

OBLICZENIA STATYCZNE

1. Podstawa opracowania

- a) Projekt budowlany architektoniczny.
Obowiązujące normy i normatywy budowlane a w szczególności:
PN-82/B-02000 Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości.
PN-82/B-02001 Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.
PN-82/B-02003 Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne
PN-77/B-02011 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem
PN-B-02011:1977/Az1 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem
PN-80/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem
PN-80/B-02010/Az1 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem.
PN-B-03264 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie
PN-81/B-03020 Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie
PN-90/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie
PN-B-03150 Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie

2. Warunki lokalizacji

- a) I – sza strefa obciążenia wiatrem wg PN-77/B-02011/Z1-3
b) II – ga strefa obciążenia śniegiem wg PN-80/B-02010/Z1

3. Wyniki obliczeń statycznych – wyciąg

3.1. Dach budynku mieszkalnego $\alpha=48^\circ$

1. Elementy więźby drewnianej

1.1 Krokwie

Zestawienie obciążeń

Nachylenie połaci dachowej -48°
Przyjęto do obliczeń drewno klasy C24

Obciążenia stałe – krokwie (z ociepleniem)

	q_k [kN/m ²]	Y_f	q [kN/m ²]
Obciążenia stałe:			
dachówka	0,75	1,2	0,90
wełna mineralna gr. 0,25 m x 1,0	0,25	1,2	0,30
plyta gipsowo-kartonowa na stelażu	0,20	1,2	0,24
Razem:	1,20	-	1,44

Obciążenie śniegiem

strefa 2 obciążenia śniegiem gruntu $\rightarrow s_k = 0,90 \text{ kN/m}^2$

$C = 0,8$

obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu

$s_{k1} = Q_k C = 0,72 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie charakterystyczne wiatrem

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

$q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$ (strefa I)

współczynnik ekspozycji

$C_e = 0,85$ (teren B)

współczynnik aerodynamiczny dla połaci:

$C_{zn} = 0,52$ (I)

$C_{zz} = -0,4$

współczynnik działania porywów wiatru $\beta = 1,8$

obciążenie charakterystyczne wiatrem dla połaci:

połac nawietrzna: $p_n = 0,24 \text{ kN/m}^2$

połac zawietrzna: $p_n = -0,18 \text{ kN/m}^2$

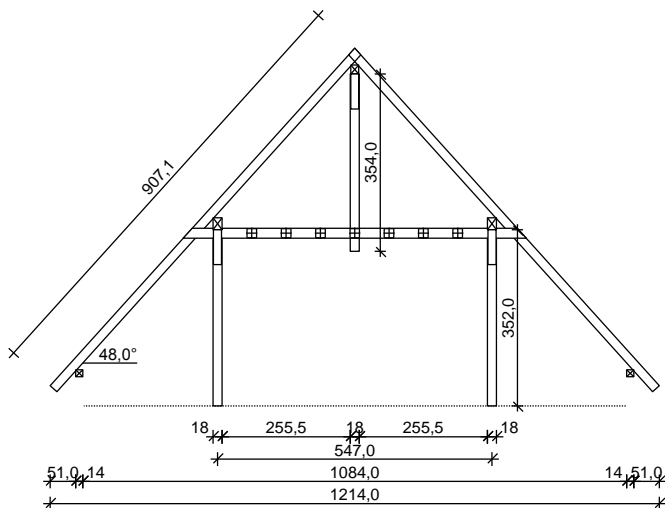
Elementy więźby należy zaimpregnować środkiem grzybobójczym i ogniochronnym np. FOBOS M4 sposobem sposobem ręcznym poprzez trzykrotne malowanie lub kąpiele.

Wiązary W-1

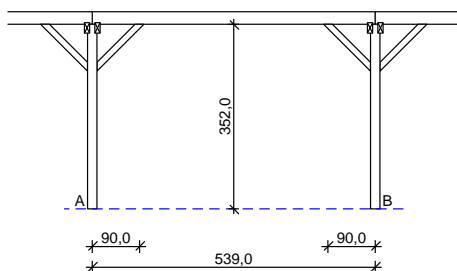
DANE

Geometria ustroju:

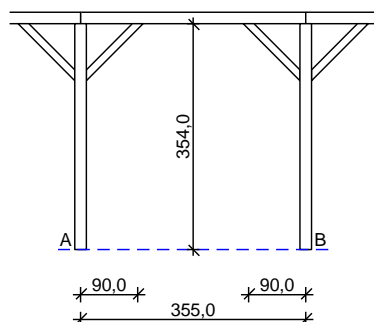
Szkic układu poprzecznego



Szkic układu podłużnego - płatwi pośredniej



Szkic układu podłużnego - płatwi kalenicowej



Kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 48,0^\circ$

Rozpiętość wiażara $l = 12,14$ m

Rozstaw podpór w świetle murłat $l_s = 10,84$ m

Rozstaw osiowy płatwi $l_{gx} = 5,47$ m

Rozstaw krokwi $a = 0,90$ m

Usztywnienia boczne krokwi - na całej długości elementu

Płatw pośrednia o długości osiowej między słupami $l = 5,39$ 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

Płatw kalenicowa o długości osiowej między słupami $l = 3,55$ 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 $h_s = 3,52$ m

Wysokość całkowita słupów pod płatw kalenicową $h_s = 3,54$ m

Rozstaw podparć murłaty $= 2,50$ m

Wysięg wspornika murłaty $l_{mw} = 1,00$ m

Dane materiałowe:

- krokiew 10/18cm (zacios 3 cm) z drewna C24
- płatew 18/24 cm z drewna C24
- płatew kalenicowa 16/18 cm z drewna C24
- słup 18/18 cm z drewna C24
- słup kalenicowy 18/18 cm z drewna C24
- kleszcze 2x 10/20 cm (zacios 3 cm) o prześwicie gałęzi 10 cm, z przewiązkami co 69 cm z drewna C24
- murlata 14/14 cm z drewna C24

Obciążenia (wartości charakterystyczne i obliczeniowe):

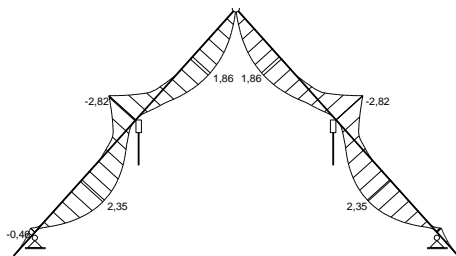
- pokrycie dachu : $g_k = 0,750 \text{ kN/m}^2$, $g_o = 0,900 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie śniegiem :
 - na połaci lewej $s_{kl} = 0,720 \text{ kN/m}^2$, $s_{ol} = 1,080 \text{ kN/m}^2$
 - na połaci prawej $s_{kp} = 0,720 \text{ kN/m}^2$, $s_{op} = 1,080 \text{ kN/m}^2$
 - obciążenie śniegiem traktuje się jako obciążenie średniotrwale
- obciążenie wiatrem :
 - na połaci nawietrznej $p_{kl I} = 0,000 \text{ kN/m}^2$, $p_{ol I} = 0,000 \text{ kN/m}^2$
 - na połaci nawietrznej $p_{kl II} = 0,240 \text{ kN/m}^2$, $p_{ol II} = 0,312 \text{ kN/m}^2$
 - na stronie zawietrznej $p_{kp} = -0,180 \text{ kN/m}^2$, $p_{op} = -0,234 \text{ kN/m}^2$
- ocieplenie dolnego odcinka krokwi $g_{kk} = 0,450 \text{ kN/m}^2$, $g_{ok} = 0,540 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie montażowe kleszczy $F_k = 1,0 \text{ kN}$, $F_o = 1,2 \text{ kN}$

Założenia obliczeniowe:

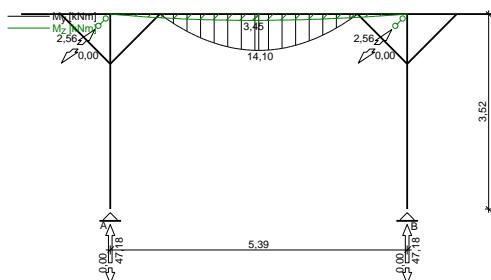
- klasa użytkowania konstrukcji: 2
- w obliczeniach statycznych krokwi uwzględniono wpływ podatności płatwi
- współczynniki długości wyboczeniowej słupa:
 - w płaszczyźnie ustroju podłużnego ustalony automatycznie
 - w płaszczyźnie wiązara $\mu_y = 1,00$

WYNIKI

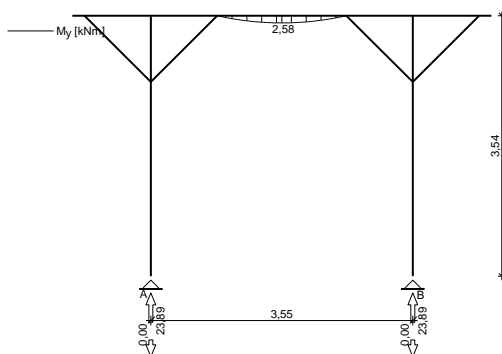
Obwiednia momentów zginających w układzie poprzecznym:



Obwiednia momentów w układzie podłużnym - płatwi pośredniej:



Obwiednia momentów w układzie podłużnym - płatwi kalenicowej:



Wymiarowanie wg PN-B-03150:2000

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

$$\rightarrow f_{m,k} = 24 \text{ MPa}, f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}, f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}, f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}, E_{90,\text{mean}} = 11 \text{ GPa}, \rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Krokiew 10/18 cm

Smukłość

$$\lambda_y = 79,2 < 150$$

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

Maksymalne siły i naprężenia w prześle

decyduje kombinacja: **K15** stałe-max (podatność)+śnieg (podatność)+0,90·wiatr-wariant II (podatność)

$$M_y = 2,35 \text{ kNm} \quad N = 7,88 \text{ kN}$$

$$f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa}, f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 4,35 \text{ MPa} \quad \sigma_{c,0,d} = 0,44 \text{ MPa}$$

$$k_{c,y} = 0,471$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,489 < 1$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,277 < 1$$

Maksymalne siły i naprężenia na podporze (płatwi)

decyduje kombinacja: **K4** stałe-max+śnieg+0,90·wiatr-wariant II

$$M_y = -2,82 \text{ kNm} \quad N = 5,39 \text{ kN}$$

$$f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa}, f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 7,51 \text{ MPa} \quad \sigma_{c,0,d} = 0,36 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,680 < 1$$

Maksymalne ugięcie krokwi (dla przęsła środkowego)

decyduje kombinacja: **K18** stałe-max (podatność)+wiatr-wariant II (podatność)

$$u_{\text{net}} = 13,90 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = l / 200 = 4117/200 = 20,59 \text{ mm}$$

Maksymalne ugięcie wspornika krokwi

decyduje kombinacja: **K18** stałe-max (podatność)+wiatr-wariant II (podatność)

$$u_{\text{net}} = (-)6,52 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = 2 \cdot l / 200 = 2 \cdot 867/200 = 8,67 \text{ mm}$$

Płatew 18/24 cm

Smukłość

$$\lambda_y = 13,0 < 150$$

$$\lambda_z = 17,3 < 150$$

Obciążenia obliczeniowe

$$q_z = 8,75 \text{ kN/m} \quad q_y = 0,95 \text{ kN/m}$$

Maksymalne siły i naprężenia w płatwi

decyduje kombinacja: **K3** stałe-max+śnieg+0,90·wiatr-parcie

$$M_y = 14,10 \text{ kNm} \quad M_z = 3,11 \text{ kNm}$$

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

$$\sigma_{m,y,d} = 8,16 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = 2,40 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,888 < 1$$

$$k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,732 < 1$$

Maksymalne ugięcie

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

$$u_{\text{net}} = 9,48 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = 17,95 \text{ mm}$$

Płatew kalenicowa 16/18 cm

Smukłość

$$\lambda_y = 17,3 < 150$$

$$\lambda_z = 19,5 < 150$$

Obciążenia obliczeniowe

$$q_z = 6,73 \text{ kN/m}$$

Maksymalne siły i naprężenia w płatwi

decyduje kombinacja: **K4** stałe-max+śnieg+0,90·wiatr-wariant II

$$M_y = 2,58 \text{ kNm}$$

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

$$\sigma_{m,y,d} = 2,98 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,269 < 1$$

$$k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,188 < 1$$

Maksymalne ugięcie

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

$$u_{\text{net}} = 1,14 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = 8,75 \text{ mm}$$

Słup 18/18 cm

Smukłość (słup A)

$$\lambda_y = 113,0 < 150$$

$$\lambda_z = 67,7 < 150$$

Maksymalne siły i naprężenia (słup A)

decyduje kombinacja: **K3** stałe-max+śnieg+0,90·wiatr-parcie

$$M_y = 0,00 \text{ kNm} \quad N = 47,18 \text{ kN}$$

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

$$\sigma_{m,y,d} = 0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{c,0,d} = 1,46 \text{ MPa}$$

$$k_{c,y} = 0,247, \quad k_{c,z} = 0,606$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,608 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,248 < 1$$

Słup kalenicowy 18/18 cm

Smukłość (słup A)

$$\lambda_y = 113,7 < 150$$

$$\lambda_z = 68,1 < 150$$

Maksymalne siły i naprężenia (słup A)

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

$$M_y = 0,00 \text{ kNm} \quad N = 23,89 \text{ kN}$$

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

$$\sigma_{m,y,d} = 0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{c,0,d} = 0,74 \text{ MPa}$$

$$k_{c,y} = 0,244, \quad k_{c,z} = 0,601$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,312 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,127 < 1$$

Kleszcze 2x 10/20 cm o prześwicie gałęzi 10 cm, z przewiązkami co 69 cm

Smukłość

$$\lambda_y = 94,7 < 150$$

$$\lambda_z = 79,8 < 175$$

Maksymalne siły i naprężenia

decyduje kombinacja: **K9** stałe-max+montażowe

$$M_z = 11,36 \text{ kNm}$$

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

$$\sigma_{m,y,d} = 17,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,839 < 1$$

Maksymalne ugięcie:

decyduje kombinacja: **K9** stałe-max+zmiennie

$$u_{net} = 24,59 \text{ mm} < u_{net,fin} = l / 200 = 5470/200 = 27,35 \text{ mm}$$

Krokiew narożna KN

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 18,0 \text{ cm}$

Wysokość $h = 24,0 \text{ cm}$

Zacios na podporach $t_k = 3,0 \text{ cm}$

Drewno:

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

$$\rightarrow f_{m,k} = 24 \text{ MPa}, f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}, f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}, f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}, E_{90,mean} = 11 \text{ GPa}, \rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Kąt nachylenia połaci dachowych $\alpha = 55,0^\circ$

Długość rzutu poziomego wspornika $l_{w,x} = 0,65 \text{ m}$

Długość rzutu poziomego odcinka środkowego $l_{d,x} = 2,36 \text{ m}$

Długość rzutu poziomego odcinka górnego $l_{g,x} = 2,98 \text{ m}$

Obciążenia dachu:

- obciążenie stałe $g_k = 0,950 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,20$

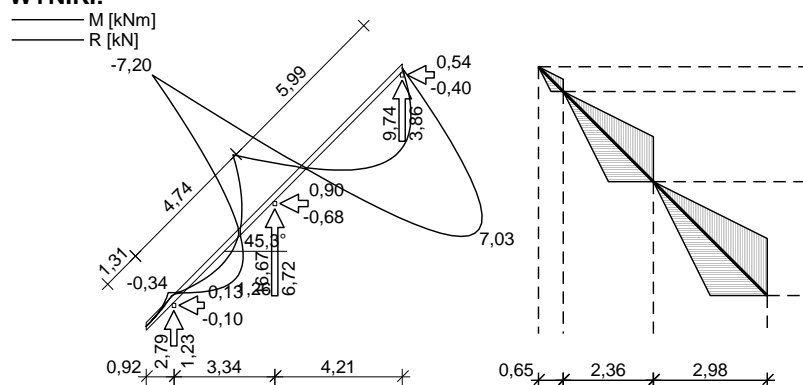
- uwzględniono ciężar własny krokwi

- obciążenie śniegiem $S_k = 0,720 \text{ kN/m}^2$ rzutu połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie parciem wiatru $p_k = 0,240 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,30$

- obciążenie ssaniem wiatru $p_k = -0,180 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,30$

- obciążenie ociepleniem $g_{kk} = 0,250 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej na całej krokwi; $\gamma_f = 1,20$

WYNIKI:

Moment obliczeniowy - kombinacja (obc.stałe max.+ocieplenie+śnieg+wiatr)

$$M_{\text{podp}} = -7,20 \text{ kNm}$$

Warunek nośności - podpora:

$$\sigma_{m,y,d} = 9,43 \text{ MPa}, f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,851 < 1$$

Warunek użytkowości (odcinek górny):

$$u_{\text{fin}} = 15,82 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = l / 200 = 29,95 \text{ mm}$$

3.2. Strop nad piętrzem

3.2.1. Zestawienie obciążeń - strop drewniany

	$q_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$	γ_f	$q \text{ [kN/m}^2\text{]}$
obc. Stałe			
plyta OSB	0,40	1,2	0,48
włna mineralna $0,25 \cdot 1,0$	0,25	1,2	0,30
belka drewniana $0,20 \cdot 0,24 \cdot 5,5/1,0$	0,26	1,1	0,29
plyta gipsowo-kartonowa na stelażu	0,20	1,2	0,30
Razem:	1,11	-	1,37
obc. zmienne			
obc. użytkowe	1,50	1,4	2,10
Razem:	1,50	-	2,10

3.2.2. Wyniki dla belki BD-1

$$l = 5,37 \text{ m}$$

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 20,0 \text{ cm}$

Wysokość $h = 24,0 \text{ cm}$

Drewno:

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

$$\rightarrow f_{m,k} = 24 \text{ MPa}, f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}, f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}, f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}, E_{90,\text{mean}} = 11 \text{ GPa}, \rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Belka jednoprzęsłowa

Rozpiętość przęsła $l_{\text{eff}} = 5,62 \text{ m}$

Szerokość podpór $b = 25,0 \text{ cm}$

Obciążenia belki:

Obciążenie stałe $g_k = 0,77 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,20$

- uwzględniono ciężar własny belki

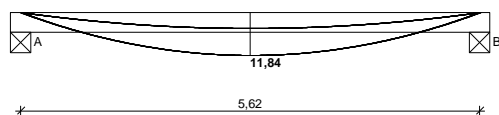
Obciążenie zmienne $q_k = 1,35 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,40$

- klasa trwania obciążenia zmiennego: długotrwałe

- poziom przyłożenia obciążenia: na górnej (ściskanej) powierzchni

WYNIKI:

— M [kNm]

Zginanie:

Warunek nośności:

$$M_{\max} = 11,84 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,477 < 1$$

Warunek stateczności:

$$k_{\text{crit}} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 6,17 \text{ MPa} < k_{\text{crit}} \cdot f_{m,y,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

Ścinanie:

$$V_{\max} = 8,43 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 0,26 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,35 \text{ MPa}$$

Docisk na podporze:

$$R_{\max} = R_B = 8,43 \text{ kN}, \quad k_{c,90} = 1,00$$

$$\sigma_{c,90,d} = 0,17 \text{ MPa} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,35 \text{ MPa}$$

Warunek użyteczności:

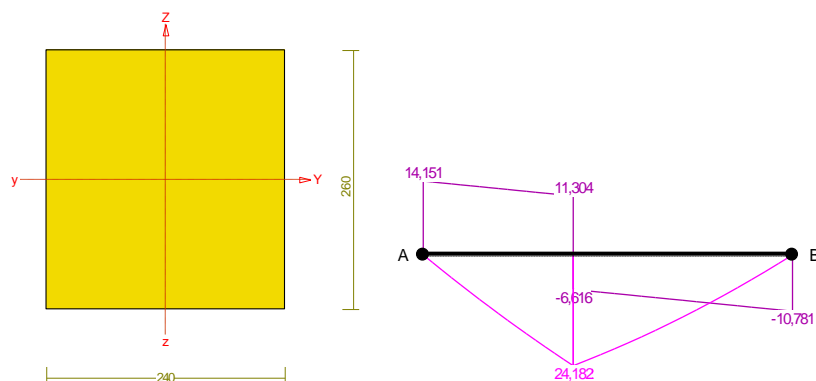
$$u_{\text{fin}} = 19,03 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 22,48 \text{ mm}$$

3.3. Strop nad poddaszem**3.3.1. Zestawienie obciążeń – strop drewniany**

	q_k [kN/m ²]	γ_f	q [kN/m ²]
obc. stałe			
plyta OSB	0,40	1,2	0,48
wełna mineralna 0,25 · 1,0	0,25	1,2	0,30
belka drewniana 0,20 · 0,16 · 5,5/1,0	0,18	1,1	0,19
plyta gipsowo-kartonowa na stelażu	0,20	1,2	0,30
Razem:	1,03	-	1,27
obc. zmienne			
obc. użytkowe	0,50	1,4	0,70
Razem:	0,50	-	0,70

3.3.2. Wyniki dla belki BD-2

$$l = 4,48 \text{ m}$$

**Przekrój: 1 „B 26,0x24,0”**

Wymiary przekroju:

$$h=260,0 \text{ mm} \quad b=240,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=35152,0; J_{zg}=29952,0 \text{ cm}^4; A=624,00 \text{ cm}^2; i_y=7,5; i_z=6,9 \text{ cm}; W_y=2704,0; W_z=2496,0 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 2 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 85% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

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

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

Sprawdzenie nośności pręta nr 1

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

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=4,68 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABC”.

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 624,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 0,115 / 624,00 \times 10 = \mathbf{0,00} < \mathbf{6,46} = f_{t,0,d}$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,90 \text{ m}$; $x_b=2,78 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABC”.

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

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 4,680 = 4,680 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 4,680 = 4,680 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 4,680 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 4,680 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 4,680 / 0,0751 = 62,35$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 4,680 / 0,0693 = 67,55$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (62,35)^2 = 18,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (67,55)^2 = 16,01 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 18,78} = 1,057$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 16,01} = 1,145$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,057 - 0,5) + (1,057)^2] = 1,115$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,145 - 0,5) + (1,145)^2] = 1,221$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,115 + \sqrt{1,115^2 - 1,057^2}) = 0,681$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,221 + \sqrt{1,221^2 - 1,145^2}) = 0,609$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 624,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 0,013 / 624,00 \times 10 = \mathbf{0,00} < \mathbf{5,90} = 0,609 \times 9,69 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,90 \text{ m}$; $x_b=2,78 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABC”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,00}{0,681 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} + \frac{8,94}{11,08} = \mathbf{0,807} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,00}{0,609 \times 9,69} + \frac{0,00}{11,08} + 0,7 \times \frac{8,94}{11,08} = \mathbf{0,565} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,90 \text{ m}$; $x_b=2,78 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABC”.

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

$$l_d = 1,00 \times 4680 + 260 + 260 = 5200 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{5200 \times 260 \times 11,08}{3,142 \times 240^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,211$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 24,182 / 2704,00 \times 10^3 = \mathbf{8,94} < \mathbf{11,08} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,90$ m; $x_b=2,78$ m, przy obciążeniach „ABC”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,00}{6,46} + \frac{8,94}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,807} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,00}{6,46} + 0,7 \times \frac{8,94}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,565} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,90$ m; $x_b=2,78$ m, przy obciążeniach „ABC”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,00^2}{9,69^2} + \frac{8,94}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,807} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,00^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{8,94}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,565} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=4,68$ m, przy obciążeniach „ABC”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 14,151 / 624,00 \times 10 = 0,34 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 624,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,34^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,34} < \mathbf{1,15} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=2,25$ m; $x_b=2,43$ m, przy obciążeniach „ABC” liczone od cięciwy przęta.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 200 = 23,4 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + „AC”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -10,8 \times [1 + 19,2 \times (260,0/4680)^2] (1 + 0,80) = -20,6 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (240,0/4680)^2] (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („B”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Długotrwale** (6 miesięcy - 10 lat, np. obciążenie magazynu).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,6 \times [1 + 19,2 \times (260,0/4680)^2] (1 + 0,50) = -0,9 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (240,0/4680)^2] (1 + 0,50) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -20,6 + -0,9 = \mathbf{21,5} < \mathbf{23,4} = u_{\text{net,fin}}$$

3.3.3. Wyniki dla belki BD-3

$l = 4,48 \text{ m}$

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 16,0 \text{ cm}$

Wysokość $h = 20,0 \text{ cm}$

Drewno:

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

→ $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$, $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$, $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$, $f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}$, $E_{90,\text{mean}} = 11 \text{ GPa}$, $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Belka jednoprzęsłowa

Rozpiętość przęsła $l_{\text{eff}} = 4,73 \text{ m}$

Szerokość podpór $b = 25,0 \text{ cm}$

Obciążenia belki:

Obciążenie stałe $g_k = 0,85 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,20$

- uwzględniono ciężar własny belki

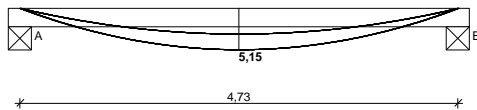
Obciążenie zmienne $q_k = 0,50 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,40$

- klasa trwania obciążenia zmiennego: długotrwałe

- poziom przyłożenia obciążenia: na górnej (ściskanej) powierzchni

WYNIKI:

— M [kNm]



Zginanie:

Warunek nośności:

$$M_{\text{max}} = 5,15 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,436 < 1$$

Warunek stateczności:

$$k_{\text{crit}} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 4,83 \text{ MPa} < k_{\text{crit}} \cdot f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

Ścinanie:

$$V_{\text{max}} = 4,36 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 0,20 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

Docisk na podporze:

$$R_{\text{max}} = R_A = 4,36 \text{ kN}, \quad k_{c,90} = 1,00$$

$$\sigma_{c,90,d} = 0,11 \text{ MPa} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

Warunek użytkowości:

$$u_{\text{fin}} = 13,78 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 18,92 \text{ mm}$$

3.3.4. Wyniki dla belki BD-4

$l = 3,18 \text{ m}$

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 12,0 \text{ cm}$

Wysokość $h = 20,0 \text{ cm}$

Drewno:

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

→ $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$, $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$, $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$, $f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}$, $E_{90,\text{mean}} = 11 \text{ GPa}$, $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Belka jednoprzęsłowa

Rozpiętość przęsła $l_{\text{eff}} = 3,18 \text{ m}$

Szerokość podpór $b = 25,0 \text{ cm}$

Obciążenia belki:

Obciążenie stałe $g_k = 0,85 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,20$

- uwzględniono ciężar własny belki

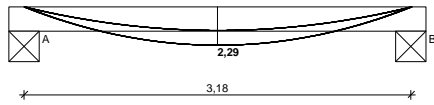
Obciążenie zmienne $q_k = 0,50 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,40$

- klasa trwania obciążenia zmiennego: długotrwałe

- poziom przyłożenia obciążenia: na górnej (ściskanej) powierzchni

WYNIKI:

— M [kNm]



Zginanie:

Warunek nośności:

$$M_{\max} = 2,29 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,259 < 1$$

Warunek stateczności:

$$k_{\text{crit}} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 2,86 \text{ MPa} < k_{\text{crit}} \cdot f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

Ścinanie:

$$V_{\max} = 2,88 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 0,18 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

Docisk na podporze:

$$R_{\max} = R_A = 2,88 \text{ kN}, \quad k_{c,90} = 1,00$$

$$\sigma_{c,90,d} = 0,10 \text{ MPa} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

Warunek użytkowości:

$$u_{\text{fin}} = 3,96 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = l / 250 = 12,72 \text{ mm}$$