

# ANALIZA STATYCZNO – WYTRZYMAŁOŚCIOWA GŁÓWNYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

## 1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ:

### 1.1. Obciążenia stałe.

#### **DACH**

Lp.	Rodzaj obciążenia	Wartość charakterystyczna [kN/m <sup>2</sup> ]	Współczynnik obciążenia [γ <sub>f</sub> ]	Wartość obliczeniowa [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Dachówka	0,700	1,30	0,910
2	Deskowanie / płyta OSB	0,117	1,30	0,152
3	Wełna mineralna miękka gr. 20cm	0,140	1,30	0,182
4	Sufit podwieszany wraz z instal.	0,250	1,30	0,325
	RAZEM	1,207	1,30	1,569

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono w programie obliczeniowym.

Zastępcze obciążenie od paneli fotowoltaicznych wraz z systemem mocowań przyjęto na poziomie: **0,18 kN/m<sup>2</sup>**

### 1.2. Obciążenia zmienne

#### 1.2.1. Śnieg:

##### DACH SKOŚNY:

- strefa:	II
- poziom odniesienia:	< 300,00 m n. p. m.
- pochylenie połaci:	35° (+/-2°)
<b>Q<sub>k</sub> = 0,9 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>C<sub>1</sub> = 0,67      C<sub>2</sub> = 1,00</b>

Wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem:

$$S_{k1} = Q_k \times C_1 = 0,9 \times 0,67 \quad S_{k1} = 0,60 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{k2} = Q_k \times C_2 = 0,9 \times 1,00 \quad S_{k2} = 0,90 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_f = 1,5$$

Wartość obliczeniowa obciążenia śniegiem:

$$S = S_{k1} \times \gamma_f = 0,60 \times 1,5 \quad S_1 = 0,90 \text{ kN/m}^2$$

$$S = S_{k2} \times \gamma_f = 0,90 \times 1,5 \quad S_2 = 1,35 \text{ kN/m}^2$$

**1.2.2. Wiatr:****DACH:**

Strefa: I

Teren: A

Kąt: 35° (+/-2°)

Wartość charakterystyczna:

$$q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$$

$$C_e = 0,82$$

z tab. Z1-3

$$C_n = 0,32$$

- połac nawietrzna

$$C_z = -0,40$$

- połac zawietrzna

$$\beta = 1,8$$

- konstrukcja niepodatna na dynamiczne działanie porywów wiatru

$$p_{kn} = q_k \times C_e \times C_n \times \beta$$

$$p_{kn} = 0,14 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{kz} = q_k \times C_e \times C_z \times \beta$$

$$p_{kz} = -0,18 \text{ kN/m}^2$$

Wartość obliczeniowa:

$$\gamma_f = 1,5$$

$$p_{on} = p_{kn} \times \gamma_f$$

$$p_{on} = 0,21 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{oz} = p_{kz} \times \gamma_f$$

$$p_{oz} = -0,27 \text{ kN/m}^2$$

**1.2.3. Obciążenia technologiczne:**

Obciążenie robotnikiem przyjęto 1.2 kN w środku rozpiętości elementu konstrukcyjnego

$$g_{rk} = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

- wartość charakterystyczna

$$\gamma_f = 1,2$$

$$g_r = 1,44 \text{ kN/m}^2$$

- wartość obliczeniowa

**1.2.4. Obciążenia użytkowe:**

Lp.	Rodzaj obciążenia	Wartość charakterystyczna [kN/m <sup>2</sup> ]	Współczynnik obciążenia [γ <sub>f</sub> ]	Wartość obliczeniowa [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Parter	1,5	1,3	1,95

## 2. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA:

### 2.1. WIĘŻBA - WIAZAR

$a = 0,80\text{m}$  (rozstaw)

$\alpha = 35^\circ (+/-2^\circ)$  (kąt)

RM\_Win v. 11.128 licencja nr 27041

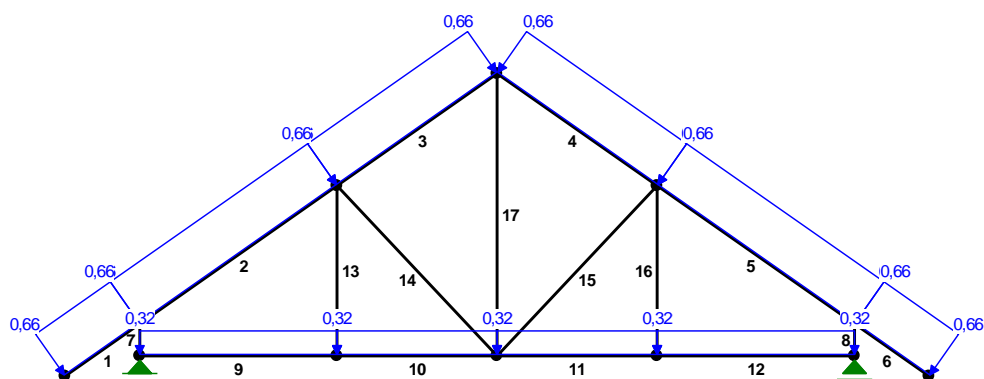
NAZWA: krata\_1

**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1 (Tg): P2 (Td): a[m]: b[m]:

Grupa: CW "Ciężar własny" Stałe  $\gamma_f = 1,10$

OBCIĄŻENIA: A "stałe"



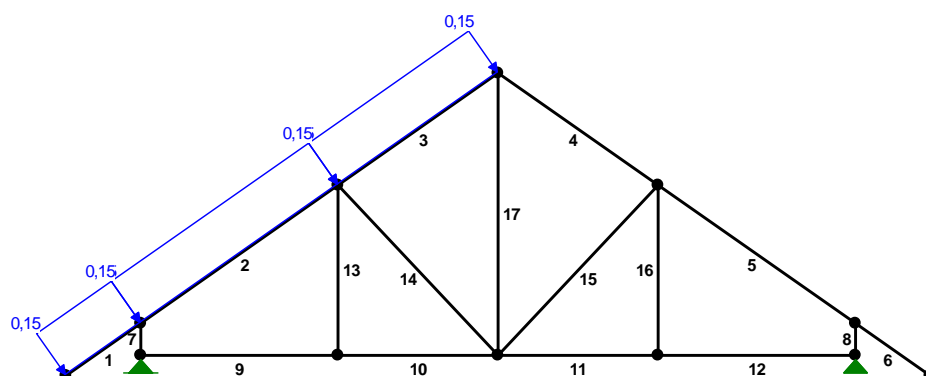
**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1 (Tg): P2 (Td): a[m]: b[m]:

Grupa: A "stałe" Stałe  $\gamma_f = 1,30/1,00$

1	Liniowe	35,0	0,66	0,66	0,00	0,85
2	Liniowe	35,0	0,66	0,66	0,00	2,26
3	Liniowe	35,0	0,66	0,66	0,00	1,83
4	Liniowe	-35,0	0,66	0,66	0,00	1,83
5	Liniowe	-35,0	0,66	0,66	0,00	2,26
6	Liniowe	-35,0	0,66	0,66	0,00	0,85
9	Liniowe	0,0	0,32	0,32	0,00	1,85
10	Liniowe	0,0	0,32	0,32	0,00	1,50
11	Liniowe	0,0	0,32	0,32	0,00	1,50
12	Liniowe	0,0	0,32	0,32	0,00	1,85

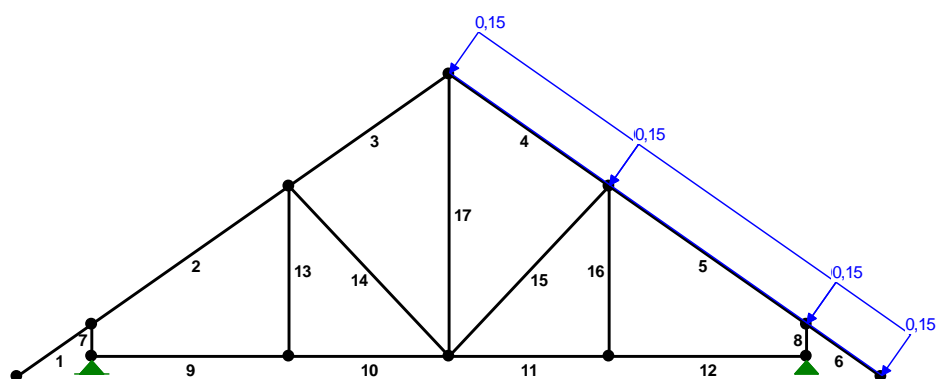
OBCIĄŻENIA: F "panele FV"



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: F "panele FV"			Stałe		$\gamma_f = 1,20/1,00$	
1	Liniowe	35,0	0,15	0,15	0,00	0,85
2	Liniowe	35,0	0,15	0,15	0,00	2,26
3	Liniowe	35,0	0,15	0,15	0,00	1,83

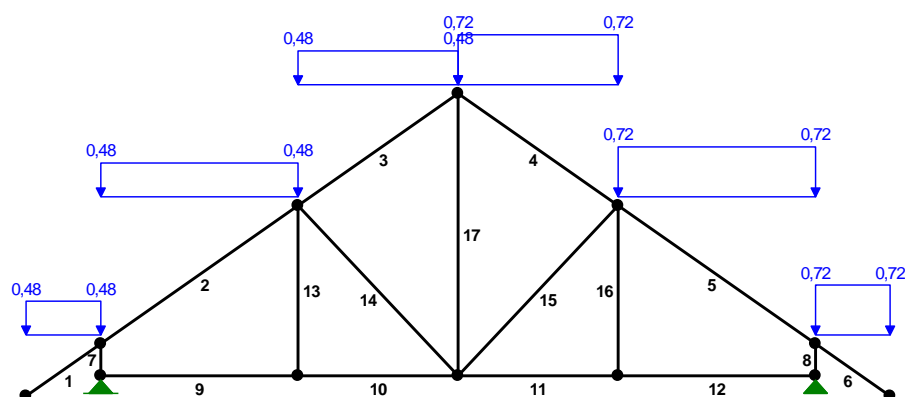
OBCIĄŻENIA: V "panele FV"



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
-----						
Grupa:	V	"panele FV"		Stałe	$\gamma_f = 1,20/1,00$	
4	Liniowe	-35,0	0,15	0,15	0,00	1,83
5	Liniowe	-35,0	0,15	0,15	0,00	2,26
6	Liniowe	-35,0	0,15	0,15	0,00	0,85

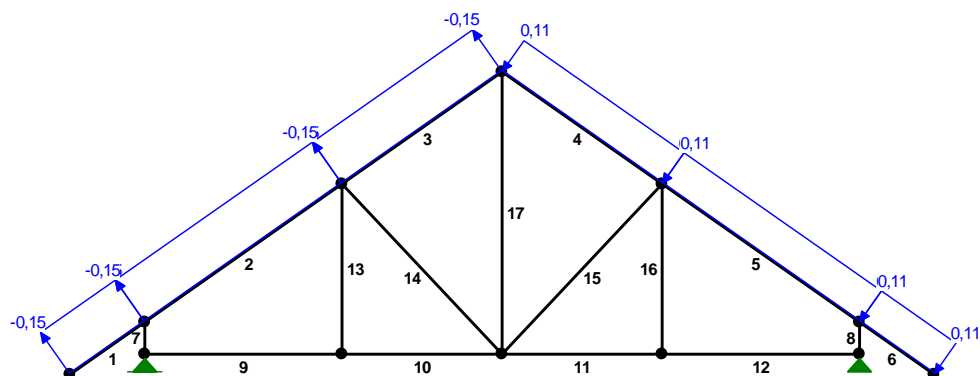
OBCIĄŻENIA: S "śnieg"



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
-----						
Grupa:	S	"śnieg"		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe-Y	0,0	0,48	0,48	0,00	0,85
2	Liniowe-Y	0,0	0,48	0,48	0,00	2,26
3	Liniowe-Y	0,0	0,48	0,48	0,00	1,83
4	Liniowe-Y	0,0	0,72	0,72	0,00	1,83
5	Liniowe-Y	0,0	0,72	0,72	0,00	2,26
6	Liniowe-Y	0,0	0,72	0,72	0,00	0,85

OBCIĄŻENIA: W "wiatr"



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
-----						
Grupa:	W "wiatr"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	35,0	-0,15	-0,15	0,00	0,85
2	Liniowe	35,0	-0,15	-0,15	0,00	2,26
3	Liniowe	35,0	-0,15	-0,15	0,00	1,83
4	Liniowe	-35,0	0,11	0,11	0,00	1,83
5	Liniowe	-35,0	0,11	0,11	0,00	2,26
6	Liniowe	-35,0	0,11	0,11	0,00	0,85

W Y N I K I wg PN 82/B-02000

Teoria I-go rzędu

RM\_Win v. 11.128 licencja nr 27041

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	$\gamma_f$ :	$\psi_d$ :
-----			
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,10	
A -"stałe"	Stałe	1,30/1,00	
F -"panele FV"	Stałe	1,20/1,00	
V -"panele FV"	Stałe	1,20/1,00	
S -"śnieg"	Zmienne	1 1,50	1,00
W -"wiatr"	Zmienne	1 1,50	1,00



## SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu

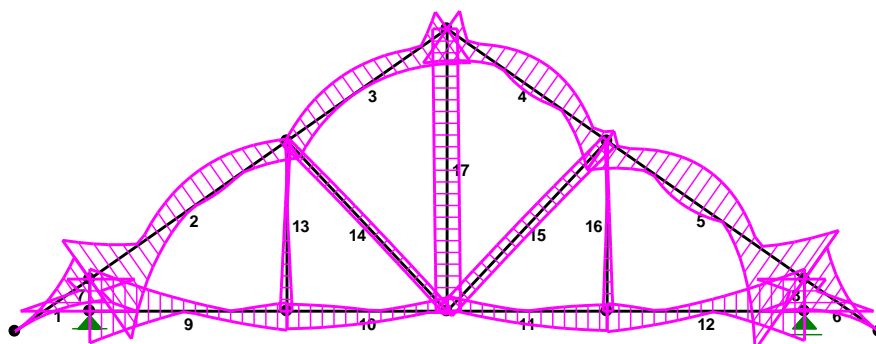
Obciążenia obl.: CW AFVSW

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
<hr/>					
1	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,003	<b>0,00*</b>	0,00	0,00
	1,00	0,854	-0,49	-1,14	0,31
2	0,00	0,000	-1,12	1,92	-8,77
	0,64	1,438	<b>0,27*</b>	0,01	-8,25
	0,64	1,447	<b>0,27*</b>	0,00	-8,25
	1,00	2,258	-0,17	-1,09	-7,95
3	0,00	0,000	-0,18	1,00	-7,90
	0,41	0,758	<b>0,20*</b>	-0,01	-7,63
	0,41	0,751	<b>0,20*</b>	0,00	-7,63
	1,00	1,831	-0,57	-1,44	-7,24
4	0,00	0,000	-0,59	1,88	-6,94
	0,52	0,958	<b>0,31*</b>	0,00	-7,45
	1,00	1,831	-0,44	-1,71	-7,91
5	0,00	0,000	-0,44	1,81	-8,18
	0,41	0,926	<b>0,40*</b>	-0,01	-8,67
	1,00	2,258	-1,36	-2,62	-9,38
6	0,00	0,000	-0,72	1,68	0,46
	1,00	0,854	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,000	0,63	-5,69	-7,72
	1,00	0,300	-1,08	-5,69	-7,73
8	0,00	0,000	-0,64	5,59	-9,16
	1,00	0,300	1,04	5,59	-9,18
9	0,00	0,000	-1,08	1,23	4,58
	1,00	1,850	0,40	0,36	4,58
10	0,00	0,000	0,36	-0,05	4,62
	1,00	1,500	-0,24	-0,75	4,62
11	0,00	0,000	-0,25	0,77	5,62
	1,00	1,500	0,37	0,07	5,62
12	0,00	0,000	0,41	-0,35	5,59
	1,00	1,850	-1,04	-1,22	5,59
13	0,00	0,000	0,04	-0,04	-0,41
	1,00	1,595	-0,02	-0,04	-0,36
14	0,00	0,000	-0,01	0,03	-1,84
	0,64	1,411	<b>0,01*</b>	0,00	-1,87
	0,62	1,351	<b>0,01*</b>	0,00	-1,87
	1,00	2,190	0,00	-0,02	-1,88
15	0,00	0,000	0,00	0,01	-3,32
	0,32	0,701	<b>0,01*</b>	0,00	-3,31
	0,29	0,633	<b>0,01*</b>	0,00	-3,31
	1,00	2,190	-0,01	-0,03	-3,28
16	0,00	0,000	-0,01	0,03	-0,37
	1,00	1,595	0,04	0,03	-0,41
17	0,00	0,000	0,01	-0,01	5,34
	1,00	2,645	-0,02	-0,01	5,41

\* = Wartości ekstremalne



NAPRĘŻENIA:



NAPRĘŻENIA: T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW AFVSW

---

Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
			[MPa]		

---

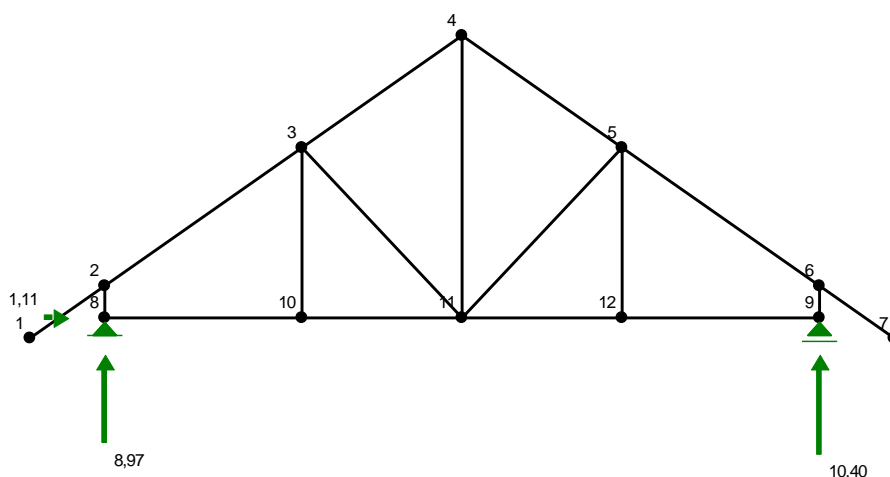
**133 Drewno C24**

1	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000
	1,00	0,854	1,93	-1,87	<b>0,081*</b>
2	0,00	0,000	3,45	-5,28	<b>0,220*</b>
	1,00	2,258	-0,16	-1,50	0,063
3	0,00	0,000	-0,12	-1,53	0,064
	1,00	1,831	1,49	-3,00	<b>0,125*</b>
4	0,00	0,000	1,58	-3,03	<b>0,126*</b>
	1,00	1,831	0,88	-2,53	0,105
5	0,00	0,000	0,87	-2,57	0,107
	1,00	2,258	4,32	-6,27	<b>0,261*</b>
6	0,00	0,000	2,85	-2,75	<b>0,119*</b>
	1,00	0,854	0,00	0,00	0,000
7	0,00	0,000	-3,27	1,66	0,136
	1,00	0,300	3,40	-5,01	<b>0,209*</b>
8	0,00	0,000	1,54	-3,45	0,144
	1,00	0,300	-5,01	3,10	<b>0,209*</b>
9	0,00	0,000	3,07	-2,31	<b>0,128*</b>
	1,00	1,850	-0,62	1,38	0,058
10	0,00	0,000	-0,51	1,28	<b>0,053*</b>
	1,00	1,500	0,99	-0,22	0,041
11	0,00	0,000	1,10	-0,17	0,046
	1,00	1,500	-0,47	1,40	<b>0,059*</b>

12	0,00 1,00	0,000 1,850	-0,56 3,06	1,49 -2,13	0,062 <b>0,128*</b>
13	0,00 1,00	0,000 1,595	-0,50 0,12	0,37 -0,24	<b>0,021*</b> 0,010
14	0,00 1,00	0,000 2,190	-0,20 -0,33	-0,41 -0,30	<b>0,017*</b> 0,014
15	0,00 1,00	0,000 2,190	-0,60 -0,41	-0,51 -0,68	0,025 <b>0,028*</b>
16	0,00 1,00	0,000 1,595	0,03 -0,42	-0,15 0,28	0,006 <b>0,018*</b>
17	0,00 1,00	0,000 2,645	0,81 1,05	0,97 0,75	0,041 <b>0,044*</b>

\* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW AFVSW

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
8	1,11	8,97	9,03	
9	0,00	10,40	10,40	

REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu

Obciążenia char.: CW AFVSW

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
8	0,74	6,73	6,77	
9	0,00	7,69	7,69	

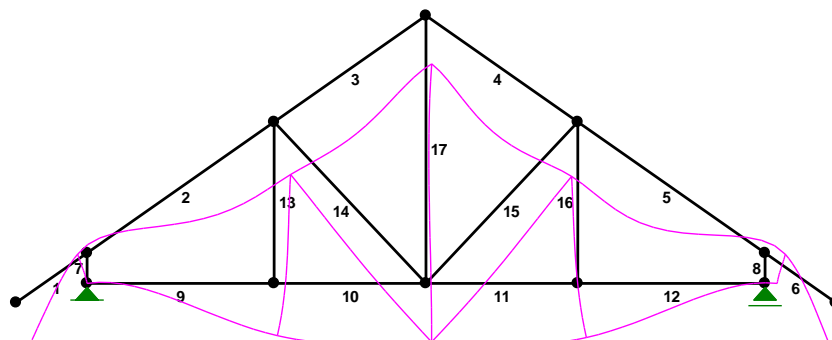
**PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW:**

T.I rzędu

Obciążenia char.: CW AFVSW

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi [rad] ([deg]):
1	0,00025	-0,00059	0,00064	0,00093 ( 0,054)
2	-0,00015	-0,00002	0,00015	0,00047 ( 0,027)
3	0,00026	-0,00084	0,00087	-0,00010 ( -0,006)
4	0,00009	-0,00076	0,00077	-0,00012 ( -0,007)
5	-0,00010	-0,00086	0,00087	0,00008 ( 0,005)
6	0,00032	-0,00002	0,00032	-0,00039 ( -0,022)
7	-0,00011	-0,00064	0,00065	-0,00105 ( -0,060)
8	0,00000	0,00000	0,00000	0,00024 ( 0,014)
9	0,00019	0,00000	0,00019	-0,00019 ( -0,011)
10	0,00005	-0,00083	0,00083	-0,00038 ( -0,022)
11	0,00009	-0,00093	0,00093	-0,00001 ( -0,001)
12	0,00014	-0,00086	0,00087	0,00037 ( 0,021)

PRZEMIESZCZENIA:

**DEFORMACJE:**

T.I rzędu

Obciążenia char.: CW AFVSW

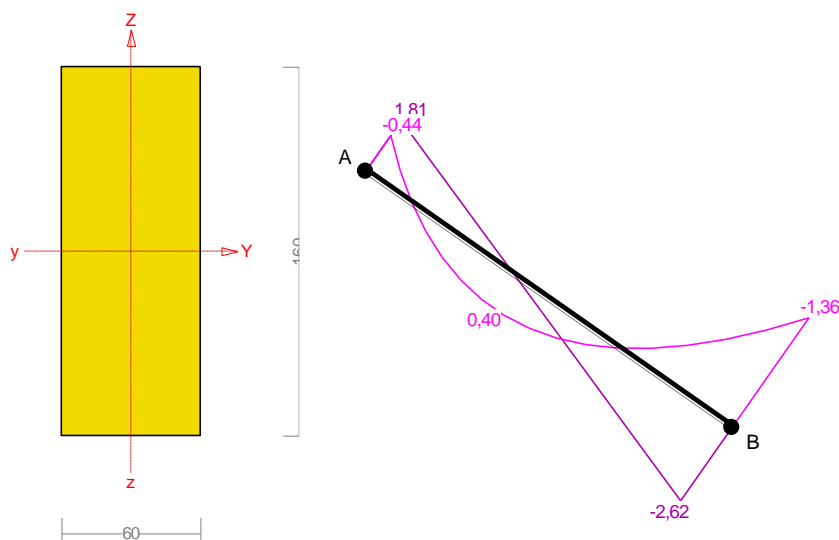
Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	Fia[deg]:	Fib[deg]:	f[m]:	L/f:
1	-0,0006	0,0001	0,054	0,027	0,0000	18071,6
2	0,0001	-0,0008	0,027	-0,006	0,0002	11568,6
3	-0,0008	-0,0007	-0,006	-0,007	0,0001	13583,9
4	-0,0006	-0,0008	-0,007	0,005	0,0002	7864,1
5	-0,0008	0,0002	0,005	-0,022	0,0003	6857,0
6	0,0002	-0,0006	-0,022	-0,060	0,0001	12773,5
7	-0,0001	0,0000	0,027	0,014	0,0000	28493,2
8	0,0003	0,0002	-0,022	-0,011	0,0000	30583,8
9	0,0000	-0,0008	0,014	-0,022	0,0002	11450,2
10	-0,0008	-0,0009	-0,022	-0,001	0,0001	17543,5
11	-0,0009	-0,0009	-0,001	0,021	0,0001	17187,4
12	-0,0009	0,0000	0,021	-0,011	0,0001	12547,6
13	0,0000	-0,0003	-0,022	-0,006	0,0001	25964,2
14	-0,0004	-0,0006	-0,006	-0,001	0,0000	48434,3
15	-0,0007	-0,0005	-0,001	0,005	0,0000	47589,1
16	-0,0001	0,0001	0,005	0,021	0,0001	26489,6
17	-0,0001	-0,0001	-0,001	-0,007	0,0000	59115,8

## Wyniki wymiarowania elementu drewnianego wg PN-B-03150:2000

RM\_Drew v. 4.25 licencja nr 27041

## Pręt nr 5 - PAS GÓRNY (KROKIEW)

Zadanie: krata\_1



Przekrój: 2 „B 160x60”

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=60,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=2048,0; \quad J_{zg}=288,0 \text{ cm}^4; \quad A=96,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=4,6; \quad i_z=1,7 \text{ cm}; \quad W_y=256,0; \quad W_z=96,0 \text{ cm}^3.$$

## 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: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60 \quad \gamma_M = 1,3$$

$$k_{h,t} = \min [(150/60)^{0,2}; 1,3] = 1,201$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 1,000 \times 24,00 = 24,00$$

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

$$f_{t,0,k} = 1,201 \times 14,50 = 17,42$$

$$f_{t,0,d} = 8,04 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

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

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

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

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

$$f_{v,k} = 4,00$$

$$f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa}$$

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

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

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

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

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

## Sprawdzenie nośności pręta nr 5

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

## Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=2,26 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW AFVSW”.

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

$$l_c = \mu l = 0,603 \times 2,258 = 1,362 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,258 = 2,258 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 1,362 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,258 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,362 / 0,0462 = 29,48$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,258 / 0,0173 = 130,38$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (29,48)^2 = 84,03 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (130,38)^2 = 4,30 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/84,03} = 0,500$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/4,30} = 2,211$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,500 - 0,5) + (0,500)^2] = 0,625$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (2,211 - 0,5) + (2,211)^2] = 3,115$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,625 + \sqrt{0,625^2 - 0,500^2}) = 1,000$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (3,115 + \sqrt{3,115^2 - 2,211^2}) = 0,188$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 96,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 9,38 / 96,00 \times 10 = \mathbf{0,98} < \mathbf{1,83} = 0,188 \times 9,69 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla  $x_a=2,26 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW AFVSW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,98}{1,000 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} + \frac{5,30}{11,08} = \mathbf{0,579} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,98}{0,188 \times 9,69} + \frac{0,00}{11,08} + 0,7 \times \frac{5,30}{11,08} = \mathbf{0,870} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=2,26 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW AFVSW”.

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

$$l_d = 1,00 \times 2258 + 160 + 160 = 2578 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2578 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 60^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{4 \times 11000}{690}} = 0,467$$

Wartość współczynnika zwiczenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,36 / 256,00 \times 10^3 = \mathbf{5,30} < \mathbf{11,08} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=2,26 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW AFVSW”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{5,30}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,478} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{5,30}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,335} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=2,26 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW AFVSW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,98^2}{9,69^2} + \frac{5,30}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,488 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,98^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{5,30}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,345 < 1}$$

### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=2,26$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CW AFVSW”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 2,62 / 96,00 \times 10 = 0,41 \text{ MPa}$$

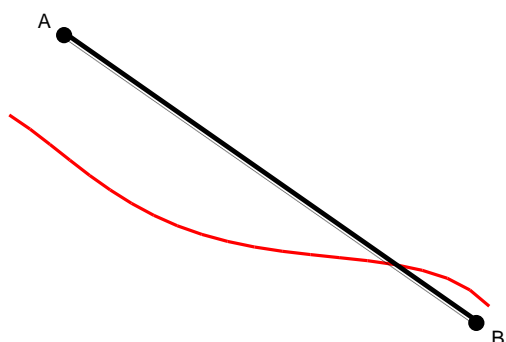
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,00 / 96,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,41^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,41 < 1,85} = 1,000 \times 1,85 = k_v f_{v,d}$$

### Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla  $x_a=0,53$  m;  $x_b=1,73$  m, przy obciążeniach „CW AFVSW”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 200 = 11,3 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych („CW AFV”) oraz długotrwałej części obciążeń zmiennych („SW”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,8 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2258)^2] (1 + 0,60) = -1,4 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od krótkotrwałej części obciążeń zmiennych („SW”):

Klasa trwania krótkotrwałej części obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2258)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

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

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -1,4 + 0,0 = \mathbf{1,4 < 11,3} = u_{\text{net,fin}}$$

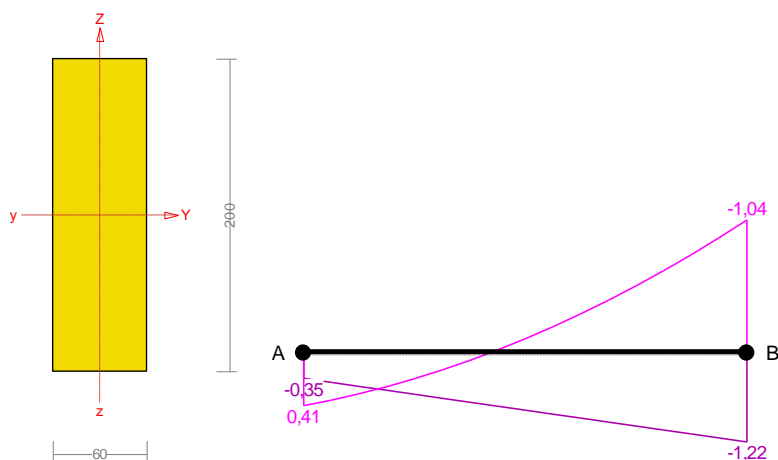
## Wyniki wymiarowania elementu drewnianego wg PN-B-03150:2000

RM\_Drew v. 4.25 licencja nr 27041

## Pręt nr 12

## - PAS DOLNY (BELKI STROPOWE)

Zadanie: krata\_1



## Przekrój: 3 „B 200x60”

Wymiary przekroju:

$$h=200,0 \text{ mm} \quad b=60,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=4000,0; \quad J_{zg}=360,0 \text{ cm}^4; \quad A=120,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=5,8; \quad i_z=1,7 \text{ cm}; \quad W_y=400,0; \quad W_z=120,0 \text{ cm}^3.$$

## 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: **Stale** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60 \quad \gamma_M = 1,3$$

$$k_{h,t} = \min [(150/60)^{0,2}; 1,3] = 1,201$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 1,000 \times 24,00 = 24,00$$

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

$$f_{t,0,k} = 1,201 \times 14,50 = 17,42$$

$$f_{t,0,d} = 8,04 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

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

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

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

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

$$f_{v,k} = 4,00$$

$$f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa}$$

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

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

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

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

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

## Sprawdzenie nośności pręta nr 12

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

## Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,85 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW AFVSW”.

Pole powierzchni przekroju netto  $A_n = 120,00 \text{ cm}^2$ .

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 5,59 / 120,00 \times 10 = 0,47 < 8,04 = f_{t,0,d}$$

**Nośność na zginanie:**

Wyniki dla  $x_a=1,85$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CW AFVSW”.

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

$$l_d = 1,00 \times 1850 + 200 + 200 = 2250 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2250 \times 200 \times 11,08}{3,142 \times 60^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,488$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,04 / 400,00 \times 10^3 = \mathbf{2,60} < \mathbf{11,08} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=1,85$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CW AFVSW”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,47}{8,04} + \frac{2,60}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,292} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,47}{8,04} + 0,7 \times \frac{2,60}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,222} < \mathbf{1}$$

**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=1,85$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CW AFVSW”.

Naprężenia tnące:

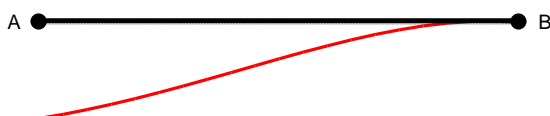
$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 1,22 / 120,00 \times 10 = 0,15 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,00 / 120,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,15^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,15} < \mathbf{1,85} = 1,000 \times 1,85 = k_v f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,85$  m, przy obciążeniach „CW AFVSW”.

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net},\text{fin}} = l / 250 = 7,4 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych („CW AFV”) oraz długotrwałej części obciążeń zmiennych („SW”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,9 \times [1 + 19,2 \times (200,0/1850)^2] (1 + 0,60) = -1,7 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od krótkotrwałej części obciążeń zmiennych („SW”):

Klasa trwania krótkotrwałej części obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (200,0/1850)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

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

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -1,7 + 0,0 = \mathbf{1,7} < \mathbf{7,4} = u_{\text{net},\text{fin}}$$

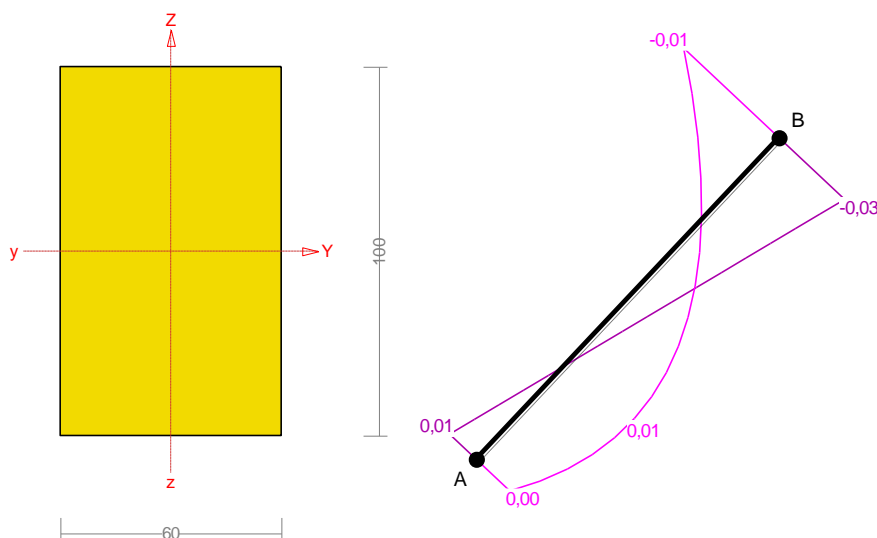


## Wyniki wymiarowania elementu drewnianego wg PN-B-03150:2000

RM\_Drew v. 4.25 licencja nr 27041

## Pręt nr 15 - KRZYŻULCE

Zadanie: krata\_1



Przekrój: 1 „B 100x60”

Wymiary przekroju:

$$h=100,0 \text{ mm} \quad b=60,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=500,0; \quad J_z=180,0 \text{ cm}^4; \quad A=60,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=2,9; \quad i_z=1,7 \text{ cm}; \quad W_y=100,0; \quad W_z=60,0 \text{ cm}^3.$$

## 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: **Stale** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60 \quad \gamma_M = 1,3$$

$$k_{h,m} = \min [(150/100)^{0,2}; 1,3] = 1,084$$

$$k_{h,t} = \min [(150/60)^{0,2}; 1,3] = 1,201$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 1,084 \times 24,00 = 26,03$$

$$f_{t,0,k} = 1,201 \times 14,50 = 17,42$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

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

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

$$f_{v,k} = 4,00$$

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

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

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

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

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

$$f_{m,d} = 12,01 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = 8,04 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

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

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

$$f_{v,d} = 1,85 \text{ MPa}$$

## Sprawdzenie nośności pręta nr 15

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

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,19$  m, przy obciążeniach „CW AFVSW”.

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

$$l_c = \mu l = 0,507 \times 2,190 = 1,110 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,190 = 2,190 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 1,110 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,190 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,110 / 0,0289 = 38,45$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,190 / 0,0173 = 126,41$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (38,45)^2 = 49,39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (126,41)^2 = 4,57 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/49,39} = 0,652$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/4,57} = 2,144$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,652 - 0,5) + (0,652)^2] = 0,728$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (2,144 - 0,5) + (2,144)^2] = 2,962$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,728 + \sqrt{0,728^2 - 0,652^2}) = 0,951$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,962 + \sqrt{2,962^2 - 2,144^2}) = 0,200$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 60,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 3,32 / 60,00 \times 10 = \mathbf{0,55} < \mathbf{1,94} = 0,200 \times 9,69 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla  $x_a=2,19$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CW AFVSW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,55}{0,951 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,01} + \frac{0,13}{12,01} = \mathbf{0,070} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,55}{0,200 \times 9,69} + \frac{0,00}{12,01} + 0,7 \times \frac{0,13}{12,01} = \mathbf{0,290} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=2,19$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CW AFVSW”.

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

$$l_d = 1,00 \times 2190 + 100 + 100 = 2390 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2390 \times 100 \times 12,01}{3,142 \times 60^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,370$$

Wartość współczynnika zwężenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,01 / 100,00 \times 10^3 = \mathbf{0,13} < \mathbf{12,01} = 1,000 \times 12,01 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=2,19$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CW AFVSW”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,13}{12,01} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,01} = \mathbf{0,011} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,13}{12,01} + \frac{0,00}{12,01} = \mathbf{0,008} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=2,19$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CW AFVSW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,55^2}{9,69^2} + \frac{0,13}{12,01} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,01} = \mathbf{0,014 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,55^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{0,13}{12,01} + \frac{0,00}{12,01} = \mathbf{0,011 < 1}$$

### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=2,19$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CW AFVSW”.

Napężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,03 / 60,00 \times 10 = 0,01 \text{ MPa}$$

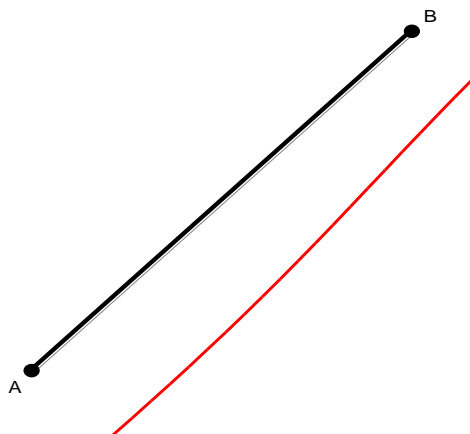
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,00 / 60,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,01^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,01 < 1,85} = 1,000 \times 1,85 = k_v f_{v,d}$$

### Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla  $x_a=0,16$  m;  $x_b=2,03$  m, przy obciążeniach „CW AFVSW”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 200 = 10,9 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych („CW AFV”) oraz długotrwałej części obciążeń zmiennych („SW”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = -0,7 \times (1 + 0,60) = -1,1 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od krótkotrwałej części obciążeń zmiennych („SW”):

Klasa trwania krótkotrwałej części obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

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

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

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -1,1 + 0,0 = \mathbf{1,1 < 10,9} = u_{\text{net,fin}}$$

Projektant:

**inż. ŁUKASZ DZIEDZIC**  
nr upr. bud. MAP/0412/POKb/21