

EKSPERTYZA MOŻLIWOŚCI SYTOWANIA INSTALACJI PV

Sygnatura

mikroPV-SGGW-Rogów

Nazwa

Dokumentacja techniczna mikroinstalacji fotowoltaicznej o mocy do 50,0 kW

Obiekt

Nazwa	JODEŁKA Dom Studencki SGGW w Rogowie
Adres	ul. Leśna 5, 95-063 Rogów
Działka	744/22 obręb [0015] ROGÓW

Inwestor

Nazwa	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Adres	ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

18.09.2023 r.

SPIS TREŚCI

1. Karta tytułowa.
 - 1.1. Przedmiot opracowania.
 - 1.2. Podstawa opracowania.
2. Opis techniczny.
 - 2.1. Charakterystyka ogólna.
3. Analiza statyczno - wytrzymałościowa.
 - 3.1. Założenia wstępne.
 - 3.2. Analiza obliczeniowa.
4. Wnioski i zalecenia.

1. Dane ogólne.

1.1. Przedmiot opracowania.

Inwestycja:

Dokumentacja techniczna mikroinstalacji fotowoltaicznej o mocy 50,0 kW – Dom Studencki „Jodelka”.

Lokalizacja:

ul. Leśna 5, 95-063 Rogów

1.2. Podstawa opracowania.

- Zalecenia i ustalenia z zleceniodawcą,
- Obowiązujące normy oraz przepisy prawa budowlanego.

2. Opis techniczny.

Przedmiotem opracowania jest opinia techniczna dotycząca możliwości sytuowania paneli fotowoltaicznych na dachu. W ramach niniejszego opracowania analizuje się budynek DS „Jodelka”.

Dom Studencki „Jodelka” jest budynkiem posiadającym cztery kondygnacje nadziemne, podpiwniczenie oraz dach wielospadowy o kącie nachylenia połaci 27° (50%).

Budynek wykonany w technologii tradycyjnej a konstrukcję dachu wykonano jako drewnianą. Zastosowano układ płatwiowo – kleszczowy, wymiary elementów: murlaty 14 x 14 cm, krokwie 8 x 16 cm, kleszcze 8 x 16 cm, płatwie 16 x 16 cm oraz słupy 16 x 16 cm. Rozstaw krokwi wynosi 90 cm. Dach pokryty blachodachówką.

Rozkład instalacji fotowoltaicznej zgodnie z częścią elektryczną. Maksymalna waga instalacji fotowoltaicznej będzie wynosić $14,27 \text{ kg/m}^2$ ($0,1427 \text{ kN/m}^2$).



Rys 1. Plan sytuacyjny.

Stan techniczny dachu ocenia się jako dobry, nie zagraża on bezpieczeństwu jego użytkowników. Nie stwierdzono przekroczenia stanu granicznego użytkowania oraz stanu granicznego nośności.

3. Analiza statyczno - wytrzymałościowa.

3.1. Założenia wstępne.

Obliczenia wykonano w oparciu o następujące normy:

- PN-EN 1990 – Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji
- PN-EN 1991-1-1 – Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-1: Oddziaływania ogólne Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenie użytkowe w budynkach.
- PN-EN 1991-1-3 – Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływania ogólne – Obciążenie śniegiem.
- PN-EN 1991-1-4 – Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru.
- PN-EN 1995-1-1 – Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych. Część 1-1: Postanowienia ogólne. Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków.

Założenia wynikające z lokalizacji terenu:

- strefa obciążenia śniegiem – 2
- strefa obciążenia wiatrem – 1

3.2. Analiza obliczeniowa.

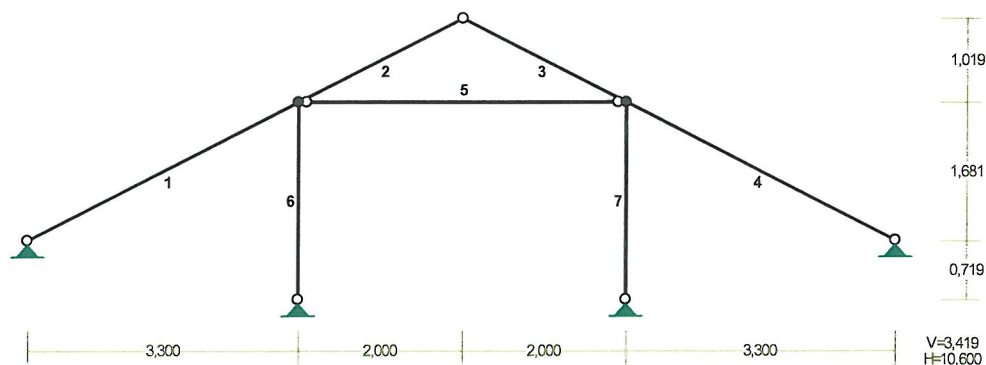
Obciążenia na dach - stan istniejący

Obciążenie	Wartość charakterystyczna [kN/m ²]	Współczynnik obciążenia γ_F	Wartość obliczeniowa [kN/m ²]
Obciążenie stałe			
Blachodachówka + łąty + kontrłaty	0,15	1,35	0,20
Deskowanie	0,12	1,35	0,16
Wełna gr. 16 cm	0,10	1,35	0,14
Płyty g-k	0,12	1,35	0,16
Razem	0,49		0,65
Obciążenia zmienne			
Śnieg	0,72	1,50	1,08
Wiatr $q_b = 0,5 \rho v_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22^2 = 0,30 \text{ kN/m}^2$ $C_e(z) = 1,9(z/10)^{0,26} = 1,9 \cdot (16/10)^{0,26} = 2,15$ $q_p(z) = C_e(z)q_b = 2,15 \cdot 0,30 = 0,64 \text{ kN/m}^2$ $w_{net} = 0,64 \cdot (0,36 - (-0,3)) = 0,43 \text{ kN/m}^2$	0,43	1,50	0,65
Razem	1,15		1,73
Razem stałe i zmienne	1,64		2,38

Obciążenia na dach - stan projektowany

Obciążenie	Wartość charakterystyczna [kN/m²]	Współczynnik obciążenia γ_F	Wartość obliczeniowa [kN/m²]
Obciążenie stałe			
Instalacja fotowoltaiczna	0,14	1,35	0,19
Blachodachówka + łatki + kontrłatki	0,15	1,35	0,20
Deskowanie	0,12	1,35	0,16
Wełna gr. 16 cm	0,10	1,35	0,14
Płyty g-k	0,12	1,35	0,16
Razem	0,63		0,84
Obciążenia zmienne			
Śnieg	0,72	1,50	1,08
Wiatr $q_b = 0,5 \rho v_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22^2 = 0,30 \text{ kN/m}^2$ $C_e(z) = 1,9(z/10)^{0,26} = 1,9 \cdot (16/10)^{0,26} = 2,15$ $q_p(z) = C_e(z)q_b = 2,15 \cdot 0,30 = 0,64 \text{ kN/m}^2$ $w_{net} = 0,64 \cdot (0,36 - (-0,3)) = 0,43 \text{ kN/m}^2$	0,43	1,50	0,65
Razem	1,15		1,73
Razem stałe i zmienne	1,78		2,57

PRĘTY:

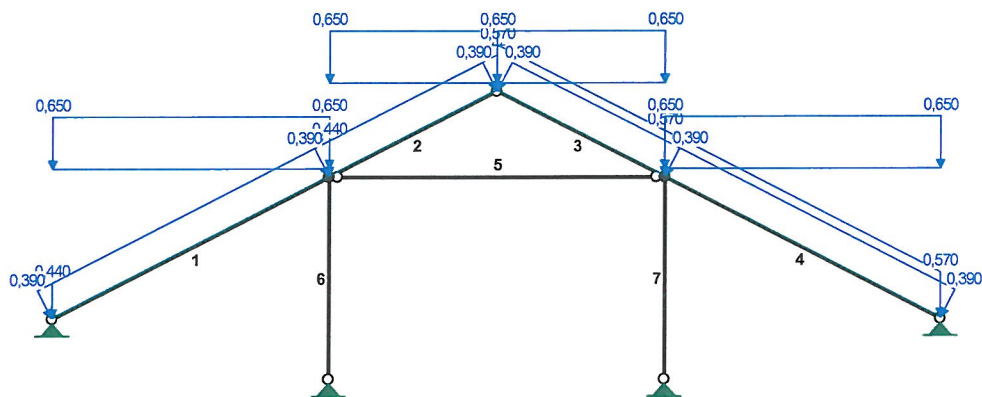


PRĘTY UKŁADU:

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

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	10	1	2	3,300	1,681	3,703	1,000	2 B 160x80
2	01	2	3	2,000	1,019	2,245	1,000	2 B 160x80
3	10	3	4	2,000	-1,019	2,245	1,000	2 B 160x80
4	01	4	5	3,300	-1,681	3,703	1,000	2 B 160x80
5	11	4	2	-4,000	0,000	4,000	1,000	2 B 160x80
6	01	2	6	0,000	-2,400	2,400	1,000	1 B 140x140
7	01	4	7	0,000	-2,400	2,400	1,000	1 B 140x140

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN] , [kNm] , [kN/m])

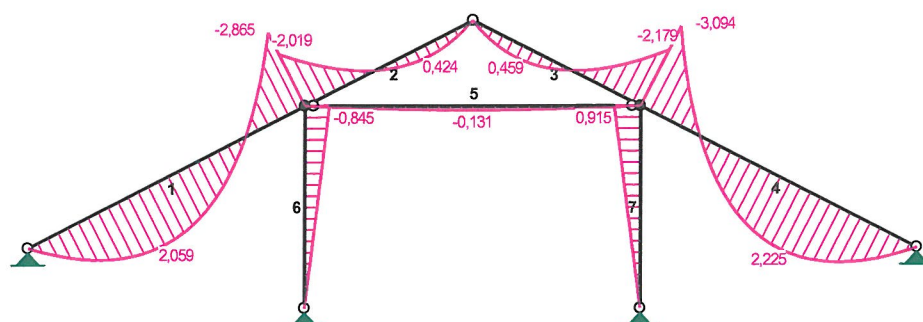
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg) :	P2 (Td) :	a [m] :	b [m] :
Grupa: A "Stałe"						
				Stałe	$\gamma_f = 1,35$	
1	Liniowe	0,0	0,440	0,440	0,00	3,70
2	Liniowe	0,0	0,440	0,440	0,00	2,24
3	Liniowe	0,0	0,570	0,570	0,00	2,24
4	Liniowe	0,0	0,570	0,570	0,00	3,70
Grupa: B "Wiatr"						
				Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	27,0	0,390	0,390	0,00	3,70
2	Liniowe	27,0	0,390	0,390	0,00	2,24
3	Liniowe	-27,0	0,390	0,390	0,00	2,24
4	Liniowe	-27,0	0,390	0,390	0,00	3,70
Grupa: C "Śnieg"						
				Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe-Y	0,0	0,650	0,650	0,00	3,70
2	Liniowe-Y	0,0	0,650	0,650	0,00	2,24
3	Liniowe-Y	0,0	0,650	0,650	0,00	2,24
4	Liniowe-Y	0,0	0,650	0,650	0,00	3,70

W Y N I K I Teoria I-go rzędu

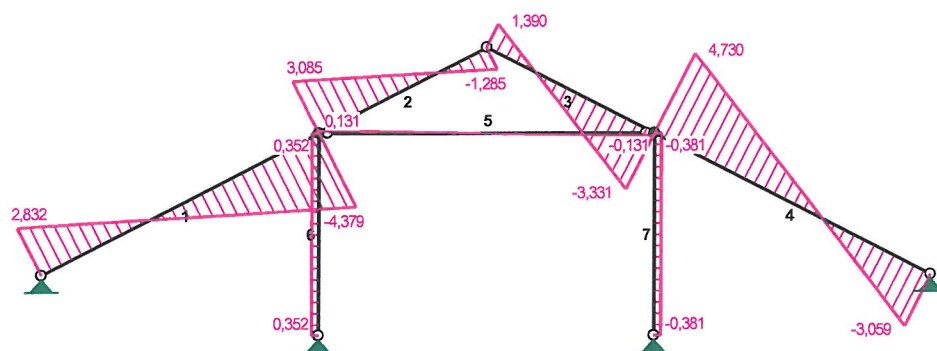
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar wł.			
A -"Stałe"	Stałe		1,35
B -"Wiatr"	Zmienne	1 1,00	1,50
C -"Śnieg"	Zmienne	1 1,00	1,50

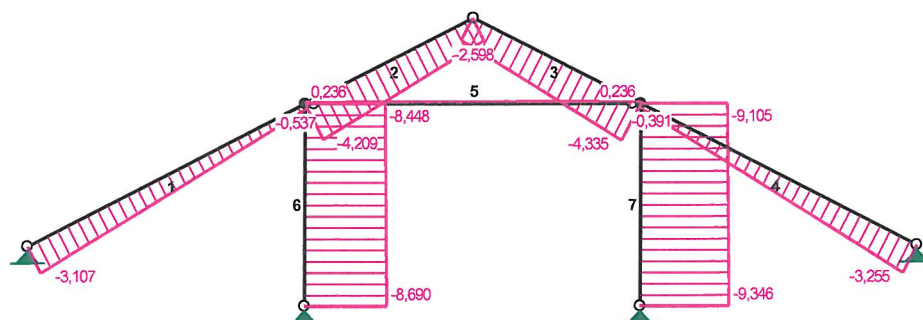
MOMENTY :



TNĄCE :



NORMALNE :



SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu

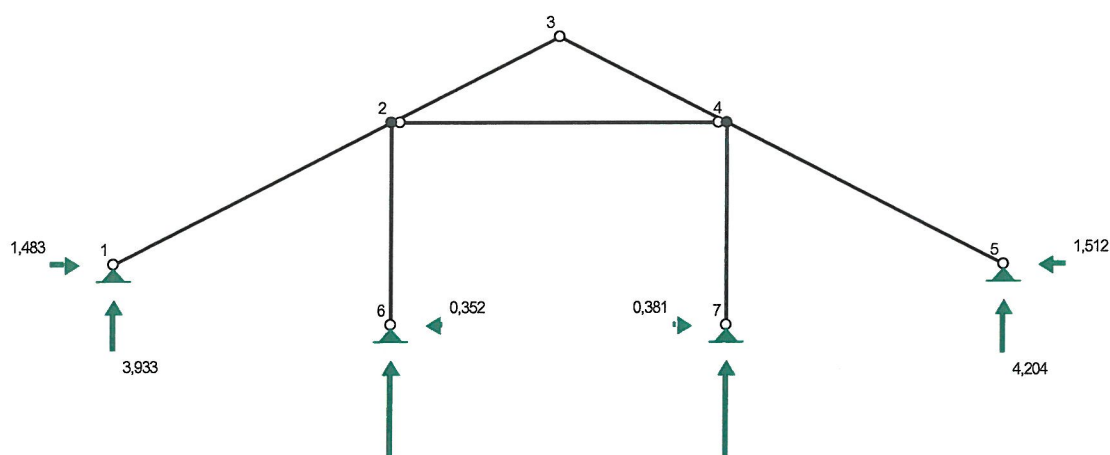
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABC

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	2,832	-3,107
	0,39	1,461	2,059*	-0,013	-2,093
	1,00	3,703	-2,865	-4,379	-0,537
2	0,00	0,000	-2,019	3,085	-4,209
	0,71	1,587	0,424*	-0,005	-3,108
	1,00	2,245	-0,000	-1,285	-2,652
3	0,00	0,000	0,000	1,390	-2,598
	0,29	0,658	0,459*	0,007	-3,107
	1,00	2,245	-2,179	-3,331	-4,335
4	0,00	0,000	-3,094	4,730	-0,391
	0,61	2,242	2,225*	0,014	-2,125
	1,00	3,703	-0,000	-3,059	-3,255

5	0,00	0,000	0,000	-0,131	0,236
	0,50	1,984	-0,131*	-0,001	0,236
	1,00	4,000	0,000	0,131	0,236
6	0,00	0,000	-0,845	0,352	-8,448
	1,00	2,400	-0,000	0,352	-8,690
7	0,00	0,000	0,915	-0,381	-9,105
	1,00	2,400	0,000	-0,381	-9,346

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:



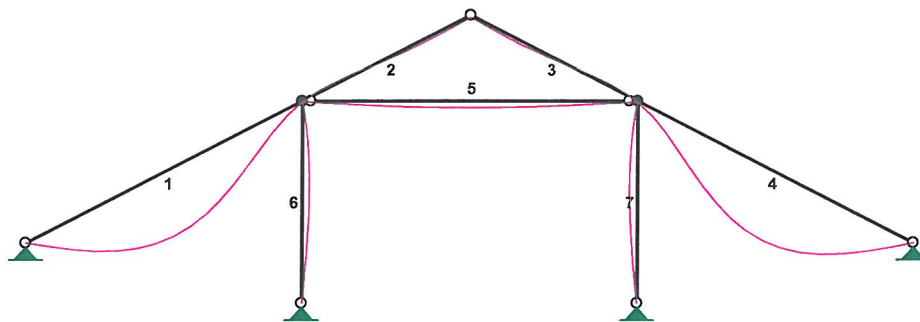
REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABC

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	1,483	3,933	4,204	
5	-1,512	4,204	4,467	
6	-0,352	8,690	8,697	
7	0,381	9,346	9,354	

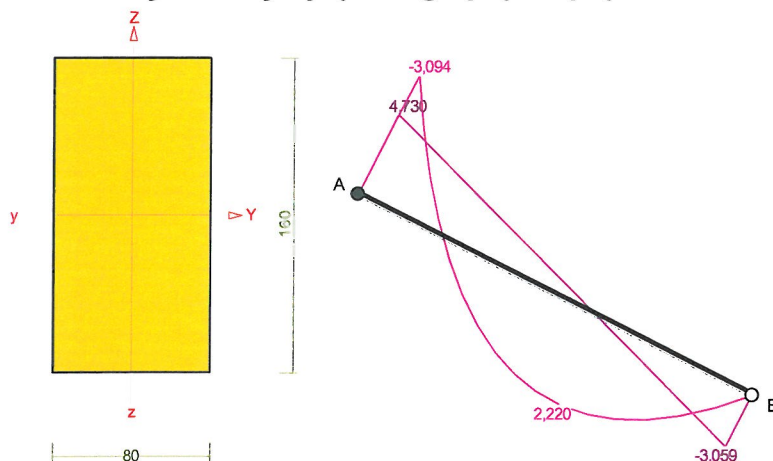
PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABC

Węzeł:	Ux [m]:	Uy [m]:	Wypadkowe [m]:	Fi [rad] ([deg]):
1	-0,00000	-0,00000	0,00000	
2	-0,00001	-0,00012	0,00012	0,00235 (0,135)
3	0,00000	-0,00028	0,00028	
4	0,00000	-0,00013	0,00013	-0,00254 (-0,146)
5	0,00000	-0,00000	0,00000	
6	0,00000	-0,00000	0,00000	
7	-0,00000	-0,00000	0,00000	

PRZEMIESZCZENIA:



Analiza najbardziej wyężonego pręta - pręt nr 4



Przekrój: 2 „B 160x80”

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=80,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=2730,7; \quad J_z=682,7 \text{ cm}^4; \quad A=128,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=4,6; \quad i_z=2,3 \text{ cm}; \quad W_y=341,3; \quad W_z=170,7 \text{ cm}^3.$$

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: **Średniotrwałe** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

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

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C18.**

$$f_{m,k} = 18,00$$

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

$$f_{t,0,k} = 11,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,77 \text{ MPa}$$

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

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

$$f_{c,0,k} = 18,00$$

$$f_{c,0,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,20$$

$$f_{c,90,d} = 1,35 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,00$$

$$f_{v,d} = 1,23 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 9000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 300 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 6000 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 560 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=3,70 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABC”.

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

$$l_c = \mu l = 0,758 \times 3,703 = 2,807 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,703 = 3,703 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,807 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 3,703 \text{ m}$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 128,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 3,255 / 128,00 \times 10 = 0,25 < 1,33 = 0,120 \times 11,08 = k_{c,f_{c,0,d}}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,70 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABC”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,03}{0,679 \times 11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} + \frac{9,06}{11,08} = 0,822 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,03}{0,120 \times 11,08} + \frac{0,00}{11,08} + 0,7 \times \frac{9,06}{11,08} = 0,596 < 1$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,70 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABC”.

Przyjęto, że pręt jest zabezpieczony przed zwichrzeniem ($k_{crit} = 1$).

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 3,094 / 341,33 \times 10^3 = 9,06 < 11,08 = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,70 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABC”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{9,06}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = 0,818 < 1$$

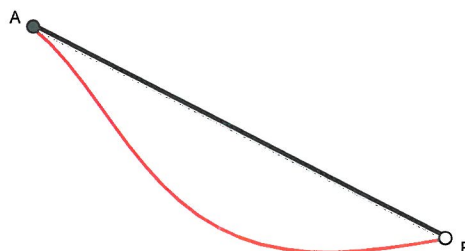
$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{9,06}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = 0,573 < 1$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,70 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABC”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,03^2}{11,08^2} + \frac{9,06}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = 0,818 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,03^2}{11,08^2} + 0,7 \times \frac{9,06}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = 0,573 < 1$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=2,08$ m; $x_b=1,62$ m, przy obciążeniach „ABC”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 14,8 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas $u_{\text{net,fin}} = 22,2 \text{ mm}$.

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -4,4 + -5,6 = 10,0 < 22,2 = u_{\text{net,fin}}$$

Warunki SGN oraz SGU są spełnione.

4. Wnioski.

Konstrukcja dachu budynku nadaje się do zainstalowania elementów instalacji fotowoltaicznej. Montaż instalacji fotowoltaicznej nie będzie miał negatywnego wpływu na nośność konstrukcji dachu.

Przyjęto maksymalne obciążenie od instalacji fotowoltaicznej $0,14 \text{ kN/m}^2$, $\sim 14,27 \text{ kg/m}^2$.

Roboty montażowe powinny być wykonane zgodnie z zasadami sztuki budowlanej i obowiązujących przepisów pod nadzorem osoby uprawnionej.

Opracował:

mgr inż. Krzysztof Kurzyński

Uprawnienia budowlane do projektowania bez
ograniczeń w specjalności konstrukcyjno - budowlanej
nr uprawnień KUP/0002/POOK/07