

Rzeszów, 2022



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



**WYDZIAŁ
BUDOWNICTWA
I INŻYNIERII ŚRODOWISKA
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ**

Konstrukcje Drewniane

Wiązar dachowy – zasady projektowania

Prowadzący: mgr inż. Angelika Raczak
Katedra Konstrukcji Budowlanych PRz

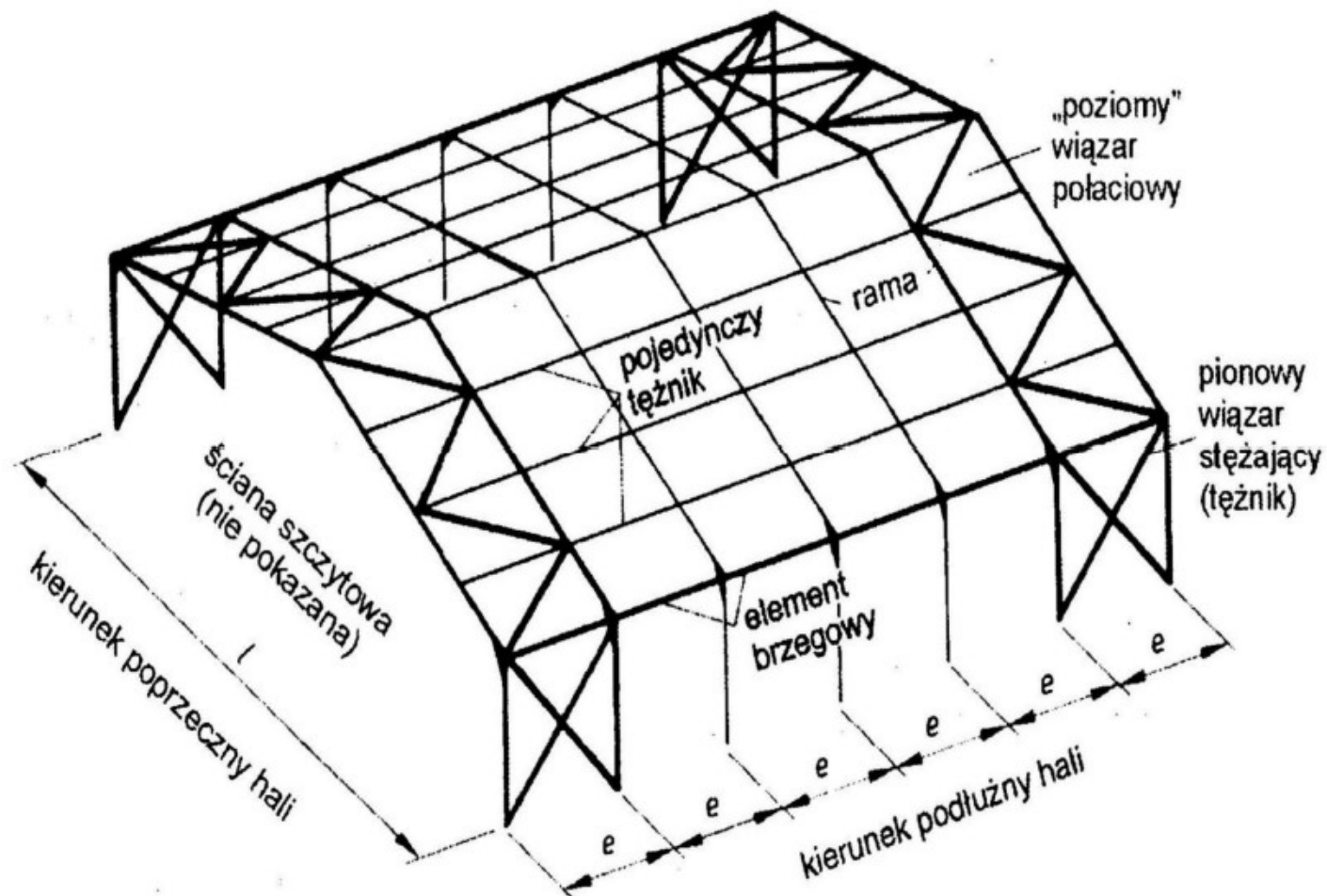
KONSTRUKCJE DACHOWE WIĘKSZYCH ROZPIĘTOŚCI WIĄZARY KRATOWE

CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA

Kratownice są to płaskie ustroje prętowe, w których elementy zewnętrzne (pasy) przenoszą ściskanie i rozciąganie, wynikające z działania momentów zginających, a środek pozostaje zredukowany do elementów prętowych usytuowanych tak, aby mogły przenosić siły poprzeczne. Jeśli założy się, że elementy prętowe zostaną połączone w węzłach przegubowo, a siły będą przyłożone w miejscach połączeń, to powstanie lekka konstrukcja, w której wszystkie elementy będą obciążone osiowo. Kratownice stosowane jako elementy nośne dachów są nazywane wiązarami, a konstrukcje kratowe płaskie — pełniące funkcję belek — dźwigarami kratowymi lub kratownicami.



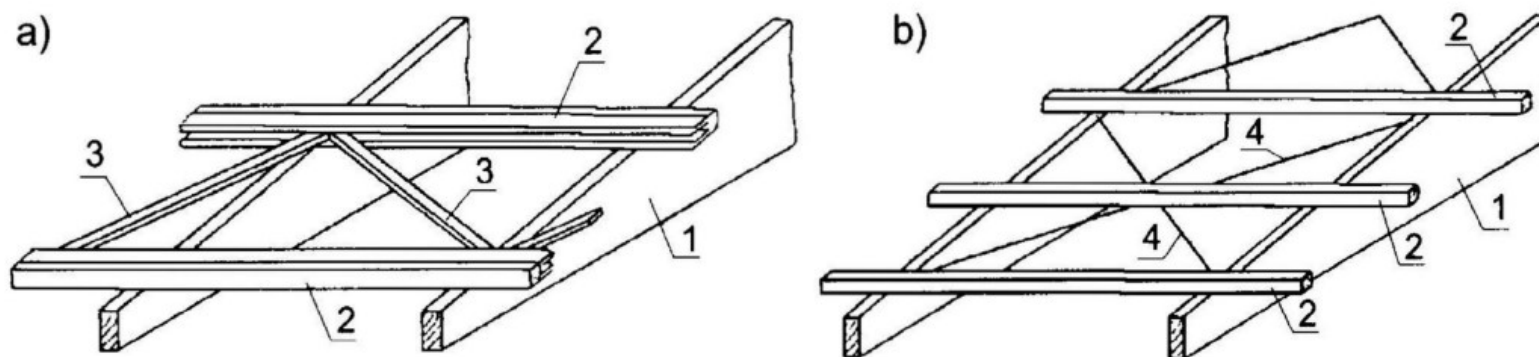
STĘŻENIA POŁACIOWE I PIONOWE ŚCIAN



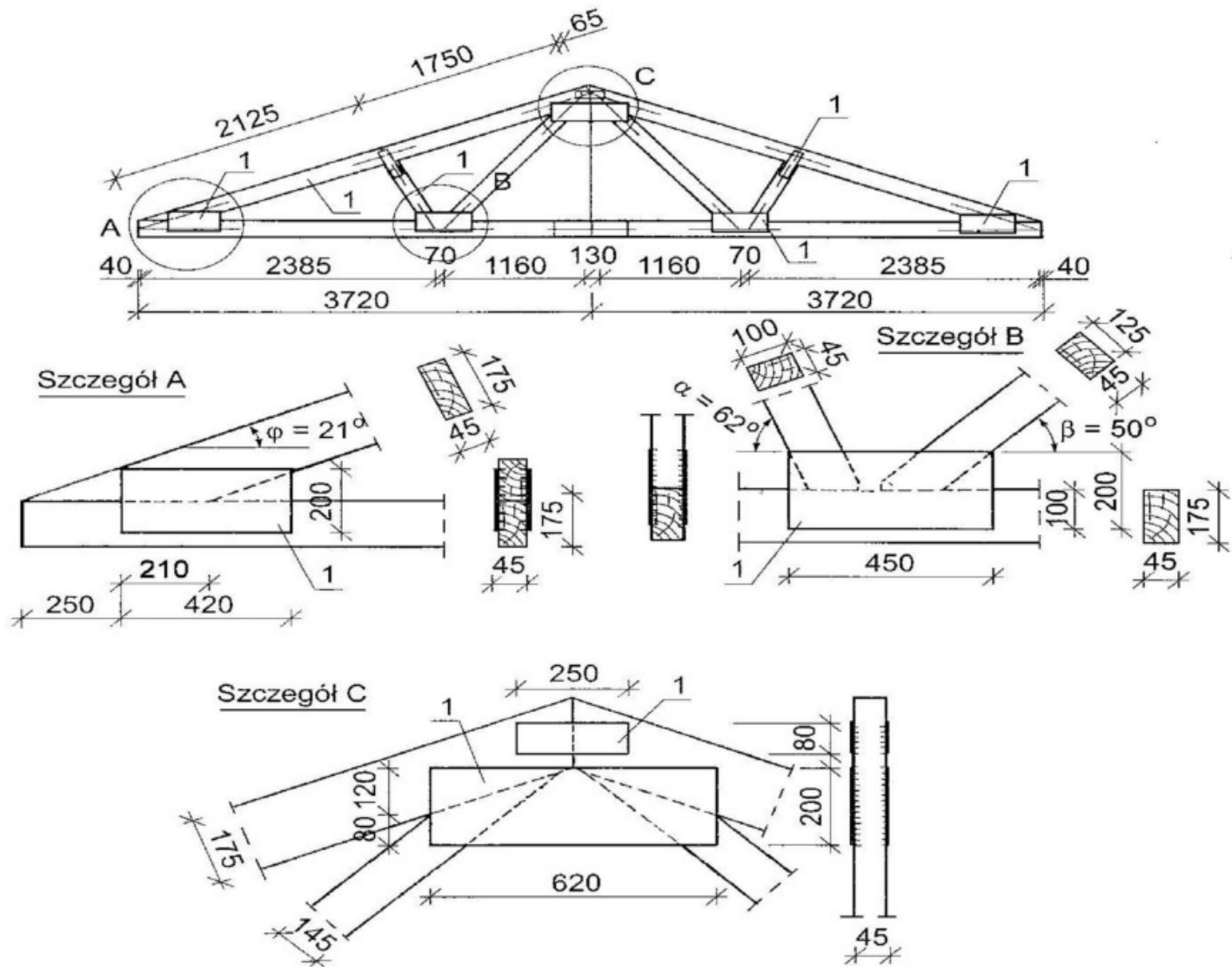
Rys. 16.1 Przykładowe usztywnienie konstrukcji hali; w kierunku poprzecznym przez ramy, a w kierunku podłużnym przez wiązary pionowe i poziome, działające łącznie z pojedynczymi tężnikami i elementami brzegowymi

STĘŻENIA POŁACIOWE I PIONOWE ŚCIAN

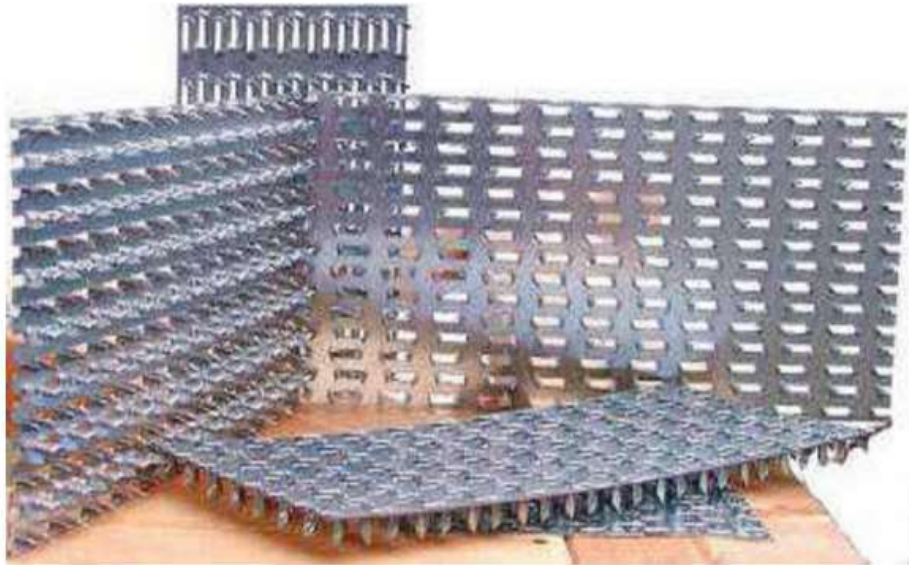
Stężenia połaciowe mogą być wykonane jako kratownice drewniane lub drewniano-stalowe, a przy mniejszych rozpiętościach jako kratownice deskowe z desek łączonych na pióro i wpust (rys. 11.6a). W stężących kratownicach drewniano-stalowych (rys. 11.6b) krzyżulce mogą być z prętów okrągłych zaopatrzonych w śrubę naciagową (śrubę rzymską). Stężenia połaciowe kratowe podłużne mają wysokość równą pojedynczej (rys. 11.6a) lub podwójnej (rys. 11.6b) odległości między płatwiami, spełniającymi w tym wypadku rolę pasów kratownicy. Wysokość kratownicy poprzecznej (szczytowej) najczęściej jest równa rozstawowi wiązarów dachowych (rys. 11.4 i 11.5). Na rysunku 11.7 pokazano węzły tężników



Rysunek 11.6. Sposób wykonania najprostszych stężeń połaciowych: a) kratownica z desek, b) kratownica drewniano-stalowa; 1 – dachowy dźwigar drewniany, 2 – płatwie dachowe, 3 – elementy stężeń wykonane z desek, 4 – stężenia z prętów stalowych

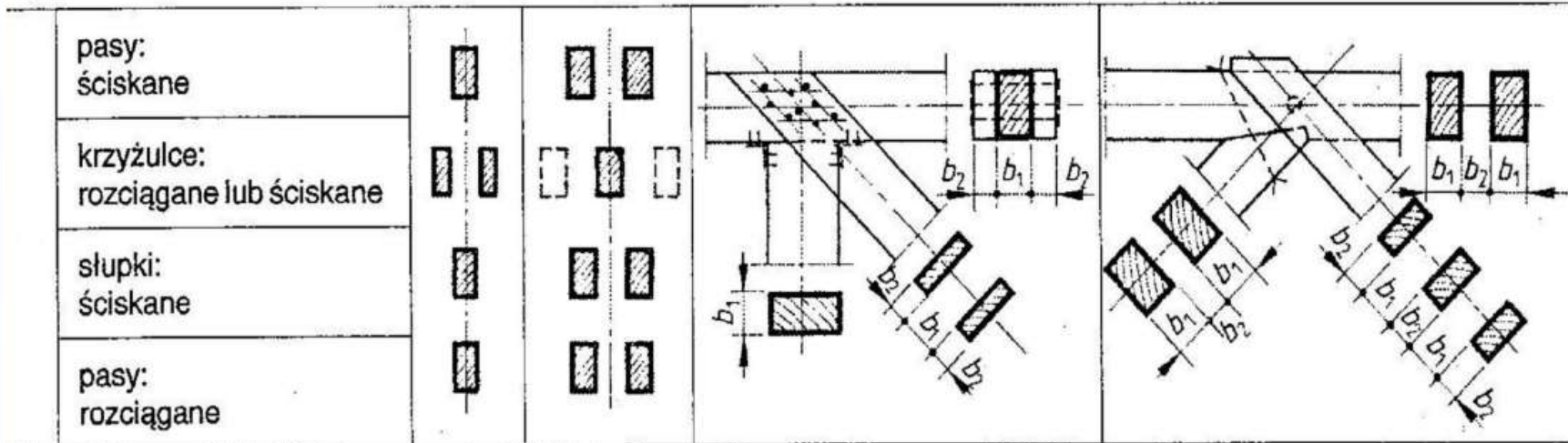


Rysunek 8.5. Przykład więzara kratowego o węzłach łączonych na płytki kolcza-
sta jednostronna

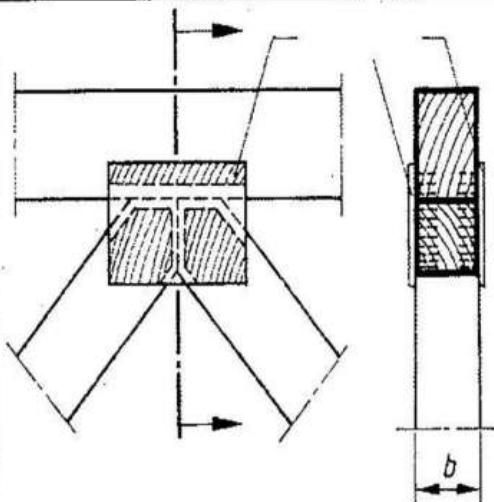


KSZTAŁTOWANIE PRĘTÓW WIĄZARA

Wiązary z bali (pręty z drewna litego, wkładki, śruby i sworznie, pierścienie, gwoździe, wręby) o średnich i dużych rozpiętościach



Węzły na płytki kolczaste



- dla drewnianych konstrukcji kratowych z prętami o jednakowej grubości przekrojów poprzecznych,
- płytki kolczaste jednostronne z kolcami wytłoczonymi w kształcie gwoździ lub zębów, grubości blach 1,0 do 2,5 mm,
- płytki kolczaste są obustronnie (od strony zewnętrznej prętów), symetrycznie wciśnięte w łączne elementy za pomocą pras hydraulicznych

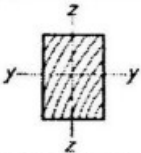
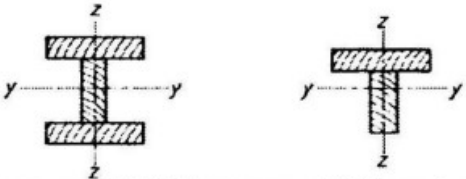
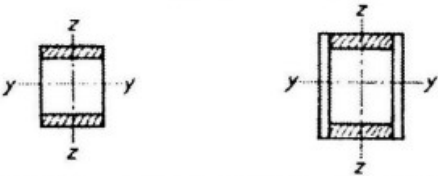
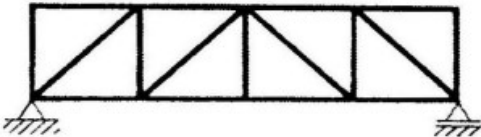
Szerokość:

$$b = 50 \text{ mm}$$

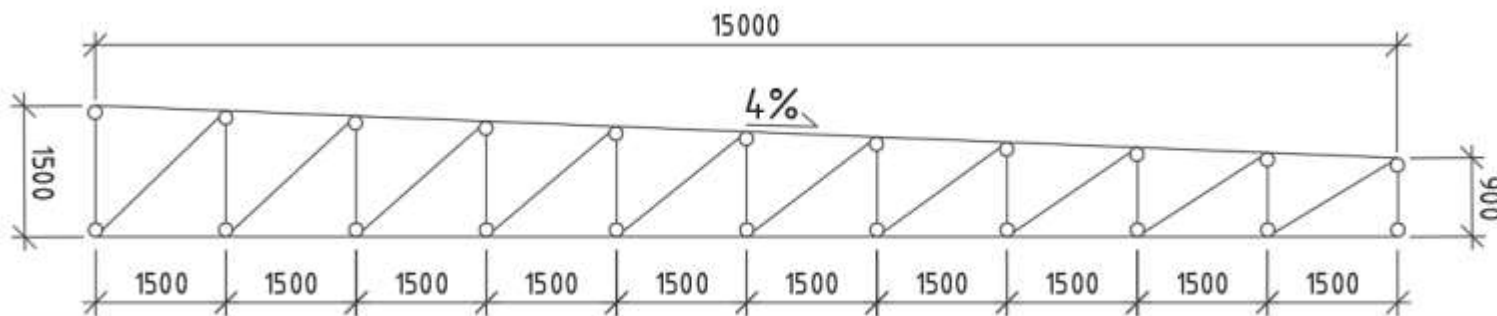
$$b = 45 \text{ mm}$$

Wysokość:

- Pasy: $h=(3-5)xb$
- Krzyżulce: $h=(2-3)xb$
- Słupki: $h=(1-2)xb$

Kształty przekroju poprzecznego, przykłady, uwagi		Smukłość dopuszczalna $\text{dop } \lambda$ dla wyboczenia względem osi y osi z (w odniesieniu do przykładów w kolumnie 1)	
Ściskany pręt jednogłęziowy			
1		≤ 150	
Ściskany pręt wielogłęziowy			
2	ogólnie:	dla wyboczenia względem osi, dla której: występują efektywne łączniki podatne: $\text{ef } \lambda \leq 175$	pręt należy obliczać jako pręt jednogłęziowy: ≤ 150
a) złożony, nierozstawiony o połączeniu ciągłym na efektywne łączniki podatne ²⁾			
		≤ 175	≤ 150
b) złożony rozstawiony (pręty ramowe; skratowane), również z przewiązkami klejonymi			
		≤ 175	≤ 150
Pręty usztywnień i łożników dachowych			
3		≤ 200	

WSTĘPNY DOBÓR PRZEKROJÓW KRATOWNICY DREWNIANEJ - PRZYKŁAD



Założono smukłość graniczną prętów na poziomie $\lambda_{y,max} = 150$

Smukłość przekroju prostokątnego $\lambda_y = \frac{L_{e,y}}{\frac{h}{\sqrt{12}}}$

Dlatego $h \geq \frac{L_{e,y} * \sqrt{12}}{\lambda_{y,max}}$

Długość wyoboczeniowa $L_{e,y} = \mu_y * l_{t,y}$

- Pas górny

$$L_{e,y} = 1 * \frac{1500,00}{\cos \alpha} = 1 * \frac{1500,00}{\cos 2,79^\circ} = 1501,20 \text{ [mm]}$$

$$h \geq \frac{L_{e,y} * \sqrt{12}}{150} = \frac{1501,20 * \sqrt{12}}{150} = 34,67 \text{ [mm]}$$

Przyjęto pas górny o przekroju prostokątnym 50x220 [mm]

- Pas dolny

$$L_{e,y} = 1500,00 \text{ [mm]}$$

$$h \geq \frac{L_{e,y} * \sqrt{12}}{150} = \frac{1500,00 * \sqrt{12}}{150} = 34,64 \text{ [mm]}$$

Przyjęto pas dolny o przekroju prostokątnym 50x170 [mm]

Przyjęto pas dolny o przekroju prostokątnym 50x170 [mm]

- Słupek

$$L_{e,y,max} = 1500,00 \text{ [mm]}$$

$$h \geq \frac{L_{e,y} * \sqrt{12}}{150} = \frac{1500,00 * \sqrt{12}}{150} = 34,64 \text{ [mm]}$$

Przyjęto słupki podporowe o przekroju prostokątnym 50x50 [mm]

Przyjęto słupki przęsłowe o przekroju prostokątnym 50x70 [mm]

- Krzyżulec

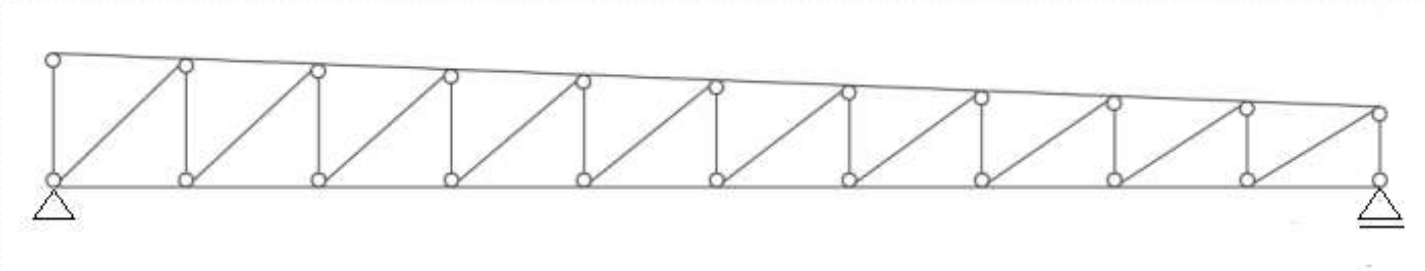
$$L_{e,y,max} = 2079,33 \text{ [mm]}$$

$$h \geq \frac{L_{e,y} * \sqrt{12}}{150} = \frac{2079,33 * \sqrt{12}}{150} = 48,02 \text{ [mm]}$$

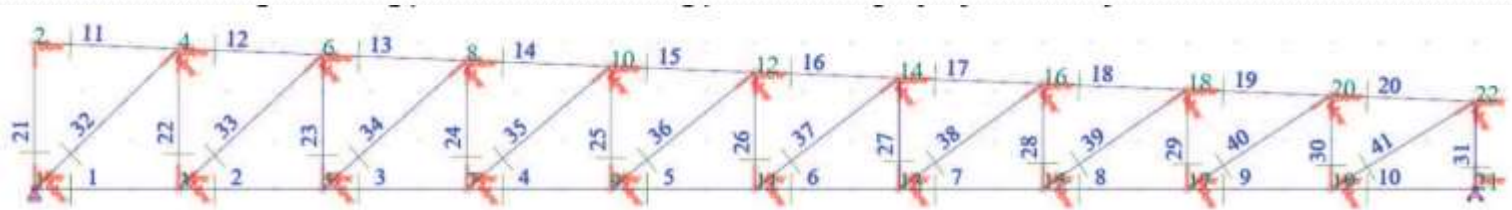
Przyjęto krzyżulec podporowe o przekroju prostokątnym 50x100 [mm]

Przyjęto krzyżulec przęsłowe o przekroju prostokątnym 50x100 [mm]

SCHEMAT STATYCZNY

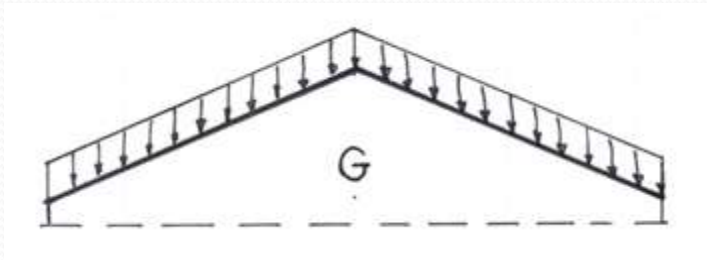


OBLICZENIA STATYCZNE, NUMERACJA WĘZŁÓW I PRĘTÓW

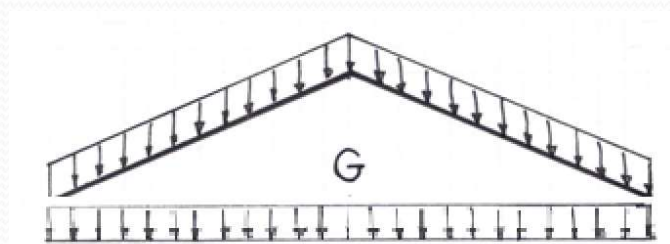


ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

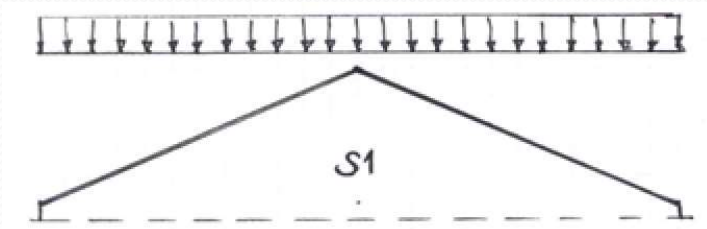
- Obciążenia stałe G



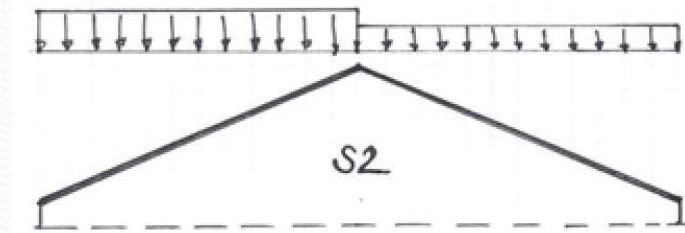
lub



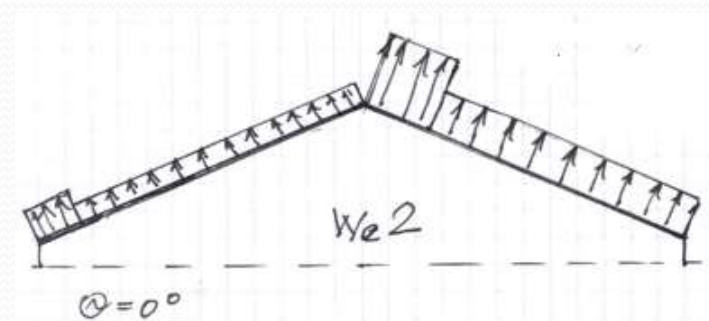
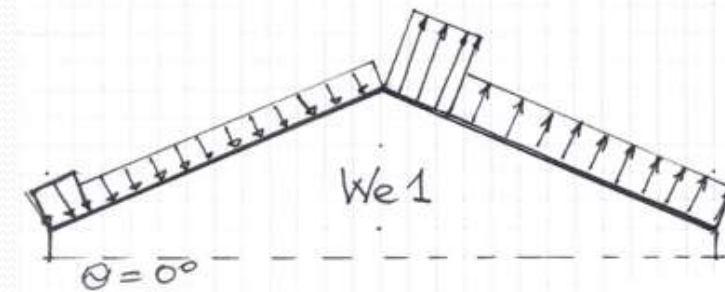
- Obciążenie śniegiem S1 - równomierne



- Obciążenie śniegiem S2 - nierównomierne

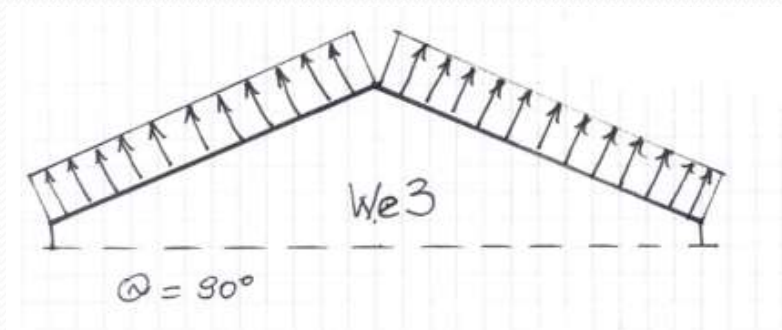


- Obciążenie wiatrem – powierzchnie zewnętrzne

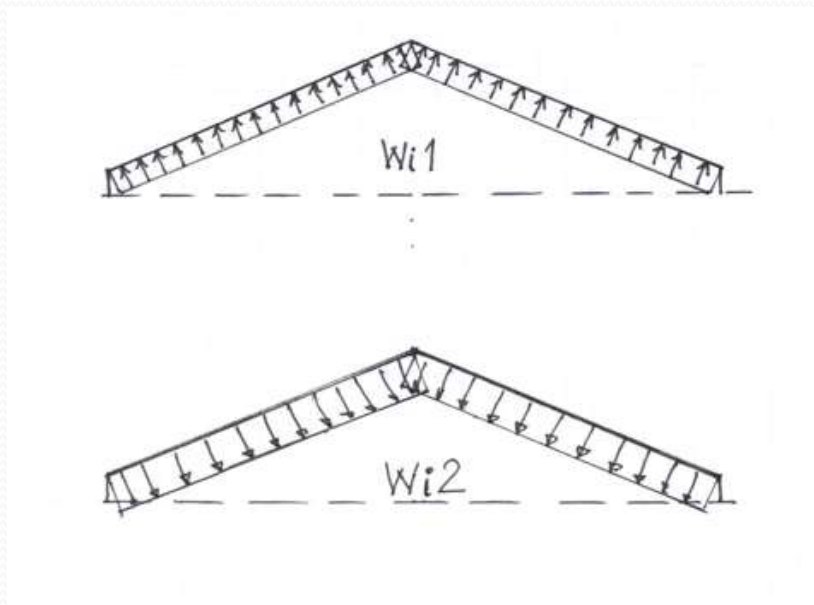


ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

- Obciążenie wiatrem – powierzchnie zewnętrzne



- Obciążenie wiatrem – powierzchnie wewnętrzne



KOMBINACJE OBCIĄŻEŃ Wg PN-EN 1990

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \cancel{\gamma_P P} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10a)$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \cancel{\gamma_P P} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10b)$$

$G_{k,j}$ = obciążenia stałe

Q_k = obciążenia zmienne

γ_{Gj} = 1,35 lub 1,0

$\gamma_{Q,1}$ = 1,5 lub 0,00

$\gamma_{Q,i}$ = 1,5 lub 0,00

ξ_j = 0,85

$\psi_0 = 0,5$ – śnieg

$\psi_0 = 0,6$ – wiatr

KOMBINACJE OBCIĄŻEŃ

Wg PN-EN 1990

- **Kombinacje STR (Dach dwuspadowy ok 45% spadku)**

$$\text{KOMB1} = 1,35 \times 0,85 \times G + 1,5 \times S1$$

$$\text{KOMB2} = 1,35 \times G + 1,5 \times 0,5 \times S1 + 1,5 \times 0,6 \times (We1 + Wi2)$$

$$\text{KOMB3} = 1,35 \times 0,85 \times G + 1,5 \times S1 + 1,5 \times 0,6 \times (We1 + Wi2)$$

$$\text{KOMB4} = 1,35 \times G + 1,5 \times 0,5 \times S2 + 1,5 \times 0,6 \times (We1 + Wi2)$$

$$\text{KOMB5} = 1,35 \times 0,85 \times G + 1,5 \times S2 + 1,5 \times 0,6 \times (We1 + Wi2)$$

$$\text{KOMB6} = 1,35 \times 0,85 \times G + 1,5 \times 0,5 \times S1 + 1,5 \times (We1 + Wi2)$$

$$\text{KOMB7} = 1,35 \times 0,85 \times G + 1,5 \times 0,5 \times S2 + 1,5 \times (We1 + Wi2)$$

$$\text{KOMB8} = 1,00 \times G + 1,5 \times (We1 + Wi2)$$

$$\text{KOMB9} = 1,00 \times G + 1,5 \times (We2 + Wi2)$$

$$\text{KOMB10} = 1,00 \times G + 1,5 \times (We3 + Wi1)$$

- **Kombinacje STR (Dach dwuspadowy ok 10% spadku)**

$$\text{KOMB1} = 1,35 \times 0,85 \times G + 1,5 \times S1$$

$$\text{KOMB2} = 1,35 \times G + 1,5 \times 0,5 \times S1 + 1,5 \times 0,6 \times (We1 + Wi2)$$

$$\text{KOMB3} = 1,35 \times 0,85 \times G + 1,5 \times S1 + 1,5 \times 0,6 \times (We1 + Wi2)$$

$$\text{KOMB4} = 1,35 \times G + 1,5 \times 0,5 \times S2 + 1,5 \times 0,6 \times (We1 + Wi2)$$

$$\text{KOMB5} = 1,35 \times 0,85 \times G + 1,5 \times S2 + 1,5 \times 0,6 \times (We1 + Wi2)$$

$$\text{KOMB6} = 1,35 \times 0,85 \times G + 1,5 \times 0,5 \times S1 + 1,5 \times (We1 + Wi2)$$

$$\text{KOMB7} = 1,35 \times 0,85 \times G + 1,5 \times 0,5 \times S2 + 1,5 \times (We1 + Wi2)$$

$$\text{KOMB8} = 1,00 \times G + 1,5 \times (We1 + Wi1) \text{ lub } 1,00 \times G + 1,5 \times (We2 + Wi1)$$

STANY GRANICZNE NOŚNOŚCI

ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH Z DREWNA

Do stanów granicznych nośności zalicza się:

- wyczerpanie nośności przekrojów lub fragmentów konstrukcji,
- utratę stateczności elementów ściskanych lub elementów usztywniających,
- utratę nośności połączeń.

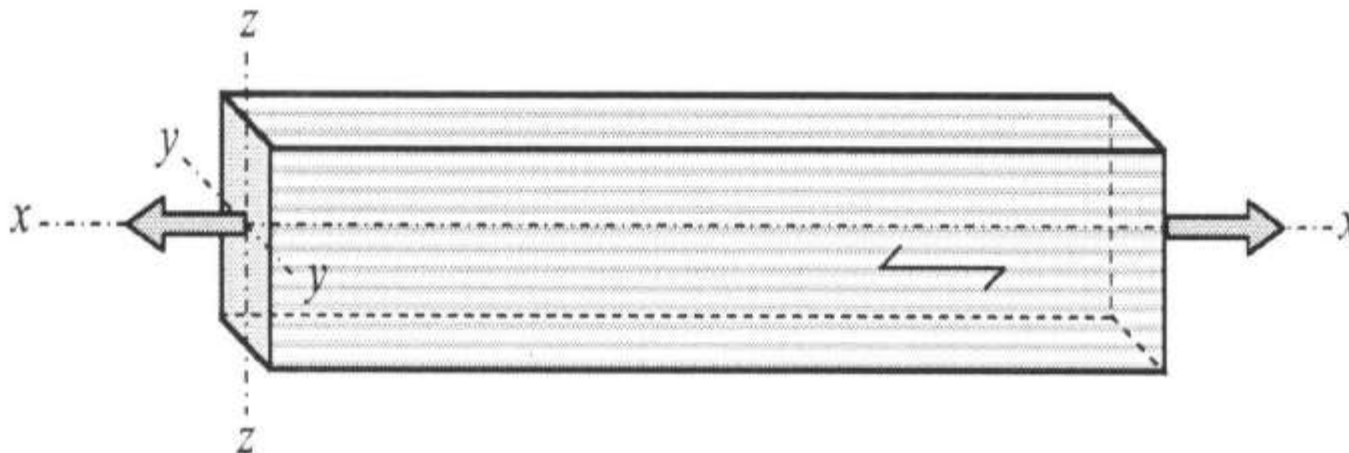
Obliczenie stanu granicznego użytkowości w konstrukcjach drewnianych najczęściej sprowadza się do określenia ugięć (przemieszczeń). Obliczenia te polegają na sprawdzeniu, czy ugięcia konstrukcji pod obciążeniem charakterystycznym nie są większe od wartości uznanych za nieprzekraczalne ze względu na przeznaczenie budowli (np. walory estetyczne) oraz możliwości uszkodzeń bądź poprawnego funkcjonowania elementów lub urządzeń (np. bram) przylegających do konstrukcji.

Rozdział 6 Stany graniczne nośności

6.1 Obliczanie przekrojów pracujących w jednokierunkowym stanie naprężenia

6.1.1 Postanowienia ogólne

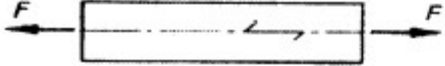
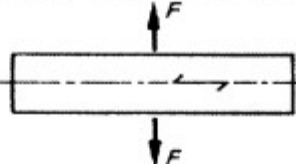
(1) Rozdział 6.1 dotyczy elementów konstrukcyjnych o stałym przekroju, wykonanych z drewna litego, klejonego warstwowo, lub wyrobów wykonanych z materiałów drewnopochodnych, o kierunku włókien na ogół równoległym do osi podłużnej elementu. Zakłada się, że element jest poddany naprężeniom skierowanym wyłącznie wzdłuż jednej ze swych osi głównych (patrz Rysunek 6.1).



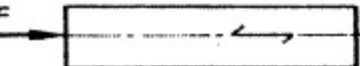
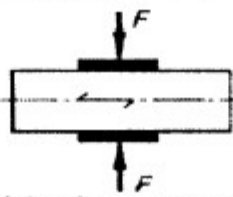

Rysunek 6.1 – Osie elementu

Obciążenia


Rozciąganie

2		rozciąganie wzdłużne (\parallel do włókien)		rozciąganie poprzeczne (\perp do włókien)
---	---	--	---	---


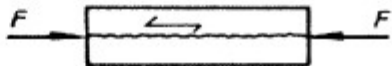
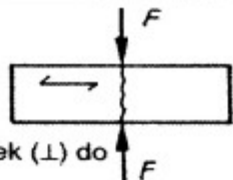
Ściskanie ³⁾

3		ściskanie wzdłużne (\parallel do włókien)		ściskanie poprzeczne (\perp do włókien) z występami \parallel do włókien (nacisk na część powierzchni)		ściskanie poprzeczne (\parallel do włókien) bez występów \parallel do włókien (nacisk na całą powierzchnię)
---	---	---	--	---	---	--

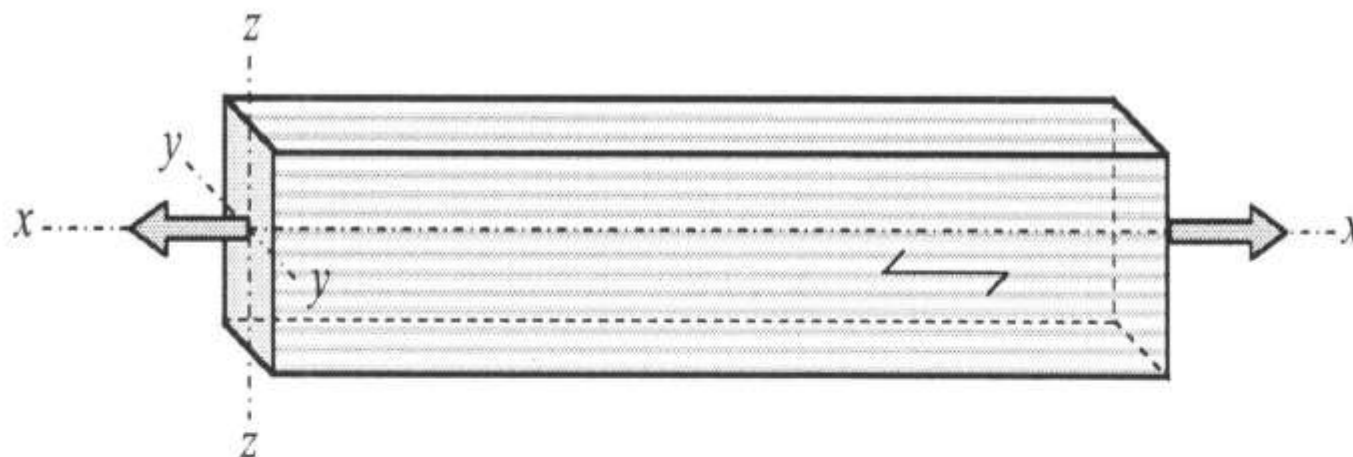
Zginanie

4		strefa ściskana jest „u góry” strefa rozciągana jest „na dole” siły ścinające patrz: wiersz 5
---	--	---

Ścinanie przy zginaniu ⁴⁾

5		w belce zginanej siły ścinające usiłują przesunąć poszczególne płaszczyzny w kierunku wzdłużnym		wzdłuż (\parallel) do włókien		w poprzek (\perp) do włókien	w jednej płaszczyźnie (ściskanie rozciągające lub ściskające)
---	---	---	---	-----------------------------------	---	----------------------------------	--

6.1.2 Rozciąganie wzdłuż włókien



(1)P Należy spełnić następujący warunek:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \quad (6.1)$$

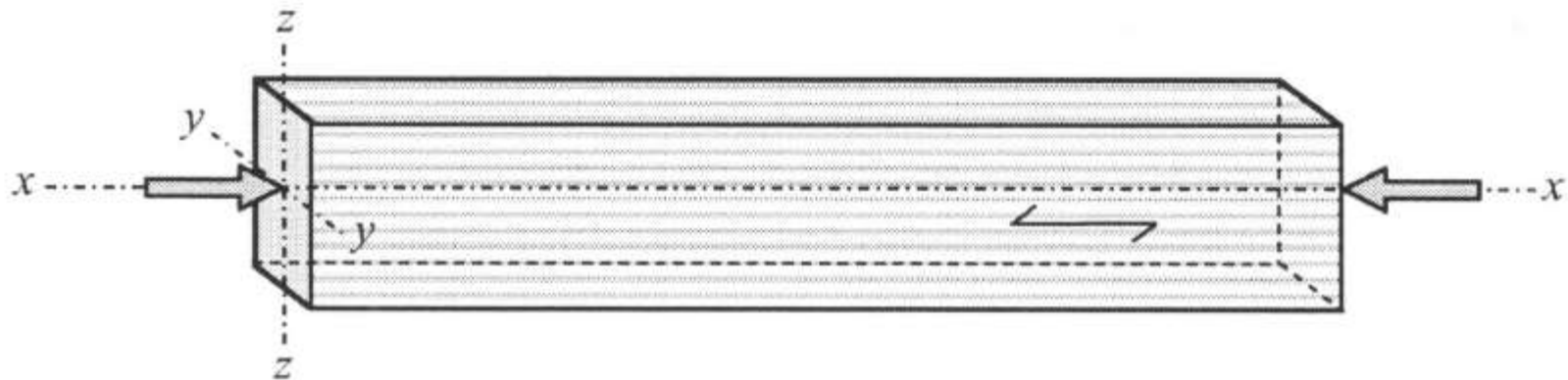
gdzie:

$\sigma_{t,0,d}$ – obliczeniowe naprężenie rozciągające wzdłuż włókien,

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}^t}{A}$$

$f_{t,0,d}$ – obliczeniowa wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien.

6.1.4 ściskanie wzdłuż włókien



(1)P Należy spełnić następujący warunek:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad (6.2)$$

gdzie:

$\sigma_{c,0,d}$ – obliczeniowe naprężenie ściskające wzdłuż włókien, $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}^c}{A}$;

$f_{c,0,d}$ – obliczeniowa wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien.

UWAGA: Postanowienia dotyczące niestateczności elementów podano w 6.3.

6.1.6 Zginanie

(1)P Należy spełnić następujące warunki:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.11)$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.12)$$

gdzie:

$\sigma_{m,y,d}$ i $\sigma_{m,z,d}$ – obliczeniowe naprężenia zginające, określone względem osi głównych pokazanych na Rysunku 6.1,

$f_{m,y,d}$ i $f_{m,z,d}$ – wytrzymałości obliczeniowe na zginanie odpowiadające tym naprężeniom.

UWAGA: Współczynnik k_m wyraża możliwość redystrybucji naprężeń, jak również niejednorodność materiału w danym przekroju.

(2) Wartości współczynnika k_m należy przyjmować następująco:

Dla elementów z drewna litego, drewna klejonego warstwowo oraz LVL:

- dla przekrojów prostokątnych: $k_m = 0,7$,
- dla innych przekrojów: $k_m = 1,0$.

Dla elementów z materiałów drewnopochodnych:

- dla wszystkich przekrojów: $k_m = 1,0$.

(3) Należy również sprawdzić warunek stateczności (patrz 6.3).

Wytrzymałość obliczeniowa drewna przy zginaniu ukośnym

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \frac{k_{h,y} \cdot k_{sys} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} \qquad f_{m,z,d} = k_{mod} \frac{k_{h,z} \cdot k_{sys} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M}$$

(3) Dla drewna litego o przekroju prostokątnym i gęstości charakterystycznej $p_k \leq 700 \text{ kg/m}^3$, wartość odniesienia dla wysokości elementu zginanego lub szerokości elementu rozciąganego wynosi 150 mm. Dla wysokości przy zginaniu lub szerokości przy rozciąganiu drewna litego o wartości mniejszej niż 150 mm, wartości charakterystyczne $f_{m,k}$ i $f_{t,0,k}$ należy pomnożyć przez współczynnik k_h obliczony ze wzoru:

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \right. \\ \left. 1,3 \right\}$$

lub

$k_h = 1,0$ w pozostałych przypadkach

(3.1)

gdzie h jest wysokością elementu zginanego lub szerokością elementu przy rozciąganiu, w mm.

Współczynnik modyfikujący wytrzymałość, zależny od rozwiązań konstrukcyjnych k_{sys} (redystrybucji obciążeń) [PN-EN 1995-1-1 6.6]

$$k_{sys} = 1,00$$

6.2.3 Zginanie z rozciąganiem osiowym

(1)P Należy spełnić następujące warunki:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.17)$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.18)$$

(2) Wartości współczynnika k_m podano w 6.1.6.

6.2.4 Zginanie ze ściskaniem osiowym

(1)P Należy spełnić następujące warunki^(N2):

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.19)$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.20)$$

(2)P Wartości współczynnika k_m podano w 6.1.6.

6.3 Stateczność elementów

6.3.1 Postanowienia ogólne

(1)P Przy określaniu naprężeń zginających należy uwzględnić zarówno wpływ obciążeń prostopadłych do osi pręta, jak i naprężenia wywołane jego krzywizną początkową oraz mimośrodami przypadkowymi.

(2)P Przy sprawdzaniu wyboczenia i stateczności skrętnej słupów należy stosować właściwości charakterystyczne, np. $E_{0,05}$.

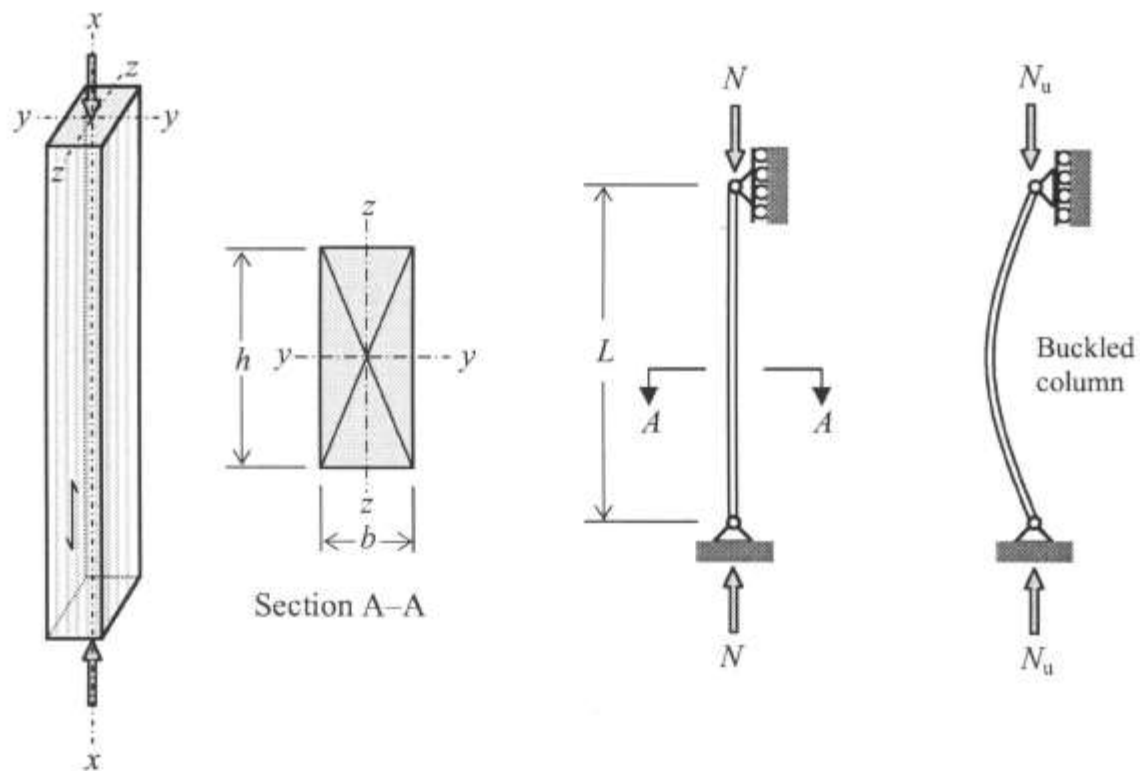
(3) Stateczność słupów pracujących na ściskanie lub na ściskanie ze zginaniem należy sprawdzać zgodnie z 6.3.2.

(4) Stateczność skrętną belek pracujących na zginanie lub na zginanie ze ściskaniem należy sprawdzać zgodnie z 6.3.3.

6.3.2 Słupy pracujące na ściskanie lub na ściskanie ze zginaniem

(1) Przyjmuje się następujące smukłości względne:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (6.21)$$



RYSUNEK UTRATY STATECZNOŚCI OGÓLNEJ (WYBOCZENIA) SŁUPA ŚCISKANEGO

oraz

$$\lambda_{\text{rel},z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (6.22)$$

gdzie:

λ_y i $\lambda_{\text{rel},y}$ – smukłości odpowiadające zginaniu względem osi y (przemieszczenia w kierunku osi z),

λ_z i $\lambda_{\text{rel},z}$ – smukłości odpowiadające zginaniu względem osi z (przemieszczenia w kierunku osi y),

$E_{0,05}$ – 5 % kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien.

Smukłości przekroju prostokątnego:

$$\lambda_y = \frac{L_{e,y}}{i_y} = \frac{L_{e,y}}{h/\sqrt{12}} \quad \text{and} \quad \lambda_z = \frac{L_{e,z}}{i_z} = \frac{L_{e,z}}{b/\sqrt{12}}$$

(2) Jeżeli $\lambda_{rel,y} \leq 0,3$ i $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$, naprężenia powinny spełniać warunki (6.19) i (6.20) podane w 6.2.4.

(3) W pozostałych przypadkach naprężenia, zwiększone ze względu na odkształcenie elementu, powinny spełniać następujące warunki:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.23)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.24)$$

gdzie:

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \quad (6.25)$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \quad (6.26)$$

$$k_y = 0,5 \left[1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 \right] \quad (6.27)$$

$$k_z = 0,5 \left[1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2 \right] \quad (6.28)$$

gdzie:

β_c – współczynnik dotyczący prostoliniowości elementów, której granice podano w Rozdziale 10.

$$\beta_c = \begin{cases} 0,2 & \text{dla drewna litego} \\ 0,1 & \text{dla drewna klejonego warstwowo i LVL} \end{cases} \quad (6.29)$$

k_{in} – współczynnik określony w 6.1.6.

Strength class C24			Strength class C27			Strength class C30			Strength class C35		
$f_{c,0,k}$ 21 N/mm ² $E_{0,05}$ 7400 N/mm ²			$f_{c,0,k}$ 22 N/mm ² $E_{0,05}$ 7700 N/mm ²			$f_{c,0,k}$ 23 N/mm ² $E_{0,05}$ 8000 N/mm ²			$f_{c,0,k}$ 25 N/mm ² $E_{0,05}$ 8700 N/mm ²		
λ	λ_{rel}	$k_{c,y}(k_{c,z})$	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}(k_{c,z})$	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}(k_{c,z})$	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}(k_{c,z})$
17.692	0.300	1.000	17.632	0.300	1.000	17.577	0.300	1.000	17.582	0.300	1.000
20	0.339	0.991	20	0.340	0.991	20	0.341	0.991	20	0.341	0.991
25	0.424	0.971	25	0.425	0.970	25	0.427	0.970	25	0.427	0.970
30	0.509	0.948	30	0.510	0.947	30	0.512	0.947	30	0.512	0.947
35	0.593	0.920	35	0.596	0.919	35	0.597	0.919	35	0.597	0.919
40	0.678	0.887	40	0.681	0.886	40	0.683	0.885	40	0.683	0.885
45	0.763	0.846	45	0.766	0.844	45	0.768	0.843	45	0.768	0.843
50	0.848	0.796	50	0.851	0.794	50	0.853	0.793	50	0.853	0.793
55	0.933	0.739	55	0.936	0.736	55	0.939	0.734	55	0.938	0.734
60	1.017	0.676	60	1.021	0.674	60	1.024	0.671	60	1.024	0.672
65	1.102	0.614	65	1.106	0.611	65	1.109	0.608	65	1.109	0.608
70	1.187	0.554	70	1.191	0.551	70	1.195	0.548	70	1.194	0.549
75	1.272	0.499	75	1.276	0.496	75	1.280	0.494	75	1.280	0.494
80	1.357	0.450	80	1.361	0.447	80	1.365	0.445	80	1.365	0.445
85	1.441	0.406	85	1.446	0.404	85	1.451	0.402	85	1.450	0.402
90	1.526	0.368	90	1.531	0.366	90	1.536	0.364	90	1.536	0.364
95	1.611	0.335	95	1.616	0.333	95	1.621	0.331	95	1.621	0.331
100	1.696	0.305	100	1.701	0.303	100	1.707	0.302	100	1.706	0.302
105	1.780	0.279	105	1.787	0.278	105	1.792	0.276	105	1.792	0.276
110	1.865	0.256	110	1.872	0.255	110	1.877	0.253	110	1.877	0.253
115	1.950	0.236	115	1.957	0.235	115	1.963	0.233	115	1.962	0.233
120	2.035	0.218	120	2.042	0.217	120	2.048	0.216	120	2.048	0.216
125	2.120	0.202	125	2.127	0.201	125	2.133	0.200	125	2.133	0.200
130	2.204	0.188	130	2.212	0.186	130	2.219	0.185	130	2.218	0.185
135	2.289	0.175	135	2.297	0.174	135	2.304	0.173	135	2.304	0.173
140	2.374	0.163	140	2.382	0.162	140	2.389	0.161	140	2.389	0.161
145	2.459	0.153	145	2.467	0.152	145	2.475	0.151	145	2.474	0.151
150	2.544	0.143	150	2.552	0.142	150	2.560	0.141	150	2.559	0.141
155	2.628	0.134	155	2.637	0.133	155	2.645	0.133	155	2.645	0.133
160	2.713	0.126	160	2.722	0.126	160	2.731	0.125	160	2.730	0.125
165	2.798	0.119	165	2.807	0.118	165	2.816	0.118	165	2.815	0.118
170	2.883	0.112	170	2.892	0.112	170	2.901	0.111	170	2.901	0.111
175	2.967	0.106	175	2.978	0.106	175	2.987	0.105	175	2.986	0.105
180	3.052	0.101	180	3.063	0.100	180	3.072	0.099	180	3.071	0.100

Wybrane wartości współczynnika $k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)

EUROKODY nie ograniczają smukłości prętów, należy się jednak kierować zaleceniami konstrukcyjnymi wynikającymi z wieloletnich doświadczeń. Racjonalne smukłości prętów nie powinny przekraczać wartości podanych poniżej:

Pręty jednolite –	150;
Pręty złożone z podatnymi łącznikami –	175;
Pręty wiatrownic i stężeń –	200.

Smukłość pręta kratownicy przy wyboczeniu z płaszczyzny kraty powinna być zbliżona do smukłości wyboczenia w płaszczyźnie.

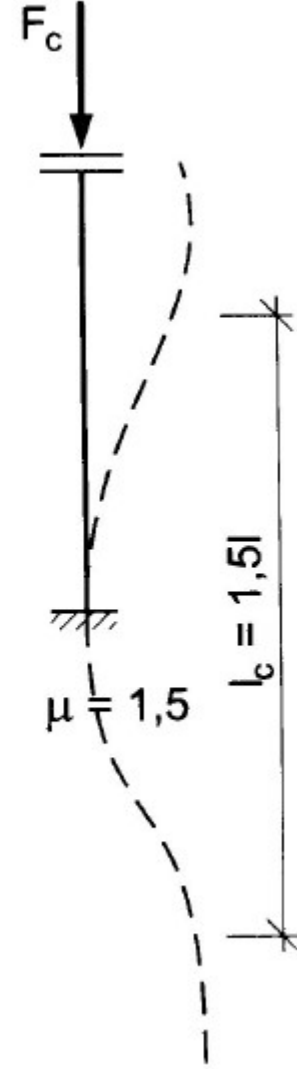
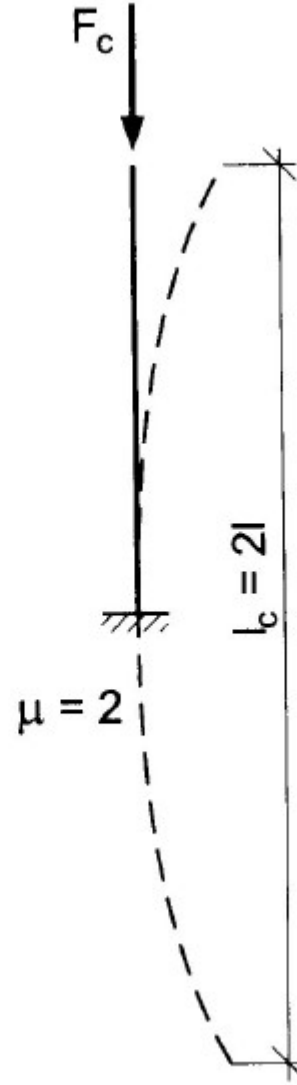
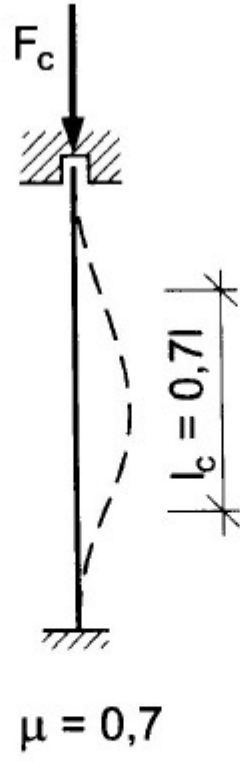
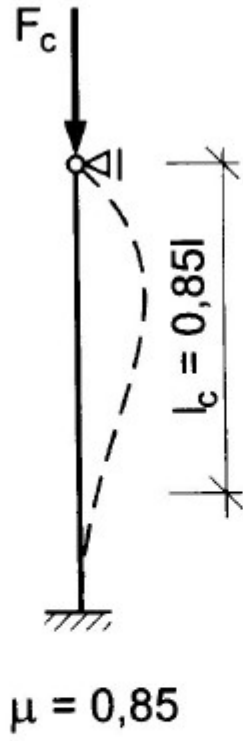
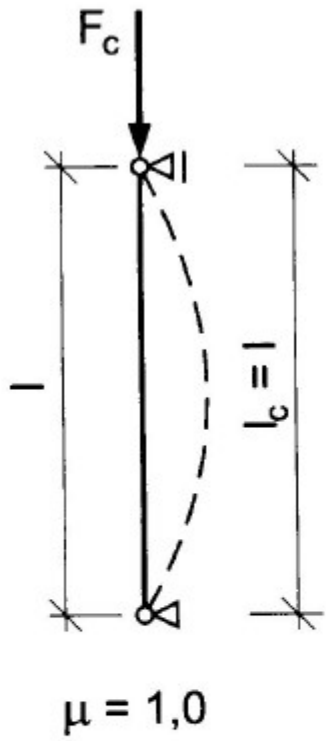
Długość wyboczeniową l_c elementów ściskanych należy obliczać, odpowiednio dla kierunku y i/lub z , ze wzoru:

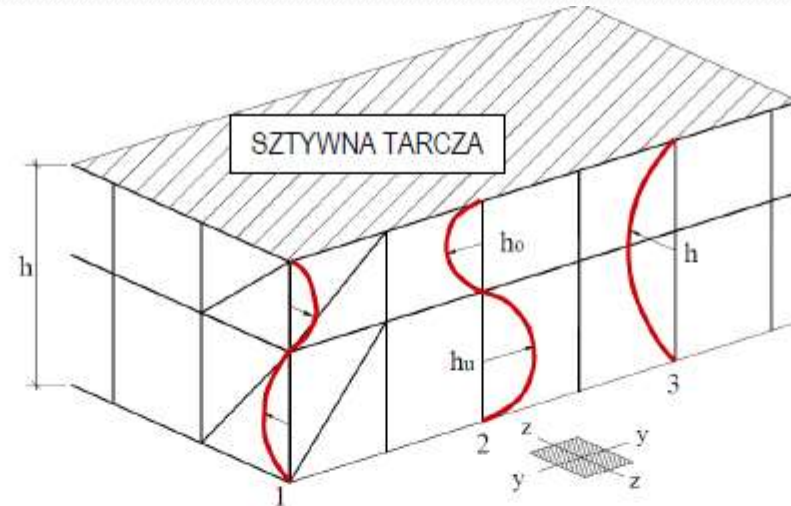
$$l_c = l_{\text{eff}} = \mu l,$$

gdzie:

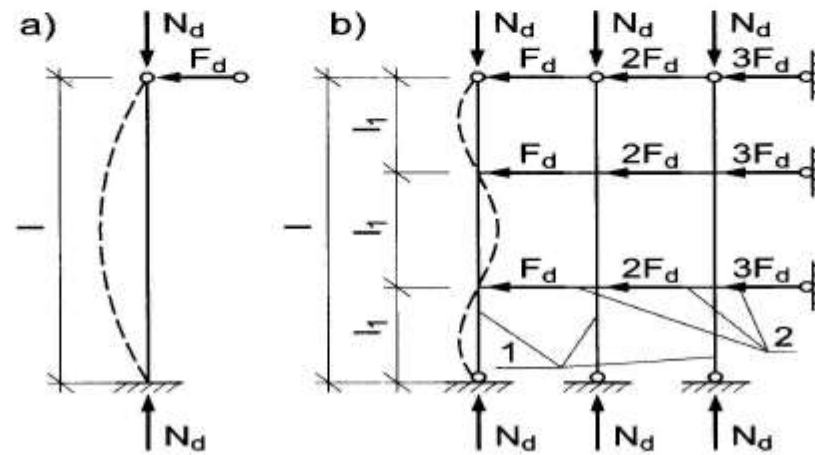
μ – współczynnik długości wyboczeniowej;

l – obliczeniowa (teoretyczna) długość elementu = odległość między podparciami bocznymi elementu.





Różne długości wybozeniowe $l_{c,y}$ i $l_{c,z}$



Długość podlegająca wyboczeniu = rozstaw podparć bocznych

Sprawdzenie warunków nośności (wytrzymałości) pręta ściskanego osiowo z jednokierunkowym zginaniem bez możliwości zwiczenia

W tym przypadku wzory (6.23) i (6.24) upraszczają się do następującej zależności

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

STANY GRANICZNE UŻYTKOWALNOŚCI

Przy sprawdzaniu SGU norma PN-EN 1995-1-1 zaleca stosować metodę uproszczoną według wzoru:

$$U_{fin} = U_{fin,G} + U_{fn,Q1} + \sum U_{fin,Qi} \quad (2.2)$$

$U_{fin,G} = U_{inst,G} (1 + k_{def})$ – przemieszczenie końcowe od obciążenia stałego

$U_{fin,Q1} = U_{inst,Q1} (1 + \psi_{2,1} k_{def})$ – przemieszczenie końcowe od obciążenia zmiennego wiodące Q_1

$U_{fin,Qi} = U_{inst,Qi} (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{def})$ – przemieszczenia od pozostałych obciążeń zmiennych

$U_{inst,G}$; $U_{inst,Q1}$; $U_{inst,Qi}$ – odkształcenia chwilowe od obc. G ; Q_1 ; Q_i

$\psi_{2,1}$; $\psi_{2,i}$ – współczynniki dla quasi-stałej kombinacji wg PN-EN1990

$\psi_{0,i}$ – współczynnik kombinacyjny wg PN-EN1990

k_{def} – współczynnik modyfikujący odkształcenie, uwzględniający wpływ pełzania i zmiany wilgotności.

UGIĘCIA GRANICZNE WEDŁUG ZAŁĄCZNIKA KRAJOWEGO

Wartości graniczne ugięć elementów konstrukcji (wg NA3 w PN-EN 1995-1)

Elementy konstrukcyjne	w_{fin}
Dźwigart kratowe:	
obliczenia przybliżone	$l/500$
obliczenia dokładne	$l/300$
Belki stropowe	$l/250$
Belki w stropach wrażliwych na ugięcia	$l/300$
Płyty dachowe	$l/150$
Elementy belkowe więźby dachowej	$l/200$
Wsporniki	$l/150$
W obiektach starych, remontowanych, dopuszcza się zwiększenie podanych wartości granicznych ugięć o 50%	



Dziękuję za uwagę...