

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 – ssa 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 $\alpha=45^\circ$

1. Elementy więźby drewnianej

1.1 Krokwie

Zestawienie obciążeń

Nachylenie połaci dachowej -45°
Przyjęto do obliczeń drewno klasy C24

Obciążenia stałe – krokwie (z ociepleniem)

	q_k [kN/m ²]	γ_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

$C_e = 0,75$ (teren B)

współczynnik aerodynamiczny dla połaci:

$C_{zn} = 0,48$ (I)

$C_{zz} = -0,4$

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

obciążenie charakterystyczne wiatrem dla połaci:

połac nawietrzna: $p_n = 0,19 \text{ kN/m}^2$

połac zawietrzna: $p_n = -0,16 \text{ kN/m}^2$

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

Geometria ustroju:

Technical drawing of a bridge section showing two vertical columns (A and B) supporting a horizontal beam. The columns are 350.0 units high. The distance between the columns is 510.0 units. The columns are 80.0 units wide. The drawing includes dimension lines and labels A and B.

Technical drawing of a roof structure showing a cross-section with dimensions. The roof has a height of 250.0 and a total width of 357.0. The left side has a slope of 80.0. The right side is a vertical wall labeled B.

- lewy koniec płatwi oparty na słupie z mieczami, odległość podparcia mieczami $a_{mL} = 0,80 \text{ m}$

- prawy koniec płatwi oparty na słupie
- Wysokość całkowita słupów pod łątew pośrodknią $h_s = 3,50$ m
Wysokość całkowita słupów pod łątew kalenicową $h_s = 2,50$ m
Rozstaw podparć murlaty = 2,50 m
Wysięg wspornika murlaty $l_{mw} = 1,00$ m

Dane materiałowe:

- krokiew 10/18cm (zacios 3 cm) z drewna C24
- łątew 18/26 cm z drewna C24
- łątew kalenicowa 15/18 cm z drewna C24
- słup 18/18 cm z drewna C24
- słup kalenicowy 15/15 cm z drewna C24
- kleścze 2x 8/18 cm (zacios 3 cm) o prześwicie gałęzi 10 cm, z przewiązkami co 69 cm z drewna C24
- murlata 16/16 cm z drewna C24

Obciążenia (wartości charakterystyczne i obliczeniowe):

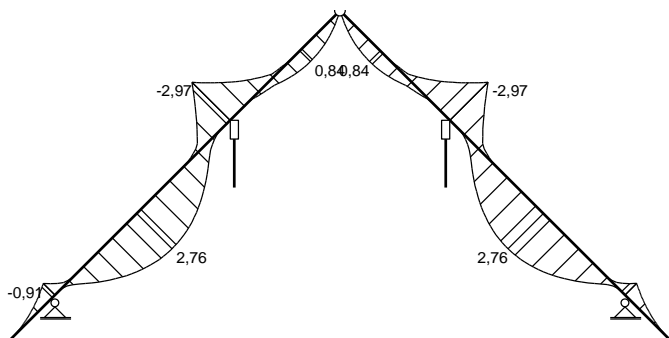
- pokrycie dachu : $g_k = 0,750$ kN/m², $g_o = 0,900$ kN/m²
- obciążenie śniegiem :
 - na połaci lewej $s_{kl} = 0,720$ kN/m², $s_{ol} = 1,080$ kN/m²
 - na połaci prawej $s_{kp} = 0,720$ kN/m², $s_{op} = 1,080$ kN/m²
 - obciążenie śniegiem traktuje się jako obciążenie średniotrwale
- obciążenie wiatrem :
 - na połaci nawietrznej $p_{kl I} = 0,000$ kN/m², $p_{ol I} = 0,000$ kN/m²
 - na połaci nawietrznej $p_{kl II} = 0,190$ kN/m², $p_{ol II} = 0,247$ kN/m²
 - na stronie zawietrznej $p_{kp} = -0,160$ kN/m², $p_{op} = -0,208$ kN/m²
- ocieplenie na całej długości krokwi $g_{kk} = 0,450$ kN/m², $g_{ok} = 0,540$ kN/m²
- obciążenie montażowe kleśczy $F_k = 1,0$ kN, $F_o = 1,2$ kN

Założenia obliczeniowe:

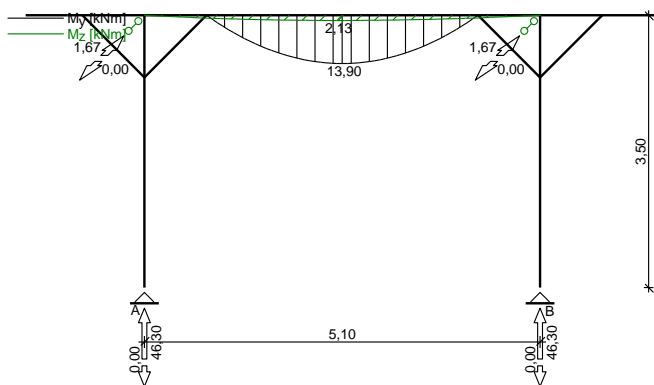
- klasa użytkowania konstrukcji: 2
- w obliczeniach statycznych krokwi uwzględniono wpływ podatności łątewi
- współczynniki długości wybowoczeniowej słupa:
 - w płaszczyźnie ustroju podłużnego ustalony automatycznie
 - w płaszczyźnie wiązara $\mu_y = 1,00$

WYNIKI

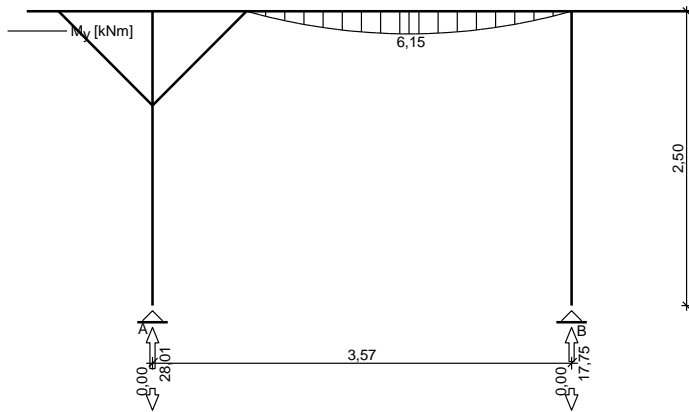
Obwiednia momentów zginających w układzie poprzecznym:



Obwiednia momentów w układzie podłużnym - łątewi pośrodkniej:



Obwiednia momentów w układzie podłużnym - płatwi kalenicowej:



Wymiarowanie wg PN-B-03150:2000

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

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

Krokiew 10/18 cm

Smukłość

$$\lambda_y = 88,6 < 150$$

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

Maksymalne siły i naprężenia w prześle

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

$$M_y = 2,76 \text{ kNm} \quad N = 6,74 \text{ kN}$$

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

$$\sigma_{m,y,d} = 5,12 \text{ MPa} \quad \sigma_{c,0,d} = 0,37 \text{ MPa}$$

$$k_{c,y} = 0,387$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,562 < 1$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,325 < 1$$

Maksymalne siły i naprężenia na podporze (płaty)

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

$$M_y = -2,97 \text{ kNm} \quad N = 4,05 \text{ kN}$$

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

$$\sigma_{m,y,d} = 7,93 \text{ MPa} \quad \sigma_{c,0,d} = 0,27 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,717 < 1$$

Maksymalne ugięcie krokwi (dla przęsła środkowego)

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

$$u_{net} = 12,18 \text{ mm} < u_{net,fin} = l / 200 = 4603/200 = 23,02 \text{ mm}$$

Maksymalne ugięcie wspornika krokwi

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

$$u_{net} = (-)7,97 \text{ mm} < u_{net,fin} = 2 \cdot l / 200 = 2 \cdot 1202/200 = 12,02 \text{ mm}$$

Płatew 18/26 cm

Smukłość

$$\lambda_y = 12,0 < 150$$

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

Obciążenia obliczeniowe

$$q_z = 9,08 \text{ kN/m} \quad q_y = 0,65 \text{ kN/m}$$

Maksymalne siły i naprężenia w płatwi

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

$$M_y = 13,90 \text{ kNm} \quad M_z = 1,92 \text{ kNm}$$

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

$$\sigma_{m,y,d} = 6,86 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = 1,36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,705 < 1$$

$$k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,556 < 1$$

Maksymalne ugięcie

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

$$u_{net} = 7,29 \text{ mm} < u_{net,fin} = 17,50 \text{ mm}$$

Platew kalenicowa 15/18 cm

Smukłość

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

$$\lambda_z = 20,8 < 150$$

Obciążenia obliczeniowe

$$q_z = 6,41 \text{ kN/m}$$

Maksymalne siły i naprężenia w płatwi

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

$$M_y = 6,15 \text{ kNm}$$

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

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

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,685 < 1$$

$$k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,480 < 1$$

Maksymalne ugięcie

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

$$u_{\text{net}} = 7,73 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = 13,85 \text{ mm}$$

Słup 18/18 cm

Smukłość (słup A)

$$\lambda_y = 114,7 < 150$$

$$\lambda_z = 67,4 < 150$$

Maksymalne siły i naprężenia (słup A)

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

$$M_y = 0,00 \text{ kNm} \quad N = 46,30 \text{ kN}$$

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

$$\sigma_{m,y,d} = 0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{c,0,d} = 1,43 \text{ MPa}$$

$$k_{c,y} = 0,240, \quad k_{c,z} = 0,612$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,614 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,241 < 1$$

Słup kalenicowy 15/15 cm

Smukłość (słup A)

$$\lambda_y = 91,5 < 150$$

$$\lambda_z = 57,7 < 150$$

Maksymalne siły i naprężenia (słup A)

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

$$M_y = 0,00 \text{ kNm} \quad N = 28,01 \text{ kN}$$

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

$$\sigma_{m,y,d} = 0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{c,0,d} = 0,86 \text{ MPa}$$

$$k_{c,y} = 0,365, \quad k_{c,z} = 0,747$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,244 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,119 < 1$$

Kleszcze 2x 8/18 cm o prześwicie gałęzi 10 cm, z przewiązkami co 69 cm

Smukłość

$$\lambda_y = 78,7 < 150$$

$$\lambda_z = 74,4 < 175$$

Maksymalne siły i naprężenia

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

$$M_z = 6,32 \text{ kNm}$$

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

$$\sigma_{m,y,d} = 14,64 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,721 < 1$$

Maksymalne ugięcie:

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

$$u_{\text{net}} = 13,63 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = l / 200 = 4090/200 = 20,45 \text{ mm}$$

Krokiew narożna KN

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

$$\text{Szerokość} \quad b = 18,0 \text{ cm}$$

$$\text{Wysokość} \quad h = 26,0 \text{ cm}$$

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

Drewno:

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

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

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Kąt nachylenia połaci dachowych $\alpha = 45,0^\circ$

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

Długość rzutu poziomego odcinka środkowego $l_{d,x} = 3,25 \text{ m}$

Długość rzutu poziomego odcinka górnego $l_{g,x} = 0,00 \text{ m}$

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 (wg PN-77/B-02011/Z1-3: strefa I, teren B, wys. budynku $z = 10,0 \text{ m}$):

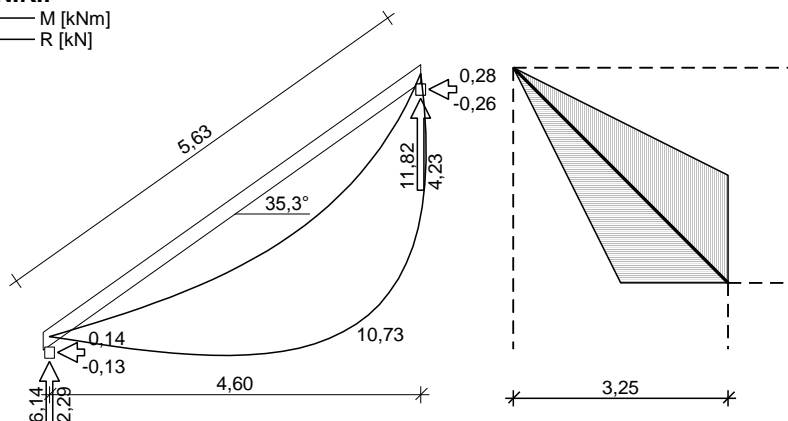
$p_k = 0,171 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,30$

- obciążenie ssaniem wiatru $p_k = -0,160 \text{ kN/m}^2$ 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:

— M [kNm]
— R [kN]



Momenty obliczeniowe - kombinacja (obc.stałe max.+ocieplenie+śnieg+wiatr)

$M_{prześł} = 10,73 \text{ kNm}$; $M_{podp} = 0,01 \text{ kNm}$

Warunek nośności - prześło:

$\sigma_{m,y,d} = 7,73 \text{ MPa}$, $f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa}$

$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,698 < 1$

Warunek nośności - podpora:

$\sigma_{m,y,d} = 0,01 \text{ MPa}$, $f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa}$

$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,001 < 1$

Warunek użytkowości (odcinek środkowy):

$u_{fin} = 19,16 \text{ mm} < u_{net,fin} = l / 200 = 28,15 \text{ mm}$

3.2. Strop nad parterem

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	0,20	1,2	0,24
wełna mineralna $0,25 \cdot 1,0$	0,25	1,2	0,30
belka drewniana $0,18 \cdot 0,24 \cdot 5,5/1,0$	0,24	1,1	0,26
plyta gipsowo-kartonowa na stelażu	0,20	1,2	0,30
Razem:	0,89	-	1,10
obc. zmienne			
obc. użytkowe	1,50	1,4	2,10
Razem:	1,50	-	2,10

3.2.2. Wyniki dla belki BD-1

$l = 5,01 \text{ m}$

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 18,0 \text{ cm}$

Wysokość $h = 24,0 \text{ cm}$

Drewno:

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

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

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Belka jednoprzęsłowa

Rozpiętość przęsła $l_{eff} = 5,26 \text{ m}$

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

Obciążenia belki:

Obciążenie stałe $g_k = 0,65 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,20$

- uwzględniono ciężar własny belki

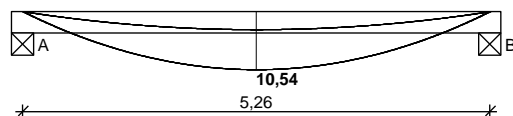
Obciążenie zmienne $q_k = 1,50 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,40$

- klasa trwania obciążenia zmiennego: długotrwałe

- poziom przyłożenia obciążenia: na górnej (ściskanej) powierzchni

WYNIKI:

— M [kNm]



Zginanie:

Warunek nośności:

$$M_{max} = 10,54 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,472 < 1$$

Warunek stateczności:

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

$$\sigma_{m,y,d} = 6,10 \text{ MPa} < k_{crit} \cdot f_{m,y,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

Ścinanie:

$$V_{max} = 8,01 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 0,28 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,35 \text{ MPa}$$

Docisk na podporze:

$$R_{max} = R_B = 8,01 \text{ kN}, \quad k_{c,90} = 1,00$$

$$\sigma_{c,90,d} = 0,18 \text{ MPa} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,35 \text{ MPa}$$

Warunek użytkowości:

$$u_{fin} = 16,13 \text{ mm} < u_{net,fin} = l / 250 = 21,04 \text{ mm}$$

3.2. Strop nad poddaszem

3.2.1. Zestawienie obciążeń - strop drewniany

Strop drewniany

	$q_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$	γ_f	$q \text{ [kN/m}^2\text{]}$
obc. Stałe			
plyta OSB	0,20	1,2	0,24
welna mineralna $0,25 \cdot 1,0$	0,25	1,2	0,30
belka drewniana $0,20 \cdot 0,18 \cdot 5,5/1,0$	0,20	1,1	0,22
plyta gipsowo-kartonowa na stelażu	0,20	1,2	0,30
Razem:	0,85	-	1,06
obc. zmienne			
obc. użytkowe	0,50	1,4	0,70
Razem:	0,50	-	0,70

3.2.2. Wyniki dla belki BD-2

$$l = 5,14 \text{ m}$$

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 18,0 \text{ cm}$

Wysokość $h = 20,0 \text{ cm}$

Drewno:

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

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

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Belka jednoprzęsłowa

Rozpiętość przęsła $l_{eff} = 5,39 \text{ m}$

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

Obciążenia belki:

Obciążenie stałe $g_k = 0,65 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,20$

- uwzględniono ciężar własny belki

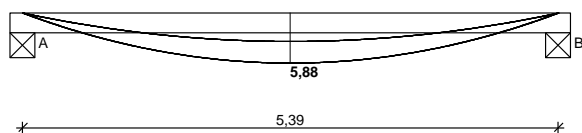
Obciążenie zmienne $q_k = 0,50 \text{ kN/m}$; $\gamma_f = 1,40$

- klasa trwania obciążenia zmiennego: długotrwałe

- poziom przyłożenia obciążenia: na górnej (ściskanej) powierzchni

WYNIKI:

— M [kNm]



Zginanie:

Warunek nośności:

$$M_{max} = 5,88 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,442 < 1$$

Warunek stateczności:

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

$$\sigma_{m,y,d} = 4,90 \text{ MPa} < k_{crit} \cdot f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

Ścinanie:

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

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

Docisk na podporze:

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

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

Warunek użytkowości:

$$u_{fin} = 17,87 \text{ mm} < u_{net,fin} = l / 250 = 21,56 \text{ mm}$$