

VI. OBLICZENIA.

1. Więżba dachowa

Konstrukcja dachu: jętkowa

Lokalizacja budynku: Pomianów Górny (woj. Dolnośląskie)

Kąt nachylenia dachu: 32°

Pokrycie dachu: dachówka ceramiczna zakładkowa o szerokości pokrycia (rozstawie łąt) 0,34m

Do projektowania przyjęto drewno sosnowe o wartości charakterystycznej ciężaru objętościowego, które wynosi $\rho_{sosny} = 5,5 \text{ kN} / \text{m}^3$. Więżba będzie wykonana z drewna odpowiadającego klasie sortowanej KG, co odpowiada klasie wytrzymałościowej C27 (dla tarcicy grubości $\geq 38 \text{ mm}$)

Przyjęto do projektowania łątę o wymiarach $4 \times 5 \text{ cm}$, o polu przekroju $A = 0,0020 \text{ m}^2$

1.1. Obciążenie dachu

1.1.1. Obciążenie śniegiem

- Wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem wyznaczamy ze wzoru:

$$S_k = Q_k \cdot C$$

- Pomianów Górny znajduje się w 1 strefie obciążenia śniegiem, a więc przyjmujemy że dla wysokości $A = 285 \text{ m}$ n.p.m

$$Q_k = 0,007 \cdot A - 1,4 = 0,007 \cdot 390 - 1,4 = 0,60 \text{ kN/m}^2$$

- Współczynnik kształtu dachu C:

Dla dachu dwuspadowego:

$$C_1 = 0,8 \cdot \frac{60 - \alpha}{30} \qquad C_2 = 1,2 \cdot \frac{60 - \alpha}{30}$$

Kąt nachylenia połaci dachu $\alpha = 32^\circ$

$$C_1 = 0,8 \cdot \frac{60 - 32}{30} = 0,75$$

$$C_2 = 1,2 \cdot \frac{60 - 32}{30} = 1,12$$

Do obliczeń pojedynczych elementów przyjmuje się, że $C_1 = C_2 = C$

- Obciążenie charakterystyczne wywołane obciążeniem śniegu wynosi:

$$Q_{k1} = 0,60 \cdot 0,75 = 0,45 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{k2} = 0,60 \cdot 1,12 = 0,67 \text{ kN/m}^2$$

1.1.2. Obciążenie wiatrem

- Wartość charakterystyczną obciążenia wiatrem wyznaczamy ze wzoru:

$$p_k = q_k \cdot C_e \cdot C \cdot \beta$$

- Pomianów Górny znajduje się w III strefie obciążenia wiatrem, a więc wartość charakterystyczna ciśnienia prędkości wiatru, dla wysokości $H=285\text{m}$ n.p.m wynosi:

$$q_k = 0,25 + 0,0005 \cdot H = 0,25 + 0,0005 \cdot 285 = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

- Budynek jest zlokalizowany na terenie A, dla którego współczynnik ekspozycji wynosi: $C_e = 1,0$.

- Wartość współczynnika ciśnienia zewnętrznego C_z dachu dwuspadowego, o kącie nachylenia połaci dachowej $\alpha=32^\circ$ może przyjmować wartości z dwóch wariantów:

Wariant I: $C_1 = C_z = -0,045 \cdot (40 - \alpha) = -0,045 \cdot (40 - 32) = -0,36$

Wariant II: $C_2 = C_z = 0,015 \cdot \alpha - 0,2 = 0,015 \cdot 32 - 0,2 = 0,28$

- Zaliczono obiekt do niepodatnych na dynamiczne działanie wiatru i przyjęto współczynnik działania porywów wiatru $\beta = 1,8$

- Obciążenie charakterystyczne wywołane obciążeniem wiatru wynosi:

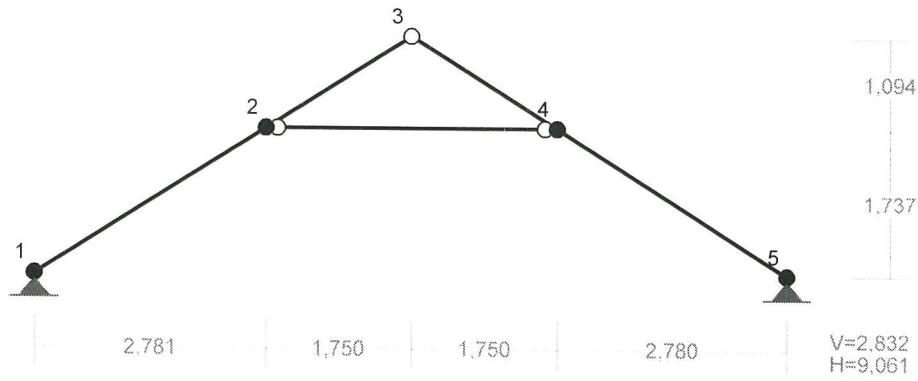
$$q_{k1} = 0,39 \cdot 1,0 \cdot 0,28 \cdot 1,8 = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{k2} = 0,39 \cdot 1,0 \cdot -0,36 \cdot 1,8 = -0,25 \text{ kN/m}^2$$

1.2. Obliczanie krokwi

Obciążenie	Wartość charakterystyczna [kN/m]	Współczynnik obciążenia γ_f [-]	Wartość obliczeniowa [kN/m]
ciężar łąty $0,002 \cdot (100/34) \cdot 0,90$	$g_k = 0,053$	1,1	$g_d = 0,058$
Ciężar własny dachówki ceramicznej zakładkową $0,7 \cdot 0,90$	$g_k = 0,63$	1,2	$g_d = 0,76$
ciężar własny krokwi $0,07 \cdot 0,14 \cdot 5,5$	$g_{k1} = 0,054$	1,1	$g_{d1} = 0,059$
Ciężar własny dachu z uwzgl. ciężaru krokwi i łąt	$g_k = 0,74$		$g_d = 0,88$
Śnieg: połać lewa $S_{k1} = Q_{k1} \cdot 0,9 \cdot \cos(32) = 0,45 \cdot 0,9 \cdot 0,85$	$S_{k2} = 0,34$	1,5	$S_{d2} = 0,51$
Śnieg: połać prawa $S_{k2} = Q_{k2} \cdot 0,9 \cdot \cos(32) = 0,67 \cdot 0,9 \cdot 0,85$	$S_{k1} = 0,51$	1,5	$S_{d1} = 0,77$
Wiatr: połać lewa (nawietrzna) $p_{k1} = q_{k1} \cdot 0,9 = 0,20 \cdot 0,9$	$p_{k1} = +0,18$	1,5	$p_{d1} = +0,27$
Wiatr: połać prawa (zawietrzna) $p_{k2} = q_{k2} \cdot 0,9 = (-0,25) \cdot 0,9$	$p_{k2} = -0,23$	1,5	$p_{d2} = -0,35$
Ciężar jętki $0,07 \cdot 0,14 \cdot 5,5$	$g_{k1} = 0,054$	1,1	$g_{d1} = 0,059$

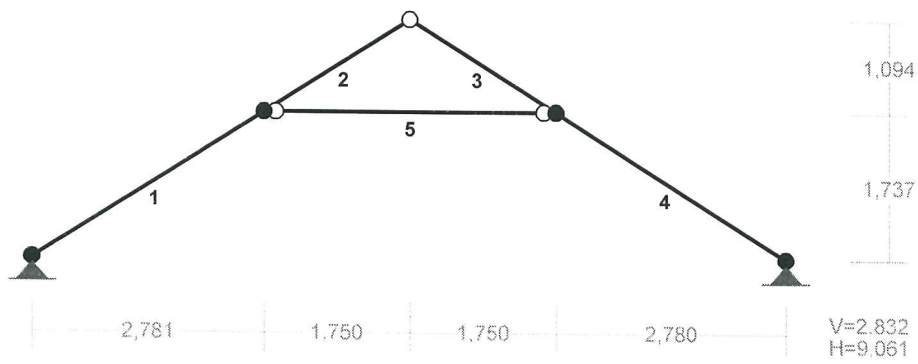
WEZŁY:



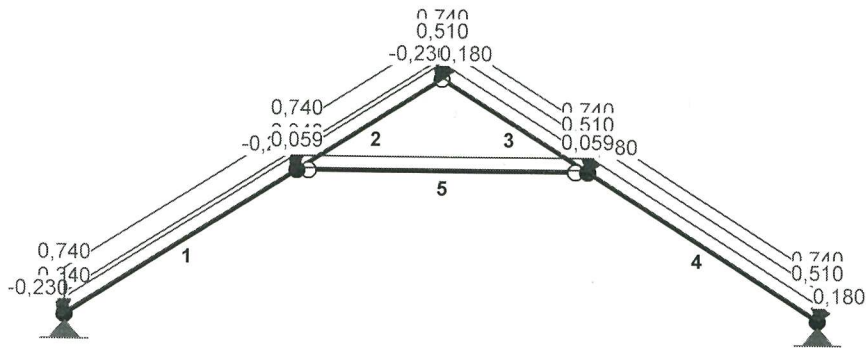
WEZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:	Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000	4	6,281	1,738
2	2,781	1,738	5	9,061	0,001
3	4,531	2,832			

PRĘTY:



OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE:

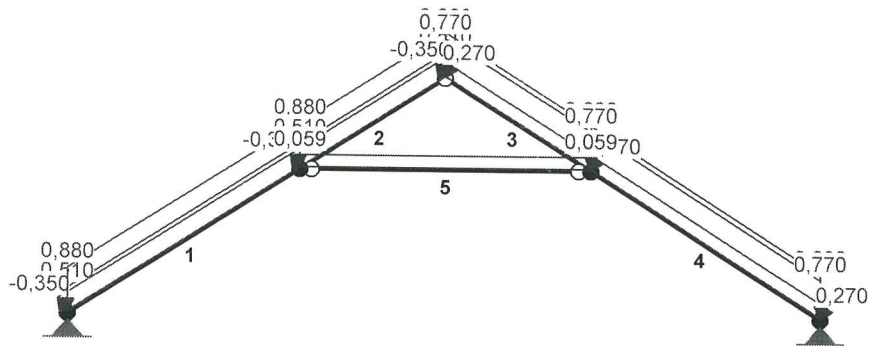


OBCIĄŻENIA:

([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa: A ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,00$	
1	Śnieg	0,0	0,340	0,340	0,00	3,28
1	Wiatr	32,0	-0,230	-0,230	0,00	3,28
1	Cieężar dachu	0,0	0,740	0,740	0,00	3,28
2	Cieężar dachu	0,0	0,740	0,740	0,00	2,06
2	Śnieg	0,0	0,340	0,340	0,00	2,06
2	Wiatr	32,0	-0,230	-0,230	0,00	2,06
3	Cieężar dachu	0,0	0,610	0,610	0,00	2,06
3	Śnieg	0,0	0,510	0,510	0,00	2,06
3	Wiatr	-32,0	0,180	0,180	0,00	2,06
4	Cieężar dachu	0,0	0,740	0,740	0,00	3,28
4	Śnieg	0,0	0,510	0,510	0,00	3,28
4	Wiatr	-32,0	0,180	0,180	0,00	3,28
5	Cieężar jętki	0,0	0,054	0,054	0,00	3,50

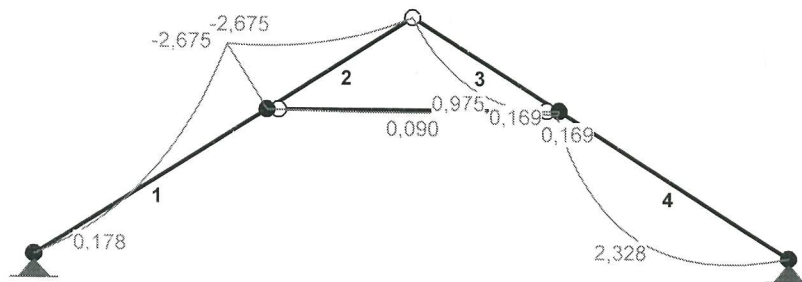
OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE:



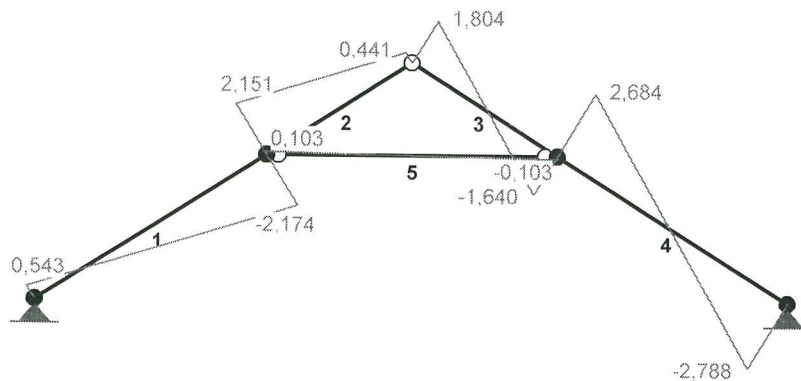
OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	A ""			Zmienne	$\gamma_f = 1,00$	
1	Śnieg	0,0	0,510	0,510	0,00	3,28
1	Wiatr	32,0	-0,350	-0,350	0,00	3,28
1	Ciężar dachu	0,0	0,880	0,880	0,00	3,28
2	Ciężar dachu	0,0	0,880	0,880	0,00	2,06
2	Śnieg	0,0	0,510	0,510	0,00	2,06
2	Wiatr	32,0	-0,350	-0,350	0,00	2,06
3	Ciężar dachu	0,0	0,880	0,880	0,00	2,06
3	Śnieg	0,0	0,770	0,770	0,00	2,06
3	Wiatr	-32,0	0,270	0,270	0,00	2,06
4	Ciężar dachu	0,0	0,880	0,880	0,00	3,28
4	Śnieg	0,0	0,770	0,770	0,00	3,28
4	Wiatr	-32,0	0,270	0,270	0,00	3,28
5	Ciężar jętki	0,0	0,059	0,059	0,00	3,50

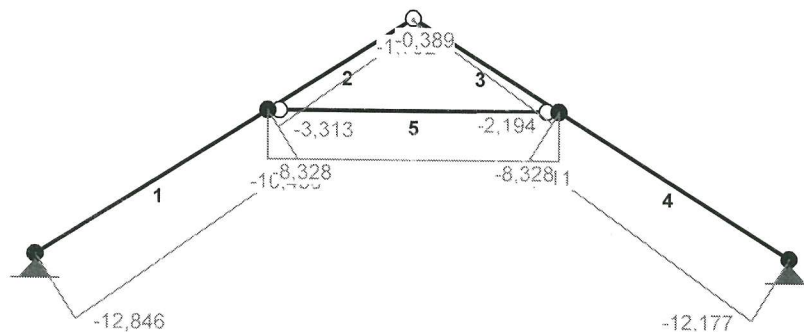
MOMENTY:



TNĄCE:



NORMALNE:



SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu

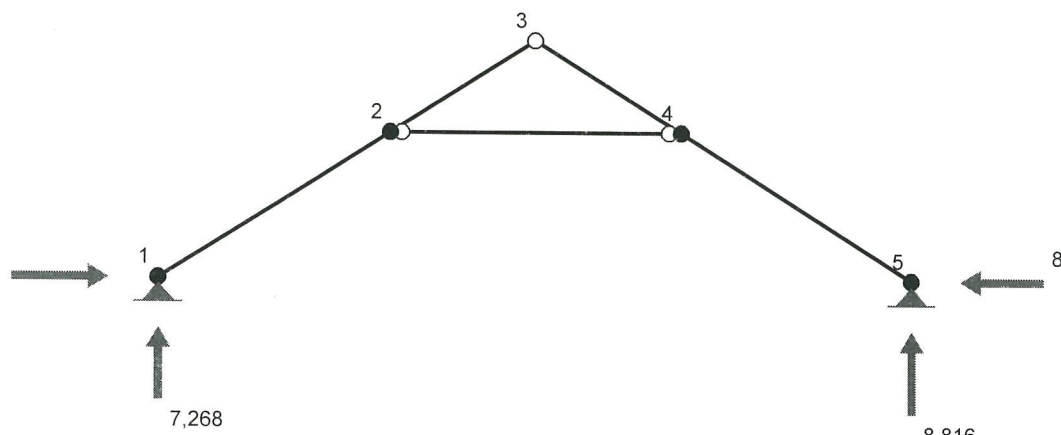
Obciążenia obl.: A

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	0,00	0,000	0,000	0,543	-12,846
	0,20	0,653	0,178*	0,002	-12,364
	1,00	3,279	-2,675	-2,174	-10,430
2	0,00	0,000	-2,675	2,151	-3,313
	1,00	2,064	-0,000	0,441	-1,792
3	0,00	0,000	0,000	1,804	-0,389
	0,52	1,080	0,975*	0,001	-1,334
	1,00	2,064	0,169	-1,640	-2,194
4	0,00	0,000	0,169	2,684	-9,311
	0,49	1,613	2,328*	-0,009	-10,721

	1,00	3,278	0,000	-2,788	-12,177
5	0,00	0,000	0,000	0,103	-8,328
	0,50	1,736	0,090*	0,001	-8,328
	1,00	3,500	-0,000	-0,103	-8,328

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:



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

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	10,605	7,268	12,857	
5	-8,849	8,816	12,492	

Wymiarowanie krokwi

Maksymalny moment zginający i odpowiadająca mu siła podłużna występują w pręcie 4 i wynoszą:

$$M_4 = -2,68 \text{ kNm}$$

$$N_4 = -10,43 \text{ kN (ściskanie)}$$

Przyjęto przekrój krokwi 70 x 140 mm:

$$A = b \cdot h = 0,070 \cdot 0,140 = 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,07 \cdot 0,14^2}{6} = 228,67 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Napężenie obliczeniowe ściskające w kierunku równoległym do włókien (bez uwzględnienia wybożenia) wynosi:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{10,43}{9,8 \cdot 10^{-3}} = 1064,29 \text{ kPa} = 1,06 \text{ MPa}$$

Naprężenie obliczeniowe od zginania w stosunku do osi głównych wynosi:

$$\sigma_{m,z,d} = 0$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2,68}{228,67 \cdot 10^{-6}} = 11,72 \text{ MPa}$$

W tym przypadku decydujące znaczenie ma obciążenie stałe, dlatego wartość współczynnika $k_{mod} = 0,6$.

Dla klasy drewna C27 wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie wynosi $f_{c,0,k} = 22,0 \text{ MPa}$, a na zginanie $f_{m,y,k} = 27,0 \text{ MPa}$.

Wytrzymałość obliczeniowa dla drewna na rozciąganie i zginanie:

$\gamma_M = 1,3$ klasa użytkowania 2 $k_{mod} = 0,6$ obciążenie krótkotrwałe

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,6 \cdot 22,0}{1,3} = 10,15 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,y,k}}{\gamma_M} = \frac{0,6 \cdot 27,0}{1,3} = 12,46 \text{ MPa}$$

- Sprawdzenie krokwi ze względu na zwichrzenie

Długość wyboczeniowa krokwi przy ścisaniu wynosi:

$$l_d = l_{cal} \cdot 0,8 = 0,8 \cdot 5,34 = 4,27 \text{ m}$$

$$E_k = E_{0,05} = 7700 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 720 \text{ MPa} \quad E_{0,mean} = 11500 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d \cdot h \cdot f_{m,d}}{\pi b^2 \cdot E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{4,27 \cdot 0,14 \cdot 12,46}{3,14 \cdot 0,07^2 \cdot 7700}} \sqrt{\frac{11500}{720}} = 0,50$$

$$k_{crit} = 1 \text{ dla } \lambda_{rel,m} = 0,50 < 0,75$$

$$\sigma_{m,y,d} = 10,89 \text{ MPa} \leq k_{crit} \cdot f_{m,y,d} = 1 \cdot 12,46 = 12,46 \text{ MPa}$$

Warunek spełniony ze względu na wyboczenie.

Sprawdzenie warunku stanu granicznego nośności

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{1,06}{10,15} \right)^2 + \frac{11,72}{12,46} + 0 = 0,95 < 1$$

$k_m = 0,7$ dla przekroju prostokątnego.

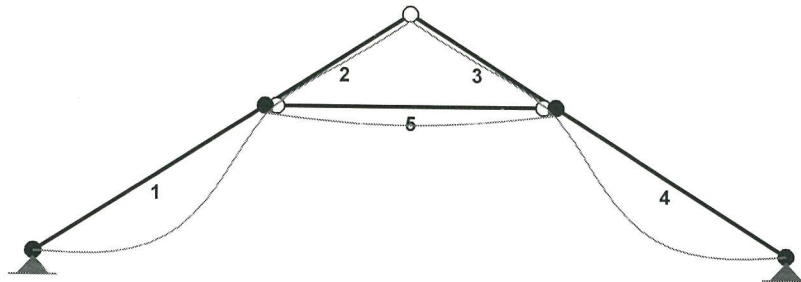
Warunek stanu granicznego nośności dla krokwi został spełniony

• Sprawdzenie stanu granicznego użytkowości:

Przyjęto: (strop otynkowany z płyt g-k)

$$u_{\text{net,fin}} = L / 200 = 3280 / 300 = 16,40 \text{ mm}$$

Wykresy ugięć krokwi od obciążenia ciężarem własnym

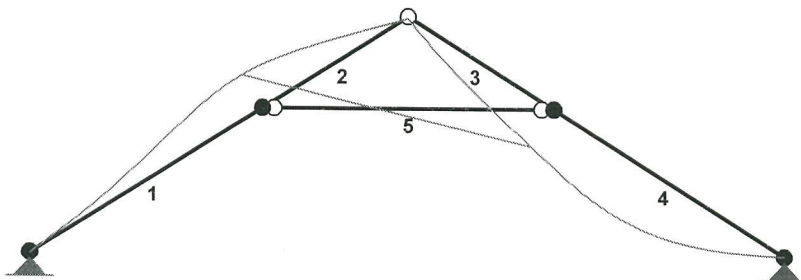


DEFORMACJE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: A

Pręt:	Wa [m]:	Wb [m]:	FIa [deg]:	FIb [deg]:	f [m]:	L/f:
1	-0,0000	-0,0004	-0,215	0,076	0,0033	993,9
2	-0,0004	-0,0003	0,076	0,008	0,0003	8047,4
3	-0,0003	-0,0004	-0,008	-0,076	0,0003	8058,8
4	-0,0004	0,0000	-0,076	0,214	0,0033	995,4
5	-0,0005	-0,0005	-0,034	0,035	0,0007	5309,6

$$u_{\text{inst1}} = 3,3 \text{ mm}$$

Wykres ugięć krokwi śniegiem.

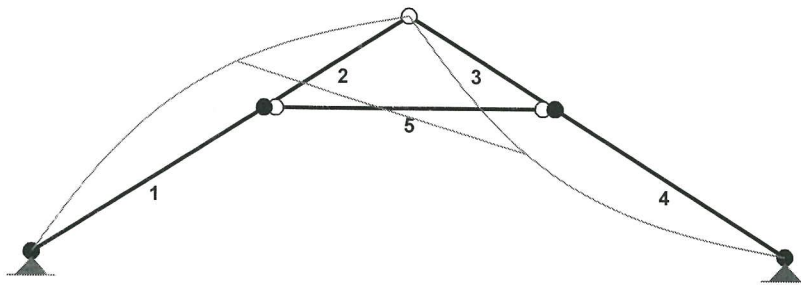


DEFORMACJE: T.I rzędu
 Obciążenia obl.: A

Pręt:	Wa [m]:	Wb [m]:	F Ia [deg]:	F Ib [deg]:	f [m]:	L/f:
1	-0,0000	0,0042	0,041	-0,011	0,0004	9289,3
2	0,0042	-0,0002	-0,011	-0,160	0,0006	3279,9
3	-0,0002	-0,0047	-0,168	-0,098	0,0004	4667,3
4	-0,0047	-0,0000	-0,098	0,287	0,0036	918,7
5	0,0035	-0,0041	-0,124	-0,124	0,0000	9,85E+14

$$u_{inst2} = 3,6 \text{ mm}$$

Wykres ugięć krokwi od obciążenia wiatrem



DEFORMACJE: T.I rzędu
 Obciążenia obl.: A

Pręt:	Wa [m]:	Wb [m]:	F Ia [deg]:	F Ib [deg]:	f [m]:	L/f:
1	0,0000	0,0128	0,475	-0,159	0,0050	655,9
2	0,0128	0,0000	-0,159	-0,466	0,0015	1401,7
3	-0,0000	-0,0127	-0,466	-0,153	0,0015	1388,1
4	-0,0127	0,0000	-0,153	0,458	0,0048	689,8
5	0,0108	-0,0108	-0,354	-0,354	0,0000	2,46E+14

$$u_{inst3} = 5,0 \text{ mm}$$

Obciążenie	k_{def}	Składowe obciążenia [mm]	
		u_{inst}	$u_{fin,y} = u_{inst} (1 + k_{def})$
1. Ciężar własny (klasa trwania obciążenia – stałe, klasa użytkowania - 2)	0,8	3,3	5,94
2. Śnieg (klasa trwania obciążenia – średniotrwale, klasa użytkowania - 2)	0,25	3,6	3,38
3b. Wiatr (klasa trwania obciążenia – krótkotrwale, klasa użytkowania - 2)	0	5,0	5,0
Ugięcie sumaryczne: $u_{fin} = u_{fin1} + u_{fin2} + u_{fin3}$		14,32	

Klasa użytkowania 2 oznacza że wilgotność otaczającego powietrza jest mniejsza niż 85% i przeciętna zawartość wilgoci w drewnie iglastym przy $t=20^{\circ}\text{C}$ mniejsza niż 20%.

$$u_{fin} = 14,32 \text{ mm} < u_{net,fin} = 16,40 \text{ mm}$$

Warunek stanu granicznego użytkowalności dla krokwi został spełniony.

Ostatecznie przyjęto krokiew o wymiarach przekroju poprzecznego 70 x 140 mm w rozstawie co 90 cm.

Czesław Szmitgeński
TECHNIK BUDOWLANY
Upr. do projektowania, kierowania, nadzoru i kontroli
ul. Wojska Polskiego 1b/9, 57-110 Strzelin

inż. [Signature]
upr. [Signature] UW
[Signature]