b>-4,001*</b>	8,304	9,217		ACDEFG
	4,576	<b>87,027*</b>	87,147		ABCDEFGH
	-3,984	<b>-3,143*</b>	5,075		AG
	4,576	87,027	<b>87,147*</b>		ABCDEFGH
14	<b>4,767*</b>	2,884	5,571		ACH
	<b>-4,719*</b>	83,790	83,923		ABDEFG
	-4,712	<b>86,638*</b>	86,766		ABCDEFGF
	4,760	<b>0,036*</b>	4,760		AH
	-4,712	86,638	<b>86,766*</b>		ABCDEFGF

\* = Wartości ekstremalne

## Pręt nr 1 – Słup

Przekrój: I 300 PE



Wymiary przekroju:

I 300 PE  $h=300,0$   $g=7,1$   $s=150,0$   $t=10,7$   $r=15,0$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_xg=8360,0$   $J_yg=604,0$   $A=53,80$   $i_x=12,5$   $i_y=3,4$

$J_w=125934,1$   $J_t=18,8$   $i_s=12,9$ .

Materiał: **S235JR**. Wytrzymałość **fd=215 MPa** dla **g=10,7**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 2.

### Siły przekrojowe:

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AG**

$M_x = -9,653$  kNm,  $V_y = 0,108$  kN,  $N = -6,557$  kN,

### Naprężenia:

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 16,1$  MPa  $\sigma_c = -18,5$  MPa.

Naprężenia:

- normalne:  $\sigma = -1,2$   $\Delta\sigma = 17,3$  MPa  $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y:  $A_v = 21,30$  cm<sup>2</sup>  $\tau = 0,1$  MPa  $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 1,2 / 1,000 + 17,3 = 18,5 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 0,1 / 1,000 = 0,1 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{18,5^2 + 3 \times 0,1^2} = 18,5 < 215 \text{ MPa}$$

### Nośność elementów rozciąganych:

Siała osiowa:  $N = -10,084$  kN.

Pole powierzchni przekroju:  $A = 53,80$  cm<sup>2</sup>.

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A f_d = 53,80 \times 215 \times 10^{-1} = 1156,700$  kN.

Warunek nośności:  $N = 10,084 < 1156,700 = N_{Rt}$

### Długości wyboczeniowe pręta:

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

$\kappa_a = 1,000$   $\kappa_b = 0,300$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 0,763$  dla  $l_o = 14,140$

$$l_w = 0,763 \times 14,140 = 10,789 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$\kappa_a = 1,000$   $\kappa_b = 1,000$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 1,000$  dla  $l_o = 3,000$

$$l_w = 1,000 \times 3,000 = 3,000 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega o} = 14,140$  m. Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 14,140$  m.

### Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 8360,0}{10,789^2} 10^{-2} = 1453,155 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 604,0}{3,000^2} 10^{-2} = 1357,838 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\square}}{l_{\square}^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{12,9^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 125934,1}{14,140^2} 10^{-2} + 80 \times 18,8 \times 10^2 \right) = 981,183 \text{ kN}$$

### Nośność przekroju na ściskanie:

$$N_{RC} = A f_d = 53,8 \times 215 \times 10^{-1} = 1156,700 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\begin{aligned} - \text{ dla } N_x \quad \bar{\lambda} &= 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{1156,700 / 1453,155} = 1,026 \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,689 \\ - \text{ dla } N_y \quad \bar{\lambda} &= 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{1156,700 / 1357,838} = 1,061 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,609 \\ - \text{ dla } N_z \quad \bar{\lambda} &= 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{1156,700 / 981,183} = 1,249 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,437 \end{aligned}$$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,437$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{10,084}{0,437 \times 1156,700} = 0,020 < 1$$

### Zwicherungie:

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem  $l_1 = l_{\text{ow}} = 14140 \text{ mm}$ :

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 33}{0,400} \times \sqrt{215 / 215} = 2931 < 14140 = l_1$$

Konieczne jest sprawdzenie zwicherungia pręta.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 15,00 \text{ cm}$ . Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = (-15,00) \text{ cm}$ . Przyjęto następujące wartości parametrów zwicherungia:  $A_1 = 0,610$ ,  $A_2 = 0,530$ ,  $B = 1,140$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,610 \times 0,00 + 0,530 \times (-15,00) = -7,950$$

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

$$(-0,079) \times 1357,838 + \sqrt{(-0,079 \times 1357,838)^2 + 1,140^2 \times 0,129^2 \times 1357,838 \times 981,183} = 93,302$$

Smukłość względna dla zwicherungia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{119,827 / 93,302} = 1,303$$

### Nośność przekroju na zginanie:

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 557,3 \times 215 \times 10^{-3} = 119,827 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwicherungia dla  $\bar{\lambda}_L = 1,303$  wynosi  $\varphi_L = 0,536$

Warunek nośności:

$$\frac{N}{N_{RC}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{6,557}{1156,700} + \frac{9,653}{0,536 \times 119,827} = 0,156 < 1$$

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

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = -9,664 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{RC}} = 1,25 \times 0,689 \times 1,026^2 \times \frac{1,000 \times 9,664}{119,827} \times \frac{10,084}{1156,700} = 0,001$$

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

Warunki nośności:

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{10,084}{0,689 \times 1156,700} + \frac{1,000 \times 9,664}{0,536 \times 119,827} = 0,163 < 0,999 = 1 - 0,001$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{10,084}{0,609 \times 1156,700} + \frac{1,000 \times 9,664}{0,536 \times 119,827} = 0,165 < 1,000 = 1 - 0,000$$

### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y wynoszą:

$$a_{\max} = 13,2 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = l / 500 = 14140 / 500 = 28,3 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 13,2 < 28,3 = a_{gr}$$

Przemieszczenie poziome węzła znajdującego się na wysokości  $h = 14,140 \text{ m}$  wynosi:

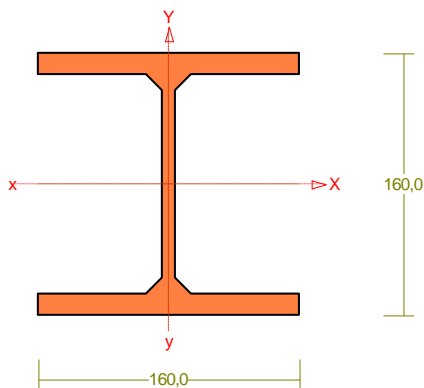
$$u = 10,5 \text{ mm}$$

$$u_{gr} = h / 500 = 14140 / 500 = 28,3 \text{ mm}$$

$$u = 10,5 < 28,3 = u_{gr}$$

### Pręt nr 9 – Słup

Przekrój: I 160 HEB



Wymiary przekroju:

I 160 HEB  $h=160,0$   $g=8,0$   $s=160,0$   $t=13,0$   $r=15,0$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=2490,0$   $J_{yg}=889,0$   $A=54,30$   $i_x=6,8$   $i_y=4,0$

$J_w=47943,2$   $J_t=31,1$   $i_s=7,9$ .

Materiał: **S235JR**. Wytrzymałość **fd=215 MPa** dla **g=13,0**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

### Siły przekrojowe:

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABCDEG**

$$M_x = 4,065 \text{ kNm}, \quad V_y = 2,846 \text{ kN}, \quad N = -3,989 \text{ kN},$$

### Naprężenia:

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 12,3 \text{ MPa}$   $\sigma_c = -13,8 \text{ MPa}$ .

Naprężenia:

$$\text{- normalne: } \sigma = -0,7 \quad \Delta\sigma = 13,1 \text{ MPa } \psi_{oc} = 1,000$$

$$\text{- ścinanie wzdłuż osi Y: } A_v = 12,80 \text{ cm}^2 \quad \tau = 2,2 \text{ MPa} \quad \psi_{ov} = 1,000$$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,7 / 1,000 + 13,1 = 13,8 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 2,2 / 1,000 = 2,2 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{13,8^2 + 3 \times 0,0^2} = 13,8 < 215 \text{ MPa}$$



**Nośność elementów rozciąganych:**

Siała osiowa:  $N = -3,989 \text{ kN}$ .

Pole powierzchni przekroju:  $A = 54,30 \text{ cm}^2$ .

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A f_d = 54,30 \times 215 \times 10^{-1} = 1167,450 \text{ kN}$ .

Warunek nośności:  $N = 3,989 < 1167,450 = N_{Rt}$

**Długości wyboczeniowe pręta:**

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

$$\kappa_a = 0,300 \quad \kappa_b = 0,543 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 1,366 \quad \text{dla } l_o = 2,880$$

$$l_w = 1,366 \times 2,880 = 3,934 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 2,880$$

$$l_w = 1,000 \times 2,880 = 2,880 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_{\omega} = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega} = 2,880 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_{\omega} = 2,880 \text{ m}$ .

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 2490,0}{3,934^2} 10^{-2} = 3255,117 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 889,0}{2,880^2} 10^{-2} = 2168,555 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\omega}}{l_{\omega}^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{7,9^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 47943,2}{2,880^2} 10^{-2} + 80 \times 31,1 \times 10^2 \right) = 5881,659 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na ściskanie:**

$$N_{RC} = A f_d = 54,3 \times 215 \times 10^{-1} = 1167,450 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{1167,450 / 3255,117} = 0,689 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,847$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{1167,450 / 2168,555} = 0,844 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,654$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{1167,450 / 5881,659} = 0,512 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,859$$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,654$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{3,989}{0,654 \times 1167,450} = 0,005 < 1$$

**Zwichrzenie:**

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem  $l_1 = l_{\omega} = 2880 \text{ mm}$ :

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 41}{0,400} \times \sqrt{215 / 215} = 3544 > 2880 = l_1$$

Nie jest konieczne sprawdzenie zwichrzenia pręta.

**Nośność przekroju na zginanie:**

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 311,3 \times 215 \times 10^{-3} = 66,919 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności:

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{3,989}{1167,450} + \frac{4,065}{1,000 \times 66,919} = 0,064 < 1$$

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

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 4,065 \text{ kNm} \quad \beta_x = 0,902$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,847 \times 0,689^2 \frac{0,902 \times 4,065}{66,919} \times \frac{3,989}{1167,450} = 0,000$$

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

Warunki nośności:

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{3,989}{0,847 \times 1167,450} + \frac{0,902 \times 4,065}{1,000 \times 66,919} = 0,059 < 1,000 = 1 - 0,000$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{3,989}{0,654 \times 1167,450} + \frac{0,902 \times 4,065}{1,000 \times 66,919} = 0,060 < 1,000 = 1 - 0,000$$

### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y wynoszą:

$$a_{\max} = 10,5 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = l / 250 = 2880 / 250 = 11,5 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 10,5 < 11,5 = a_{gr}$$

Przemieszczenie poziome węzła znajdującego się na wysokości  $h = 11,260 \text{ m}$  wynosi:

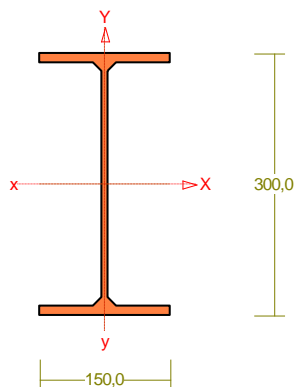
$$u = 9,2 \text{ mm}$$

$$u_{gr} = h / 500 = 11260 / 500 = 22,5 \text{ mm}$$

$$u = 9,2 < 22,5 = u_{gr}$$

## Pręt nr 17 – Rygiel

Przekrój: I 300 PE



Wymiary przekroju:

I 300 PE  $h=300,0$   $g=7,1$   $s=150,0$   $t=10,7$   $r=15,0$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=8360,0$   $J_{yg}=604,0$   $A=53,80$   $i_x=12,5$   $i_y=3,4$

$J_w=125934,1$   $J_t=18,8$   $i_s=12,9$ .

Materiał: **S235JR**. Wytrzymałość **fd=215 MPa** dla **g=10,7**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

### Siły przekrojowe:

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABCH**

$$M_x = 18,851 \text{ kNm}, \quad V_y = 21,676 \text{ kN}, \quad N = -0,221 \text{ kN},$$

### Naprężenia:

Napężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 33,8 \text{ MPa}$   $\sigma_c = -33,9 \text{ MPa}$ .

Napężenia:

- normalne:  $\sigma = -0,0$   $\Delta\sigma = 33,8 \text{ MPa}$   $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y:  $A_v = 21,30 \text{ cm}^2$   $\tau = 10,2 \text{ MPa}$   $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 33,8 = 33,9 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 10,2 / 1,000 = 10,2 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{33,9^2 + 3 \times 10,2^2} = 33,9 < 215 \text{ MPa}$$

### Nośność elementów rozciąganych:

Siała osiowa:  $N = -0,221 \text{ kN}$ .

Pole powierzchni przekroju:  $A = 53,80 \text{ cm}^2$ .

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A f_d = 53,80 \times 215 \times 10^{-1} = 1156,700 \text{ kN}$ .

Warunek nośności:  $N = 0,221 < 1156,700 = N_{Rt}$

### Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\kappa_a = 0,540 \quad \kappa_b = 0,540 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,704 \quad \text{dla } l_o = 2,300$$
$$l_w = 0,704 \times 2,300 = 1,619 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 2,300$$
$$l_w = 1,000 \times 2,300 = 2,300 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_{\omega} = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega o} = 2,300 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_{\omega} = 2,300 \text{ m}$ .

### Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 8360,0}{1,619^2} 10^{-2} = 64514,731 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 604,0}{2,300^2} 10^{-2} = 2310,122 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\omega}}{l_{\omega}^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{12,9^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 125934,1}{2,300^2} 10^{-2} + 80 \times 18,8 \times 10^2 \right) = 3795,521 \text{ kN}$$

### Nośność przekroju na ściskanie:

$$N_{RC} = A f_d = 53,8 \times 215 \times 10^{-1} = 1156,700 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{1156,700 / 64514,731} = 0,154 \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 1,000$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{1156,700 / 2310,122} = 0,814 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,771$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{1156,700 / 3795,521} = 0,635 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,785$$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,771$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{0,221}{0,771 \times 1156,700} = 0,000 < 1$$

### Zwichrzenie:

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem  $l_1 = l_{\omega o} = 2300$

mm:

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 33}{0,400} \times \sqrt{215 / 215} = 2931 > 2300 = l_I$$

Nie jest konieczne sprawdzenie zwijczenia pręta.

### Nośność przekroju na zginanie:

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 557,3 \times 215 \times 10^{-3} = 119,827 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności:

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{0,221}{1156,700} + \frac{18,851}{1,000 \times 119,827} = 0,158 < 1$$

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

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 18,851 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 1,000 \times 0,154^2 \frac{1,000 \times 18,851}{119,827} \times \frac{0,221}{1156,700} = 0,000$$

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

Warunki nośności:

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{0,221}{1,000 \times 1156,700} + \frac{1,000 \times 18,851}{1,000 \times 119,827} = 0,158 < 1,000 = 1 - 0,000$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{0,221}{0,771 \times 1156,700} + \frac{1,000 \times 18,851}{1,000 \times 119,827} = 0,158 < 1,000 = 1 - 0,000$$

### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y wynoszą:

$$a_{\max} = 0,2 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = l / 350 = 2300 / 350 = 6,6 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,2 < 6,6 = a_{gr}$$

**Przyjęte przekroje słupów z dwuteowników HEB160 i IPE300 oraz przekroje belek IPE300 i HEA160 w ramie podłużnej dobudowy spełniają warunki stanów granicznych nośności i stanów granicznych użytkowania. Przekroje te wynikają z warunków przemieszczeń elementów ramy i możliwości zabezpieczenia profili do RE120 przez pomalowanie odpowiednimi zestawami powłok.**

## 2. 2. Obliczenie ramy stalowej poprzecznej środkowej dobudowy R3.

**Obciążenie wiatrem jako obciążenie wiodące.**

ciężar własny +

$$\text{obc. stałe dach char.} - 0,15 \text{ kN/m}^2 \times 1,56 \text{ m} \times 0,5 \times 2 = 0,24 \text{ kN/m}$$

$$\text{obc. stałe dach char.} - 0,12 \text{ kN/m} \times (2,3 \text{ m} + 0,74 \text{ m}) \times 0,5 \times 0,5 = 0,09 \text{ kN}$$

$$\text{obc. stałe dach char.} - 0,12 \text{ kN/m} \times (2,02 \text{ m} + 0,46 \text{ m}) \times 0,5 \times 0,5 = 0,075 \text{ kN}$$

$$\text{współczynnik obciążenia } \gamma_G = 1,35$$

$$\text{obc. stałe strop przedsionka char.} - 5,22 \text{ kN/m}^2 \times 1,56 \text{ m} \times 0,5 = 4,072 \text{ kN/m}$$

$$\text{obc. stałe strop przedsionka char.} - 5,22 \text{ kN/m}^2 \times 0,24 \text{ m} = 1,25 \text{ kN/m}$$

obc. stałe strop przedsionka char. -  $4,072 \text{ kN/m} \times (2,3\text{m} + 0,74\text{m}) \times 0,5 \times 0,5 = 3,09 \text{ kN}$   
 współczynnik obciążenia  $\gamma_G = 1,35$   
 obc. zmienne wiatr dach H( ssanie ) char. -  $-0,256 \text{ kN/m}^2 \times 1,56\text{m} \times 0,5 \times 2 = -0,39 \text{ kN/m}$   
 obc. zmienne wiatr dach H( ssanie ) char. -  $-0,195 \text{ kN/m} \times (2,3\text{m} + 0,74\text{m}) \times 0,5 \times 0,5 = -0,15 \text{ kN}$   
 obc. zmienne wiatr dach H( ssanie ) char. -  $-0,195 \text{ kN/m} \times (2,02\text{m} + 0,46\text{m}) \times 0,5 \times 0,5 = -0,12 \text{ kN}$   
 obc. zmienne wiatr dach ( parcie wew. ) char. -  $-0,10 \text{ kN/m}^2 \times 1,56\text{m} \times 0,5 \times 2 = -0,156 \text{ kN/m}$   
 obc. zmienne wiatr dach ( parcie wew. ) char. -  $-0,078 \text{ kN/m} \times (2,3\text{m} + 0,74\text{m}) \times 0,5 \times 0,5 = -0,06 \text{ kN}$   
 obc. zmienne wiatr dach ( parcie wew. ) char. -  $-0,078 \text{ kN/m} \times (2,02\text{m} + 0,46\text{m}) \times 0,5 \times 0,5 = -0,05 \text{ kN}$

współczynnik obciążenia  $\gamma_{Q,1} = 1,50$

obc. zmienne wiatr ściany ( parcie ) char. -  $0,255 \text{ kN/m}^2 \times 4,78\text{m} \times 0,5 = 0,609 \text{ kN/m}$   
 obc. zmienne wiatr ściany ( parcie ) char. -  $0,313 \text{ kN/m}^2 \times 4,78\text{m} \times 0,5 = 0,748 \text{ kN/m}$   
 obc. zmienne wiatr ściany ( parcie ) char. -  $0,351 \text{ kN/m}^2 \times 4,78\text{m} \times 0,5 = 0,839 \text{ kN/m}$   
 obc. zmienne wiatr ściany ( ssanie ) char. -  $-0,110 \text{ kN/m}^2 \times 4,78\text{m} \times 0,5 = -0,263 \text{ kN/m}$   
 obc. zmienne wiatr ściany ( ssanie ) char. -  $-0,135 \text{ kN/m}^2 \times 4,78\text{m} \times 0,5 = -0,323 \text{ kN/m}$   
 obc. zmienne wiatr ściany ( ssanie ) char. -  $-0,151 \text{ kN/m}^2 \times 4,78\text{m} \times 0,5 = -0,361 \text{ kN/m}$

współczynnik obciążenia  $\gamma_{Q,1} = 1,50$

obc. zmienne śnieg char. –  
 $0,5 \times 0,72 \text{ kN/m}^2 \times 1,56\text{m} \times 0,5 \times 2 = 0,5 \times 1,844 \text{ kN/m} = 0,922 \text{ kN/m}$   
 $0,461 \text{ kN/m} \times (2,3\text{m} + 0,74\text{m}) \times 0,5 \times 0,5 = 0,35 \text{ kN}$   
 $0,461 \text{ kN/m} \times (2,02\text{m} + 0,46\text{m}) \times 0,5 \times 0,5 = 0,286 \text{ kN}$   
 $0,5 \times (1,28 \text{ kN/m}^2 + 0,88 \text{ kN/m}^2) \times 0,5 \times 1,56\text{m} \times 0,5 \times 2 = 0,5 \times 1,68 \text{ kN/m} = 0,84 \text{ kN/m}$   
 $0,42 \text{ kN/m} \times (2,3\text{m} + 0,74\text{m}) \times 0,5 \times 0,5 = 0,32 \text{ kN}$   
 $0,42 \text{ kN/m} \times (2,02\text{m} + 0,46\text{m}) \times 0,5 \times 0,5 = 0,26 \text{ kN}$

współczynnik obciążenia  $\gamma_{Q,2} = 1,50$

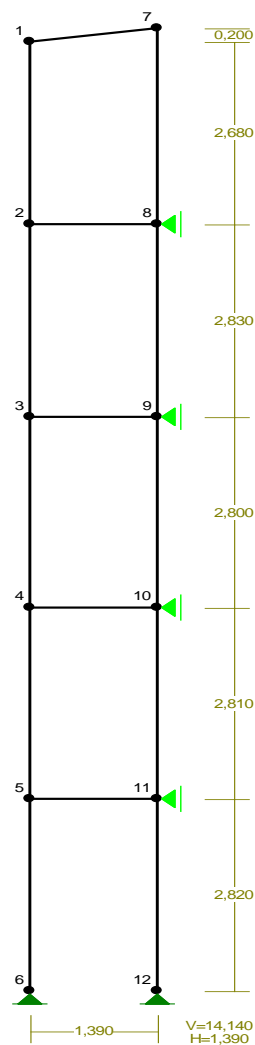
współczynnik  $\Psi_{0,2} = 0,50$

obc. zmienne strop przedsionka char. –  $0,7 \times 3,0 \text{ kN/m}^2 \times 1,56\text{m} \times 0,5 = 1,638 \text{ kN/m}$   
 obc. zmienne strop przedsionka char. –  $0,7 \times 3,0 \text{ kN/m}^2 \times 0,24\text{m} = 0,504 \text{ kN/m}$   
 obc. zmienne strop przedsionka char. -  $1,638 \text{ kN/m} \times (2,3\text{m} + 0,74\text{m}) \times 0,5 \times 0,5 = 1,25 \text{ kN}$

współczynnik obciążenia  $\gamma_{Q,3} = 1,50$

współczynnik  $\Psi_{0,3} = 0,70$

SCHEMAT STATYCZNY:

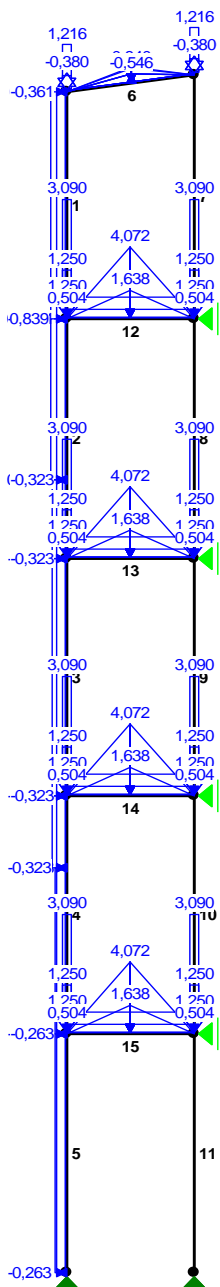


# **PRĘTY UKŁADU:**

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

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	2	1	0,000	2,680	2,680	1,000	3 I 160 HEB
2	00	3	2	0,000	2,830	2,830	1,000	3 I 160 HEB
3	00	4	3	0,000	2,800	2,800	1,000	3 I 160 HEB
4	00	5	4	0,000	2,810	2,810	1,000	3 I 160 HEB
5	00	6	5	0,000	2,820	2,820	1,000	3 I 160 HEB
6	00	1	7	1,390	0,200	1,404	1,000	1 I 160 HEA
7	00	8	7	0,000	2,880	2,880	1,000	3 I 160 HEB
8	00	9	8	0,000	2,830	2,830	1,000	3 I 160 HEB
9	00	10	9	0,000	2,800	2,800	1,000	3 I 160 HEB
10	00	11	10	0,000	2,810	2,810	1,000	3 I 160 HEB
11	00	12	11	0,000	2,820	2,820	1,000	3 I 160 HEB
12	00	2	8	1,390	0,000	1,390	1,000	2 I 300 PE
13	00	3	9	1,390	0,000	1,390	1,000	2 I 300 PE
14	00	4	10	1,390	0,000	1,390	1,000	2 I 300 PE
15	00	5	11	1,390	0,000	1,390	1,000	2 I 300 PE

OBCIĄŻENIA:



**OBCIĄŻENIA:**

( [kN] , [kNm] , [kN/m] )

Pręt:	Rodzaj:	Kat:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	A	""		Stałe	$\gamma_f = 1,35$	
6	Trapezowe	0,0	0,240		0,71	0,71
6	Skupione	0,0	0,165		0,00	
6	Skupione	0,0	0,165		1,40	
12	Trapezowe	0,0	4,072		0,69	0,69
12	Skupione	0,0	3,090		0,00	
12	Skupione	0,0	3,090		1,39	
12	Linowe	0,0	1,250	1,250	0,00	1,39
13	Trapezowe	0,0	4,072		0,69	0,69
13	Skupione	0,0	3,090		0,00	
13	Skupione	0,0	3,090		1,39	
13	Linowe	0,0	1,250	1,250	0,00	1,39
14	Trapezowe	0,0	4,072		0,69	0,69
14	Skupione	0,0	3,090		0,00	
14	Skupione	0,0	3,090		1,39	
14	Linowe	0,0	1,250	1,250	0,00	1,39
15	Trapezowe	0,0	4,072		0,69	0,69

15	Skupione	0,0	3,090		0,00	
15	Skupione	0,0	3,090		1,39	
15	Liniowe	0,0	1,250	1,250	0,00	1,39
Grupa: B ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
15	Trapezowe	0,0	1,638		0,69	0,69
15	Skupione	0,0	1,250		0,00	
15	Skupione	0,0	1,250		1,39	
15	Liniowe	0,0	0,504	0,504	0,00	1,39
Grupa: C ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
14	Trapezowe	0,0	1,638		0,69	0,69
14	Skupione	0,0	1,250		0,00	
14	Skupione	0,0	1,250		1,39	
14	Liniowe	0,0	0,504	0,504	0,00	1,39
Grupa: D ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
13	Trapezowe	0,0	1,638		0,69	0,69
13	Skupione	0,0	1,250		0,00	
13	Skupione	0,0	1,250		1,39	
13	Liniowe	0,0	0,504	0,504	0,00	1,39
Grupa: E ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
12	Trapezowe	0,0	1,638		0,69	0,69
12	Skupione	0,0	1,250		0,00	
12	Skupione	0,0	1,250		1,39	
12	Liniowe	0,0	0,504	0,504	0,00	1,39
Grupa: F "śnieg"				Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
6	Trapezowe	0,0	0,922		0,71	0,71
6	Skupione	0,0	1,216		0,00	
6	Skupione	0,0	1,216		1,40	
6	Trapezowe	0,0	0,840		0,71	0,71
Grupa: G "wiatr1"				Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	90,0	0,839	0,839	0,00	2,68
2	Liniowe	90,0	0,748	0,748	0,00	0,93
2	Liniowe	90,0	0,839	0,839	0,93	2,83
3	Liniowe	90,0	0,748	0,748	0,00	2,80
4	Liniowe	90,0	0,609	0,609	0,00	1,96
4	Liniowe	90,0	0,748	0,748	1,96	2,81
5	Liniowe	90,0	0,609	0,609	0,00	2,82
6	Trapezowe	0,0	-0,546		0,71	0,71
6	Skupione	0,0	-0,380		0,00	
6	Skupione	0,0	-0,380		1,40	
Grupa: H "wiatr2"				Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	90,0	-0,361	-0,361	0,00	2,68
2	Liniowe	90,0	-0,361	-0,361	0,93	2,83
2	Liniowe	90,0	-0,323	-0,323	0,00	0,93
3	Liniowe	90,0	-0,323	-0,323	0,00	2,80
4	Liniowe	90,0	-0,263	-0,263	0,00	1,96
4	Liniowe	90,0	-0,323	-0,323	1,96	2,81
5	Liniowe	90,0	-0,263	-0,263	0,00	2,82
6	Trapezowe	0,0	-0,546		0,71	0,71
6	Skupione	0,0	-0,380		0,00	
6	Skupione	0,0	-0,380		1,40	

=====

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

=====

**KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:**

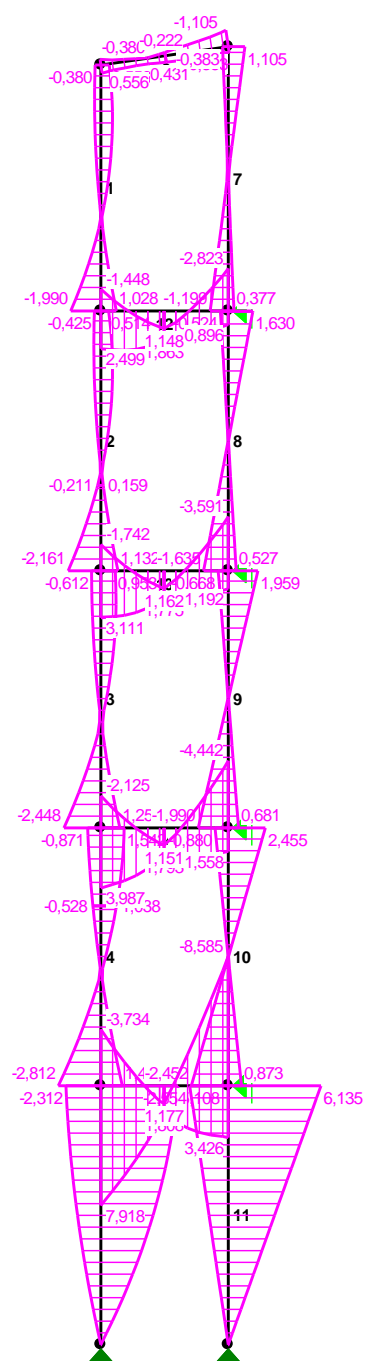
Nr:      Specyfikacja:

1      ZAWSZE      : A  
EWENTUALNIE: B+C+D+E+F+G/H

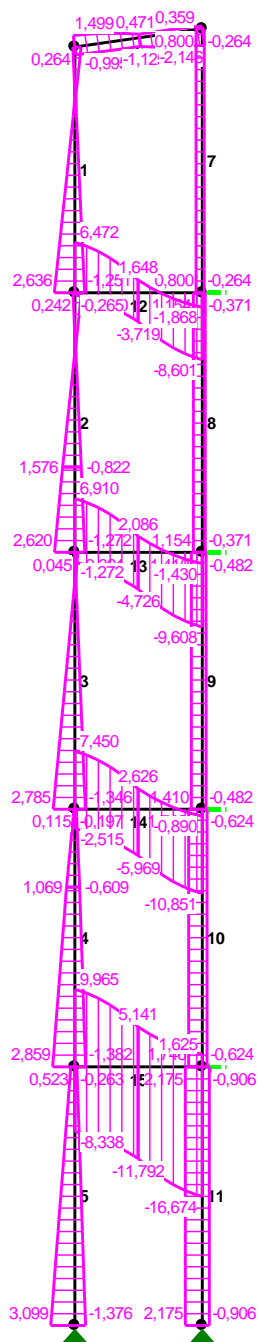
-----



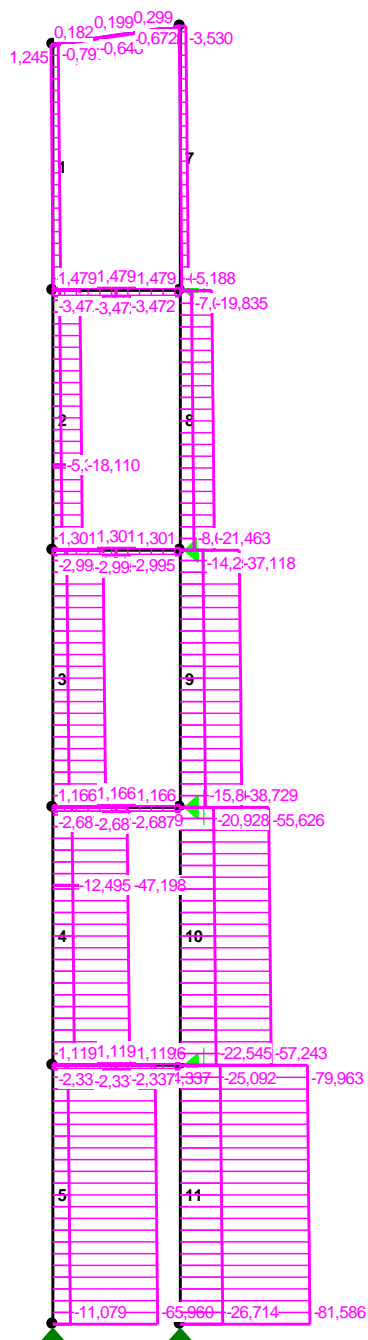
MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



NORMALNE-OBWIEDNIE:



**SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

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

Pręt: x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:	
1	0,000	<b>1,028*</b>	-1,251	-4,503	ACEFH
	0,000	<b>-1,990*</b>	2,636	-0,298	ADG
	0,000	-1,990	<b>2,636*</b>	-0,298	ADG
	2,680	0,556	-0,736	<b>1,245*</b>	ABDG
	0,000	0,153	-0,116	<b>-4,925*</b>	ACEF
2	0,000	<b>1,132*</b>	-1,272	-15,896	ABDEH
	0,000	<b>-2,161*</b>	2,620	-8,586	ACFG
	0,000	-2,161	<b>2,620*</b>	-8,586	ACFG
	2,830	0,495	-0,833	<b>-4,209*</b>	ACDG
	0,000	1,099	-1,254	<b>-18,645*</b>	ABEFH
3	0,000	<b>1,257*</b>	-1,346	-29,956	ACDFH
	0,000	<b>-2,448*</b>	2,785	-13,605	ABEG
	0,000	-2,448	<b>2,785*</b>	-13,605	ABEG
	2,800	0,937	-0,374	<b>-8,737*</b>	ABCG

	0,000	1,225	-1,329	<b>-33,213*</b>	ADEFH
4	2,810	<b>1,542*</b>	0,115	-15,262	ADG
	0,000	<b>-2,812*</b>	2,859	-16,879	ADG
	0,000	-2,812	<b>2,859*</b>	-16,879	ADG
	2,810	1,525	0,098	<b>-12,005*</b>	ABG
	0,000	1,390	-1,365	<b>-48,326*</b>	ACDEFH
5	2,820	<b>5,108*</b>	0,523	-15,968	ACEG
	2,820	<b>-2,312*</b>	-0,263	-57,825	ABDFH
	0,000	-0,000	<b>3,099*</b>	-20,847	ACDEG
	2,820	5,107	0,523	<b>-9,456*</b>	AG
	0,000	0,000	-1,376	<b>-65,960*</b>	ABCDEFH
6	0,000	<b>0,556*</b>	-0,993	-0,601	ADG
	1,404	<b>-1,105*</b>	-2,146	-0,500	ACEFG
	1,404	-1,105	<b>-2,146*</b>	-0,500	ACEFG
	1,404	0,289	-0,565	<b>0,299*</b>	ABDFH
	0,000	0,455	-0,082	<b>-0,797*</b>	ABCEFG
7	2,880	<b>1,105*</b>	0,800	-3,530	ABCEFG
	0,000	<b>-1,199*</b>	0,800	-5,187	ABCEFG
	2,880	1,105	<b>0,800*</b>	-3,530	ABCEFG
	0,000	-1,199	<b>0,800*</b>	-5,187	ABCEFG
	2,880	-0,371	-0,249	<b>0,672*</b>	ABEH
	0,000	-1,168	0,785	<b>-5,188*</b>	ACDFG
8	2,830	<b>1,630*</b>	1,154	-17,080	ABDEG
	0,000	<b>-1,635*</b>	1,154	-18,708	ABDEG
	2,830	1,630	<b>1,154*</b>	-17,080	ABDEG
	0,000	-1,635	<b>1,154*</b>	-18,708	ABDEG
	2,830	-0,519	-0,369	<b>-7,025*</b>	AH
	0,000	-1,632	1,151	<b>-21,463*</b>	ABCDEFH
9	2,800	<b>1,959*</b>	1,410	-33,865	ACDFG
	0,000	<b>-1,990*</b>	1,410	-35,477	ACDFG
	2,800	1,959	<b>1,410*</b>	-33,865	ACDFG
	0,000	-1,990	<b>1,410*</b>	-35,477	ACDFG
	2,800	-0,666	-0,480	<b>-14,255*</b>	AH
	0,000	-1,988	1,409	<b>-38,729*</b>	ABCDEFH
10	2,810	<b>2,455*</b>	1,746	-49,619	ABCEG
	0,000	<b>-2,452*</b>	1,746	-51,236	ABCEG
	2,810	2,455	<b>1,746*</b>	-49,619	ABCEG
	0,000	-2,452	<b>1,746*</b>	-51,236	ABCEG
	2,810	-0,878	-0,623	<b>-20,928*</b>	AH
	0,000	-2,451	1,745	<b>-57,243*</b>	ABCDEFH
11	2,820	<b>6,135*</b>	2,175	-73,956	ABDEG
	2,820	<b>-2,554*</b>	-0,906	-31,099	ACFH
	2,820	6,135	<b>2,175*</b>	-73,956	ABDEG
	0,000	-0,000	<b>2,175*</b>	-75,579	ABDEG
	2,820	-2,553	-0,905	<b>-25,092*</b>	AH
	0,000	0,000	2,175	<b>-81,586*</b>	ABCDEFH
12	0,259	<b>2,594*</b>	-0,045	-3,454	ACEG
	1,390	<b>-2,823*</b>	-8,601	-3,421	ABDEFG
	1,390	-2,823	<b>-8,601*</b>	-3,421	ABCDEFH
	0,000	-1,373	5,086	<b>1,479*</b>	ACFH
	0,909	1,347	0,123	<b>1,479*</b>	ACFH
	1,390	-2,781	-8,596	<b>-3,472*</b>	ABDEG
	0,259	2,580	-0,045	<b>-3,472*</b>	ABDEG
13	0,000	<b>3,111*</b>	-1,272	-2,976	ABFG
	1,390	<b>-3,591*</b>	-9,608	-2,975	ACDEG
	1,390	-3,591	<b>-9,608*</b>	-2,975	ABCDEG
	0,000	-1,665	5,529	<b>1,301*</b>	ABEH
	0,996	1,485	0,068	<b>1,301*</b>	ABEH
	1,390	-3,576	-9,608	<b>-2,995*</b>	ACDFG
	0,043	3,036	-0,031	<b>-2,995*</b>	ACDFG
14	0,000	<b>3,987*</b>	-2,515	-2,670	AEG
	1,390	<b>-4,442*</b>	-10,851	-2,669	ABCDG
	1,390	-4,441	<b>-10,851*</b>	-2,670	ABCDEG
	0,000	-2,112	7,450	<b>1,166*</b>	ACDFH
	0,952	2,026	0,138	<b>1,166*</b>	ACDFH
	1,390	-4,365	-9,473	<b>-2,687*</b>	ABEG

	0,000	3,973	-2,515	<b>-2,687*</b>	ABEG
15	0,000	<b>7,918*</b>	-8,338	-2,337	ADEG
	1,390	<b>-8,585*</b>	-16,674	-2,311	ABCEG
	1,390	-8,585	<b>-16,674*</b>	-2,312	ABCDEG
	0,000	-3,734	9,965	<b>1,119*</b>	ABCEFH
	1,390	3,355	0,248	<b>1,119*</b>	ABCEFH
	1,390	-8,514	-15,297	<b>-2,337*</b>	ADG
	0,000	7,918	-8,338	<b>-2,337*</b>	ADG

\* = Wartości ekstremalne

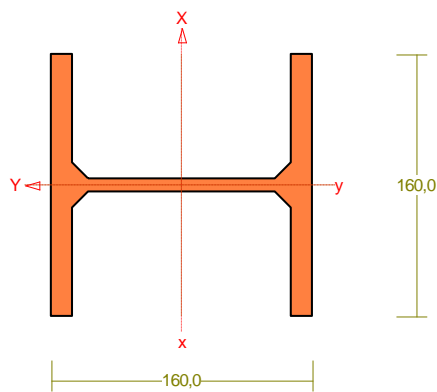
**REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
6	<b>1,376*</b>	62,704	62,719		ABDEFH
	<b>1,376*</b>	56,191	56,208		ABFH
	<b>-3,099*</b>	20,847	21,076		ACDEG
	<b>-3,099*</b>	17,591	17,862		ACEG
	1,376	<b>65,960*</b>	65,974		ABCDEFH
	-3,099	<b>11,079*</b>	11,504		AG
	1,376	65,960	<b>65,974*</b>		ABCDEFH
8	<b>1,322*</b>	0,000	1,322		ACDEH
	<b>-3,069*</b>	0,000	3,069		AFG
	1,322	<b>0,000*</b>	1,322		ACDEH
	-3,069	<b>0,000*</b>	3,069		AFG
	-0,000	<b>0,000*</b>	0,000		A
	-3,069	0,000	<b>3,069*</b>		AFG
9	<b>1,172*</b>	-0,000	1,172		ACDH
	<b>-2,719*</b>	-0,000	2,719		AG
	1,172	<b>-0,000*</b>	1,172		ACDH
	-2,719	<b>-0,000*</b>	2,719		AG
	-0,000	<b>-0,000*</b>	0,000		A
	-2,719	-0,000	<b>2,719*</b>		ABFG
10	<b>1,006*</b>	0,000	1,006		AH
	<b>-2,333*</b>	-0,000	2,333		AG
	1,006	<b>0,000*</b>	1,006		AH
	-2,333	<b>-0,000*</b>	2,333		AG
	0,000	<b>0,000*</b>	0,000		A
	-2,333	0,000	<b>2,333*</b>		ABCEG
11	<b>0,812*</b>	-0,000	0,812		AH
	<b>-1,882*</b>	0,000	1,882		ABCDG
	0,812	<b>-0,000*</b>	0,812		AH
	-1,882	<b>0,000*</b>	1,882		ABCDG
	0,000	<b>-0,000*</b>	0,000		A
	-1,882	-0,000	<b>1,882*</b>		ACEG
12	<b>0,906*</b>	35,974	35,985		ACEFH
	<b>0,906*</b>	32,722	32,734		ACFH
	<b>-2,175*</b>	75,579	75,610		ABDEG
	<b>-2,175*</b>	72,326	72,359		ABDG
	-2,175	<b>81,586*</b>	81,615		ABCDEFH
	0,905	<b>26,714*</b>	26,730		AH
	-2,175	81,586	<b>81,615*</b>		ABCDEFH

\* = Wartości ekstremalne

## Pręt nr 7 – Słup

Przekrój: I 160 HEB



Wymiary przekroju:

I 160 HEB  $h=160,0$   $g=8,0$   $s=160,0$   $t=13,0$   $r=15,0$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=2490,0$   $J_{yg}=889,0$   $A=54,30$   $i_x=6,8$   $i_y=4,0$

$J_w=47943,2$   $J_t=31,1$   $i_s=7,9$ .

Materiał: **S235JR**. Wytrzymałość  **$f_d=215$  MPa** dla  **$g=13,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

### Siły przekrojowe:

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A EFG**

**$N = -5,187$  kN,**

**$M_y = -1,199$  kNm,  $V_x = 0,800$  kN.**

### Naprężenia:

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 9,8$  MPa  $\sigma_c = -11,7$  MPa.

Naprężenia:

- normalne:  $\sigma = -1,0$   $\Delta\sigma = 10,8$  MPa  $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi X:  $A_v = 41,60$  cm<sup>2</sup>  $\tau = 0,2$  MPa  $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 1,0 / 1,000 + 10,8 = 11,7 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ex} = \tau / \psi_{ov} = 0,2 / 1,000 = 0,2 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{11,7^2 + 3 \times 0,2^2} = 11,7 < 215 \text{ MPa}$$

### Nośność elementów rozciąganych:

Siała osiowa:  $N = -5,187$  kN.

Pole powierzchni przekroju:  $A = 54,30$  cm<sup>2</sup>.

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A f_d = 54,30 \times 215 \times 10^{-1} = 1167,450$  kN.

Warunek nośności:  $N = 5,187 < 1167,450 = N_{Rt}$

### Długości wyboczeniowe pręta:

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

$\kappa_a = 0,300$   $\kappa_b = 0,300$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 0,592$  dla  $l_o = 2,880$

$$l_w = 0,592 \times 2,880 = 1,705 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$\kappa_a = 1,000$   $\kappa_b = 1,000$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 1,000$  dla  $l_o = 2,880$

$$l_w = 1,000 \times 2,880 = 2,880 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_{\omega} = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega} = 2,880$  m. Długość wyboczeniowa  $l_{\omega} = 2,880$  m.

### Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 2490,0}{2,880^2} 10^{-2} = 6073,905 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 889,0}{1,705^2} 10^{-2} = 6187,668 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\varpi}}{l_{\varpi}^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{7,9^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 47943,2}{2,880^2} 10^{-2} + 80 \times 31,1 \times 10^{-2} \right) = 5881,659 \text{ kN}$$

### Nośność przekroju na ściskanie:

$$N_{RC} = A f_d = 54,3 \times 215 \times 10^{-1} = 1167,450 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wybocheniowych:

$$\begin{aligned} - \text{ dla } N_x \quad \bar{\lambda} &= 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{1167,450 / 6073,905} = 0,504 & \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,936 \\ - \text{ dla } N_y \quad \bar{\lambda} &= 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{1167,450 / 6187,668} = 0,500 & \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,866 \\ - \text{ dla } N_z \quad \bar{\lambda} &= 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{1167,450 / 5881,659} = 0,512 & \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,859 \end{aligned}$$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,859$

Warunek nośności pręta na ściskanie:

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{5,187}{0,859 \times 1167,450} = 0,005 < 1$$

### Nośność przekroju na zginanie:

- względem osi Y

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 111,1 \times 215 \times 10^{-3} = 23,892 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności:

$$\frac{N}{N_{RC}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} = \frac{5,187}{1167,450} + \frac{1,199}{23,892} = 0,055 < 1$$

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

Składnik poprawkowy:

$$\begin{aligned} M_{x \max} &= 0 & \Delta_x &= 0 \\ M_{y \max} &= -1,199 \text{ kNm} & \beta_y &= 0,400 \\ \Delta_y &= 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{\beta_y M_{y \max}}{M_{Ry}} \frac{N}{N_{RC}} = 1,25 \times 0,866 \times 0,500^2 \frac{0,400 \times 1,199}{23,892} \times \frac{5,187}{1167,450} = 0,000 \\ \Delta_y &= 0,000 \end{aligned}$$

Warunek nośności:

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{RC}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{M_{Ry}} = \frac{5,187}{0,936 \times 1167,450} + \frac{0,400 \times 1,199}{23,892} = 0,025 < 1,000 = 1 - 0,000$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{RC}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{M_{Ry}} = \frac{5,187}{0,866 \times 1167,450} + \frac{0,400 \times 1,199}{23,892} = 0,025 < 1,000 = 1 - 0,000$$

### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi X wynoszą:

$$a_{\max} = 11,3 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 2880 / 250 = 11,5 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 11,3 < 11,5 = a_{\text{gr}}$$

Przemieszczenie poziome węzła znajdującego się na wysokości  $h = 11,260$  m wynosi:

$$u = 10,2 \text{ mm}$$

$$u_{gr} = h / 500 = 11260 / 500 = 22,5 \text{ mm}$$

$$u = 10,2 < 22,5 = u_{gr}$$

**Przyjęte przekroje słupów z dwuteowników HEB160 oraz przekroje belek IPE300 i HEA160 w ramie poprzecznej dobudowy spełniają warunki stanów granicznych nośności i stanów granicznych użytkowania. Przekroje te wynikają z warunków przemieszczeń elementów ramy i możliwości zabezpieczenia profili do R120 przez pomalowanie odpowiednimi zestawami powłok. Rama będzie mocowana przegubowo do istniejącego budynku w poziomie stropów nadziem.**

### 2. 3. Obliczenie płyty podszybia podnośnika P-1 o rozpiętości $l_0 = 1,16\text{m} + 0,33\text{m}$ .

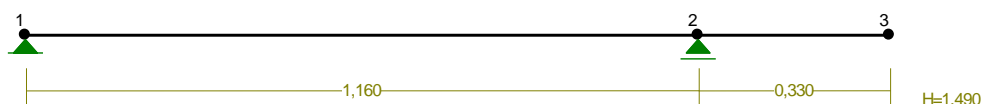
ciężar własny +

obc. stałe pod platformą podnośnika char. -  $45,97 \text{ kN/m}^2 \times 1,0\text{m} = 45,97 \text{ kN/m}$

obc. stałe pod maszynownią char. -  $66,61 \text{ kN/m}^2 \times 1,0\text{m} = 66,61 \text{ kN/m}$

współczynnik obciążenia  $\gamma_G = 1,35$

SCHEMAT STATYCZNY:

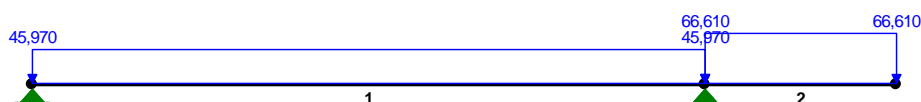


PRĘTY UKŁADU:

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

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	1,160	0,000	1,160	1,000	1 B 25,0x100,0
2	00	2	3	0,330	0,000	0,330	1,000	1 B 25,0x100,0

OBCIĄŻENIA:



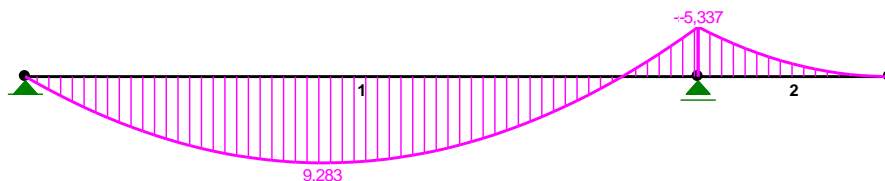
OBCIĄŻENIA:

( [kN] , [kNm] , [kN/m] )

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	A	"		Stale	$\gamma_f = 1,35$	
1	Liniowe	0,0	45,970	45,970	0,00	1,16
2	Liniowe	0,0	66,610	66,610	0,00	0,33

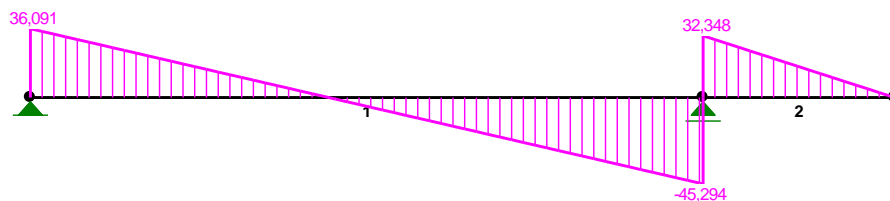
**W Y N I K I**  
**Teoria I-go rzędu**

MOMENTY:





TNĄCE:

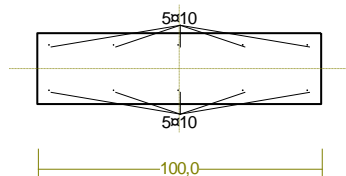


**SIŁY PRZEKROJOWE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	0,00	0,000	-0,000	36,091	0,000
	0,45	0,517	<b>9,283*</b>	-0,150	0,000
	1,00	1,160	-5,337	-45,294	0,000
2	0,00	0,000	-5,337	32,348	0,000
	1,00	0,330	-0,000	-0,000	0,000

\* = Wartości ekstremalne

### Cechy przekroju:



Wymiary przekroju [cm]:  $h=25,0$ ,  $b=100,0$ ,  
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej  
**BETON:** C20/25  $f_{ck}=20,0$  MPa,  $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=13,3$  MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=2500 \text{ cm}^2, J_{cx}=130208 \text{ cm}^4, J_{cy}=2083333 \text{ cm}^4$$

**STAL:** RB 400  $f_{yk}=400$  MPa,  $\gamma_s=1,15$ ,  $f_{yd}=350$  MPa

$$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,667,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=7,85 \text{ cm}^2, \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=0,31 \%,$$

$$J_{sx}=503 \text{ cm}^4, J_{sy}=8130 \text{ cm}^4,$$

### Siły przekrojowe:

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: A

$$\text{Momenty zginające: } M_x = -9,253 \text{ kNm}, \quad M_y = 0,000 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne: } V_y = -2,058 \text{ kN}, \quad V_x = 0,000 \text{ kN},$$

### Zbrojenie wymagane:

Wielkości obliczeniowe:

$$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-9,259^2 + 0,000^2)} = 9,259 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd}=350 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=10,00$  ‰):

$$A_{s1}=1,32 \text{ cm}^2 < \min A_{s1}=3,08 \text{ cm}^2, \text{ przyjęto } A_{s1}=3,08 \text{ cm}^2, \Rightarrow (4\phi 10 = 3,14 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=1,32 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 1,32/2500=0,05 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=25,0, \quad d=20,5, \quad x=1,2 (\xi=0,060),$$

$$a_1=4,5, \quad a_c=0,4, \quad z_c=20,1, \quad A_{cc}=122 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-0,63 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c=-46,111, \quad F_{s1}=46,111,$$

$$M_c=5,570, \quad M_{s1}=3,689,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c+F_{s1}=-46,111+(46,111)=-0,000 \text{ kN} (N_{Sd}=0,000 \text{ kN})$$

$$M_c+M_{s1}=5,570+(3,689)=9,259 \text{ kNm} (M_{Sd}=9,259 \text{ kNm})$$

### Nośność przekroju prostokątnego:

Wielkości obliczeniowe:

$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-9,259^2 + 0,000^2)} = 9,259 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}, f_{yd} = 350 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1} = 7,85 \text{ cm}^2$ ,

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 7,85 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 7,85 / 2500 = 0,31 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 25,0, d = 20,4, x = 4,4 (\xi = 0,216),$$

$$a_l = 4,6, a_c = 1,5, z_c = 18,9, A_{cc} = 443 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -0,17 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 0,62 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -48,880, F_{s1} = 48,880,$$

$$M_c = 5,383, M_{s1} = 3,876,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 29,458 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} = 5,383 + (3,876) = 9,259 \text{ kNm}$$

### Nośność zbrojenia podłużnego

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 0,870 \text{ m}$ :

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times -24,947 \times (2,000) = 24,947 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 25,605 + 24,947 = 50,552 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 48,996 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 48,996 \text{ kN}$

$$F_{td} = 48,996 < 137,445 = 3,93 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie

Położenie przekroju:

$$x = 0,870 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. długotrwałych:

$$M_{Sd} = 3,591 \text{ kNm}$$

$$V_{Sd} = -18,480 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 100,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_l = 25,0 - 4,5 = 20,5 \text{ cm}$$

$$A_c = 2500 \text{ cm}^2 \quad W_c = 10417 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi, wynosi:

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 1250 / 320 = 3,44 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 3,93 > 3,44 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 10417 \times 10^{-3} = 22,917 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 3,591 < 22,917 = M_{cr}$$

**Przekrój niezarysowany.**

### Ugięcia

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

$$a = 0,0 < 5,8 = a_{lim}$$

**Płyta P-1 gr. 25cm zbrojona dołem i górami prętami #10 co 18cm ze stali RB400, beton C20/25 spełnia warunki normowe.**

## 2. 4. Obliczenie płyty przedsionka P-2 o rozpiętości $l_0 = 1,39\text{m}$ .

ciężar własny +

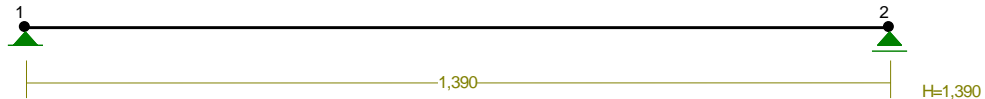
obc. stałe warstwami stropowymi char. -  $1,47 \text{ kN/m}^2 \times 1,0\text{m} = 1,47 \text{ kN/m}$

współczynnik obciążenia  $\gamma_G = 1,35$

obc. zmienne użytkowe char. -  $3,0 \text{ kN/m}^2 \times 1,0\text{m} = 3,0 \text{ kN/m}$

współczynnik obciążenia  $\gamma_{Q,1} = 1,50$

SCHEMAT STATYCZNY:



PRĘTY UKŁADU:

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

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	1,390	0,000	1,390	1,000	1 B 15,0x100,0

OBCIĄŻENIA:



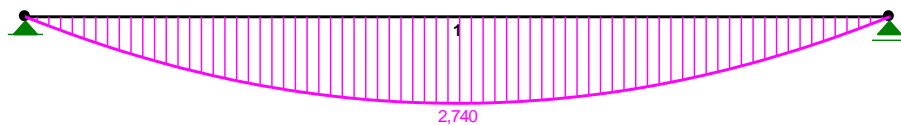
OBCIĄŻENIA:

( [kN] , [kNm] , [kN/m] )

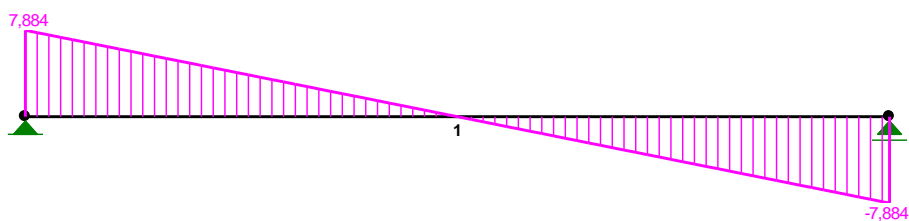
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: A	"warstwy stropowe"			Stałe	$\gamma_f = 1,35$	
1	Liniowe	0,0	1,470	1,470	0,00	1,39
Grupa: B	"użytkowe"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	1,39

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

MOMENTY:



TNĄCE:



**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	7,884	0,000
	0,50	0,695	<b>2,740*</b>	0,000	0,000
	1,00	1,390	0,000	-7,884	0,000

\* = Wartości ekstremalne

### Cechy przekroju:

Wymiary przekroju [cm]: h=15,0, b=100,0,  
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

#### BETON: C20/25

$f_{ck} = 20,0$  MPa,  $f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 13,3$  MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c = 1500$  cm<sup>2</sup>,  $J_{cx} = 28125$  cm<sup>4</sup>,  $J_{cy} = 1250000$  cm<sup>4</sup>

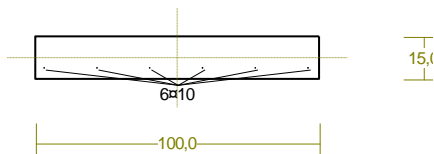
#### STAL: RB 400 $f_{yk} = 400$ MPa, $\gamma_s = 1,15$ , $f_{yd} = 350$ MPa

$\xi_{lim} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,667$ ,

Zbrojenie główne:

$A_{s1} + A_{s2} = 4,71$  cm<sup>2</sup>,  $\rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 0,31$  %,

$J_{sx} = 75$  cm<sup>4</sup>,  $J_{sy} = 4755$  cm<sup>4</sup>,



### Siły przekrojowe:

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: AB

Momenty zginające:  $M_x = -2,732$  kNm,  $M_y = 0,000$  kNm,

Siły poprzeczne:  $V_y = 0,415$  kN,  $V_x = 0,000$  kN,

### Zbrojenie wymagane:

Wielkości obliczeniowe:

$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-2,732^2 + 0,000^2)} = 2,732$  kNm

$f_{cd} = 13,3$  MPa,  $f_{yd} = 350$  MPa  $= f_{td}$ ,

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1} = 10,00$  ‰):

$A_{s1} = 0,69$  cm<sup>2</sup> < min  $A_{s1} = 1,73$  cm<sup>2</sup>, przyjęto  $A_{s1} = 1,73$  cm<sup>2</sup>,  $\Rightarrow (3 \times 10 = 2,36$  cm<sup>2</sup>),

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 0,69$  cm<sup>2</sup>,  $\rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 0,69 / 1500 = 0,05$  %

#### Wielkości geometryczne [cm]:

h=15,0, d=11,5, x=0,7 ( $\xi = 0,058$ ),

a<sub>1</sub>=3,5, a<sub>c</sub>=0,2, z<sub>c</sub>=11,3,  $A_{cc} = 66$  cm<sup>2</sup>,

$\epsilon_c = -0,61$  ‰,  $\epsilon_{s1} = 10,00$  ‰,

#### Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$F_c = -24,238$ ,  $F_{s1} = 24,238$ ,

$M_c = 1,763$ ,  $M_{s1} = 0,970$ ,

#### Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c + F_{s1} = -24,238 + (24,238) = 0,000$  kN ( $N_{Sd} = 0,000$  kN)

$M_c + M_{s1} = 1,763 + (0,970) = 2,732$  kNm ( $M_{Sd} = 2,732$  kNm)

### Nośność przekroju prostokątnego:

Wielkości obliczeniowe:

$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-2,732^2 + 0,000^2)} = 2,732$  kNm

$f_{cd} = 13,3$  MPa,  $f_{yd} = 350$  MPa  $= f_{td}$ ,

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1} = 4,71$  cm<sup>2</sup>,

$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 4,71$  cm<sup>2</sup>,  $\rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 4,71 / 1500 = 0,31$  %

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=15,0, d=11,5, x=3,4 (\xi=0,297), \\ a_l=3,5, a_c=1,1, z_c=10,4, A_{cc}=342 \text{ cm}^2, \\ \varepsilon_c=-0,12 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=0,28 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -26,386, F_{s1} = 26,386, \\ M_c = 1,677, M_{s1} = 1,055,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 17,808 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} = 1,677 + (1,055) = 2,732 \text{ kNm}$$

### Nośność zbrojenia podłużnego

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 0,521 \text{ m}$ :

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 1,971 \times (1,783) = 1,757 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 24,804 + 1,757 = 26,560 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 26,460 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 26,460 \text{ kN}$

$$F_{td} = 26,460 < 164,934 = 4,71 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie

Położenie przekroju:

$$x = 0,521 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. długotrwałych:

$$M_{Sd} = 1,827 \text{ kNm} \quad V_{Sd} = 1,402 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 100,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_l = 15,0 - 3,5 = 11,5 \text{ cm}$$

$$A_c = 1500 \text{ cm}^2 \quad W_c = 3750 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi, wynosi:

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 750 / 320 = 2,06 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 4,71 > 2,06 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 3750 \times 10^{-3} = 8,250 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 1,827 < 8,250 = M_{cr}$$

**Przekrój niezarysowany.**

### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

### Ugięcia

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

$$a = a_{\infty,d} = 0,1 \text{ mm}$$

$$a = 0,1 < 7,0 = a_{lim}$$

**Płyta P-2 gr. 15cm zbrojona dołem i górami prętami #10 co 18cm ze stali RB400, beton C20/25 spełnia warunki normowe.**

## 2. 5. Obliczenie ściany żelbetowej fundamentowej (tarczy) o rozpiętości $l_0 = 2,31\text{m} + 2,04\text{m}$ .

ciężar własny +

obc. stałe płyty P-1 od podnośnika char. - 57,52 kN/m

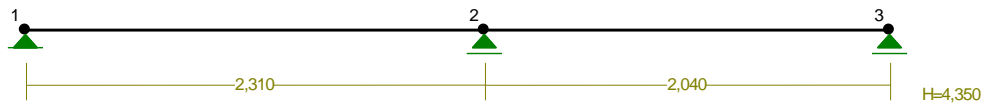
obc. stałe płyty P-1 od przedsionka char. - 6,87 kN/m

współczynnik obciążenia  $\gamma_G = 1,35$

obc. zmienne płyty P-1 przedsionka char. - 2,87 kN/m

współczynnik obciążenia  $\gamma_{Q,1} = 1,50$

SCHEMAT STATYCZNY:

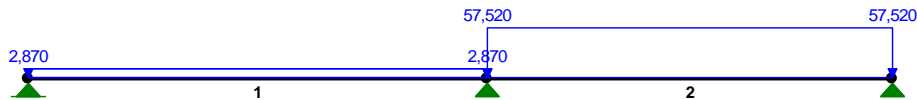


PRĘTY UKŁADU:

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

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	2,310	0,000	2,310	1,000	1 B 243,0x25,0
2	00	2	3	2,040	0,000	2,040	1,000	1 B 243,0x25,0

OBCIĄŻENIA:



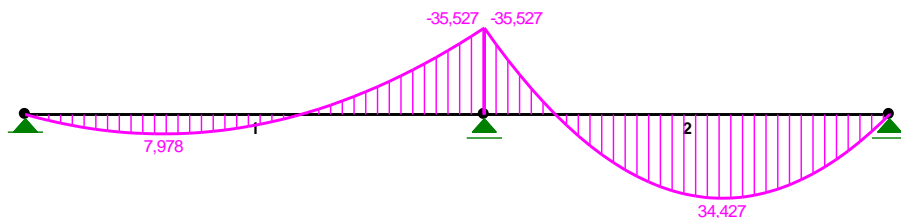
OBCIĄŻENIA:

( [kN] , [kNm] , [kN/m] )

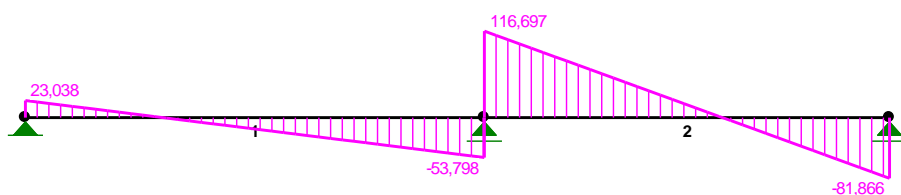
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: A	"			Stałe	$\gamma_f = 1,35$	
1	Linowe	0,0	6,870	6,870	0,00	2,31
2	Linowe	0,0	57,520	57,520	0,00	2,04
Grupa: B	"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Linowe	0,0	2,870	2,870	0,00	2,31

### W Y N I K I Teoria I-go rzędu

MOMENTY:



TNĄCE:

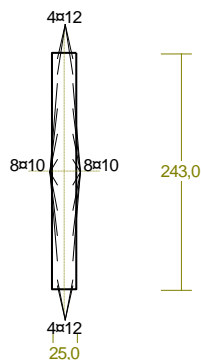


**SIŁY PRZEKROJOWE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	0,00	0,000	-0,000	23,038	0,000
	0,30	0,695	<b>7,978*</b>	-0,073	0,000
	1,00	2,310	-35,527	-53,798	0,000
2	0,00	0,000	-35,527	116,697	0,000
	0,59	1,195	<b>34,427*</b>	0,351	0,000
	1,00	2,040	0,000	-81,866	0,000

\* = Wartości ekstremalne

### Cechy przekroju:



Wymiary przekroju [cm]: h=243,0, b=25,0,  
Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

#### BETON: C20/25

$$f_{ck} = 20,0 \text{ MPa}, f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 13,3 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c = 6075 \text{ cm}^2, J_{cx} = 29893556 \text{ cm}^4, J_{cy} = 316406 \text{ cm}^4$$

#### STAL: RB 400 $f_{yk}=400 \text{ MPa}$ , $\gamma_s=1,15$ , $f_{yd}=350 \text{ MPa}$

$$\xi_{lim} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,667,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1} + A_{s2} = 21,61 \text{ cm}^2, \rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 0,36 \%,$$

$$J_{sx} = 157268 \text{ cm}^4, J_{sy} = 1369 \text{ cm}^4,$$

### Siły przekrojowe:

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

$$\text{Momenty zginające: } M_x = -32,870 \text{ kNm}, M_y = 0,000 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne: } V_y = 17,415 \text{ kN}, V_x = 0,000 \text{ kN},$$

### Zbrojenie wymagane:

Wielkości obliczeniowe:

$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(35,527^2 + 0,000^2)} = 35,527 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}, f_{yd} = 350 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s1} = 0,43 \text{ cm}^2 < \min A_{s1} = 8,94 \text{ cm}^2, \text{ przyjęto } A_{s1} = 8,94 \text{ cm}^2, \Rightarrow (8 \varnothing 12 = 9,05 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 0,43 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 0,43 / 6075 = 0,01 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=243,0, d=238,4, x=4,7 (\xi=0,020),$$

$$a_1=4,6, a_c=1,6, z_c=236,8, A_{cc}=117 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,20 \text{ ‰}, \epsilon_{s1} = 10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -15,001, F_{s1} = 15,001,$$

$$M_c = 17,991, M_{s1} = 17,536,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -15,001 + (15,001) = 0,000 \text{ kN} (N_{Sd} = 0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 17,991 + (17,536) = 35,527 \text{ kNm} (M_{Sd} = 35,527 \text{ kNm})$$

### Nośność przekroju prostokątnego:

Wielkości obliczeniowe:

$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(35,527^2 + 0,000^2)} = 35,527 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}, f_{yd} = 350 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1} = 15,52 \text{ cm}^2$ ,

Zbrojenie ściskane:  $A_{s2} = 6,09 \text{ cm}^2$ ,

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 21,61 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 21,61 / 6075 = 0,36 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 243,0, d = 195,0, x = 36,4 (\xi = 0,187), \\ a_1 = 48,0, a_2 = 10,1, a_c = 14,9, z_c = 180,1, A_{cc} = 1113 \text{ cm}^2, \\ \varepsilon_c = -0,02 \%, \varepsilon_{s2} = -0,02 \%, \varepsilon_{s1} = 0,10 \%,$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -17,639, F_{s1} = 19,671, F_{s2} = -2,032, \\ M_c = 18,811, M_{s1} = 14,451, M_{s2} = 2,265,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = \mathbf{827,949 \text{ kNm}} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 18,811 + (14,451) + (2,265) = \mathbf{35,527 \text{ kNm}}$$

### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi = 10 \text{ mm}$  ze stali RB400, dla której  $f_{ywd} = 350 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w, \min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 400 = 0,00089$$

Rozstaw strzemion:

$$\text{Początek i koniec strefy: } x_a = 0,0 \quad x_b = 204,0 \text{ cm}$$

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 197,3 = 1480 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm} \\ \text{przyjęto } s_{\max} = 400 \text{ mm.}$$

$$\text{Ze względu na pręty ściskane } s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 10,0 = 150,0 \text{ mm.}$$

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **15,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,57 / (15,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00419 \\ \rho_w = \mathbf{0,00419} > \mathbf{0,00089} = \rho_{w \min}$$

### Ścinanie

Przyjęto podparcie lub obciążenie pośrednie.

$$\text{Początek i koniec odcinka: } x_a = -10,6 \quad x_b = 204,0 \text{ cm}$$

$$\text{Siły przekrojowe: } V_{Sd \max} = 116,697 \text{ kN}$$

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{10,81}{25,0 \times 197,3} = 0,00219; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00219$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_c = -0,000 / 6219,09 \times 10 = -0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = -0,00 \text{ MPa}$ .

$$V_{Rd1} = [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ = [0,35 \times 1,00 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00219) + 0,15 \times -0,00] \times 25,0 \times 197,3 \times 10^{-1} = 222,314 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 116,697 < 222,314 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{116,697} < \mathbf{222,314} = V_{Rd1}$$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 25,0 \times 180,1 \times 10^{-1} = 1652,849 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = \mathbf{116,697} < \mathbf{1652,849} = V_{Rd2}$$

### Nośność zbrojenia podłużnego

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 0,319 \text{ m}$ :

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 85,671 \times (1,000) = 42,836 \text{ kN}$$



Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 1,813 + 42,836 = 44,649 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 19,671 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 19,671 \text{ kN}$

$$F_{td} = \mathbf{19,671} < \mathbf{378,248} = 10,81 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie

Położenie przekroju:

$$x = 0,319 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. długotrwałych:

$$M_{Sd} = -2,330 \text{ kNm}$$

$$V_{Sd} = 63,405 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 25,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_l = 243,0 - 45,7 = 197,3 \text{ cm}$$

$$A_c = 6075 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 246038 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi, wynosi:

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 3038 / 280 = 9,55 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = \mathbf{10,81} > \mathbf{9,55} = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 246038 \times 10^{-3} = 541,283 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 2,330 < 541,283 = M_{cr}$$

**Przekrój niezarysowany.**

### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

### Ugięcia

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 1,147 \text{ m}$ , wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 0,0 \text{ mm}$$

$$a = \mathbf{0,0} < \mathbf{10,2} = a_{lim}$$

**Przyjęta ściana żelbetowa 25x243cm zbrojona dołem i górami po 2x2#12 po bokach po 8#10 zbrojenie pionowe #10 co 15cm, beton C20/25 spełnia warunki normowe.**

## 2. 6. Obliczenie ławy fundamentowej F-1.

obciążenie przenoszone przez ławę F-1 o szerokości: 0,80 m (wewnętrzna):

$$\text{ - ściana wewn. fund. } 25,0 \text{ cm} - 0,25 \text{ m} \times 2,43 \text{ m} \times 25,0 \text{ kN/m}^3 \times 1,35 = 20,5 \text{ kN/m}$$

$$\text{ - reakcja ściany żelb. (tarczy) - } 170,5 \text{ kN} / 1,0 \text{ m} = 170,5 \text{ kN/m}$$

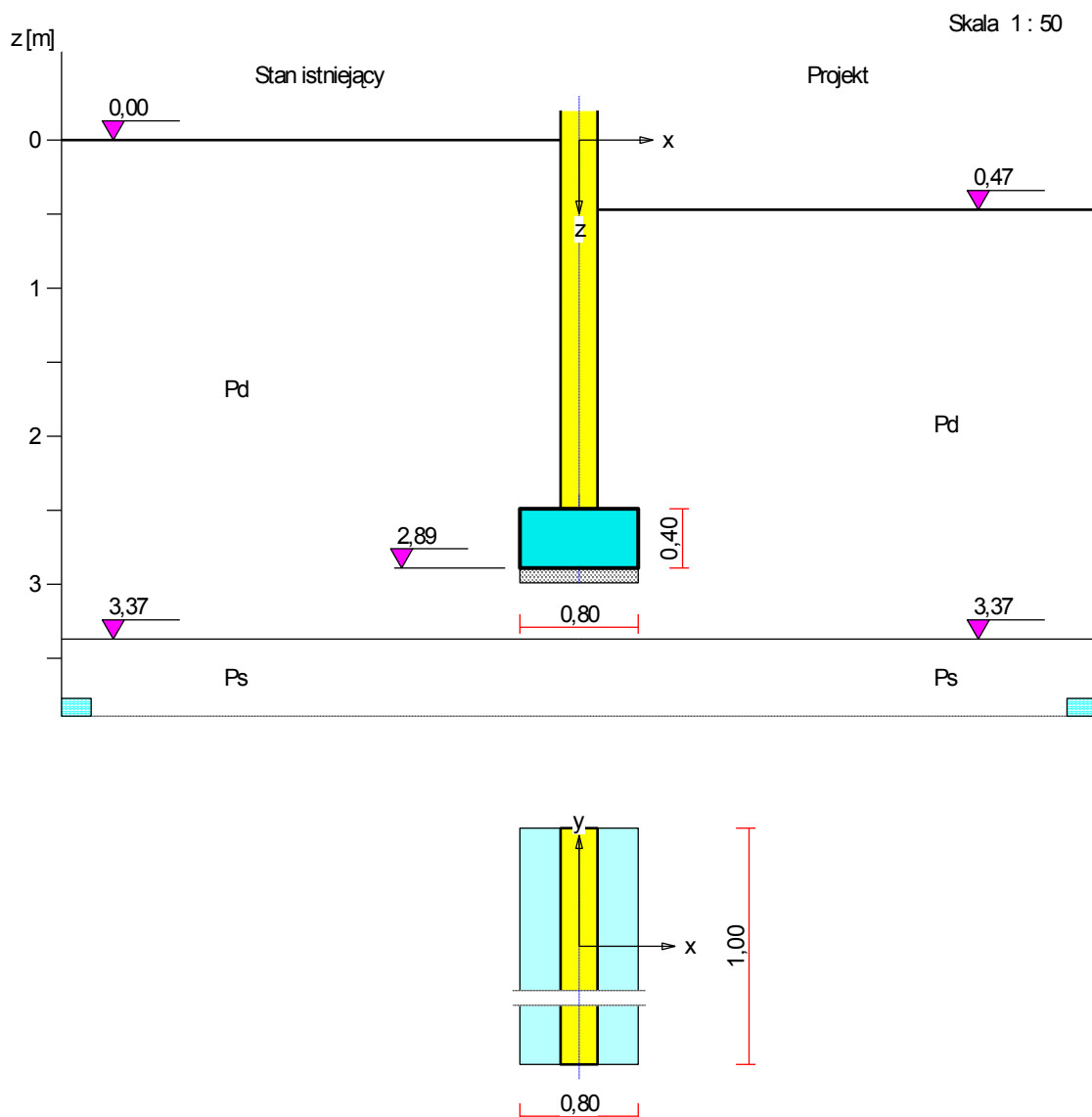
$$\text{ - reakcja ramy stalowej podłużnej - } 87,0 \text{ kN} / 1,0 \text{ m} = 87,0 \text{ kN/m}$$

=====

$$N_r = 278,0 \text{ kN/m}$$

Wymiary podstawy fundamentu:  $B = 0,80 \text{ m}$ ,  $L = 1,00 \text{ m}$ ,

Nazwa fundamentu: ława



## 1. Podłoże gruntowe

### 1.1. Teren

Istniejący względny poziom terenu:  $z_t = 0,00$  m,

Projektowany względny poziom terenu:  $z_{tp} = 0,47$  m.

### 1.2. Warstwy gruntu

Lp.	Poziom stropu [m]	Grubość warstwy [m]	Nazwa gruntu	Poz. wody grunt. [m]
1	0,00	3,37	Piasek drobny	brak wody
2	3,37	nieokreśl.	Piasek średni	3,77

## 2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **ściana**

Szerokość:  $b = 0,25$  m, długość:  $l = 1,00$  m,

Współrzędne końców osi ściany:

$x_1 = 0,00$  m,  $y_1 = -0,50$  m,  $x_2 = 0,00$  m,  $y_2 = 0,50$  m,

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego:  $\phi = 0,00^\circ$ .

### 3. Obciążenie od konstrukcji

Względny poziom przyłożenia obciążenia:  $z_{obc} = 2,49$  m.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	H <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	$\gamma$
	obciążenia*	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[–]
1	D	278,0	4,6	0,00	1,20

\* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

D+K - obciążenia stałe, zmienne długotrwałe i krótkotrwałe.

### 4. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: C20/25, nazwa stali: RB 400,

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x:  $d_x = 12,0$  mm, na kierunku y:  $d_y = 12,0$  mm,

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 5,0 cm.

W warunku na przebicie nie uwzględniać strzemion.

### 5. Wymiary fundamentu

Względny poziom posadowienia:  $z_f = 2,89$  m

Kształt fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy:  $B = 0,80$  m,  $L = 1,00$  m,

Wysokość:  $H = 0,40$  m, mimośród:  $E = 0,00$  m.

### 6. Stan graniczny I

#### 6.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośródów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D	2,89	0,40	0,05
	D	3,37	0,21	0,08
	D	3,77	0,15	0,10

#### 6.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego:  $B = 0,80$  m,  $L = 1,00$  m.

Względny poziom posadowienia:  $H = 2,89$  m.

Rodzaj obciążenia: D,

#### Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji na jednostkę długości fundamentu:

siła pionowa:  $N = 278,00$  kN/m, mimośród względem podstawy fund.  $E = 0,00$  m,

siła pozioma:  $H_x = 4,60$  kN/m, mimośród względem podstawy fund.  $E_z = 0,40$  m,

moment:  $M_y = 0,00$  kNm/m.

Ciężar własny fundamentu, gruntu, posadzek, obciążenia posadzek na jednostkę długości fundamentu:

siła pionowa:  $G = 31,52$  kN/m, moment:  $M_{Gy} = 0,00$  kNm/m.

Uwaga: Przy sprawdzaniu położenia wypadkowej alternatywnie brano pod uwagę obciążenia obliczeniowe wyznaczone przy zastosowaniu dolnych współczynników obciążenia.

#### Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu zastępczego

Wymiary podstawy fundamentu zastępczego:  $B = 1,09$  m,  $L = 1,29$  m.

Względny poziom posadowienia:  $H = 3,77$  m.

Ciężar fundamentu zastępczego:  $G_z = 15,83$  kN/m.

Całkowite obciążenie pionowe fundamentu zastępczego ( $L_0$  – długość fundamentu rzeczywistego):

$$N_r = (N + G) \cdot L_0 + G_z \cdot L = (278,00 + 31,52 + 22,32) \cdot 1,00 + 15,83 \cdot 1,29 = 330,00 + 320,80 \text{ kN}.$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L_0 = (-278,00 \cdot 0,00 + 4,60 \cdot 1,28 + 0,00 + 0,00) \cdot 1,00 = 5,89 + 5,89 \text{ kNm}.$$

$$e_r = |M_r / N_r| = 5,89 / 320,80 = 0,02 \text{ m}.$$

$$e_r = 0,02 \text{ m} < 0,18 \text{ m}.$$

**Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.**

### **Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego**

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 0,80 - 2 \cdot 0,01 = 0,79 \text{ m}, \quad L' = L = 1,00 \text{ m}.$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 2):

$$\text{średnia gęstość obl.: } \rho_{D(r)} = 1,57 \text{ t/m}^3, \quad \text{min. wysokość: } D_{\min} = 2,42 \text{ m},$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,57 \cdot 9,81 \cdot 2,42 = 37,39 \text{ kPa}.$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 30,90 \cdot 0,90 = 27,81^\circ,$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \cdot 0,90 = 0,00 \text{ kPa},$$

$$N_B = 5,31 \quad N_C = 25,44, \quad N_D = 14,42.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta = |H_x| \cdot L / N_r = 4,60 \cdot 1,00 / 309,52 = 0,0149, \quad \text{tg } \delta / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0149 / 0,5275 = 0,028,$$

$$i_B = 0,96, \quad i_C = 0,97, \quad i_D = 0,98.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,85 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 16,33 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B' / L' = 0,80, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B' / L' = 1,24, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B' / L' = 2,18.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNB} = B' \cdot L' \cdot (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 945,31 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 309,52 \text{ kN} < m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 945,31 = 765,70 \text{ kN}.$$

**Wniosek: warunek nośności jest spełniony.**

## **7. Stan graniczny II**

### **7.1. Osiadanie fundamentu**

**Osiadanie całkowite:**

$$\text{Osiadanie pierwotne: } s' = 0,24 \text{ cm}.$$

$$\text{Osiadanie wtórne: } s'' = 0,00 \text{ cm}.$$

$$\text{Współczynnik stopnia odprężenia podłoża: } \lambda = 0.$$

$$\text{Osiadanie: } s = s' + \lambda \cdot s'' = 0,24 + 0 \cdot 0,00 = 0,24 \text{ cm},$$

Sprawdzenie warunku osiadania:

$$\text{Dopuszczalne osiadanie: } s_{\text{dop}} = 1,00 \text{ cm}.$$

$$s = 0,24 \text{ cm} < s_{\text{dop}} = 1,00 \text{ cm}$$

**Wniosek: Warunek osiadania jest spełniony.**