

## Obliczenia statyczne

### Poz. 1. DACH

Lp	Opis obciążenia z dachu	Obc. char. kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. kN/m <sup>2</sup>
1.	Obciążenie śniegiem PN-80/B-02010/Az1/Z1-1 (strefa 2, $Q_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$ , $C_1=0,8$ ) $[0,720 \text{ kN/m}^2]$	0,96	1,50	0,00	1,44
2.	Blacha stalowa $[0,20 \text{ kN/m}^2]$	0,20	1,10	--	0,22
3.	Obciążenie wiatrem PN-B-02011:1977/Az1/Z1-3 (strefa I, $q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$ , wsp. aerodyn. $C=0,175$ , $\beta=1,80$ ) $[0,083 \text{ kN/m}^2]$	0,08	1,50	--	0,12
$\Sigma$ :		<b>1,24</b>	<b>1,44</b>	<b>--</b>	<b>1,78</b>

#### Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C20**

→  $f_{m,k} = 20 \text{ MPa}$ ,  $f_{t,0,k} = 12 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 19 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 2,2 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,mean} = 9,5 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 330 \text{ kg/m}^3$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

#### Krokiew – 8/16 cm

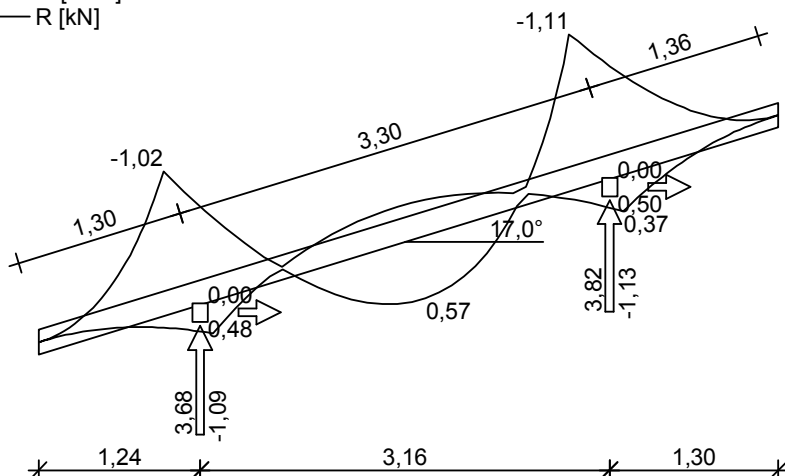
Rozstaw krokwi max  $a = 0,96 \text{ m}$

#### Obciążenia dachu:

- obciążenie stałe (wg PN-82/B-02001: ):  $g_k = 0,150 \text{ kN/m}^2$  połaci dachowej,  $\gamma_f = 1,10$
- obciążenie śniegiem (wg PN-80/B-02010/Az1/Z1-1: strefa 2, nachylenie połaci  $17,0^\circ$ ):  
 $S_k = 0,768 \text{ kN/m}^2$  rzutu połaci dachowej,  $\gamma_f = 1,50$
- obciążenie ssaniem wiatru (wg PN-B-02011:1977/Az1/Z1-3: połać nawietrzna, strefa I,  $\beta=1,80$ ):  
 $p_k = -0,389 \text{ kN/m}^2$  połaci dachowej,  $\gamma_f = 1,50$

#### WYNIKI:

— M [kNm]  
— R [kN]



#### Zginanie:

decyduje kombinacja B (obc.stałe max.+śnieg)

Moment obliczeniowy:

$M_{podp} = -1,11 \text{ kNm}$

Warunek nośności - podpora:

$\sigma_{m,y,d} = 4,94 \text{ MPa}$ ,

$f_{m,y,d} = 12,31 \text{ MPa}$

$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,401 < 1$

Ugięcie (górny wspornik):

$u_{fin} = 2,13 \text{ mm} < u_{net,fin} = 2,0 \cdot I /$

$200 = 13,60 \text{ mm} \quad (15,7\%)$

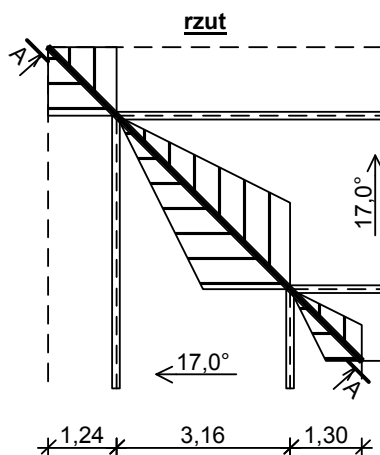
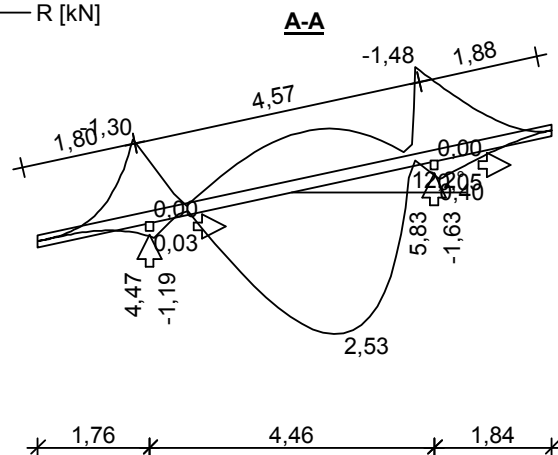
Ugięcie (odcinek środkowy):

$u_{fin} = 1,51 \text{ mm} < u_{net,fin} = I / 200 =$   
 $16,50 \text{ mm} \quad (9,2\%)$

#### Krokiew narożna – 10/18 cm

Obciążenia dachu: j.w.

— M [kNm]  
— R [kN]



Zginanie: decyduje kombinacja B (obc.stałe max.+śnieg)

Momenty obliczeniowe:  $M_{prześł} = 2,53 \text{ kNm}$ ;  $M_{podp} = -1,48 \text{ kNm}$

Warunek nośności - prześło:  $\sigma_{m,y,d} = 4,69 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,y,d} = 12,31 \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,381 < 1$$

Warunek nośności - podpora:  $\sigma_{m,y,d} = 3,96 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,y,d} = 12,31 \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,322 < 1$$

Ugięcie (odcinek środkowy):  $u_{fin} = 9,73 \text{ mm} < u_{net,fin} = l / 200 = 22,83 \text{ mm} \quad (42,6\%)$

### **Płatew – 14/14 cm**

Obciążenia płatwi:

- obciążenie stałe  $[0,150 \cdot (0,5 \cdot 3,00 + 1,00) / \cos 17,0^\circ]$

$$G_k = 0,392 \text{ kN/m}; \quad \gamma_f = 1,10$$

- uwzględniono dodatkowo ciężar własny płatwi

- obciążenie śniegiem  $[0,768 \cdot (0,5 \cdot 3,00 + 1,00)]$

$$S_k = 1,920 \text{ kN/m}; \quad \gamma_f = 1,50$$

- obciążenie wiatrem (pionowe)  $[(-0,389 \cdot (0,5 \cdot 3,00 + 1,00) / \cos 17,0^\circ) \cdot \cos 17,0^\circ]$

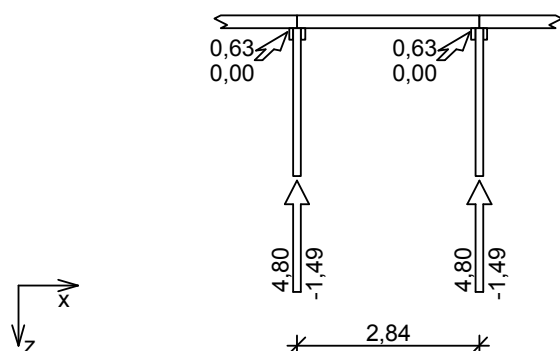
$$W_{k,z} = -0,972 \text{ kN/m}; \quad \gamma_f = 1,50$$

- obciążenie wiatrem (poziome)  $[(-0,389 \cdot (0,5 \cdot 3,00 + 1,00) / \cos 17,0^\circ) \cdot \sin 17,0^\circ]$

$$W_{k,y} = -0,297 \text{ kN/m}; \quad \gamma_f = 1,50$$

**WYNIKI:**

—  $R_z$  [kN]  
—  $R_y$  [kN] } dla jednego odcinka (prześła)



Zginanie:

decyduje kombinacja C (obc.stałe + śnieg)

Momenty obliczeniowe

$$M_{y,max} = 3,41 \text{ kNm}; \quad M_{z,max} = 0,00 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\sigma_{m,y,d} = 7,45 \text{ MPa}, \quad f_{m,y,d} = 12,31 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = 0,00 \text{ MPa}, \quad f_{m,z,d} = 12,31 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7$$

$$k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,424 < 1$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,606 < 1$$

Ugięcie:

decyduje kombinacja B (obc.stałe+śnieg)

$$u_{fin,z} = 8,97 \text{ mm}; \quad u_{fin,y} = 0,00 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = (u_{fin,z}^2 + u_{fin,y}^2)^{0,5} = 8,97 \text{ mm} < u_{net,fin} = 14,20 \text{ mm} \quad (63,2\%)$$

### **Słupki – 14/14 cm**

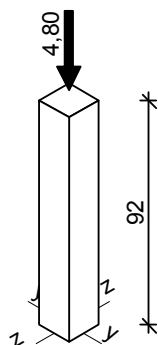
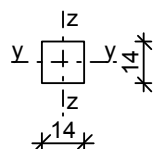
Wysokość słupa

$$l_{col} = 0,92 \text{ m}$$

Siła ściskająca

$$N_c = 4,80 \text{ kN}$$

**WYNIKI:**



Ściskanie równoległe:

$$N_c = 4,80 \text{ kN}$$

Warunek smukłości:

$$\lambda_y = 22,76 < \lambda_c = 150 \quad (15,2\%)$$

$$\lambda_z = 22,76 < \lambda_c = 150 \quad (15,2\%)$$

Warunek nośności:

$$k_{c,y} = 1,000; \quad k_{c,z} = 1,000$$

$$\sigma_{c,y,d} = 0,24 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 8,77 \text{ MPa} \quad (2,8\%)$$

$$\sigma_{c,z,d} = 0,24 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 8,77 \text{ MPa} \quad (2,8\%)$$

### **Płatew stopowa – 14/10 cm**

Murlata - 12/10 cm

Miecie - 5/10 cm

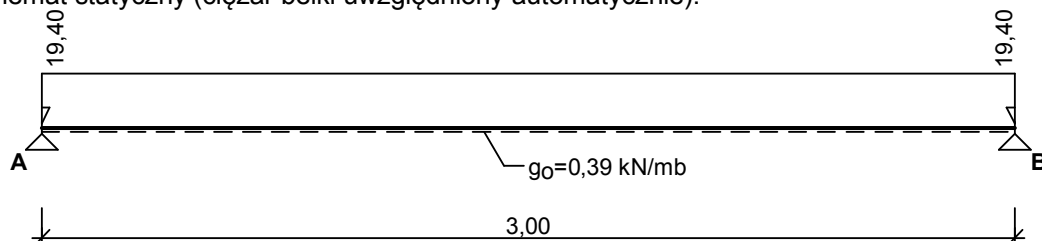
## **Poz. 2. STROP NAD PARTEREM**

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. kN/m <sup>2</sup>
1.	Obciążenie zmienne nieużytkowe [0,5kN/m <sup>2</sup> ]	0,50	1,40	0,80	0,70
2.	Wełna mineralna grub. 20 cm [0,6kN/m <sup>3</sup> ·0,20m]	0,12	1,10	--	0,13
3.	Strop Teriva 24/60	2,50	1,10	--	2,75
4.	Tynk cementowo-wapienny [19,0kN/m <sup>3</sup> ·0,015m]	0,29	1,30	--	0,38
$\Sigma$ :		<b>3,41</b>	<b>1,16</b>	--	<b>3,96</b>

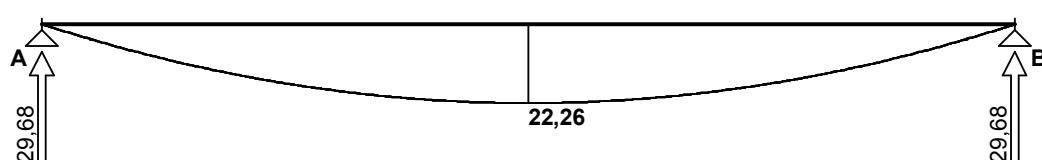
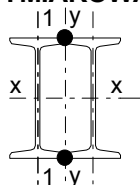
**Poz. 2. 1. PODCIĄG STALOWY (zabezpieczenie otworu wrót) – 2x I 160**

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. kN/m
1.	Z dachu 1,02 x 1,78 =	1,80	1,38	--	2,48
2.	Ze stropu nad parterem 4,41 x 0,60 =	2,65	1,15	--	3,05
3.	Wieniec żelbetowy [24,0kN/m <sup>3</sup> ·0,25m·0,50m]	3,00	1,10	--	3,30
4.	Mur z gazobetonu [7,50kN/m <sup>3</sup> ·0,39m·2,25m]	6,58	1,10	--	7,24
5.	Tynk cem.-wapienny [19,0kN/m <sup>3</sup> ·0,06m·2,25m]	2,56	1,30	--	3,33
$\Sigma$ :		<b>16,59</b>	<b>1,17</b>	--	<b>19,40</b>

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



Momenty zginające [kNm]:

**WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200**

Przekrój: **2 I 160**, połączone spoinami ciągłymi

$A_v = 20,2 \text{ cm}^2$ ,  $m = 35,8 \text{ kg/m}$

$J_x = 1870 \text{ cm}^4$ ,  $J_y = 734 \text{ cm}^4$ ,  $J_\omega = 3100 \text{ cm}^6$ ,  $J_T = 7,11 \text{ cm}^4$ ,  $W_x = 234 \text{ cm}^3$

Stal: **St4**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ( $\alpha_p = 1,080$ )

$M_R = 59,41 \text{ kNm}$

- ścinanie: klasa przekroju 1

$V_R = 274,78 \text{ kN}$

Nośność na zginanie (52)  $M_{\max} / (\phi_L \cdot M_R) = 0,375 < 1$

Nośność na ścinanie (53)  $V_{\max} / V_R = 0,108 < 1$

Stan graniczny użytkowania  $f_{k,\max} = 4,74 \text{ mm} < f_{gr} = 20,00 \text{ mm} \quad (23,7\%)$

**Poz. 2. 2. PODCIĄG STALOWY (zabezpieczenie podciągu po rozbiórce słupa) – 2x I PE 200**

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. kN/m
1.	Z dachu 1,24 x 3,00 =	3,72	1,44	--	5,36
2.	Ze stropu nad parterem 3,41 x 2,07 =	7,06	1,16	--	8,19
3.	Beton [24,0kN/m <sup>3</sup> ·0,25m·0,25m]	1,50	1,10	--	1,65
$\Sigma$ :		<b>12,28</b>	<b>1,24</b>	--	<b>15,20</b>

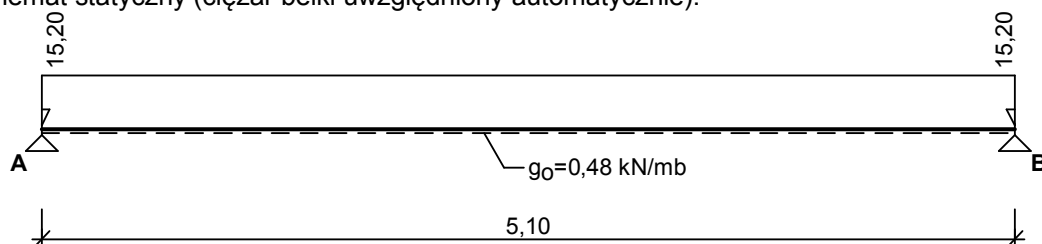
**ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA**

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

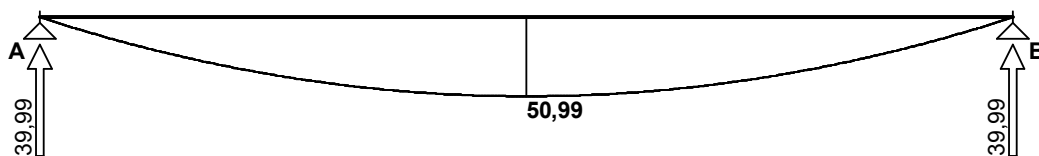
Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- brak stężeń bocznych na długości przęseł belki;

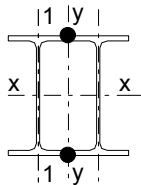
Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



Momenty zginające [kNm]:



#### WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **2 IPE 200**, połączone spoinami ciągłymi

$A_v = 22,4 \text{ cm}^2$ ,  $m = 44,8 \text{ kg/m}$

$J_x = 3880 \text{ cm}^4$ ,  $J_y = 1709 \text{ cm}^4$ ,  $J_\omega = 12980 \text{ cm}^6$ ,  $J_T = 6,98 \text{ cm}^4$ ,  $W_x = 388 \text{ cm}^3$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ( $\alpha_p = 1,067$ )

$M_R = 89,01 \text{ kNm}$

- ścinanie: klasa przekroju 1

$V_R = 279,33 \text{ kN}$

Nośność na zginanie: Moment maksymalny  $M_{\max} = 50,99 \text{ kNm}$

(52)  $M_{\max} / (\varphi_L \cdot M_R) = 0,573 < 1$

Nośność na ścinanie: Maksymalna siła poprzeczna  $V_{\max} = 39,99 \text{ kN}$

(53)  $V_{\max} / V_R = 0,143 < 1$

Stan graniczny użytkowania

Ugięcie graniczne  $f_{gr} = l_o / 250 = 5100 / 250 = 20,40 \text{ mm}$

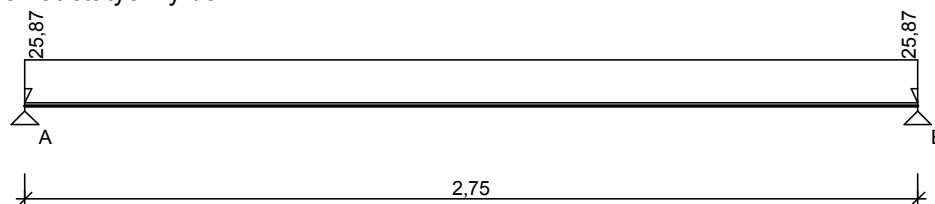
$f_{k,\max} = 15,12 \text{ mm} < f_{gr} = 20,40 \text{ mm}$  (74,1%)

#### Poz. 2. 3. NADPROŻE ŻELBETOWE - 24 x 36 cm

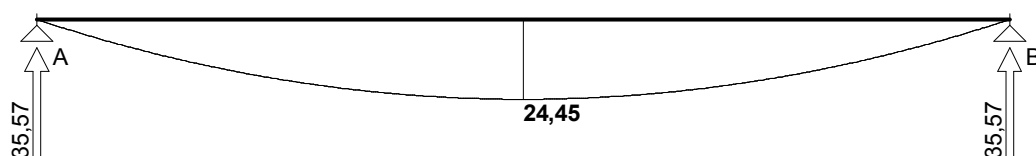
Zestawienie obciążeń rozłożonych [kN/m]:

Lp	Opis obciążenia	Obc.char.	$\gamma_f$	$k_d$	Obc.obl.	Zasięg [m]
1.	Z dachu $1,24 \times 4,0 =$	4,96	1,44	--	7,14	cała belka
2.	Z stropu $3,41 \times 1,25 =$	4,26	1,16	--	4,94	cała belka
3.	Mur z gazobetonu $[7,50 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 2,0 \text{ m}]$	5,40	1,30	--	7,02	cała belka
4.	Tynk+ocieplenie $[22,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 2,50 \text{ m} \cdot 0,06 \text{ m}]$	3,30	1,30	--	4,29	cała belka
5.	Ciężar belki $[0,24 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 25,0 \text{ kN/m}^3]$	1,50	1,10	--	1,65	cała belka
$\Sigma:$		20,14	1,28		25,87	

Schemat statyczny belki



Momenty zginające [kNm]:



#### WYMIAROWANIE wg PN-B-03264:2002

Przęsło A - B:

Zginanie: (przekrój a-a) Moment przęsłowy obliczeniowy  $M_{Sd} = 24,45 \text{ kNm}$

Przyjęto indywidualnie dołem  $4\phi 12$  o  $A_s = 4,52 \text{ cm}^2$  ( $\rho = 0,56\%$ )

Warunek nośności na zginanie:  $M_{Sd} = 24,45 \text{ kNm} < M_{Rd} = 32,04 \text{ kNm}$  (76,3%)

Ścinanie: Miarodajna wartość obliczeniowa siły poprzecznej  $V_{Sd} = (-)26,57 \text{ kN}$

Zbrojenie konstrukcyjne strzemionami czterociętymi  $\phi 6$  co 150 mm na całej długości przęsła

Warunek nośności na ścinanie:  $V_{Sd} = (-)26,57 \text{ kN} < V_{Rd1} = 47,80 \text{ kN}$  (55,6%)

SGU: Moment przęsłowy charakterystyczny  $M_{Sk} = 19,07 \text{ kNm}$

Moment przęsłowy charakterystyczny długotrwały  $M_{Sk,lt} = 19,07 \text{ kNm}$

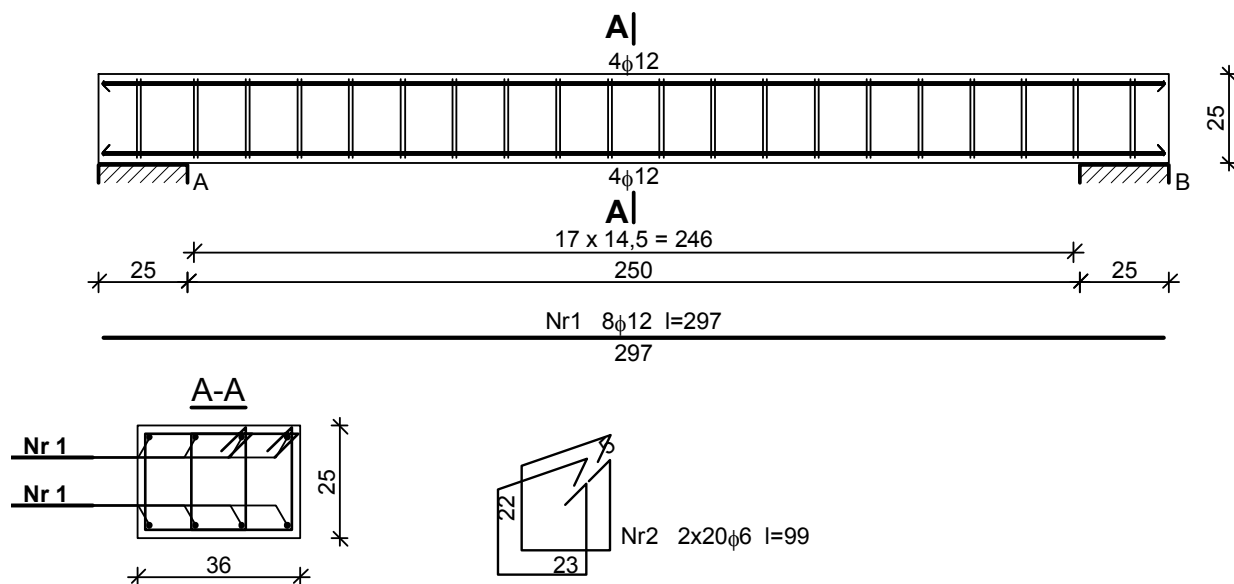
Szerokość rys prostopadłych:  $w_k = 0,173 \text{ mm} < w_{lim} = 0,3 \text{ mm}$  (57,5%)

Maksymalne ugięcie od  $M_{Sk,lt}$ :  $a(M_{Sk,lt}) = 6,12 \text{ mm} < a_{lim} = 2750/200 = 13,75 \text{ mm}$  (44,5%)

Miarodajna wartość charakterystyczna siły poprzecznej  $V_{Sk,lt} = 25,21 \text{ kN}$

Szerokość rys ukośnych: rysy nie wyznaczono

#### SZKIC ZBROJENIA



#### Poz. 3. TRZPIENIE ŻELBETOWE – 30x36

Klasa betonu: **B20** (C16/20) →  $f_{cd} = 10,67 \text{ MPa}$ ,  $f_{ctd} = 0,87 \text{ MPa}$ ,  $E_{cm} = 29,0 \text{ GPa}$

Klasa stali: **A-III (34GS)** →  $f_{yk} = 410 \text{ MPa}$ ,  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$ ,  $f_{tk} = 550 \text{ MPa}$

Średnica prętów  $\phi = 16 \text{ mm}$ , grubość otulenia  $c_{nom} = 20 \text{ mm}$

Strzemiona: stal **St10**  $\phi_s = 6 \text{ mm}$

Obciążenia obliczeniowe:

	$N_{sd}$ [kN]	$M_{1sd,x}$ [kNm]	$M_{3sd,x}$ [kNm]	$M_{2sd,x}$ [kNm]
1.	35,10	0,00	0,00	0,00

Dodatkowo uwzględniono ciężar własny słupa o wartości obliczeniowej  $N_0 = 12,18 \text{ kN}$

Wysokość słupa  $l_{col} = 4,10 \text{ m}$

Rodzaj słupa: monolityczny

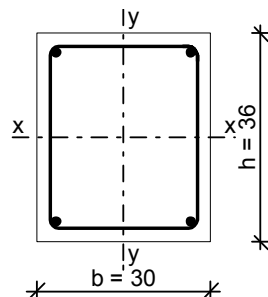
Rodzaj konstrukcji w płaszczyźnie obciążenia: nieprzesuwna (wykres krzywoliniowy)

Rodzaj konstrukcji z płaszczyzny obciążenia: nieprzesuwna

Współczynnik długości wyboczeniowej w płaszczyźnie obciążenia  $\beta_x = 1,00$

Współczynnik długości wyboczeniowej z płaszczyzny obciążenia  $\beta_y = 1,00$

**WYNIKI - SŁUP** (wg PN-B-03264:2002)



#### Ściskanie ze zginaniem:

Przyjęto zbrojenie symetryczne wzdłuż boków "b":

Zbrojenie potrzebne po **2φ16** o  $A_s = 4,02 \text{ cm}^2$

Przyjęto zbrojenie symetryczne wzdłuż boków "h":

Zbrojenie potrzebne po **2φ16** o  $A_s = 4,02 \text{ cm}^2$

Łącznie przyjęto **4φ16** o  $A_s = 8,04 \text{ cm}^2$  ( $\rho = 0,74\%$ )

Warunek nośności:

- dla  $N_d = 47,28 \text{ kN}$ :  $M_{d,x} = 0,57 \text{ kNm} < M_{Rd,x,odp,max} = 49,75 \text{ kNm}$

- dla  $M_{d,x} = 0,57 \text{ kNm}$ :  $N_d = 47,28 \text{ kN} < N_{Rd,odp,max} = 1429,60 \text{ kN}$

Przyjęto strzemiona pojedyncze  $\phi_6$  w rozstawie co max. 24 cm

#### Poz. 4. ŁAWY FUNDAMENTOWE – szer. 60 cm

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. kN/m
1.	Z dachu $1,24 \times 4,0 =$	4,69	1,38	--	6,47
2.	Ze stropu $3,41 \times 3,04 =$	16,78	1,15	--	19,30
3.	Wieniec żelbet. $[24,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,36 \text{ m} \cdot 0,50 \text{ m}]$	4,03	1,10	--	4,43
4.	Mur z gazobetonu $[7,50 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,24 \text{ m} \cdot 4,10 \text{ m}]$	6,48	1,30	--	8,42

5. Tynk+ocieplenie [22,0kN/m <sup>3</sup> ·0,06m·5,00m]	6,60	1,30	--	8,58
6. Fundament bet. [24,0kN/m <sup>3</sup> ·0,24m·0,75m]	4,32	1,10	--	4,75
$\Sigma$ :	<b>42,90</b>	<b>1,21</b>	--	<b>51,96</b>

Kombinacje obciążeń obliczeniowych:

Nr	typ obc.	N [kN/m]	T <sub>B</sub> [kN/m]	M <sub>B</sub> [kNm/m]	e [kPa]	Δe [kPa/m]
1	długotrwałe	51,96	2,03	4,66	0,00	0,00

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

Nośność pionowa podłoża:  $N_r = 63,0 \text{ kN/mb} < m \cdot Q_{rN} = 0,81 \cdot 209,1 \text{ kN/mb} = 169,4 \text{ kN/mb}$  (37,2%)

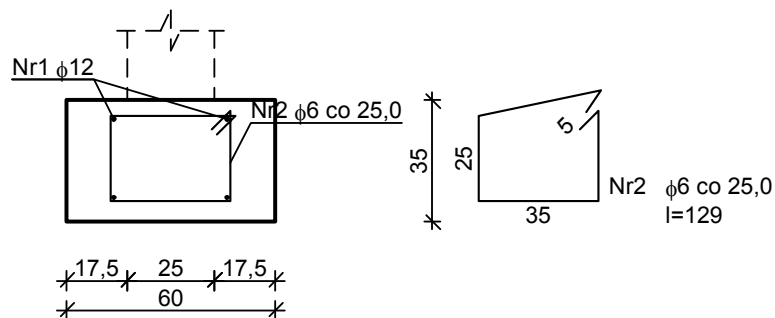
Nośność podłoża na przesunięcie poziome:  $T_r = 2,0 \text{ kN/mb} < m \cdot Q_{rT} = 0,72 \cdot 26,3 \text{ kN/mb} = 18,9 \text{ kN/mb}$  (10,7%)

Stateczność fundamentu na obrót:  $M_o = 5,37 \text{ kNm/mb} < m \cdot M_u = 0,72 \cdot 18,2 \text{ kNm/mb} = 13,1 \text{ kNm/mb}$  (41,0%)

Osiadanie:  $s = 0,18 \text{ cm} < s_{dop} = 1,00 \text{ cm}$  (18,1%)

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

##### SZKIC ZBROJENIA



FUNDAMENTY POD URZĄDZENIA – przyjęto konstrukcyjnie