

**OPINIA KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANA
DOTYCZĄCA MOŻLIWOŚCI USTAWIENIA PANELI
FOTOWOLTAICZNYCH NA DACHU BUDYNKU**

TEMAT: PROJEKT TERMOMODERNIZACYJNY ZESPOŁU SZKÓŁ PUBLICZNYCH
W SOSNOWICY

LOKALIZACJA: WOJEWÓDZTWO LUBELSKIE, POWIAT PARCZEWSKI, SOSNOWICA
UL. WOJSKA POLSKIEGO 27, 21-230 SOSNOWICA

INWESTOR: URZĄD GMINY SOSNOWICA
UL. SPOKOJNA 10
21-230 SOSNOWICA

DATA OPRACOWANIA: WRZESIEŃ 2016r.

PROJEKTANT: dr inż. RAFAŁ SZYDŁOWSKI

SPIS ZAWARTOŚCI PROJEKTU

1. OPIS TECHNICZNY	3
1.1. Podstawa opracowania.....	3
1.2. Przedmiot opracowania	3
1.3. Zakres opracowania.....	3
1.4. Opis obiektu	3
1.5. Opis szczegółowy stropodachu	3
1.6. Analiza nośności stropodachu.....	4
2. OBLICZENIA.....	4
2.1. Wiązar budynku szkoły	4
2.2. Dach budynku sali gimnastycznej	8

1. OPIS TECHNICZNY

1.1. Podstawa opracowania

Podstawę do opracowania niniejszej dokumentacji stanowiły następujące materiały wyjściowe:

- Zlecenie Zamawiającego;
- Inwentaryzacja architektoniczno-budowlana wykonana przez Panią mgr inż. Lilianę Fijołek – Jędruszczak w kwietniu 2016r.
- Wywiad techniczny i dokumentacja fotograficzna przedmiotowego budynku
- Aktualne normy, przepisy oraz literatura techniczna.

1.2. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest ocena możliwości ustawienia paneli fotowoltaicznych (PV) wraz z systemem montażowym na dachu Zespołu Szkół Publicznych w Sosnowicy.

1.3. Zakres opracowania

Niniejsze opracowanie obejmuje swym zakresem tylko konstrukcję dachu budynków, na którym projektuje się ustawienie paneli fotowoltaicznych instalacji PV, czyli budynku Szkoły Podstawowej oraz Sali Gimnastycznej. Ocena dachów dokonana zostanie w oparciu o obliczenia statyczne jego nośności. Wpływ dodatkowego obciążenia na pozostałe elementy konstrukcyjne budynku jest znikomy.

1.4. Opis obiektu

Obiekty objęte opracowaniem to budynki użyteczności publicznej, jedno i dwukondygnacyjny z nieużytkowym poddaszem, niepodpiwniczonym. Wykonane są w konstrukcji murowanej tradycyjnej. Dach szkoły drewniany dwuspadowy, pokryty blachą trapezową na papie. Dach sali gimnastycznej jednospadowy, pokryty blachą na papie. Układ konstrukcyjny poprzeczny. Ściany zewnętrzne nośne gr. 61cm na parterze i 55cm na piętrze oraz ściany nośne wewnętrzne o gr. 46cm

1.5. Opis szczegółowy dachu

BUDYNEK SZKOŁY

Dach dwuspadowy, pokryty blachą na papie. Konstrukcja płatwiowo kleszczowa. Krokwie o wymiarach 11x14cm w rozstawie 95-100cm. Płatwie o wymiarach 14x14cm, kleszcze 2x8x20cm, słupy 14x14cm, murlata 14x14cm, miecz 7x20cm. Rozpiętość wierzchołka w osiach murlat to 12,79m. Rozstaw osiowy słupów w płaszczyźnie wierzchołka 5,26m. Wysokość wierzchołka to 1,97cm licząc od dołu murlaty do kalenicy.

BUDYNEK SALI GIMNASTYCZNEJ

Dach jednospadowy, pokryty blachą na papie. Krokwie o wymiarach 11x13cm oparte w dwóch miejscach na płatwiach o wymiarach 15x16cm. Płatwie podparte na słupach o wymiarach 16x16cm. Rozpiętość dachu to 9,09m licząc od osi murłaty do ściany przylegającego budynku szkoły podstawowej. Rozstaw osiowy słupów w kierunku poprzecznym 4,24m. Wysokość więźby to 2,12m licząc od dołu murłaty do górnej części krokwi.

1.6. Analiza nośności stropodachu

Na podstawie dokonanych obliczeń konstrukcji płyt stropodachu stwierdza się, że ich nośność nie jest przekroczona, a dodatkowe obciążenia spowodowane montażem paneli instalacji fotowoltaicznej na stropodachu budynku mieszkalnego znajdującego się w Chojnie przy ulicy Bolesława Prusa 3, nie będą miały wpływu na bezpieczeństwo użytkowania obiektu pod warunkiem że ich ciężar wraz z podkonstrukcją i balastem nie będzie przekraczał 170 kg na jeden panel. Zaznacza się, że montaż paneli PV musi być zgodny z założeniami projektu.

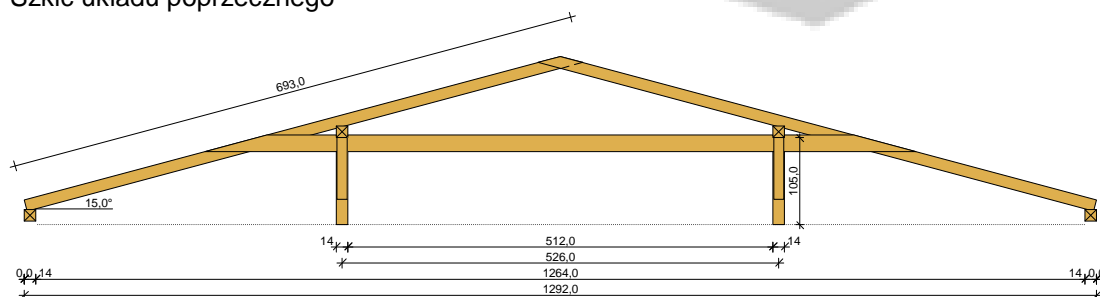
Z przekazanej dokumentacji fotograficznej oraz wyników wywiadu technicznego wynika, budynek jest w dobrym stanie technicznym. Nie zauważono niepokojących zawilgoceń, rys ani odkształceń jego konstrukcji.

2. OBLICZENIA

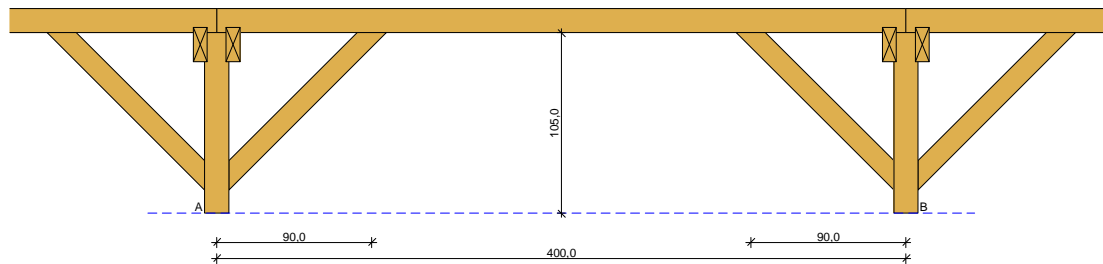
2.1. Wiązar budynku szkoły

DANE

Szkic układu poprzecznego



Szkic układu podłużnego - płatwi pośredniej



Geometria ustroju:

Kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 15,0^\circ$

Rozpiętość wierzara $l = 12,92$ m

Rozstaw podpór w świetle murłat $l_s = 12,64$ m

Rozstaw osiowy płatwi $l_{gx} = 5,26$ m

Rozstaw krokwi $a = 1,00$ m

Odległość między usztywnieniami bocznymi krokwi $= 0,50$ m

Płatw pośrednia o długości osiowej między słupami $l = 4,00$ m

- lewy koniec płatwi oparty na słupie z mieczami, odległość podparcia mieczami $a_{mL} = 0,90$ m

- prawy koniec płatwi oparty na słupie z mieczami, odległość podparcia mieczami $a_{mP} = 0,90$ m

Wysokość całkowita słupów pod płatw pośrednią $h_s = 1,05$ m

Rozstaw podparć poziomych murłat $l_{mo} = 2,50$ m

Dane materiałowe:

- krokiew 11/14cm z drewna C24
- płatw 14/14 cm z drewna C24
- słup 14/14 cm z drewna C24
- kleszcze 2x 8/20 cm o prześwicie gałęzi 11 cm z drewna C24
- murłata 14/14 cm z drewna C24

Obciążenia (wartości charakterystyczne i obliczeniowe):

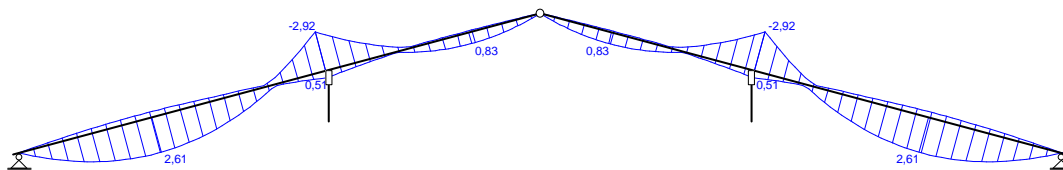
- pokrycie dachu : $g_k = 0,350$ kN/m², $g_o = 0,420$ kN/m²
- uwzględniono ciężar własny wierzara
- obciążenie śniegiem (wg PN-80/B-02010/Az1/Z1: strefa 3, $A = 164,0$ m n.p.m.):
 - na połaci lewej $s_{kl} = 0,960$ kN/m², $s_{ol} = 1,440$ kN/m²
 - na połaci prawej $s_{kp} = 0,960$ kN/m², $s_{op} = 1,440$ kN/m²
 - obciążenie śniegiem traktuje się jako obciążenie średniotwałe
- obciążenie wiatrem (wg PN-B-02011:1977/Az1:2009/Z1-3: strefa I, teren A, wys. budynku $z = 8,9$ m):
 - na połaci nawietrznej $p_{kl} = -0,459$ kN/m², $p_{ol} = -0,689$ kN/m²
 - na stronie zawietrznej $p_{kp} = -0,204$ kN/m², $p_{op} = -0,306$ kN/m²
- Obciążenie panelami fotowoltaicznymi $g_{kk} = 0,120$ kN/m², $g_{ok} = 0,144$ kN/m²
- obciążenie montażowe kleszczy $F_k = 1,0$ kN, $F_o = 1,2$ kN

Założenia obliczeniowe:

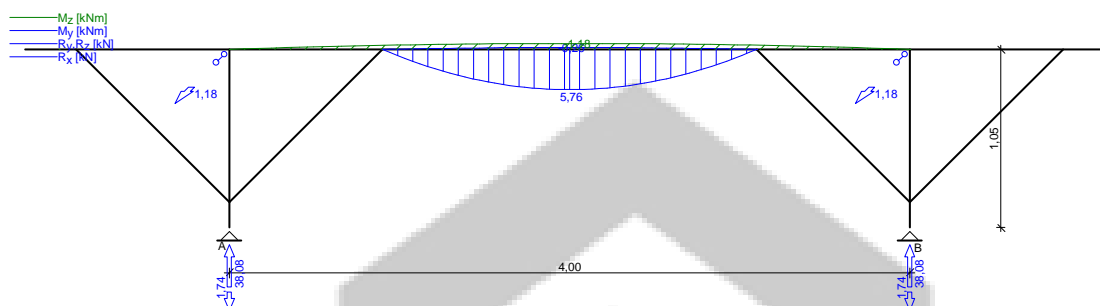
- klasa użytkowania konstrukcji: 2
- w obliczeniach statycznych krokwi uwzględniono wpływ podatności płatwi
- współczynniki długości wybocheniowej słupa:
 - w płaszczyźnie ustroju podłużnego ustalony automatycznie
 - w płaszczyźnie wierzara $\mu_y = 1,00$

WYNIKI

Obwiednia momentów zginających w układzie poprzecznym:



Obwiednia momentów w układzie podłużnym - płatwi pośredniej:

**WYMIAROWANIE wg PN-B-03150:2000**drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C24**

$$\rightarrow f_{m,k} = 24 \text{ MPa}, f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}, f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}, f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}, E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}, \rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Krokiew 11/14 cm (zacios na podporach 3 cm)Smukłość

$$\lambda_y = 96,3 < 150$$

$$\lambda_z = 15,7 < 150$$

Maksymalne siły i naprężenia w przęśledecyduje kombinacja: **K9** stałe-max (podatność)+śnieg (podatność)

$$M_y = 2,61 \text{ kNm}, N = 9,09 \text{ kN}$$

$$f_{m,y,d} = 14,77 \text{ MPa}, f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 7,26 \text{ MPa}, \sigma_{c,0,d} = 0,59 \text{ MPa}$$

$$k_{c,y} = 0,333$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,629 < 1$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,346 < 1$$

Maksymalne siły i naprężenia na podporze (płatwi)decyduje kombinacja: **K2** stałe-max+śnieg

$$M_y = -2,92 \text{ kNm}, N = 7,23 \text{ kN}$$

$$f_{m,y,d} = 14,77 \text{ MPa}, f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 13,14 \text{ MPa}, \sigma_{c,0,d} = 0,60 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,892 < 1$$

Maksymalne ugięcie krokwi (pomiędzy murlatą a płatwią)decyduje kombinacja: **K2** stałe-max+śnieg

$$u_{fin} = 11,69 \text{ mm} < u_{net,fin} = l / 200 = 3893 / 200 = 19,46 \text{ mm} \quad (60,1\%)$$

Płatew 14/14 cmSmukłość

$$\lambda_y = 24,7 < 150$$

$$\lambda_z = 24,7 < 150$$

Ekstremalne obciążenia obliczeniowe

$$q_{z,\max} = 9,52 \text{ kN/m} \quad q_{y,\max} = 0,00 \text{ kN/m}$$

$$q_{z,\min} = -0,44 \text{ kN/m (odrywanie)}$$

Maksymalne siły i naprężenia w płatwi

decyduje kombinacja: **K2** stałe-max+śnieg

$$M_y = 5,76 \text{ kNm}, \quad M_z = 0,00 \text{ kNm}$$

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

$$\sigma_{m,y,d} = 12,60 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = 0,00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,853 < 1$$

$$k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,597 < 1$$

Maksymalne ugięcie

decyduje kombinacja: **K2** stałe-max+śnieg

$$u_{fin} = 8,24 \text{ mm} < u_{net,fin} = l / 200 = 11,00 \text{ mm} \quad (74,9\%)$$

Słup 14/14 cm

Smukłość (słup A)

$$\lambda_y = 23,0 < 150$$

$$\lambda_z = 26,0 < 150$$

Maksymalne siły i naprężenia (słup A)

decyduje kombinacja: **K2** stałe-max+śnieg

$$M_y = 0,00 \text{ kNm}, \quad N = 38,08 \text{ kN}$$

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

$$\sigma_{m,y,d} = 0,00 \text{ MPa}, \quad \sigma_{c,0,d} = 1,94 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,023 < 1$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,023 < 1$$

Kleszcze 2x 8/20 cm

Maksymalne siły i naprężenia

decyduje kombinacja: **K3** stałe-max+montażowe

$$M_y = 2,00 \text{ kNm}$$

$$f_{m,y,d} = 20,31 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 3,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,165 < 1$$

Maksymalne ugięcie:

decyduje kombinacja: **K3** stałe-max+montażowe

$$u_{fin} = 6,85 \text{ mm} < u_{net,fin} = l / 200 = 5260 / 200 = 26,30 \text{ mm} \quad (26,0\%)$$

Murlata 14/14 cm

Część murlaty leżąca na ścianie

Ekstremalne obciążenia obliczeniowe

$$q_{z,\max} = 3,92 \text{ kN/m} \quad q_{y,\max} = 1,19 \text{ kN/m}$$

$$q_{z,\min} = -0,61 \text{ kN/m (odrywanie)}$$

Maksymalne siły i naprężenia

decyduje kombinacja: **K4** stałe-max+wiatr

$$M_z = 0,80 \text{ kNm}$$

$$f_{m,z,d} = 16,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = 1,74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,105 < 1$$

2.2 Dach budynku sali gimnastycznej

krokiew

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 11,0 \text{ cm}$

Wysokość $h = 13,0 \text{ cm}$

Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C24**

→ $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$, $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$, $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$, $f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}$, $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$, $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 12,0^\circ$

Rozstaw krokwi $a = 0,95 \text{ m}$

Długość rzutu poziomego wspornika $l_{w,x} = 0,00 \text{ m}$

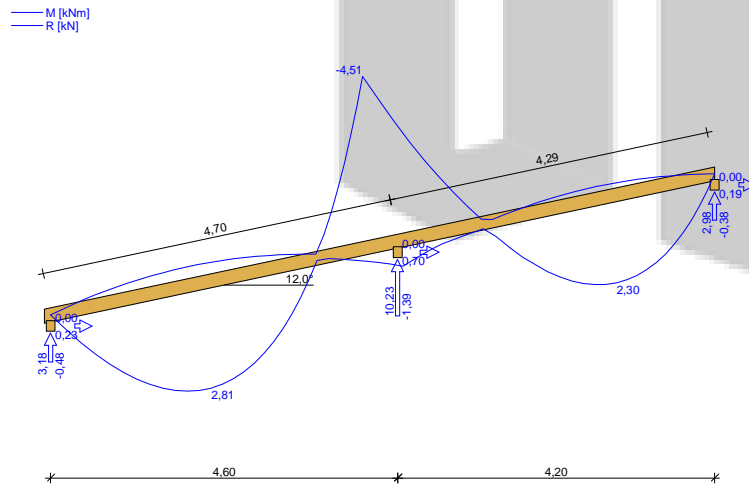
Długość rzutu poziomego odcinka środkowego $l_{d,x} = 4,60 \text{ m}$

Długość rzutu poziomego odcinka górnego $l_{g,x} = 4,20 \text{ m}$

Obciążenia dachu:

- obciążenie stałe $g_k = 0,350 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej; $\gamma_f = 1,10$
- uwzględniono ciężar własny krokwi
- obciążenie śniegiem (wg PN-80/B-02010/Az1/Z1: strefa 3, $A = 164,0 \text{ m n.p.m.}$):
 $S_k = 0,960 \text{ kN/m}^2$ rzutu połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$
- obciążenie ssaniem wiatru (wg PN-B-02011:1977/Az1:2009/Z1-3: strefa I, teren A, wys. budynku $z = 7,3 \text{ m}$):
 $p_k = -0,420 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$
- obciążenie panelami fotowoltaicznymi $g_{kk} = 0,120 \text{ kN/m}^2$; $\gamma_f = 1,20$

WYNIKI:



Zginanie:

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

Moment obliczeniowy:

$$M_{podp} = -4,51 \text{ kNm}$$

Warunek nośności - podpora:

$$\sigma_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}, f_{m,y,d} = 14,77 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,985 < 1$$

Ugięcie (odcinek środkowy):

$$u_{fin} = 23,22 \text{ mm} < u_{net,fin} = l / 200 = 23,51 \text{ mm} \quad (98,8\%)$$

platew**DANE:**Wymiary przekroju: przekrój prostokątnySzerokość $b = 15,0 \text{ cm}$ Wysokość $h = 16,0 \text{ cm}$ Drewno:drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C24** $\rightarrow f_{m,k} = 24 \text{ MPa}, f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}, f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}, f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}, E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}, \rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

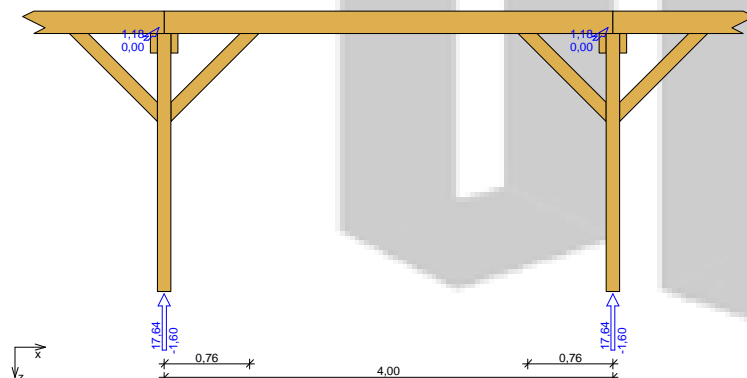
Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Płatew podparta obustronnie mieczami

Rozstaw słupów $l = 4,00 \text{ m}$ Odległość podparcia płatwi mieczem $a_m = 0,76 \text{ m}$ Obciążenia płatwi:- obciążenie stałe (wraz z fotowoltaiką) $[(0,350+0,120) \cdot (0,5 \cdot 4,60 + 0,5 \cdot 4,20) / \cos 12,0^\circ]$ $G_k = 2,114 \text{ kN/m}; \gamma_f = 1,13$

- uwzględniono dodatkowo ciężar własny płatwi

- obciążenie śniegiem $[0,960 \cdot (0,5 \cdot 4,60 + 0,5 \cdot 4,20)]$ $S_k = 4,224 \text{ kN/m}; \gamma_f = 1,50$ - obciążenie wiatrem (pionowe) $[(-0,420 \cdot (0,5 \cdot 4,60 + 0,5 \cdot 4,20) / \cos 12,0^\circ) \cdot \cos 12,0^\circ]$ $W_{k,z} = -1,850 \text{ kN/m}; \gamma_f = 1,50$ - obciążenie wiatrem (poziome) $[(-0,420 \cdot (0,5 \cdot 4,60 + 0,5 \cdot 4,20) / \cos 12,0^\circ) \cdot \sin 12,0^\circ]$ $W_{k,y} = -0,393 \text{ kN/m}; \gamma_f = 1,50$ **WYNIKI:** $\begin{matrix} \text{---} R_z \text{ [kN]} \\ \text{---} R_y \text{ [kN]} \end{matrix}$ } dla jednego odcinka (przęsła)Zginanie:

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

Momenty obliczeniowe

 $M_{y,max} = 6,78 \text{ kNm}; \quad M_{z,max} = 0,00 \text{ kNm}$

Warunek nośności:

 $\sigma_{m,y,d} = 10,59 \text{ MPa}, f_{m,y,d} = 14,77 \text{ MPa}$ $\sigma_{m,z,d} = 0,00 \text{ MPa}, f_{m,z,d} = 14,77 \text{ MPa}$ $k_m = 0,7$ $k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,502 < 1$ $\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,717 < 1$ Ugięcie:

decyduje kombinacja B (obc.stałe+śnieg)

 $u_{fin,z} = 8,72 \text{ mm}; \quad u_{fin,y} = 0,00 \text{ mm}$ $u_{fin} = (u_{fin,z}^2 + u_{fin,y}^2)^{0,5} = 8,72 \text{ mm} < u_{net,fin} = 12,40 \text{ mm} \quad (70,3\%)$

słup

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 16,0 \text{ cm}$

Wysokość $h = 16,0 \text{ cm}$

Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C24**

→ $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$, $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$, $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$, $f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}$, $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$, $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Wysokość słupa $l_{col} = 0,76 \text{ m}$

Współczynniki długości wyboczeniowej:

- względem osi y $\mu_y = 1,00$

- względem osi z $\mu_z = 1,00$

Obciążenia:

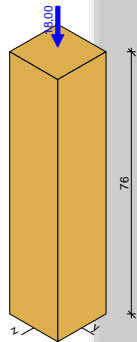
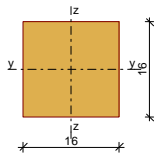
Siła ściskająca $N_c = 18,00 \text{ kN}$

Moment zginający $M_y = 0,00 \text{ kNm}$

Moment zginający $M_z = 0,00 \text{ kNm}$

Klasa trwania obciążenia: stałe

WYNIKI:



Ściskanie równoległe:

$N_c = 18,00 \text{ kN}$

Warunek smukłości:

$\lambda_y = 16,45 < \lambda_c = 150 \quad (11,0\%)$

$\lambda_z = 16,45 < \lambda_c = 150 \quad (11,0\%)$

Warunek nośności:

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

$\sigma_{c,y,d} = 0,70 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa} \quad (7,3\%)$

$\sigma_{c,z,d} = 0,70 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa} \quad (7,3\%)$

KONIEC OBLICZEŃ

Upewnienia projektanta: