

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

1. Wymiarowanie elementów z drewna klejonego

1.2. Dźwigar prosty D1 z kotarą

Dane:

| | | |
|--|--------|-----|
| osiowy rozstaw dźwigarów "ad": | 6,000 | [m] |
| rozpiętość obliczeniowa dźwigara "Ld": | 31,740 | [m] |
| osiowy rozstaw płatwi po połaci "ap": | 2,650 | [m] |
| rozpiętość obliczeniowa płatwi "Lpł": | 5,780 | [m] |
| nachylenie połaci dachowej "α": | 0,0 | [°] |

| wymiary dźwigara | |
|------------------|--------|
| b [cm] | h [cm] |
| 22 | 208 |

| wymiary płatwi | |
|----------------|--------|
| b [cm] | h [cm] |
| 12 | 32 |

I. Zebranie obciążeń

1. Obciążenie stałe

| LP | warstwa | grubość [cm] | obc. charakt. | | obc. char. na m/b kN/m | | wsp. bezp. | obc. obl. na m/b |
|----|-----------------------|--------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-------|------------|------------------|
| | | | kN/m ² | kN/m ³ | | | | |
| 1 | 2x papa | | 0,12 | | 0,720 | 0,000 | 1,2 | 0,864 |
| 2 | wełna mineralna | 10 | | 1,2 | 0,000 | 0,720 | 1,2 | 0,864 |
| 3 | wełna mineralna | 10 | | 1,5 | 0,000 | 0,900 | 1,2 | 1,080 |
| 4 | paroizolacja | | 0,02 | | 0,120 | 0,000 | 1,2 | 0,144 |
| 5 | blacha trapezowa | | 0,12 | | 0,720 | 0,000 | 1,2 | 0,864 |
| 6 | sufit podwieszany | | 0,1 | | 0,600 | 0,000 | 1,2 | 0,720 |
| 7 | dodatkowa papa | | 0,08 | | 0,480 | 0,000 | 1,2 | 0,576 |
| 8 | panele fotowoltaiczne | | 0,25 | | 1,500 | 0,000 | 1,2 | 1,800 |
| 9 | kotara | | | | 0,300 | 0,000 | 1,2 | 0,360 |
| 10 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 11 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 12 | platew 20x60cm | | | 4,7 | 0,000 | 0,409 | 1,1 | 0,449 |
| 13 | dźwigar 22x180cm | | | 4,7 | 0,000 | 2,151 | 1,1 | 2,366 |
| | | | | | | 8,619 | | 10,087 |

2. Obciążenie zmienne

| | | | | | | | | |
|----|---------------------|--|-----|--|-------|-------|-----|-------|
| 14 | obc. technologiczne | | 0,2 | | 1,200 | 0,000 | 1,4 | 1,680 |
|----|---------------------|--|-----|--|-------|-------|-----|-------|

śnieg

| | |
|--------|---|
| strefa | 3 |
|--------|---|

| | | |
|-------------------------------|-----|----------------------|
| obciążenie charakt. śniegiem: | 1,2 | [kN/m ²] |
| współczynnik kształtu dachu: | 0,8 | |

| | | | | | | | | |
|----|-------|--|--|--|-------|--|-----|-------|
| 15 | śnieg | | | | 5,760 | | 1,5 | 8,640 |
|----|-------|--|--|--|-------|--|-----|-------|

wiatr

| | |
|--------|---|
| strefa | I |
|--------|---|

| | |
|-------|---|
| teren | A |
|-------|---|

| | | |
|---------------------------------|--------|----------------------|
| obc. charakt. wiatrem "qw": | 0 | [kN/m ²] |
| wysokość obiektu "z": | 5,12 | [m] |
| współczynnik ekspozycji "Ce": | 0,9024 | dla terenu A pow.10m |
| wsp. aerodynamiczny (parcie): | -0,2 | |
| wsp. aerodynamiczny (ssanie): | -0,4 | |
| wsp. dział. porywów wiatru "β": | 1,8 | |

| | | | | | | | | |
|----|--------------|--|--|--|-------|--|-----|-------|
| 16 | wiatr parcie | | | | 0,000 | | 1,5 | 0,000 |
| 17 | wiatr ssanie | | | | 0,000 | | 1,5 | 0,000 |

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

II. Wymiarowanie przekroju

Obciążenie charakterystyczne na 1mb dźwigara (stałe + technologiczne):

| | | |
|----|-------|--------|
| qk | 9,819 | [kN/m] |
|----|-------|--------|

Obciążenie obliczeniowe na 1mb dźwigara (stałe + technologiczne):

| | | |
|----|--------|--------|
| qd | 11,767 | [kN/m] |
|----|--------|--------|

Obciążenie charakterystyczne na 1mb dźwigara (stałe(bez dźwigara) + technologiczne) do Rm-wina:

| | | |
|----------|-------|--------|
| qk.rmwin | 7,669 | [kN/m] |
|----------|-------|--------|

1. Wartości sił przekrojowych od obciążeń obliczeniowych:

| | | |
|-------|----------|--------|
| Md | 2569,858 | [kN/m] |
| Nd | 0,000 | [kN] |
| Tdmax | 323,864 | [kN] |
| RdA | 323,864 | [kN] |
| RdB | 323,864 | [kN] |

Wartości charakterystyczne i obliczeniowe przyjętego drewna klejonego:

drewno klejone warstwowo o wilgotności 8-12% klasy:

GL28c

wytrzymałości charakterystyczne:

| | | |
|--|-------|-------|
| średni moduł sprężystości wzdłuż włókien "Eg.0.mean" | 12500 | [Mpa] |
| 5% kwantyl modułu sprężystości "Eg.0.05" | 10400 | [Mpa] |
| na zginanie "fm.g.k" | 28 | [Mpa] |
| na rozciąganie wzdłuż włókien "ft.0.g.k" | 19,5 | [Mpa] |
| na rozciąganie w poprzek włókien "ft.90.g.k" | 0,5 | [Mpa] |
| na ściskanie wzdłuż włókien "fc.0.g.k" | 24 | [Mpa] |
| na ściskanie w poprzek włókien "fc.90.g.k" | 2,5 | [Mpa] |
| na ścinanie "fv.g.k" | 3,5 | [Mpa] |
| średni moduł sprężystości na ścinanie "Gg.mean" | 650 | [Mpa] |

wytrzymałości obliczeniowe:

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa "γm":

1,3

Częściowy współczynnik modyfikacji "kmod":

0,8

| | | |
|--|--------|-------|
| na zginanie "fm.g.d" | 17,231 | [Mpa] |
| na rozciąganie wzdłuż włókien "ft.0.g.d" | 12,000 | [Mpa] |
| na rozciąganie w poprzek włókien "ft.90.g.d" | 0,308 | [Mpa] |
| na ściskanie wzdłuż włókien "fc.0.g.d" | 14,769 | [Mpa] |
| na ściskanie w poprzek włókien "fc.90.g.d" | 1,538 | [Mpa] |
| na ścinanie "fv.g.d" | 2,154 | [Mpa] |

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

Przyjęto dźwigar o wymiarach poprzecznych przekroju:

| b [cm] | h [cm] |
|--------|--------|
| 22 | 208 |

Wielkości geometryczne i statyczne przekroju dźwigara:

| | | |
|--------------------------------------|--------|-------------------|
| pole powierzchni przekroju "A": | 0,458 | [m ²] |
| wskaźnik wytrzymałości "Wy": | 0,159 | [m ³] |
| wskaźnik wytrzymałości "Wz": | 0,017 | [m ³] |
| moment bezwładności "Iy": | 0,1650 | [m ⁴] |
| moment bezwładności "Iz": | 0,0018 | [m ⁴] |
| promień bezwładności przekroju "iy": | 0,600 | [m] |
| promień bezwładności przekroju "iz": | 0,064 | [m] |

Sprawdzenie naprężeń od zginania z osiową siłą ściskającą:

1. Naprężenia obliczeniowe od zginania:

| | | |
|------------------|--------|-------|
| $\sigma_{m.0.d}$ | 16,200 | [MPa] |
|------------------|--------|-------|

$$\sigma_{m.0.d} := \frac{M_d}{W_x}$$

2. Naprężenia obliczeniowe wywołane ściskaniem równoległym do włókien:

| | | |
|--|--------|-----|
| długość dźwigara "ly": | 31,740 | [m] |
| współczynnik dług. wyboczeniowej "μy": | 1,0 | |
| długość wyboczeniowa dźwigara "lcy": | 31,740 | [m] |
| smukłość dźwigara "λy": | 52,9 | |

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

| | | |
|---------------------|--------|-------|
| $\sigma_{c.crit.y}$ | 36,734 | [MPa] |
|---------------------|--------|-------|

$$\sigma_{c.crit.y} := \frac{\pi^2 \cdot E_{g.0.05}}{\lambda_y^2}$$

Smukłość sprowadzona przy ściskaniu:

| | | |
|-------------------|-------|--|
| $\lambda_{rel.y}$ | 0,808 | |
|-------------------|-------|--|

$$\lambda_{rel.y} := \sqrt{\frac{f_{c.0.g.k}}{\sigma_{c.crit.y}}}$$

Współczynnik wyboczeniowy:

współczynnik dotyczący prostoliniowości elementów (dla drewna klejonego warstwowo):

| | |
|-----------|-------|
| β_c | 0,100 |
| k_y | 0,842 |
| $k_{c.y}$ | 0,927 |

$$k_y := 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel.y} - 0.5) + \lambda_{rel.y}^2 \right]$$
$$k_{c.y} := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel.y}^2}}$$

Naprężenia obliczeniowe przy ściskaniu:

siła ściskająca dźwigar: N_d 0,000 [kN]

| | | |
|------------------|-------|-------|
| $\sigma_{c.0.d}$ | 0,000 | [MPa] |
|------------------|-------|-------|

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{k_{c.y} \cdot A}$$

Zginanie z osiową siłą ściskającą:

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

0,94

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.g.d}} + \frac{\sigma_{m.0.d}}{f_{m.g.d}}$$

Sprawdzenie naprężeń ściskających z uwzględnieniem wyboczenia z płaszczyzny dźwigara:
Smukłość dźwigara:

| | | |
|--|-------|-----|
| długość dźwigara między tężnikami "l _z ": | 2,650 | [m] |
| współczynnik dług. wyboczeniowej "μ _z ": | 1,0 | |
| długość wyboczeniowa dźwigara "l _{cz} ": | 2,650 | [m] |
| smukłość dźwigara "λ _z ": | 41,7 | |

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

| | | |
|-----------------------|--------|-------|
| σ _{c.crit.z} | 58,953 | [MPa] |
|-----------------------|--------|-------|

$$\sigma_{c.crit.z} := \frac{\pi^2 \cdot E_{g.0.05}}{\lambda_z^2}$$

Smukłość sprowadzona przy ściskaniu:

| | |
|--------------------|-------|
| λ _{rel.z} | 0,638 |
|--------------------|-------|

$$\lambda_{rel.z} := \sqrt{\frac{f_{c.0.g.k}}{\sigma_{c.crit.z}}}$$

Współczynnik wyboczeniowy:
współczynnik dotyczący prostoliniowości elementów (dla drewna klejonego warstwowo):

| | |
|------------------|-------|
| β _z | 0,100 |
| k _z | 0,710 |
| k _{c.z} | 0,978 |

$$k_z := 0.5 \cdot \left[1 + \beta_z \cdot (\lambda_{rel.z} - 0.5) + \lambda_{rel.z}^2 \right]$$
$$k_{c.z} := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel.z}^2}}$$

Naprężenia obliczeniowe przy ściskaniu:
siła ściskająca dźwigar: Nd 0,000 [kN]

| | | |
|---------------------|-------|-------|
| σ _{c.0.dz} | 0,000 | [MPa] |
|---------------------|-------|-------|

$$\sigma_{c.0.dz} := \frac{N_d}{k_{c.z} \cdot A}$$

Zginanie z osiową siłą ściskającą:

0,00

$$\frac{\sigma_{c.0.dz}}{f_{c.0.g.d}}$$

Sprawdzenie stateczności dźwigara:

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

1. Długość obliczeniowa:

długość dźwigara "ls": 6,810 [m]

$$l_s := l_{c.z} + 2 \cdot h$$

2. Smukłość sprowadzona dźwigara:

$\lambda_{rel.m}$ 0,823

$$\lambda_{rel.m} = \sqrt{\frac{l_s \cdot h \cdot f_{m.g.d}}{\pi \cdot b^2 \cdot E_{g.0.05}}} \cdot \sqrt{\frac{E_{g.0.mean}}{G_{mean}}}$$

3. Współczynnik stateczności giętej:

0,75 < $\lambda_{rel.m}$ ≤ 1,4

k_{crit} 0,943

1,00

$$\frac{\sigma_{m.0.d}}{k_{crit} \cdot f_{m.g.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.g.d}}$$

Sprawdzenie naprężeń ścinających w miejscu oparcia na wsporniku:

Maks. siła poprzeczna: V_{max} 323,864 [kN]

T_d 1061,616 [kN/m²]

$$\tau_d := 1.5 \cdot \frac{V_{max}}{b \cdot h}$$

0,49

$$\frac{\tau_d}{f_{v.g.d}}$$

Sprawdzenie docisku w miejscu oparcia na podporze:

Obliczenie długości oparcia dźwigara:

minimalna długość oparcia "lp": 60 [cm]

$\sigma_{c\alpha}$ 2,454 [MPa]

$$\sigma_{c\alpha} := \frac{R_{dA}}{b \cdot l_p}$$

kąt działania docisku do włókien "β": 90 [°]

sin 1,000

cos 0,000

$f_{c\alpha.g.d}$ 1,538

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

1,59

$$\frac{\sigma_{c\alpha}}{f_{c\alpha.g.d}}$$

W przypadku niedostatecznej szerokości słupa na oparcie dźwigara
docisk przejmą wkręty SFS WT-T 8,2x220

F_d 11,700 [kN]

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

Siła przenoszona przez powierzchnię docisku drewna

| | | |
|--------------|---------|------|
| $R_{c,90,d}$ | 203,077 | [kN] |
|--------------|---------|------|

Potrzebna liczba wkrętów potrzebna do przeniesienia pozostałej siły

| | |
|-----------|------|
| n_{erf} | 10,3 |
|-----------|------|

Przyjęto 8 wkrętów (WT-T-8,2x220) na podporę

| | |
|--------------------|---|
| liczba rzędów "g": | 2 |
| liczba kolumn "k": | 4 |

| | | |
|-----------|----|------|
| b_{min} | 12 | [cm] |
|-----------|----|------|

| | | |
|-----------|----|------|
| h_{min} | 20 | [cm] |
|-----------|----|------|

II Stan graniczny użytkowalności

Sprawdzenie ugięcia dźwigara:

1. Ugięcie od obciążeń stałych

| | | |
|-------------|------|------|
| u_{istn1} | 68,1 | [mm] |
|-------------|------|------|

$$u_{inst1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L_d^4}{E_{g,0,mean} \cdot I_x} \cdot \left[1 + 19,2 \cdot \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right]$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def} :

0,6

$$u_{fin1} = u_{inst1} \cdot (1 + k_{def})$$

| | | |
|------------|-------|----|
| u_{fin1} | 109,0 | mm |
|------------|-------|----|

2. Ugięcie od obciążeń śniegiem

| | | |
|-------------|------|------|
| u_{istn2} | 40,0 | [mm] |
|-------------|------|------|

$$u_{inst2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{s_n \cdot L_d^4}{E_{g,0,mean} \cdot I_x} \cdot \left[1 + 19,2 \cdot \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right]$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def} :

0,25

$$u_{fin2} = u_{inst2} \cdot (1 + k_{def})$$

| | | |
|------------|------|----|
| u_{fin2} | 49,9 | mm |
|------------|------|----|

3. Ugięcie od obciążeń wiatrem

| | | |
|-------------|-----|------|
| u_{istn3} | 0,0 | [mm] |
|-------------|-----|------|

$$u_{inst3} = \frac{5}{384} \cdot \frac{p_k \cdot L_d^4}{E_{g,0,mean} \cdot I_x} \cdot \left[1 + 19,2 \cdot \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right]$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def} :

0,00

$$u_{fin3} = u_{inst3} \cdot (1 + k_{def})$$

| | | |
|------------|-----|----|
| u_{fin3} | 0,0 | mm |
|------------|-----|----|

Ugięcie końcowe od obciążeń stałych i zmiennych

| | | |
|-----------|-------|----|
| u_{fin} | 158,9 | mm |
|-----------|-------|----|

$$u_{fin} = u_{fin1} + u_{fin2} + u_{fin3}$$

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

Dopuszczalne ugięcie dźwigara $l/$ **200**

Unet.fin **158,7** [mm]

1,00

$$\frac{u_{fin}}{u_{net.fin}}$$

Przyjęto wygięcie wstępne dźwigara **u_0** **120,0** [mm]

Ugięcie końcowe od obciążeń stałych i zmiennych

Ufin **38,9** mm

$$u_{fin} = u_{fin1} + u_{fin2} + u_{fin3} - u_0$$

Dopuszczalne ugięcie dźwigara $l/$ **300**

Unet.fin **105,8** [mm]

0,37

$$\frac{u_{fin}}{u_{net.fin}}$$

ODPORNOŚĆ OGNIOWA DŹWIGARA:

Czas spalania " t ": **30,0** [min]

Głębokość zwęglenia " β_n ": **0,7** [mm]

dchar **21,0** [mm]

$$d_{char} := \beta_n \cdot t$$

Przekrój zredukowany:

k0 **1,0**

d0 **7,0** [mm]

Przekrój efektywny:

def **28,0** [mm]

br **164,0** [mm]

hr **2052,0** [mm]

$$d_{ef} := d_{char} + k_0 \cdot d_0$$

$$b_r := b - 2 \cdot d_{ef}$$

$$h_r := h - d_{ef}$$

wskaźnik wytrzymałości efektywny " W_{xr} ": **0,11509** [m³]

obwód przekroju szcztkowego " O_r ": **4,432** [m]

pole przekroju szcztkowego " A_r ": **0,337** [m²]

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

| | |
|---------------------|-------|
| k _{mod.fi} | 0,934 |
|---------------------|-------|

| | | |
|---------------------|--------|-------|
| σ _{m.d.fi} | 22,329 | [MPa] |
|---------------------|--------|-------|

| | |
|-----------------|------|
| k _{fi} | 1,15 |
|-----------------|------|

| | |
|-------------------|-----|
| γ _{M.fi} | 1,0 |
|-------------------|-----|

| | | |
|-----------------|--------|-------|
| f ₂₀ | 32,200 | [MPa] |
|-----------------|--------|-------|

| | | |
|-------------------|--------|-------|
| f _{d.fi} | 30,080 | [MPa] |
|-------------------|--------|-------|

| |
|------|
| 0,74 |
|------|

$$\frac{\sigma_{m.d.fi}}{f_{d.fi}}$$

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

1. Wymiarowanie elementów z drewna klejonego

1.2. Dźwigar prosty D1a

Dane:

| | | |
|--|--------|-----|
| osiowy rozstaw dźwigarów "ad": | 6,000 | [m] |
| rozpiętość obliczeniowa dźwigara "Ld": | 31,740 | [m] |
| osiowy rozstaw płatwi po połaci "ap": | 2,650 | [m] |
| rozpiętość obliczeniowa płatwi "Lpł": | 5,780 | [m] |
| nachylenie połaci dachowej "α": | 0,0 | [°] |

| wymiary dźwigara | |
|------------------|--------|
| b [cm] | h [cm] |
| 22 | 208 |

| wymiary płatwi | |
|----------------|--------|
| b [cm] | h [cm] |
| 12 | 32 |

I. Zebranie obciążeń

1. Obciążenie stałe

| LP | warstwa | grubość [cm] | obc. charakt. | | obc. char. na m/b kN/m | | wsp. bezp. | obc. obl. na m/b |
|----|-----------------------|--------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-------|------------|------------------|
| | | | kN/m ² | kN/m ³ | | | | |
| 1 | 2x papa | | 0,12 | | 0,720 | 0,000 | 1,2 | 0,864 |
| 2 | wełna mineralna | 10 | | 1,2 | 0,000 | 0,720 | 1,2 | 0,864 |
| 3 | wełna mineralna | 10 | | 1,5 | 0,000 | 0,900 | 1,2 | 1,080 |
| 4 | paroizolacja | | 0,02 | | 0,120 | 0,000 | 1,2 | 0,144 |
| 5 | blacha trapezowa | | 0,12 | | 0,720 | 0,000 | 1,2 | 0,864 |
| 6 | sufit podwieszany | | 0,1 | | 0,600 | 0,000 | 1,2 | 0,720 |
| 7 | dodatkowa papa | | 0,08 | | 0,480 | 0,000 | 1,2 | 0,576 |
| 8 | panele fotowoltaiczne | | 0,2 | | 1,200 | 0,000 | 1,2 | 1,440 |
| 9 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 10 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 11 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 12 | platew 20x60cm | | | 4,7 | 0,000 | 0,409 | 1,1 | 0,449 |
| 13 | dźwigar 22x180cm | | | 4,7 | 0,000 | 2,151 | 1,1 | 2,366 |
| | | | | | | 8,019 | | 9,367 |

2. Obciążenie zmienne

| | | | | | | | | |
|----|---------------------|--|-----|--|-------|-------|-----|-------|
| 14 | obc. technologiczne | | 0,1 | | 0,600 | 0,000 | 1,4 | 0,840 |
|----|---------------------|--|-----|--|-------|-------|-----|-------|

śnieg

| | |
|--------|---|
| strefa | 3 |
|--------|---|

| | | |
|-------------------------------|------|----------------------|
| obciążenie charakt. śniegiem: | 1,2 | [kN/m ²] |
| współczynnik kształtu dachu: | 1,02 | |

| | | | | | | | | |
|----|-------|--|--|--|-------|--|-----|--------|
| 15 | śnieg | | | | 7,344 | | 1,5 | 11,016 |
|----|-------|--|--|--|-------|--|-----|--------|

wiatr

| | |
|--------|---|
| strefa | I |
|--------|---|

| | |
|-------|---|
| teren | A |
|-------|---|

| | | |
|---------------------------------|--------|----------------------|
| obc. charakt. wiatrem "qw": | 0 | [kN/m ²] |
| wysokość obiektu "z": | 5,12 | [m] |
| współczynnik ekspozycji "Ce": | 0,9024 | dla terenu A pow.10m |
| wsp. aerodynamiczny (parcie): | -0,2 | |
| wsp. aerodynamiczny (ssanie): | -0,4 | |
| wsp. dział. porywów wiatru "β": | 1,8 | |

| | | | | | | | | |
|----|--------------|--|--|--|-------|--|-----|-------|
| 16 | wiatr parcie | | | | 0,000 | | 1,5 | 0,000 |
| 17 | wiatr ssanie | | | | 0,000 | | 1,5 | 0,000 |

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

II. Wymiarowanie przekroju

Obciążenie charakterystyczne na 1mb dźwigara (stałe + technologiczne):

| | | |
|----------------------|--------------|--------|
| q_k | 8,619 | [kN/m] |
|----------------------|--------------|--------|

Obciążenie obliczeniowe na 1mb dźwigara (stałe + technologiczne):

| | | |
|----------------------|---------------|--------|
| q_d | 10,207 | [kN/m] |
|----------------------|---------------|--------|

Obciążenie charakterystyczne na 1mb dźwigara (stałe(bez dźwigara) + technologiczne) do R_m-wina:

| | | |
|----------------------------|--------------|--------|
| q_{k.rmwin} | 6,469 | [kN/m] |
|----------------------------|--------------|--------|

1. Wartości sił przekrojowych od obciążeń obliczeniowych:

| | | |
|-------------------------|-----------------|--------|
| M_d | 2672,616 | [kN/m] |
| N_d | 0,000 | [kN] |
| T_{dmax} | 336,814 | [kN] |
| R_{dA} | 336,814 | [kN] |
| R_{dB} | 336,814 | [kN] |

Wartości charakterystyczne i obliczeniowe przyjętego drewna klejonego:

drewno klejone warstwowo o wilgotności 8-12% klasy:

GL28c

wytrzymałości charakterystyczne:

| | | |
|---|-------|-------|
| średni moduł sprężystości wzdłuż włókien "E _{g.0.mean} " | 12500 | [Mpa] |
| 5% kwantyl modułu sprężystości "E _{g.0.05} " | 10400 | [Mpa] |
| na zginanie "f _{m.g.k} " | 28 | [Mpa] |
| na rozciąganie wzdłuż włókien "f _{t.0.g.k} " | 19,5 | [Mpa] |
| na rozciąganie w poprzek włókien "f _{t.90.g.k} " | 0,5 | [Mpa] |
| na ściskanie wzdłuż włókien "f _{c.0.g.k} " | 24 | [Mpa] |
| na ściskanie w poprzek włókien "f _{c.90.g.k} " | 2,5 | [Mpa] |
| na ścinanie "f _{v.g.k} " | 3,5 | [Mpa] |
| średni moduł sprężystości na ścinanie "G _{g.mean} " | 650 | [Mpa] |

wytrzymałości obliczeniowe:

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa "γ_m":

1,3

Częściowy współczynnik modyfikacji "k_{mod}":

0,8

| | | |
|---|--------|-------|
| na zginanie "f _{m.g.d} " | 17,231 | [Mpa] |
| na rozciąganie wzdłuż włókien "f _{t.0.g.d} " | 12,000 | [Mpa] |
| na rozciąganie w poprzek włókien "f _{t.90.g.d} " | 0,308 | [Mpa] |
| na ściskanie wzdłuż włókien "f _{c.0.g.d} " | 14,769 | [Mpa] |
| na ściskanie w poprzek włókien "f _{c.90.g.d} " | 1,538 | [Mpa] |
| na ścinanie "f _{v.g.d} " | 2,154 | [Mpa] |

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

Przyjęto dźwigar o wymiarach poprzecznych przekroju:

| b [cm] | h [cm] |
|--------|--------|
| 22 | 208 |

Wielkości geometryczne i statyczne przekroju dźwigara:

| | | |
|--------------------------------------|--------|-------------------|
| pole powierzchni przekroju "A": | 0,458 | [m ²] |
| wskaźnik wytrzymałości "Wy": | 0,159 | [m ³] |
| wskaźnik wytrzymałości "Wz": | 0,017 | [m ³] |
| moment bezwładności "Iy": | 0,1650 | [m ⁴] |
| moment bezwładności "Iz": | 0,0018 | [m ⁴] |
| promień bezwładności przekroju "iy": | 0,600 | [m] |
| promień bezwładności przekroju "iz": | 0,064 | [m] |

Sprawdzenie naprężeń od zginania z osiową siłą ściskającą:

1. Naprężenia obliczeniowe od zginania:

| | | |
|------------------|--------|-------|
| $\sigma_{m.0.d}$ | 16,848 | [MPa] |
|------------------|--------|-------|

$$\sigma_{m.0.d} := \frac{M_d}{W_x}$$

2. Naprężenia obliczeniowe wywołane ściskaniem równoległym do włókien:

| | | |
|--|--------|-----|
| długość dźwigara "ly": | 31,740 | [m] |
| współczynnik dług. wyboczeniowej "μy": | 1,0 | |
| długość wyboczeniowa dźwigara "lcy": | 31,740 | [m] |
| smukłość dźwigara "λy": | 52,9 | |

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

| | | |
|---------------------|--------|-------|
| $\sigma_{c.crit.y}$ | 36,734 | [MPa] |
|---------------------|--------|-------|

$$\sigma_{c.crit.y} := \frac{\pi^2 \cdot E_{g.0.05}}{\lambda_y^2}$$

Smukłość sprowadzona przy ściskaniu:

| | | |
|-------------------|-------|--|
| $\lambda_{rel.y}$ | 0,808 | |
|-------------------|-------|--|

$$\lambda_{rel.y} := \sqrt{\frac{f_{c.0.g.k}}{\sigma_{c.crit.y}}}$$

Współczynnik wyboczeniowy:

współczynnik dotyczący prostoliniowości elementów (dla drewna klejonego warstwowo):

| | |
|-----------|-------|
| β_c | 0,100 |
| k_y | 0,842 |
| $k_{c.y}$ | 0,927 |

$$k_y := 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel.y} - 0.5) + \lambda_{rel.y}^2 \right]$$
$$k_{c.y} := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel.y}^2}}$$

Naprężenia obliczeniowe przy ściskaniu:

siła ściskająca dźwigar: N_d 0,000 [kN]

| | | |
|------------------|-------|-------|
| $\sigma_{c.0.d}$ | 0,000 | [MPa] |
|------------------|-------|-------|

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{k_{c.y} \cdot A}$$

Zginanie z osiową siłą ściskającą:

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

0,98

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.g.d}} + \frac{\sigma_{m.0.d}}{f_{m.g.d}}$$

Sprawdzenie naprężeń ściskających z uwzględnieniem wyboczenia z płaszczyzny dźwigara:
Smukłość dźwigara:

| | | |
|---|-------|-----|
| długość dźwigara między tężnikami "lz": | 2,650 | [m] |
| współczynnik dług. wyboczeniowej "μz": | 1,0 | |
| długość wyboczeniowa dźwigara "lcz": | 2,650 | [m] |
| smukłość dźwigara "λz": | 41,7 | |

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

| | | |
|-----------------------|--------|-------|
| σ _{c.crit.z} | 58,953 | [MPa] |
|-----------------------|--------|-------|

$$\sigma_{c.crit.z} := \frac{\pi^2 \cdot E_{g.0.05}}{\lambda_z^2}$$

Smukłość sprowadzona przy ściskaniu:

| | |
|--------------------|-------|
| λ _{rel.z} | 0,638 |
|--------------------|-------|

$$\lambda_{rel.z} := \sqrt{\frac{f_{c.0.g.k}}{\sigma_{c.crit.z}}}$$

Współczynnik wyboczeniowy:

współczynnik dotyczący prostoliniowości elementów (dla drewna klejonego warstwowo):

| | |
|------------------|-------|
| β _z | 0,100 |
| k _z | 0,710 |
| k _{c.z} | 0,978 |

$$k_z := 0.5 \cdot \left[1 + \beta_z \cdot (\lambda_{rel.z} - 0.5) + \lambda_{rel.z}^2 \right]$$

$$k_{c.z} := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel.z}^2}}$$

Naprężenia obliczeniowe przy ściskaniu:

siła ściskająca dźwigar: Nd 0,000 [kN]

| | | |
|---------------------|-------|-------|
| σ _{c.0.dz} | 0,000 | [MPa] |
|---------------------|-------|-------|

$$\sigma_{c.0.dz} := \frac{N_d}{k_{c.z} \cdot A}$$

Zginanie z osiową siłą ściskającą:

0,00

$$\frac{\sigma_{c.0.dz}}{f_{c.0.g.d}}$$

Sprawdzenie stateczności dźwigara:

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

1. Długość obliczeniowa:

długość dźwigara "l_s": 6,810 [m]

$$l_s := l_{c.z} + 2 \cdot h$$

2. Smukłość sprowadzona dźwigara:

λ_{rel.m} 0,823

$$\lambda_{rel.m} = \sqrt{\frac{l_s \cdot h \cdot f_{m.g.d}}{\pi \cdot b^2 \cdot E_{g.0.05}}} \cdot \sqrt{\frac{E_{g.0.mean}}{G_{mean}}}$$

3. Współczynnik stateczności giętej:

0,75 < λ_{rel.m} ≤ 1,4

k_{crit} 0,943

1,04

$$\frac{\sigma_{m.0.d}}{k_{crit} \cdot f_{m.g.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.g.d}}$$

Sprawdzenie naprężeń ścinających w miejscu oparcia na wsporniku:

Maks. siła poprzeczna: V_{max} 336,814 [kN]

T_d 1104,066 [kN/m²]

$$\tau_d := 1.5 \cdot \frac{V_{max}}{b \cdot h}$$

0,51

$$\frac{\tau_d}{f_{v.g.d}}$$

Sprawdzenie docisku w miejscu oparcia na podporze:

Obliczenie długości oparcia dźwigara:

minimalna długość oparcia "l_p": 100 [cm]

σ_{cα} 1,531 [MPa]

$$\sigma_{c\alpha} := \frac{R_{dA}}{b \cdot l_p}$$

kąt działania docisku do włókien "β": 90 [°]

sin 1,000

cos 0,000

f_{cα.g.d} 1,538

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

1,00

$$\frac{\sigma_{c\alpha}}{f_{c\alpha.g.d}}$$

W przypadku niedostatecznej szerokości słupa na oparcie dźwigara
docisk przejmą wkręty SFS WT-T 8,2x220

F_d 11,700 [kN]

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

Siła przenoszona przez powierzchnię docisku drewna

| | | |
|--------------|---------|------|
| $R_{c,90,d}$ | 338,462 | [kN] |
|--------------|---------|------|

Potrzebna liczba wkrętów potrzebna do przeniesienia pozostałej siły

| | |
|-----------|------|
| n_{erf} | -0,1 |
|-----------|------|

Przyjęto 8 wkrętów (WT-T-8,2x220) na podporę

| | |
|--------------------|---|
| liczba rzędów "g": | 2 |
| liczba kolumn "k": | 4 |

| | | |
|-----------|----|------|
| b_{min} | 12 | [cm] |
|-----------|----|------|

| | | |
|-----------|----|------|
| h_{min} | 20 | [cm] |
|-----------|----|------|

II Stan graniczny użytkowalności

Sprawdzenie ugięcia dźwigara:

1. Ugięcie od obciążeń stałych

| | | |
|-------------|------|------|
| u_{istn1} | 59,8 | [mm] |
|-------------|------|------|

$$u_{inst1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L_d^4}{E_{g,0,mean} \cdot I_x} \cdot \left[1 + 19,2 \cdot \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right]$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def} : 0,6

$$u_{fin1} = u_{inst1} \cdot (1 + k_{def})$$

| | | |
|------------|------|----|
| u_{fin1} | 95,7 | mm |
|------------|------|----|

2. Ugięcie od obciążeń śniegiem

| | | |
|-------------|------|------|
| u_{istn2} | 50,9 | [mm] |
|-------------|------|------|

$$u_{inst2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{s_n \cdot L_d^4}{E_{g,0,mean} \cdot I_x} \cdot \left[1 + 19,2 \cdot \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right]$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def} : 0,25

$$u_{fin2} = u_{inst2} \cdot (1 + k_{def})$$

| | | |
|------------|------|----|
| u_{fin2} | 63,7 | mm |
|------------|------|----|

3. Ugięcie od obciążeń wiatrem

| | | |
|-------------|-----|------|
| u_{istn3} | 0,0 | [mm] |
|-------------|-----|------|

$$u_{inst3} = \frac{5}{384} \cdot \frac{p_k \cdot L_d^4}{E_{g,0,mean} \cdot I_x} \cdot \left[1 + 19,2 \cdot \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right]$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def} : 0,00

$$u_{fin3} = u_{inst3} \cdot (1 + k_{def})$$

| | | |
|------------|-----|----|
| u_{fin3} | 0,0 | mm |
|------------|-----|----|

Ugięcie końcowe od obciążeń stałych i zmiennych

| | | |
|-----------|-------|----|
| u_{fin} | 159,3 | mm |
|-----------|-------|----|

$$u_{fin} = u_{fin1} + u_{fin2} + u_{fin3}$$

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

Dopuszczalne ugięcie dźwigara $l/$ **200**

Unet.fin **158,7** [mm]

1,00

$$\frac{u_{fin}}{u_{net.fin}}$$

Przyjęto wygięcie wstępne dźwigara **u_0** **120,0** [mm]

Ugięcie końcowe od obciążeń stałych i zmiennych

Ufin **39,3** mm

$$u_{fin} = u_{fin1} + u_{fin2} + u_{fin3} - u_0$$

Dopuszczalne ugięcie dźwigara $l/$ **300**

Unet.fin **105,8** [mm]

0,37

$$\frac{u_{fin}}{u_{net.fin}}$$

ODPORNOŚĆ OGNIOWA DŹWIGARA:

Czas spalania " t ": **30,0** [min]

Głębokość zwęglenia " β_n ": **0,7** [mm]

dchar **21,0** [mm]

$$d_{char} := \beta_n \cdot t$$

Przekrój zredukowany:

k0 **1,0**

d0 **7,0** [mm]

Przekrój efektywny:

def **28,0** [mm]

br **164,0** [mm]

hr **2052,0** [mm]

$$d_{ef} := d_{char} + k_0 \cdot d_0$$

$$b_r := b - 2 \cdot d_{ef}$$

$$h_r := h - d_{ef}$$

wskaźnik wytrzymałości efektywny " W_{xr} ": **0,11509** [m³]

obwód przekroju szcztkowego " O_r ": **4,432** [m]

pole przekroju szcztkowego " A_r ": **0,337** [m²]

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

| | |
|---------------------|-------|
| k _{mod.fi} | 0,934 |
|---------------------|-------|

| | | |
|---------------------|--------|-------|
| σ _{m.d.fi} | 23,221 | [MPa] |
|---------------------|--------|-------|

| | |
|-----------------|------|
| k _{fi} | 1,15 |
|-----------------|------|

| | |
|-------------------|-----|
| γ _{M.fi} | 1,0 |
|-------------------|-----|

| | | |
|-----------------|--------|-------|
| f ₂₀ | 32,200 | [MPa] |
|-----------------|--------|-------|

| | | |
|-------------------|--------|-------|
| f _{d.fi} | 30,080 | [MPa] |
|-------------------|--------|-------|

| |
|------|
| 0,77 |
|------|

$$\frac{\sigma_{m.d.fi}}{f_{d.fi}}$$

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

1. Wymiarowanie elementów z drewna klejonego

1.2. Dźwigar prosty D2

Dane:

| | | |
|--|--------|-----|
| osiowy rozstaw dźwigarów "ad": | 6,000 | [m] |
| rozpiętość obliczeniowa dźwigara "Ld": | 31,740 | [m] |
| osiowy rozstaw płatwi po połaci "ap": | 2,650 | [m] |
| rozpiętość obliczeniowa płatwi "Lpł": | 5,780 | [m] |
| nachylenie połaci dachowej "α": | 0,0 | [°] |

| wymiary dźwigara | |
|------------------|--------|
| b [cm] | h [cm] |
| 24 | 220 |

| wymiary płatwi | |
|----------------|--------|
| b [cm] | h [cm] |
| 12 | 32 |

I. Zebranie obciążeń

1. Obciążenie stałe

| LP | warstwa | grubość [cm] | obc. charakt. | | obc. char. na m/b kN/m | | wsp. bezp. | obc. obl. na m/b |
|----|-----------------------|--------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-------|------------|------------------|
| | | | kN/m ² | kN/m ³ | | | | |
| 1 | 2x papa | | 0,12 | | 0,720 | 0,000 | 1,2 | 0,864 |
| 2 | wełna mineralna | 10 | | 1,2 | 0,000 | 0,720 | 1,2 | 0,864 |
| 3 | wełna mineralna | 10 | | 1,5 | 0,000 | 0,900 | 1,2 | 1,080 |
| 4 | paroizolacja | | 0,02 | | 0,120 | 0,000 | 1,2 | 0,144 |
| 5 | blacha trapezowa | | 0,12 | | 0,720 | 0,000 | 1,2 | 0,864 |
| 6 | sufit podwieszany | | 0,1 | | 0,600 | 0,000 | 1,2 | 0,720 |
| 7 | dodatkowa papa | | 0,08 | | 0,480 | 0,000 | 1,2 | 0,576 |
| 8 | panele fotowoltaiczne | | 0,2 | | 1,200 | 0,000 | 1,2 | 1,440 |
| 9 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 10 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 11 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 12 | platew 20x60cm | | | 4,7 | 0,000 | 0,409 | 1,1 | 0,449 |
| 13 | dźwigar 22x180cm | | | 4,7 | 0,000 | 2,482 | 1,1 | 2,730 |
| | | | | | | 8,350 | | 9,731 |

2. Obciążenie zmienne

| | | | | | | | | |
|----|---------------------|--|-----|--|-------|-------|-----|-------|
| 14 | obc. technologiczne | | 0,1 | | 0,600 | 0,000 | 1,4 | 0,840 |
|----|---------------------|--|-----|--|-------|-------|-----|-------|

śnieg

| | |
|--------|---|
| strefa | 3 |
|--------|---|

| | | |
|-------------------------------|------|----------------------|
| obciążenie charakt. śniegiem: | 1,2 | [kN/m ²] |
| współczynnik kształtu dachu: | 1,45 | |

| | | | | | |
|----|-------|--|--------|-----|--------|
| 15 | śnieg | | 10,440 | 1,5 | 15,660 |
|----|-------|--|--------|-----|--------|

wiatr

| | |
|--------|---|
| strefa | I |
|--------|---|

| | |
|-------|---|
| teren | A |
|-------|---|

| | | |
|---------------------------------|--------|----------------------|
| obc. charakt. wiatrem "qw": | 0 | [kN/m ²] |
| wysokość obiektu "z": | 5,12 | [m] |
| współczynnik ekspozycji "Ce": | 0,9024 | dla terenu A pow.10m |
| wsp. aerodynamiczny (parcie): | -0,2 | |
| wsp. aerodynamiczny (ssanie): | -0,4 | |
| wsp. dział. porywów wiatru "β": | 1,8 | |

| | | | | |
|----|--------------|-------|-----|-------|
| 16 | wiatr parcie | 0,000 | 1,5 | 0,000 |
| 17 | wiatr ssanie | 0,000 | 1,5 | 0,000 |

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

II. Wymiarowanie przekroju

Obciążenie charakterystyczne na 1mb dźwigara (stałe + technologiczne):

| | | |
|----|-------|--------|
| qk | 8,950 | [kN/m] |
|----|-------|--------|

Obciążenie obliczeniowe na 1mb dźwigara (stałe + technologiczne):

| | | |
|----|--------|--------|
| qd | 10,571 | [kN/m] |
|----|--------|--------|

Obciążenie charakterystyczne na 1mb dźwigara (stałe(bez dźwigara) + technologiczne) do Rm-wina:

| | | |
|----------|-------|--------|
| qk.rmwin | 6,469 | [kN/m] |
|----------|-------|--------|

1. Wartości sił przekrojowych od obciążeń obliczeniowych:

| | | |
|-------|----------|--------|
| Md | 3303,262 | [kN/m] |
| Nd | 0,000 | [kN] |
| Tdmax | 416,290 | [kN] |
| RdA | 416,290 | [kN] |
| RdB | 416,290 | [kN] |

Wartości charakterystyczne i obliczeniowe przyjętego drewna klejonego:

drewno klejone warstwowo o wilgotności 8-12% klasy:

GL28c

wytrzymałości charakterystyczne:

| | | |
|--|-------|-------|
| średni moduł sprężystości wzdłuż włókien "Eg.0.mean" | 12500 | [Mpa] |
| 5% kwantyl modułu sprężystości "Eg.0.05" | 10400 | [Mpa] |
| na zginanie "fm.g.k" | 28 | [Mpa] |
| na rozciąganie wzdłuż włókien "ft.0.g.k" | 19,5 | [Mpa] |
| na rozciąganie w poprzek włókien "ft.90.g.k" | 0,5 | [Mpa] |
| na ściskanie wzdłuż włókien "fc.0.g.k" | 24 | [Mpa] |
| na ściskanie w poprzek włókien "fc.90.g.k" | 2,5 | [Mpa] |
| na ścinanie "fv.g.k" | 3,5 | [Mpa] |
| średni moduł sprężystości na ścinanie "Gg.mean" | 650 | [Mpa] |

wytrzymałości obliczeniowe:

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa "γm":

1,3

Częściowy współczynnik modyfikacji "kmod":

0,8

| | | |
|--|--------|-------|
| na zginanie "fm.g.d" | 17,231 | [Mpa] |
| na rozciąganie wzdłuż włókien "ft.0.g.d" | 12,000 | [Mpa] |
| na rozciąganie w poprzek włókien "ft.90.g.d" | 0,308 | [Mpa] |
| na ściskanie wzdłuż włókien "fc.0.g.d" | 14,769 | [Mpa] |
| na ściskanie w poprzek włókien "fc.90.g.d" | 1,538 | [Mpa] |
| na ścinanie "fv.g.d" | 2,154 | [Mpa] |

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

Przyjęto dźwigar o wymiarach poprzecznych przekroju:

| b [cm] | h [cm] |
|--------|--------|
| 24 | 220 |

Wielkości geometryczne i statyczne przekroju dźwigara:

| | | |
|--------------------------------------|--------|-------------------|
| pole powierzchni przekroju "A": | 0,528 | [m ²] |
| wskaźnik wytrzymałości "Wy": | 0,194 | [m ³] |
| wskaźnik wytrzymałości "Wz": | 0,021 | [m ³] |
| moment bezwładności "Iy": | 0,2130 | [m ⁴] |
| moment bezwładności "Iz": | 0,0025 | [m ⁴] |
| promień bezwładności przekroju "iy": | 0,635 | [m] |
| promień bezwładności przekroju "iz": | 0,069 | [m] |

Sprawdzenie naprężeń od zginania z osiową siłą ściskającą:

1. Naprężenia obliczeniowe od zginania:

| | | |
|------------------|--------|-------|
| $\sigma_{m.0.d}$ | 17,062 | [MPa] |
|------------------|--------|-------|

$$\sigma_{m.0.d} := \frac{M_d}{W_x}$$

2. Naprężenia obliczeniowe wywołane ściskaniem równoległym do włókien:

| | | |
|--|--------|-----|
| długość dźwigara "ly": | 31,740 | [m] |
| współczynnik dług. wyboczeniowej "μy": | 1,0 | |
| długość wyboczeniowa dźwigara "lcy": | 31,740 | [m] |
| smukłość dźwigara "λy": | 50,0 | |

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

| | | |
|---------------------|--------|-------|
| $\sigma_{c.crit.y}$ | 41,094 | [MPa] |
|---------------------|--------|-------|

$$\sigma_{c.crit.y} := \frac{\pi^2 \cdot E_{g.0.05}}{\lambda_y^2}$$

Smukłość sprowadzona przy ściskaniu:

| | | |
|-------------------|-------|--|
| $\lambda_{rel.y}$ | 0,764 | |
|-------------------|-------|--|

$$\lambda_{rel.y} := \sqrt{\frac{f_{c.0.g.k}}{\sigma_{c.crit.y}}}$$

Współczynnik wyboczeniowy:

współczynnik dotyczący prostoliniowości elementów (dla drewna klejonego warstwowo):

| | |
|-----------|-------|
| β_c | 0,100 |
| k_y | 0,805 |
| $k_{c.y}$ | 0,944 |

$$k_y := 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel.y} - 0.5) + \lambda_{rel.y}^2 \right]$$
$$k_{c.y} := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel.y}^2}}$$

Naprężenia obliczeniowe przy ściskaniu:

siła ściskająca dźwigar: N_d 0,000 [kN]

| | | |
|------------------|-------|-------|
| $\sigma_{c.0.d}$ | 0,000 | [MPa] |
|------------------|-------|-------|

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{k_{c.y} \cdot A}$$

Zginanie z osiową siłą ściskającą:

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

0,99

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.g.d}} + \frac{\sigma_{m.0.d}}{f_{m.g.d}}$$

Sprawdzenie naprężeń ściskających z uwzględnieniem wyboczenia z płaszczyzny dźwigara:
Smukłość dźwigara:

| | | |
|--|-------|-----|
| długość dźwigara między tężnikami "l _z ": | 2,650 | [m] |
| współczynnik dług. wyboczeniowej "μ _z ": | 1,0 | |
| długość wyboczeniowa dźwigara "l _{cz} ": | 2,650 | [m] |
| smukłość dźwigara "λ _z ": | 38,2 | |

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

σ_{c.crit.z} 70,159 [MPa]

$$\sigma_{c.crit.z} := \frac{\pi^2 \cdot E_{g.0.05}}{\lambda_z^2}$$

Smukłość sprowadzona przy ściskaniu:

λ_{rel.z} 0,585

$$\lambda_{rel.z} := \sqrt{\frac{f_{c.0.g.k}}{\sigma_{c.crit.z}}}$$

Współczynnik wyboczeniowy:

współczynnik dotyczący prostoliniowości elementów (dla drewna klejonego warstwowo):

| | |
|------------------|-------|
| β _z | 0,100 |
| k _z | 0,675 |
| k _{c.z} | 0,987 |

$$k_z := 0.5 \cdot \left[1 + \beta_z \cdot (\lambda_{rel.z} - 0.5) + \lambda_{rel.z}^2 \right]$$

$$k_{c.z} := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel.z}^2}}$$

Naprężenia obliczeniowe przy ściskaniu:

siła ściskająca dźwigar: N_d 0,000 [kN]

σ_{c.0.dz} 0,000 [MPa]

$$\sigma_{c.0.dz} := \frac{N_d}{k_{c.z} \cdot A}$$

Zginanie z osiową siłą ściskającą:

0,00

$$\frac{\sigma_{c.0.dz}}{f_{c.0.g.d}}$$

Sprawdzenie stateczności dźwigara:

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

1. Długość obliczeniowa:

długość dźwigara "l_s": 7,050 [m]

$$l_s := l_{c.z} + 2 \cdot h$$

2. Smukłość sprowadzona dźwigara:

λ_{rel.m} 0,789

$$\lambda_{rel.m} = \sqrt{\frac{l_s \cdot h \cdot f_{m.g.d}}{\pi \cdot b^2 \cdot E_{g.0.05}}} \cdot \sqrt{\frac{E_{g.0.mean}}{G_{mean}}}$$

3. Współczynnik stateczności giętej:

0,75 < λ_{rel.m} ≤ 1,4

k_{crit} 0,968

1,02

$$\frac{\sigma_{m.0.d}}{k_{crit} \cdot f_{m.g.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.g.d}}$$

Sprawdzenie naprężeń ścinających w miejscu oparcia na wsporniku:

Maks. siła poprzeczna: V_{max} 416,290 [kN]

T_d 1182,642 [kN/m²]

$$\tau_d := 1.5 \cdot \frac{V_{max}}{b \cdot h}$$

0,55

$$\frac{\tau_d}{f_{v.g.d}}$$

Sprawdzenie docisku w miejscu oparcia na podporze:

Obliczenie długości oparcia dźwigara:

minimalna długość oparcia "l_p": 100 [cm]

σ_{cα} 1,735 [MPa]

$$\sigma_{c\alpha} := \frac{R_{dA}}{b \cdot l_p}$$

kąt działania docisku do włókien "β": 90 [°]

sin 1,000

cos 0,000

f_{cα.g.d} 1,538

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

1,13

$$\frac{\sigma_{c\alpha}}{f_{c\alpha.g.d}}$$

W przypadku niedostatecznej szerokości słupa na oparcie dźwigara
docisk przejmą wkręty SFS WT-T 8,2x220

F_d 11,700 [kN]

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

Siła przenoszona przez powierzchnię docisku drewna

| | | |
|--------------|---------|------|
| $R_{c,90,d}$ | 369,231 | [kN] |
|--------------|---------|------|

Potrzebna liczba wkrętów potrzebna do przeniesienia pozostałej siły

| | |
|-----------|-----|
| n_{erf} | 4,0 |
|-----------|-----|

Przyjęto 8 wkrętów (WT-T-8,2x220) na podporę

| | |
|--------------------|---|
| liczba rzędów "g": | 2 |
| liczba kolumn "k": | 4 |

| | | |
|-----------|----|------|
| b_{min} | 12 | [cm] |
|-----------|----|------|

| | | |
|-----------|----|------|
| h_{min} | 20 | [cm] |
|-----------|----|------|

II Stan graniczny użytkowalności

Sprawdzenie ugięcia dźwigara:

1. Ugięcie od obciążeń stałych

| | | |
|-------------|------|------|
| u_{istn1} | 48,5 | [mm] |
|-------------|------|------|

$$u_{inst1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L_d^4}{E_{g,0,mean} \cdot I_x} \cdot \left[1 + 19,2 \cdot \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right]$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def} : 0,6

$$u_{fin1} = u_{inst1} \cdot (1 + k_{def})$$

| | | |
|------------|------|----|
| u_{fin1} | 77,6 | mm |
|------------|------|----|

2. Ugięcie od obciążeń śniegiem

| | | |
|-------------|------|------|
| u_{istn2} | 56,6 | [mm] |
|-------------|------|------|

$$u_{inst2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{s_n \cdot L_d^4}{E_{g,0,mean} \cdot I_x} \cdot \left[1 + 19,2 \cdot \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right]$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def} : 0,25

$$u_{fin2} = u_{inst2} \cdot (1 + k_{def})$$

| | | |
|------------|------|----|
| u_{fin2} | 70,8 | mm |
|------------|------|----|

3. Ugięcie od obciążeń wiatrem

| | | |
|-------------|-----|------|
| u_{istn3} | 0,0 | [mm] |
|-------------|-----|------|

$$u_{inst3} = \frac{5}{384} \cdot \frac{p_k \cdot L_d^4}{E_{g,0,mean} \cdot I_x} \cdot \left[1 + 19,2 \cdot \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right]$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def} : 0,00

$$u_{fin3} = u_{inst3} \cdot (1 + k_{def})$$

| | | |
|------------|-----|----|
| u_{fin3} | 0,0 | mm |
|------------|-----|----|

Ugięcie końcowe od obciążeń stałych i zmiennych

| | | |
|-----------|-------|----|
| u_{fin} | 148,4 | mm |
|-----------|-------|----|

$$u_{fin} = u_{fin1} + u_{fin2} + u_{fin3}$$

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

Dopuszczalne ugięcie dźwigara $l/$ **200**

Unet.fin **158,7** [mm]

0,94

$$\frac{u_{fin}}{u_{net.fin}}$$

Przyjęto wygięcie wstępne dźwigara **u_0** **120,0** [mm]

Ugięcie końcowe od obciążeń stałych i zmiennych

Ufin **28,4** mm

$$u_{fin} = u_{fin1} + u_{fin2} + u_{fin3} - u_0$$

Dopuszczalne ugięcie dźwigara $l/$ **300**

Unet.fin **105,8** [mm]

0,27

$$\frac{u_{fin}}{u_{net.fin}}$$

ODPORNOŚĆ OGNIOWA DŹWIGARA:

Czas spalania " t ": **30,0** [min]

Głębokość zwęglenia " β_n ": **0,7** [mm]

dchar **21,0** [mm]

$$d_{char} := \beta_n \cdot t$$

Przekrój zredukowany:

k0 **1,0**

d0 **7,0** [mm]

Przekrój efektywny:

def **28,0** [mm]

br **184,0** [mm]

hr **2172,0** [mm]

$$d_{ef} := d_{char} + k_0 \cdot d_0$$

$$b_r := b - 2 \cdot d_{ef}$$

$$h_r := h - d_{ef}$$

wskaźnik wytrzymałości efektywny " W_{xr} ": **0,14467** [m³]

obwód przekroju szcztkowego " O_r ": **4,712** [m]

pole przekroju szcztkowego " A_r ": **0,400** [m²]

Obliczenia wytrzymałościowe dźwigara prostego

| | |
|---------------------|-------|
| k _{mod.fi} | 0,941 |
|---------------------|-------|

| | |
|---------------------|--------|
| σ _{m.d.fi} | 22,833 |
|---------------------|--------|

[MPa]

| | |
|-----------------|------|
| k _{fi} | 1,15 |
|-----------------|------|

| | |
|-------------------|-----|
| γ _{M.fi} | 1,0 |
|-------------------|-----|

| | |
|-----------------|--------|
| f ₂₀ | 32,200 |
|-----------------|--------|

[MPa]

| | |
|-------------------|--------|
| f _{d.fi} | 30,302 |
|-------------------|--------|

[MPa]

| |
|------|
| 0,75 |
|------|

$$\frac{\sigma_{m.d.fi}}{f_{d.fi}}$$

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

1. Wymiarowanie elementów z drewna klejonego

1.1. Płatew P-1

Dane:

| | | |
|---------------------------------------|-------|-----|
| osiowy rozstaw dźwigarów "ad": | 6,000 | [m] |
| osiowy rozstaw płatwi po połąci "ap": | 2,650 | [m] |
| rozpiętość obliczeniowa płatwi "Lpł": | 5,780 | [m] |
| nachylenie połąci dachowej "α": | 0,0 | [°] |

| | |
|--------|--------|
| b [cm] | h [cm] |
| 12 | 32 |

I. Zebranie obciążeń

1. Obciążenie stałe

| LP | warstwa | grubość [cm] | obc. charakt. | | obc. char. na m/b kN/m | | wsp. bezp. | obc. obl. na m/b |
|----|-----------------------|-----------------|---------------|-------|---------------------------|-------|---------------|---------------------|
| | | | kN/m² | kN/m³ | | | | |
| 1 | 2x papa | | 0,12 | | 0,318 | 0,000 | 1,2 | 0,382 |
| 2 | wełna mineralna | 10 | | 1,2 | 0,000 | 0,318 | 1,2 | 0,382 |
| 3 | wełna mineralna | 10 | | 1,5 | 0,000 | 0,398 | 1,2 | 0,477 |
| 4 | paroizolacja | | 0,02 | | 0,053 | 0,000 | 1,2 | 0,064 |
| 5 | blacha trapezowa | | 0,12 | | 0,318 | 0,000 | 1,2 | 0,382 |
| 6 | sufit podwieszany | | 0,1 | | 0,265 | 0,000 | 1,2 | 0,318 |
| 7 | dodatkowa papa | | 0,08 | | 0,212 | 0,000 | 1,2 | 0,254 |
| 8 | panele fotowoltaiczne | | 0,2 | | 0,530 | 0,000 | 1,2 | 0,636 |
| 9 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 10 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 11 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 12 | platew | | | 4,7 | 0,000 | 0,180 | 1,1 | 0,199 |
| | | | | | | 2,592 | | 3,092 |

2. Obciążenie zmienne

| | | | | | | | | |
|----|---------------------|--|-----|--|-------|-------|-----|-------|
| 13 | obc. technologiczne | | 0,2 | | 0,530 | 0,000 | 1,4 | 0,742 |
|----|---------------------|--|-----|--|-------|-------|-----|-------|

śnieg

| | |
|--------|---|
| strefa | 3 |
|--------|---|

| | | |
|-------------------------------|-----|----------------------|
| obciążenie charakt. śniegiem: | 1,2 | [kN/m ²] |
| współczynnik kształtu dachu: | 0,8 | |

| | | | | | | | | |
|----|-------|--|--|--|-------|--|-----|-------|
| 14 | śnieg | | | | 2,544 | | 1,5 | 3,816 |
|----|-------|--|--|--|-------|--|-----|-------|

wiatr

| | |
|--------|---|
| strefa | 1 |
|--------|---|

| | |
|-------|---|
| teren | A |
|-------|---|

| | | |
|---------------------------------|------|----------------------|
| obc. charakt. wiatrem "qw": | 0,3 | [kN/m ²] |
| wysokość obiektu "z": | 10 | [m] |
| współczynnik ekspozycji "Ce": | 1 | dla terenu A pow.10m |
| wsp. aerodynamiczny (parcie): | -0,2 | |
| wsp. aerodynamiczny (ssanie): | -0,4 | |
| wsp. dział. porywów wiatru "β": | 1,8 | |

| | | | | | | | | |
|----|--------------|--|--|--|--------|--|-----|--------|
| 15 | wiatr parcie | | | | -0,286 | | 1,5 | -0,429 |
| 16 | wiatr ssanie | | | | -0,572 | | 1,5 | -0,859 |

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

II. Wymiarowanie przekroju

Obciążenie charakterystyczne na 1mb płatwi (stałe + technologiczne):

| | | |
|----|-------|--------|
| qk | 3,122 | [kN/m] |
|----|-------|--------|

Obciążenie obliczeniowe na 1mb płatwi (stałe + technologiczne):

| | | |
|----|-------|--------|
| qd | 3,834 | [kN/m] |
|----|-------|--------|

1. Obciążenie na 1mb płatwi prostopadłe do połaci:
obciążenie stałe + technologiczne:

| | | |
|-----|-------|--------|
| qpk | 3,122 | [kN/m] |
| qpd | 3,834 | [kN/m] |

obciążenie zmienne - śnieg:

| | | |
|------|-------|--------|
| Qnpk | 2,544 | [kN/m] |
| Qpd | 3,816 | [kN/m] |

wiatr:

| | | |
|-----|--------|--------|
| qpk | -0,286 | [kN/m] |
| qpd | -0,429 | [kN/m] |

Ogółem obciążenie prostopadłe do połaci:

| | | |
|------|-------|--------|
| qppk | 5,380 | [kN/m] |
| qppd | 7,221 | [kN/m] |

2. Obciążenie na 1mb płatwi równoległe do połaci:
obciążenie stałe + technologiczne:

| | | |
|-------|-------|--------|
| qpkll | 0,000 | [kN/m] |
| qpdll | 0,000 | [kN/m] |

obciążenie zmienne - śnieg:

| | | |
|--------|-------|--------|
| Qnpkll | 0,000 | [kN/m] |
| Qpdll | 0,000 | [kN/m] |

Ogółem obciążenie równoległe do połaci:

| | | |
|------|-------|--------|
| qprk | 0,000 | [kN/m] |
| qprd | 0,000 | [kN/m] |

Wartości sił przekrojowych:

moment w płaszczyźnie prostopadłej do połaci - Mp

moment w płaszczyźnie równoległej do połaci - Mr

obciążenie w płaszczyźnie prostopadłej do połaci - qppd

obciążenie w płaszczyźnie równoległej do połaci - qprd

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

1. Maksymalne wartości sił przekrojowych:

| | | |
|------|--------|-------|
| Mmax | 30,155 | [kNm] |
| Qmax | 20,869 | [kN] |

$$M_{\max} := (q_d + Q) \cdot \frac{L_{p\perp}^2}{8}$$
$$Q_{\max} := (q_d + Q) \cdot L_{p\perp} \cdot 0.5$$

2. Wartości sił przekrojowych od obciążeń prostopadłych do połąci:

| | | |
|----|--------|-------|
| Mp | 30,155 | [kNm] |
| Qp | 20,869 | [kN] |

$$M_p := q_{ppd} \cdot \frac{L_{p\perp}^2}{8}$$
$$Q_p := q_{ppd} \cdot L_{p\perp} \cdot 0.5$$

3. Wartości sił przekrojowych od obciążeń równoległych do połąci:

| | | |
|----|-------|-------|
| Mr | 0,000 | [kNm] |
| Qr | 0,000 | [kN] |

$$M_r := q_{prd} \cdot \frac{L_{p\perp}^2}{8}$$
$$Q_r := q_{prd} \cdot L_{p\perp} \cdot 0.5$$

Współczynnik k_h :

| | |
|-------|----------|
| k_h | 1,133967 |
|-------|----------|

Wartości charakterystyczne i obliczeniowe przyjętego drewna klejonego:
drewno klejone warstwowo o wilgotności 8-12% klasy: **GL28c**
wytrzymałości charakterystyczne:

| | | |
|--|-----------|-------|
| średni moduł sprężystości wzdłuż włókien "Eg.0.mean" | 12500 | [Mpa] |
| 5% kwantyl modułu sprężystości "Eg.0.05" | 10400 | [Mpa] |
| na zginanie "fm.g.k" | 31,751064 | [Mpa] |
| na rozciąganie wzdłuż włókien "ft.0.g.k" | 19,5 | [Mpa] |
| na rozciąganie w poprzek włókien "ft.90.g.k" | 0,5 | [Mpa] |
| na ściskanie wzdłuż włókien "fc.0.g.k" | 24 | [Mpa] |
| na ściskanie w poprzek włókien "fc.90.g.k" | 2,5 | [Mpa] |
| na ścinanie "fv.g.k" | 3,5 | [Mpa] |
| średni moduł sprężystości na ścinanie "Gg.mean" | 650 | [Mpa] |

wytrzymałości obliczeniowe:

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa " γ_m ":

1,3

Częściowy współczynnik modyfikacji " k_{mod} ":

0,8

| | | |
|--|--------|-------|
| na zginanie "fm.g.d" | 19,539 | [Mpa] |
| na rozciąganie wzdłuż włókien "ft.0.g.d" | 12,000 | [Mpa] |
| na rozciąganie w poprzek włókien "ft.90.g.d" | 0,308 | [Mpa] |
| na ściskanie wzdłuż włókien "fc.0.g.d" | 14,769 | [Mpa] |
| na ściskanie w poprzek włókien "fc.90.g.d" | 1,538 | [Mpa] |
| na ścinanie "fv.g.d" | 2,154 | [Mpa] |

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

Przyjęto płatew o wymiarach poprzecznych przekroju:

| b [cm] | h [cm] |
|--------|--------|
| 12 | 32 |

Wielkości geometryczne i statyczne przekroju płatwi:

| | | |
|--------------------------------------|--------|-------------------|
| pole powierzchni przekroju "A": | 0,038 | [m ²] |
| wskaźnik wytrzymałości "Wx": | 0,002 | [m ³] |
| wskaźnik wytrzymałości "Wy": | 0,001 | [m ³] |
| moment bezwładności "Ix": | 0,0003 | [m ⁴] |
| moment bezwładności "Iy": | 0,0000 | [m ⁴] |
| promień bezwładności przekroju "ix": | 0,092 | [m] |
| promień bezwładności przekroju "iy": | 0,035 | [m] |

Sprawdzenie naprężeń od zginania w dwóch kierunkach:

1. Naprężenia obliczeniowe od zginania - w kierunku osi z:

| | | |
|----------------|--------|-------|
| σ_{mzd} | 14,724 | [MPa] |
|----------------|--------|-------|

2. Naprężenia obliczeniowe od zginania - w kierunku osi y:

| | | |
|----------------|-------|-------|
| σ_{myd} | 0,000 | [MPa] |
|----------------|-------|-------|

3. Naprężenia obliczeniowe wywołane ścisnaniem równoległym do włókien:

| | | |
|--|-------|-----|
| długość płatwi "ly": | 5,780 | [m] |
| współczynnik dług. wyboczeniowej "μy": | 1,0 | |
| długość wyboczeniowa płatwi "lcy": | 5,780 | [m] |
| smukłość płatwi "λy": | 166,9 | |

Naprężenie krytyczne przy ścisnaniu:

| | | |
|---------------------|-------|-------|
| $\sigma_{c.crit.y}$ | 3,687 | [MPa] |
|---------------------|-------|-------|

$$\sigma_{c.crit.y} := \frac{\pi^2 \cdot E_g \cdot 0.05}{\lambda_y^2}$$

Smukłość sprowadzona przy ścisnaniu:

| | | |
|-------------------|-------|--|
| $\lambda_{rel.y}$ | 2,551 | |
|-------------------|-------|--|

$$\lambda_{rel.y} := \sqrt{\frac{f_{c.0.g.k}}{\sigma_{c.crit.y}}}$$

Współczynnik wyboczeniowy:

współczynnik dotyczący prostoliniowości elementów (dla drewna klejonego warstwowo):

| | |
|-----------|-------|
| β_c | 0,100 |
| k_y | 3,857 |
| $k_{c.y}$ | 0,148 |

$$k_y := 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel.y} - 0.5) + \lambda_{rel.y}^2 \right]$$
$$k_{c.y} := \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\lambda_{rel.y}^2}{\lambda_{rel.y}^2}}}$$

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

$$\kappa_y + \sqrt{\kappa_y^2 - \alpha_{rel,y}}$$

Naprężenia obliczeniowe przy ściskaniu:

siła ściskająca dźwigar: N_y 0 [kN]

σ_{c.0.d} 0,000 [MPa]

$$\sigma_{c.0.d} = \frac{N_y}{\kappa_{c,y} \cdot A}$$

Zginanie z osiową siłą ściskającą:

k_m 0,7

0,75

0,53

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.g.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{myd}}{f_{m.g.d}} + \frac{\sigma_{mzd}}{f_{m.g.d}}$$

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.g.d}} + \frac{\sigma_{myd}}{f_{m.g.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{mzd}}{f_{m.g.d}}$$

Sprawdzenie naprężeń ścinających w miejscu oparcia na wsporniku:

Maks. siła poprzeczna: Q_p 20,869 [kN]

T_d 815,186 [kN/m²]

$$\tau_d := 1.5 \cdot \frac{Q_p}{b \cdot h}$$

0,38

$$\frac{\tau_d}{f_{v.g.d}}$$

II Stan graniczny użytkowalności

Sprawdzenie ugięcia płatwi:

1. Ugięcie od obciążeń stałych

Obciążenie charakterystyczne prostopadłe do połąci:

u_{inst1.z} 11,1 mm

Obciążenie charakterystyczne równoległe do połąci:

u_{inst1.y} 0,0 mm

Ugięcie płatwi przy zginaniu ukośnym:

u_{inst1} 11,1 mm

$$u_{fin} := \left(u_{fin.z}^2 + u_{fin.y}^2 \right)^{0.5}$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def}: 0,6

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

u_{fin1} 17,7 mm

$$u_{fin1} := u_{fin} \cdot (1 + k_{def})$$

2. Ugięcie od obciążeń śniegiem

Obciążenie charakterystyczne prostopadłe do połaci:

$u_{inst2.z}$ 9,0 mm

Obciążenie charakterystyczne równoległe do połaci:

$u_{inst2.y}$ 0,0 mm

Ugięcie płatwi przy zginaniu ukośnym:

u_{inst2} 9,0 mm

$$u_{fin} := \left(u_{fin.z}^2 + u_{fin.y}^2 \right)^{0.5}$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def} : 0,25

u_{fin2} 11,3 mm

$$u_{fin1} := u_{fin} \cdot (1 + k_{def})$$

3. Ugięcie od obciążeń wiatrem

Obciążenie charakterystyczne prostopadłe do połaci:

$u_{inst3.z}$ -1,0 mm

Ugięcie płatwi przy zginaniu ukośnym:

u_{inst3} 1,0 mm

$$u_{fin} := \left(u_{fin.z}^2 + u_{fin.y}^2 \right)^{0.5}$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def} : 0,00

u_{fin3} 1,0 mm

$$u_{fin1} := u_{fin} \cdot (1 + k_{def})$$

Dopuszczalne ugięcie płatwi $l/200$:

$U_{net.fin}$ 28,9 mm

1,04

$$\frac{u_{fin1}}{u_{net.fin}}$$

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

ODPORNOŚĆ OGNIOWA PŁATWI:

| | | |
|---------------------------|------|-------|
| Czas spalania "t": | 30,0 | [min] |
| Głębokość zwęglenia "βn": | 0,7 | [mm] |

| | | |
|-------|------|----|
| dchar | 21,0 | mm |
|-------|------|----|

$d_{char} := \beta_n \cdot t$

Przekrój zredukowany:

| | | |
|----|-----|------|
| k0 | 1,0 | |
| d0 | 7,0 | [mm] |

Przekrój efektywny:

| | | | |
|-----|-------|----|--------------------------------------|
| def | 28,0 | mm | $d_{ef} := d_{char} + k_0 \cdot d_0$ |
| br | 64,0 | mm | $b_r := b - 2 \cdot d_{ef}$ |
| hr | 292,0 | mm | $h_r := h - d_{ef}$ |

| | |
|--|--------|
| wskaźnik wytrzymałości efektywny "Wxr" [m3]: | 0,0009 |
| obwód przekroju szczątkowego "Or" [m]: | 0,712 |
| pole przekroju szczątkowego "Ar" [m2]: | 0,019 |

| | |
|---------|-------|
| kmod.fi | 0,810 |
|---------|-------|

| | | |
|----------|--------|-------|
| σ.m.d.fi | 16,671 | [MPa] |
|----------|--------|-------|

| | |
|-----|------|
| kfi | 1,15 |
|-----|------|

| | |
|-------|-----|
| γM.fi | 1,0 |
|-------|-----|

| | | |
|-----|--------|-------|
| f20 | 36,514 | [MPa] |
|-----|--------|-------|

| | | |
|-------|--------|-------|
| fd.fi | 29,558 | [MPa] |
|-------|--------|-------|

Przekrój efektywny:

| | | | |
|-----|-------|----|--------------------------------------|
| def | 28,0 | mm | $d_{ef} := d_{char} + k_0 \cdot d_0$ |
| br | 292,0 | mm | $b_r := b - 2 \cdot d_{ef}$ |
| hr | 64,0 | mm | $h_r := h - d_{ef}$ |

| | |
|--|--------|
| wskaźnik wytrzymałości efektywny "Wxr" [m3]: | 0,0002 |
| obwód przekroju szczątkowego "Or" [m]: | 0,712 |
| pole przekroju szczątkowego "Ar" [m2]: | 0,019 |

| | |
|---------|-------|
| kmod.fi | 0,810 |
|---------|-------|

| | | |
|----------|-------|-------|
| σ.m.d.fi | 0,000 | [MPa] |
|----------|-------|-------|

| | |
|-----|------|
| kfi | 1,15 |
|-----|------|

| | |
|-------|-----|
| γM.fi | 1,0 |
|-------|-----|

| | | |
|-----|--------|-------|
| f20 | 36,514 | [MPa] |
|-----|--------|-------|

| | | |
|-------|--------|-------|
| fd.fi | 29,558 | [MPa] |
|-------|--------|-------|

0,56

$\frac{\sigma_{m.d.fi}}{f_{d.fi}}$

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

1. Wymiarowanie elementów z drewna klejonego

1.1. Płatew P-1

Dane:

| | | |
|---------------------------------------|-------|-----|
| osiowy rozstaw dźwigarów "ad": | 6,000 | [m] |
| osiowy rozstaw płatwi po połąci "ap": | 2,650 | [m] |
| rozpiętość obliczeniowa płatwi "Lpł": | 5,780 | [m] |
| nachylenie połąci dachowej "α": | 0,0 | [°] |

| b [cm] | h [cm] |
|--------|--------|
| 16 | 32 |

I. Zebranie obciążeń

1. Obciążenie stałe

| LP | warstwa | grubość [cm] | obc. charakt. | | obc. char. na m/b | | wsp. bezp. | obc. obl. na m/b |
|----|----------------------|-----------------|---------------|-------|-------------------|-------|---------------|---------------------|
| | | | kN/m² | kN/m³ | kN/m | | | |
| 1 | 2x papa | | 0,12 | | 0,318 | 0,000 | 1,2 | 0,382 |
| 2 | wełna mineralna | 10 | | 1,2 | 0,000 | 0,318 | 1,2 | 0,382 |
| 3 | wełna mineralna | 10 | | 1,5 | 0,000 | 0,398 | 1,2 | 0,477 |
| 4 | paroizolacja | | 0,02 | | 0,053 | 0,000 | 1,2 | 0,064 |
| 5 | blacha trapezowa | | 0,12 | | 0,318 | 0,000 | 1,2 | 0,382 |
| 6 | sufit podwieszany | | 0,1 | | 0,265 | 0,000 | 1,2 | 0,318 |
| 7 | dodatkowa papa | | 0,08 | | 0,212 | 0,000 | 1,2 | 0,254 |
| 8 | panele fotowoltaiczn | | 0,2 | | 0,530 | 0,000 | 1,2 | 0,636 |
| 9 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 10 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 11 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 12 | płatew | | | 4,7 | 0,000 | 0,241 | 1,1 | 0,265 |
| | | | | | | 2,652 | | 3,159 |

2. Obciążenie zmienne

| | | | | | | | | |
|----|---------------------|--|-----|--|-------|-------|-----|-------|
| 13 | obc. technologiczne | | 0,1 | | 0,265 | 0,000 | 1,4 | 0,371 |
|----|---------------------|--|-----|--|-------|-------|-----|-------|

śnieg

| | |
|--------|---|
| strefa | 3 |
|--------|---|

| | | |
|-------------------------------|-----|----------------------|
| obciążenie charakt. śniegiem: | 1,2 | [kN/m ²] |
| współczynnik kształtu dachu: | 0,8 | |

| | | | | | | | | |
|----|-------|--|--|--|-------|--|-----|-------|
| 14 | śnieg | | | | 2,544 | | 1,5 | 3,816 |
|----|-------|--|--|--|-------|--|-----|-------|

wiatr

| | |
|--------|---|
| strefa | 1 |
|--------|---|

| | |
|-------|---|
| teren | A |
|-------|---|

| | | |
|---------------------------------|------|----------------------|
| obc. charakt. wiatrem "qw": | 0 | [kN/m ²] |
| wysokość obiektu "z": | 10 | [m] |
| współczynnik ekspozycji "Ce": | 1 | dla terenu A pow.10m |
| wsp. aerodynamiczny (parcie): | -0,2 | |
| wsp. aerodynamiczny (ssanie): | -0,4 | |
| wsp. dział. porywów wiatru "β": | 1,8 | |

| | | | | | | | | |
|----|--------------|--|--|--|-------|--|-----|-------|
| 15 | wiatr parcie | | | | 0,000 | | 1,5 | 0,000 |
| 16 | wiatr ssanie | | | | 0,000 | | 1,5 | 0,000 |

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

II. Wymiarowanie przekroju

Obciążenie charakterystyczne na 1mb płatwi (stałe + technologiczne):

| | | |
|----|-------|--------|
| qk | 2,917 | [kN/m] |
|----|-------|--------|

Obciążenie obliczeniowe na 1mb płatwi (stałe + technologiczne):

| | | |
|----|-------|--------|
| qd | 3,530 | [kN/m] |
|----|-------|--------|

1. Obciążenie na 1mb płatwi prostopadłe do połaci:
obciążenie stałe + technologiczne:

| | | |
|-----|-------|--------|
| qpk | 2,917 | [kN/m] |
| qpd | 3,530 | [kN/m] |

obciążenie zmienne - śnieg:

| | | |
|------|-------|--------|
| Qnpk | 2,544 | [kN/m] |
| Qpd | 3,816 | [kN/m] |

wiatr:

| | | |
|-----|-------|--------|
| qpk | 0,000 | [kN/m] |
| qpd | 0,000 | [kN/m] |

Ogółem obciążenie prostopadłe do połaci:

| | | |
|------|-------|--------|
| qppk | 5,461 | [kN/m] |
| qppd | 7,346 | [kN/m] |

2. Obciążenie na 1mb płatwi równoległe do połaci:
obciążenie stałe + technologiczne:

| | | |
|-------|-------|--------|
| qpkll | 0,000 | [kN/m] |
| qpdll | 0,000 | [kN/m] |

obciążenie zmienne - śnieg:

| | | |
|--------|-------|--------|
| Qnpkll | 0,000 | [kN/m] |
| Qpdll | 0,000 | [kN/m] |

Ogółem obciążenie równoległe do połaci:

| | | |
|------|-------|--------|
| qprk | 0,000 | [kN/m] |
| qprd | 0,000 | [kN/m] |

Wartości sił przekrojowych:

moment w płaszczyźnie prostopadłej do połaci - Mp

moment w płaszczyźnie równoległej do połaci - Mr

obciążenie w płaszczyźnie prostopadłej do połaci - qppd

obciążenie w płaszczyźnie równoległej do połaci - qprd

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

1. Maksymalne wartości sił przekrojowych:

| | | |
|-------------|---------------|-------|
| Mmax | 30,675 | [kNm] |
| Qmax | 21,229 | [kN] |

$$M_{\max} := (q_d + Q) \cdot \frac{L_{p\perp}^2}{8}$$

$$Q_{\max} := (q_d + Q) \cdot L_{p\perp} \cdot 0.5$$

2. Wartości sił przekrojowych od obciążeń prostopadłych do połąci:

| | | |
|-----------|---------------|-------|
| Mp | 30,675 | [kNm] |
| Qp | 21,229 | [kN] |

$$M_p := q_{ppd} \cdot \frac{L_{p\perp}^2}{8}$$

$$Q_p := q_{ppd} \cdot L_{p\perp} \cdot 0.5$$

3. Wartości sił przekrojowych od obciążeń równoległych do połąci:

| | | |
|-----------|--------------|-------|
| Mr | 0,000 | [kNm] |
| Qr | 0,000 | [kN] |

$$M_r := q_{prd} \cdot \frac{L_{p\perp}^2}{8}$$

$$Q_r := q_{prd} \cdot L_{p\perp} \cdot 0.5$$

Współczynnik k_h :

| | |
|-------------------------|-----------------|
| k_h | 1,133967 |
|-------------------------|-----------------|

Wartości charakterystyczne i obliczeniowe przyjętego drewna klejonego:
drewno klejone warstwowo o wilgotności 8-12% klasy: **GL28c**
wytrzymałości charakterystyczne:

| | | |
|--|-----------|-------|
| średni moduł sprężystości wzdłuż włókien "Eg.0.mean" | 12500 | [Mpa] |
| 5% kwantyl modułu sprężystości "Eg.0.05" | 10400 | [Mpa] |
| na zginanie "fm.g.k" | 31,751064 | [Mpa] |
| na rozciąganie wzdłuż włókien "ft.0.g.k" | 19,5 | [Mpa] |
| na rozciąganie w poprzek włókien "ft.90.g.k" | 0,5 | [Mpa] |
| na ściskanie wzdłuż włókien "fc.0.g.k" | 24 | [Mpa] |
| na ściskanie w poprzek włókien "fc.90.g.k" | 2,5 | [Mpa] |
| na ścinanie "fv.g.k" | 3,5 | [Mpa] |
| średni moduł sprężystości na ścinanie "Gg.mean" | 650 | [Mpa] |

wytrzymałości obliczeniowe:

| | |
|---|------------|
| Częściowy współczynnik bezpieczeństwa " γ_m ": | 1,3 |
| Częściowy współczynnik modyfikacji " k_{mod} ": | 0,8 |

| | | |
|--|--------|-------|
| na zginanie "fm.g.d" | 19,539 | [Mpa] |
| na rozciąganie wzdłuż włókien "ft.0.g.d" | 12,000 | [Mpa] |
| na rozciąganie w poprzek włókien "ft.90.g.d" | 0,308 | [Mpa] |
| na ściskanie wzdłuż włókien "fc.0.g.d" | 14,769 | [Mpa] |
| na ściskanie w poprzek włókien "fc.90.g.d" | 1,538 | [Mpa] |
| na ścinanie "fv.g.d" | 2,154 | [Mpa] |

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

Przyjęto płatew o wymiarach poprzecznych przekroju:

| b [cm] | h [cm] |
|--------|--------|
| 16 | 32 |

Wielkości geometryczne i statyczne przekroju płatwi:

| | | |
|--------------------------------------|--------|-------------------|
| pole powierzchni przekroju "A": | 0,051 | [m ²] |
| wskaźnik wytrzymałości "Wx": | 0,003 | [m ³] |
| wskaźnik wytrzymałości "Wy": | 0,001 | [m ³] |
| moment bezwładności "Ix": | 0,0004 | [m ⁴] |
| moment bezwładności "Iy": | 0,0001 | [m ⁴] |
| promień bezwładności przekroju "ix": | 0,092 | [m] |
| promień bezwładności przekroju "iy": | 0,046 | [m] |

Sprawdzenie naprężeń od zginania w dwóch kierunkach:

1. Naprężenia obliczeniowe od zginania - w kierunku osi z:

| | | |
|----------------|--------|-------|
| σ_{mzd} | 11,234 | [MPa] |
|----------------|--------|-------|

2. Naprężenia obliczeniowe od zginania - w kierunku osi y:

| | | |
|----------------|-------|-------|
| σ_{myd} | 0,000 | [MPa] |
|----------------|-------|-------|

3. Naprężenia obliczeniowe wywołane ścisaniem równoległym do włókien:

| | | |
|--|-------|-----|
| długość płatwi "ly": | 5,780 | [m] |
| współczynnik dług. wyboczeniowej "μy": | 1,0 | |
| długość wyboczeniowa płatwi "lcy": | 5,780 | [m] |
| smukłość płatwi "λy": | 125,1 | |

Naprężenie krytyczne przy ścisaniu:

| | | |
|---------------------|-------|-------|
| $\sigma_{c.crit.y}$ | 6,554 | [MPa] |
|---------------------|-------|-------|

$$\sigma_{c.crit.y} := \frac{\pi^2 \cdot E_g \cdot 0.05}{\lambda_y^2}$$

Smukłość sprowadzona przy ścisaniu:

| | | |
|-------------------|-------|--|
| $\lambda_{rel.y}$ | 1,914 | |
|-------------------|-------|--|

$$\lambda_{rel.y} := \sqrt{\frac{f_{c.0.g.k}}{\sigma_{c.crit.y}}}$$

Współczynnik wyboczeniowy:

współczynnik dotyczący prostoliniowości elementów (dla drewna klejonego warstwowo):

| | |
|-----------|-------|
| β_c | 0,100 |
| k_y | 2,401 |
| $k_{c.y}$ | 0,260 |

$$k_y := 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel.y} - 0.5) + \lambda_{rel.y}^2 \right]$$
$$k_{c.y} := \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\lambda_{rel.y}^2}{\lambda_{rel.y}^2}}}$$

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

$$\kappa_y + \sqrt{\kappa_y - \alpha_{rel,y}}$$

Naprężenia obliczeniowe przy ściskaniu:

siła ściskająca dźwigar: **N_y** **53** [kN]

σ_{c.0.d} **3,988** [MPa]

$$\sigma_{c.0.d} = \frac{N_y}{\kappa_{c,y} \cdot A}$$

Zginanie z osiową siłą ściskającą:

k_m **0,7**

0,84

0,67

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.g.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{myd}}{f_{m.g.d}} + \frac{\sigma_{mzd}}{f_{m.g.d}}$$

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.g.d}} + \frac{\sigma_{myd}}{f_{m.g.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{mzd}}{f_{m.g.d}}$$

Sprawdzenie naprężeń ścinających w miejscu oparcia na wsporniku:

Maks. siła poprzeczna: **Q_p** **21,229** [kN]

T_d **621,929** [kN/m²]

$$\tau_d := 1.5 \cdot \frac{Q_p}{b \cdot h}$$

0,29

$$\frac{\tau_d}{f_{v.g.d}}$$

II Stan graniczny użytkowalności

Sprawdzenie ugięcia płatwi:

1. Ugięcie od obciążeń stałych

Obciążenie charakterystyczne prostopadłe do połąci:

u_{inst1.z} **7,8** mm

Obciążenie charakterystyczne równoległe do połąci:

u_{inst1.y} **0,0** mm

Ugięcie płatwi przy zginaniu ukośnym:

u_{inst1} **7,8** mm

$$u_{fin} := \left(u_{fin.z}^2 + u_{fin.y}^2 \right)^{0.5}$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def}: **0,6**

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

u_{fin1} **12,4** mm

$$u_{fin1} := u_{fin} \cdot (1 + k_{def})$$

2. Ugięcie od obciążeń śniegiem

Obciążenie charakterystyczne prostopadłe do połaci:

$u_{inst2.z}$ **6,8** mm

Obciążenie charakterystyczne równoległe do połaci:

$u_{inst2.y}$ **0,0** mm

Ugięcie płatwi przy zginaniu ukośnym:

u_{inst2} **6,8** mm

$$u_{fin} := \left(u_{fin.z}^2 + u_{fin.y}^2 \right)^{0.5}$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def} : **0,25**

u_{fin2} **8,5** mm

$$u_{fin1} := u_{fin} \cdot (1 + k_{def})$$

3. Ugięcie od obciążeń wiatrem

Obciążenie charakterystyczne prostopadłe do połaci:

$u_{inst3.z}$ **0,0** mm

Ugięcie płatwi przy zginaniu ukośnym:

u_{inst3} **0,0** mm

$$u_{fin} := \left(u_{fin.z}^2 + u_{fin.y}^2 \right)^{0.5}$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def} : **0,00**

u_{fin3} **0,0** mm

$$u_{fin1} := u_{fin} \cdot (1 + k_{def})$$

Dopuszczalne ugięcie płatwi $l/200$:

$U_{net.fin}$ **28,9** mm

0,72

$$\frac{u_{fin1}}{u_{net.fin}}$$

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

ODPORNOŚĆ OGNIOWA PŁATWI:

Czas spalania "t": 30,0 [min]

Głębokość zwęglenia "βn": 0,7 [mm]

dchar 21,0 mm

$$d_{char} := \beta_n \cdot t$$

Przekrój zredukowany:

k0 1,0
d0 7,0 [mm]

Przekrój efektywny:

def 28,0 mm $d_{ef} := d_{char} + k_0 \cdot d_0$
br 104,0 mm $b_r := b - 2 \cdot d_{ef}$
hr 292,0 mm $h_r := h - d_{ef}$

wskaźnik wytrzymałości efektywny "Wxr" [m3]: 0,0015
obwód przekroju szczątkowego "Or" [m]: 0,792
pole przekroju szczątkowego "Ar" [m2]: 0,030

kmod.fi 0,870

σ.m.d.fi 11,426 [MPa]

kfi 1,15

γM.fi 1,0

f20 36,514 [MPa]

fd.fi 31,752 [MPa]

Przekrój efektywny:

def 28,0 mm $d_{ef} := d_{char} + k_0 \cdot d_0$
br 292,0 mm $b_r := b - 2 \cdot d_{ef}$
hr 104,0 mm $h_r := h - d_{ef}$

wskaźnik wytrzymałości efektywny "Wxr" [m3]: 0,0005
obwód przekroju szczątkowego "Or" [m]: 0,792
pole przekroju szczątkowego "Ar" [m2]: 0,030

kmod.fi 0,870

σ.m.d.fi 1,745 [MPa]

kfi 1,15

γM.fi 1,0

f20 36,514 [MPa]

fd.fi 31,752 [MPa]

0,36

$$\frac{\sigma_{m.d.fi}}{f_{d.fi}}$$

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

1. Wymiarowanie elementów z drewna klejonego

1.1. Płatew P-3

Dane:

| | | |
|---------------------------------------|-------|-----|
| osiowy rozstaw dźwigarów "ad": | 6,000 | [m] |
| osiowy rozstaw płatwi po połąci "ap": | 2,650 | [m] |
| rozpiętość obliczeniowa płatwi "Lpł": | 5,780 | [m] |
| nachylenie połąci dachowej "α": | 0,0 | [°] |

| b [cm] | h [cm] |
|--------|--------|
| 18 | 32 |

I. Zebranie obciążeń

1. Obciążenie stałe

| LP | warstwa | grubość [cm] | obc. charakt. | | obc. char. na m/b kN/m | | wsp. bezp. | obc. obl. na m/b |
|----|-----------------------|-----------------|---------------|-------|---------------------------|-------|---------------|---------------------|
| | | | kN/m² | kN/m³ | | | | |
| 1 | 2x papa | | 0,12 | | 0,318 | 0,000 | 1,2 | 0,382 |
| 2 | wełna mineralna | 10 | | 1,2 | 0,000 | 0,318 | 1,2 | 0,382 |
| 3 | wełna mineralna | 10 | | 1,5 | 0,000 | 0,398 | 1,2 | 0,477 |
| 4 | paroizolacja | | 0,02 | | 0,053 | 0,000 | 1,2 | 0,064 |
| 5 | blacha trapezowa | | 0,12 | | 0,318 | 0,000 | 1,2 | 0,382 |
| 6 | sufit podwieszany | | 0,1 | | 0,265 | 0,000 | 1,2 | 0,318 |
| 7 | dodatkowa papa | | 0,08 | | 0,212 | 0,000 | 1,2 | 0,254 |
| 8 | panele fotowoltaiczne | | 0,2 | | 0,530 | 0,000 | 1,2 | 0,636 |
| 9 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 10 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 11 | | | | | 0,000 | 0,000 | 1,2 | 0,000 |
| 12 | platew | | | 4,7 | 0,000 | 0,271 | 1,1 | 0,298 |
| | | | | | | 2,682 | | 3,192 |

2. Obciążenie zmienne

| | | | | | | | | |
|----|---------------------|--|-----|--|-------|-------|-----|-------|
| 13 | obc. technologiczne | | 0,1 | | 0,265 | 0,000 | 1,4 | 0,371 |
|----|---------------------|--|-----|--|-------|-------|-----|-------|

śnieg

| | |
|--------|---|
| strefa | 3 |
|--------|---|

| | | |
|-------------------------------|------|----------------------|
| obciążenie charakt. śniegiem: | 1,2 | [kN/m ²] |
| współczynnik kształtu dachu: | 1,65 | |

| | | | | | | | | |
|----|-------|--|--|--|-------|--|-----|-------|
| 14 | śnieg | | | | 5,247 | | 1,5 | 7,871 |
|----|-------|--|--|--|-------|--|-----|-------|

wiatr

| | |
|--------|---|
| strefa | 1 |
|--------|---|

| | |
|-------|---|
| teren | A |
|-------|---|

| | | |
|---------------------------------|------|----------------------|
| obc. charakt. wiatrem "qw": | 0 | [kN/m ²] |
| wysokość obiektu "z": | 10 | [m] |
| współczynnik ekspozycji "Ce": | 1 | dla terenu A pow.10m |
| wsp. aerodynamiczny (parcie): | -0,2 | |
| wsp. aerodynamiczny (ssanie): | -0,4 | |
| wsp. dział. porywów wiatru "β": | 1,8 | |

| | | | | | | | | |
|----|--------------|--|--|--|-------|--|-----|-------|
| 15 | wiatr parcie | | | | 0,000 | | 1,5 | 0,000 |
| 16 | wiatr ssanie | | | | 0,000 | | 1,5 | 0,000 |

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

II. Wymiarowanie przekroju

Obciążenie charakterystyczne na 1mb płatwi (stałe + technologiczne):

| | | |
|----|-------|--------|
| qk | 2,947 | [kN/m] |
|----|-------|--------|

Obciążenie obliczeniowe na 1mb płatwi (stałe + technologiczne):

| | | |
|----|-------|--------|
| qd | 3,563 | [kN/m] |
|----|-------|--------|

1. Obciążenie na 1mb płatwi prostopadłe do połaci:
obciążenie stałe + technologiczne:

| | | |
|-----|-------|--------|
| qpk | 2,947 | [kN/m] |
| qpd | 3,563 | [kN/m] |

obciążenie zmienne - śnieg:

| | | |
|------|-------|--------|
| Qnpk | 5,247 | [kN/m] |
| Qpd | 7,871 | [kN/m] |

wiatr:

| | | |
|-----|-------|--------|
| qpk | 0,000 | [kN/m] |
| qpd | 0,000 | [kN/m] |

Ogółem obciążenie prostopadłe do połaci:

| | | |
|------|--------|--------|
| qppk | 8,194 | [kN/m] |
| qppd | 11,433 | [kN/m] |

2. Obciążenie na 1mb płatwi równoległe do połaci:
obciążenie stałe + technologiczne:

| | | |
|-------|-------|--------|
| qpkll | 0,000 | [kN/m] |
| qpdll | 0,000 | [kN/m] |

obciążenie zmienne - śnieg:

| | | |
|--------|-------|--------|
| Qnpkll | 0,000 | [kN/m] |
| Qpdll | 0,000 | [kN/m] |

Ogółem obciążenie równoległe do połaci:

| | | |
|------|-------|--------|
| qprk | 0,000 | [kN/m] |
| qprd | 0,000 | [kN/m] |

Wartości sił przekrojowych:

moment w płaszczyźnie prostopadłej do połaci - Mp

moment w płaszczyźnie równoległej do połaci - Mr

obciążenie w płaszczyźnie prostopadłej do połaci - qppd

obciążenie w płaszczyźnie równoległej do połaci - qprd

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

1. Maksymalne wartości sił przekrojowych:

| | | |
|------|--------|-------|
| Mmax | 47,745 | [kNm] |
| Qmax | 33,042 | [kN] |

$$M_{\max} := (q_d + Q) \cdot \frac{L_{p\perp}^2}{8}$$
$$Q_{\max} := (q_d + Q) \cdot L_{p\perp} \cdot 0.5$$

2. Wartości sił przekrojowych od obciążeń prostopadłych do połąci:

| | | |
|----|--------|-------|
| Mp | 47,745 | [kNm] |
| Qp | 33,042 | [kN] |

$$M_p := q_{ppd} \cdot \frac{L_{p\perp}^2}{8}$$
$$Q_p := q_{ppd} \cdot L_{p\perp} \cdot 0.5$$

3. Wartości sił przekrojowych od obciążeń równoległych do połąci:

| | | |
|----|-------|-------|
| Mr | 0,000 | [kNm] |
| Qr | 0,000 | [kN] |

$$M_r := q_{prd} \cdot \frac{L_{p\perp}^2}{8}$$
$$Q_r := q_{prd} \cdot L_{p\perp} \cdot 0.5$$

Współczynnik k_h :

| | |
|-------|----------|
| k_h | 1,133967 |
|-------|----------|

Wartości charakterystyczne i obliczeniowe przyjętego drewna klejonego:
drewno klejone warstwowo o wilgotności 8-12% klasy: **GL28c**
wytrzymałości charakterystyczne:

| | | |
|--|-----------|-------|
| średni moduł sprężystości wzdłuż włókien "Eg.0.mean" | 12500 | [Mpa] |
| 5% kwantyl modułu sprężystości "Eg.0.05" | 10400 | [Mpa] |
| na zginanie "fm.g.k" | 31,751064 | [Mpa] |
| na rozciąganie wzdłuż włókien "ft.0.g.k" | 19,5 | [Mpa] |
| na rozciąganie w poprzek włókien "ft.90.g.k" | 0,5 | [Mpa] |
| na ściskanie wzdłuż włókien "fc.0.g.k" | 24 | [Mpa] |
| na ściskanie w poprzek włókien "fc.90.g.k" | 2,5 | [Mpa] |
| na ścinanie "fv.g.k" | 3,5 | [Mpa] |
| średni moduł sprężystości na ścinanie "Gg.mean" | 650 | [Mpa] |

wytrzymałości obliczeniowe:

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa " γ_m ":

1,3

Częściowy współczynnik modyfikacji " k_{mod} ":

0,8

| | | |
|--|--------|-------|
| na zginanie "fm.g.d" | 19,539 | [Mpa] |
| na rozciąganie wzdłuż włókien "ft.0.g.d" | 12,000 | [Mpa] |
| na rozciąganie w poprzek włókien "ft.90.g.d" | 0,308 | [Mpa] |
| na ściskanie wzdłuż włókien "fc.0.g.d" | 14,769 | [Mpa] |
| na ściskanie w poprzek włókien "fc.90.g.d" | 1,538 | [Mpa] |
| na ścinanie "fv.g.d" | 2,154 | [Mpa] |

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

Przyjęto płatew o wymiarach poprzecznych przekroju:

| b [cm] | h [cm] |
|--------|--------|
| 18 | 32 |

Wielkości geometryczne i statyczne przekroju płatwi:

| | | |
|--------------------------------------|--------|-------------------|
| pole powierzchni przekroju "A": | 0,058 | [m ²] |
| wskaźnik wytrzymałości "Wx": | 0,003 | [m ³] |
| wskaźnik wytrzymałości "Wy": | 0,002 | [m ³] |
| moment bezwładności "Ix": | 0,0005 | [m ⁴] |
| moment bezwładności "Iy": | 0,0002 | [m ⁴] |
| promień bezwładności przekroju "ix": | 0,092 | [m] |
| promień bezwładności przekroju "iy": | 0,052 | [m] |

Sprawdzenie naprężeń od zginania w dwóch kierunkach:

1. Naprężenia obliczeniowe od zginania - w kierunku osi z:

| | | |
|----------------|--------|-------|
| σ_{mzd} | 15,542 | [MPa] |
|----------------|--------|-------|

2. Naprężenia obliczeniowe od zginania - w kierunku osi y:

| | | |
|----------------|-------|-------|
| σ_{myd} | 0,000 | [MPa] |
|----------------|-------|-------|

3. Naprężenia obliczeniowe wywołane ścisaniem równoległym do włókien:

| | | |
|--|-------|-----|
| długość płatwi "ly": | 5,780 | [m] |
| współczynnik dług. wyboczeniowej "μy": | 1,0 | |
| długość wyboczeniowa płatwi "lcy": | 5,780 | [m] |
| smukłość płatwi "λy": | 111,2 | |

Naprężenie krytyczne przy ścisaniu:

| | | |
|---------------------|-------|-------|
| $\sigma_{c.crit.y}$ | 8,295 | [MPa] |
|---------------------|-------|-------|

$$\sigma_{c.crit.y} := \frac{\pi^2 \cdot E_g \cdot 0.05}{\lambda_y^2}$$

Smukłość sprowadzona przy ścisaniu:

| | | |
|-------------------|-------|--|
| $\lambda_{rel.y}$ | 1,701 | |
|-------------------|-------|--|

$$\lambda_{rel.y} := \sqrt{\frac{f_{c.0.g.k}}{\sigma_{c.crit.y}}}$$

Współczynnik wyboczeniowy:

współczynnik dotyczący prostoliniowości elementów (dla drewna klejonego warstwowo):

| | |
|-----------|-------|
| β_c | 0,100 |
| k_y | 2,007 |
| $k_{c.y}$ | 0,326 |

$$k_y := 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel.y} - 0.5) + \lambda_{rel.y}^2 \right]$$
$$k_{c.y} := \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\lambda_{rel.y}^2}{\lambda_{rel.y}^2}}}$$

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

$$\kappa_y + \sqrt{\kappa_y - \kappa_{rel,y}}$$

Naprężenia obliczeniowe przy ściskaniu:

siła ściskająca dźwigar: **N_y** **53** [kN]

σ_{c.0.d} **2,826** [MPa]

$$\sigma_{c.0.d} = \frac{N_y}{\kappa_{c,y} \cdot A}$$

Zginanie z osiową siłą ściskającą:

k_m **0,7**

0,99

0,75

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.g.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{myd}}{f_{m.g.d}} + \frac{\sigma_{mzd}}{f_{m.g.d}}$$

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.g.d}} + \frac{\sigma_{myd}}{f_{m.g.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{mzd}}{f_{m.g.d}}$$

Sprawdzenie naprężeń ścinających w miejscu oparcia na wsporniku:

Maks. siła poprzeczna: **Q_p** **33,042** [kN]

T_d **860,459** [kN/m²]

$$\tau_d := 1.5 \cdot \frac{Q_p}{b \cdot h}$$

0,40

$$\frac{\tau_d}{f_{v.g.d}}$$

II Stan graniczny użytkowalności

Sprawdzenie ugięcia płatwi:

1. Ugięcie od obciążeń stałych

Obciążenie charakterystyczne prostopadłe do połaci:

u_{inst1.z} **7,0** mm

Obciążenie charakterystyczne równoległe do połaci:

u_{inst1.y} **0,0** mm

Ugięcie płatwi przy zginaniu ukośnym:

u_{inst1} **7,0** mm

$$u_{fin} := \left(u_{fin.z}^2 + u_{fin.y}^2 \right)^{0.5}$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def}: **0,6**

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

u_{fin1} 11,2 mm

$$u_{fin1} := u_{fin} \cdot (1 + k_{def})$$

2. Ugięcie od obciążeń śniegiem

Obciążenie charakterystyczne prostopadłe do połaci:

$u_{inst2.z}$ 12,4 mm

Obciążenie charakterystyczne równoległe do połaci:

$u_{inst2.y}$ 0,0 mm

Ugięcie płatwi przy zginaniu ukośnym:

u_{inst2} 12,4 mm

$$u_{fin} := \left(u_{fin.z}^2 + u_{fin.y}^2 \right)^{0.5}$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def} : 0,25

u_{fin2} 15,5 mm

$$u_{fin1} := u_{fin} \cdot (1 + k_{def})$$

3. Ugięcie od obciążeń wiatrem

Obciążenie charakterystyczne prostopadłe do połaci:

$u_{inst3.z}$ 0,0 mm

Ugięcie płatwi przy zginaniu ukośnym:

u_{inst3} 0,0 mm

$$u_{fin} := \left(u_{fin.z}^2 + u_{fin.y}^2 \right)^{0.5}$$

Współczynnik zależny od klasy użytkowania k_{def} : 0,00

u_{fin3} 0,0 mm

$$u_{fin1} := u_{fin} \cdot (1 + k_{def})$$

Dopuszczalne ugięcie płatwi $l/200$:

$U_{net.fin}$ 28,9 mm

0,92

$$\frac{u_{fin1}}{u_{net.fin}}$$

Obliczenia wytrzymałościowe płatwi

ODPORNOŚĆ OGNIOWA PŁATWI:

Czas spalania "t": 30,0 [min]

Głębokość zwęglenia "βn": 0,7 [mm]

dchar 21,0 mm

$$d_{char} := \beta_n \cdot t$$

Przekrój zredukowany:

k0 1,0
d0 7,0 [mm]

Przekrój efektywny:

def 28,0 mm $d_{ef} := d_{char} + k_0 \cdot d_0$
br 124,0 mm $b_r := b - 2 \cdot d_{ef}$
hr 292,0 mm $h_r := h - d_{ef}$

wskaźnik wytrzymałości efektywny "Wxr" [m3]: 0,0018
obwód przekroju szczątkowego "Or" [m]: 0,832
pole przekroju szczątkowego "Ar" [m2]: 0,036

kmod.fi 0,885

σ.m.d.fi 10,935 [MPa]

kfi 1,15

γM.fi 1,0

f20 36,514 [MPa]

fd.fi 32,319 [MPa]

Przekrój efektywny:

def 28,0 mm $d_{ef} := d_{char} + k_0 \cdot d_0$
br 292,0 mm $b_r := b - 2 \cdot d_{ef}$
hr 124,0 mm $h_r := h - d_{ef}$

wskaźnik wytrzymałości efektywny "Wxr" [m3]: 0,0007
obwód przekroju szczątkowego "Or" [m]: 0,832
pole przekroju szczątkowego "Ar" [m2]: 0,036

kmod.fi 0,885

σ.m.d.fi 1,464 [MPa]

kfi 1,15

γM.fi 1,0

f20 36,514 [MPa]

fd.fi 32,319 [MPa]

0,34

$$\frac{\sigma_{m.d.fi}}{f_{d.fi}}$$