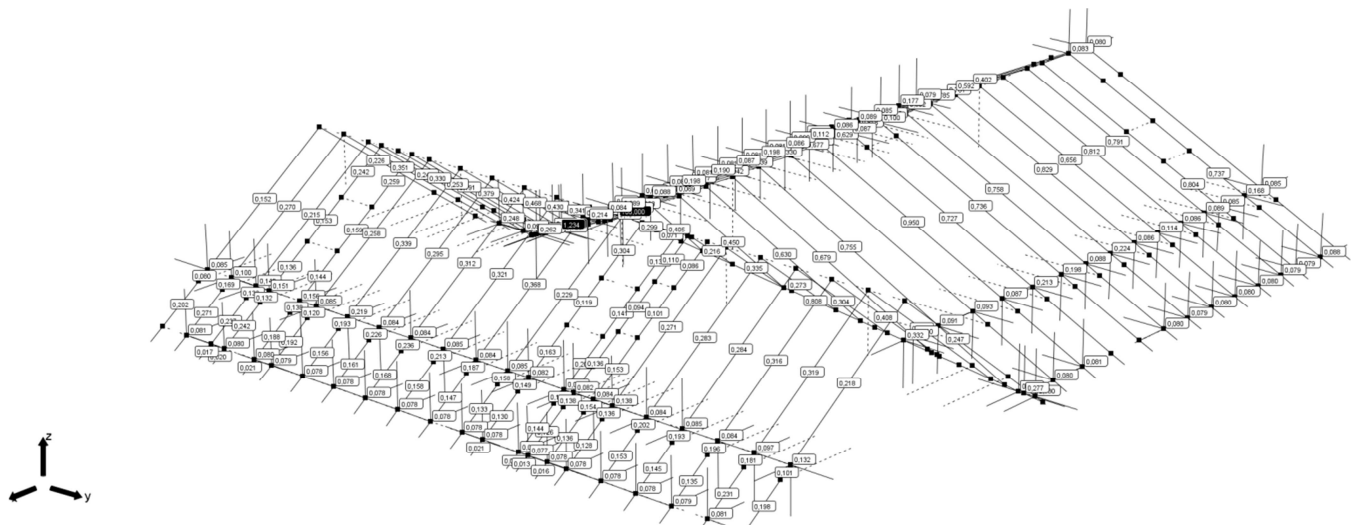


# Konstrukcja



## Spis treści

1. Uprawnienia oraz Izba .....	3
2. Rodzaj i kategoria zamierzenia budowlanego.....	5
3. Kryteria projektowe.....	5
4. ZAKRES OPRACOWANIA .....	5
5. PODSTAWA WYKONANIA.....	5
6. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ STATYCZNYCH .....	5
7. ZAŁOŻENIA MATERIAŁOWE .....	5
8. WARUNKI GEOTECHNICZNE .....	6
9. OPIS KONSTRUKCJI .....	6
9.1 KONSTRUKCJE DACHU DO WZMOCNIENIA.....	6
10. IV INFORMACJA DOTYCZĄCA BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY ZDROWIA.....	7
11. OBLICZENIA STATYCZNO – WYTRZYMAŁOŚCIOWE .....	8
11.1 OBLICZENIA KROKWIE .....	8

Spis Rysunków  
Rzut więźby dachu K01

# 1. Uprawnienia oraz Izba



SLK/OKK/7131.7132/4619/12

Katowice, dnia 04 grudnia 2012 r.

## DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów (Dz.U. z 2001 r. Nr 5, poz. 42 z późn. zm.), art. 13 ust. 1 pkt. 1 i 2 i ust. 2, art. 14 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. z 2010 r. Nr 243, poz. 1623 z późn. zm.) oraz § 11 ust. 1 pkt 1, § 15 i § 17 ust. 1 pkt 1 i 2 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz.U. z 2006 r. Nr 83, poz. 578 z późn. zm.) w związku z art. 104 Kodeksu postępowania administracyjnego (Dz.U. z 2000 r. Nr 98, poz. 1071 z późn. zm.)

### Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna Śl.OIIB nadaje Panu Łukaszowi Modelski

mgr inż. budownictwa  
ur. dnia 10 lutego 1982 w Dąbrowie Górniczej

### UPRAWNIENIA BUDOWLANE numer ewidencyjny SLK/4619/PWOK/12 do projektowania i kierowania robotami budowlanymi w specjalności konstrukcyjno - budowlanej bez ograniczeń

Zakres uprawnień:

- sporządzanie projektu architektoniczno - budowlanego, w odniesieniu do konstrukcji obiektu,
- sporządzanie projektu zagospodarowania działki lub terenu, w zakresie specjalności konstrukcyjno-budowlanej, z wyłączeniem projektów zagospodarowania działki lub terenu obejmujących budynki,
- sprawdzanie projektów budowlanych i sprawowanie nadzoru autorskiego,
- kierowanie robotami budowlanymi w odniesieniu do konstrukcji obiektu oraz architektury obiektu,
- kierowanie wytwarzaniem konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz nadzór i kontrola techniczna wytwarzania tych elementów,
- wykonywanie nadzoru inwestorskiego,
- sprawowanie kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych.

## UZASADNIENIE

Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna Śląskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Katowicach na podstawie protokołów z postępowania kwalifikacyjnego oraz z przeprowadzonego egzaminu, stwierdziła, że Pan **Łukasz Modelski** posiada wymagane prawem: wykształcenie i praktykę zawodową oraz uzyskał pozytywny wynik egzaminu - konieczne do uzyskania uprawnień budowlanych **do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń** w specjalności **konstrukcyjno - budowlanej**.

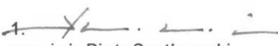
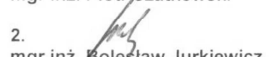

### Pouczenie

1. Zgodnie z art. 12 ust. 7 w/w ustawy Prawo budowlane – podstawę do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie stanowi wpis do centralnego rejestru Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego oraz wpis na listę członków właściwej izby samorządu zawodowego.
2. Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Śl.OIIB w Katowicach w terminie 14 dni od dnia jej doręczenia.

Otrzymują:

1. Pan Łukasz Modelski  
Narodowa 7 B  
41-300 Dąbrowa Górnicza
2. Okręgowa Rada Izby
3. Główny Inspektor  
Nadzoru Budowlanego
4. a/a

Skład orzekający OKK

1.   
mgr inż. Piotr Szatkowski
2.   
mgr inż. Bolesław Jurkiewicz
3.   
mgr inż. Zbigniew Dzierżewicz





### Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:  
SLK-DLT-9BJ-3HE \*

Pan Łukasz Modelski o numerze ewidencyjnym SLK/BO/8106/13  
adres zamieszkania ul. K. promyka 75, 42-500 Będzin  
jest członkiem Śląskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane  
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne do dnia 2024-02-29.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym  
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2023-03-03 roku przez:

Roman Karwowski, Przewodniczący Rady Śląskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78<sup>1</sup> K.c.

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarczy złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go  
kwalifikowanym podpisem elektronicznym.

§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej.

\* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na  
stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa [www.piib.org.pl](http://www.piib.org.pl) lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów  
Budownictwa.



WYKONANO  
W DNI 2023-03-03  
PRZEZ  
ROMANA KARWOWSKIEGO  
PRZEWODNICZĄCY RADY  
ŚLĄSKIEJ OKRĘGOWEJ  
IZBY INŻYNIERÓW  
BUDOWNICTWA

## 2. Rodzaj i kategoria zamierzenia budowlanego

**Przedmiot zamierzenia budowlanego obejmuje sprawdzenie konstrukcji dachu budynku mieszkalnego do remontu połaci.**

## 3. Kryteria projektowe

### 1) Obciążenia

- a) Eurokod 0 PN-EN 1990 – Podstawy projektowania konstrukcji
- b) Eurokod 1 PN-EN 1991-1-1 – Oddziaływania na konstrukcję; Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
- c) Eurokod 1 PN-EN 1991-1-3 – Oddziaływania na konstrukcję; Część 1-3: Oddziaływania ogólne – Obciążenie śniegiem.
- d) Eurokod 1 PN-EN 1991-1-4 – Oddziaływania na konstrukcję; Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru.
- e) Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu - Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- f) Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych - Część 1-1: Reguły ogólne dla budynków
- g) Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne - Część 1: Zasady ogólne

## 4. ZAKRES OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest projekt budowlany konstrukcji dla sprawdzenia nośności dachu,. Adres obiektu: ul. Kardynała Augusta Hlonda 24 41-712 Ruda Śląska. Opracowanie obejmuje: opis założeń do projektu konstrukcji i warunków lokalizacji, opis przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych, założenia materiałowe, schematy statyczne konstrukcji.

Niniejszy opracowanie nie stanowi projektu wykonawczego, ani go nie zastępuje.

## 5. PODSTAWA WYKONANIA

- {1} Projekt architektoniczny opracowany przez mgr inż. arch. Joanna Klajmon-Rusin
- {2} obowiązujące normy PN-EN, przepisy
- {3} zasady wiedzy i sztuki budowlanej

## 6. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ STATYCZNYCH

II– strefa obciążenia śniegiem zgodnie PN-EN 1991-1-3

3– strefa obciążenia wiatrem wg PN-EN 1991-1-4

Oddziaływanie górnicze:

Kategoria geotechniczna:

Warunki geotechniczne:

Osuwiska:

**niewystępują**

**I**

**proste**

**brak**

## 7. ZAŁOŻENIA MATERIAŁOWE

Konstrukcje drewniana klasa drewna K18

Złącza ciesielskie

Konstrukcje murowe dla komina z cegły pełnej kl 15 na pełną spoinę poziomą i pionową

Ściany osłonowo proponuje się w technologii szkieletowej

## 8. WARUNKI GEOTECHNICZNE

Analizowany projekt dotyczy istniejącego budynku

## 9. OPIS KONSTRUKCJI

Projektuje się remont połaci dachu obiektu trzy kondygnacyjnego. Budynek zaprojektowano w technologii tradycyjnej. Główną konstrukcję nośną stanowi układ ścian nośnych. Ściany o grubości konstrukcyjnej 47cm i 25 cm wewnętrzne, Więźbę zaprojektowano z drewna klasy min 18

### 9.1 KONSTRUKCJE DACHU DO WZMOCNIENIA

Ze względu na nowo wprowadzone normy śniegowe zaleca się wykonania wzmocnienia krokwi poprzez nabicie jednostronnie deski 32mm zgodnie z poniższymi wytycznymi na krokwiach zlokalizowanych z szerszej części dachu.

Należy dokonać oczyszczenia, oskrobania i ociosania do drewna zdrowego elementów konstrukcyjnych więźby dachowej przy użyciu szczotek drucianych itp. (pracownicy powinni mieć odpowiedni sprzęt ochrony osobistej, tzn. okulary ochronne, maski itp.). następnie w zależności od stopnia uszkodzenia elementów postąpić jak niżej:

1) Jeżeli uszkodzenia są powierzchniowe, tj. do 1 cm po obwodzie przekroju, elementu nie ma potrzeby wzmacniać.

2) Jeżeli uszkodzenia dochodzą do 3 cm po obwodzie przekroju elementu, należy elementy wzmocnić przy pomocy nakładek drewnianych o grubości 38 mm z drewna klasy C 30. Nakładki przymocować przy użyciu gwoździ o średnicy 3,8 mm i długości 100 mm w rozstawie jak wyżej (np. dla krokwi).

3) Jeżeli uszkodzenia są większe niż 3 cm po obwodzie przekroju element należy indywidualnie wzmocnić po konsultacji z konstruktorem lub w całości wymienić. Długość, na której element należy wzmocnić lub wymienić należy oszacować indywidualnie w zależności od charakteru uszkodzenia i stopnia trudności wymiany. Elementy nowo wbudowane i istniejące połączyć na nakładki z drewna klasy C 30 i wilgotności nie większej niż 18%, przy użyciu śrub M10 – M20 jak niżej. Wykonanie połączenia może być bardziej kłopotliwe i kosztowne niż wymiana całego elementu. W takim przypadku należy wykonać wariant bardziej celowy z ekonomicznego punktu widzenia. Poniżej przedstawia się jeden z możliwych sposobów wzmocnienia i wykonania połączenia.

- Wszystkie elementy istniejące po ich oczyszczeniu i nowo wbudowane należy zaimpregnować środkiem chemicznym czterofunkcyjnym przeciw grzybom domowym, pleśniowym, owadom niszczącym drewno i ogniu (np. przy użyciu FOBOSU M-4).

#### **Podłogi**

Dokonać napraw drewnianych podłóg. Zapewnić bezkolizyjne ciągi komunikacyjne na poddaszu.

#### **Strop drewniany nad częścią użytkową poddasza**

Skorodowane elementy stropu drewnianego nad użytkową częścią poddasza należy wymienić

#### **Środki do odgrzybiania i impregnacji.**

Do odgrzybiania i impregnacji zastosować:

- 1) Do murów w miejscach oparć zagrzybionych drewnianych elementów więźby dachowej –  
środek biobójczy, posiadający stosowne dopuszczenia do stosowania. Środek powinien

zwalczać i zabezpieczać ściany przeciw grzybom domowym i pleśniowym (np. środek o nazwie BORAMON).

2) Do drewna więźby dachowej, podłóg i stropu nad poddaszem – środek zabezpieczający, posiadający stosowne dopuszczenia do stosowania w budynkach mieszkalnych. Środek

powinien zabezpieczać drewno przeciw grzybom domowym, pleśniowym, owadom niszczącym

drewno i ogniu, a zatem ma to być środek chemiczny czterofunkcyjny (np. środek o nazwie

FOBOS M-4).

## **10. IV INFORMACJA DOTYCZĄCA BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY ZDROWIA**

Roboty budowane należy prowadzić zgodnie z „Warunkami technicznymi wykonania i odbioru robót budowlano - montażowych” oraz zgodnie z przepisami techniczno – budowlanymi, zasadami wiedzy technicznej i obowiązującymi normami.

W trakcie wznoszenia obiektu stosowane będą tradycyjne procesy technologiczne. Należy przestrzegać zasad bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wszelkie prace należy prowadzić w sposób spełniający wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony zdrowia przy wykonywaniu robót budowlanych, określone przez odrębne przepisy w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy.

W czasie budowy obiektu będą występować następujące roboty, stwarzające zagrożenie bezpieczeństwa i zdrowia ludzi:

- prace na wysokości ponad 1,0 m od powierzchni terenu;
- roboty z wykorzystaniem dźwigów;
- montaż elementów konstrukcyjnych obiektu;

Dla w/w robót Kierownik budowy jest zobowiązany sporządzić lub zapewnić sporządzenie przed rozpoczęciem budowy planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, uwzględniającego specyfikę obiektu budowlanego, warunki prowadzenia robót budowlanych i przepisy BHP, zawierające następujące informacje:

plan zagospodarowania placu budowy z rozmieszczeniem wewnętrznych ciągów komunikacyjnych, granic stref ochronnych, urządzeń przeciwpożarowych i sprzętu ratunkowego;

- zakres robót i kolejność realizacji poszczególnych etapów robót;
- informacje dotyczące przewidywanych zagrożeń występujących podczas realizacji;
- informacje dotyczące wydzielenia i oznakowania miejsca prowadzenia robót stwarzających zagrożenie;
- informacje o sposobie prowadzenia instruktażu pracowników przed przystąpieniem do realizacji robót szczególnie niebezpiecznych zawierające:
  - określenie zasad postępowania w przypadku wystąpienia zagrożenia,
  - określenie środków ochrony indywidualnej, zabezpieczających przed skutkami zagrożeń,
  - określenie zasad bezpośredniego nadzoru nad pracami niebezpiecznymi wraz z wyznaczeniem osób odpowiedzialnych za nadzór;
- określenie sposobu przechowywania i przemieszczania materiałów na terenie budowy;
- wskazanie środków technicznych i organizacyjnych zapobiegających niebezpieczeństwom wynikającym z wykonywania robót budowlanych;
- wskazanie miejsca przechowywania dokumentacji budowy oraz dokumentów

niezbędnych do prawidłowej eksploatacji maszyn i innych urządzeń technicznych.

**W szczególności należy zwrócić uwagę na to, iż:**

- wszelkie prace powinny być wykonywane w warunkach przewiewu z dala od ognia,
- środki rozcieńczane rozpuszczalnikami winny być używane z dala od ognia,
- w czasie pracy stosować odzież ochronną i sprzęt ochrony osobistej ( okulary ochronne, fartuchy, rękawice itp. ),
- zwrócić uwagę na higienę osobistą: przerywając lub kończąc pracę umyć ręce i twarz mydłem w ciepłej wodzie,
- w czasie pracy nie spożywać posiłków i nie palić tytoniu,
- stanowisko pracy zabezpieczyć podsypką z trocin, a nasyczone trociny ostrożnie spalić porcjami w wydzielonym miejscu,
- opróżnionych opakowań nie używać do przechowywania materiałów spożywczych lub wody,
- nie dopuszczać do skażenia gruntu, studni i wód gruntowych otwartych.

Osoby mające uszkodzony naskórek lub alergiczną chorobę skóry nie powinny wykonywać prac impregnacyjno - odgrzybieniovych.

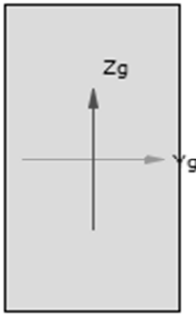
## 11. OBLICZENIA STATYCZNO – WYTRZYMAŁOŚCIOWE

### 11.1 OBLICZENIA KROKOWE

#### Raport wymiarowania drewna wg PN-EN-1995-1-1:2010 do programu Rama3D/2D:

Wszystkie obliczenia są wykonywane w osiach głównych. W dalszych oznaczeniach zmiennych w raporcie oś Y oznacza oś główną  $Y_g$ , a oś Z oznacza oś główną  $Z_g$ .

#### Geometria:

	Nazwa profilu:	160 90 krok	
	Długość pręta:	L = 7.80 m	
	Pole przekroju:	A = 144.00 cm <sup>2</sup>	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 3072.00 \text{ cm}^4$	$J_z = 972.00 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 384.00 \text{ cm}^3$	$W_z = 216.00 \text{ cm}^3$
	Momenty bezwładności na skręcanie:	$J_x = 2521.58 \text{ cm}^4$	
	Wskaźnik wytrzymałości na skręcanie:	$W_x = 310.69 \text{ cm}^3$	
	Promienie bezwładności:	$i_y = 4.62 \text{ cm}$	$i_z = 2.60 \text{ cm}$

Rodzaj drewna:	Lite
Klasa drewna:	C20
Wytrzymałość char. na zginanie:	20.000 MPa
Wytrzymałość char. na rozciąganie:	12.000 MPa



Wytrzymałość char. na ściskanie:	19.000 MPa
Wytrzymałość char. na ścinanie:	3.600 MPa
Moduł sprężystości:	9500.000 MPa
5% kwantyl modułu sprężystości	6400.000 MPa
Moduł odkształcenia:	590.000 MPa
Gęstość:	330.000 kg/m <sup>3</sup>

## **Dane ogólne:**

Klasa użytkowania konstrukcji: 2

### **Typ elementu:**

w płaszczyźnie XY osi głównych: obustronnie podparty

w płaszczyźnie XZ osi głównych: obustronnie podparty

### **Przeważający typ obciążenia:**

w płaszczyźnie XY osi głównych: ciągłe

w płaszczyźnie XZ osi głównych: ciągłe

### **Graniczne ugięcie elementu:**

$$\frac{L}{n} = \frac{780.10}{250.00} = 3.120 [cm]$$

Współczynniki wyoboczenia:  $m_y = 1.00$

Długości wyoboczeniowe:  $L_{c,y} = m_y \cdot L = 1.00 \cdot 7.80 = 7.80 [m]$

### **Współczynniki zwiększające wytrzymałości charakterystyczne:**

na rozciąganie  $k_{h,t} = 1.11$

### **Element złożony, nr pretów: 311, 402, 403, 69**

### **Punkt nr: 1 na elemencie, położenie globalne na elem.: 0.00 m**

### **Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$N = -6.92 \text{ kN}$                        $T_y = 0.01 \text{ kN}$                        $T_z = 4.91 \text{ kN}$   
 $M_x = -0.00 \text{ kNm}$                        $M_y = 4.47 \text{ kNm}$                        $M_z = -0.03 \text{ kNm}$

### **Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$k_{mod} = 1.100$

### **Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{4.47 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 11.638 \text{ [MPa]}$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_y \cdot L = 0.90 \cdot 7.80 = 7.02 \text{ [m]}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{7.02 \cdot 0.16 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.09^2 \cdot 6400.00)}} = 0.745$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{11.64}{1.00 \cdot 16.92} = 0.688 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 2 na elemencie, położenie globalne na elem.: 0.00 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -6.92 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.01 \text{ kN}$$

$$T_z = 4.91 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 4.47 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.03 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{mod} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 16.077 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{4.47 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 11.638 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.153 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c0,d} = \frac{N}{A} = \frac{6.92 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.480 \text{ [MPa]}$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{ey}}{i_y} = \frac{7.80}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 168.897$$

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,orit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 6400.000}{168.897^2} = 2.214 [MPa]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$b_c = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,orit,y}}} = \sqrt{\frac{19.00}{2.21}} = 2.929$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (2.93 - 0.3) + 2.93^2 \right) = 5.053$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{\varphi} = \frac{l}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{l}{\left( 5.05 + \sqrt{5.05^2 - 2.93^2} \right)} = 0.109$$

$$k_{cs} = 1.0$$

**Ściskanie ze zginaniem:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,x,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.48}{0.11 \cdot 16.08} + 0.70 \cdot \frac{0.15}{16.92} + \frac{11.64}{16.92} = 0.968 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,x,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.48}{1.00 \cdot 16.08} + \frac{0.15}{16.92} + 0.70 \cdot \frac{11.64}{16.92} = 0.520 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 3 na elemencie, położenie globalne na elem.: 0.00 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$N = -6.92 \text{ kN}$

$T_y = 0.01 \text{ kN}$

$T_z = 4.91 \text{ kN}$

$M_x = -0.00 \text{ kNm}$

$M_y = 4.47 \text{ kNm}$

$M_z = -0.03 \text{ kNm}$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$k_{mod} = 1.100$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 3.046 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.001 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{4.91 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.764 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\left( \frac{\tau_{zd}}{f_{vd}} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{yd}}{f_{vd}} \right)^2 = \left( \frac{0.76}{3.05} \right)^2 + \left( \frac{0.00}{3.05} \right)^2 = 0.063 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69****Punkt nr: 4 na elemencie, położenie globalne na elem.: 0.00 m****Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -6.92 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.01 \text{ kN}$$

$$T_z = 4.91 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 4.47 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.03 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{\text{mod}} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 3.046 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.001 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{4.91 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.764 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{\text{tor},d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{310.69 \cdot 10^{-6}} = 0.010 \text{ [MPa]}$$

**Skręcanie ze ścinaniem:**

$$\frac{\tau_{\text{tor}}}{k_{\text{shape}} \cdot f_{v,d}} + \left( \frac{\tau_{\text{max}}}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0.01}{1.09 \cdot 3.05} + \left( \frac{0.76}{3.05} \right)^2 = 0.065 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69****Punkt nr: 5 na elemencie, położenie globalne na elem.: 0.00 m****Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -6.92 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.01 \text{ kN}$$

$$T_z = 4.91 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 4.47 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.03 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{\text{mod}} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 16.077 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{4.47 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 11.638 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.153 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{6.92 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.480 [\text{MPa}]$$

**Zginanie ze ściskaniem przy uwzględnieniu stateczności i wyboczenia:**

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.15}{1.00 \cdot 16.92} \right)^2 + \frac{0.48}{0.11 \cdot 16.08} = 0.274 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{11.64}{1.00 \cdot 16.92} \right)^2 + \frac{0.48}{1.00 \cdot 16.08} = 0.503 \leq 1$$

**Element złożony, nr pretów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 6 na elemencie, położenie globalne na elem.: 2.63 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -9.12 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.01 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.19 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -2.24 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.01 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{mod} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.24 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 5.823 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 7.80 = 7.021 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{7.02 \cdot 0.16 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.09^2 \cdot 6400.00)}} = 0.745$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{5.82}{1.00 \cdot 16.92} = 0.344 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 7 na elemencie, położenie globalne na elem.: 2.63 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -9.12 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.01 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.19 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -2.24 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.01 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływania na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{mod} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 16.077 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.24 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 5.823 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.042 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{9.12 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.633 [\text{MPa}]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{ey}}{i_y} = \frac{7.80}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 168.897$$

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 6400.000}{168.897^2} = 2.214 [\text{MPa}]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$$b_C = 0.20$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{19.00}{2.21}} = 2.929$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (2.93 - 0.3) + 2.93^2 \right) = 5.053$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{\varphi} = \frac{l}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{l}{\left( 5.05 + \sqrt{5.05^2 - 2.93^2} \right)} = 0.109$$

$$k_{cz} = 1.0$$

**Ściskanie ze zginaniem:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.63}{0.11 \cdot 16.08} + 0.70 \cdot \frac{0.04}{16.92} + \frac{5.82}{16.92} = 0.707 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.63}{1.00 \cdot 16.08} + \frac{0.04}{16.92} + 0.70 \cdot \frac{5.82}{16.92} = 0.283 \leq 1$$

**Element złożony, nr pretów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 8 na elemencie, położenie globalne na elem.: 2.63 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -9.12 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.01 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.19 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -2.24 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.01 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{mod} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 3.046 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.001 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.19 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.030 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{310.69 \cdot 10^{-6}} = 0.010 \text{ [MPa]}$$

**Skręcanie ze ścinaniem:**

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left( \frac{\tau_{max}}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0.01}{1.09 \cdot 3.05} + \left( \frac{0.03}{3.05} \right)^2 = 0.003 \leq 1$$

**Element złożony, nr pretów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 9 na elemencie, położenie globalne na elem.: 2.63 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -9.12 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.00 \text{ kNm}$$

$$T_y = 0.01 \text{ kN}$$

$$M_y = -2.24 \text{ kNm}$$

$$T_z = 0.19 \text{ kN}$$

$$M_z = -0.01 \text{ kNm}$$

### Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{\text{mod}} = 1.100$$

### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 16.077 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.24 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 5.823 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.042 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{9.12 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.633 [\text{MPa}]$$

### Zginanie ze ściskaniem przy uwzględnieniu stateczności i wyboczenia:

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{\text{crit,z}} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{\text{cy}} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.04}{1.00 \cdot 16.92} \right)^2 + \frac{0.63}{0.11 \cdot 16.08} = 0.361 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{\text{crit,y}} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{\text{cz}} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{5.82}{1.00 \cdot 16.92} \right)^2 + \frac{0.63}{1.00 \cdot 16.08} = 0.158 \leq 1$$

### Element złożony, nr pretów: 311, 402, 403, 69

### Punkt nr: 10 na elemencie, położenie globalne na elem.: 2.73 m

### Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -9.21 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.00 \text{ kNm}$$

$$T_y = 0.01 \text{ kN}$$

$$M_y = -2.25 \text{ kNm}$$

$$T_z = 0.00 \text{ kN}$$

$$M_z = -0.01 \text{ kNm}$$

### Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{\text{mod}} = 1.100$$

### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:



$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.25 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 5.849 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 7.80 = 7.021 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{7.02 \cdot 0.16 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.09^2 \cdot 6400.00)}} = 0.745$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętnej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{5.85}{1.00 \cdot 16.92} = 0.346 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 11 na elemencie, położenie globalne na elem.: 2.73 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -9.21 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.01 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.00 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -2.25 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.01 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{mod} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{cdk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 16.077 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.25 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 5.849 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.037 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,d} = \frac{N}{A} = \frac{9.21 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.639 [MPa]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{7.80}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 168.897$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,criz,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 6400.000}{168.897^2} = 2.214 [MPa]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$$b_C = 0.20$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,criz,y}}} = \sqrt{\frac{19.00}{2.21}} = 2.929$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_C \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (2.93 - 0.3) + 2.93^2 \right) = 5.053$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{l}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{l}{\left( 5.05 + \sqrt{5.05^2 - 2.93^2} \right)} = 0.109$$

$$k_{cz} = 1.0$$

**Ściskanie ze zginaniem:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.64}{0.11 \cdot 16.08} + 0.70 \cdot \frac{0.04}{16.92} + \frac{5.85}{16.92} = 0.712 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.64}{1.00 \cdot 16.08} + \frac{0.04}{16.92} + 0.70 \cdot \frac{5.85}{16.92} = 0.284 \leq 1$$

**Element złożony, nr pretów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 12 na elemencie, położenie globalne na elem.: 2.73 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -9.21 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.01 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.00 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -2.25 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.01 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{mod} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 3.046 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.001 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{310.69 \cdot 10^{-6}} = 0.010 [MPa]$$

**Skręcanie ze ścinaniem:**

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left( \frac{\tau_{max}}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0.01}{1.09 \cdot 3.05} + \left( \frac{0.00}{3.05} \right)^2 = 0.003 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 13 na elemencie, położenie globalne na elem.: 2.73 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -9.21 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.01 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.00 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -2.25 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.01 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{mod} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{cdk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 16.077 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.25 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 5.849 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.037 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{9.21 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.639 [MPa]$$

**Zginanie ze ściskaniem przy uwzględnieniu stateczności i wyboczenia:**

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.04}{1.00 \cdot 16.92} \right)^2 + \frac{0.64}{0.11 \cdot 16.08} = 0.365 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{5.85}{1.00 \cdot 16.92} \right)^2 + \frac{0.64}{1.00 \cdot 16.08} = 0.159 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 14 na elemencie, położenie globalne na elem.: 5.25 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -8.80 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 9.29 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 3.52 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{\text{mod}} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{3.52 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 9.180 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 7.80 = 7.021 [\text{m}]$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{7.02 \cdot 0.16 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.09^2 \cdot 6400.00)}} = 0.745$$

$$k_{\text{crit}} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,d}} = \frac{9.18}{1.00 \cdot 16.92} = 0.542 \leq 1$$

**Element złożony, nr pretów: 311, 402, 403, 69****Punkt nr: 15 na elemencie, położenie globalne na elem.: 5.25 m****Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -11.32 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.01 \text{ kN}$$

$$T_z = -4.53 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 3.45 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.02 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{\text{mod}} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 16.077 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{3.45 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 8.992 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.02 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.074 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{11.32 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.786 \text{ [MPa]}$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{c,y}}{i_y} = \frac{7.80}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 168.897$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 6400.000}{168.897^2} = 2.214 \text{ [MPa]}$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$b_C = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{19.00}{2.21}} = 2.929$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_C \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (2.93 - 0.3) + 2.93^2 \right) = 5.053$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{l}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{l}{\left( 5.05 + \sqrt{5.05^2 - 2.93^2} \right)} = 0.109$$

$$k_{cz} = 1.0$$

**Ściskanie ze zginaniem:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.79}{0.11 \cdot 16.08} + 0.70 \cdot \frac{0.07}{16.92} + \frac{8.99}{16.92} = 0.983 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.79}{1.00 \cdot 16.08} + \frac{0.07}{16.92} + 0.70 \cdot \frac{8.99}{16.92} = 0.425 \leq 1$$

**Element złożony, nr pretów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 16 na elemencie, położenie globalne na elem.: 5.25 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -6.01 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 6.47 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 1.92 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{mod} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 3.046 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{6.47 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 1.006 \text{ [MPa]}$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}} = \frac{1.01}{3.05} = 0.605 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 17 na elemencie, położenie globalne na elem.: 5.25 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

N = -11.32 kN

T<sub>y</sub> = 0.01 kN

T<sub>z</sub> = -4.53 kN

M<sub>x</sub> = -0.00 kNm

M<sub>y</sub> = 3.45 kNm

M<sub>z</sub> = 0.02 kNm

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

k<sub>mod</sub> = 1.100

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 3.046 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.001 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{4.53 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.704 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{310.69 \cdot 10^{-6}} = 0.010 \text{ [MPa]}$$

**Skręcanie ze ścinaniem:**

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{vd}} + \left( \frac{\tau_{max}}{f_{vd}} \right)^2 = \frac{0.01}{1.09 \cdot 3.05} + \left( \frac{0.70}{3.05} \right)^2 = 0.056 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 18 na elemencie, położenie globalne na elem.: 5.25 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -11.32 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.01 \text{ kN}$$

$$T_z = -4.53 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 3.45 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.02 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{\text{mod}} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 16.077 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{3.45 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 8.992 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.02 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.074 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{11.32 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.786 [\text{MPa}]$$

**Zginanie ze ściskaniem przy uwzględnieniu stateczności i wyboczenia:**

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{\text{crit,z}} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{\text{cy}} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.07}{1.00 \cdot 16.92} \right)^2 + \frac{0.79}{0.11 \cdot 16.08} = 0.448 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{\text{crit,y}} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{\text{cz}} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{8.99}{1.00 \cdot 16.92} \right)^2 + \frac{0.79}{1.00 \cdot 16.08} = 0.331 \leq 1$$

**Element złożony, nr pretów: 311, 402, 403, 69****Punkt nr: 19 na elemencie, położenie globalne na elem.: 5.45 m****Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -8.95 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 8.98 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 1.70 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{\text{mod}} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.70 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 4.424 \text{ [MPa]}$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 7.80 = 7.021 \text{ [m]}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{7.02 \cdot 0.16 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.09^2 \cdot 6400.00)}} = 0.745$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{md}} = \frac{4.42}{1.00 \cdot 16.92} = 0.261 \leq 1$$

**Element złożony, nr pretów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 20 na elemencie, położenie globalne na elem.: 5.45 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -6.09 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 6.30 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.65 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 9.231 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 8.769 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.65 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 1.682 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.000 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,d} = \frac{N}{A} = \frac{6.09 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.423 \text{ [MPa]}$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{ey}}{i_y} = \frac{7.80}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 168.897$$

Naprężenie krytyczne przy ścisaniu:



$$\sigma_{c,ory} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 6400.000}{168.897^2} = 2.214 [MPa]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$$b_c = 0.20$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,ory}}} = \sqrt{\frac{19.00}{2.21}} = 2.929$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (2.93 - 0.3) + 2.93^2 \right) = 5.053$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{\phi} = \frac{l}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{l}{\left( 5.05 + \sqrt{5.05^2 - 2.93^2} \right)} = 0.109$$

$$k_{\phi} = 1.0$$

**Ściskanie ze zginaniem:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{\phi,y} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,x,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.42}{0.11 \cdot 8.77} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{9.23} + \frac{1.68}{9.23} = 0.625 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{\phi,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,x,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.42}{1.00 \cdot 8.77} + \frac{0.00}{9.23} + 0.70 \cdot \frac{1.68}{9.23} = 0.176 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 21 na elemencie, położenie globalne na elem.: 5.45 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -6.09 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 6.30 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.65 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 1.662 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{6.30 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.979 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}} = \frac{0.98}{1.66} = 0.589 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 22 na elemencie, położenie globalne na elem.: 5.45 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -8.95 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 8.98 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 1.70 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{\text{mod}} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 16.077 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.70 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 4.424 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.005 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{8.95 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.621 [\text{MPa}]$$

**Zginanie ze ściskaniem przy uwzględnieniu stateczności i wyboczenia:**

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{\text{crit,z}} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{\text{cy}} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.00}{1.00 \cdot 16.92} \right)^2 + \frac{0.62}{0.11 \cdot 16.08} = 0.354 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{\text{crit,y}} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{\text{cz}} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{4.42}{1.00 \cdot 16.92} \right)^2 + \frac{0.62}{1.00 \cdot 16.08} = 0.107 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69****Punkt nr: 23 na elemencie, położenie globalne na elem.: 5.65 m****Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = 1.77 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 1.35 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.92 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 9.231 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.92 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 2.388 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_y \cdot L = 0.90 \cdot 7.80 = 7.02 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{7.02 \cdot 0.16 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.09^2 \cdot 6400.00)}} = 0.745$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{2.39}{1.00 \cdot 9.23} = 0.259 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 24 na elemencie, położenie globalne na elem.: 5.65 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -6.19 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 6.09 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.59 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 9.231 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{cdk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 8.769 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.59 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 1.539 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,d} = \frac{N}{A} = \frac{6.19 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.430 [\text{MPa}]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{c,y}}{i_y} = \frac{7.80}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 168.897$$

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 6400.000}{168.897^2} = 2.214 [\text{MPa}]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$$b_c = 0.20$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{a,orit,y}}} = \sqrt{\frac{19.00}{2.21}} = 2.929$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (2.93 - 0.3) + 2.93^2 \right) = 5.053$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{l}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{l}{\left( 5.05 + \sqrt{5.05^2 - 2.93^2} \right)} = 0.109$$

$$k_{cz} = 1.0$$

**Ściskanie ze zginaniem:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.43}{0.11 \cdot 8.77} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{9.23} + \frac{1.54}{9.23} = 0.616 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.43}{1.00 \cdot 8.77} + \frac{0.00}{9.23} + 0.70 \cdot \frac{1.54}{9.23} = 0.166 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 25 na elemencie, położenie globalne na elem.: 5.65 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -6.19 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 6.09 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.59 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 1.662 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{6.09 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.946 \text{ [MPa]}$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}} = \frac{0.95}{1.66} = 0.570 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 26 na elemencie, położenie globalne na elem.: 5.65 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -9.12 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 8.60 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.06 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

 $k_{mod} = 1.100$ **Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{cdk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{19.00}{1.30} = 16.077 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.06 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 0.148 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.005 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{9.12 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.634 [MPa]$$

**Zginanie ze ściskaniem przy uwzględnieniu stateczności i wyboczenia:**

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.00}{1.00 \cdot 16.92} \right)^2 + \frac{0.63}{0.11 \cdot 16.08} = 0.361 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.15}{1.00 \cdot 16.92} \right)^2 + \frac{0.63}{1.00 \cdot 16.08} = 0.039 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69****Punkt nr: 27 na elemencie, położenie globalne na elem.: 5.65 m****Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:** $N = 1.77 \text{ kN}$  $T_y = 0.00 \text{ kN}$  $T_z = 1.35 \text{ kN}$  $M_x = 0.00 \text{ kNm}$  $M_y = 0.92 \text{ kNm}$  $M_z = 0.00 \text{ kNm}$ **Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 9.231 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{tdk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.11 \cdot \frac{12.00}{1.30} = 6.134 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{z0,d} = \frac{N}{A} = \frac{1.77 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.123 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.92 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 2.388 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [\text{MPa}]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{z0,d}}{f_{z0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.12}{6.13} + \frac{2.39}{9.23} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{9.23} = 0.279 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{z0,d}}{f_{z0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.12}{6.13} + 0.70 \cdot \frac{2.39}{9.23} + \frac{0.00}{9.23} = 0.201 \leq 1$$

**Element złożony, nr pretów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 28 na elemencie, położenie globalne na elem.: 6.55 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = 1.36 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.47 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.11 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 9.231 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.11 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 0.273 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 7.80 = 7.021 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{7.02 \cdot 0.16 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.09^2 \cdot 6400.00)}} = 0.745$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{0.27}{1.00 \cdot 9.23} = 0.030 \leq 1$$

**Element złożony, nr pretów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 29 na elemencie, położenie globalne na elem.: 6.55 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = 1.36 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.47 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.11 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 9.231 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.11 \cdot \frac{12.00}{1.30} = 6.134 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{td} = \frac{N}{A} = \frac{1.36 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.094 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{my,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.11 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 0.273 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{mz,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.005 \text{ [MPa]}$$

### Zginanie z rozciąganiem:

$$\frac{\sigma_{td}}{f_{td}} + \frac{\sigma_{my,d}}{f_{md}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{mz,d}}{f_{md}} = \frac{0.09}{6.13} + \frac{0.27}{9.23} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{9.23} = 0.045 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{td}}{f_{td}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{my,d}}{f_{md}} + \frac{\sigma_{mz,d}}{f_{md}} = \frac{0.09}{6.13} + 0.70 \cdot \frac{0.27}{9.23} + \frac{0.00}{9.23} = 0.037 \leq 1$$

### Element złożony, nr pretów: 311, 402, 403, 69

### Punkt nr: 30 na elemencie, położenie globalne na elem.: 6.55 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 1.36 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.47 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.11 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 1.662 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.47 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.073 \text{ [MPa]}$$

### Ścinanie:

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}} = \frac{0.07}{1.66} = 0.044 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 31 na elemencie, położenie globalne na elem.: 6.88 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = 1.72 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.02 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.12 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{\text{mod}} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.12 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 0.315 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 7.80 = 7.021 [\text{m}]$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{7.02 \cdot 0.16 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.09^2 \cdot 6400.00)}} = 0.745$$

$$k_{\text{crit}} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,d}} = \frac{0.32}{1.00 \cdot 16.92} = 0.019 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 32 na elemencie, położenie globalne na elem.: 6.88 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = 1.72 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.02 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.12 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{\text{mod}} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:



$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0d} = k_{mod} \cdot k_{kt} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot 1.11 \cdot \frac{12.00}{1.30} = 11.246 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0d} = \frac{N}{A} = \frac{1.72 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.120 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.12 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 0.315 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.005 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t0d}}{f_{t0d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.12}{11.25} + \frac{0.32}{16.92} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{16.92} = 0.029 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t0d}}{f_{t0d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.12}{11.25} + 0.70 \cdot \frac{0.32}{16.92} + \frac{0.00}{16.92} = 0.024 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 33 na elemencie, położenie globalne na elem.: 6.88 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = 1.21 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.15 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 1.662 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.15 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.023 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}} = \frac{0.02}{1.66} = 0.014 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 34 na elemencie, położenie globalne na elem.: 7.44 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = 1.27 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = -0.96 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.14 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{\text{mod}} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.14 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 0.378 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 7.80 = 7.02 [\text{m}]$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{7.02 \cdot 0.16 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.09^2 \cdot 6400.00)}} = 0.745$$

$$k_{\text{crit}} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,d}} = \frac{0.38}{1.00 \cdot 16.92} = 0.022 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69****Punkt nr: 35 na elemencie, położenie globalne na elem.: 7.44 m****Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = 0.96 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = -0.39 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.07 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 9.231 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0,d} = k_{\text{mod}} \cdot k_{h,t} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.11 \cdot \frac{12.00}{1.30} = 6.134 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.96 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.066 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.07 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 0.185 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.005 [\text{MPa}]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.07}{6.13} + \frac{0.18}{9.23} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{9.23} = 0.031 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.07}{6.13} + 0.70 \cdot \frac{0.18}{9.23} + \frac{0.00}{9.23} = 0.025 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 36 na elemencie, położenie globalne na elem.: 7.44 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = 1.27 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = -0.96 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.14 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{\text{mod}} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 3.046 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.96 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.150 [\text{MPa}]$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}} = \frac{0.15}{3.05} = 0.049 \leq 1$$

**Element złożony, nr prętów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 37 na elemencie, położenie globalne na elem.: 7.62 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = 0.16 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.34 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.03 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{\text{mod}} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 0.078 \text{ [MPa]}$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 7.80 = 7.021 \text{ [m]}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{7.02 \cdot 0.16 \cdot 20.00}{(0.78 \cdot 0.09^2 \cdot 6400.00)}} = 0.745$$

$$k_{\text{crit}} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,d}} = \frac{0.08}{1.00 \cdot 16.92} = 0.005 \leq 1$$

**Element złożony, nr pretów: 311, 402, 403, 69****Punkt nr: 38 na elemencie, położenie globalne na elem.: 7.62 m****Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = 0.16 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.34 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.03 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Grupa obciążeń o najkrótszym czasie oddziaływaniu na konstrukcję:**

Nazwa: śnieg całosc

Charakter grupy: chwilowy

$$k_{\text{mod}} = 1.100$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot \frac{20.00}{1.30} = 16.923 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0,d} = k_{\text{mod}} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 1.10 \cdot 1.11 \cdot \frac{12.00}{1.30} = 11.246 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.16 \cdot 10^{-3}}{144.00 \cdot 10^{-4}} = 0.011 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{384.00 \cdot 10^{-6}} = 0.078 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{216.00 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [\text{MPa}]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.01}{11.25} + \frac{0.08}{16.92} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{16.92} = 0.006 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.01}{11.25} + 0.70 \cdot \frac{0.08}{16.92} + \frac{0.00}{16.92} = 0.004 \leq 1$$

**Element złożony, nr pretów: 311, 402, 403, 69**

**Punkt nr: 39 na elemencie, położenie globalne na elem.: 7.62 m**

**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = 0.09 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.19 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.02 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.60}{1.30} = 1.662 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.19 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 144.00 \cdot 10^{-4})} = 0.029 [\text{MPa}]$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}} = \frac{0.03}{1.66} = 0.017 \leq 1$$

**Wyniki obwiedni przemieszczeń:**

Położenie:  $x = 2.75 \text{ [m]}$

$u_{\text{inst},G(y)}$  - przemieszczenie  $u_y$  grupy stałej

$u_{\text{inst},Q(y)}$  - przemieszczenie  $u_y$  grupy zmiennej

$u_{\text{inst},G(z)}$  - przemieszczenie  $u_z$  grupy stałej

$u_{\text{inst},Q(z)}$  - przemieszczenie  $u_z$  grupy zmiennej

$$n_1 = 1 + k_{\text{def}}$$

$$n_2 = 1 + j_2 \cdot k_{\text{def}}$$

$$n_3 = j_0 + j_2 \cdot k_{\text{def}}$$

Nazwa grupy obciążeń(wsp.)	$u_y[cm]$	$u_z[cm]$	$k_{def}$	$j_0$	$j_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$
Ciężar własny(1.00)	-	-0.05	0.80	0.8	-	1.80	-	-
śnieg całosc(1.00)	-0.01	-0.52	0.80	0.7	0.3	-	1.24	-
Stałe(1.00)	-0.01	-0.54	0.80	0.8	-	1.80	-	-

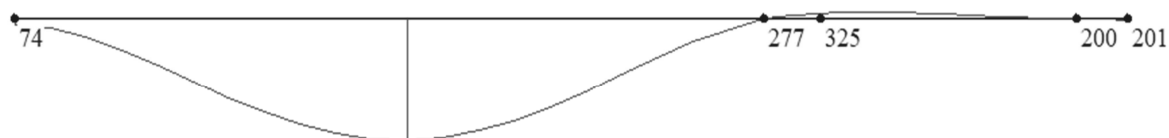
$$u_y = \sum u_{y,inst,G} \cdot n_1 + u_{y,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{y,inst,Q} \cdot n_3 = -0.036[cm]$$

Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Y:



$$u_z = \sum u_{z,inst,G} \cdot n_1 + u_{z,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{z,inst,Q} \cdot n_3 = -1.714[cm]$$

Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Z:



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|-0.036|^2 + |-1.714|^2} = 1.71 \leq 3.120[cm]$$

### Wyniki ugięcia względnego:

Położenie:  $x = 2.75 [m]$

$u_{inst,G(y)}$  - przemieszczenie  $u_y$  grupy stałej

$u_{inst,Q(y)}$  - przemieszczenie  $u_y$  grupy zmiennej

$u_{inst,G(z)}$  - przemieszczenie  $u_z$  grupy stałej

$u_{inst,Q(z)}$  - przemieszczenie  $u_z$  grupy zmiennej

$$n_1 = 1 + k_{def}$$

$$n_2 = 1 + j_2 \cdot k_{def}$$

$$n_3 = j_0 + j_2 \cdot k_{def}$$

Nazwa grupy obciążeń(wsp.)	$u_y[cm]$	$u_z[cm]$	$k_{def}$	$j_0$	$j_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$
Ciężar własny(1.00)	-0.00	-0.05	0.80	0.8	-	1.80	-	-
Stałe(1.00)	-0.01	-0.54	0.80	0.8	-	1.80	-	-
śnieg całosc(1.00)	-0.01	-0.52	0.80	0.7	0.3	-	1.24	-

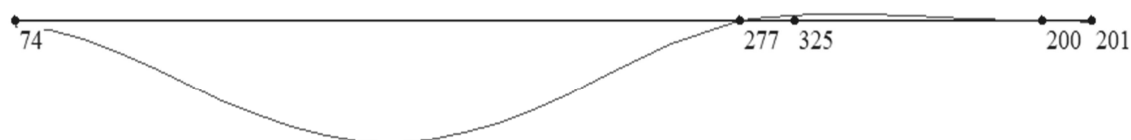
$$u_y = \sum u_{y,inst G} \cdot n_1 + u_{y,inst Q} \cdot n_2 + \sum u_{y,inst Q} \cdot n_3 = -0.036 [cm]$$

**Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Y:**



$$u_z = \sum u_{z,inst G} \cdot n_1 + u_{z,inst Q} \cdot n_2 + \sum u_{z,inst Q} \cdot n_3 = -1.714 [cm]$$

**Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Z:**



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|-0.036|^2 + |-1.714|^2} = 1.715 [cm]$$

$$u_b = u_{bz} = -0.067 [cm]$$

$$\Delta u_y = u_y - u_{by} = -0.036 [cm]$$

$$\Delta u_z = u_z - u_{bz} = -1.647 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \sqrt{\Delta u_y^2 + \Delta u_z^2} = \sqrt{|-0.036|^2 + |-1.647|^2} = 1.647 \leq 3.120 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |0.027 - 0.089| = 0.061 [cm]$$