

## KONSTRUKCJA DACHU

### Zestawienie obciążeń na 1 m<sup>2</sup> rzutu dachu

Kąt nachylenia połaci dachowej  $\alpha = 36,5^{\circ}$  ,  $\cos\alpha = 0,80$

Przyjęto krokwie 8x16cm w rozstawie co 80cm

Obciążenie stałe

Typ obciążenia	$g_1^k$
Blacha trapezowa - przyjęto 0,1kN/m <sup>2</sup> 0,1kN/m <sup>2</sup> / 0,80	0,12
Folia paro przepuszczalna - przyjęto	0,04
Deskowanie pełne gr. 2,5cm $6,0\text{kN/m}^3 * 0,025\text{m} / 0,80 =$	0,19
stężenia przyjęto	0,05
Razem obciążenie w [kN/m <sup>2</sup> ]	0,40

Obciążenie obliczeniowe

$$g_1^o_{\max} = g_1^k * \gamma_f = 0,40\text{kN/m}^2 * 1,35 = 0,54\text{kN/m}^2$$

$$g_1^o_{\min} = g_1^k * \gamma_f = 0,40\text{kN/m}^2 * 0,90 = 0,36 \text{ kN/m}^2$$

### Obciążenie przypadające na pojedynczą krokiew

$$g_2^k = 0,40\text{kN/m}^2 * 0,8\text{m} = 0,32\text{kN/m}$$

$$g_2^o_{\max} = g_2^k * \gamma_f = 0,32\text{kN/m}^2 * 1,35 = 0,43\text{kN/m}^2$$

$$g_2^o_{\min} = g_2^k * \gamma_f = 0,32\text{kN/m}^2 * 0,90 = 0,29 \text{ kN/m}^2$$

ciężar własny krokwi (konstrukcji) uwzględnia automatycznie program obliczeniowy

Obciążenie zmienne - Obciążenie śniegiem

Lokalizacja obiektu Krupski Młyn → 2 strefa obciążenia śniegiem  $s_k = 0,9\text{kN/m}^2$

Współczynnik termiczny  $C_t = 1,0$

Współczynnik ekspozycji – teren normalny  $C_e = 1,0$

Współczynnik kształtu dachu (nachylenie połaci  $36,5^{\circ}$ )

$$\mu_1 = 0,8 * (60^{\circ} - \alpha) / 30^{\circ} = 0,8 * (60^{\circ} - 36,5) / 30^{\circ} = 0,63$$

$$S_k = \mu_1 * C_e * C_t * s_k$$

Pierwszy przypadek obciążenia – połać bardziej obciążona

$$S_{k1} = \mu_1 * C_e * C_t * s_k = 0,63 * 1,0 * 1,0 * 0,9 \text{ kN/m}^2 = 0,58 \text{ kN/m}^2$$

Drugi przypadek obciążenia – połąć mniej obciążona

$$S_{k2} = 0,5 * \mu_1 * C_e * C_t * s_k = 0,5 * 0,63 * 1,0 * 1,0 * 0,9 \text{ kN/m}^2 = 0,29 \text{ kN/m}^2$$

Obciążenie obliczeniowe

$$S_{k1}^0 = g_1^k * \gamma_f = 0,58 \text{ kN/m}^2 * 1,5 = 0,87 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{k2}^0 = g_2^k * \gamma_f = 0,29 \text{ kN/m}^2 * 1,5 = 0,44 \text{ kN/m}^2$$

Obciążenie przypadające na pojedynczą krokiew

$$S_{k3} = 0,58 \text{ kN/m}^2 * 0,8 \text{ m} = 0,46 \text{ kN/m}$$

$$S_{k4} = 0,29 \text{ kN/m}^2 * 0,8 \text{ m} = 0,23 \text{ kN/m}$$

$$S_{k3}^0 = 0,87 \text{ kN/m}^2 * 0,8 \text{ m} = 0,70 \text{ kN/m}$$

$$S_{k4}^0 = 0,44 \text{ kN/m}^2 * 0,8 \text{ m} = 0,35 \text{ kN/m}$$

Obciążenie zmienne - Obciążenie wiatrem

Lokalizacja obiektu Krupski Młyn → 1 strefa obciążenia wiatrem,

wysokość nad poziomem morza mniejsza niż  $A < 300 \text{ m}$  →

bazowa prędkość wiatru  $v_{b,0} = 22 \text{ m/s}$ , bazowe ciśnienie prędkości wiatru  $q_{b,0} = 0,30 \text{ kN/m}^2$

kategoria terenu III →  $z_0 = 0,3 \text{ m}$ ,  $z_{\min} = 5,0 \text{ m}$

Współczynnik kierunkowy  $c_{\text{dir}} = 1,0$

Współczynnik sezonowy  $c_{\text{season}} = 1,0$

Bazowa prędkość wiatru  $v_b = c_{\text{dir}} * c_{\text{season}} * v_{b,0} = 1,0 * 1,0 * 22,0 = 22,0 \text{ m/s}$

Wysokość odniesienia  $z = h^{\max} = 9,5 \text{ m}$

Współczynnik chropowatości

$$c_r(z) = 0,8 * \left(\frac{z}{10}\right)^{0,19}$$

$$c_r(9,5) = 0,8 * \left(\frac{9,5}{10}\right)^{0,19} = 0,79$$

Współczynnik rzeźby terenu – teren płaski  $c_o(z) = 1,0$

Średnia prędkość wiatru

$$v_m(z) = c_r(z) * c_o(z) * v_b = 0,79 * 1,0 * 22,0 = 17,4 \text{ m/s}$$

Intensywność turbulencji

$$I_v = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = k_l / (c_o(z) * \ln(z/z_0)) \quad (z_{\min} = 5,0 \text{ m}, z = 9,5 \text{ m} < z_{\max} = 200,0 \text{ m})$$

$k_l$  współczynnik turbulencji , wartość zalecana  $k_l = 1,0$

$$I_v = 1 / (1,0 * \ln (9,5/0,3)) = 0,29$$

Wartość szczytowa prędkości wiatru

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * (1/2) * \rho * v_m^2(z)$$

$$q_p(9,5) = [1 + 7 * 0,29] * (1/2) * 1,25 * (17,4)^2 = 3,03 * 0,5 * 1,25 * 302,76 = 573,3 \text{ Pa}$$

$$q_p(9,5) = 0,57 \text{ kPa}$$

Współczynnik konstrukcyjny

Budynek o wysokości mniejszej od 15,0m  $\rightarrow c_s c_d = 1,0$

Współczynnik ciśnienia zewnętrznego

$$\text{Wymiar } e = (\min(b; 2 * h)) = 19,0 \text{ m}$$

$$e/10 = 19,0/10 = 1,90 \text{ m}; e/4 = 19,0/4 = 4,75 \text{ m}$$

Współczynniki ciśnienia zewnętrznego  $c_{pe} = c_{pe,10}$  dla poszczególnych pól

F - parcie +0,70 ; ssanie -0,283

G - parcie +0,70 ; ssanie -0,283

H - parcie +0,49 ; ssanie -0,113

I - parcie +0,0 ; ssanie -0,313

J - parcie +0,0 ; ssanie -0,410

Ciśnienie wiatru na powierzchnie zewnętrzne  $w_k$

$$w_k = q_p(z_e) * c_{pe}$$

F - parcie +0,40 ; ssanie -0,16

G - parcie +0,40 ; ssanie -0,16

H - parcie +0,28 ; ssanie -0,065

I - parcie +0,0 ; ssanie -0,18

J - parcie +0,0 ; ssanie -0,23

Obciążenie od parcia przypadające na pojedynczą krokiew (rozstaw krokwi 0,8m)

F - parcie +0,32 ; ssanie -0,13

G - parcie +0,32 ; ssanie -0,13

H - parcie +0,22 ; ssanie -0,05

I - parcie +0,0 ; ssanie -0,14

J - parcie +0,0 ; ssanie -0,18

Kleszcze

Siła osiowa  $N = 6,9 \text{ kN}$  (ściskanie), Moment zginający  $M = 0,2 \text{ kNm}$

Długość wyboczeniowa  $L_w = 4,2 \text{ m}$

Przekrój 2 x bal 5x16cm w rozstawie 8cm połączony dwoma przewiązkami

Odległość między przewiązkami  $L_1 = 0,84 \text{ m}$  – grupa III prętów złożonych

$$A = 2 * 0,05 * 0,16 = 0,0160 \text{ m}^2, \quad J_x = 2 * 0,05 * (0,16)^3 / 12 = 0,00003413 \text{ m}^4,$$

$$W_x = 2 * 0,05 * (0,16)^2 / 6 = 0,000427 \text{ m}^3, \quad e = 0,065 \text{ m}$$

$$J_{y1} = 0,16 * (0,05)^3 / 12 = 0,00000167 \text{ m}^4, \quad A_1 = 0,05 * 0,16 = 0,0080 \text{ m}^2$$

$$J_y = 2 * J_{y1} + 2 * A_1 * e^2 = 2 * 0,00000167 \text{ m}^4 + 2 * 0,0080 \text{ m}^2 * (0,065 \text{ m})^2 = 0,00007094 \text{ m}^4$$

$$i_{y1} = \sqrt{\frac{J_{y1}}{A_1}} \quad i_{y1} = \sqrt{\frac{0,00000167}{0,0080}} = 0,0144 \text{ m}$$

$$i_{yc} = \sqrt{\frac{J_y}{A}} \quad i_{yc} = \sqrt{\frac{0,00007094}{0,0160}} = 0,0666 \text{ m}$$

$$i_{xc} = \sqrt{\frac{J_x}{A}} \quad i_{xc} = \sqrt{\frac{0,00003413}{0,0160}} = 0,0462 \text{ m} < i_{yc} = 0,0666 \text{ m}$$

Przyjęto klasę drewna K-27

$R_{dm} = 13,0 \text{ MPa}$ ,  $R_{dt} = 9,5 \text{ MPa}$ ,  $R_{dc} = 11,5 \text{ MPa}$ ,  $E_m = 9000 \text{ MPa}$

$R_{kc} = 20,0 \text{ MPa}$ ,  $E_m = 7000 \text{ MPa}$

$$m = m_1 * m_2 * m_3 * m_4 = 0,85 * 1,0 * 1,0 * 0,9 = 0,765$$

Wpływ zginania

$\sigma = M/W_x = 0,2 / 0,000427 = 468,4 \text{ kPa} < R_{dm}$  = wartość niewielka w stosunku do wytrzymałości

Wpływ ściskania

$$\lambda_{red} = \sqrt{\lambda_c^2 + \eta_3 \frac{n}{2} \lambda_1^2}$$

$$\lambda_1 = L_1 / i_{y1} \quad \lambda_1 = 0,84 \text{ m} / 0,0144 \text{ m} = 58,3 < 60$$

$\eta_3 = 4$  dla przewiązek wewnętrznych, przy połączeniu gwoździami

$n=2$  liczba gałęzi

$$\lambda_c = L / i_{yc} \quad \lambda_c = 4,2\text{m} / 0,0462\text{m} = 90,9 < 175$$

$$\lambda_{\text{red}} = 147,8 < 175$$

$$E_k / R_{kc} = 7000 / 20 = 350 \rightarrow k_w = 0,13 \text{ i } k_w / k_E = 0,92$$

$$\sigma_c = N / (A_d * k_w) \leq R_{dc} * m$$

$$\sigma_c = 6,9 / (0,0160 * 0,13) = 3317,3 \text{ kPa} < 11500 * 0,765 = 8797,5 \text{ kPa}$$

### Krokiew

Siła osiowa  $N = 11,6 \text{ kN}$  (ściskanie), Moment zginający  $M = -2,0 \text{ kNm}$

Długość wyboczeniowa  $L_w = 2,61 \text{ m}$

Przekrój kantówka  $8 \times 16 \text{ cm}$

$$\sigma_t = N / (A_d * k_w) + (M * R_{dc} * n) / (W_{xbr} * R_{dm}) \leq R_{dc} * m$$

$$n = 1 / [1 - (k_w * N) / (k_E * A_d * R_{kc})]$$

Przyjęto klasę drewna K-27

$$R_{dm} = 13,0 \text{ MPa}, R_{dt} = 9,5 \text{ MPa}, R_{dc} = 11,5 \text{ MPa}, E_m = 9000 \text{ MPa}$$

$$R_{kc} = 20,0 \text{ MPa}, E_m = 7000 \text{ MPa}$$

$$m = m_1 * m_2 * m_3 * m_4 = 0,85 * 1,0 * 1,0 * 0,9 = 0,765$$

$$A_d = 0,08 \text{ m} * 0,16 = 0,0128 \text{ m}^2$$

$$W_x = 0,08 * (0,16)^2 / 6 = 0,000341 \text{ m}^3$$

$$J_y = 0,16 * (0,08)^3 / 12 = 0,00000683 \text{ m}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{J_y}{A_d}} \quad i_y = \sqrt{\frac{0,00000683}{0,0128}} = 0,023 \text{ m}$$

Długość wyboczeniowa  $l_c = 2,61 \text{ m}$

$$\lambda_c = \frac{l_c}{i} = \frac{2,61}{0,023} = 113,0 < 150$$

$$E_k / R_{kc} = 7000 / 20 = 350 \rightarrow k_w = 0,22 \text{ i } k_w / k_E = 0,88$$

$$k_E = k_w / 0,85 = 0,22 / 0,85 = 0,26$$

$$n = 1 / [1 - (0,22 * 11,6) / (0,26 * 0,0128 * 20000)] = 1,04$$

$$\sigma_t = 11,6 / (0,0128 * 0,22) + (2,0 * 11,5 * 1,04) / (0,000341 * 13,0) =$$

$$4119,3 + 5395,9 = 9515,2 \text{ kPa} < 11500 * 0,765 = 8797,5 \text{ kPa}$$

Zwiększono wysokość krokwi na 18 cm

$$A_d = 0,08 \text{ m} * 0,18 = 0,0144 \text{ m}^2$$

$$W_x = 0,08 * (0,18)^2 / 6 = 0,000432 \text{ m}^3$$

$$J_y = 0,18 * (0,08)^3 / 12 = 0,0000077 \text{ m}^4$$

$$I_y = \sqrt{\frac{J_y}{A_d}} \quad i_y = \sqrt{\frac{0,00000077}{0,0144}} = 0,023 \text{ m}$$

Długość wyboczeniowa  $l_c = 2,61 \text{ m}$

$$\lambda_c = \frac{l_c}{i} = \frac{2,61}{0,023} = 113,0 < 150$$

$$E_k / R_{kc} = 7000 / 20 = 350 \rightarrow k_w = 0,22 \text{ i } k_w / k_E = 0,88$$

$$k_E = k_w / 0,85 = 0,22 / 0,85 = 0,26$$

$$n = 1 / [1 - (0,22 * 11,6) / (0,26 * 0,0144 * 20000)] = 1,035$$

$$\sigma_t = 11,6 / (0,0144 * 0,22) + (2,0 * 11,5 * 1,035) / (0,000432 * 13,0) =$$

$$3661,6 + 4238,8 = 7900,4 \text{ kPa} > 11500 * 0,765 = 8797,5 \text{ kPa}$$

$$\text{Ugięcia elementów maksymalne } f^{\max} = 0,003 \text{ m} < L/250 = 2,62 \text{ m} / 250 = 0,010 \text{ m}$$

### Reakcje podporowe

Podpora nr 1  $R_H = 7,69 \text{ kN}$ ,  $R_V = 7,93 \text{ kN}$

Podpora nr 6  $R_H = 8,88 \text{ kN}$ ,  $R_V = 7,45 \text{ kN}$

Dala przeniesienia siły rozporowej przyjęto ściągi

Siła w ściągu  $N = 8,88 \text{ kN}$

Przyjęto ściągi z pręta  $\phi 16$  napinanego śrubą rzymską

Pole przekroju netto  $A = 1,61 * 10^{-4} \text{ m}^2$ , stal St0S

$$N_{Rt} = A * f_d = 1,61 * 10^{-4} \text{ m}^2 * 175\,000 \text{ kPa} = 28,0 \text{ kN}$$

Siła w ściągu  $N = 8,88 \text{ kN} < N_{Rt} = 28,0 \text{ kN}$

### Krokiew nad przybudówką $L=3,90 \text{ m}$

$$q = 0,32 \text{ kN/m}^2 * 1,35 + 0,46 \text{ kN/m}^2 * 1,5 = 1,12 \text{ kN/m}$$

$$M = 1,12 \text{ kN/m} * (3,9 \text{ m})^2 / 8 = 2,1 \text{ kNm}$$

przyjęto profil jak dla krokwi głównej z kantówki  $8 \times 18 \text{ cm}$

$$A_d = 0,08 \text{ m} * 0,18 = 0,0144 \text{ m}^2$$

$$W_x = 0,08 * (0,18)^2 / 6 = 0,000432 \text{ m}^3$$

$$J_x = 0,08 * (0,18)^3 / 12 = 0,00003888 \text{ m}^4$$

Przyjęto klasę drewna K-27

$$R_{dm} = 13,0 \text{ MPa}, R_{dt} = 9,5 \text{ MPa}, R_{dc} = 11,5 \text{ MPa}, E_m = 9000 \text{ MPa}$$

$$R_{kc} = 20,0 \text{ MPa}, E_m = 7000 \text{ MPa}$$

$$m = m_1 * m_2 * m_3 * m_4 = 0,85 * 1,0 * 1,0 * 0,9 = 0,765$$

$$\sigma = M/W_x = 2,1 / 0,000432 = 4861,1 \text{ kPa} < m * R_{dm} = 0,765 * 13\,000 \text{ kPa} = 9945,0 \text{ kPa}$$

Sprawdzenie ugięcia

$$f_M = \frac{5}{48} \frac{M * l^2}{\gamma * E * J_x} < \frac{L}{200}$$

dla obciążenia całkowitego

$$\gamma_{sr} \cong 1,4$$

$$\frac{5}{48} \frac{2,1 * 3,9^2}{1,4 * 9000000 * 0,0003888} = 0,12 \text{ m} < \frac{3,9}{200} = 0,019 \text{ m}$$

Sprawdzenie ściany na obciążenie wiatrem

Obciążenie wiatrem na ścianę podłużną budynku

$$\text{Wymiar } e = (\min(b; 2 * h) = 19,0 \text{ m}, d = 8,5 \text{ m lub } 12,4 \text{ m}$$

$$h / d = 9,5 \text{ m} / 8,5 \text{ m} = 1,12 \text{ lub } h / d = 9,5 \text{ m} / 12,4 \text{ m} = 0,77$$

$$c_{pe,10} = +0,8 \text{ parcie powierzchni D}$$

$$c_{pe,10} = -0,5 \text{ parcie powierzchni E}$$

$$w_k = q_p(z_e) * c_{pe}$$

$$q_p(9,5) = 0,57 \text{ kPa}$$

$$w_{kD} = 0,57 \text{ kPa} * 0,8 = 0,46 \text{ kPa}; w_o = w_k * \gamma_f = 0,46 \text{ kPa} * 1,5 = 0,69 \text{ kPa parcie}$$

$$w_{kD} = 0,57 \text{ kPa} * 0,5 = 0,29 \text{ kPa}; w_o = w_k * \gamma_f = 0,29 \text{ kPa} * 1,5 = 0,43 \text{ kPa ssanie}$$

$$q_{H\text{ściany}} = 0,69 \text{ kPa} * 6,2 \text{ m} * 0,5 = 2,14 \text{ kN/m}$$

Obciążenia poziome na konstrukcję dachu

Rozstaw pilastrów usztywniających ścianę wynosi: 9,0m, 9,5m 9,0m

$$q_{H\text{dachu}} = [(0,32 \text{ kPa} * 1,9 \text{ m} / 0,8) * \sin 36,5^0 + [(0,22 \text{ kPa} * 3,32 \text{ m} / 0,8) * \sin 36,5^0] * 1,5 = [0,45 + 0,54] * 1,5 = 1,49 \text{ kN/m}$$

$$q_{Hw} = q_{H\text{ściany}} + q_{H\text{dachu}} = 2,14 \text{ kN/m} + 1,49 \text{ kN/m} = 3,63 \text{ kN/m}$$

$$M \cong 3,63 \text{ kN/m} * (9,0 \text{ m})^2 / 10 = 29,4 \text{ kNm}$$

$$R = 3,63 \text{ kN/m} * 9,0 * 0,625 = 20,4 \text{ kN}$$

Sprawdzenie wieńca

$$\underline{b = 0,25 \text{ m}, h = 0,25 \text{ m}, d = 0,21 \text{ m}, \text{ beton kl. B-25, stal zbroj. Kl. A-II (18G2-b)}}$$

$$S_c = M / (\alpha * f_{cd} * b * d^2) = 29,4 / (0,85 * 13300 * 0,25 * (0,21)^2) = 0,236$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 * S_c} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,236} = 0,273$$

$$x_{eff} = \xi_{eff} * d = 0,273 * 0,21 = 0,057$$

$$A_{s1} = (\alpha * f_{cd} * b * x_{eff}) / f_{yd} = (0,85 * 13300 * 0,25 * 0,057) / 310000 = 5,23 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Przyjęto zbrojenie wieńca 3  $\phi$  16 / m w pionie po obu stronach stal 18G2-b (A-II)

$$A_{srz} = 6,0 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Sprawdzenie na ścinanie

$$d = 0,21 \text{ m}, z = 0,9 * d = 0,9 * 0,21 = 0,189 \text{ m}, f_{ctd} = 1000 \text{ kPa}$$

$$\rho_L = A_{sL} / (b_w * d) \leq 0,02 \quad \rho_1 = 0,0006 / (0,25 * 0,21) = 0,0114$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c \quad \sigma_{cp} = 0,0$$

$$k = 1,6 - d \geq 1,0 \quad k = 1,6 - 0,21 = 1,39 > 1,0$$

$$V_{Rd1} = [0,35 * k * f_{ctd} * (1,2 + 40 * \rho_L) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$$

$$V_{Rd1} = [0,35 * 1,39 * 1000 * (1,2 + 40 * 0,0114) + 0,15 * 0,0] * 0,25 * 0,21 = 42,3 \text{ kN} > Q = 20,4 \text{ kN}$$

Przyjęto konstrukcyjnie strzemiona dwucięte  $\phi$  8 - stal kl A-I (St3S-b)

### Pilaster

Siła skupiona obciążająca pilaster

$$H = 3,63 \text{ kN/m} * (9,5 \text{ m} + 9,0 \text{ m}) * 0,5 = 33,6 \text{ kN}$$

$$M = H * h_{pilastra} = 33,6 \text{ kN} * 7,2 \text{ m} = 241,8 \text{ kNm}$$

b = 0,40 m, h = 1,00 m, d = 0,95 m, beton kl. B-25, stal zbroj. Kl. A-II (18G2)

$$S_c = M / (\alpha * f_{cd} * b * d^2) = 241,8 / (0,85 * 13300 * 0,40 * (0,95)^2) = 0,059$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 * S_c} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,059} = 0,061$$

$$x_{eff} = \xi_{eff} * d = 0,061 * 0,95 = 0,058$$

$$A_{s1} = (\alpha * f_{cd} * b * x_{eff}) / f_{yd} = (0,85 * 13300 * 0,4 * 0,058) / 310000 = 8,5 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{smin} = 0,0015 * 0,4 \text{ m} * 0,95 \text{ m} = 5,7 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Przyjęto zbrojenie 5  $\phi$  16 stal 18G2 (A-II)  $A_{srz} = 10,0 * 10^{-4} \text{ m}^2$  po obu stronach

Sprawdzenie na ścinanie przekrój u góry pilastra przyjęto 0,30m

$$d = 0,95 \text{ m}, z = 0,9 * d = 0,9 * 0,25 = 0,225 \text{ m}$$

$$\rho_1 = A_s / (b_w * d) \leq 0,02 \quad \rho_1 = 0,0010 / (0,4 * 0,25) = 0,01$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c \quad \sigma_{cp} = 0,0$$

$$k = 1,6 - d \geq 1,0 \quad k = 1,6 - 0,25 = 1,35 > 1,0$$



$$V_{Rd1} = [0,35 * k * f_{ctd} * (1,2 + 40 * \rho_L) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_W * d$$

$$V_{Rd1} = [0,35 * 1,35 * 1000 * (1,2 + 40 * 0,01) + 0,15 * 0,0] * 0,4 * 0,25 = 75,6 > Q = 33,6 \text{ kN}$$

### Fundament pilastra

Parametry geometryczne fundamentu

Pole powierzchni podstawy fundamentu  $A_F = 2,0 * 3,0 \text{ m} = 6,0 \text{ m}^2$

Wskaźniki zginania podstawy fundamentu

$$W_F = 2,0 * (3,0)^2 / 6 = 3,0 \text{ m}^3$$

$$\text{Objętość fundamentu } V_F = 2,0 \text{ m} * 3,0 \text{ m} * 0,7 = 4,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Objętość gruntu } V_{Gr} = 0,3 * 2,0 * 2,5 = 1,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Objętość pilastra } V_P = 0,4 * (1,0 + 0,4) * 0,5 * 7,0 \text{ m} = 1,96 \text{ m}^3$$

$$\text{Objętość ściany } V_S = 0,38 * 1,0 * 7,2 \text{ m} + 0,25 * 1,0 * 7,2 = 4,6 \text{ m}^3$$

### Zestawienie obciążeń

Zestawienie obciążeń pionowych maksymalnych	Wartość obc. w [kN]
Fundament żelbetowy jw. $25,0 \text{ kN/m}^3 * 4,2 \text{ m}^3 =$	105,0
Grunt na odsadzkach $19,0 \text{ kN/m}^3 * 1,5 \text{ m}^3 =$	28,5
Ciężar własny pilastra $25,0 \text{ kN/m}^3 * 1,96 \text{ m}^3 =$	49,0
Obciążenie ciężarem ściany $14,0 \text{ kN/m}^3 * 4,6 \text{ m}^3 =$	64,4
Obciążenie z dachu $0,6 \text{ kN/m}^2 * 4,2 \text{ m} * 2,0 \text{ m} =$	5,0
Razem obciążenie $\Sigma N^{kmax}$ w [kN]	251,9

$$\Sigma N^{o max} = 251,9 \text{ kN} * 1,35 = 340,1 \text{ kN}$$

Moment zginający w poziomie posadowienia fundamentu

$$M = 241,8 \text{ kNm}$$

### Sprawdzenie naprężeń średnich na grunt

#### I wariant obciążenia

$$\sigma_{sr} = \frac{\Sigma N^{max}}{A_F} = \frac{340,1}{6,0} = 56,7 \text{ kN/m}^2$$

Sprawdzenie naprężeń krawędziowych na grunt

$$\sigma = \frac{\Sigma N^{max}}{A_F} \pm \frac{M_o}{W_F^{\xi}}$$

$$\sigma^{\max} = \frac{340,1}{6,0} + \frac{241,8}{3,0} = 56,7 + 80,6 = 137,3 \text{ kPa}$$

$$\sigma^{\min} = \frac{340,1}{6,0} - \frac{241,8}{3,0} = 56,7 - 80,6 = -23,9 \text{ kPa}$$

$$\frac{\sigma^{\min}}{\sigma^{\max}} = \frac{23,9}{137,3} = 0,17 < 0,25$$