

OBLICZENIA STATYCZNE

Wyciąg - (schematy statyczne, założenia do obliczeń oraz podstawowe wyniki)

Do obliczeń statycznych zastosowano poniższe Polskie Normy :

I. Obciążenia

| | |
|--------------------|--|
| - PN-80/B-2010-AZ1 | Obciążenia w obliczeniach statycznych. |
| - PN-77/B-02011 | Obciążenie śniegiem. |
| - PN-82/B-02000 | Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem. |
| - PN-82/B-02001 | Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości. |
| - PN-82/B-02003 | Obciążenia budowli. Obciążenia stałe. |
| | Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. |
| | Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe. |

II. Obliczenia statyczne

| | |
|-------------------|--|
| - PN-B-03150 | Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie. |
| - PN-B-03264:2002 | Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia |
| - PN-81/B-03020 | statyczne i projektowanie. |
| | Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. |
| | Obliczenia statyczne i projektowanie. |

1. Obciążenia

Poz. A.

Pokrycie dachu z dociepleniem

| | | | | | |
|---------------------------|-------|------------------------|--------------|---------|------------------------|
| a = 48 | | cosa = 0,669 | sina = 0,743 | wsp. γf | |
| - dachówka ceramiczna | 18 cm | 0,95 kN/m ² | 1,2 | 1,14 | kN/m ² |
| - łąty i kontrłąty | | | | | |
| - deskowanie | | | | | |
| - konstrukcja drewniana | | | | | |
| - folia | | | | | |
| - wełna mineralna gr | 18 cm | 0,01 | -//- | 1,3 | 0,01 -//- |
| - 2x płyta g-k na ruszcie | | 0,11 | -//- | 1,3 | 0,14 -//- |
| | | 0,40 | -//- | 1,2 | 0,48 -//- |
| | | 1,47 kN/m ² | | | 1,77 kN/m ² |

Obciążenia na 1m2 rzutu poziomego połaci

| | | | | | |
|-------------------|------------------------|---|-------|---|------------------------|
| Obc. charakt. | 1,47 kN/m ² | / | 0,669 | = | 2,19 kN/m ² |
| Obc. obliczeniowe | 1,77 kN/m ² | / | 0,669 | = | 2,65 kN/m ² |

Poz. A1.

Pokrycie dachu bez docieplenia

| | | |
|--------|--------------|--------------|
| a = 48 | cosa = 0,669 | sina = 0,743 |
|--------|--------------|--------------|

| | | wsp. γf | | | | | |
|---------------------------|-------|---------|------------------------|-------------------|-----|------------------------|-------------------|
| - dachówka ceramiczna | 18 cm | } | | | | | |
| - łaty i kontrłaty | | | | | | | |
| - deskowanie | | | | | | | |
| - konstrukcja drewniana | | | | | | | |
| - folia | | | | | | | |
| - wełna mineralna gr | | | 0,95 | kN/m ² | 1,2 | 1,14 | kN/m ² |
| - 2x płyta g-k na ruszcie | | | 0,01 | -//- | 1,3 | 0,01 | -//- |
| | | | 0,00 | -//- | 1,3 | 0,00 | -//- |
| | | | 0,00 | -//- | 1,2 | 0,00 | -//- |
| | | | 0,96 kN/m ² | | | 1,15 kN/m ² | |

Obciążenia na 1m2 rzutu poziomego połaci

| | | | | | |
|-------------------|------------------------|---|-------|---|------------------------|
| | | | 48 ° | | |
| Obc. charakt. | 0,96 kN/m ² | / | 0,669 | = | 1,43 kN/m ² |
| Obc. obliczeniowe | 1,15 kN/m ² | / | 0,669 | = | 1,72 kN/m ² |

Śnieg - 4 strefa wg PN-80/B-02010 -

Poz. B.

Az1

| | | | | | |
|------------------|------------------------|----------|-----|------|-------------------|
| a = 48 | C1= 0,32 | C2= 0,48 | Qk= | 1,60 | kN/m ² |
| - pierwsza połać | 0,51 kN/m ² | x 1,50 | = | 0,77 | kN/m ² |
| - druga połać | 0,77 kN/m ² | x 1,50 | = | 1,15 | kN/m ² |

Poz. C.

Wiatr - I strefa wg PN-77/B-02011 - Az1 teren A

| | | | | |
|------------------|-------------------------|------------------------|-----|-------------------------|
| a = 48 | Cn1= 0,52 | Cz= -0,40 | Ce= | 0,89 |
| β= 1,8 | qk= | 0,30 kN/m ² | | |
| - pierwsza połać | 0,25 kN/m ² | x 1,50 | = | 0,37 kN/m ² |
| - druga połać | -0,19 kN/m ² | x 1,50 | = | -0,29 kN/m ² |

Stropy

Poz. D.

drewniane

| | | | |
|------------------|------------------------|-----|------------------------|
| - posadzka deski | 0,20 kN/m ² | 1,3 | 0,26 kN/m ² |
| - legary | 0,05 -/- | 1,3 | 0,07 -/- |
| - belki stropowe | 0,25 -/- | 1,1 | 0,28 -/- |
| - wełna | 0,06 -/- | 1,3 | 0,08 -/- |
| - folia | 0,01 -/- | 1,3 | 0,01 -/- |
| - deski | 0,15 -/- | 1,3 | 0,20 -/- |
| | 0,72 kN/m ² | | 0,89 kN/m ² |

Poz. D.

Stropy drewniane na jętkach

| | | | |
|----------------|------------------------|-----|------------------------|
| - deski | 0,20 kN/m ² | 1,3 | 0,26 kN/m ² |
| - folia | 0,01 -/- | 1,3 | 0,01 -/- |
| - belki | 0,15 -/- | 1,1 | 0,17 -/- |
| - wełna | 0,12 -/- | 1,3 | 0,16 -/- |
| - folia | 0,01 -/- | 1,3 | 0,01 -/- |
| - 2x płyta g-k | 0,40 -/- | 1,3 | 0,52 -/- |
| | 0,89 kN/m ² | | 1,13 kN/m ² |

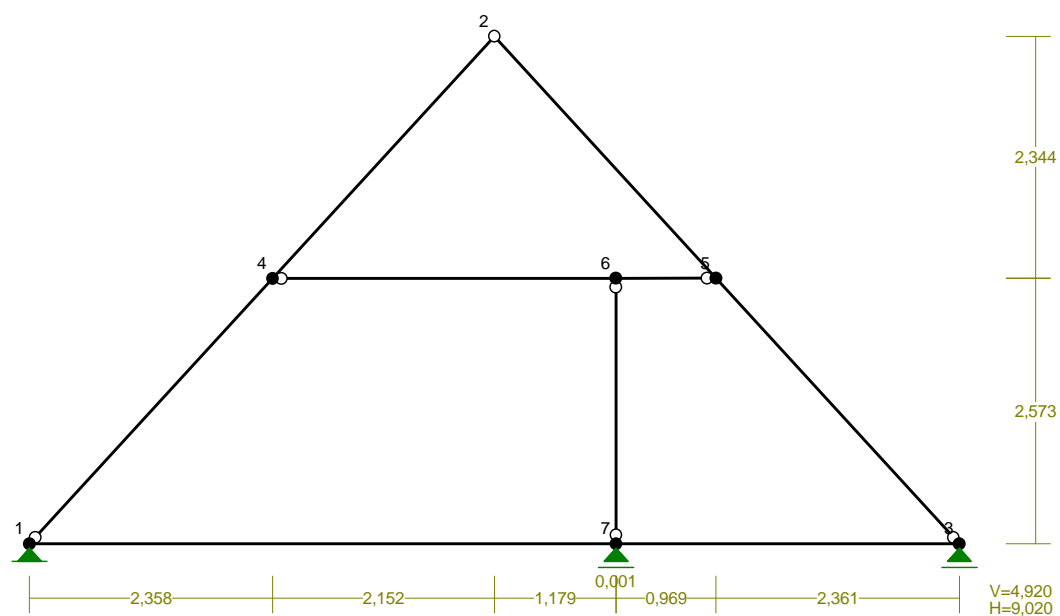
Poz. E.

Obciążenia użytkowe

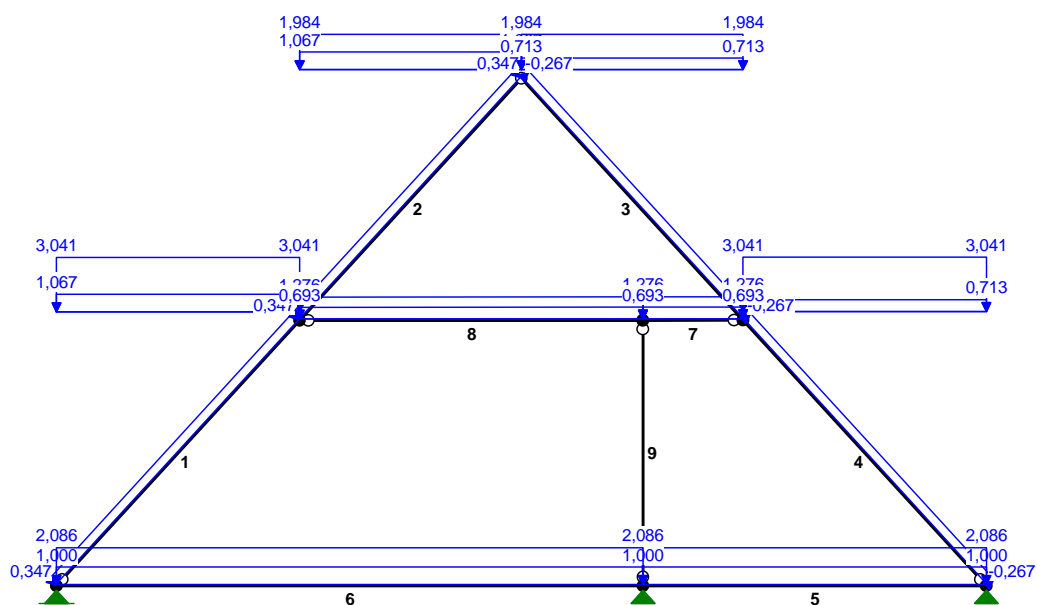
| | | | |
|--------------|------------------------|-----|------------------------|
| - poddasze | 0,50 kN/m ² | 1,4 | 0,70 kN/m ² |
| - mieszkania | 1,50 kN/m ² | 1,4 | 2,10 kN/m ² |

2. Konstrukcje drewniane WIAZAR 1

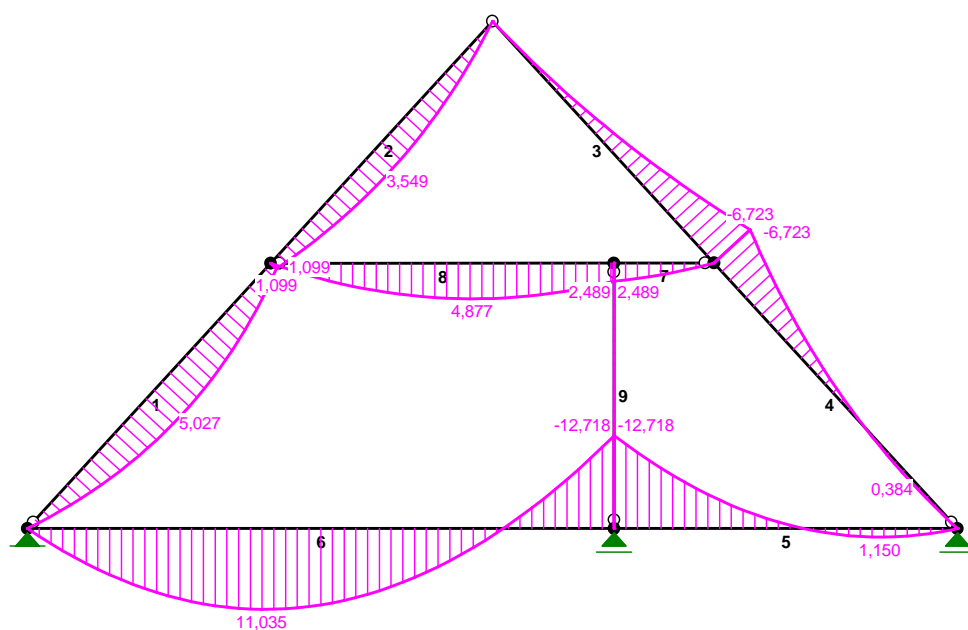
WĘZŁY:



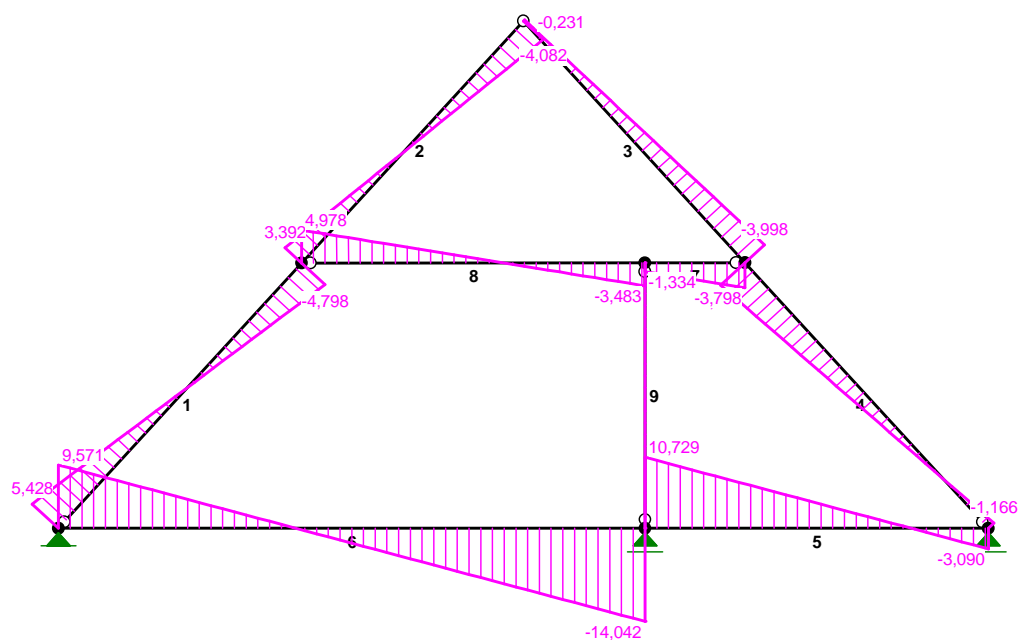
OBCIĄŻENIA:



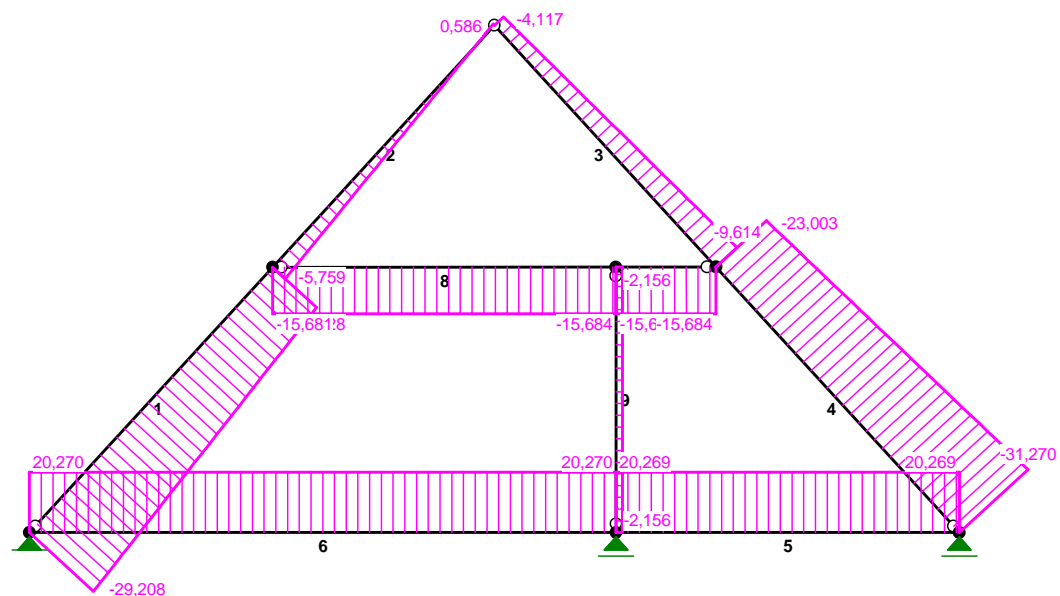
MOMENTY:



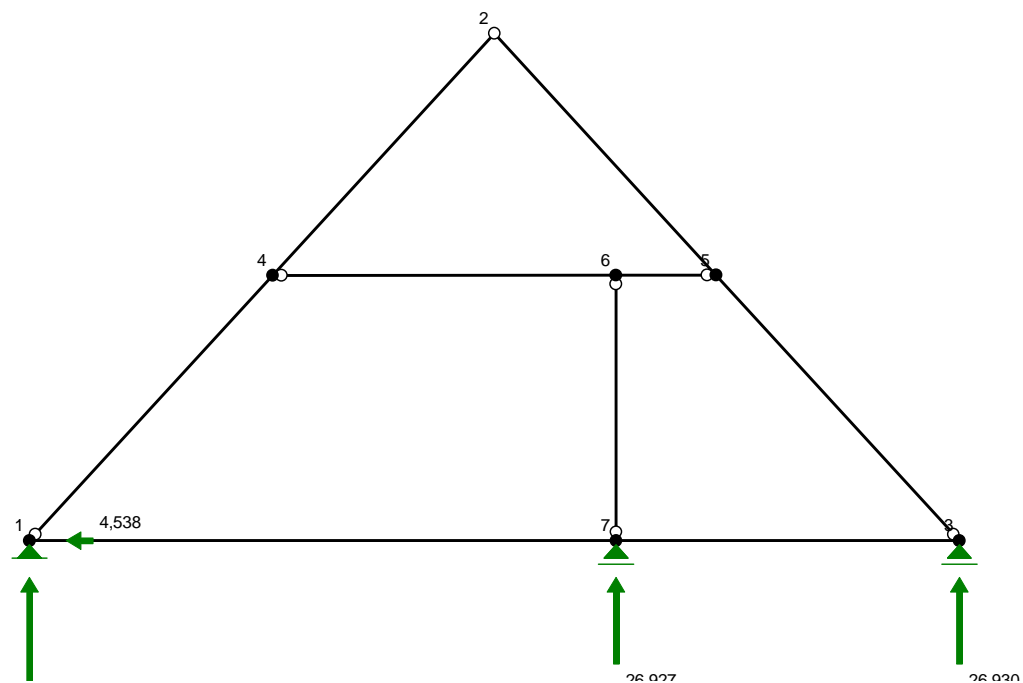
TNĄCE:



NORMALNE:



REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu

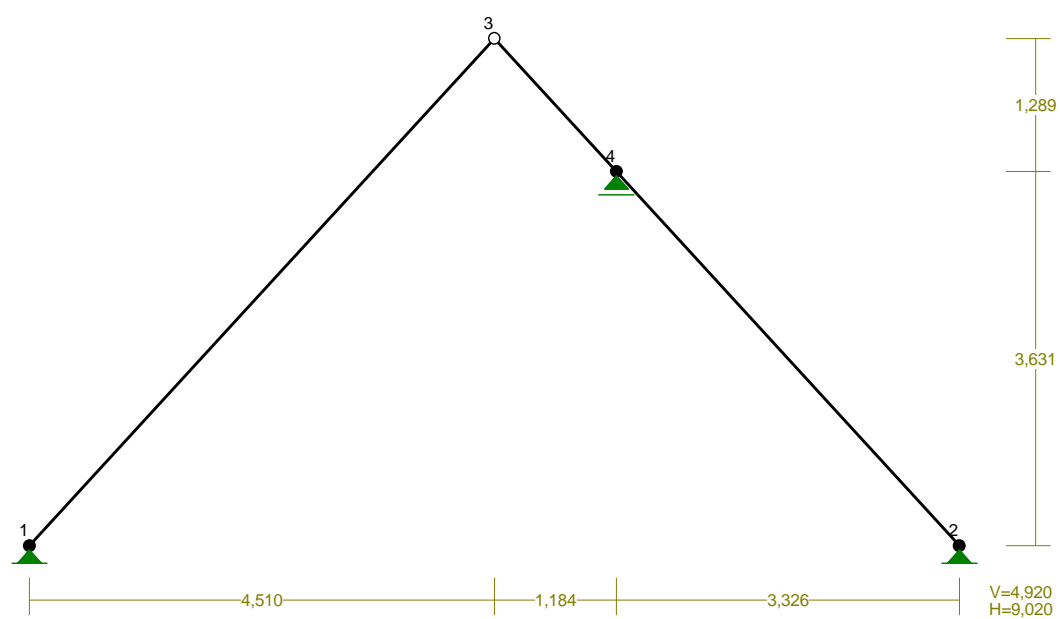
Obciążenia obl.: ABCDE

Węzeł: H[kN]: V[kN]: Wypadkowa[kN]: M[kNm]:

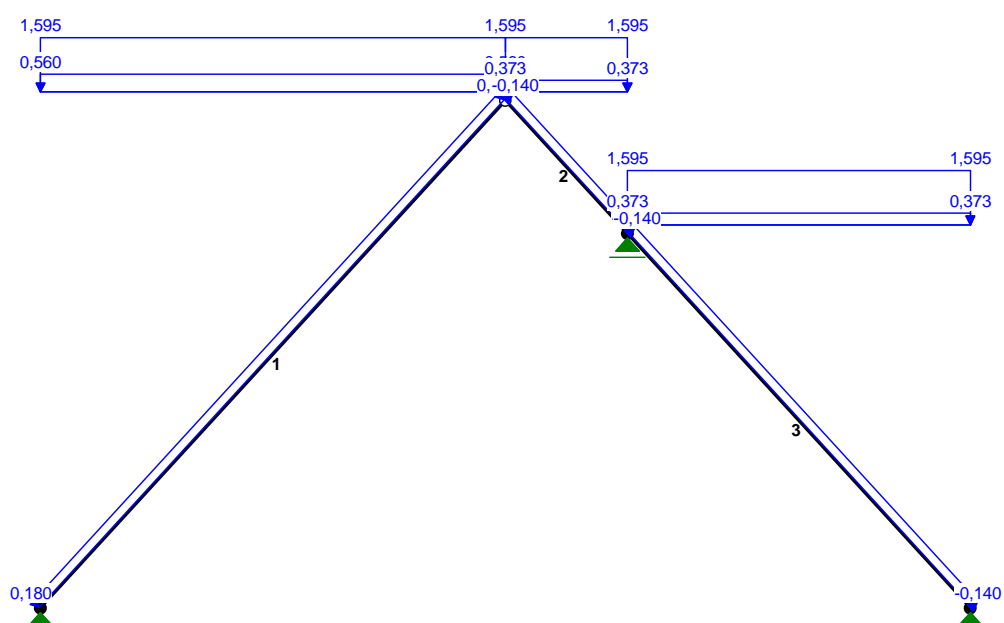
| | | | |
|---|--------|--------|--------|
| 1 | -4,538 | 34,772 | 35,067 |
| 3 | -0,000 | 26,930 | 26,930 |
| 7 | -0,000 | 26,927 | 26,927 |

WIAZAR 2

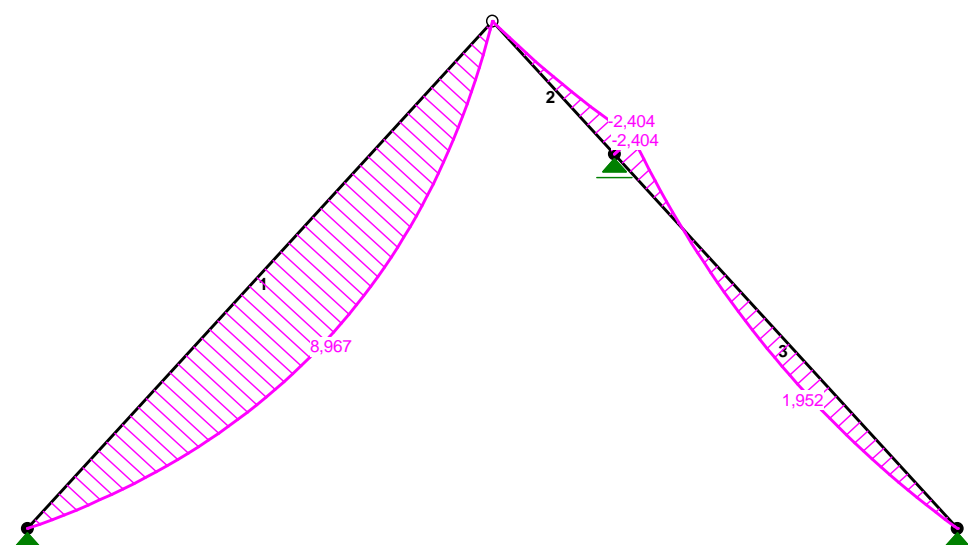
WĘZŁY:



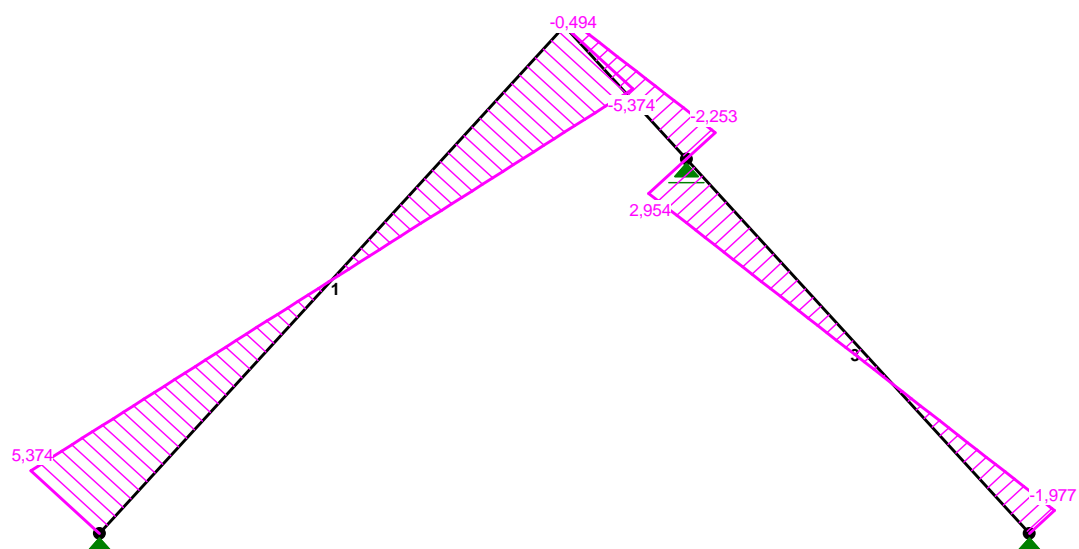
OBCIĄŻENIA:



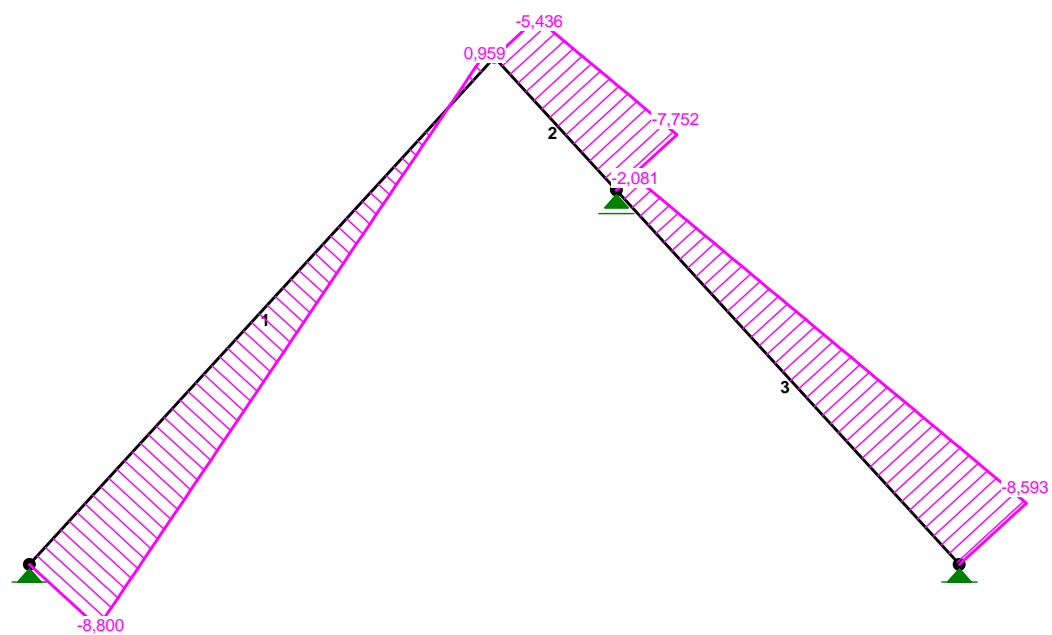
MOMENTY:



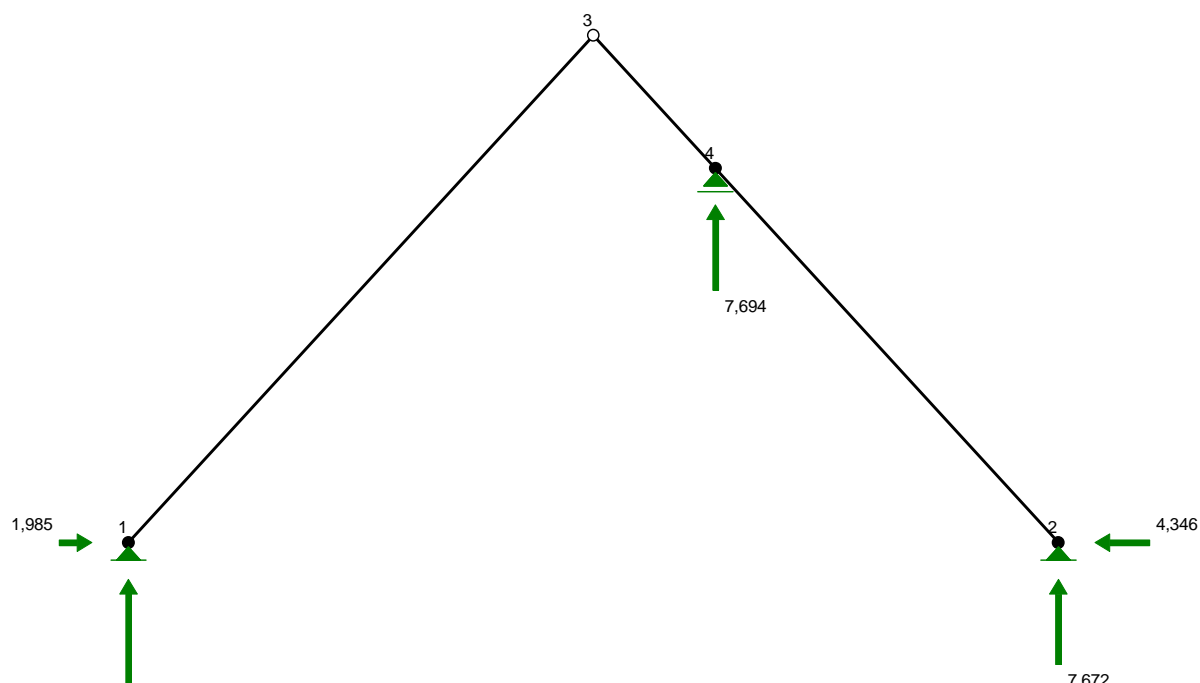
TNĄCE:



NORMALNE:



REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu

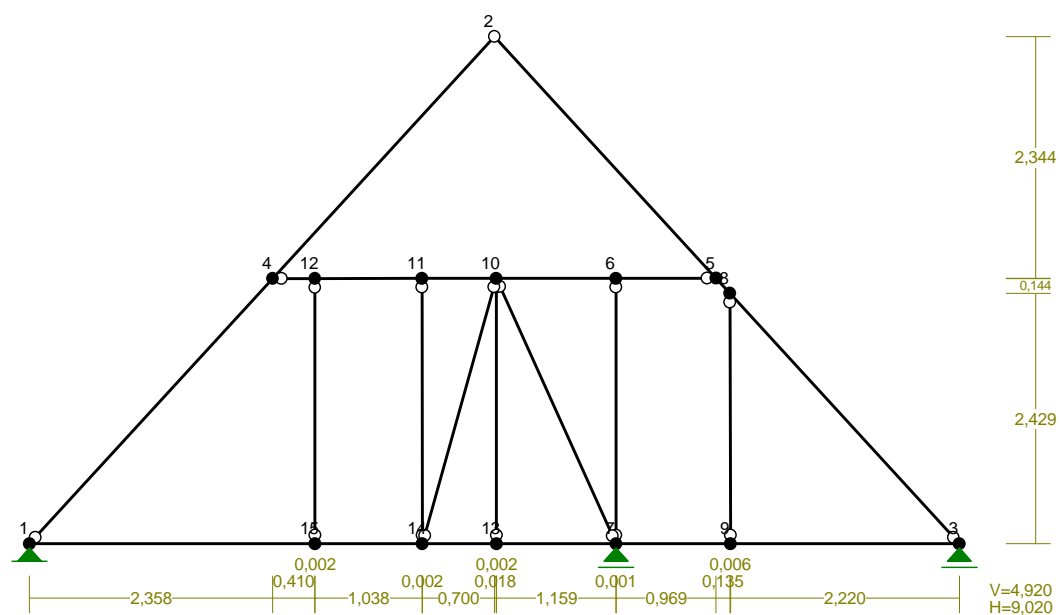
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABC

Węzeł: H[kN]: V[kN]: Wypadkowa[kN]: M[kNm]:

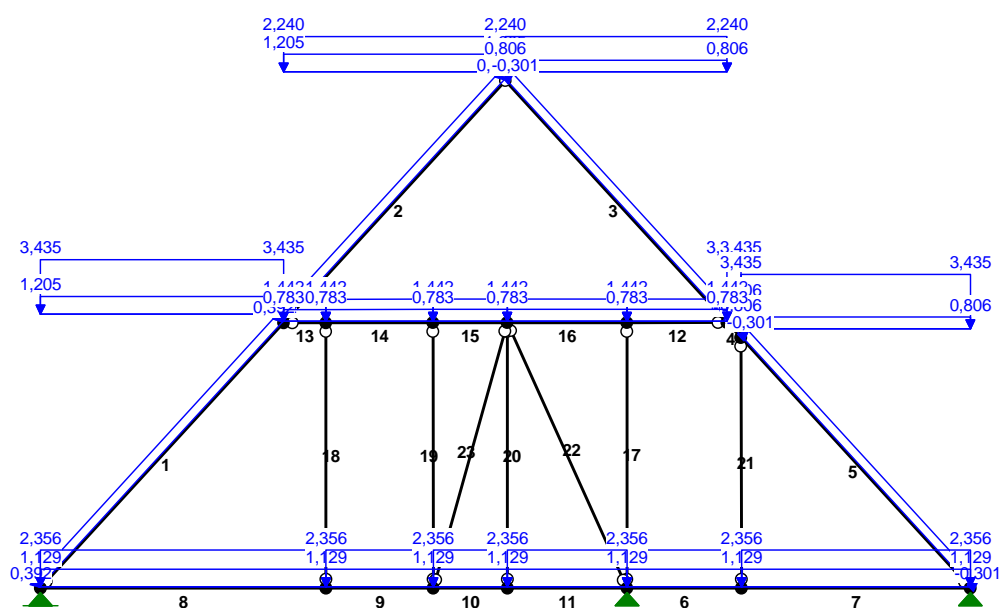
| | | | |
|---|--------|--------|--------|
| 1 | 1,985 | 10,118 | 10,311 |
| 2 | -4,346 | 7,672 | 8,817 |
| 4 | -0,000 | 7,694 | 7,694 |

WIAZAR 3

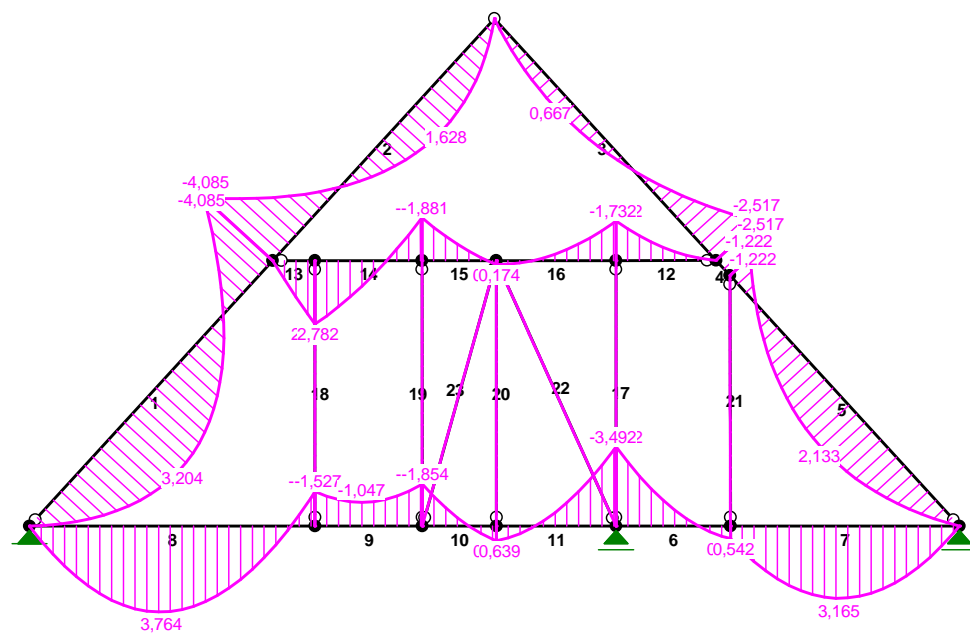
WĘZŁY:



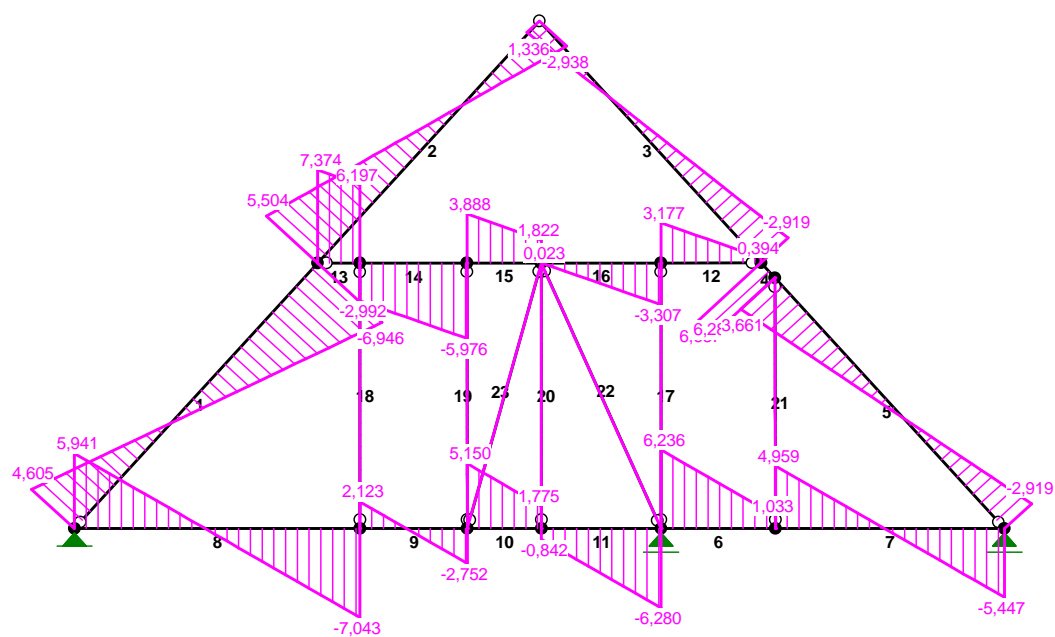
OBCIĄŻENIA:



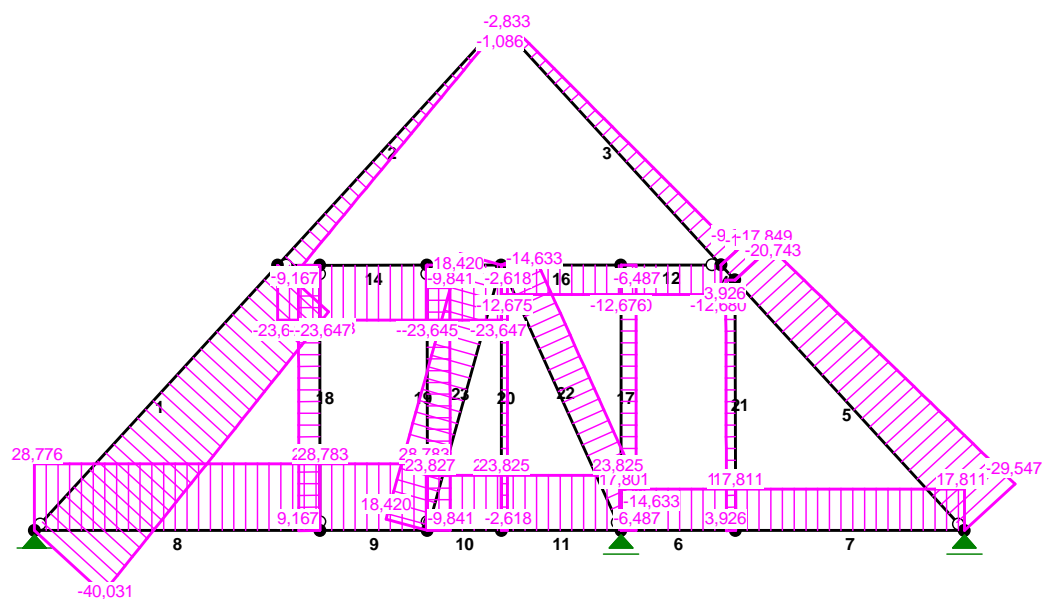
MOMENTY:



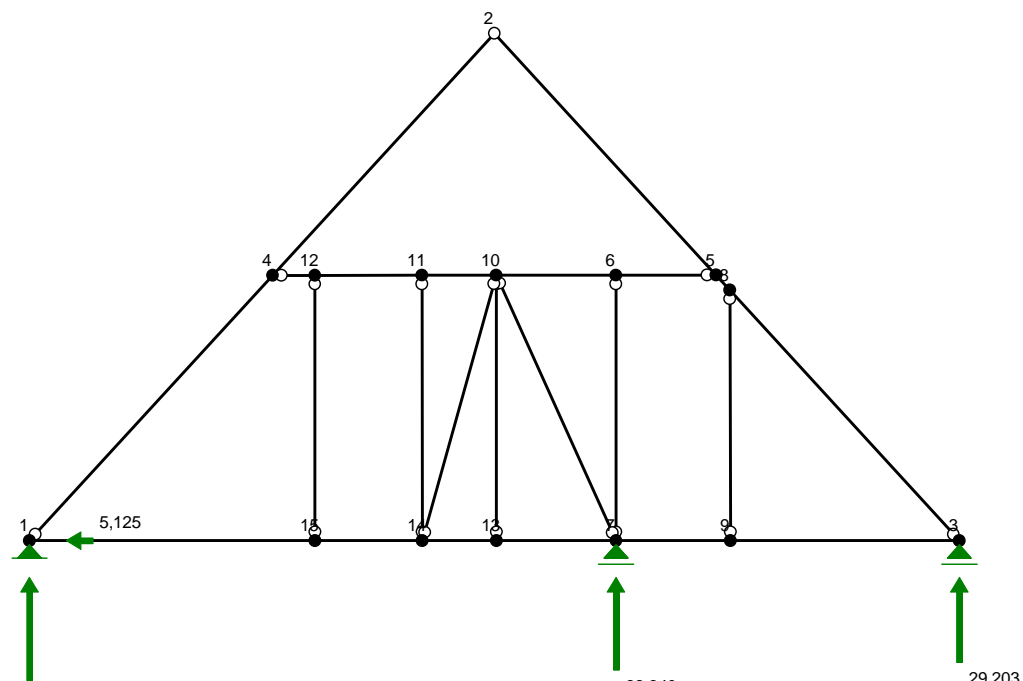
TNĄCE:



NORMALNE:



REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: ABCDE

Węzeł: H[kN]: V[kN]: Wypadkowa[kN]: M[kNm]:

| | | | |
|---|--------|--------|--------|
| 1 | -5,125 | 38,564 | 38,903 |
|---|--------|--------|--------|

| | | | |
|---|--------|--------|--------|
| 3 | 0,000 | 29,203 | 29,203 |
| 7 | -0,000 | 32,340 | 32,340 |

KROKIEW

Wymiary przekroju:

$$h=220,0 \text{ mm} \quad b=110,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=9760,7; \quad J_{zg}=2440,2 \text{ cm}^4; \quad A=242,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=6,4; \quad i_z=3,2 \text{ cm}; \quad W_y=887,3; \quad W_z=443,7 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{c,90,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 4

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=3,49 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCDE”.

- długość wybowoczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,880 \times 3,494 = 3,075 \text{ m}$$

- długość wybowoczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,494 = 3,494 \text{ m}$$

Długości wybowoczeniowe dla wybowoczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 3,075 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 3,494 \text{ m}$$

Współczynniki wybowoczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 3,075 / 0,0635 = 48,42$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,494 / 0,0318 = 110,04$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (48,42)^2 = 31,15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (110,04)^2 = 6,03 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 31,15} = 0,821$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 6,03} = 1,866$$

$$k_y = 0,5 [1 + \theta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,821 - 0,5) + (0,821)^2] = 0,869$$

$$k_z = 0,5 [1 + \theta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,866 - 0,5) + (1,866)^2] = 2,377$$

$$k_{c,y} = 1/(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1/(0,869 + \sqrt{0,869^2 - 0,821^2}) = 0,866$$

$$k_{c,z} = 1/(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1/(2,377 + \sqrt{2,377^2 - 1,866^2}) = 0,260$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 242,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 31,270 / 242,00 \times 10 = \mathbf{1,29 < 2,52} = 0,260 \times 9,69 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,49 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCDE”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,95}{0,866 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} + \frac{7,58}{11,08} = \mathbf{0,797 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,95}{0,260 \times 9,69} + \frac{0,00}{11,08} + 0,7 \times \frac{7,58}{11,08} = \mathbf{0,856 < 1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,49 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCDE”.

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni **górnej**, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 3494 + 220 + 220 = 3934 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3934 \times 220 \times 11,08}{3,142 \times 110^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,369$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 6,723 / 887,33 \times 10^3 = \mathbf{7,58 < 11,08} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,49 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCDE”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{7,58}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,684 < 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{7,58}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,479 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,49 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCDE”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,95^2}{9,69^2} + \frac{7,58}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,694 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,95^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{7,58}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,488 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,49 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCDE”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 5,014 / 242,00 \times 10 = 0,31 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 242,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,31^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,31 < 1,15} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=3,49$ m, przy obciążeniach „ABCDE”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 200 = 17,5 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń statycznych („”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/3494)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („ABCDE”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Krótkotrwałe** (mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 11,3 \times [1 + 19,2 \times (220,0/3494)^2] (1 + 0,00) = 12,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 0,0 + 12,1 = 12,1 < 17,5 = u_{\text{net,fin}}$$

BELKA STROPU

Przekrój: 1 „B 220x180”

Wymiary przekroju:

$$h=220,0 \text{ mm} \quad b=180,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=15972,0; \quad J_{zg}=10692,0 \text{ cm}^4; \quad A=396,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=6,4; \quad i_z=5,2 \text{ cm}; \quad W_y=1452,0; \quad W_z=1188,0 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Średniotrwałe** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$K_{\text{mod}} = 0,80$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 8,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,31 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{c,90,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

$$E_{0,\text{mean}} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,\text{mean}} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 6

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=5,69$ m, przy obciążeniach „ABCDE”.

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 396,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 11,773 / 396,00 \times 10 = 0,30 < 8,62 = f_{t,0,d}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=5,69$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „ABCDE”.

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni **górnej**, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 5690 + 220 + 220 = 6130 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{6130 \times 220 \times 14,77}{3,142 \times 180^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,325$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \quad k_{\text{crit}} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 12,718 / 1452,00 \times 10^3 = \mathbf{8,76 < 14,77} = 1,000 \times 14,77 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=5,69 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCDE”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,30}{8,62} + \frac{8,76}{14,77} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,628 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,30}{8,62} + 0,7 \times \frac{8,76}{14,77} + \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,450 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=5,69 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCDE”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 14,042 / 396,00 \times 10 = 0,53 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 396,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,53^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,53 < 1,54} = 1,000 \times 1,54 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 22,8 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych („”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („ABCDE”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Krótkotrwałe** (mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = -13,2 \times (1 + 0,00) = -13,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 0,0 + -13,2 = \mathbf{13,2 < 22,8} = u_{\text{net,fin}}$$

3. NADPROŻE STALOWE

Przekrój: 2 U 120

Wymiary przekroju:

U 120 $h=120,0$ $s=55,0$ $g=7,0$ $t=9,0$ $r=9,0$ $ex=16,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_x=728,0$ $J_y=603,5$ $A=34,00$ $i_x=4,6$ $i_y=4,2$.

Materiał: **St3S (X,Y,V,W)**. Wytrzymałość **fd=215 MPa** dla **g=9,0**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

$x_a = 0,850$; $x_b = 1,250$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

$$M_x = -19,701 \text{ kNm}, \quad V_y = 21,834 \text{ kN}, \quad N = 0,000 \text{ kN},$$

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 162,4 \text{ MPa}$ $\sigma_c = -162,4 \text{ MPa}$.

Naprężenia:

$x_a = 0,850$; $x_b = 1,250$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 162,4 \text{ MPa}$ $\sigma_c = -162,4 \text{ MPa}$.

Naprężenia:

$$\begin{aligned} &\text{- normalne:} \quad \sigma = 0,0 \quad \Delta\sigma = 162,4 \text{ MPa} \quad \psi_{oc} = 1,000 \\ &\text{- ścinanie wzdłuż osi Y:} \quad A_v = 16,80 \text{ cm}^2 \quad \tau = 13,0 \text{ MPa} \quad \psi_{ov} = 1,000 \end{aligned}$$

Warunki nośności:

$$\begin{aligned} \sigma_{ec} &= \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 162,4 = 162,4 < 215 \text{ MPa} \\ \tau_{ey} &= \tau / \psi_{ov} = 13,0 / 1,000 = 13,0 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa} \\ \sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} &= \sqrt{162,4^2 + 3 \times 0,0^2} = 162,4 < 215 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\begin{aligned} \kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 2,100 \\ l_w = 1,000 \times 2,100 = 2,100 \text{ m} \end{aligned}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\begin{aligned} \kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 2,100 \\ l_w = 1,000 \times 2,100 = 2,100 \text{ m} \end{aligned}$$

Siły krytyczne:

$$\begin{aligned} N_x &= \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 728,0}{2,100^2} 10^{-2} = 3339,999 \text{ kN} \\ N_y &= \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 603,5}{2,100^2} 10^{-2} = 2768,988 \text{ kN} \end{aligned}$$

Zwicherungie:

Dla przekroju rurowego lub skrzynkowego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem $l_1 = l_o = 2100 \text{ mm}$:

$$100 b_o \sqrt{215 / f_d} = 100 \times 103,0 \times \sqrt{215 / 215} = 10300 > 2100 = l_1$$

Pręt jest zabezpieczony przed zwicherungiem.

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,850$; $x_b = 1,250$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 121,3 \times 215 \times 10^{-3} = 26,087 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{19,701}{1,000 \times 26,087} = 0,755 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 2,100$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 16,8 \times 215 \times 10^{-1} = 209,496 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 62,849 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 24,520 < 209,496 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 0,850$; $x_b = 1,250$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 21,834 < 62,849 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 26,087 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{R,x,V}} = \frac{19,701}{26,087} = 0,755 < 1$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 2,100$.

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

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

$$\eta_c = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 189,9 \times 7,0 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 285,778 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 285,778 = P_{R,W}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 4,9 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 2100 / 250 = 8,4 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 4,9 < 8,4 = a_{\text{gr}}$$

4. KONSTRUKCJE ŻELBETOWE

1. Analiza

1.1. Słupy - tabela reakcji

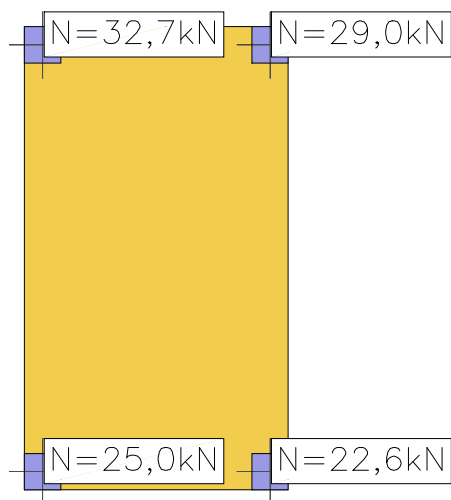
(obc. obliczeniowe)

| Symbol | Przekrój | X [m] | Y [m] | Kąt obr. | N [kN] | M ₁ [kNm] | M ₂ [kNm] |
|--------|-----------|-------|-------|----------|--------|----------------------|----------------------|
| 1 | 240x240mm | 0,12 | 2,93 | 0,00° | 32,7 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | 5,4 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 240x240mm | 1,62 | 2,93 | 0,00° | 29,0 | 0,00 | 0,00 |

| | | | | | | | |
|---|-----------|------|------|-------|------|------|------|
| | | | | | 5,4 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 240x240mm | 1,62 | 0,12 | 0,00° | 22,6 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | 5,4 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 240x240mm | 0,12 | 0,12 | 0,00° | 25,0 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | 5,4 | 0,00 | 0,00 |

1.2. Słupy - reakcje

Wartości maksymalne - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:50

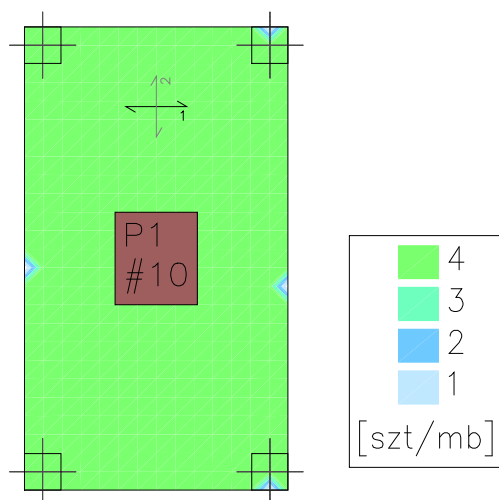


2. Wymiarowanie (wg PN-EN 1992:2005)

2.1. Zbrojenie obliczone w płytach

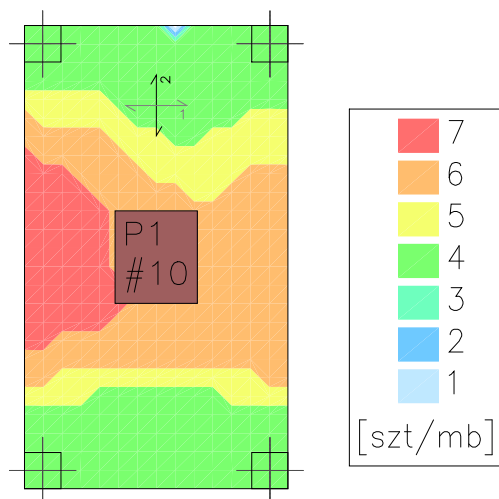
Zbrojenie dolne - kierunek 1 [szt/mb]

Skala rys. 1:50



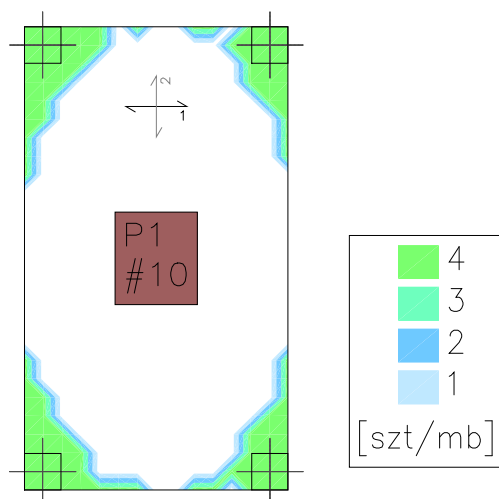
Zbrojenie dolne - kierunek 2 [szt/mb]

Skala rys. 1:50



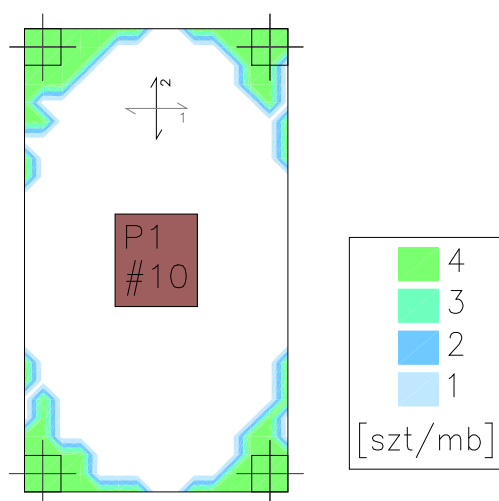
Zbrojenie górne - kierunek 1 [szt/mb]

Skala rys. 1:50



Zbrojenie górne - kierunek 2 [szt/mb]

Skala rys. 1:50



2.2. Zbrojenie zadane w płytach

Zbrojenie dolne

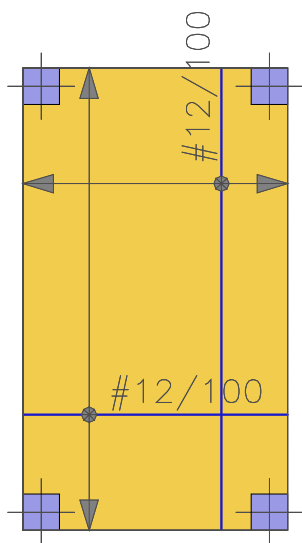
| Symbol | Stal | Pręty na kier.1 | Pręty na kier.2 | Otulina | Kąt | Pole pow. |
|--------|---------|-----------------|-----------------|---------|-------|--------------------|
| 1 | A-IIIIN | #12/100 | #12/100 | 20mm | 0,00° | 5,31m ² |

Zbrojenie górne

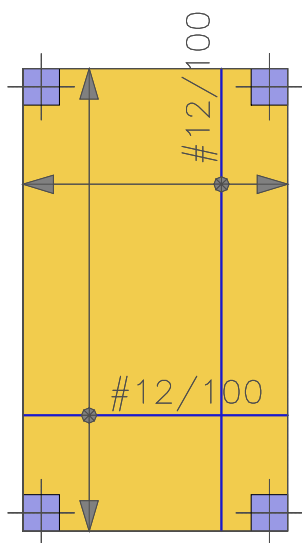
| Symbol | Stal | Pręty na kier.1 | Pręty na kier.2 | Otulina | Kąt | Pole pow. |
|--------|---------|-----------------|-----------------|---------|-------|--------------------|
| 2 | A-IIIIN | #12/100 | #12/100 | 20mm | 0,00° | 5,31m ² |

2.3. Schemat rozmieszczenia zbrojenia zadanego w płytach

Zbrojenie dolne



Zbrojenie górne



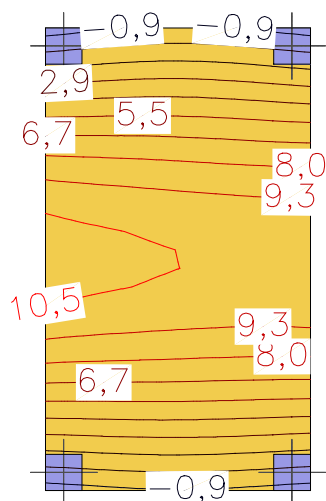
3. Analiza stanu granicznego użytkowości (wg PN-EN 1992:2005)

3.1. Przemieszczenia i rozwarości rys w płycie

(obc. charakterystyczne, długotrwałe, dla grup obc.: c.własny, A)

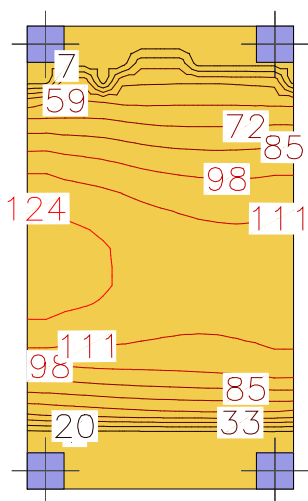
3.2. Płyty - SGU - przemieszczenia w

[mm] - (obc. charakterystyczne, długotrwałe, dla grup obc.: c.własny, A) Skala rys. 1:50



3.3. Płyty - SGU - rozwarości rys

[0.001*mm] - (obc. charakterystyczne, długotrwałe, dla grup obc.: c.własny, A) Skala rys. 1:50



5. ŁAWY FUNDAMNETOWE

ŁAWA Ł1

DANE:

Opis podłoża:

| Nr | nazwa gruntu | h [m] | nawodniona | $\gamma_o^{(n)}$ [t/m ³] | $\gamma_{f,min}$ | $\gamma_{f,max}$ | $\gamma_u^{(r)}$ [°] | $c_u^{(r)}$ [kPa] | M_0 [kPa] | M [kPa] |
|----|---------------|-------|------------|--------------------------------------|------------------|------------------|----------------------|-------------------|-------------|-----------|
| 1 | Gliny pylaste | 2,00 | nie | 2,00 | 0,90 | 1,10 | 11,16 | 10,71 | 21284 | 35480 |

Kombinacje obciążeń obliczeniowych:

| N r | typ obc. | N [kN/m] | T _B [kN/m] | M _B [kNm/m] | e [kPa] | Σe [kPa/m] |
|--------|-------------|----------|-----------------------|------------------------|---------|------------|
| 1 | długotrwałe | 65,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Materiały :Zasyпка:ciężar objętościowy: 20,00 kN/m³współczynniki obciążenia: $\gamma_{f,min} = 0,90$; $\gamma_{f,max} = 1,20$ Beton:klasa betonu: **B25** (C20/25) $\gamma_{cd} = 13,33$ MPa, $f_{ctd} = 1,00$ MPa, $E_{cm} = 30,0$ GPaciężar objętościowy: 24,00 kN/m³współczynniki obciążenia: $\gamma_{f,min} = 0,90$; $\gamma_{f,max} = 1,10$ Zbrojenie:klasa stali: A-IIIN (**RB500**) $\gamma_{yk} = 500$ MPa, $f_{yd} = 420$ MPa, $f_{tk} = 550$ MPaotulina zbrojenia $c_{nom} = 50$ mmZałożenia obliczeniowe :

Współczynniki korekcyjne oporu granicznego podłoża:

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

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

Współczynniki redukcji spójności:

- przy sprawdzaniu przesunięcia: 0,50
- przy korekcie nachylenia wypadkowej obciążenia: 1,00

Czas trwania robót: powyżej 1 roku ($\gamma = 1,00$)Stosunek wartości obc. obliczeniowych N do wartości obc. charakterystycznych N_k $N/N_k = 1,20$ **WARUNKI STANÓW GRANICZNYCH PODŁOŻA - wg PN-81/B-03020****Nośność pionowa podłoża:**Decyduje: **kombinacja nr 1**Decyduje nośność w poziomie: **posadowienia fundamentu**Obliczeniowy opór graniczny podłoża $Q_{fN} = 100,3$ kN $N_f = 79,6$ kN < $m \cdot Q_{fN} = 81,2$ kN (98,0%)**Nośność (stateczność) podłoża z uwagi na przesunięcie poziome:**Decyduje: **kombinacja nr 1**Decyduje nośność w poziomie: **posadowienia fundamentu**Obliczeniowy opór graniczny podłoża $Q_{fT} = 18,3$ kN $T_r = 0,0$ kN < $m \cdot Q_{fT} = 13,2$ kN (0,0%)**Stateczność fundamentu na obrót:**Decyduje: **kombinacja nr 1**Decyduje moment wywracający $M_{oB,2} = 0,00$ kNm/mb, moment utrzymujący $M_{uB,2} = 22,91$ kNm/mb $M_o = 0,00$ kNm/mb < $m \cdot M_u = 16,5$ kNm/mb (0,0%)**Osiadanie:**Decyduje: **kombinacja nr 1**Osiadanie pierwotne $s' = 0,30$ cm, wtórne $s'' = 0,06$ cm, całkowite $s = 0,37$ cm $s = 0,37$ cm < $s_{dop} = 1,00$ cm (36,6%)

opracował:

inż. Paweł Małachowski
upr. bud. WAM/0189/POOK/09