


# PROJEKT BUDOWLANY

## PRZEBUDOWA KONSTRUKCJI DACHU BUDUNKU USŁUGOWEGO OSP CELINY

<b>Lokalizacja:</b>	Celiny, gm. Ożarówice dz. nr ew. 76/1 obręb 0001 Celiny jednostka ew. 241306_2 Ożarówice	
<b>Inwestor:</b>	Gmina Ożarówice ul. Dworcowa 15 42-625 Ożarówice	
<b>Jednostka Projektowa:</b>	Pracownia Projektowa Aldona Krakowiak ul. Krakowska 9 28-200 Staszów 793 392 390	
<b>Kategoria obiektu:</b>	Obiekt Kategorii XVII	
<b>Data opracowania:</b>	Kwiecień 2020r.	
<p align="center"><b>OŚWIADCZENIE</b></p> <p>Zgodnie z art. 20 ust. 4 Ustawy Prawo Budowlane niżej podpisane osoby będące autorami poszczególnych części projektu, poprzez złożenie podpisu oświadczają, że niniejszy Projekt Budowlany został opracowany zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej</p>		
<b>Branża</b>	<b>Imię i Nazwisko/ Numer uprawnień</b>	<b>Podpis</b>
<b>Projektant architektura</b>	mgr inż. arch. Grzegorz Makowski 10/PKOKK/2012	
<b>Sprawdził architektura</b>	mgr inż. arch. Piotr Drzymalski 315/SWOKK/2018	
<b>Asystent Projektanta</b>	mgr inż. arch. Marta Kmiec	
<b>Projektant konstrukcyjna</b>	mgr inż. Kacper Krakowiak SWK/0017/PBKb/16	
<b>Sprawdził konstrukcyjna</b>	mgr inż. Janusz Machnik 92/Tbg/86 121/TBG/94	
<b>Asystent Projektanta</b>	inż. Mariusz Ziółek	
<b>Projektant Instalacje Elektryczne</b>	mgr inż. Łukasz Różycki SWK/0142/PBE/18	
<b>Sprawdził Instalacje Elektryczne</b>	mgr inż. Jan Madej 160/85	

## SPIS ZAWARTOŚCI PROJEKTU

LP	ZAWARTOŚĆ	STRONY
1.	STRONA TYTUŁOWA	1
2.	SPIS ZAWARTOŚCI PROJEKTU	2
3.	INFORMACJA BIOZ	3-6
4.	OPIS TECHNICZNY	7-16
5.	CZĘŚĆ GRAFICZNA	17-20
6.	OBLICZENIA STATYCZNE I WYMIAROWANIE – CZĘŚĆ PROJEKTOWANA	21-61
7.	INSTALACJE ELEKTRYCZNE	62-66
8.	INWENTARYZACJA I EKSPERTYZA TECHNICZNA	67-78
9.	OBLICZENIA STATYCZNE I WYMIAROWANIE – CZĘŚĆ ISTNIEJĄCA	79-110
10.	KOPIE UPRAWNIEŃ PROJEKTANTÓW I ZAŚWIADCZEŃ PRZYNALEŻNOŚCI DO PINB	111-123



# INFORMACJA DOTYCZĄCA BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY ZDROWIA

(Opracowana na podstawie § 2 Rozporządzenia Ministra  
Infrastruktury z dnia 23 czerwca 2003 roku w sprawie informacji  
dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu  
bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (Dz. U. Nr 120 poz. 1126))

	Imię i Nazwisko/ Numer uprawnień	Pieczętka i podpis
Opracował	mgr inż. Kacper Krakowiak SWK/0017/PBKb/16	

Data opracowania: Kwiecień 2020r.

## I. DANE PODSTAWOWE:

### 1. Nazwa i adres obiektu budowlanego:

Celiny, gm. Ożarówice

dz. nr ew. 76/1 obręb 0001 Celiny

jednostka ew. 241306\_2 Ożarówice

### 2. Imię i Nazwisko oraz adres inwestorów:

Gmina Ożarówice

ul. Dworcowa 15

42-625 Ożarówice

### 3. Imię i Nazwisko projektanta:

mgr inż. Kacper Krakowiak

## **II. CZĘŚĆ OPISOWA:**

### **1. Zakres robót dla całego zamierzenia budowlanego oraz kolejność realizacji poszczególnych obiektów:**

- Rozebranie instalacji odgromowej dachu
- Rozebranie pokrycia dachowego z blachy trapezowej
- Rozebranie ołączenia połaciowego
- Demontaż granulatu z wełny mineralnej wraz z membraną
- Rozebranie konstrukcji drewnianej dachowej
- Rozebranie konstrukcji stalowej – podpory ścianek stolcowych
- Rozebranie ściany pomiędzy belkami stalowymi
- Rozebranie ściany szczytowej
- Wykonanie wieńca żelbetowego wokół ścian zewnętrznych
- Wykonanie izolacji przeciwwilgociowej na wieńcu.
- Montaż kratownic drewnianych
- Podmurowanie kominów
- Wykonanie ściany szczytowej wschodniej
- Montaż płatwi i stężeń
- Wykonanie obróbek blacharskich
- Montaż płyty warstwowej
- Wykonanie nowego wylazu izolowanego na wieżyczkę
- Oczyszczenie barierki na wieżyczce, malowanie barierki
- Wykonanie nowej instalacji odgromowej
- Uzupełnienie izolacji termicznej na wieńcu i ścianach szczytowych
- Wykonanie wyprawy siatka + klej
- Wykonanie tynku silikatowego

### **2. Istniejące obiekty na działce:**

Działka o nr ewid.: 76/1 zabudowana jest budynkiem usługowym OSP w Celinach.

### **3. Elementy zagospodarowania działki lub terenu, które mogą stwarzać zagrożenie bezpieczeństwa i zdrowia ludzi:**

Elementami budynku, które mogą stwarzać zagrożenie to przede wszystkim – ziemne przyłącze eNN (ryzyko porażenia przy jego wykonywaniu), oraz sam budynek, przy którym prowadzone będą prace.

### **4. Wskazanie dotyczące przewidywanych zagrożeń występujących podczas realizacji robót budowlanych, określające skalę i rodzaje zagrożeń oraz miejsce i czas ich wystąpienia:**

- Prowadzenie prac na wysokości powyżej 1,0 m a w szczególności

- wykonywanie konstrukcji drewnianej dachu , wykonanie pokrycia: niebezpieczeństwo upadku z wysokości,
  - wykonywanie elewacji : niebezpieczeństwo upadku z wysokości.
- Wykonując prace szczególnie niebezpieczne przestrzegać należy również przepisów zawartych w rozporządzeniu Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z 06 luty 2003r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz.U. Nr 47/2003 poz.401) oraz wszystkich przepisów i norm branżowych).

## **5. Wskazanie sposobu prowadzenia instruktażu pracowników przed przystąpieniem do realizacji robót szczególnie niebezpiecznych:**

Ekipa pracowników wykonująca prace budowlane musi być ekipą wyspecjalizowaną do tego typu prac, mieć odpowiednie doświadczenie i umiejętności. Konieczność przestrzegania przepisów BHP dla tego typu prac jest sprawą bezwzględnie konieczną. Pracowników przed przystąpieniem do tego typu prac należy zapoznać z przepisami BHP, P.POŻ oraz Planem Bioz. Kierownik budowy musi przeprowadzić szkolenie wstępne ogólne, szkolenie wstępne na stanowisku pracy, zapoznać pracowników z ryzykiem zawodowym na stanowisku pracy. Fakt odbycia w/w szkoleń oraz zapoznania się z ryzykiem zawodowym na danym stanowisku pracy powinien być potwierdzony przez pracownika na piśmie oraz odnotowany w aktach osobowych pracownika. Przy pracach szczególnie niebezpiecznych należy stosować stały nadzór. Pracownicy muszą stosować środki ochrony indywidualnej oraz odzież i obuwie robocze.

## **6. Wskazanie środków technicznych i organizacyjnych, zapobiegających niebezpieczeństwom wynikającym z wykonywania robót budowlanych w strefach szczególnego zagrożenia zdrowia lub w ich sąsiedztwie, w tym zapewniających bezpieczną i sprawną komunikację, umożliwiającą szybką ewakuację na wypadek pożaru, awarii i innych zagrożeń:**

Sposób prowadzenia robót budowlano – montażowych musi być uzgodniony z Inwestorem. Należy z nim uzgodnić sposób zabezpieczeń mających wpływ na funkcjonowanie przyległego terenu. Przez cały czas prowadzenia robót musi być ciągła współpraca kierownika budowy z Inwestorem. Teren prac budowlanych należy wygrodzić i oznakować odpowiednimi tablicami ostrzegawczymi. Należy wydzielić i oznakować wszystkie inne strefy niebezpieczne. Należy wydzielić drogi komunikacyjne. Nie wolno na nich składować materiałów, sprzętu lub innych przedmiotów. Przejścia i strefy niebezpieczne powinny być oświetlone i oznakowane znakami ostrzegawczymi lub znakami zakazu. Przejścia, przejazdy i stanowiska pracy w strefie niebezpiecznej powinny być zabezpieczone daszkami ochronnymi. Wszystkie prace na wysokości należy zabezpieczyć w sposób nie stwarzający zagrożenia dla pracujących tam pracowników. Zwrócić szczególną uwagę na ustawienie i odpowiednie zabezpieczenie

rusztowań. Montaż rusztowań, ich eksploatacja i demontaż powinny być wykonane zgodnie z instrukcją producenta lub projektem indywidualnym. Kierownik budowy lub uprawniona osoba muszą dokonać po ich ustawieniu, odbiór. Odbiór rusztowania dokonuje się wpisem do dziennika budowy lub w protokole odbioru technicznego. Maszyny i inne urządzenia zmechanizowane powinny być montowane, eksploatowane i obsługiwane zgodnie z instrukcją producenta oraz spełniać wymagania określone w przepisach dotyczących systemu oceny zgodności. Należy zapewnić dostateczną ilość wody zdatnej do picia pracownikom zatrudnionym na budowie oraz do celów higieniczno-sanitarnych, gospodarczych i przeciwpożarowych. Pracowników pracujących na wysokości należy wyposażyć w środki ochrony indywidualnej. Na placu budowy musi być odpowiedni sprzęt bhp i p.poż. Na terenie budowy powinny być urządzone i wydzielone pomieszczenia higieniczno – sanitarne i socjalne – szatnie (na odzież roboczą i ochronną), ustępy. Na terenie budowy powinny być wyznaczone oznakowane, utwardzone i odwodnione miejsca do składowania materiałów i wyrobów. Teren budowy powinien być wyposażony w sprzęt niezbędny do gaszenia pożarów, który powinien być regularnie sprawdzany, konserwowany i uzupełniany, zgodnie z wymaganiami producentów i przepisów przeciwpożarowych. Należy zapewnić łączność telefoniczną. Wyznaczyć drogi ewakuacyjne na wypadek pożaru, awarii lub innych zagrożeń. Należy ustalić wykaz prac, które powinny być wykonane przez co najmniej dwie osoby w celu asekuracji, ze względu na możliwość wystąpienia szczególnego zagrożenia dla zdrowia lub życia ludzkiego. Należy udostępnić do stałego korzystania aktualne instrukcje bezpieczeństwa i higieny pracy. Wszystkie prace należy wykonywać z uwzględnieniem obowiązujących przepisów bhp i p.poż. Podczas prac budowlanych nie należy doprowadzić do przeciążeń konstrukcji. Należy posługiwać się odpowiednim sprzętem, który ma odpowiednie świadectwa i certyfikaty dopuszczenia do użytkowania i jest sprawny technicznie. Stosować materiały z atestami. W razie stwierdzenia bezpośredniego zagrożenia dla życia lub zdrowia pracowników osoba kierująca, pracownikami obowiązana jest do niezwłocznego wstrzymania prac i podjęcia działań w celu usunięcia tego zagrożenia. Wszelkie prace budowlane należy prowadzić pod nadzorem osoby uprawnionej. Kierownik budowy musi opracować „Plan BIOZ” w zakresie zgodnym z §3 Ministra Infrastruktury z 23.06.2003r. w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (Dz. U. Nr 120 poz. 1126), w planie tym należy uwzględnić przepisy zawarte w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z 06.02.2003r. (Dz. U. Nr 47, poz. 401).

## OPIS TECHNICZNY

	<b>Imię i Nazwisko/ Numer uprawnień</b>	<b>Pieczątka i podpis</b>
<b>Projektant architektura</b>	<b>mgr inż. arch. Grzegorz Makowski 10/PKOKK/2012</b>	
<b>Sprawdził architektura</b>	<b>mgr inż. arch. Piotr Drzymalski 315/SWOKK/2018</b>	
<b>Projektant konstrukcyjna</b>	<b>mgr inż. Kacper Krakowiak SWK/0017/PBKb/16</b>	
<b>Sprawdził konstrukcyjna</b>	<b>mgr inż. Janusz Machnik 92/Tbg/86 121/TBG/94</b>	

**Data opracowania: Kwiecień 2020r.**

# OPIS TECHNICZNY

## 1. PODSTAWA OPRACOWANIA:

- Zlecenie Inwestora.
- Miejscowy Plan Zagospodarowania Przestrzennego dla miejscowości Celiny
- Mapa Zasadnicza
- Obowiązujące Prawo Budowlane, normy i przepisy.

## 2. CEL I PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Celem opracowania jest przebudowa konstrukcji dachowej na budynku usługowym – OSP Celiny, związana z wykonaniem na obiekcie instalacji fotowoltaicznej (instalacja fotowoltaiczna – według odrębnego opracowania).

## 3. LOKALIZACJA I STAN ZAGOSPODAROWNIA TERENU

Działki Inwestora o nr ewid. 76/1 posiada kształt zbliżony do trapezu. Dostępność komunikacyjna od strony północnej, bezpośrednio do drogi powiatowej - działka o nr ewid. 1/3. W chwili obecnej działka inwestora zabudowana jest budynkiem usługowym – OSP w Celinach. Działka o nr ewid. 76/1 od strony południowej i południowo-zachodniej graniczą z działką o numerze ewidencyjnym 76/5 – działka zabudowana budynkiem jednorodzinnym i gospodarczym. Od strony wschodniej graniczy z działką o nr ewid. 77/1 – działka zabudowana budynkiem mieszkalnym i trzema budynkami gospodarczymi oraz 77/2 – działka zabudowana budynkiem mieszkalnym oraz budynkiem gospodarczym.

## 4. PROJEKTOWANE ZAGOSPODAROWANIE TERENU

### *a) Urządzenia budowlane związane z obiektem budowlanym będącym przedmiotem opracowania*

- woda z wodociągu gminnego – istniejące przyłącze
- przyłącze elektroenergetyczne napowietrzne – istniejące przyłącze
- odprowadzenie ścieków do kanalizacji gminnego – istniejące przyłącze,
- odprowadzenie wód opadowych powierzchniowo do gruntu na teren własnej działki,
- zaopatrzenie w ciepło z istniejącej kotłowni gazowej,

- usuwanie odpadów stałych do śmietnika umieszczonego na działce inwestora, opróżnianego poprzez zorganizowany o powszechnej dostępności system zbierania i wywozu odpadów o charakterze komunalnym gminy Ożarówice.

***b) Układ komunikacyjny:***

Dostępność komunikacyjna od strony północnej, bezpośrednio do drogi powiatowej (działka o numerze ewidencyjnym 1/3) zjazdem indywidualnym spełniającym wymagania wynikające z § 79 Rozporządzenia Ministra transportu i gospodarki morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U.2016.124 t.j. z późn. zm.).

***c) Zagadnienia bezpieczeństwa przeciwpożarowego w tym określające parametry techniczne dróg pożarowych, sieci i urządzeń uzbrojenia terenu zapewniające przeciwpożarowe zaopatrzenie w wodę:***

Wg. pkt. 11 Opracowania

***d) Ukształtowanie terenu i zieleni:***

Działka Inwestora posiada kształt zbliżony do trapezu. Działki w chwili obecnej w całości stanowią teren zielony poza miejscami zabudowanymi – inwestycja nie wiąże się z wycinką drzew lub krzewów.

***e) Porównanie przyjętych założeń projektowych do wymagań wynikających z Miejscowego Planu Zagospodarowania Terenu***

- *Przeznaczenie uzupełniające: obiekty i nieuciążliwe urządzenia usługowe –przeznaczenie obiektu – bez zmian, usługi z zakresu bezpieczeństwa publicznego.*
- *Powierzchnia zabudowy nie powinna przekraczać 60% ogólnej pow. działki – powierzchnia zabudowy bez zmian (34%)*
- *Maksymalna wysokość budynków mieszkalnych i usługowych do 3,0 kondygnacji nadziemnych, do 12,0 m – budynek o 2 kondygnacjach nadziemnych o wysokość 10,40m - bez zmian*
- *Preferowane formy dachów, symetryczne dwuspadowe z dopuszczeniem dachów naczółkowych i czterospadowych o kącie nachylenia głównych połaci od 30° do 45° - dach dwuspadowy o kącie nachylenia wynoszącym 19° - bez zmian.*
- *Przeznaczenie min. 20% ogólnej pow. działki pod zieleni urządzoną – projektowana powierzchnia pod zieleni urządzoną 43% - bez zmian*
- *Zalecana kolorystyka przykryć dachowych czerwona, czerwono-brązowa, brązowa – płyta warstwowa w kolorze czerwonym – kolorystyka bez zmian.*
- *Zapewnienie miejsc postojowych w granicach działki – istniejące 2 miejsca postojowe w granicach działki.*

## 5. BILANS TERENU

Powierzchnia działek w zakresie opracowania A,B,C,D-A	- 702,99 m <sup>2</sup>
Powierzchnia zabudowy budynku usługowego będącego p. opracowania:	- 239,00 m <sup>2</sup>
Utwardzenie istniejące	- 163,00 m <sup>2</sup>
Zieleń, pozostały teren	- 300,99 m <sup>2</sup>
Wielkość powierzchni biologicznie czynnej	- 43 %
Wskaźnik powierzchni zabudowy:	- 34%

Grunty na działce budowlanej zatem nie zachodzi konieczność uzyskania decyzji zezwalającej na wyłączenie z produkcji użytków rolnych, zgodnie z art. 11 ust 1 i 1a ustawy z dnia 3 lutego 1995r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (poz. 1161 z 2017r. z późn. zm.).

## 6. INFORMACJE NA TEMAT OCHRONY ZABYTKÓW

Obiekt będący przedmiotem opracowania nie znajduje się w strefie ochrony konserwatorskiej.

## 7. INFORMACJE NA TEMAT WPŁYWU GÓRNICZEGO

Działki na której zlokalizowany jest przedmiotowy obiekt nie znajduje się na terenie eksploatacji górniczych ani też w granicach terenu górniczego. W związku z powyższym projektowany obiekt nie podlega wymogom sprecyzowanym w ustawie z dnia 9 czerwca 2011r. Prawo Górnicze i Geologiczne (tj. poz. - 868 z 2019r. z późn. zm.)

## 8. CHARAKTERYSTYKA EKOLOGICZNA

- Nieruchomość nie znajduje się w obszarze form ochrony przyrody o których mowa w art. 6 ust. 1 pkt 1-3, 5, 8 i 9 Ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 roku o ochronie przyrody nie znajduje się również w otulinach form o których mowa w art. 6 ust. 1 pkt 1-3 cytowanej wyżej Ustawy.
- Projektowana inwestycja nie stanowi zagrożenia dla środowiska w zakresie ochrony wód, ziemi, powietrza, jak również nie będzie powodować w okresie jej eksploatacji zagrożenia dla życia i zdrowia ludzi.
- W terenie przeznaczonym pod inwestycję nie występują urządzenia melioracji wodnych.
- Projektowana inwestycja nie jest wymieniona w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko ( poz. 1839 z 2019r.)
- Odpady stałe będą składowane w śmietniku kontenerowym przeznaczonym do tego celu. Projektowany obiekt nie wytwarza: gazów, pyłów i płynów niebezpiecznych dla środowiska.
- Odprowadzenie wód opadowych powierzchniowo na własny teren.
- Hałas - projektowany obiekt nie emituje uciążliwych dla otoczenia hałasów.
- Zakłócenia - projektowany obiekt nie powoduje zakłóceń elektromagnetycznych.



## **9. Przeznaczenie i program użytkowy obiektu budowlanego oraz jego charakterystyczne parametry techniczne, w szczególności: kubatura, zestawienie powierzchni, wysokość i długości.**

### **9. 1 Przeznaczenie obiektu:**

Przedmiotem projektowanej inwestycji jest przebudowa dachu budynku usługowego celem zamontowania na nim instalacji fotowoltaicznej (instalacja fotowoltaiczna według odrębnego opracowania projektowego). Zakres przedmiotowej inwestycji zgodny jest z warunkami określonymi w Miejscowym Planie Zagospodarowania Przestrzennego dla miejscowości Celiny.

### **9.2 Program użytkowy obiektu:**

Na parterze i piętrze budynku pomieszczenia związane z działalnością podstawową – OSP.

### **9.3 Charakterystyczne parametry techniczne:**

Powierzchnia użytkowa:	375,20 m <sup>2</sup>
Powierzchnia zabudowy:	239,00 m <sup>2</sup>
Kubatura:	2 151,00 m <sup>3</sup>
Wysokość w kalenicy:	10,40 m
Ilość kondygnacji nadziemnych:	2
Szerokość elewacji frontowej:	10,94 m

## **10. Forma architektoniczna i funkcja obiektu budowlanego, sposób jego dostosowania do krajobrazu i otaczającej zabudowy.**

Przedmiotowy budynek usytuowany jest na planie prostokąta, jest on obiektem dwukondygnacyjnym, obiekt posiada dach dwuspadowy, nad basztą dach płaski. W sąsiedztwie budynku występują tereny zabudowane budynkami mieszkalnymi i gospodarczymi.

## **11. Dane dotyczące warunków ochrony przeciwpożarowej**

### **1. Powierzchnia, wysokość i liczba kondygnacji:**

Powierzchnia zabudowy 239,00m<sup>2</sup>, powierzchnia użytkowa budynku 375,20m<sup>2</sup>, wysokość budynku 10,40 m, budynek istniejący posiada 2 kondygnacje. Parametry charakterystyczne obiekty nie ulegają zmianie.

### **2. Przewidywana gęstość obciążenia ogniowego**

Dla strefy ZL nie określa się.

### **3. Kategoria zagrożenia ludzi, przewidywana liczba osób na każdej kondygnacji i w poszczególnych pomieszczeniach:**

ZL III - W budynku nie występują pomieszczenia dla więcej niż 50-osób nie będącymi stałymi użytkownikami. W obiekcie przewiduje się maksymalną liczbę osób – 35.

### **4. Ocena zagrożenia wybuchem:**

Nie dotyczy.

### **5. Podział obiektu na strefy pożarowe:**

Budynek jako całość stanowi jedną strefę pożarową ZL III.

Dopuszczalna powierzchnia strefy pożarowej wynosi 8.000 m<sup>2</sup>

### **6. Klasa odporności pożarowej budynku oraz klasa odporności ogniowej i stopień rozprzestrzeniania ognia elementów budowlanych:**

Wymagana klasa „D”.

Odporność ogniowa poszczególnych elementów budowlanych w klasie „D” odporności pożarowej:

- |                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| - konstrukcja nośna | R 30            |
| - konstrukcja dachu | nie określa się |
| - strop             | REI 30          |
| - ściana zew.       | EI 30           |
| - ściana wew.       | nie określa się |
| - przykrycie dachu  | nie określa się |

Wszystkie elementy budynku NRO (nie rozprzestrzeniające ognia). Ze względu na odległość od budynku od granic działki, zwiększa się wymagania odporności ogniowej dla przykrycia do klasy odporności „C” – REI 15.

### **7. Warunki ewakuacji, oświetlenie awaryjne:**

- długości dojść ewakuacyjnych do 40 m przy co najmniej 2 dojściach,
- szerokość drzwi min. 0,9 m w świetle
- dla drzwi dwuskrzydłowych jedno ze skrzydeł min. 0,9 m
- szerokość poziomych dróg min 1,2 m

### **8. Wymagania przeciwpożarowe dla elementów wykończenia wnętrz i wyposażenia stałego**

- w strefach pożarowych ZL stosowanie do wykończenia wnętrz materiałów łatwo zapalnych, których produkty rozkładu termicznego są bardzo toksyczne lub intensywnie dymiące, jest zabronione
- na drogach komunikacji ogólnej, służących celom ewakuacji, stosowanie materiałów i wyrobów budowlanych łatwo zapalnych jest zabronione

### **9. Sposób zabezpieczenia przeciwpożarowego instalacji użytkowych:**

- instalacja odgromowa zgodnie z PN

- przepusty instalacyjne w ścianach ppoż. powinny mieć klasę odporności ogniowej EI tych elementów (wymóg ten nie dotyczy pojedynczych rur instalacji wodnych, kanalizacyjnych i ogrzewczych, wprowadzanych przez ściany i stropy do pomieszczeń higieniczno-sanitarnych)

#### **10. Dobór urządzeń przeciwpożarowych w obiekcie:**

- Obiekt wyposażony w przeciwpożarowy wyłącznik prądu.

#### **11. System sygnalizacji pożaru**

Nie wymagany

#### **12. Scenariusz pożarowy**

Nie dotyczy

#### **13. Wyposażenie w gaśnice**

- jedna jednostka masy środka gaśniczego 2 kg (lub 3 dm<sup>3</sup>) zawartego w gaśnicach na 100 m<sup>2</sup> powierzchni strefy pożarowej (1 gaśnica w garażu, 1 gaśnica w kotłowni, 1 w komunikacji)

#### **14. Zaopatrzenie w wodę do zewnętrznego gaszenia pożaru**

Wymagana ilość wody 10 l/s. Wydajność taką zapewnią 1 hydranty o średnicy 80 mm na sieci wodociągowej usytuowane w odległości min. 5 m od ściany budynku i max. 75 m od obiektu.

#### **15. Droga pożarowa**

Dla przedmiotowego obiektu nie jest wymagana droga pożarowa.

#### **16. Przygotowanie budynku do odbioru przeciwpożarowego**

Przed przystąpieniem do użytkowania należy :

- Oznakować obiekt znakami ewakuacji i ochrony ppoż.
- Wywiesić w obiekcie instrukcje postępowania na wypadek powstania pożaru
- Wyposażyć budynek w odpowiedni rodzaj i ilość gaśnic

## **12. Układ konstrukcyjny obiektu budowlanego, zastosowane schematy konstrukcyjne (statyczne), założenia przyjęte do obliczeń konstrukcji, w tym dotyczące obciążeń, oraz podstawowe wyniki tych obliczeń, rozwiązania konstrukcyjno materiałowe podstawowych elementów konstrukcji obiektu, kategoria geotechniczna obiektu budowlanego, warunki sposób jego posadowienia oraz zabezpieczenia przed wpływami eksplozji górniczej, rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe wewnętrznych i zewnętrznych przegród budowlanych:**

### **11.1 Zakres robót dla zadania:**

1. Roboty rozbiórkowe:
  - Rozebranie instalacji odgromowej dachu
  - Rozebranie pokrycia dachowego z blachy trapezowej
  - Rozebranie ołączenia połaciowego
  - Demontaż granulatu z wełny mineralnej wraz z membraną
  - Rozebranie konstrukcji drewnianej dachowej
  - Rozebranie konstrukcji stalowej – podpory ścianek stolcowych
  - Rozebranie ściany pomiędzy belkami stalowymi

- Rozebranie ściany szczytowej
- 2. Wykonanie nowej konstrukcji:
  - Wykonanie wieńca żelbetowego wokół ścian zewnętrznych z zakotwieniem w istniejącym wieńcu nad klatką schową. Wieniec o wymiarze 25cm x 38cm, zbrojony 6Ø12 ze stali klasy AIIIIN (Rb500) oraz strzemionami cztero-ciętymi Ø8 co 25 cm ze stali klasy AIIIIN (Rb500). Beton konstrukcyjny C20/25 W8, maksymalna wartość W/C =0,5, otulina zbrojenia min. 20mm.
  - Wykonanie izolacji przeciwwilgociowej na wieńcu, w postaci dwóch warstw papy asfaltowej termozgrzewalnej.
  - Montaż kratownic drewnianych wykonanych w postaci: pas dolny - deska 3,2cm x 16cm , pas górny – deska 3,2cm x 20cm , krzyżulce i słupki – deska 3,2cm x 16cm, łączonych na pierścienie i blachy kołczaste, klasa konstrukcyjna drewna min. C24. Szczegół łączenia poszczególnych elementów wg. Projektu Wykonawczego.
  - Podmurowanie kominów do wysokości wynikającej z PN-B-10425:2019-09 Przewody kominowe dymowe, spalinowe i wentylacyjne murowane -- Wymagania i badania, wykonane wg. Projektu Wykonawczego.
  - Wykonanie ściany szczytowej wschodniej na ostatniej kratownicy. Ścianę szczytową projektuję się z płyt OSB, izolację termiczną w/w ściany należy wykonać z wełny mineralnej skalnej  $\lambda_{min} = 0,040$  o grubości 10 cm.
  - Montaż płatwi o wymiarach 6cm x 6cm i stężeń o wymiarach 3,2cm x 16cm, klasa konstrukcyjna drewna min. C24.
  - Wykonanie obróbek blacharskich z blachy stalowej powlekanej o grubości min. 0,5mm, w kolorze pokrycia. Obróbka obejmować będzie: pas okapowy, pas kalenicowy, szczyty, połączenie dachu dwuspadowego z wieżyczką, kominy oraz inne urządzenia znajdujące się na połaci dachowej.
  - Montaż płyty warstwowej – płyta warstwowa z wypełnieniem PIR/PUR o gr. 12cm, odporność ogniowa min. EI15, współczynnik  $U_{min}=0,19$  W/(m<sup>2</sup>·K). Rozwiązania szczegółowe wg. Projektu Wykonawczego.
  - Wykonanie nowego wylazu izolowanego na wieżyczkę – włącz izolowany warstwą wełny mineralnej min-10cm – odporność ogniowa min EI15, wykończenie blacha stalowa powlekana w kolorze pokrycia.
  - Wykonanie nowej instalacji odgromowej – według projektu branżowego.
- 3. Roboty wykończeniowe:
  - Uzupełnienie izolacji termicznej na wieńcu i ścianach szczytowych – murowanie przestrzeni pomiędzy wiązarami z bloczka gazobetonowego na kleju (1 warstwa), uzupełnienie izolacji termicznej z materiału jak na istniejącym obiekcie.
  - Oczyszczenie barierki na wieżyczce, malowanie barierki – barierkę należy pomalować farbą antykorozyjną do metalu – kolorystyka jak na pokryciu.
  - Wykonanie wyprawy siatka + klej
  - Wykonanie tynku silikatowego w miejscach wykonania nowego ocieplenia

## **11.2 Zabezpieczenie przeciwpożarowe:**

- Kategoria zagrożenia ludzi – ZL III
- Klasa odporności ogniowej – D

## **11.3 Instalacje i przyłącza:**

Trasa przyłączy – bez zmian. Instalacje wewnętrzne – bez zmian

#### **11.4 Schematy konstrukcyjne (statyczne), założenia przyjęte do obliczeń konstrukcji, w tym dotyczące obciążeń oraz podstawowe wyniki tych obliczeń, kategoria geotechniczna obiektu budowlanego:**

Budynek jest obiektem o prostej i nieskomplikowanej konstrukcji. Posadowienie budynku poniżej poziomu wód gruntowych. Dopuszczalne naprężenie na grunt 0,15 Mpa. Przyjęto opór graniczny podłoża gruntowego  $q_{fn}=185$  kPa. Obciążenie budowli wg Pn-82/B-02000;B-02001;/B-02003. Strefa wiatrowa I wg Az1:2009 do PN-77/B-02011. Strefa gruntowa II wg pn 81/B-03020. Strefa śniegowa II wg PN-80/B-0210 EN1991-1-3/2005. Strefa klimatyczna III wg PN-82/B-02403. Strefa przemarzania –  $h_z=1.00$ .

Warunki gruntowo-wodne: podłoże piaszczyste co sprzyja wsiąkaniu wód opadowych. Na poziomie posadowienia budynku występują piaski średnie– średnio-zagęszczone o  $I_d=0,5$ . Lokalne warunki gruntowe zalicza się do gruntów prostych. Obiekt zalicza się do pierwszej kategorii geotechnicznej.

#### **11.5 Zabezpieczenia przed wpływami eksploatacji górniczej**

Obiekt nie znajduje się na terenie eksploatacji górniczych ani też w granicach terenu górniczego. W związku z powyższym projektowany obiekt nie podlega wymogom sprecyzowanym w ustawie z dnia 9 czerwca 2011r. Prawo Górnicze i Geologiczne (tj. poz. - 868 z 2019r. z późn. zm.)

#### **11.6 INFORMACJA O OBSZARZE ODDZIAŁYWANIA OBIEKTU**

##### **1. Analiza projektowanego budynku usługowego i urządzeń mu towarzyszących:**

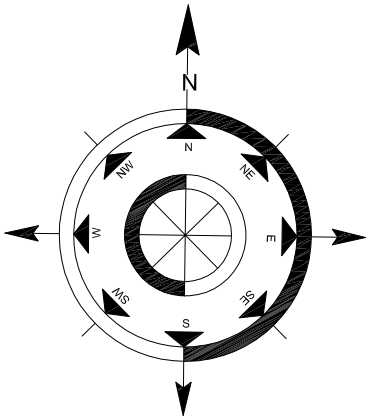
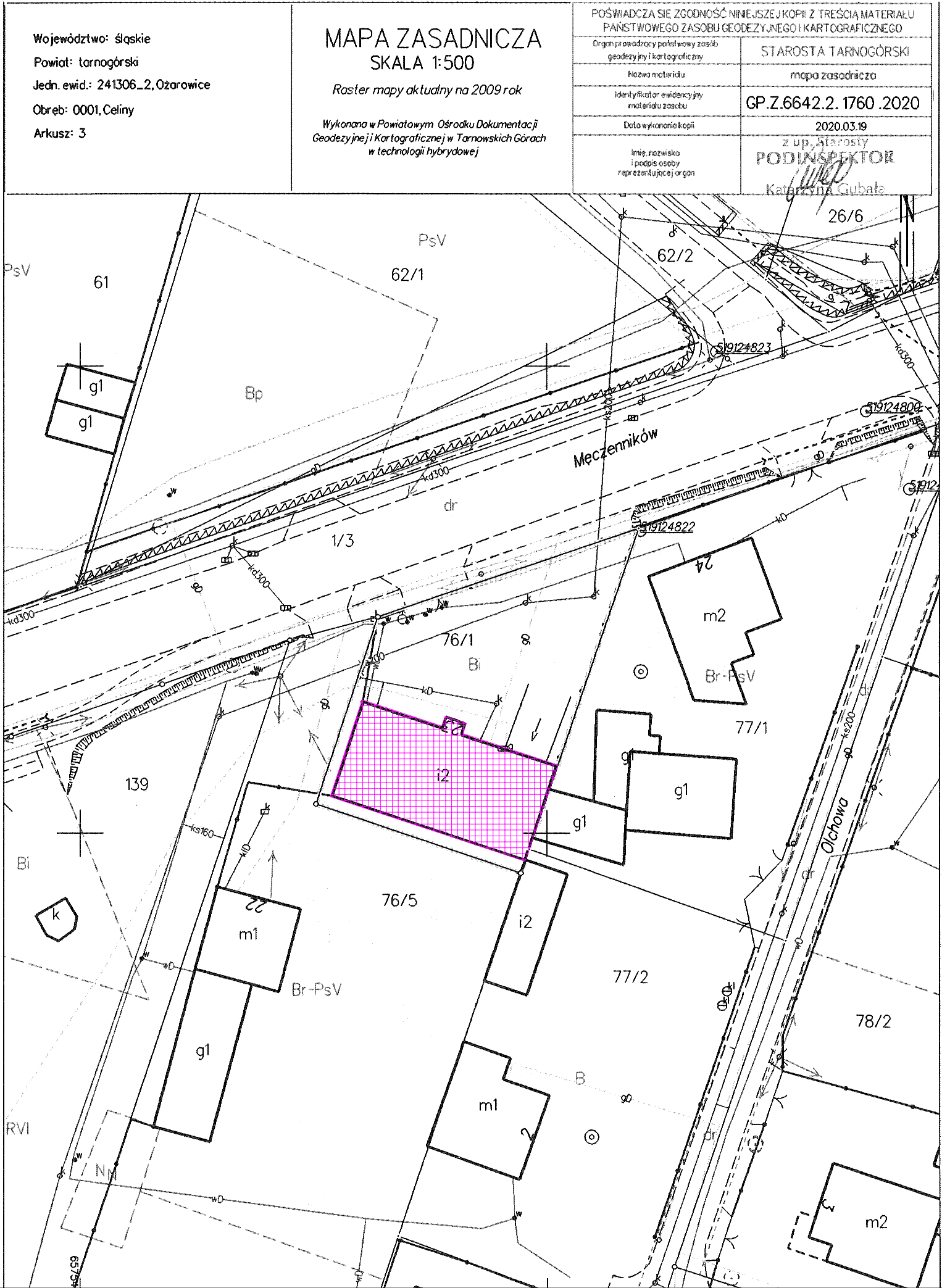
Obszar oddziaływania projektowanego budynku nie mieści się w granicach działki inwestora nr 76/1 z uwagi na jego usytuowanie bezpośrednio w granicy z działką nr ewid. 77/1.

- Odległość budynku od granicy (bez zmian) - zgodnie z § 12 ust. 3 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tj. poz. 1065 z 2019r. z późn. zm.). Inwestycja nie wiąże się ze zmianą usytuowania budynku względem granic działek sąsiednich.
- oświetlenie, przesłanianie i nasłonecznienie - zgodnie z §13, §57, w/w Rozporządzenia. Inwestycja nie powoduje zakłócenia nasłonecznienia - pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi, na działkach sąsiednich. Parametry charakterystyczne budynku (wysokość, kubatura) – bez zmian.
- bezpieczeństwo pożarowe zachowane zgodnie § 271- § 273 w/w Rozporządzenia.
- usytuowanie budynku zgodnie z zapisami Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego.

Budynek usługowy oddziałuje na działki sąsiednie - nr ew. 77,1, 77/2 ze względu na jego posadowienie w granicy z w/w działkami oraz 76/5 ze względu na jego posadowienie w odległości ok. 1,5m od granic tej działki.

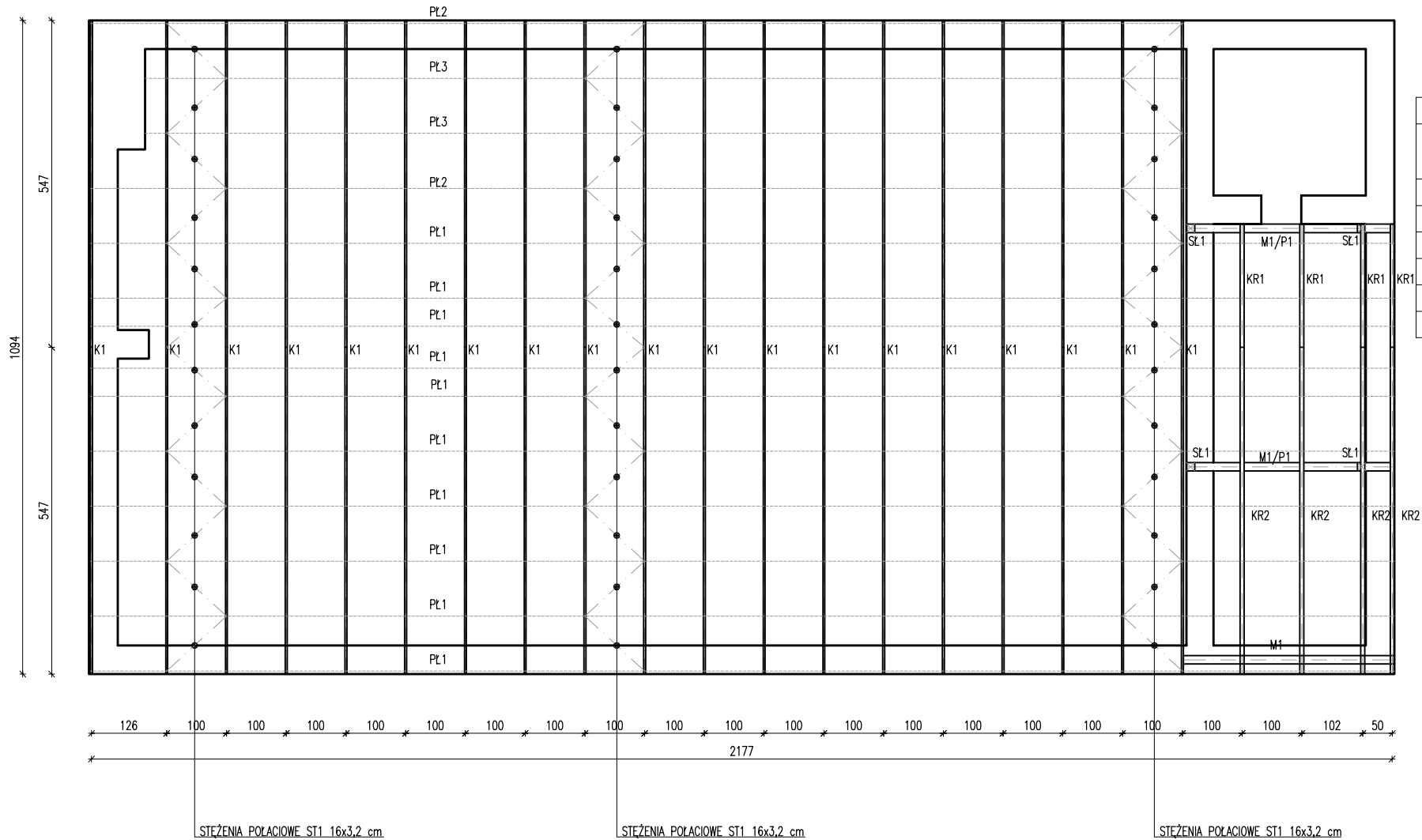
### **11.7 Analiza możliwości racjonalnego zużycia energii i wykorzystania odnawialnych źródeł energii.**

Źródła alternatywne. Nie jest możliwe wykorzystanie następujących źródeł energii odnawialnej: energii wiatru ze względu na brak w otoczeniu projektowanego budynku (miejsca na działce Inwestora) na możliwości montażu urządzeń wiatrowych, skojarzonej energii elektrycznej i ciepła ze względu na brak własnej elektrociepłowni, energii geotermalnej ze względu na wysokie koszty inwestycyjne. Planuje się na dachu budynku montaż paneli fotowoltaicznych (instalacja fotowoltaiczna wg. odrębnego opracowania projektowego).



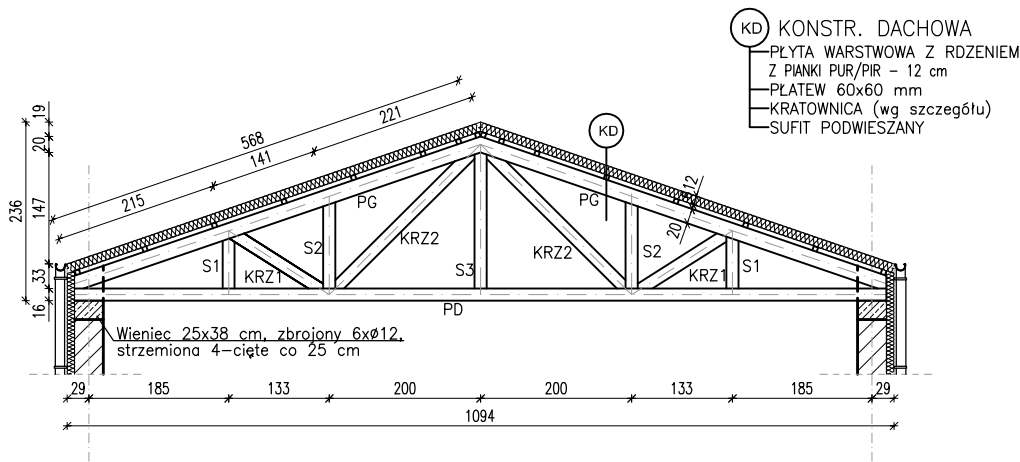
 –BUDYNEK OBJĘTY OPRACOWANIEM

Rysunek	RZUT WIĘŻBY DACHOWEJ		Nr rys. 1
Obiekt	BUDYNEK OSP CELINY		Data: 04.2020
Adres budynku	Celiny, gm. Ożarowice dz. nr 76/1		Skala/Format 1:500/A3
Branża	Architektura	Nr upr.	Podpis
Projektant	mgr inż. arch. Grzegorz Makowski	10/PKOKK/2012	
Sprawdził:	mgr inż. arch. Piotr Drzymalski	315/SWOKK/2018	
Branża	Konstrukcyjna	Nr upr.	Podpis
Projektant	mgr inż. Kacper Krakowiak	SWK/0017/PBkb/16	
Sprawdził:	mgr inż. Janusz Machnik	92/Tbg/86 121/TBG/94	



Zestawienie elementów więźby płatwiowej					
Nazwa elementów	Rodzaj materiału, asortyment i klasa materiału	Przekrój [cmxcm]	Długość [cm]	Liczba [szt]	Objętość [m³]
Murłata	Drewno sosnowa, klasa C24	14x14	378	4	0,2964
Płatew P1	Drewno sosnowa, klasa C24	14x14	378	2	0,1482
Słupek SŁ1	Drewno sosnowa, klasa C24	14x14	140	4	0,1098
Krokiew KR1	Drewno sosnowa, klasa C24	7x14	631,9	4	0,2477
Krokiew KR 2	Drewno sosnowa, klasa C24	7x14	269,1	4	0,1055
				Σ	0,9075

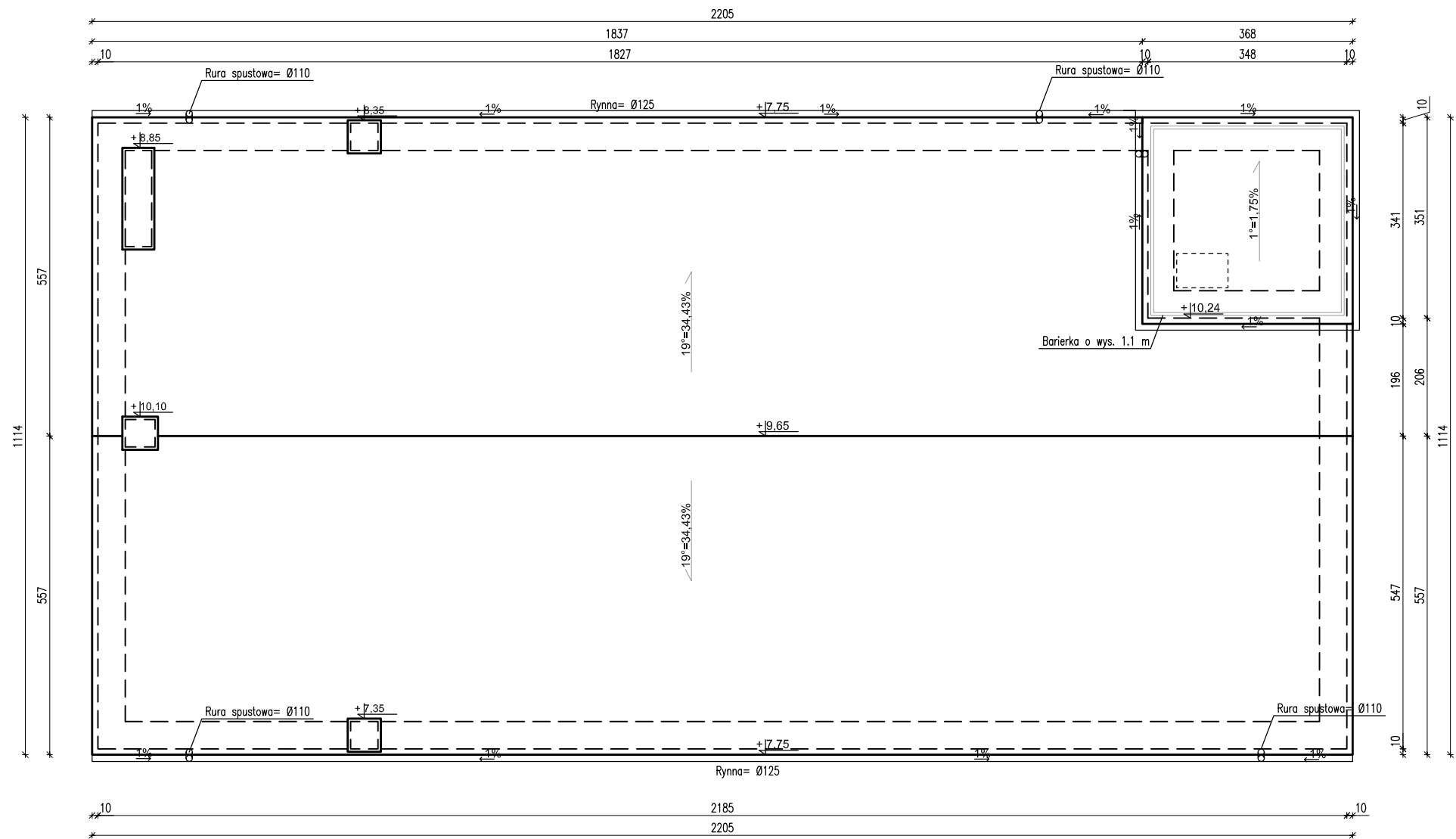
Zestawienie objętości drewna więźby dachowej			
Nazwa elementu	Objętość elementów [m³]	Liczba [szt]	Objętość całości [m³]
Kratownica K1	0,209	19	3,971
Więźba płatwiowa	0,908	1	0,908
Płatwie PŁ1	0,079	10	0,786
Płatwie PŁ2	0,066	2	0,132
Płatwie PŁ3	0,063	2	0,125
Stężenia połaciowe ST1	0,083	3	0,248
		Σ	6,1704



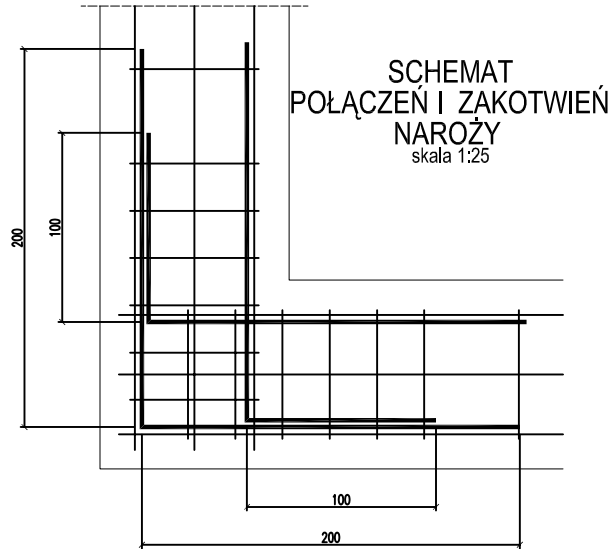
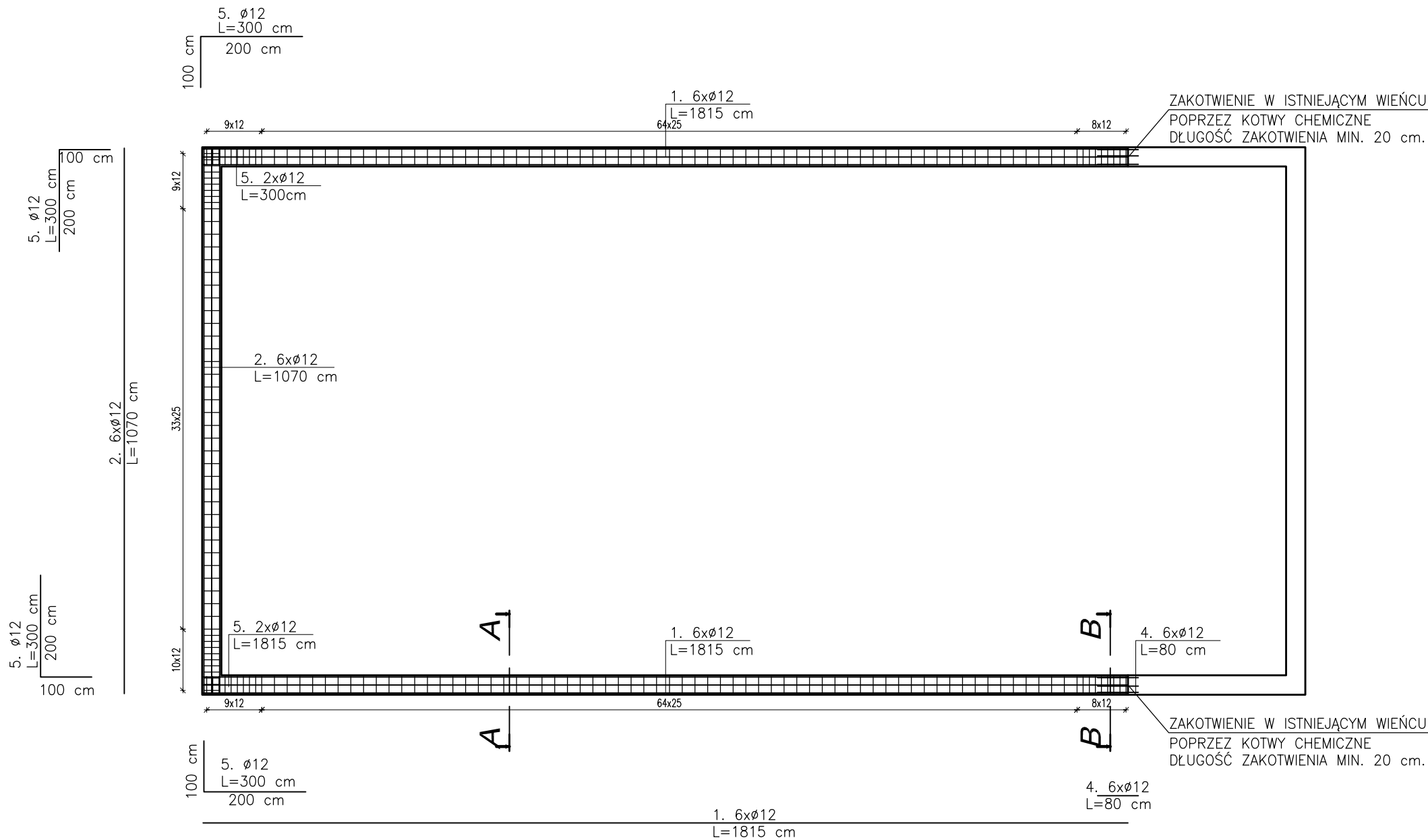
Zestawienie elementów pojedynczej kratownicy					
Nazwa elementów	Rodzaj materiału, asortyment i klasa materiału	Przekrój [cmxcm]	Długość [cm]	Liczba [szt]	Objętość [m³]
Pas dolny PD	Drewno sosnowa, klasa C24	3,2x16	1094	1	0,0560
Pas górny PG	Drewno sosnowa, klasa C24	3,2x20	579	2	0,0741
Słupek S1	Drewno sosnowa, klasa C24	3,2x16	87	2	0,0089
Słupek S2	Drewno sosnowa, klasa C24	3,2x16	134	2	0,0137
Słupek S3	Drewno sosnowa, klasa C24	3,2x16	203	1	0,0104
Krzyżulec KRZ1	Drewno sosnowa, klasa C24	3,2x16	162	2	0,0166
Krzyżulec KRZ2	Drewno sosnowa, klasa C24	3,2x16	285	2	0,0292
				Σ	0,2089

Rysunek	RZUT WIĘŻBY DACHOWEJ		Nr rys. 2
Obiekt	BUDYNEK OSP CELINY		Data: 04.2020
Adres budynku	Celiny, gm. Ożarówice dz. nr 76/1		Skala/Format 1:100/A3
Branża	Architektura	Nr upr.	Podpis
Projektant	mgr inż. arch. Grzegorz Makowski	10/PKOKK/2012	
Sprawdził:	mgr inż. arch. Piotr Drzymalski	315/SWOKK/2018	
Branża	Konstrukcyjna	Nr upr.	Podpis
Projektant	mgr inż. Kacper Krakowiak	SWK/0017/PBKb/16	
Sprawdził:	mgr inż. Janusz Machnik	92/TBg/86 121/TBg/94	

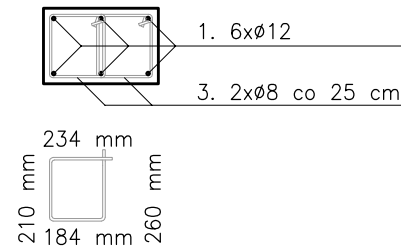




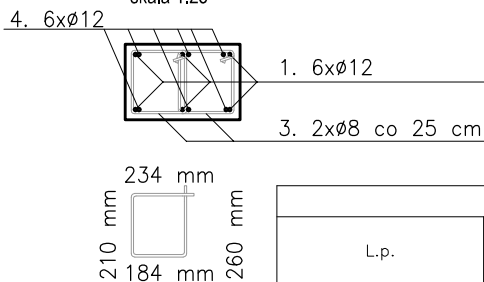
Rysunek	RZUT POŁACI DACHOWEJ		Nr rys. 3
Obiekt	BUDYNEK OSP CELINY		Data: 04.2020
Adres budynku	Celiny, gm. Ożarówice dz. nr 76/1		Skala/Format 1:100/A3
Branża	Architektura	Nr upr.	Podpis
Projektant	mgr inż. arch. Grzegorz Makowski	10/PKOKK/2012	
Sprawdził:	mgr inż. arch. Piotr Drzymalski	315/SWOKK/2018	
Branża	Konstrukcyjna	Nr upr.	Podpis
Projektant	mgr inż. Kacper Krakowiak	SWK/0017/PBKb/16	
Sprawdził:	mgr inż. Janusz Machnik	92/TBg/86 121/TBG/94	



PRZEKRÓJ A-A  
skala 1:25



PRZEKRÓJ B-B  
skala 1:25



Zestawienie stali dla wieńca							
L.p.	Nazwa	Materiał	Norma/ Rysunek	Długość	Ilość	Ciężar jedn. [kg/mb]	Ciężar [kg]
1.	Ø12	AIII-N (RB500)	EN - 10219	1815	12	0,89	193,84
2.	Ø12	AIII-N (RB500)	EN - 10219	1070	6	0,89	57,14
3.	Ø8	AIII-N (RB500)	EN - 10219	89	184	0,4	65,50
4.	Ø12	AIII-N (RB500)	EN - 10219	80	12	0,89	8,54
5.	Ø12	AIII-N (RB500)	EN - 10220	300	4	0,89	10,68
					Σ		325,03

UWAGI:  
Otulenie dolnych prętów zbrojenia 2cm,  
otulenie górnych prętów zbrojenia 2cm.  
BETON C20/25 (B25) W8  
STAL ZBROJENIOWA: # A-IIIIN (B500SP)  
Ø A-I (St3S-b)  
Otulina c.nom = 20 mm  
Maksymalna wartość w/c = 0,50  
Minimalna zawartość cementu= 300kg/m³  
Wymiary [cm]

Rysunek	SZCZEGÓŁ WIEŃCA		Nr rys. 4
Obiekt	BUDYNEK OSP CELINY		Data: 04.2020
Adres budynku	Celiny, gm. Ożarówice dz. nr 76/1		Skala/Format 1:100/A3
Branża	Konstrukcyjna	Nr upr.	Podpis
Projektant	mgr inż. Kacper Krakowiak	SWK/0017/PBKb/16	
Sprawdził:	mgr inż. Janusz Machnik	92/TBg/86 121/TBg/94	

# **OBLICZENIA STATYCZNE I WYMIAROWANIE**

## **CZĘŚĆ ISTNIEJĄCA**

### **1. Podstawa Opracowania**

- Branża Architektoniczna niniejszego opracowania,
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane (tj. – Dz. U. z 2019r. poz. 1186 z późn. zm.)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania (tj.– Dz. U. z 2019r. poz. 1065)
- Normy:
  - PN-EN 1990:200 Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji.
  - PN-EN 1991-1-1:2004 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-1. Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
  - PN-EN 1991-1-3:2005 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3. Oddziaływania ogólne – Obciążenia śniegiem.
  - PN-EN 1991-1-4:200 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4. Oddziaływania ogólne – Oddziaływanie wiatru.
  - PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1. Reguły ogólne i reguły dla budynków.
  - PN-EN 1993-1-1:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1. Reguły ogólne i reguły dla budynków.
  - PN-EN 1996-1-1:2006 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-1. Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych

### **2. Opis założeń projektowych**

Do obliczeń przyjęto strefy klimatyczne:

- II strefa wiatrowa (wg. PN-EN 1991-1-3:2005)
- II strefa śniegowa (wg. PN-EN 1991-1-3:2005)

Fundamenty (ławy fundamentowe) - obliczono na odpór gruntu w schemacie płyty dwuwspornikowej przy działaniu sił pionowych.

Wiązary dachowy – obliczono w schemacie trójkąta z przegubowymi połączeniami w węzłach, oparcie wierzchołka do projektowanego wieńca.

#

#

#

#

### 3. Zestawienie obciążeń na dach

Zestawienie obciążeń stałych						
L.p.	Rodzaj obciążenia	Gr. Warstwy [cm]	Ciężar [kN/m³]	Obc. Charakt.[kN/m²]	Wsp. obliczeniowy	Obc. Oblicz.[kN/m²]
1	Płyta warstwowa	12	0,93	0,11	1,35	0,15
2	Płatwie drewniane	6	5,5	0,04	1,35	0,053
3	Kratownice drewniane	-	-	0,11	1,35	0,149
4	Sufit podwieszany	3	3,7	0,11	1,35	0,15
5	Fotowoltaika	-	-	0,11	1,35	0,15
					Σ	0,65

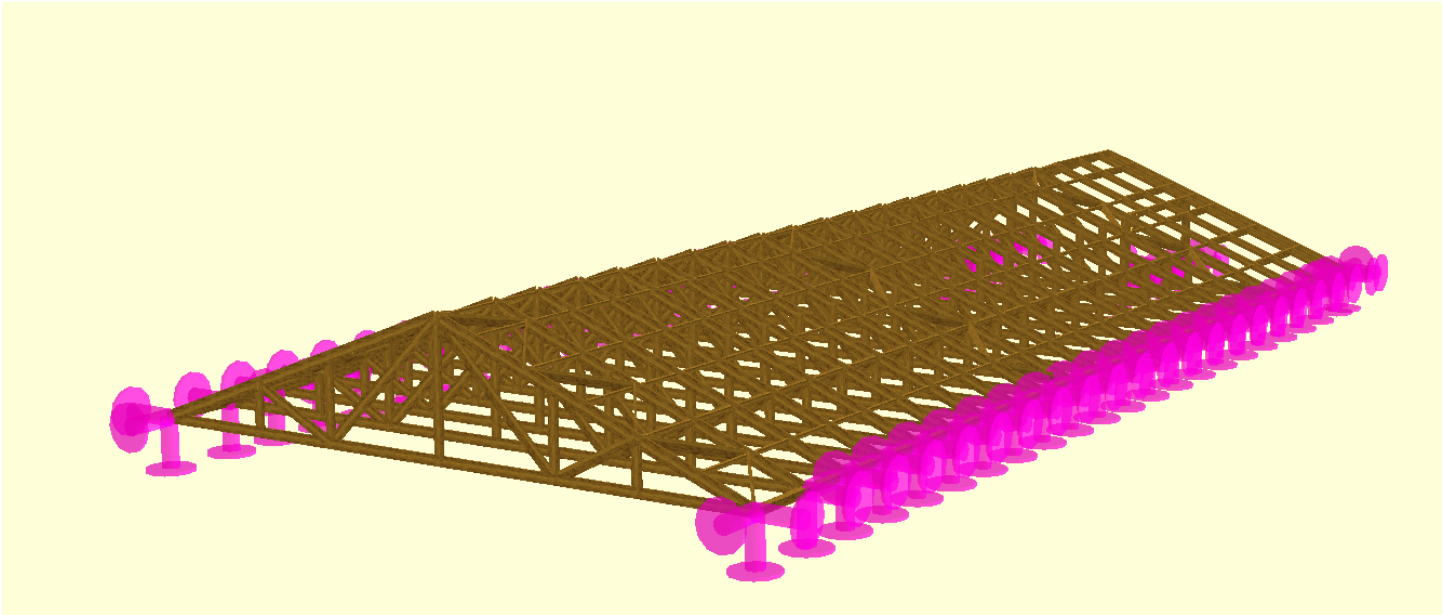
Zestawienie obciążeń zmiennych				
L.p.	Rodzaj obciążenia	Obc. Charakt. [kN/m²]	Wsp. obliczeniowy	Obc. Charakt. [kN/m²]
1	Parcie wiatru	0,92	1,5	1,38
2	Ssanie wiatru	-0,92	1,5	-1,38
3	Śnieg	0,72	1,5	1,08

#

#

#

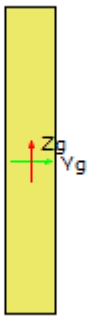
#



**Pozycja 1.1 Pas górny - 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:	P 200x32	
	Długość pręta:	L = 0.63 m	
	Pole przekroju:	A = 64.00 cm <sup>2</sup>	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 2133.33 \text{ cm}^4$	$J_z = 54.61 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 213.33 \text{ cm}^3$	$W_z = 34.13 \text{ cm}^3$
	Momenty bezwładności na skręcanie:	$J_x = 196.43 \text{ cm}^4$	
	Wskaźnik wytrzymałości na skręcanie:	$W_x = 61.55 \text{ cm}^3$	
	Promienie bezwładności:	$i_y = 5.77 \text{ cm}$	$i_z = 0.92 \text{ cm}$

Rodzaj drewna:	Lite
Klasa drewna:	C24
Wytrzymałość char. na zginanie:	24.000 MPa
Wytrzymałość char. na rozciąganie:	14.000 MPa
Wytrzymałość char. na ściskanie:	21.000 MPa
Wytrzymałość char. na ścinanie:	4.000 MPa
Moduł sprężystości:	11000.000 MPa
5% kwantyl modułu sprężystości	7400.000 MPa
Moduł odkształcenia:	690.000 MPa
Gęstość:	350.000 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:**

$$\frac{L}{n} = \frac{62.90}{250.00} = 0.252 [\text{cm}]$$

Współczynniki wybożenia:  $m_y = 1.00$

Długości wybożeniowe:  $L_{c,y} = m_y \cdot L = 1.00 \cdot 0.63 = 0.63 [\text{m}]$

**Współczynniki zwiększające wytrzymałości charakterystyczne:**

na rozciąganie  $k_{h,t} = 1.30$

**Element prosty, nr preta: 763**

**Punkt nr: 1 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

$$N = -14.03 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.03 \text{ kN}$$

$$T_z = -1.74 \text{ kN}$$

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

$$M_y = -0.41 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.41 \cdot 10^{-3}}{213.33 \cdot 10^{-6}} = 1.922 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 0.63 = 0.566 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{0.57 \cdot 0.20 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 0.678$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętnej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{md}} = \frac{1.92}{1.00 \cdot 11.08} = 0.174 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 763**

**Punkt nr: 2 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

$$N = -14.03 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.03 \text{ kN}$$

$$T_z = -1.74 \text{ kN}$$

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

$$M_y = -0.41 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.41 \cdot 10^{-3}}{213.33 \cdot 10^{-6}} = 1.922 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{34.13 \cdot 10^{-6}} = 0.264 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{14.03 \cdot 10^{-3}}{64.00 \cdot 10^{-4}} = 2.191 [MPa]$$

**Zginanie ze ściskaniem:**

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{2.19}{9.69} \right)^2 + \frac{1.92}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.26}{11.08} = 0.241 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{2.19}{9.69} \right)^2 + 0.70 \cdot \frac{1.92}{11.08} + \frac{0.26}{11.08} = 0.196 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 763**

**Punkt nr: 3 na przecie, położenie: 0.00 m**

śnieg z wiatrem z prawej na dach

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

N = -19.10 kN

T<sub>y</sub> = -0.04 kN

T<sub>z</sub> = -1.81 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.23 kNm

M<sub>z</sub> = 0.01 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.04 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 64.00 \cdot 10^{-4})} = 0.014 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{1.81 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 64.00 \cdot 10^{-4})} = 0.635 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\left( \frac{\tau_{zd}}{f_{vd}} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{yd}}{f_{vd}} \right)^2 = \left( \frac{0.63}{1.85} \right)^2 + \left( \frac{0.01}{1.85} \right)^2 = 0.118 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 763**

**Punkt nr: 4 na przecie, położenie: 0.00 m**

śnieg z wiatrem z prawej na dach

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

N = -19.10 kN

T<sub>y</sub> = -0.04 kN

T<sub>z</sub> = -1.81 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.23 kNm

M<sub>z</sub> = 0.01 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:



$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.23 \cdot 10^{-3}}{213.33 \cdot 10^{-6}} = 1.078 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{34.13 \cdot 10^{-6}} = 0.322 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{19.10 \cdot 10^{-3}}{64.00 \cdot 10^{-4}} = 2.984 [MPa]$$

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

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.32}{1.00 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{2.98}{1.00 \cdot 9.69} = 0.309 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{1.08}{1.00 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{2.98}{1.00 \cdot 9.69} = 0.317 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 763**

**Punkt nr: 5 na przecie, położenie: 0.32 m**

śnieg z wiatrem z lewej na dach

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

$N = -15.87 \text{ kN}$

$T_y = -0.03 \text{ kN}$

$T_z = -0.98 \text{ kN}$

$M_x = 0.00 \text{ kNm}$

$M_y = 0.39 \text{ kNm}$

$M_z = -0.00 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.39 \cdot 10^{-3}}{213.33 \cdot 10^{-6}} = 1.805 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 0.63 = 0.566 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{0.57 \cdot 0.20 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 0.678$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{1.80}{1.00 \cdot 11.08} = 0.163 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 763**

**Punkt nr: 6 na przecie, położenie: 0.32 m**

śnieg z wiatrem z prawej na dach

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

N = -19.09 kN

T<sub>y</sub> = -0.04 kN

T<sub>z</sub> = -1.83 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.34 kNm

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.34 \cdot 10^{-3}}{213.33 \cdot 10^{-6}} = 1.608 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{34.13 \cdot 10^{-6}} = 0.029 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{19.09 \cdot 10^{-3}}{64.00 \cdot 10^{-4}} = 2.983 [MPa]$$

**Zginanie ze ściskaniem:**

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{2.98}{9.69} \right)^2 + \frac{1.61}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.03}{11.08} = 0.242 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{2.98}{9.69} \right)^2 + 0.70 \cdot \frac{1.61}{11.08} + \frac{0.03}{11.08} = 0.199 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 763**

**Punkt nr: 7 na przecie, położenie: 0.32 m**

śnieg z wiatrem z prawej na dach

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

N = -19.09 kN

T<sub>y</sub> = -0.04 kN

T<sub>z</sub> = -1.83 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.34 kNm

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.04 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 64.00 \cdot 10^{-4})} = 0.014 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{1.83 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 64.00 \cdot 10^{-4})} = 0.639 [MPa]$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{vd}}\right)^2 = \left(\frac{0.64}{1.85}\right)^2 + \left(\frac{0.01}{1.85}\right)^2 = 0.120 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 763**

**Punkt nr: 8 na przecie, położenie: 0.32 m**

śnieg z wiatrem z prawej na dach

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

N = -19.09 kN

T<sub>y</sub> = -0.04 kN

T<sub>z</sub> = -1.83 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.34 kNm

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{cdk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.34 \cdot 10^{-3}}{213.33 \cdot 10^{-6}} = 1.608 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{34.13 \cdot 10^{-6}} = 0.029 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{19.09 \cdot 10^{-3}}{64.00 \cdot 10^{-4}} = 2.983 [MPa]$$

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

$$\left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left(\frac{0.03}{1.00 \cdot 11.08}\right)^2 + \frac{2.98}{1.00 \cdot 9.69} = 0.308 \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left(\frac{1.61}{1.00 \cdot 11.08}\right)^2 + \frac{2.98}{1.00 \cdot 9.69} = 0.329 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 763**

**Punkt nr: 9 na przecie, położenie: 0.63 m**

śnieg z wiatrem z prawej na dach

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

$$N = -19.09 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.04 \text{ kN}$$

$$T_z = -1.84 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.92 \cdot 10^{-3}}{213.33 \cdot 10^{-6}} = 4.317 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 0.63 = 0.566 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{0.57 \cdot 0.20 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 0.678$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętnej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{4.32}{1.00 \cdot 11.08} = 0.390 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 763**

**Punkt nr: 10 na przecie, położenie: 0.63 m**

śnieg z wiatrem z prawej na dach

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

$$N = -19.09 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.04 \text{ kN}$$

$$T_z = -1.84 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{cdk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.92 \cdot 10^{-3}}{213.33 \cdot 10^{-6}} = 4.317 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{34.13 \cdot 10^{-6}} = 0.410 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{19.09 \cdot 10^{-3}}{64.00 \cdot 10^{-4}} = 2.982 [MPa]$$

**Zginanie ze ściskaniem:**

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{2.98}{9.69} \right)^2 + \frac{4.32}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.41}{11.08} = 0.510 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{2.98}{9.69} \right)^2 + 0.70 \cdot \frac{4.32}{11.08} + \frac{0.41}{11.08} = 0.405 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 763**

**Punkt nr: 11 na przecie, położenie: 0.63 m**

śnieg z wiatrem z prawej na dach

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

N = -19.09 kN

T<sub>y</sub> = -0.04 kN

T<sub>z</sub> = -1.84 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.92 kNm

M<sub>z</sub> = -0.01 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.04 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 64.00 \cdot 10^{-4})} = 0.014 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{1.84 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 64.00 \cdot 10^{-4})} = 0.644 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\left( \frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{yd}}{f_{v,d}} \right)^2 = \left( \frac{0.64}{1.85} \right)^2 + \left( \frac{0.01}{1.85} \right)^2 = 0.122 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 763**

**Punkt nr: 12 na przecie, położenie: 0.63 m**

śnieg z wiatrem z prawej na dach

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

N = -19.09 kN

T<sub>y</sub> = -0.04 kN

T<sub>z</sub> = -1.84 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.92 kNm

M<sub>z</sub> = -0.01 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.92 \cdot 10^{-3}}{213.33 \cdot 10^{-6}} = 4.317 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{34.13 \cdot 10^{-6}} = 0.410 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{19.09 \cdot 10^{-3}}{64.00 \cdot 10^{-4}} = 2.982 [MPa]$$

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

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.41}{1.00 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{2.98}{1.00 \cdot 9.69} = 0.309 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{4.32}{1.00 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{2.98}{1.00 \cdot 9.69} = 0.460 \leq 1$$

#### **Wyniki obwiedni przemieszczeń:**

Położenie: x = 0.00 [m]

#### **wiatr z prawej na dach**

u<sub>inst,G(y)</sub> - przemieszczenie u<sub>y</sub> grupy stałej  
 u<sub>inst,Q(y)</sub> - przemieszczenie u<sub>y</sub> grupy zmiennej  
 u<sub>inst,G(z)</sub> - przemieszczenie u<sub>z</sub> grupy stałej  
 u<sub>inst,Q(z)</sub> - przemieszczenie u<sub>z</sub> grupy zmiennej

n<sub>1</sub> = 1 + k<sub>def</sub>  
 n<sub>2</sub> = 1 + j<sub>2</sub> \* k<sub>def</sub>  
 n<sub>3</sub> = j<sub>0</sub> + j<sub>2</sub> \* k<sub>def</sub>

Nazwa grupy obciążeń(wsp.)	u <sub>y</sub> [cm]	u <sub>z</sub> [cm]	k <sub>def</sub>	j <sub>0</sub>	j <sub>2</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>
Ciężar własny	-	-0.03	0.80	0.8	-	1.80	-	-
sufit podwieszany	-	-0.03	0.80	0.8	-	1.80	-	-
wiatr z prawej na dach	-	-0.06	0.80	0.6	0.0	-	-	0.60
śnieg	-	-0.19	0.80	0.5	0.0	-	1.00	-
Fotowoltaika	-	-0.04	0.80	0.8	-	1.80	-	-

Przyjęte współczynniki uwzględniające wpływ sił tnących:

Typ elementu w płaszczyźnie XY osi głównych:

obustronnie podparty

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XY osi głównych:

ciągłe

$$k_{sy} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{b}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left( \frac{32.00 \cdot 10^{-3}}{0.63} \right)^2 = 1.050$$

Typ elementu w płaszczyźnie XZ osi głównych:

obustronnie podparty

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XZ osi głównych:

ciągłe

$$k_{scz} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left( \frac{200.00 \cdot 10^{-3}}{0.63} \right)^2 = 2.934$$

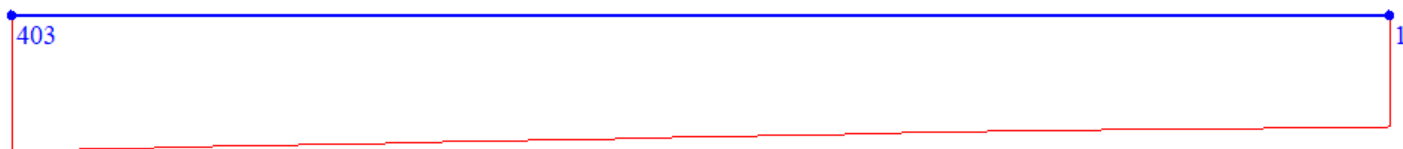
$$u_y = k_{scy} \cdot \left( \sum u_{y,inst,G} \cdot n_1 + u_{y,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{y,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 1.05 \cdot -0.02 = -0.016 [cm]$$

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



$$u_z = k_{scz} \cdot \left( \sum u_{z,inst,G} \cdot n_1 + u_{z,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{z,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 2.93 \cdot -0.42 = -1.233 [cm]$$

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



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|-0.016|^2 + |-1.233|^2} = 1.23 > 0.252 [cm]$$

Warunek przekroczony!!!

#### Wyniki ugięcia względnego:

Położenie: x = 0.00 [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.)	$u_y[cm]$	$u_z[cm]$	$k_{def}$	$j_0$	$j_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$
Fotowoltaika	-0.00	-0.04	0.80	0.8	-	1.80	-	-
Ciążar własny	-0.00	-0.03	0.80	0.8	-	1.80	-	-
wiatr z prawej na dach	0.00	-0.06	0.80	0.6	0.0	-	-	0.60
śnieg	-0.00	-0.19	0.80	0.5	0.0	-	1.00	-
sufit podwieszany	-0.01	-0.03	0.80	0.8	-	1.80	-	-

Przyjęte współczynniki uwzględniające wpływ sił tnących:

Typ elementu w płaszczyźnie XY osi głównych:

obustronnie podparty

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XY osi głównych:

ciągłe

$$k_{scy} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{b}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left( \frac{32.00 \cdot 10^{-3}}{0.63} \right)^2 = 1.050$$

Typ elementu w płaszczyźnie XZ osi głównych:

obustronnie podparty

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XZ osi głównych:

ciągłe

$$k_{scz} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left( \frac{200.00 \cdot 10^{-3}}{0.63} \right)^2 = 2.934$$

$$u_y = k_{scy} \cdot \left( \sum u_{y,inst,G} \cdot n_1 + u_{y,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{y,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 1.05 \cdot -0.02 = -0.016 [cm]$$

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

403



$$u_z = k_{scz} \cdot \left( \sum u_{z,inst,G} \cdot n_1 + u_{z,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{z,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 2.93 \cdot -0.42 = -1.233 [cm]$$

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

403



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|-0.016|^2 + |-1.233|^2} = 1.233 [cm]$$

$$u_b = \sqrt{u_{by}^2 + u_{bz}^2} = \sqrt{|-0.016|^2 + |-0.383|^2} = 0.384 [cm]$$

$$\Delta u_z = u_z - u_{bz} = 0.037 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \Delta u_z = 0.037 \leq 0.252 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |0.347 - 0.421| = 0.074 [cm]$$

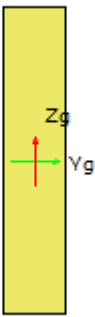
#



**Pozycja 1.2. Krzyżulec - 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 Yg, a oś Z oznacza oś główną Zg.

**Geometria:**

	Nazwa profilu:	P 160x32 - 3	
	Długość pręta:	L = 2.85 m	
	Pole przekroju:	A = 51.20 cm <sup>2</sup>	
	Momenty bezwładności:	J <sub>y</sub> = 1092.27 cm <sup>4</sup>	J <sub>z</sub> = 43.69 cm <sup>4</sup>
	Wskaźniki wytrzymałości:	W <sub>y</sub> = 136.53 cm <sup>3</sup>	W <sub>z</sub> = 27.31 cm <sup>3</sup>
	Momenty bezwładności na skręcanie:	J <sub>x</sub> = 152.75 cm <sup>4</sup>	
	Wskaźnik wytrzymałości na skręcanie:	W <sub>x</sub> = 47.98 cm <sup>3</sup>	
	Promienie bezwładności:	i <sub>y</sub> = 4.62 cm	i <sub>z</sub> = 0.92 cm

Rodzaj drewna:	Lite
Klasa drewna:	C24
Wytrzymałość char. na zginanie:	24.000 MPa
Wytrzymałość char. na rozciąganie:	14.000 MPa
Wytrzymałość char. na ściskanie:	21.000 MPa
Wytrzymałość char. na ścinanie:	4.000 MPa
Moduł sprężystości:	11000.000 MPa
5% kwantyl modułu sprężystości	7400.000 MPa
Moduł odkształcenia:	690.000 MPa
Gęstość:	350.000 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:**

$$\frac{L}{n} = \frac{285.00}{250.00} = 1.140 [cm]$$

Współczynniki wybożenia: m<sub>y</sub> = 1.00

Długości wybożeniowe: L<sub>c,y</sub> = m<sub>y</sub> \* L = 1.00 \* 2.85 = 2.85 [m]

**Współczynniki zwiększające wytrzymałości charakterystyczne:**

na rozciąganie k<sub>h,t</sub> = 1.30

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 1 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z lewej na dach

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

$$N = -2.67 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.14 \text{ kN}$$

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

$$M_y = 0.21 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.21 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.531 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 2.85 = 2.565 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{2.56 \cdot 0.16 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 1.291$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 1.29 = 0.592$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{1.53}{0.59 \cdot 11.08} = 0.234 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 2 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

$$N = 9.06 \text{ kN}$$

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

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

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

$$M_y = -0.08 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,d} = \frac{N}{A} = \frac{9.06 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.770 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.08 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.608 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1.77}{8.40} + \frac{0.61}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{11.08} = 0.266 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1.77}{8.40} + 0.70 \cdot \frac{0.61}{11.08} + \frac{0.00}{11.08} = 0.249 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 3 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z lewej na dach

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

N = -2.67 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = 0.14 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.21 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.14 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.063 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}} = \frac{0.06}{1.85} = 0.034 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 4 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z lewej na dach

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

N = -2.67 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = 0.14 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.21 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.21 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.531 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.67 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 0.521 [MPa]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{2.85}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 61.704$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 7400.000}{61.704^2} = 19.182 [MPa]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$b_c = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.00}{19.18}} = 1.046$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.05 - 0.3) + 1.05^2 \right) = 1.122$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 1.12 + \sqrt{1.12^2 - 1.05^2} \right)} = 0.655$$

$$k_{cz} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.52}{0.65 \cdot 9.69} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{11.08} + \frac{1.53}{11.08} = 0.220 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.52}{1.00 \cdot 9.69} + \frac{0.00}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{1.53}{11.08} = 0.151 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 5 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z lewej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$N = -2.67 \text{ kN}$

$T_y = 0.00 \text{ kN}$

$T_z = 0.14 \text{ kN}$

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

$$M_y = 0.21 \text{ kNm}$$

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

#### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.21 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.531 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.67 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 0.521 [\text{MPa}]$$

Zginanie ze ściskaniem przy uwzględnieniu stateczności i wyboczenia:

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{1.53}{0.59 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{0.52}{1.00 \cdot 9.69} = 0.108 \leq 1$$

#### Element prosty, nr preta: 65

Punkt nr: 6 na przecie, położenie: 0.01 m

wiatr z lewej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -2.67 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.14 \text{ kN}$$

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

$$M_y = 0.21 \text{ kNm}$$

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

#### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.21 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.516 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 2.85 = 2.565 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{2.56 \cdot 0.16 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 1.291$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 1.29 = 0.592$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{1.52}{0.59 \cdot 11.08} = 0.231 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 7 na przecie, położenie: 0.01 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 9.06 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

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

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

M<sub>y</sub> = -0.08 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0,d} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{9.06 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.770 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.08 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.608 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1.77}{8.40} + \frac{0.61}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{11.08} = 0.266 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1.77}{8.40} + 0.70 \cdot \frac{0.61}{11.08} + \frac{0.00}{11.08} = 0.249 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 8 na przecie, położenie: 0.01 m**

wiatr z lewej na dach

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

N = -2.67 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = 0.14 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.21 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.14 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.063 [MPa]$$

Ścinanie:

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}} = \frac{0.06}{1.85} = 0.034 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 9 na przecie, położenie: 0.01 m**

wiatr z lewej na dach

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

N = -2.67 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = 0.14 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.21 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{cdk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.21 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.516 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.67 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 0.521 [MPa]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{2.85}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 61.704$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 7400.000}{61.704^2} = 19.182 [MPa]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$b_c = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.00}{19.18}} = 1.046$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.05 - 0.3) + 1.05^2 \right) = 1.122$$

Współczynniki wybożenia:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 1.12 + \sqrt{1.12^2 - 1.05^2} \right)} = 0.655$$

$$k_{cz} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.52}{0.65 \cdot 9.69} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{11.08} + \frac{1.52}{11.08} = 0.219 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.52}{1.00 \cdot 9.69} + \frac{0.00}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{1.52}{11.08} = 0.150 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 10 na przecie, położenie: 0.01 m**

wiatr z lewej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$N = -2.67 \text{ kN}$	$T_y = 0.00 \text{ kN}$	$T_z = 0.14 \text{ kN}$
$M_x = 0.00 \text{ kNm}$	$M_y = 0.21 \text{ kNm}$	$M_z = 0.00 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.21 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.516 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.67 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 0.521 [\text{MPa}]$$

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

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{1.52}{0.59 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{0.52}{1.00 \cdot 9.69} = 0.107 \leq 1$$



**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 11 na przecie, położenie: 1.43 m**

wiatr z prawej na dach

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

$$\begin{aligned} N &= 9.02 \text{ kN} & T_y &= 0.00 \text{ kN} & T_z &= -0.03 \text{ kN} \\ M_x &= 0.00 \text{ kNm} & M_y &= -0.07 \text{ kNm} & M_z &= 0.00 \text{ kNm} \end{aligned}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.07 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.498 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 2.85 = 2.565 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{2.56 \cdot 0.16 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 1.291$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 1.29 = 0.592$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{0.50}{0.59 \cdot 11.08} = 0.076 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 12 na przecie, położenie: 1.43 m**

wiatr z prawej na dach

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

$$\begin{aligned} N &= 9.02 \text{ kN} & T_y &= 0.00 \text{ kN} & T_z &= -0.03 \text{ kN} \\ M_x &= 0.00 \text{ kNm} & M_y &= -0.07 \text{ kNm} & M_z &= 0.00 \text{ kNm} \end{aligned}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,d} = \frac{N}{A} = \frac{9.02 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.763 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.07 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.498 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1.76}{8.40} + \frac{0.50}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{11.08} = 0.255 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1.76}{8.40} + 0.70 \cdot \frac{0.50}{11.08} + \frac{0.00}{11.08} = 0.241 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 13 na przecie, położenie: 1.43 m**

wiatr z lewej na dach

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

$$N = -2.71 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.11 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.11 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.047 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}} = \frac{0.05}{1.85} = 0.025 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 14 na przecie, położenie: 1.43 m**

wiatr z lewej na dach

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

$$N = -2.71 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.11 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.220 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.71 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 0.529 [MPa]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{2.85}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 61.704$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 7400.000}{61.704^2} = 19.182 [MPa]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$b_c = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.00}{19.18}} = 1.046$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.05 - 0.3) + 1.05^2 \right) = 1.122$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 1.12 + \sqrt{1.12^2 - 1.05^2} \right)} = 0.655$$

$$k_{cz} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.53}{0.65 \cdot 9.69} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{11.08} + \frac{0.22}{11.08} = 0.103 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.53}{1.00 \cdot 9.69} + \frac{0.00}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.22}{11.08} = 0.068 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 15 na precie, położenie: 1.43 m**

wiatr z lewej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$N = -2.71 \text{ kN}$

$T_y = 0.00 \text{ kN}$

$T_z = 0.11 \text{ kN}$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.220 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.71 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 0.529 [\text{MPa}]$$

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

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.22}{0.59 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{0.53}{1.00 \cdot 9.69} = 0.056 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 16 na przecie, położenie: 2.84 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

$$N = 8.99 \text{ kN}$$

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

$$T_z = -0.07 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td} = k_{mod} \cdot k_{h,t} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{8.99 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.755 [\text{MPa}]$$

**Rozciąganie:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{1.76}{8.40} = 0.209 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 17 na przecie, położenie: 2.84 m**

**wiatr z lewej na dach**

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

$$N = -2.75 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.07 \text{ kN}$$

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

$$M_y = -0.09 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.07 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.030 [\text{MPa}]$$

Ścinanie:

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}} = \frac{0.03}{1.85} = 0.016 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 65**

**Punkt nr: 18 na przecie, położenie: 2.84 m**

śnieg z wiatrem z lewej na dach

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

$$N = 3.15 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.05 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.11 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.798 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 2.85 = 2.565 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{2.56 \cdot 0.16 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 1.291$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 1.29 = 0.592$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{0.80}{0.59 \cdot 11.08} = 0.122 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 65**

**Punkt nr: 19 na przecie, położenie: 2.84 m**

wiatr z lewej na dach

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

$$N = -2.75 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.07 \text{ kN}$$

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

$$M_y = -0.09 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.09 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.688 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.75 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 0.537 [\text{MPa}]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{2.85}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 61.704$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 7400.000}{61.704^2} = 19.182 [\text{MPa}]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$$b_c = 0.20$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.00}{19.18}} = 1.046$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.05 - 0.3) + 1.05^2 \right) = 1.122$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 1.12 + \sqrt{1.12^2 - 1.05^2} \right)} = 0.655$$

$$k_{cz} = 1.0$$

**Ściskanie ze zginaniem:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.54}{0.65 \cdot 9.69} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{11.08} + \frac{0.69}{11.08} = 0.147 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.54}{1.00 \cdot 9.69} + \frac{0.00}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.69}{11.08} = 0.099 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 20 na przecie, położenie: 2.84 m**

wiatr z lewej na dach

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

$$N = -2.75 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.07 \text{ kN}$$

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

$$M_y = -0.09 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0,k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.09 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.688 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.75 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 0.537 [\text{MPa}]$$

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

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.69}{0.59 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{0.54}{1.00 \cdot 9.69} = 0.066 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 21 na przecie, położenie: 2.84 m**

śnieg z wiatrem z prawej na dach

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

$$N = 7.85 \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0d} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7.85 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.533 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.07 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.520 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1.53}{8.40} + \frac{0.52}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{11.08} = 0.229 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1.53}{8.40} + 0.70 \cdot \frac{0.52}{11.08} + \frac{0.00}{11.08} = 0.215 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 22 na przecie, położenie: 2.85 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 8.98 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = -0.07 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.00 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0d} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{8.98 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.755 [MPa]$$

**Rozciąganie:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{1.75}{8.40} = 0.209 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 23 na przecie, położenie: 2.85 m**

wiatr z lewej na dach

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

N = -2.75 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = 0.07 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.10 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm



**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.07 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.030 [MPa]$$

Ścinanie:

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}} = \frac{0.03}{1.85} = 0.016 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 24 na przecie, położenie: 2.85 m**

śnieg z wiatrem z lewej na dach

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

N = 3.15 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = 0.05 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.11 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.11 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.798 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 2.85 = 2.565 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{2.56 \cdot 0.16 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 1.291$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 1.29 = 0.592$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{0.80}{0.59 \cdot 11.08} = 0.122 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 25 na przecie, położenie: 2.85 m**

wiatr z lewej na dach

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

N = -2.75 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = 0.07 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.10 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

#### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.10 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.696 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.75 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 0.537 [MPa]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{2.85}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 61.704$$

Naprężenie krytyczne przy ścisaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 7400.000}{61.704^2} = 19.182 [MPa]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$b_c = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.00}{19.18}} = 1.046$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.05 - 0.3) + 1.05^2 \right) = 1.122$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 1.12 + \sqrt{1.12^2 - 1.05^2} \right)} = 0.655$$

$$k_{cz} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.54}{0.65 \cdot 9.69} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{11.08} + \frac{0.70}{11.08} = 0.147 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.54}{1.00 \cdot 9.69} + \frac{0.00}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.70}{11.08} = 0.099 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 26 na przecie, położenie: 2.85 m**

**wiatr z lewej na dach**

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

$$N = -2.75 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.07 \text{ kN}$$

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

$$M_y = -0.10 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{cdk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.10 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.696 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.75 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 0.537 [\text{MPa}]$$

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

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.70}{0.59 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{0.54}{1.00 \cdot 9.69} = 0.067 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 65**

**Punkt nr: 27 na przecie, położenie: 2.85 m**

**śnieg z wiatrem z prawej na dach**

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

$$N = 7.85 \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{tdk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7.85 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.533 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.07 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.520 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1.53}{8.40} + \frac{0.52}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{11.08} = 0.229 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1.53}{8.40} + 0.70 \cdot \frac{0.52}{11.08} + \frac{0.00}{11.08} = 0.215 \leq 1$$

#### **Wyniki obwiedni przemieszczeń:**

Położenie: x = 2.34 [m]

#### **śnieg z wiatrem z lewej na dach**

u<sub>inst,G(y)</sub> - przemieszczenie u<sub>y</sub> grupy stałej

u<sub>inst,Q(y)</sub> - przemieszczenie u<sub>y</sub> grupy zmiennej

u<sub>inst,G(z)</sub> - przemieszczenie u<sub>z</sub> grupy stałej

u<sub>inst,Q(z)</sub> - przemieszczenie u<sub>z</sub> 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 <sub>y</sub> [cm]	u <sub>z</sub> [cm]	k <sub>def</sub>	j <sub>0</sub>	j <sub>2</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>
Ciężar własny	-	-0.03	0.80	0.8	-	1.80	-	-
sufit podwieszany	-	-0.03	0.80	0.8	-	1.80	-	-
wiatr z prawej na dach	-	-0.07	0.80	0.6	0.0	-	-	0.60
śnieg	-	-0.15	0.80	0.5	0.0	-	1.00	-
Fotowoltaika	-	-0.03	0.80	0.8	-	1.80	-	-

Przyjęte współczynniki uwzględniające wpływ sił tnących:

Typ elementu w płaszczyźnie XZ osi głównych:

obustronnie podparty

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XZ osi głównych:

ciągłe

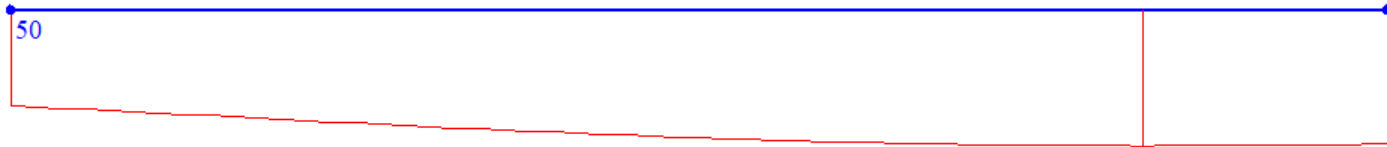
$$k_{scz} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left( \frac{160.00 \cdot 10^{-3}}{2.85} \right)^2 = 1.060$$

$$u_y = \sum u_{y,inst,G} \cdot n_1 + u_{y,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{y,inst,Q} \cdot n_3 = -0.004 [cm]$$

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

$$u_z = k_{scz} \cdot \left( \sum u_{z,inst,G} \cdot n_1 + u_{z,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{z,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 1.06 \cdot -0.35 = -0.375 [cm]$$

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



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|-0.004|^2 + |-0.375|^2} = 0.38 \leq 1.140 [cm]$$

#### Wyniki ugięcia względnego:

Położenie: x = 2.34 [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.)	$u_y[cm]$	$u_z[cm]$	$k_{def}$	$j_0$	$j_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$
Fotowoltaika	-0.00	-0.03	0.80	0.8	-	1.80	-	-
Ciężar własny	0.00	-0.03	0.80	0.8	-	1.80	-	-
wiatr z prawej na dach	-0.00	-0.07	0.80	0.6	0.0	-	-	0.60
śnieg	-0.01	-0.15	0.80	0.5	0.0	-	1.00	-
sufit podwieszany	0.00	-0.03	0.80	0.8	-	1.80	-	-

Przyjęte współczynniki uwzględniające wpływ sił tnących:

Typ elementu w płaszczyźnie XZ osi głównych:

obustronnie podparty

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XZ osi głównych:

ciągłe

$$k_{scz} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left( \frac{160.00 \cdot 10^{-3}}{2.85} \right)^2 = 1.060$$

$$u_y = \sum u_{y,inst,G} \cdot n_1 + u_{y,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{y,inst,Q} \cdot n_3 = -0.004 [cm]$$

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



$$u_z = k_{scz} \cdot \left( \sum u_{z,inst,G} \cdot n_1 + u_{z,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{z,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 1.06 \cdot -0.35 = -0.375 [cm]$$

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

50



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|-0.004|^2 + |-0.375|^2} = 0.375 [cm]$$

$$u_b = \sqrt{u_{by}^2 + u_{bz}^2} = \sqrt{|-0.011|^2 + |-0.330|^2} = 0.330 [cm]$$

$$\Delta u_y = u_y - u_{by} = 0.007 [cm]$$

$$\Delta u_z = u_z - u_{bz} = 0.024 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \sqrt{\Delta u_y^2 + \Delta u_z^2} = \sqrt{|0.007|^2 + |0.024|^2} = 0.025 \leq 1.140 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

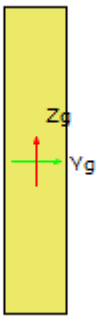
$$\Delta d = |d_n - d| = |0.348 - 0.250| = 0.098 [cm]$$

#

**Pozycja 1.3. Pas dolny - 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 Yg, a oś Z oznacza oś główną Zg.

**Geometria:**

	Nazwa profilu:	P 160x32 - 1	
	Długość pręta:	L = 1.86 m	
	Pole przekroju:	A = 51.20 cm <sup>2</sup>	
	Momenty bezwładności:	J <sub>y</sub> = 1092.27 cm <sup>4</sup>	J <sub>z</sub> = 43.69 cm <sup>4</sup>
	Wskaźniki wytrzymałości:	W <sub>y</sub> = 136.53 cm <sup>3</sup>	W <sub>z</sub> = 27.31 cm <sup>3</sup>
	Momenty bezwładności na skręcanie:	J <sub>x</sub> = 152.75 cm <sup>4</sup>	
	Wskaźnik wytrzymałości na skręcanie:	W <sub>x</sub> = 47.98 cm <sup>3</sup>	
	Promienie bezwładności:	i <sub>y</sub> = 4.62 cm	i <sub>z</sub> = 0.92 cm

Rodzaj drewna:	Lite
Klasa drewna:	C24
Wytrzymałość char. na zginanie:	24.000 MPa
Wytrzymałość char. na rozciąganie:	14.000 MPa
Wytrzymałość char. na ściskanie:	21.000 MPa
Wytrzymałość char. na ścinanie:	4.000 MPa
Moduł sprężystości:	11000.000 MPa
5% kwantyl modułu sprężystości	7400.000 MPa
Moduł odkształcenia:	690.000 MPa
Gęstość:	350.000 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:**

$$\frac{L}{n} = \frac{186.00}{250.00} = 0.744 [cm]$$

Współczynniki wybożenia: m<sub>y</sub> = 1.00

Długości wybożeniowe: L<sub>c,y</sub> = m<sub>y</sub> \* L = 1.00 \* 1.86 = 1.86 [m]

**Współczynniki zwiększające wytrzymałości charakterystyczne:**

na rozciąganie k<sub>h,t</sub> = 1.30

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 1 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z lewej na dach

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

$$N = -7.02 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.21 \text{ kN}$$

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

$$M_y = 0.05 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.05 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.359 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 1.86 = 1.674 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{1.67 \cdot 0.16 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 1.043$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 1.04 = 0.778$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{md}} = \frac{0.36}{0.78 \cdot 11.08} = 0.042 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 2 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

$$N = 10.88 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.37 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0d} = k_{mod} \cdot k_{h,t} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{10.88 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 2.125 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:



$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.044 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.037 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2.12}{8.40} + \frac{0.04}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.04}{11.08} = 0.259 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2.12}{8.40} + 0.70 \cdot \frac{0.04}{11.08} + \frac{0.04}{11.08} = 0.259 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 32**

**Punkt nr: 3 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 10.88 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = 0.37 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.01 kNm

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.001 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.37 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.162 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\left( \frac{\tau_{zd}}{f_{vd}} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{yd}}{f_{vd}} \right)^2 = \left( \frac{0.16}{1.85} \right)^2 + \left( \frac{0.00}{1.85} \right)^2 = 0.008 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 32**

**Punkt nr: 4 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 10.88 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = 0.37 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.01 kNm

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.001 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.37 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.162 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{47.98 \cdot 10^{-6}} = 0.021 [MPa]$$

Skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left( \frac{\tau_{max}}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0.02}{1.25 \cdot 1.85} + \left( \frac{0.16}{1.85} \right)^2 = 0.014 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 32**

**Punkt nr: 5 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z lewej na dach

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

N = -7.02 kN

T<sub>y</sub> = -0.00 kN

T<sub>z</sub> = 0.21 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.05 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{cdk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.05 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.359 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.037 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7.02 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.370 [MPa]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{1.86}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 40.270$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 7400.000}{40.270^2} = 45.036 [MPa]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$$b_c = 0.20$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.00}{45.04}} = 0.683$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (0.68 - 0.3) + 0.68^2 \right) = 0.771$$

Współczynniki wybooczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 0.77 + \sqrt{0.77^2 - 0.68^2} \right)} = 0.885$$

$$k_{cz} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1.37}{0.88 \cdot 9.69} + 0.70 \cdot \frac{0.04}{11.08} + \frac{0.36}{11.08} = 0.195 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1.37}{1.00 \cdot 9.69} + \frac{0.04}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.36}{11.08} = 0.167 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 6 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z lewej na dach

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

$$N = -7.02 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.21 \text{ kN}$$

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

$$M_y = 0.05 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.05 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.359 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.037 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7.02 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.370 [MPa]$$

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

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.04}{1.00 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{1.37}{0.88 \cdot 9.69} = 0.160 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.36}{0.78 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{1.37}{1.00 \cdot 9.69} = 0.143 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 32**

**Punkt nr: 7 na przecie, położenie: 0.01 m**

wiatr z lewej na dach

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

$$N = -7.02 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.20 \text{ kN}$$

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

$$M_y = 0.05 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.05 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.344 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 1.86 = 1.674 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{1.67 \cdot 0.16 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 1.043$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 1.04 = 0.778$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{0.34}{0.78 \cdot 11.08} = 0.040 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 32**

**Punkt nr: 8 na przecie, położenie: 0.01 m**

wiatr z prawej na dach

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

$$N = 10.88 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.37 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0d} = k_{mod} \cdot k_{h,t} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{10.88 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 2.125 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.059 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.037 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2.12}{8.40} + \frac{0.06}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.04}{11.08} = 0.261 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2.12}{8.40} + 0.70 \cdot \frac{0.06}{11.08} + \frac{0.04}{11.08} = 0.260 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 9 na przecie, położenie: 0.01 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 10.88 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = 0.37 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.01 kNm

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.001 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.37 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.161 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{v,d}}\right)^2 = \left(\frac{0.16}{1.85}\right)^2 + \left(\frac{0.00}{1.85}\right)^2 = 0.008 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 10 na przecie, położenie: 0.01 m**

wiatr z prawej na dach

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

$N = 10.88 \text{ kN}$	$T_y = 0.00 \text{ kN}$	$T_z = 0.37 \text{ kN}$
$M_x = -0.00 \text{ kNm}$	$M_y = -0.01 \text{ kNm}$	$M_z = -0.00 \text{ kNm}$

#### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.001 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.37 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.161 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{47.98 \cdot 10^{-6}} = 0.021 [\text{MPa}]$$

Skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left( \frac{\tau_{max}}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0.02}{1.25 \cdot 1.85} + \left( \frac{0.16}{1.85} \right)^2 = 0.014 \leq 1$$

#### Element prosty, nr preta: 32

**Punkt nr: 11 na przecie, położenie: 0.01 m**

wiatr z lewej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$N = -7.02 \text{ kN}$	$T_y = -0.00 \text{ kN}$	$T_z = 0.20 \text{ kN}$
$M_x = 0.00 \text{ kNm}$	$M_y = 0.05 \text{ kNm}$	$M_z = 0.00 \text{ kNm}$

#### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cod} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.05 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.344 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.037 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7.02 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.370 [MPa]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{c,y}}{i_y} = \frac{1.86}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 40.270$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 7400.000}{40.270^2} = 45.036 [MPa]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$b_c = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.00}{45.04}} = 0.683$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (0.68 - 0.3) + 0.68^2 \right) = 0.771$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 0.77 + \sqrt{0.77^2 - 0.68^2} \right)} = 0.885$$

$$k_{cz} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1.37}{0.88 \cdot 9.69} + 0.70 \cdot \frac{0.04}{11.08} + \frac{0.34}{11.08} = 0.193 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1.37}{1.00 \cdot 9.69} + \frac{0.04}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.34}{11.08} = 0.166 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 12 na przecie, położenie: 0.01 m**

wiatr z lewej na dach

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

$N = -7.02 \text{ kN}$

$T_y = -0.00 \text{ kN}$

$T_z = 0.20 \text{ kN}$

$M_x = 0.00 \text{ kNm}$

$M_y = 0.05 \text{ kNm}$

$M_z = 0.00 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.05 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.344 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.037 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7.02 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.370 [MPa]$$

Zginanie ze ściskaniem przy uwzględnieniu stateczności i wyboczenia:

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.04}{1.00 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{1.37}{0.88 \cdot 9.69} = 0.160 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.34}{0.78 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{1.37}{1.00 \cdot 9.69} = 0.143 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 13 na precie, położenie: 0.71 m**

śnieg z wiatrem z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 7.03 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.14 \text{ kN}$$

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

$$M_y = -0.20 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.20 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.436 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 1.86 = 1.674 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{1.67 \cdot 0.16 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 1.043$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 1.04 = 0.778$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{1.44}{0.78 \cdot 11.08} = 0.167 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 14 na precie, położenie: 0.71 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 10.88 \text{ kN}$$

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

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

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

$$M_y = -0.20 \text{ kNm}$$

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



**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,d} = \frac{N}{A} = \frac{10.88 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 2.125 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.20 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.428 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.037 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2.12}{8.40} + \frac{1.43}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.04}{11.08} = 0.384 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2.12}{8.40} + 0.70 \cdot \frac{1.43}{11.08} + \frac{0.04}{11.08} = 0.347 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 15 na przecie, położenie: 0.71 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

N = 10.88 kN	T <sub>y</sub> = 0.00 kN	T <sub>z</sub> = 0.16 kN
M <sub>x</sub> = -0.00 kNm	M <sub>y</sub> = -0.20 kNm	M <sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.001 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.16 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.072 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{v,d}}\right)^2 = \left(\frac{0.07}{1.85}\right)^2 + \left(\frac{0.00}{1.85}\right)^2 = 0.002 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 16 na przecie, położenie: 0.71 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 10.88 \text{ kN}$$

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

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

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

$$M_y = -0.20 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.001 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.16 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.072 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{47.98 \cdot 10^{-6}} = 0.021 \text{ [MPa]}$$

Skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{max}}{f_{v,d}}\right)^2 = \frac{0.02}{1.25 \cdot 1.85} + \left(\frac{0.07}{1.85}\right)^2 = 0.008 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 17 na przecie, położenie: 0.71 m**

wiatr z lewej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -7.02 \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.02 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.176 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7.02 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.370 [MPa]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{1.86}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 40.270$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 7400.000}{40.270^2} = 45.036 [MPa]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$b_c = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.00}{45.04}} = 0.683$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (0.68 - 0.3) + 0.68^2 \right) = 0.771$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 0.77 + \sqrt{0.77^2 - 0.68^2} \right)} = 0.885$$

$$k_{cz} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1.37}{0.88 \cdot 9.69} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{11.08} + \frac{0.18}{11.08} = 0.176 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1.37}{1.00 \cdot 9.69} + \frac{0.00}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.18}{11.08} = 0.152 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 18 na przecie, położenie: 0.71 m**

wiatr z lewej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$N = -7.02 \text{ kN}$

$T_y = -0.00 \text{ kN}$

$T_z = -0.00 \text{ kN}$

$M_x = 0.00 \text{ kNm}$

$M_y = -0.02 \text{ kNm}$

$M_z = 0.00 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.02 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.176 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7.02 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.370 [MPa]$$

Zginanie ze ściskaniem przy uwzględnieniu stateczności i wyboczenia:

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.18}{0.78 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{1.37}{1.00 \cdot 9.69} = 0.142 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 19 na przecie, położenie: 0.93 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 10.88 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = 0.10 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.22 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.22 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.641 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 1.86 = 1.674 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{1.67 \cdot 0.16 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 1.043$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 1.04 = 0.778$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{1.64}{0.78 \cdot 11.08} = 0.190 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 20 na przecie, położenie: 0.93 m**

wiatr z prawej na dach

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

$N = 10.88 \text{ kN}$	$T_y = 0.00 \text{ kN}$	$T_z = 0.10 \text{ kN}$
$M_x = -0.00 \text{ kNm}$	$M_y = -0.22 \text{ kNm}$	$M_z = 0.00 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,d} = \frac{N}{A} = \frac{10.88 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 2.125 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.22 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.641 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.073 [\text{MPa}]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2.12}{8.40} + \frac{1.64}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.07}{11.08} = 0.406 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2.12}{8.40} + 0.70 \cdot \frac{1.64}{11.08} + \frac{0.07}{11.08} = 0.363 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 21 na przecie, położenie: 0.93 m**

wiatr z prawej na dach

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

$N = 10.88 \text{ kN}$	$T_y = 0.00 \text{ kN}$	$T_z = 0.10 \text{ kN}$
$M_x = -0.00 \text{ kNm}$	$M_y = -0.22 \text{ kNm}$	$M_z = 0.00 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.001 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.10 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.043 [MPa]$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{v,d}}\right)^2 = \left(\frac{0.04}{1.85}\right)^2 + \left(\frac{0.00}{1.85}\right)^2 = 0.001 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 22 na przecie, położenie: 0.93 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 10.88 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = 0.10 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.22 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.001 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.10 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.043 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{47.98 \cdot 10^{-6}} = 0.021 [MPa]$$

**Skręcanie ze ścinaniem:**

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{max}}{f_{v,d}}\right)^2 = \frac{0.02}{1.25 \cdot 1.85} + \left(\frac{0.04}{1.85}\right)^2 = 0.007 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 23 na przecie, położenie: 0.93 m**

wiatr z lewej na dach

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

N = -7.02 kN

T<sub>y</sub> = -0.00 kN

T<sub>z</sub> = -0.07 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.02 kNm

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.02 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.117 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.037 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7.02 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.370 [MPa]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{1.86}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 40.270$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 7400.000}{40.270^2} = 45.036 [MPa]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:  
 $b_c = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.00}{45.04}} = 0.683$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (0.68 - 0.3) + 0.68^2 \right) = 0.771$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 0.77 + \sqrt{0.77^2 - 0.68^2} \right)} = 0.885$$

$$k_{cz} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1.37}{0.88 \cdot 9.69} + 0.70 \cdot \frac{0.04}{11.08} + \frac{0.12}{11.08} = 0.173 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1.37}{1.00 \cdot 9.69} + \frac{0.04}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.12}{11.08} = 0.152 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 24 na przecie, położenie: 0.93 m**

wiatr z lewej na dach

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

$N = -7.02 \text{ kN}$

$T_y = -0.00 \text{ kN}$

$T_z = -0.07 \text{ kN}$

$M_x = 0.00 \text{ kNm}$

$M_y = -0.02 \text{ kNm}$

$M_z = -0.00 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.02 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.117 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.037 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7.02 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.370 [MPa]$$

**Zginanie ze ścisaniem przy uwzględnieniu stateczności i wybożenia:**

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.04}{1.00 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{1.37}{0.88 \cdot 9.69} = 0.160 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.12}{0.78 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{1.37}{1.00 \cdot 9.69} = 0.142 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 25 na przecie, położenie: 1.85 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 10.88 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = -0.17 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.19 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.19 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.399 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 1.86 = 1.674 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{1.67 \cdot 0.16 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 1.043$$



$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 1.04 = 0.778$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{1.40}{0.78 \cdot 11.08} = 0.162 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 26 na przecie, położenie: 1.85 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = 10.88 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = -0.17 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.19 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0,d} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{10.88 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 2.125 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.19 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.399 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.146 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2.12}{8.40} + \frac{1.40}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.15}{11.08} = 0.389 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2.12}{8.40} + 0.70 \cdot \frac{1.40}{11.08} + \frac{0.15}{11.08} = 0.355 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 27 na przecie, położenie: 1.85 m**

wiatr z lewej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -7.02 kN

T<sub>y</sub> = -0.00 kN

T<sub>z</sub> = -0.34 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.17 kNm

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.001 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.34 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.147 [MPa]$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{vd}}\right)^2 = \left(\frac{0.15}{1.85}\right)^2 + \left(\frac{0.00}{1.85}\right)^2 = 0.006 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 28 na przecie, położenie: 1.85 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 10.88 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = -0.17 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.19 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.001 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.17 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.075 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{47.98 \cdot 10^{-6}} = 0.021 [MPa]$$

**Skręcanie ze ścinaniem:**

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{vd}} + \left(\frac{\tau_{max}}{f_{vd}}\right)^2 = \frac{0.02}{1.25 \cdot 1.85} + \left(\frac{0.07}{1.85}\right)^2 = 0.008 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 29 na przecie, położenie: 1.85 m**

wiatr z lewej na dach

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

N = -7.02 kN

T<sub>y</sub> = -0.00 kN

T<sub>z</sub> = -0.34 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.17 kNm

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

### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.17 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.238 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.073 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7.02 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.370 [MPa]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{1.86}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 40.270$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 7400.000}{40.270^2} = 45.036 [MPa]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$b_c = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.00}{45.04}} = 0.683$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (0.68 - 0.3) + 0.68^2 \right) = 0.771$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 0.77 + \sqrt{0.77^2 - 0.68^2} \right)} = 0.885$$

$$k_{cz} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1.37}{0.88 \cdot 9.69} + 0.70 \cdot \frac{0.07}{11.08} + \frac{1.24}{11.08} = 0.276 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1.37}{1.00 \cdot 9.69} + \frac{0.07}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{1.24}{11.08} = 0.226 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 30 na przecie, położenie: 1.85 m**

**wiatr z lewej na dach**

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

$$\begin{array}{lll} N = -7.02 \text{ kN} & T_y = -0.00 \text{ kN} & T_z = -0.34 \text{ kN} \\ M_x = 0.00 \text{ kNm} & M_y = 0.17 \text{ kNm} & M_z = -0.00 \text{ kNm} \end{array}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.17 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.238 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.073 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7.02 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.370 [\text{MPa}]$$

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

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.07}{1.00 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{1.37}{0.88 \cdot 9.69} = 0.160 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{1.24}{0.78 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{1.37}{1.00 \cdot 9.69} = 0.162 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 31 na przecie, położenie: 1.86 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

$$\begin{array}{lll} N = 10.88 \text{ kN} & T_y = 0.00 \text{ kN} & T_z = -0.17 \text{ kN} \\ M_x = -0.00 \text{ kNm} & M_y = -0.19 \text{ kNm} & M_z = 0.00 \text{ kNm} \end{array}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.19 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.392 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 1.86 = 1.674 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{1.67 \cdot 0.16 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 1.043$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 1.04 = 0.778$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{1.39}{0.78 \cdot 11.08} = 0.162 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 32 na przecie, położenie: 1.86 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

N = 10.88 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = -0.17 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.19 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0d} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{10.88 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 2.125 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.19 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.392 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.146 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2.12}{8.40} + \frac{1.39}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.15}{11.08} = 0.388 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2.12}{8.40} + 0.70 \cdot \frac{1.39}{11.08} + \frac{0.15}{11.08} = 0.354 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 33 na przecie, położenie: 1.86 m**

**wiatr z lewej na dach**

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

$N = -7.02 \text{ kN}$	$T_y = -0.00 \text{ kN}$	$T_z = -0.34 \text{ kN}$
$M_x = 0.00 \text{ kNm}$	$M_y = 0.17 \text{ kNm}$	$M_z = -0.00 \text{ kNm}$

#### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.001 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.34 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.148 [\text{MPa}]$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{vd}}\right)^2 = \left(\frac{0.15}{1.85}\right)^2 + \left(\frac{0.00}{1.85}\right)^2 = 0.006 \leq 1$$

#### Element prosty, nr preta: 32

**Punkt nr: 34 na przecie, położenie: 1.86 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$N = 10.88 \text{ kN}$	$T_y = 0.00 \text{ kN}$	$T_z = -0.17 \text{ kN}$
$M_x = -0.00 \text{ kNm}$	$M_y = -0.19 \text{ kNm}$	$M_z = 0.00 \text{ kNm}$

#### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.001 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.17 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.076 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{47.98 \cdot 10^{-6}} = 0.021 [\text{MPa}]$$

Skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{vd}} + \left(\frac{\tau_{max}}{f_{vd}}\right)^2 = \frac{0.02}{1.25 \cdot 1.85} + \left(\frac{0.08}{1.85}\right)^2 = 0.008 \leq 1$$

#### Element prosty, nr preta: 32

**Punkt nr: 35 na przecie, położenie: 1.86 m**

### wiatr z lewej na dach

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

$N = -7.02 \text{ kN}$	$T_y = -0.00 \text{ kN}$	$T_z = -0.34 \text{ kN}$
$M_x = 0.00 \text{ kNm}$	$M_y = 0.17 \text{ kNm}$	$M_z = -0.00 \text{ kNm}$

#### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.17 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.260 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.073 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7.02 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.370 [\text{MPa}]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{1.86}{46.19 \cdot 10^{-3}} = 40.270$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 7400.000}{40.270^2} = 45.036 [\text{MPa}]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcających:

$$b_c = 0.20$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{ck}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.00}{45.04}} = 0.683$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (0.68 - 0.3) + 0.68^2 \right) = 0.771$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 0.77 + \sqrt{0.77^2 - 0.68^2} \right)} = 0.885$$

$$k_{cz} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1.37}{0.88 \cdot 9.69} + 0.70 \cdot \frac{0.07}{11.08} + \frac{1.26}{11.08} = 0.278 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1.37}{1.00 \cdot 9.69} + \frac{0.07}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{1.26}{11.08} = 0.228 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 32**

**Punkt nr: 36 na precie, położenie: 1.86 m**

wiatr z lewej na dach

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

$N = -7.02 \text{ kN}$	$T_y = -0.00 \text{ kN}$	$T_z = -0.34 \text{ kN}$
$M_x = 0.00 \text{ kNm}$	$M_y = 0.17 \text{ kNm}$	$M_z = -0.00 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 9.692 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.17 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.260 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.073 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7.02 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 1.370 [\text{MPa}]$$

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

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.07}{1.00 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{1.37}{0.88 \cdot 9.69} = 0.160 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{1.26}{0.78 \cdot 11.08} \right)^2 + \frac{1.37}{1.00 \cdot 9.69} = 0.163 \leq 1$$

**Wyniki obwiedni przemieszczeń:**

Położenie:  $x = 0.00 \text{ [m]}$

**Śnieg z wiatrem z prawej na dach**

$u_{inst,G(y)}$  - 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.)	$u_y[\text{cm}]$	$u_z[\text{cm}]$	$k_{def}$	$j_0$	$j_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$
----------------------------	------------------	------------------	-----------	-------	-------	-------	-------	-------



Ciężar własny	-	-0.03	0.80	0.8	-	1.80	-	-
sufit podwieszany	-	-0.03	0.80	0.8	-	1.80	-	-
wiatr z prawej na dach	-0.05	-0.11	0.80	0.6	0.0	-	1.00	-
śnieg	-0.03	-0.17	0.80	0.5	0.0	-	-	0.50
Fotowoltaika	-	-0.04	0.80	0.8	-	1.80	-	-

Przyjęte współczynniki uwzględniające wpływ sił tnących:

Typ elementu w płaszczyźnie XZ osi głównych:

obustronnie podparty

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XZ osi głównych:

ciągłe

$$k_{scz} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left( \frac{160.00 \cdot 10^{-3}}{1.86} \right)^2 = 1.142$$

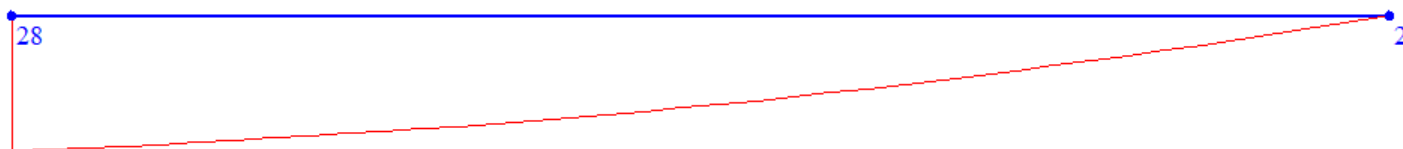
$$u_y = \sum u_{y,inst,G} \cdot n_1 + u_{y,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{y,inst,Q} \cdot n_3 = -0.071 [cm]$$

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



$$u_z = k_{scz} \cdot \left( \sum u_{z,inst,G} \cdot n_1 + u_{z,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{z,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 1.14 \cdot -0.41 = -0.472 [cm]$$

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



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|-0.071|^2 + |-0.472|^2} = 0.48 \leq 0.744 [cm]$$

#### Wyniki ugięcia względnego:

Położenie: x = 0.00 [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.)	$u_y[cm]$	$u_z[cm]$	$k_{def}$	$j_0$	$j_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$
----------------------------	-----------	-----------	-----------	-------	-------	-------	-------	-------

Fotowoltaika	-0.01	-0.04	0.80	0.8	-	1.80	-	-
Ciężar własny	-0.00	-0.03	0.80	0.8	-	1.80	-	-
wiatr z prawej na dach	-0.05	-0.11	0.80	0.6	0.0	-	1.00	-
śnieg	-0.03	-0.17	0.80	0.5	0.0	-	-	0.50
sufit podwieszany	0.00	-0.03	0.80	0.8	-	1.80	-	-

Przyjęte współczynniki uwzględniające wpływ sił tnących:

Typ elementu w płaszczyźnie XZ osi głównych:

obustronnie podparty

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XZ osi głównych:

ciągłe

$$k_{scz} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left( \frac{160.00 \cdot 10^{-3}}{1.86} \right)^2 = 1.142$$

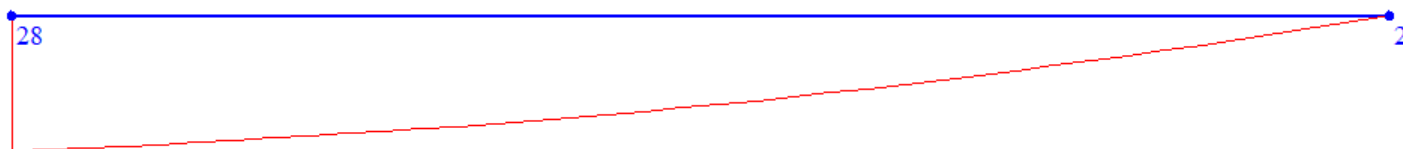
$$u_y = \sum u_{y,inst,G} \cdot n_1 + u_{y,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{y,inst,Q} \cdot n_3 = -0.071 [cm]$$

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



$$u_z = k_{scz} \cdot \left( \sum u_{z,inst,G} \cdot n_1 + u_{z,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{z,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 1.14 \cdot -0.41 = -0.472 [cm]$$

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



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|-0.071|^2 + |-0.472|^2} = 0.478 [cm]$$

$$u_b = u_{bz} = -0.696 [cm]$$

$$\Delta u_y = u_y - u_{by} = 0.071 [cm]$$

$$\Delta u_z = u_z - u_{bz} = 0.282 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \sqrt{\Delta u_y^2 + \Delta u_z^2} = \sqrt{|0.071|^2 + |0.282|^2} = 0.291 \leq 0.744 [cm]$$

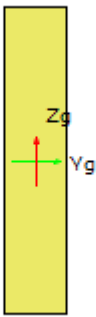
Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |0.000 - 0.420| = 0.420 [cm]$$

**Pozycja 1.4. Słupki - 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:	P 160x32 - 4	
	Długość pręta:	L = 2.03 m	
	Pole przekroju:	A = 51.20 cm <sup>2</sup>	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 1092.27 \text{ cm}^4$	$J_z = 43.69 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 136.53 \text{ cm}^3$	$W_z = 27.31 \text{ cm}^3$
	Momenty bezwładności na skręcanie:	$J_x = 152.75 \text{ cm}^4$	
	Wskaźnik wytrzymałości na skręcanie:	$W_x = 47.98 \text{ cm}^3$	
	Promienie bezwładności:	$i_y = 4.62 \text{ cm}$	$i_z = 0.92 \text{ cm}$

Rodzaj drewna:	Lite
Klasa drewna:	C24
Wytrzymałość char. na zginanie:	24.000 MPa
Wytrzymałość char. na rozciąganie:	14.000 MPa
Wytrzymałość char. na ściskanie:	21.000 MPa
Wytrzymałość char. na ścinanie:	4.000 MPa
Moduł sprężystości:	11000.000 MPa
5% kwantyl modułu sprężystości	7400.000 MPa
Moduł odkształcenia:	690.000 MPa
Gęstość:	350.000 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:**

$$\frac{L}{n} = \frac{203.00}{250.00} = 0.812 [\text{cm}]$$

Współczynniki wybożenia:  $m_y = 1.00$

Długości wybożeniowe:  $L_{c,y} = m_y \cdot L = 1.00 \cdot 2.03 = 2.03 [\text{m}]$

**Współczynniki zwiększające wytrzymałości charakterystyczne:**

na rozciąganie  $k_{h,t} = 1.30$

**Element prosty, nr preta: 46**

**Punkt nr: 1 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

$$N = 0.71 \text{ kN}$$

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

$$T_z = -0.20 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.14 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.047 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 2.03 = 1.827 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{1.83 \cdot 0.16 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 1.089$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 1.09 = 0.743$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{1.05}{0.74 \cdot 11.08} = 0.127 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 46**

**Punkt nr: 2 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z lewej na dach

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

$$N = 0.71 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.20 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0d} = k_{mod} \cdot k_{h,t} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.71 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 0.140 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.14 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.047 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.14}{8.40} + \frac{1.05}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{11.08} = 0.111 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.14}{8.40} + 0.70 \cdot \frac{1.05}{11.08} + \frac{0.00}{11.08} = 0.083 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 46**

**Punkt nr: 3 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 0.71 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = -0.20 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.14 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.20 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.087 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}} = \frac{0.09}{1.85} = 0.047 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 46**

**Punkt nr: 4 na przecie, położenie: 0.01 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 0.71 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = -0.20 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.14 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.14 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.033 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 2.03 = 1.827 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{1.83 \cdot 0.16 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 1.089$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 1.09 = 0.743$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{1.03}{0.74 \cdot 11.08} = 0.125 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 46**

**Punkt nr: 5 na przecie, położenie: 0.01 m**

wiatr z lewej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 0.72 \text{ kN}$$

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

$$T_z = 0.20 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0d} = k_{mod} \cdot k_{h,t} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.72 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 0.140 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.14 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.033 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.14}{8.40} + \frac{1.03}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{11.08} = 0.110 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.14}{8.40} + 0.70 \cdot \frac{1.03}{11.08} + \frac{0.00}{11.08} = 0.082 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 46**

**Punkt nr: 6 na przecie, położenie: 0.01 m**

wiatr z prawej na dach

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

$N = 0.71 \text{ kN}$	$T_y = 0.00 \text{ kN}$	$T_z = -0.20 \text{ kN}$
$M_x = 0.00 \text{ kNm}$	$M_y = -0.14 \text{ kNm}$	$M_z = 0.00 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.20 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.087 [\text{MPa}]$$

Ścinanie:

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}} = \frac{0.09}{1.85} = 0.047 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 46**

**Punkt nr: 7 na przecie, położenie: 1.01 m**

wiatr z prawej na dach

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

$N = 0.75 \text{ kN}$	$T_y = 0.00 \text{ kN}$	$T_z = -0.20 \text{ kN}$
$M_x = 0.00 \text{ kNm}$	$M_y = 0.06 \text{ kNm}$	$M_z = 0.00 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.06 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.439 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 2.03 = 1.827 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{1.83 \cdot 0.16 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 1.089$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 1.09 = 0.743$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{0.44}{0.74 \cdot 11.08} = 0.053 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 46**

**Punkt nr: 8 na przecie, położenie: 1.01 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = 0.75 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = -0.20 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.06 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td,d} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{tdk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.75 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 0.147 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.06 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 0.439 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.15}{8.40} + \frac{0.44}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{11.08} = 0.057 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.15}{8.40} + 0.70 \cdot \frac{0.44}{11.08} + \frac{0.00}{11.08} = 0.045 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 46**

**Punkt nr: 9 na przecie, położenie: 1.01 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = 0.75 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = -0.20 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.06 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:



$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.20 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.087 [MPa]$$

Ścinanie:

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}} = \frac{0.09}{1.85} = 0.047 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 46**

**Punkt nr: 10 na przecie, położenie: 2.03 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$N = 0.79 \text{ kN}$	$T_y = 0.00 \text{ kN}$	$T_z = -0.20 \text{ kN}$
$M_x = 0.00 \text{ kNm}$	$M_y = 0.26 \text{ kNm}$	$M_z = 0.00 \text{ kNm}$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.26 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.919 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 2.03 = 1.827 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{1.83 \cdot 0.16 \cdot 24.00}{(0.78 \cdot 0.03^2 \cdot 7400.00)}} = 1.089$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 1.09 = 0.743$$

Sprawdzenie stateczności giętnej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{1.92}{0.74 \cdot 11.08} = 0.233 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 46**

**Punkt nr: 11 na przecie, położenie: 2.03 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$N = 0.79 \text{ kN}$	$T_y = 0.00 \text{ kN}$	$T_z = -0.20 \text{ kN}$
$M_x = 0.00 \text{ kNm}$	$M_y = 0.26 \text{ kNm}$	$M_z = 0.00 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{24.00}{1.30} = 11.077 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.30 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.400 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.79 \cdot 10^{-3}}{51.20 \cdot 10^{-4}} = 0.155 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.26 \cdot 10^{-3}}{136.53 \cdot 10^{-6}} = 1.919 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{27.31 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,d}}{f_{td}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.15}{8.40} + \frac{1.92}{11.08} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{11.08} = 0.192 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,d}}{f_{td}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.15}{8.40} + 0.70 \cdot \frac{1.92}{11.08} + \frac{0.00}{11.08} = 0.140 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 46**

**Punkt nr: 12 na przecie, położenie: 2.03 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

N = 0.79 kN

T<sub>y</sub> = 0.00 kN

T<sub>z</sub> = -0.20 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.26 kNm

M<sub>z</sub> = 0.00 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{4.00}{1.30} = 1.846 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.20 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 51.20 \cdot 10^{-4})} = 0.087 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}} = \frac{0.09}{1.85} = 0.047 \leq 1$$

**Wyniki obwiedni przemieszczeń:**

Położenie:  $x = 0.00$  [m]

**śnieg z wiatrem z prawej na dach**

$u_{inst,G(y)}$  - 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	-	-	0.80	0.8	-	1.80	-	-
sufit podwieszany	-	-	0.80	0.8	-	1.80	-	-
wiatr z lewej na dach	-	-0.03	0.80	0.6	0.0	-	-	0.60
śnieg	-	-	0.80	0.5	0.0	-	-	0.50
Fotowoltaika	-	-	0.80	0.8	-	1.80	-	-

Przyjęte współczynniki uwzględniające wpływ sił tnących:

Typ elementu w płaszczyźnie XZ osi głównych:

obustronnie podparty

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XZ osi głównych:

ciągłe

$$k_{scz} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left( \frac{160.00 \cdot 10^{-3}}{2.03} \right)^2 = 1.119$$

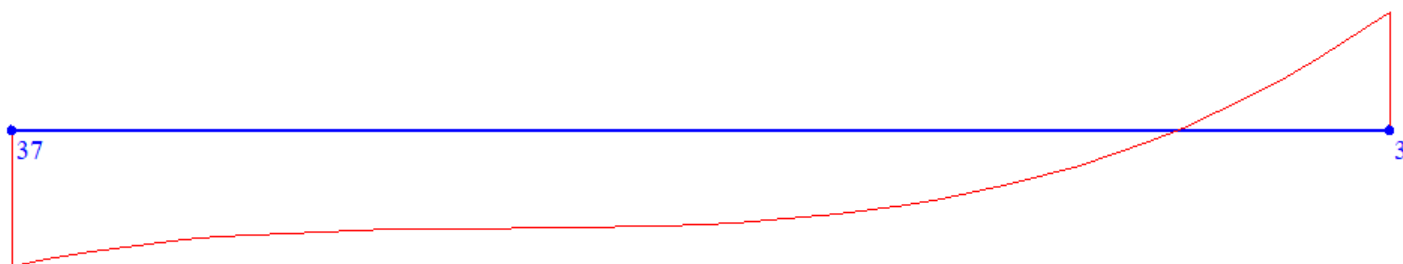
$$u_y = \sum u_{y,inst,G} \cdot n_1 + u_{y,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{y,inst,Q} \cdot n_3 = 0.005 [cm]$$

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



$$u_z = k_{scz} \cdot \left( \sum u_{z,inst,G} \cdot n_1 + u_{z,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{z,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 1.12 \cdot -0.03 = -0.030 [cm]$$

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



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|0.005|^2 + |-0.030|^2} = 0.03 \leq 0.812 [cm]$$

#### Wyniki ugięcia względnego:

Położenie:  $x = 0.00 [m]$

$u_{inst,G(y)}$  - 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.)	$u_y[cm]$	$u_z[cm]$	$k_{def}$	$j_0$	$j_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$
Fotowoltaika	-0.00	0.00	0.80	0.8	-	1.80	-	-
Ciężar własny	0.00	0.00	0.80	0.8	-	1.80	-	-
wiatr z lewej na dach	0.00	-0.03	0.80	0.6	0.0	-	-	0.60
śnieg	0.00	0.00	0.80	0.5	0.0	-	1.00	-
sufit podwieszany	0.00	0.00	0.80	0.8	-	1.80	-	-

Przyjęte współczynniki uwzględniające wpływ sił tnących:

Typ elementu w płaszczyźnie XZ osi głównych:

obustronnie podparty

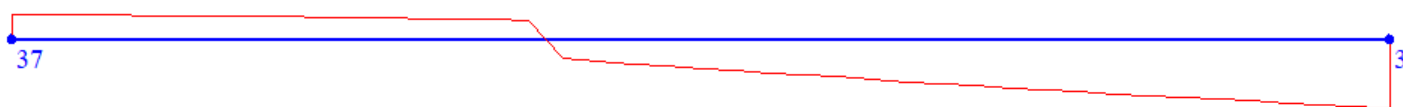
Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XZ osi głównych:

ciągłe

$$k_{scz} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left( \frac{160.00 \cdot 10^{-3}}{2.03} \right)^2 = 1.119$$

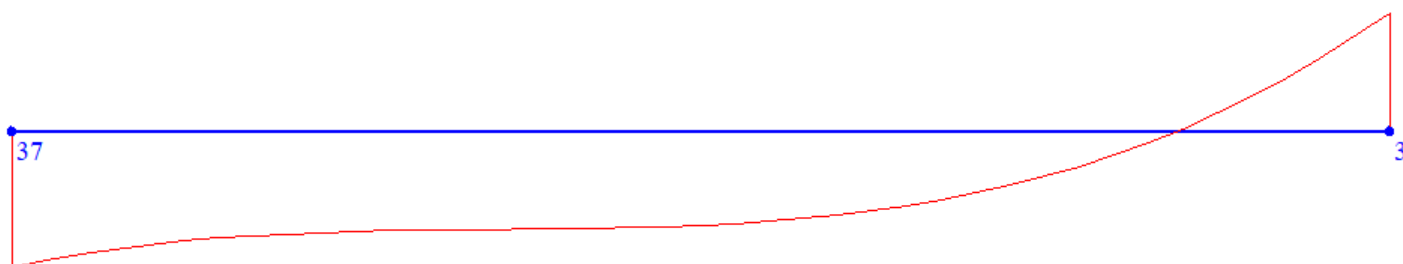
$$u_y = \sum u_{y,inst,G} \cdot n_1 + u_{y,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{y,inst,Q} \cdot n_3 = 0.005 [cm]$$

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



$$u_z = k_{scz} \cdot \left( \sum u_{z,inst,G} \cdot n_1 + u_{z,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{z,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 1.12 \cdot -0.03 = -0.030 [cm]$$

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



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|0.005|^2 + |-0.030|^2} = 0.031 [cm]$$

$$u_b = \sqrt{u_{by}^2 + u_{bz}^2} = \sqrt{|-0.014|^2 + |-0.179|^2} = 0.180 [cm]$$

$$\Delta u_y = u_y - u_{by} = 0.019 [cm]$$

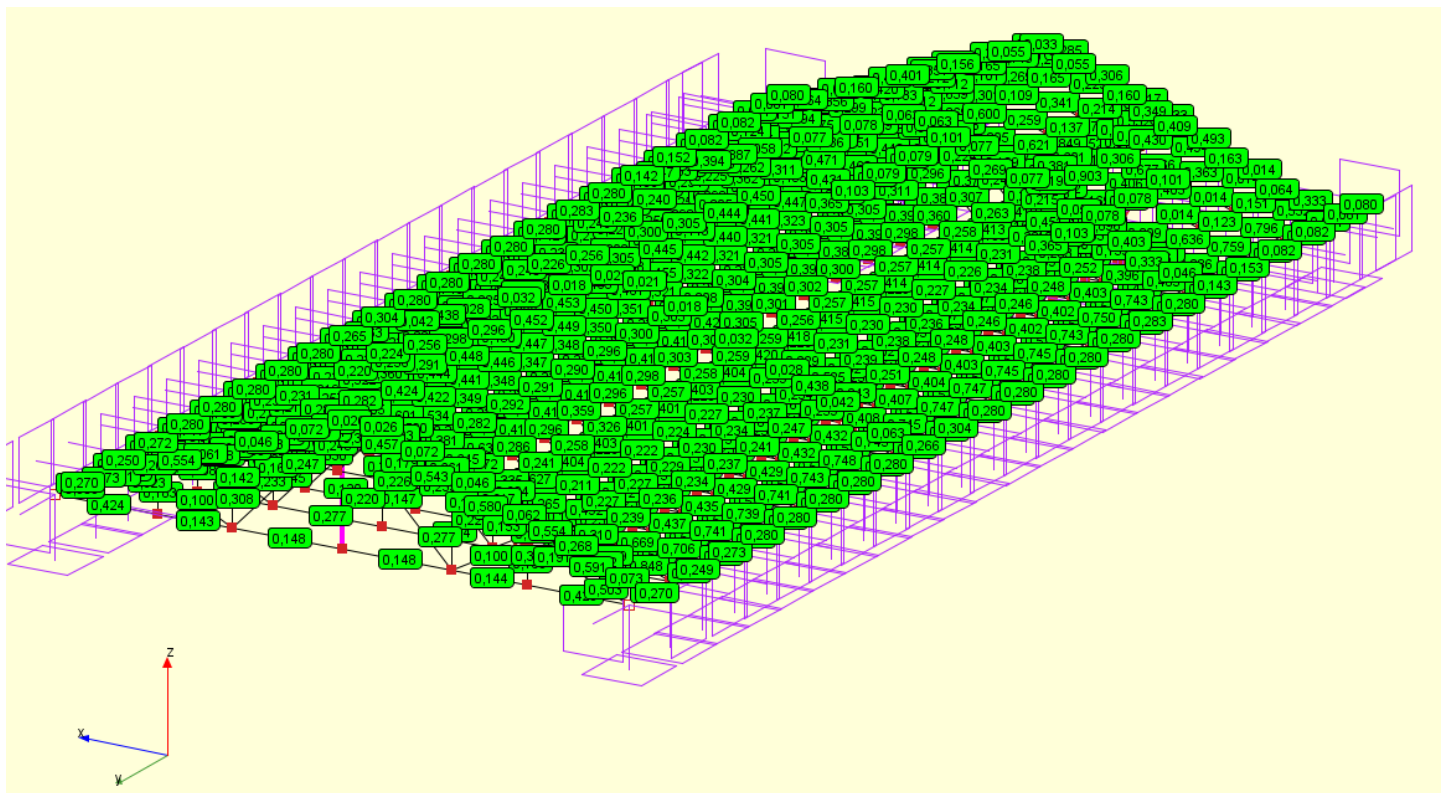
$$\Delta u_z = u_z - u_{bz} = 0.152 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \sqrt{\Delta u_y^2 + \Delta u_z^2} = \sqrt{|0.019|^2 + |0.152|^2} = 0.153 \leq 0.812 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |0.027 - 0.027| = 0.000 [cm]$$

#



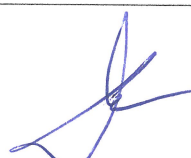

## PROJEKT BUDOWLANY

## BRANŻA – INSTALACJE ELEKTRYCZNE

TEMAT: PRZEBUDOWA KONSTRUKCJI DACHU BUDUNKU  
USŁUGOWEGO OSP CELINY

LOKALIZACJA: Celiny, gm. Ożarówice  
dz. nr ew. 76/1 obręb 0001 Celiny  
jednostka ew. 241306\_2 Ożarówice

INWESTOR: Gmina Ożarówice  
ul. Dworcowa 15  
42-625 Ożarówice

Stanowisko	Imię i nazwisko	Uprawnienia	Data	Podpis
Projektant	Łukasz Różycki	SWK/0142/PBE/18	01.04.2020r.	
Sprawdzający	Jan Madej	160/85	01.04.2020r.	

## Spis zawartości dokumentacji

1. Strona tytułowa
2. Spis zawartości dokumentacji
3. Opis techniczny
4. Plan instalacji odgromowej

Rys. E1



## 1. Podstawa opracowania.

Dokumentację opracowano na podstawie:

- a) zawartej umowy,
- b) podkładów architektonicznych,
- c) wymienionych niżej obowiązujących przepisów:
  - Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego, (Dz. U. Z 2003 Nr 120, poz 1133 ze zm.).
  - Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych, (Dz. U. Nr 202 poz. 2072 ze zm.).
  - PN-HD 60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed porażeniem elektrycznym.
  - PN-IEC 60364-4-41:2010 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przeciwporażeniowa.
  - PN-EN 62305-1-4 – Ochrona odgromowa
  - PN-EN 50014-AC Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Wymagania ogólne.
  - Rozporządzeniem z dnia 12.04.2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz. U. Nr 75/2002 ( z załączonym pakietem PN )
  - Ustawa o prawie autorskim i prawach pokrewnych, Dz. U. Nr 94/24/1983
  - Ustawą z dnia 7.07.1994r. Prawo budowlane
  - Zasady wiedzy technicznej

## 2. Przedmiot opracowania.

Przedmiotem opracowania jest projekt wykonania instalacji odgromowej w modernizowanym budynku OSP po przeprowadzeniu prac remontowych dachu w miejscowości Cieliny na dz. nr 76/1.

## 3. Zakres opracowania.

- 1) instalacja odgromowa

## 4. Opis stanu istniejącego.

Istniejący budynek remizy OSP wyposażony jest w instalację odgromową w dobrym stanie, która była modernizowana w trakcie prac termomodernizacyjnych w 2017r. Ze względu na wymianę więźby i pokrycia dachowego należy wymienić instalację odgromową obejmującą zwody poziome, zwody pionowe w warstwie ocieplenia pozostają bez zmian.

## 5. Opis szczegółowy wykonania prac.

Ze względu na charakter obiektu nie ma tu strefy zagrożenia wybuchem, mniejsza możliwość zagrożenia życia osób personelu technicznego instalacje odgromowe należy zakwalifikować do trzeciej kategorii ochrony LPL. Najbardziej trafną metodą obliczeń dla tego typu obiektów jest metoda toczącej się kuli o promieniu 40m. Wymagana wartość rezystancji uziomów zaleca się aby miała jak najmniejszą wartość jednak nie może ona być większa niż 10 Ohm.

Projektowaną instalację odgromową wykonać stosując przewody odprowadzające z drutu stalowego ocynkowanego fi 8mm prowadzone zgodnie z rys. E1. Na dachu przewody odprowadzające mocować na uchwytych rynnowych, gąsiorowych lub katowych, blachę pokrycia dachowego wykorzystać jako naturalny przewód odprowadzający jeżeli jej grubość rdzenia przekracza 0,5mm. Na kominach nie wyższych niż 2m wykonać z drutu FeZn8mm maszty odgromowe stosując zasadę kąta ochronnego 70st. Maszty odgromowe montować trwale do podłoża przy pomocy podstaw i złącz kompensujących kąty połączy dachowej. Maszty w wykonaniu stalowym lub aluminiowym o średnicy pręta 18mm. Metalowe barierki objąć połączeniami do zwodów poziomych. Stalowy komin kotłowni zabezpieczyć masztem

odgromowym zachowując odstęp izolacyjny od przewodów odgromowych co najmniej 0,5m, w przypadku braku możliwości uzyskania odstępu zastosować atestowane elementy izolacyjne.

Projektowaną instalację fotowoltaiczną objąć połączeniami wyrównawczymi zgodnie z opracowaniem systemu fotowoltaicznego.

## 6. Uwagi końcowe

Przed przystąpieniem do robót zapoznać się dokładnie z niniejszym projektem budowlanym. Prace należy prowadzić z przedstawionym projektem budowlanym oraz aktualnie obowiązującymi przepisami i normami.

Wszelkie zmiany w trakcie realizacji robót związanych z wykonawstwem objętych niniejszym projektem winny być uzgodnione z autorami opracowania lub inspektorem nadzoru i potwierdzone odpowiednim wpisem w dzienniku budowy.

Instalacje elektryczne należy wykonać zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z 12.04.2002r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75 Poz. 690 ze zm.).

Normą arkuszową PN HD-60364 :2010 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych” (odpowiednik IEC-364). PN-EN 62305-1-4 – Ochrona odgromowa

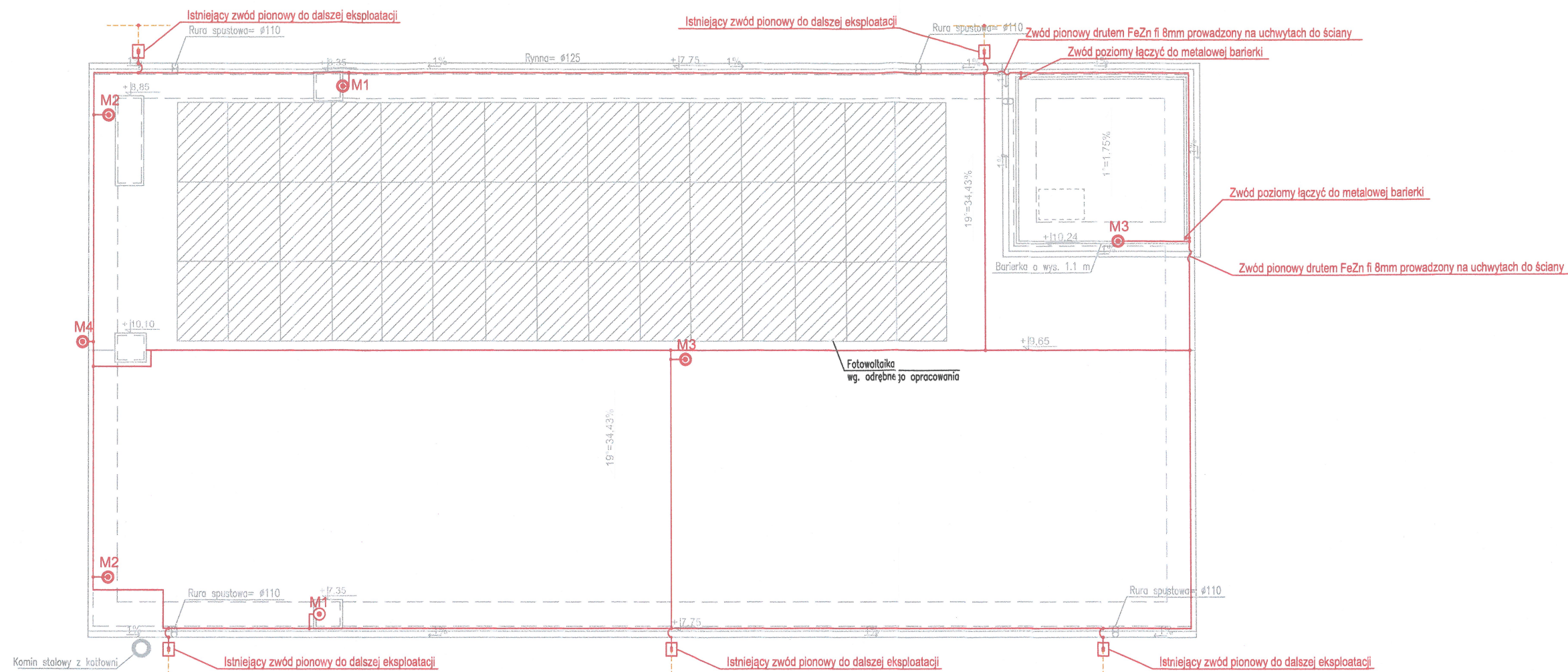
Po wykonaniu robót należy przeprowadzić badania pomontażowe wykonywanych instalacji tj. badania skuteczności szybkiego wyłączenia zasilania, pomiary rezystancji izolacji, uziemień itd.

Wyniki dokonanych pomiarów winny się mieścić w odpowiednich granicach dopuszczalnych normami i przepisami, które wraz z niniejszą dokumentacją powinny być przechowywane przez użytkownika przez cały okres eksploatacji wykonanych instalacji. Do odbioru końcowego należy przedstawić wszystkie wymagane protokoły pomiarów i oświadczenia.

*Projektant mgr inż. Łukasz Różycki*

*Uprawnienia do projektowania bez ograniczeń w zakresie sieci i instalacji elektr. nr SWK/0142/PBE/18*





#### UWAGA

Ze względu na poręcze metalowe na dachu należy zamieścić przy wejściu na dach tabliczkę informacyjną o bezwzględnym zakazie wychodzenia na dach przy pogodzie zagrażającej występowaniem piorunów

#### LEGENDA

- M1 ⦿ Projektowany maszt odgromowy o wysokości 1m, z drutu FeZn 8mm na uchwytach do ściany
- M2 ⦿ Projektowany maszt odgromowy o wysokości 2m, aluminiowy na podstawie z regulacją kąta
- M3 ⦿ Projektowany maszt odgromowy o wysokości 3m, aluminiowy na podstawie z regulacją kąta
- M4 ⦿ Istniejący maszt odgromowy o wysokości 3,5m do dalszej eksploatacji
- Łączyć do blachy zewnętrznej pokrycia dachu oraz przewodów odprowadzających za pomocą złączy krzyżowych
- Łączyć do rynny okapowej za pomocą złączy rynnowych
- Zwód pionowy drutem FeZn fi 8mm prowadzony w rurce grubościennej 3mm fi 20mm w warstwie ocieplenia
- Złącze kontrolne drut/bednarka w puszcze podtynkowej PCV 150x180x110mm na wys 0,8m od podłoża
- Bednarka FeZn 25x4mm układana w warstwie ocieplenia
- Złącze spawane z uziomem otokowym z bednarki FeZn 30x4mm na głębokości co najmniej 0,6m
- Bednarka FeZn 30x4mm układać luzem w wykopie na głębokości 0,6m
- Przewody odprowadzające z drutu FeZn 8mm prowadzić na dachu na uchwytach kątowych, gąsiorowych do obróbki lub uchwytach rynnowych do rynny okapowej

#### UKŁAD ZASILANIA TN-S OCHRONA PRZEC SAMOCZYNNNE WYŁĄCZENIE

Oblekt :	BUCYNEK OSP CELINY		Data :	kwiecień, 2020r.
Adres :	Celiny, gm. Ożarówce dz. nr 76/1		Aktualizacja :	
Treść rysunku :	Plan instalacji odgromowej		Branża :	ELEKTRYCZNA
Projektant :	mgr inż. Łukasz Różyci	Wz. upr. : SWK/0142/PBE 18	Podpis :	
		Wz. upr. :	Podpis :	
Sprawdzający :	mgr inż. Jan Madej	Wz. upr. : 160/85	Podpis :	
			Skala :	1:100
			Nr rysunku :	E1

**INWENTARYZACJA I EKSPERTYZA TECHNICZNA BUDYNKU  
USŁUGOWEGO – OSP CELINY**

<b>Lokalizacja:</b>	<b>Celiny, gm. Ożarówice dz. nr 76/1 obręb 0001 Celiny jednostka ew. 241306_2 Ożarówice</b>
<b>Inwestor:</b>	<b>Gmina Ożarówice Dworcowa 15 42-625 Ożarówice</b>
<b>Jednostka Projektowa:</b>	<b>Pracownia Projektowa Aldona Krakowiak  ul. Krakowska 9  28-200 Staszów</b>
<b>Kategoria obiektu:</b>	<b>Obiekt Kategorii: XVII</b>
<b>Data opracowania:</b>	<b>Marzec 2020 rok</b>

<b>Branża</b>	<b>Imię i Nazwisko/ Numer uprawnień</b>	<b>Pieczętka i podpis</b>
<b>Branża konstrukcyjna</b>	<b>mgr inż. Kacper Krakowiak  SWK/0017/PBKb/16</b>	

# **Rozdział 1. Inwentaryzacja budynku i opis stanu technicznego**

## **OPIS TECHNICZNY**

### **DANE OGÓLNE:**

#### **1.1 Przedmiot opracowania**

Przedmiotem opracowania jest ekspertyza techniczna budynku OSP Celiny. Dla przedmiotowego budynku sporządzono inwentaryzację w oparciu o:

- wizję lokalną w terenie,
- pomiary budynku,
- oględziny całości budynku i poszczególnych jego elementów,
- informacje uzyskane w trakcie wizji lokalnej.

#### **1.2 Inwestor**

Gmina Ożarówice

ul. Dworcowa 15

42-625 Ożarówice

#### **1.3 Jednostka projektowa**

Pracownia Projektowa Aldona Krakowiak

ul. Krakowska 9

28-200 Staszów

## **2. Rozwiązania architektoniczno-budowlane**

### **2.1 Charakterystyka obiektu.**

Budynek dwukondygnacyjny wolnostojący, nie podpiwniczony. Bryła budynku w postaci zbliżonej do prostopadłościanu o podstawie zbliżonej kształtem do prostokąta z dachem dwuspadowym w głównej bryle i płaskim nad wieżyczką. Dach konstrukcji płatwiowej z

podporami stalowymi w formie dwuteowników IPE 160, oparty na dwóch ściankach stolcowych, pokryty blachą trapezową. Konstrukcja budynku murowana – tradycyjna z posadowieniem bezpośrednim. Budynek wybudowany w latach 70. Budynek pełni obecnie funkcję strażnicy OSP w Celinach.

## **2.2 Podstawowe dane techniczne**

- powierzchnia zabudowy:	239,00 m <sup>2</sup>
- powierzchnia użytkowa:	375,20 m <sup>2</sup>
- Kubatura brutto budynku:	2 151,0 m <sup>3</sup>
- Wysokość budynku:	10,40 m
- Szerokość budynku:	10,94 m
- Długość:	21,85 m

## **2.3 Wyposażenie instalacyjne**

- instalacja elektryczna
- instalacja odgromowa
- instalacja c.o.
- instalacja wod-kan.

## **3. Rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe**

### **3.1 Fundamenty**

Fundamenty betonowe, grubości 60-80cm, posadowione na głębokości min. 1,00m poniżej poziomu terenu. Ściany fundamentowe z kamienia łamanego na zaprawie cementowo wapiennej.

### **3.2 Ściany**

Ściany zewnętrzne wielowarstwowe z pustak żuźlowego i cegły silikatowego gr ~40cm. Mur obustronnie tynkowany – wewnątrz tynkiem cementowo-wapiennym, na zewnątrz tynkiem strukturalnym cienkowarstwowym. Ściany wewnętrzne z cegły pełnej, ~12-28cm, ściany obustronnie tynkowane tynkiem cementowo-wapiennym.

### **3.3 Stropy**

Strop nad parterem – Kleina. Strop nad klatką schodową, oraz wieżyczką żelbetowy.

### **3.4 Dach**

Dach dwuspadowy o konstrukcji płatwiowo-kleszczowej z zastrzałami opartymi na płatwiach, oparty na dwóch ściankach stolcowych. Wiązar dachowy oparty na belkach stalowych IPE 160. Dach pokryty blachą trapezową, kąt pochylenia połaci dachowej 19°. Rynny oraz rury spustowe z pcv. Obrówki z blachy w kolorze pokrycia.

### **3.5 Wentylacja**

W obiekcie wentylacja grawitacyjna.

### **3.6 Stolarka okienna i drzwiowa, bramy**

Stolarka okienna PCV i aluminiowa. Stolarka drzwiowa drewniana i aluminiowa, drzwi jedno i dwuskrzydłowe. Brama wjazdowa panelowa.

### **3.7 Podłogi i posadzki**

W obiekcie posadzki: gressowe, betonowe, drewniane.

### **3.8 Tynki**

Wewnętrzne – cementowo-wapienne, częściowo ściany malowane farbami emulsyjnymi. Zewnętrzne – strukturalne cienkowarstwowe – ściany malowane farbami elewacyjnymi.

### **3.9 Izolacje**

Izolacja pozioma fundamentów w postaci papy asfaltowej na lepiku. Izolacja dachu w postaci folii paro przepuszczalnej pod pokryciem oraz izolacji termicznej w postaci wełny mineralnej granulowanej. Ściany zewnętrzne izolowane styropianem o grubości 10 cm.

### **3.10 Kolorystyka elewacji**

Ściany – szare i niebieskie

Dach – czerwony

Stolarka – biała

Rynny, rury spustowe, obróbki blacharskie – grafitowe

## **4. Charakterystyka ekologiczna obiektu**

### **4.1 Odprowadzenie wód opadowych**

Wody opadowe odprowadzane na tereny zielone własnej działki.

### **4.2 Gromadzenie nieczystości**

Nieczystości gromadzone w pojemnikach przystosowanych do wywozu zorganizowanego

### **4.3 Trujące gazy, płyny, emisja hałasu, wibracje**

Nie stwierdzono wydzielania spalin, trujących gazów i płynów, emisji hałasu oraz wibracji, a także promieniowania i zakłóceń elektromagnetycznych.

### **4.4 Ochrona atmosfery**

Obiekt spełnia wymogi odnoszące się do ochrony atmosfery.

## **5. Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia**

Obiekt o prostej konstrukcji, nie stwarza zagrożenie dla zdrowia jego użytkowników.

## **6. Dokumentacja fotograficzna**















## **6. Aktualny stan techniczny elementów konstrukcyjnych**

- Fundamenty – w ścianach fundamentowych i przyziemiu budynku w strefie ścian wewnętrznych i zewnętrznych nie stwierdzono uszkodzenia w postaci spękań – Stan dobry
- Ściany – w ścianach zewnętrznych oraz wewnętrznych stwierdzono uszkodzenia w postaci rys pionowych i poziomych, spękań w strefach połączeń konstrukcji wsporczej wiązara ze ścianą, spowodowane to może być brakiem wieńca wokół ścian. Stan techniczny ścian przyziemia – dobry, stan techniczny ścian piętra - średni.
- Strop – stan techniczny stropów dobry.
- Dach – konstrukcja drewniana więźby wykazuje miejscowo ugięcia przekraczające stan użytkowania, miejscowo więźba dachowa zawilgocona, widoczne ślady korozji biologicznej niektórych elementach konstrukcyjnych, takich jak: płatew, miecze, słupki. Całość konstrukcji nie została właściwie zabezpieczona poprzez jej zaimpregnowanie. Stan techniczny konstrukcji dachowej średni. Stan techniczny pokrycia, obróbek blacharskich, rynien i rur spustowych – średni.
- Okna i drzwi – w dobrym stanie technicznym.
- Podłogi i posadzki – w całości piętra posadzki betonowe – miejscowo widoczne ubytki i spękania wynikające złego rozkładu obciążeń
- Tynki – tynki wewnętrzne z ubytkami, rysami, odspojeniami oraz spękaniami. Tynki stropu w każdym z pomieszczeń lokalnie odspojone. Stan techniczny tynków średni.
- Izolacje w dobrym stanie technicznym.

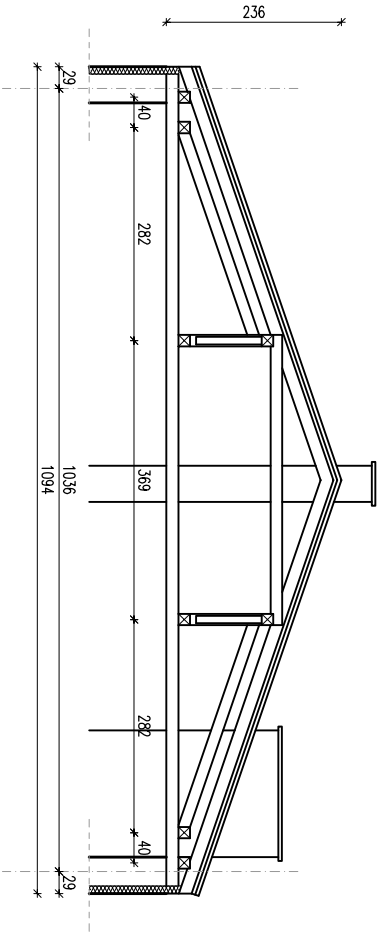
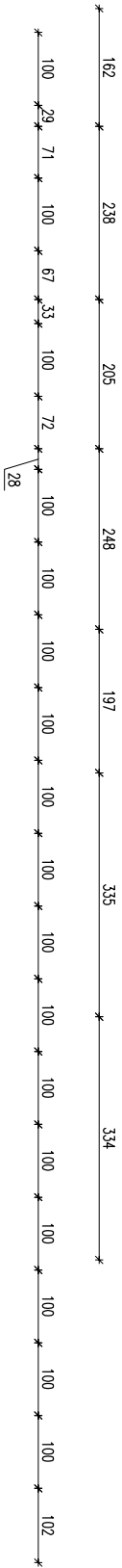
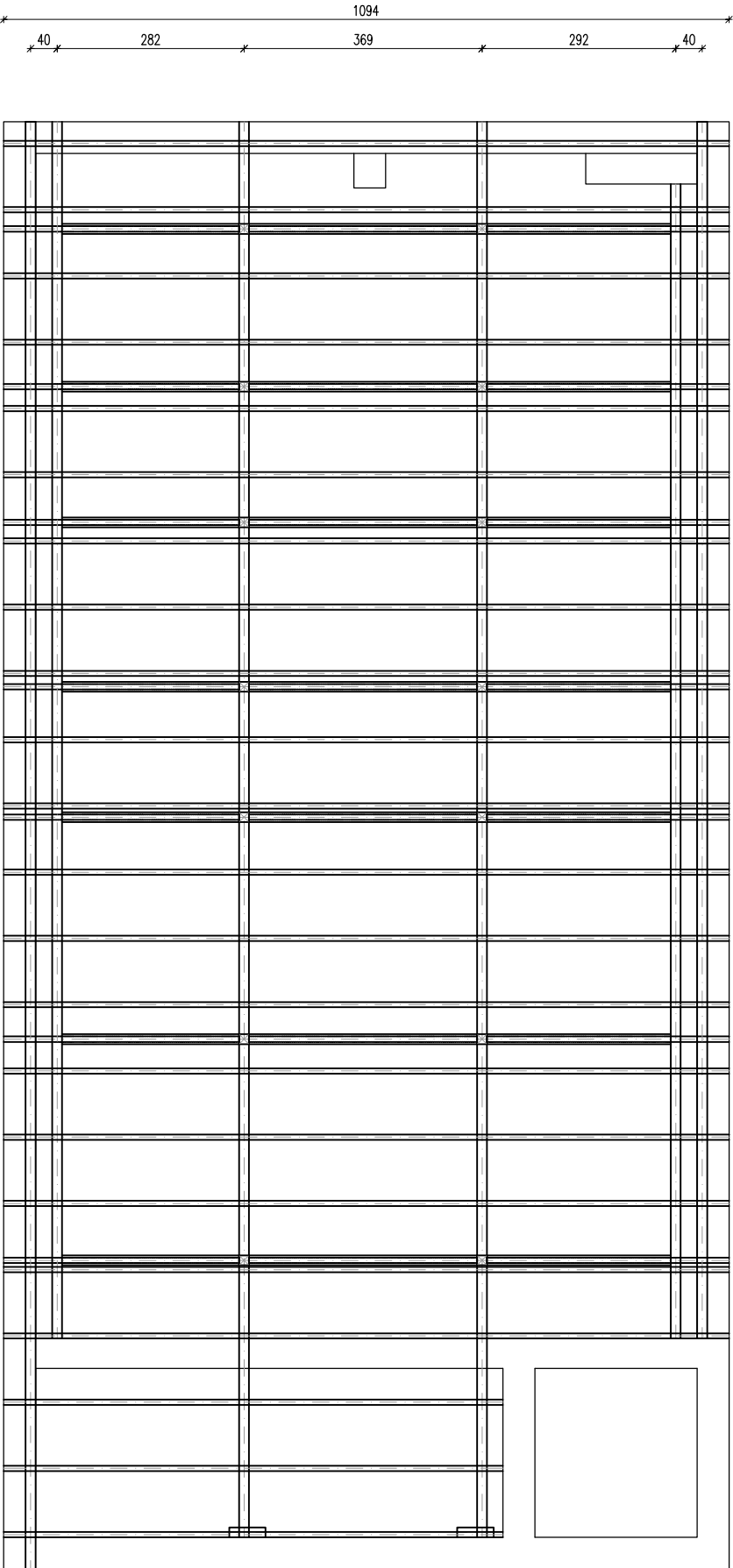
## **Wnioski, uwagi i zalecenia**

Na podstawie dokonanych oględzin, odkrywek i pomiarów w związku z zamierzeniem inwestora dotyczącym zainstalowania na obiekcie instalacji fotowoltaicznej, oraz w związku z dokonanymi obliczeniami konstrukcyjnymi stwierdza się co następuje:

- Przedmiotowy budynek OSP Celiny zlokalizowany na działce o nr ewid. 76/1 w miejscowości Celiny, po przyłożeniu dodatkowego obciążenia (fotowoltaika, zastoiska śnieżne) stwierdza się przekroczenia stanów granicznych – nośności i użytkowości.
- Rozkład naprężeń na elementy konstrukcyjne poniżej więźby dachowej powodować może dalsze spękania, a w konsekwencji pogorszenie stanu granicznego użytkowości ścian konstrukcyjnych.

- Wobec powyższego należy rozebrać istniejącą konstrukcję, oraz wykonać wieniec wokół ścian zewnętrznych i nową konstrukcję dachu. Zaleca się wykonanie wiązarów drewnianych kratowych – ze względu na niski ciężar własny konstrukcji. Pokrycie w postaci płyty warstwowej z wypełnieniem z pianki PUR, który pełnić będzie jednocześnie funkcję izolacji termicznej.
- Zakres napraw konstrukcji i rozwiązania techniczne należy opracować w projekcie budowlanym i uzyskać prawomocne pozwolenie na budowę.
- Roboty budowlane należy wykonać przy zachowaniu obowiązujących warunków technicznych, przepisów normowych stosowanych w budownictwie, pod nadzorem osoby uprawnionej, po uzyskaniu prawomocnej decyzji o pozwoleniu na budowę.
- Projektowana inwestycja wraz z przyjętymi w niej rozwiązaniami nie wpłynie na zwiększenie naprężenia konstrukcji, wykonana zgodnie z dokumentacją nie będzie stwarzać zagrożenia dla bezpieczeństwa użytkowników istniejącego obiektu. Ponadto podłoże gruntowe przeniesie dodatkowe obciążenia wynikające z realizacji przedmiotowego obiektu.

Opracował:



Rysunek	INWENTARYZACJA		Nr rys. 1
Obiekt	BUDYNEK OSP CELINY		Data: 04.2020
Adres budynku	Celiny, gm. Ozarowice dz. nr 76/1		Skala/Formot 1:100/A3
Branża	Inwentaryzacja	Nr upr.	Podpis
Projektant	mgr inż. Kacper Krakowiak		SWK/0017/PK6/16



# **OBLICZENIA STATYCZNE I WYMIAROWANIE**

## **CZĘŚĆ ISTNIEJĄCA**

### **1. Podstawa Opracowania**

- Branża Architektoniczna niniejszego opracowania,
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane (tj. – Dz. U. z 2019r. poz. 1186 z późn. zm.)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania (tj.– Dz. U. z 2019r. poz. 1065)
- Normy:
  - PN-EN 1990:200 Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji.
  - PN-EN 1991-1-1:2004 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-1. Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
  - PN-EN 1991-1-3:2005 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3. Oddziaływania ogólne – Obciążenia śniegiem.
  - PN-EN 1991-1-4:200 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4. Oddziaływania ogólne – Oddziaływanie wiatru.
  - PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1. Reguły ogólne i reguły dla budynków.
  - PN-EN 1993-1-1:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1. Reguły ogólne i reguły dla budynków.
  - PN-EN 1996-1-1:2006 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-1. Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych

### **2. Opis założeń projektowych**

Do obliczeń przyjęto strefy klimatyczne:

- II strefa wiatrowa (wg. PN-EN 1991-1-3:2005)
- II strefa śniegowa (wg. PN-EN 1991-1-3:2005)

Fundamenty (ławy fundamentowe) - obliczono na odpór gruntu w schemacie płyty dwu-wspornikowej przy działaniu sił pionowych.

Wiązary dachowy – schemat przyjęty jako płaski z rozporami z oparciem na ścianie i belkach stalowych – wg. inwentaryzacji.

#

#

#

#

### 3. Zestawienie obciążeń na dach

Zestawienie obciążeń stałych						
L.p.	Rodzaj obciążenia	Gr. Warstwy [cm]	Ciężar [kN/m³]	Obc. Charakt.[kN/m²]	Wsp. obliczeniowy	Obc. Oblicz.[kN/m²]
1	Blacha trapezowa	5	0,93	0,11	1,35	0,15
2	Łaty drewniane	6	5,5	0,04	1,35	0,053
3	Obciążenie więzara dachowego	-	-	1,284	1,35	1,733
4	Wełna mineralna	25	1,8	0,45	1,35	0,608
5	Sufit podwieszany	3	3,7	0,11	1,35	0,15
6	Fotowoltaika	-	-	0,11	1,35	0,15
					Σ	2,84

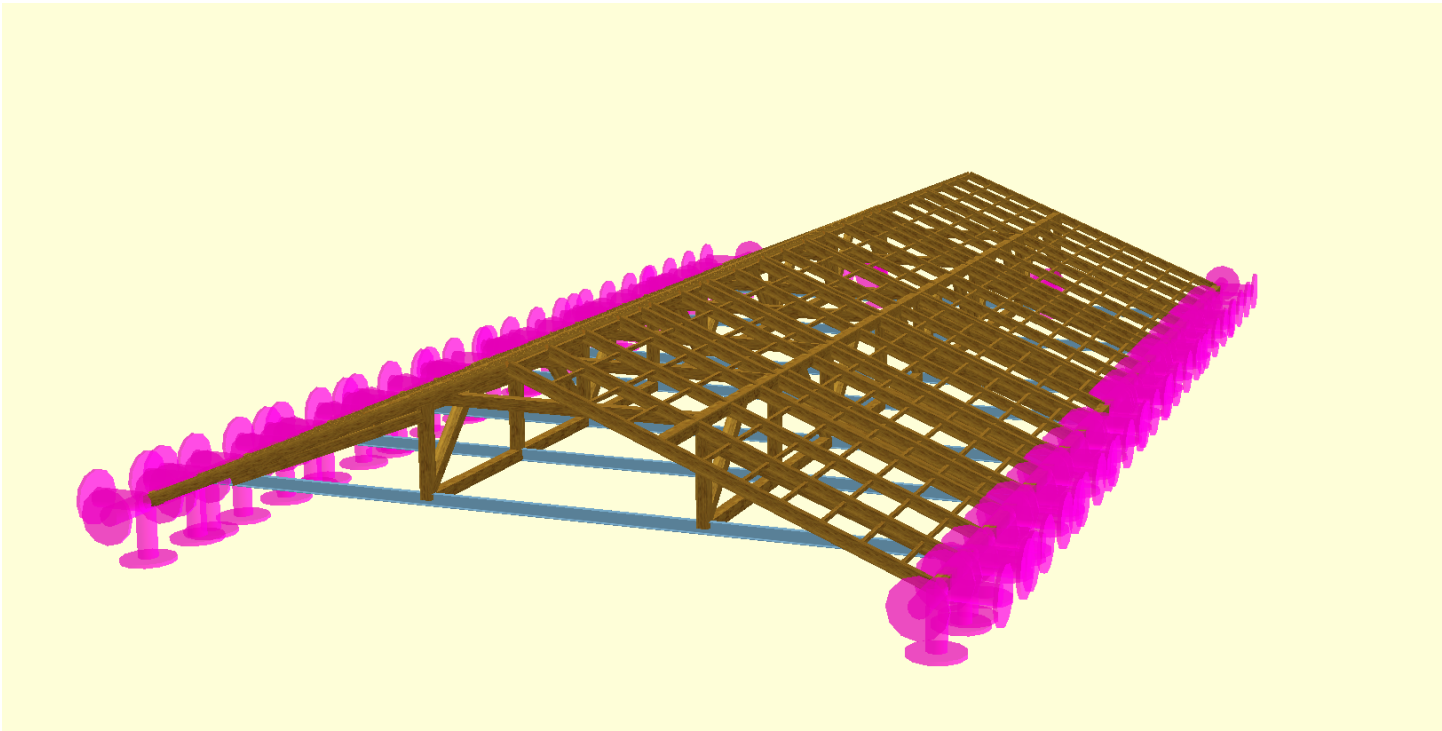
Zestawienie obciążeń zmiennych				
L.p.	Rodzaj obciążenia	Obc. Charakt. [kN/m²]	Wsp. obliczeniowy	Obc. Charakt. [kN/m²]
1	Parcie wiatru	0,92	1,5	1,38
2	Ssanie wiatru	-0,92	1,5	-1,38
3	Śnieg	0,72	1,5	1,08

#

#

#

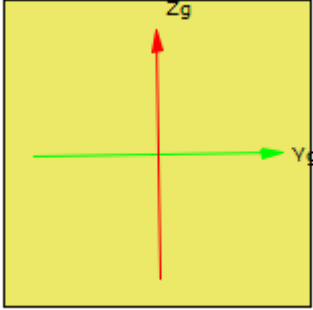
#



**Pozycja 2.1 Platew istniejąca - 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:	15x15	
	Długość pręta:	$L = 0.10 \text{ m}$	
	Pole przekroju:	$A = 225.00 \text{ cm}^2$	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 4218.75 \text{ cm}^4$	$J_z = 4218.75 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 562.50 \text{ cm}^3$	$W_z = 562.50 \text{ cm}^3$
	Momenty bezwładności na skręcanie:	$J_x = 7121.25 \text{ cm}^4$	
	Wskaźnik wytrzymałości na skręcanie:	$W_x = 703.33 \text{ cm}^3$	
	Promienie bezwładności:	$i_y = 4.33 \text{ cm}$	$i_z = 4.33 \text{ cm}$

Rodzaj drewna:	Lite
Klasa drewna:	C24
Wytrzymałość char. na zginanie:	14.000 MPa
Wytrzymałość char. na rozciąganie:	8.000 MPa
Wytrzymałość char. na ściskanie:	16.000 MPa
Wytrzymałość char. na ścinanie:	3.000 MPa
Moduł sprężystości:	7000.000 MPa
5% kwantyl modułu sprężystości	4700.000 MPa
Moduł odkształcenia:	440.000 MPa
Gęstość:	290.000 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:**

$$\frac{L}{n} = \frac{100.00}{250.00} = 0.400 [\text{cm}]$$

Współczynniki wybożenia:  $m_y = 1.00$

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

**Współczynniki zwiększające wytrzymałości charakterystyczne:**

na zginanie  $k_{h,m} = 1.25$  na rozciąganie  $k_{h,t} = 1.25$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 1 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

$$N = -1.03 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.29 \text{ kN}$$

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

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

$$M_y = 0.22 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot k_{h,m} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.049 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.22 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 10.368 [\text{MPa}]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 1.00 = 0.900 [\text{m}]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{0.90 \cdot 0.05 \cdot 14.00}{(0.78 \cdot 0.05^2 \cdot 4700.00)}} = 0.262$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętnej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{10.37}{1.00 \cdot 8.05} = 1.288 > 1$$

**Warunek przekroczony!!!**

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 2 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z lewej na dach

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

$$N = 0.44 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.26 \text{ kN}$$

$$T_z = -0.21 \text{ kN}$$

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

$$M_y = -0.04 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.05 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot k_{h,m} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.049 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td} = k_{mod} \cdot k_{h,t} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{8.00}{1.30} = 4.600 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.44 \cdot 10^{-3}}{25.00 \cdot 10^{-4}} = 0.177 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.04 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.680 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.05 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 2.208 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.60} + \frac{1.68}{8.05} + 0.70 \cdot \frac{2.21}{8.05} = 0.439 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.60} + 0.70 \cdot \frac{1.68}{8.05} + \frac{2.21}{8.05} = 0.459 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 1376**

**Punkt nr: 3 na przecie, położenie: 0.00 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

N = -1.03 kN

T<sub>y</sub> = 0.29 kN

T<sub>z</sub> = 1.27 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.22 kNm

M<sub>z</sub> = -0.03 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.29 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.257 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{1.27 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 1.138 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\left( \frac{\tau_{zd}}{f_{vd}} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{yd}}{f_{vd}} \right)^2 = \left( \frac{1.14}{1.38} \right)^2 + \left( \frac{0.26}{1.38} \right)^2 = 0.710 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 1376**

**Punkt nr: 4 na przecie, położenie: 0.00 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

N = -1.03 kN

T<sub>y</sub> = 0.29 kN

T<sub>z</sub> = 1.27 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.22 kNm

M<sub>z</sub> = -0.03 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.22 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 10.368 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.536 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{1.03 \cdot 10^{-3}}{25.00 \cdot 10^{-4}} = 0.412 [MPa]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{1.00}{14.43 \cdot 10^{-3}} = 69.282$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 4700.000}{69.282^2} = 9.664 [MPa]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:  
 $b_c = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{16.00}{9.66}} = 1.287$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.29 - 0.3) + 1.29^2 \right) = 1.426$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 1.43 + \sqrt{1.43^2 - 1.29^2} \right)} = 0.490$$

$$k_{cz} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.41}{0.49 \cdot 7.38} + 0.70 \cdot \frac{1.54}{8.05} + \frac{10.37}{8.05} = 1.536 > 1$$

**Warunek przekroczony!!!**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.41}{1.00 \cdot 7.38} + \frac{1.54}{8.05} + 0.70 \cdot \frac{10.37}{8.05} = 1.148 > 1$$

**Warunek przekroczony!!!**

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 5 na przecie, położenie: 0.00 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

$$N = -1.03 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.29 \text{ kN}$$

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

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

$$M_y = 0.22 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.29 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.257 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{1.27 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 1.138 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{26.05 \cdot 10^{-6}} = 0.038 [MPa]$$

**Skręcanie ze ścinaniem:**

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left( \frac{\tau_{max}}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0.04}{1.05 \cdot 1.38} + \left( \frac{1.14}{1.38} \right)^2 = 0.700 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 6 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = -1.03 kN

T<sub>y</sub> = 0.29 kN

T<sub>z</sub> = 1.27 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.22 kNm

M<sub>z</sub> = -0.03 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot k_{h,m} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.049 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{cdk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.22 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 10.368 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.536 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{1.03 \cdot 10^{-3}}{25.00 \cdot 10^{-4}} = 0.412 [MPa]$$

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



$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{1.54}{1.00 \cdot 8.05} \right)^2 + \frac{0.41}{0.49 \cdot 7.38} = 0.150 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{10.37}{1.00 \cdot 8.05} \right)^2 + \frac{0.41}{1.00 \cdot 7.38} = 1.715 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 7 na przecie, położenie: 0.50 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -1.03 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.03 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.07 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot k_{h,m} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.049 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.12 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 5.760 \text{ [MPa]}$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 1.00 = 0.900 \text{ [m]}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{0.90 \cdot 0.05 \cdot 14.00}{(0.78 \cdot 0.05^2 \cdot 4700.00)}} = 0.262$$

$$k_{crit} = 1.0$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{5.76}{1.00 \cdot 8.05} = 0.716 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 8 na przecie, położenie: 0.50 m**

wiatr z lewej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 0.44 \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot k_{h,m} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.049 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0d} = k_{mod} \cdot k_{h,t} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{8.00}{1.30} = 4.600 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.44 \cdot 10^{-3}}{25.00 \cdot 10^{-4}} = 0.177 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.02 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.056 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.02 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.152 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.60} + \frac{1.06}{8.05} + 0.70 \cdot \frac{1.15}{8.05} = 0.270 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.60} + 0.70 \cdot \frac{1.06}{8.05} + \frac{1.15}{8.05} = 0.273 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 9 na przecie, położenie: 0.50 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = -1.03 kN

T<sub>y</sub> = -0.03 kN

T<sub>z</sub> = 0.07 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.12 kNm

M<sub>z</sub> = 0.03 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.022 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.07 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.066 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{v,d}}\right)^2 = \left(\frac{0.07}{1.38}\right)^2 + \left(\frac{0.02}{1.38}\right)^2 = 0.003 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 10 na przecie, położenie: 0.50 m**

wiatr z prawej na dach

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

$$N = -1.03 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.03 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.07 \text{ kN}$$

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

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

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

#### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.12 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 5.760 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.632 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{1.03 \cdot 10^{-3}}{25.00 \cdot 10^{-4}} = 0.412 \text{ [MPa]}$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{1.00}{14.43 \cdot 10^{-3}} = 69.282$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 4700.000}{69.282^2} = 9.664 \text{ [MPa]}$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$$b_c = 0.20$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{16.00}{9.66}} = 1.287$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.29 - 0.3) + 1.29^2 \right) = 1.426$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 1.43 + \sqrt{1.43^2 - 1.29^2} \right)} = 0.490$$

$$k_{cz} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.41}{0.49 \cdot 7.38} + 0.70 \cdot \frac{1.63}{8.05} + \frac{5.76}{8.05} = 0.971 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.41}{1.00 \cdot 7.38} + \frac{1.63}{8.05} + 0.70 \cdot \frac{5.76}{8.05} = 0.759 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 11 na precie, położenie: 0.50 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

$$\begin{aligned} N &= -1.03 \text{ kN} & T_y &= -0.03 \text{ kN} & T_z &= 0.07 \text{ kN} \\ M_x &= 0.00 \text{ kNm} & M_y &= -0.12 \text{ kNm} & M_z &= 0.03 \text{ kNm} \end{aligned}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.022 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.07 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.066 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{26.05 \cdot 10^{-6}} = 0.038 \text{ [MPa]}$$

**Skręcanie ze ścinaniem:**

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{vd}} + \left( \frac{\tau_{max}}{f_{vd}} \right)^2 = \frac{0.04}{1.05 \cdot 1.38} + \left( \frac{0.07}{1.38} \right)^2 = 0.026 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 12 na przecie, położenie: 0.50 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

$$\begin{aligned} N &= -1.03 \text{ kN} & T_y &= -0.03 \text{ kN} & T_z &= 0.07 \text{ kN} \\ M_x &= 0.00 \text{ kNm} & M_y &= -0.12 \text{ kNm} & M_z &= 0.03 \text{ kNm} \end{aligned}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot k_{h,m} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.049 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{cdk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.12 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 5.760 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.632 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{1.03 \cdot 10^{-3}}{25.00 \cdot 10^{-4}} = 0.412 [MPa]$$

Zginanie ze ściskaniem przy uwzględnieniu stateczności i wyboczenia:

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{1.63}{1.00 \cdot 8.05} \right)^2 + \frac{0.41}{0.49 \cdot 7.38} = 0.155 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{5.76}{1.00 \cdot 8.05} \right)^2 + \frac{0.41}{1.00 \cdot 7.38} = 0.568 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 13 na przecie, położenie: 0.53 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -1.03 kN	T <sub>y</sub> = -0.04 kN	T <sub>z</sub> = -0.00 kN
M <sub>x</sub> = 0.00 kNm	M <sub>y</sub> = -0.12 kNm	M <sub>z</sub> = 0.03 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_{h,m} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.049 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.12 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 5.856 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 1.00 = 0.900 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{0.90 \cdot 0.05 \cdot 14.00}{(0.78 \cdot 0.05^2 \cdot 4700.00)}} = 0.262$$

$$k_{crit} = 1.0$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{5.86}{1.00 \cdot 8.05} = 0.728 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 14 na przecie, położenie: 0.53 m**

wiatr z lewej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = 0.44 kN	T <sub>y</sub> = 0.00 kN	T <sub>z</sub> = -0.01 kN
M <sub>x</sub> = 0.00 kNm	M <sub>y</sub> = 0.02 kNm	M <sub>z</sub> = -0.02 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot k_{h,m} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.049 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td} = k_{mod} \cdot k_{h,t} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{8.00}{1.30} = 4.600 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.44 \cdot 10^{-3}}{25.00 \cdot 10^{-4}} = 0.177 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.02 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.104 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.02 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.152 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.60} + \frac{1.10}{8.05} + 0.70 \cdot \frac{1.15}{8.05} = 0.276 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.60} + 0.70 \cdot \frac{1.10}{8.05} + \frac{1.15}{8.05} = 0.278 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 15 na przecie, położenie: 0.53 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = -1.03 kN

T<sub>y</sub> = -0.04 kN

T<sub>z</sub> = -0.00 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.12 kNm

M<sub>z</sub> = 0.03 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.12 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 5.856 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.584 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,d} = \frac{N}{A} = \frac{1.03 \cdot 10^{-3}}{25.00 \cdot 10^{-4}} = 0.412 [MPa]$$

Smukłości wybocheniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{1.00}{14.43 \cdot 10^{-3}} = 69.282$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 4700.000}{69.282^2} = 9.664 [MPa]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

$b_c = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{16.00}{9.66}} = 1.287$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.29 - 0.3) + 1.29^2 \right) = 1.426$$

Współczynniki wybożenia:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 1.43 + \sqrt{1.43^2 - 1.29^2} \right)} = 0.490$$

$$k_{cz} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.41}{0.49 \cdot 7.38} + 0.70 \cdot \frac{1.58}{8.05} + \frac{5.86}{8.05} = 0.979 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.41}{1.00 \cdot 7.38} + \frac{1.58}{8.05} + 0.70 \cdot \frac{5.86}{8.05} = 0.762 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 16 na przecie, położenie: 0.53 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$N = -1.03 \text{ kN}$

$T_y = -0.04 \text{ kN}$

$T_z = -0.00 \text{ kN}$

$M_x = 0.00 \text{ kNm}$

$M_y = -0.12 \text{ kNm}$

$M_z = 0.03 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.04 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.040 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.002 [MPa]$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{v,d}}\right)^2 = \left(\frac{0.00}{1.38}\right)^2 + \left(\frac{0.04}{1.38}\right)^2 = 0.001 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 17 na przecie, położenie: 0.53 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -1.03 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.04 \text{ kN}$$

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

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.04 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.040 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.002 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{26.05 \cdot 10^{-6}} = 0.038 \text{ [MPa]}$$

Skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{max}}{f_{v,d}}\right)^2 = \frac{0.04}{1.05 \cdot 1.38} + \left(\frac{0.04}{1.38}\right)^2 = 0.025 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 18 na przecie, położenie: 0.53 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -1.03 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.04 \text{ kN}$$

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

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot k_{h,m} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.049 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{cdk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:



$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.12 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 5.856 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.584 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{1.03 \cdot 10^{-3}}{25.00 \cdot 10^{-4}} = 0.412 [MPa]$$

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

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{1.58}{1.00 \cdot 8.05} \right)^2 + \frac{0.41}{0.49 \cdot 7.38} = 0.153 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{5.86}{1.00 \cdot 8.05} \right)^2 + \frac{0.41}{1.00 \cdot 7.38} = 0.585 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 19 na przecie, położenie: 0.55 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = -1.03 kN

T<sub>y</sub> = -0.06 kN

T<sub>z</sub> = -0.04 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.12 kNm

M<sub>z</sub> = 0.03 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot k_{h,m} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.049 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.12 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 5.808 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 1.00 = 0.900 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{0.90 \cdot 0.05 \cdot 14.00}{(0.78 \cdot 0.05^2 \cdot 4700.00)}} = 0.262$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{5.81}{1.00 \cdot 8.05} = 0.722 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 20 na przecie, położenie: 0.55 m**

wiatr z lewej na dach

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

$$N = 0.44 \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot k_{h,m} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.049 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td} = k_{mod} \cdot k_{h,t} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{8.00}{1.30} = 4.600 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.44 \cdot 10^{-3}}{25.00 \cdot 10^{-4}} = 0.177 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.02 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.104 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.02 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.152 [\text{MPa}]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.60} + \frac{1.10}{8.05} + 0.70 \cdot \frac{1.15}{8.05} = 0.276 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.60} + 0.70 \cdot \frac{1.10}{8.05} + \frac{1.15}{8.05} = 0.278 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 21 na przecie, położenie: 0.55 m**

wiatr z lewej na dach

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

$$N = 0.44 \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.008 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.000 [MPa]$$

Ścinanie:

$$\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} = \frac{0.01}{1.38} = 0.006 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 1376**

**Punkt nr: 22 na przecie, położenie: 0.55 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

$N = -1.03 \text{ kN}$

$T_y = -0.06 \text{ kN}$

$T_z = -0.04 \text{ kN}$

$M_x = 0.00 \text{ kNm}$

$M_y = -0.12 \text{ kNm}$

$M_z = 0.03 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.12 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 5.808 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.536 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{1.03 \cdot 10^{-3}}{25.00 \cdot 10^{-4}} = 0.412 [MPa]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{1.00}{14.43 \cdot 10^{-3}} = 69.282$$

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 4700.000}{69.282^2} = 9.664 [MPa]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcających:

$b_c = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{16.00}{9.66}} = 1.287$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.29 - 0.3) + 1.29^2 \right) = 1.426$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{l}{\left(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}\right)} = \frac{l}{\left(1.43 + \sqrt{1.43^2 - 1.29^2}\right)} = 0.490$$

$$k_{cz} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.41}{0.49 \cdot 7.38} + 0.70 \cdot \frac{1.54}{8.05} + \frac{5.81}{8.05} = 0.969 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.41}{1.00 \cdot 7.38} + \frac{1.54}{8.05} + 0.70 \cdot \frac{5.81}{8.05} = 0.752 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 23 na przecie, położenie: 0.55 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -1.03 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.06 \text{ kN}$$

$$T_z = -0.04 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.06 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.049 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.04 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.036 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{26.05 \cdot 10^{-6}} = 0.038 \text{ [MPa]}$$

**Skręcanie ze ścinaniem:**

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{max}}{f_{v,d}}\right)^2 = \frac{0.04}{1.05 \cdot 1.38} + \left(\frac{0.05}{1.38}\right)^2 = 0.025 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 24 na przecie, położenie: 0.55 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -1.03 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.06 \text{ kN}$$

$$T_z = -0.04 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot k_{h,m} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.049 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.12 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 5.808 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.536 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{1.03 \cdot 10^{-3}}{25.00 \cdot 10^{-4}} = 0.412 [MPa]$$

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

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{1.54}{1.00 \cdot 8.05} \right)^2 + \frac{0.41}{0.49 \cdot 7.38} = 0.150 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{5.81}{1.00 \cdot 8.05} \right)^2 + \frac{0.41}{1.00 \cdot 7.38} = 0.576 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 25 na przecie, położenie: 1.00 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

N = -1.03 kN

T<sub>y</sub> = -0.34 kN

T<sub>z</sub> = -1.12 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.14 kNm

M<sub>z</sub> = -0.06 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot k_{h,m} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.049 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.14 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 6.768 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 1.00 = 0.900 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{0.90 \cdot 0.05 \cdot 14.00}{(0.78 \cdot 0.05^2 \cdot 4700.00)}} = 0.262$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętnej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{6.77}{1.00 \cdot 8.05} = 0.841 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 26 na przecie, położenie: 1.00 m**

wiatr z lewej na dach

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

$$N = 0.44 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.23 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.18 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_{h,m} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.049 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0,d} = k_{mod} \cdot k_{h,t} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{8.00}{1.30} = 4.600 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.44 \cdot 10^{-3}}{25.00 \cdot 10^{-4}} = 0.177 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.02 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 0.816 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 1.488 [\text{MPa}]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.60} + \frac{0.82}{8.05} + 0.70 \cdot \frac{1.49}{8.05} = 0.269 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.60} + 0.70 \cdot \frac{0.82}{8.05} + \frac{1.49}{8.05} = 0.294 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 27 na przecie, położenie: 1.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

$$N = -1.03 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.34 \text{ kN}$$

$$T_z = -1.12 \text{ kN}$$

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

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

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.34 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.303 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{1.12 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 1.003 [\text{MPa}]$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{v,d}}\right)^2 = \left(\frac{1.00}{1.38}\right)^2 + \left(\frac{0.30}{1.38}\right)^2 = 0.573 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 28 na przecie, położenie: 1.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = -1.03 kN

T<sub>y</sub> = -0.34 kN

T<sub>z</sub> = -1.12 kN

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

M<sub>y</sub> = 0.14 kNm

M<sub>z</sub> = -0.06 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.14 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 6.768 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.06 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 2.736 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{1.03 \cdot 10^{-3}}{25.00 \cdot 10^{-4}} = 0.412 [\text{MPa}]$$

Smukłości wybozeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{1.00}{14.43 \cdot 10^{-3}} = 69.282$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 4700.000}{69.282^2} = 9.664 [\text{MPa}]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:

b<sub>c</sub> = 0.20

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{ck}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{16.00}{9.66}} = 1.287$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_C \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (1.29 - 0.3) + 1.29^2 \right) = 1.426$$

Współczynniki wybożenia:

$$k_{cy} = \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{1}{\left( 1.43 + \sqrt{1.43^2 - 1.29^2} \right)} = 0.490$$

$$k_{cz} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.41}{0.49 \cdot 7.38} + 0.70 \cdot \frac{2.74}{8.05} + \frac{6.77}{8.05} = 1.193 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0.41}{1.00 \cdot 7.38} + \frac{2.74}{8.05} + 0.70 \cdot \frac{6.77}{8.05} = 0.984 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 29 na przecie, położenie: 1.00 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -1.03 kN	T <sub>y</sub> = -0.34 kN	T <sub>z</sub> = -1.12 kN
M <sub>x</sub> = 0.00 kNm	M <sub>y</sub> = 0.14 kNm	M <sub>z</sub> = -0.06 kNm

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.34 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 0.303 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{1.12 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 25.00 \cdot 10^{-4})} = 1.003 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{26.05 \cdot 10^{-6}} = 0.038 [MPa]$$

Skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left( \frac{\tau_{max}}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0.04}{1.05 \cdot 1.38} + \left( \frac{1.00}{1.38} \right)^2 = 0.549 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 1376**

**Punkt nr: 30 na przecie, położenie: 1.00 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -1.03 kN	T <sub>y</sub> = -0.34 kN	T <sub>z</sub> = -1.12 kN
M <sub>x</sub> = 0.00 kNm	M <sub>y</sub> = 0.14 kNm	M <sub>z</sub> = -0.06 kNm



### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot k_{h,m} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.25 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 8.049 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.14 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 6.768 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.06 \cdot 10^{-3}}{20.83 \cdot 10^{-6}} = 2.736 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{1.03 \cdot 10^{-3}}{25.00 \cdot 10^{-4}} = 0.412 [MPa]$$

Zginanie ze ściskaniem przy uwzględnieniu stateczności i wyboczenia:

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{2.74}{1.00 \cdot 8.05} \right)^2 + \frac{0.41}{0.49 \cdot 7.38} = 0.229 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{6.77}{1.00 \cdot 8.05} \right)^2 + \frac{0.41}{1.00 \cdot 7.38} = 0.763 \leq 1$$

### Wyniki obwiedni przemieszczeń:

Położenie: x = 0.50 [m]

#### Śnieg z wiatrem z prawej

$u_{inst,G(y)}$  - 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

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

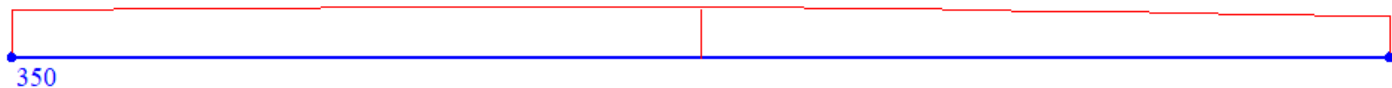
$$n_2 = 1 + j_2 \cdot k_{def}$$

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

Nazwa grupy obciążeń(wsp.)	$u_y[cm]$	$u_z[cm]$	$k_{def}$	$j_0$	$j_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$
Ciążar własny	0.02	-0.06	0.80	0.8	-	1.80	-	-
sufit podwieszany	-	-0.02	0.80	0.8	-	1.80	-	-
śnieg	0.05	-0.20	0.80	0.5	0.0	-	-	0.50
wiatr z prawej na dach	0.30	-0.74	0.80	0.6	0.0	-	1.00	-
użytkowe	0.04	-0.14	0.80	0.7	0.3	-	-	0.94

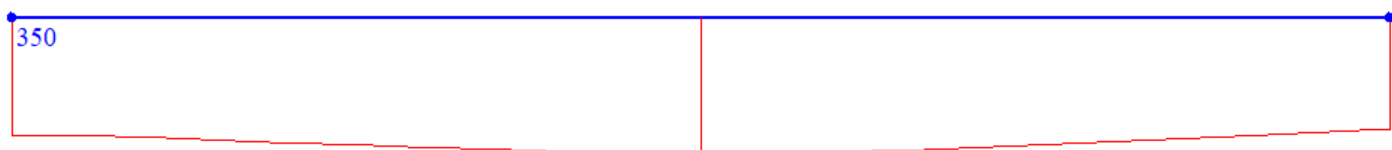
$$u_y = \sum u_{y,inst,G} \cdot n_1 + u_{y,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{y,inst,Q} \cdot n_3 = 0.418 [cm]$$

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



$$u_z = \sum u_{z,inst,G} \cdot n_1 + u_{z,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{z,inst,Q} \cdot n_3 = -1.124 [cm]$$

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



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|0.418|^2 + |-1.124|^2} = 1.20 > 0.400 [cm]$$

Warunek przekroczony!!!

#### Wyniki ugięcia względnego:

Położenie: x = 0.50 [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.)	$u_y[cm]$	$u_z[cm]$	$k_{def}$	$j_0$	$j_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$
sufit podwieszany	0.01	-0.02	0.80	0.8	-	1.80	-	-
Ciężar własny	0.02	-0.06	0.80	0.8	-	1.80	-	-
użytkowe	0.04	-0.14	0.80	0.7	0.3	-	-	0.94
wiatr z prawej na dach	0.30	-0.74	0.80	0.6	0.0	-	1.00	-
śnieg	0.05	-0.20	0.80	0.5	0.0	-	-	0.50

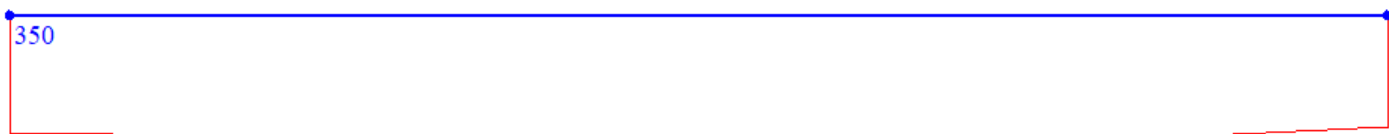
$$u_y = \sum u_{y,inst,G} \cdot n_1 + u_{y,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{y,inst,Q} \cdot n_3 = 0.418 [cm]$$

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



$$u_z = \sum u_{z,inst,G} \cdot n_1 + u_{z,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{z,inst,Q} \cdot n_3 = -1.124 [cm]$$

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



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|0.418|^2 + |-1.124|^2} = 1.199 [cm]$$

$$u_b = \sqrt{u_{by}^2 + u_{bz}^2} = \sqrt{|0.347|^2 + |-0.954|^2} = 1.015 [cm]$$

$$\Delta u_z = u_z - u_{bz} = 0.170 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \Delta u_z = 0.170 \leq 0.400 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

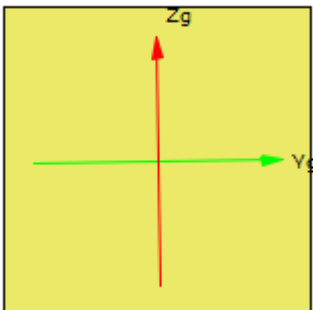
$$\Delta d = |d_n - d| = |0.992 - 1.054| = 0.062 [cm]$$

#

## 2.2. Słup istniejący - 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:	15x15	
	Długość pręta:	$L = 0.10 \text{ m}$	
	Pole przekroju:	$A = 225.00 \text{ cm}^2$	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 4218.75 \text{ cm}^4$	$J_z = 4218.75 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 562.50 \text{ cm}^3$	$W_z = 562.50 \text{ cm}^3$
	Momenty bezwładności na skręcanie:	$J_x = 7121.25 \text{ cm}^4$	
	Wskaźnik wytrzymałości na skręcanie:	$W_x = 703.33 \text{ cm}^3$	
	Promienie bezwładności:	$i_y = 4.33 \text{ cm}$	$i_z = 4.33 \text{ cm}$

Rodzaj drewna:	Lite
Klasa drewna:	C24
Wytrzymałość char. na zginanie:	14.000 MPa
Wytrzymałość char. na rozciąganie:	8.000 MPa
Wytrzymałość char. na ściskanie:	16.000 MPa
Wytrzymałość char. na ścinanie:	3.000 MPa
Moduł sprężystości:	7000.000 MPa
5% kwantyl modułu sprężystości	4700.000 MPa
Moduł odkształcenia:	440.000 MPa
Gęstość:	290.000 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:

$$\frac{L}{n} = \frac{10.00}{250.00} = 0.040 [\text{cm}]$$

Współczynniki wybożenia:  $m_y = 1.00$

Długości wybożeniowe:  $L_{c,y} = m_y \cdot L = 1.00 \cdot 0.10 = 0.10 [\text{m}]$

### Element prosty, nr pręta: 246

### Punkt nr: 1 na przecie, położenie: 0.00 m

wiatr z prawej na dach

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

$$N = -23.18 \text{ kN}$$

$$T_y = 15.08 \text{ kN}$$

$$T_z = -1.09 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.32 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.52 \text{ kNm}$$

$$M_z = 2.15 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{2.15 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 3.819 \text{ [MPa]}$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 0.10 = 0.090 \text{ [m]}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot b \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot h^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{0.09 \cdot 0.15 \cdot 14.00}{(0.78 \cdot 0.15^2 \cdot 4700.00)}} = 0.048$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{3.82}{1.00 \cdot 6.46} = 0.591 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 246**

**Punkt nr: 2 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z lewej na dach

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

$$N = 6.66 \text{ kN}$$

$$T_y = -6.96 \text{ kN}$$

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

$$M_x = -0.07 \text{ kNm}$$

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

$$M_z = 0.25 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{td} = k_{mod} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{8.00}{1.30} = 3.692 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,d} = \frac{N}{A} = \frac{6.66 \cdot 10^{-3}}{225.00 \cdot 10^{-4}} = 0.296 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.14 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 0.258 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.25 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 0.441 [MPa]$$

Zginanie z rozciąganiem:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.30}{3.69} + \frac{0.26}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{0.44}{6.46} = 0.168 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.30}{3.69} + 0.70 \cdot \frac{0.26}{6.46} + \frac{0.44}{6.46} = 0.176 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 246**

**Punkt nr: 3 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -23.18 kN

T<sub>y</sub> = 15.08 kN

T<sub>z</sub> = -1.09 kN

M<sub>x</sub> = 0.32 kNm

M<sub>y</sub> = -0.52 kNm

M<sub>z</sub> = 2.15 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{15.08 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 225.00 \cdot 10^{-4})} = 1.500 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{1.09 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 225.00 \cdot 10^{-4})} = 0.108 [MPa]$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{v,d}}\right)^2 = \left(\frac{0.11}{1.38}\right)^2 + \left(\frac{1.50}{1.38}\right)^2 = 1.180 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

**Element prosty, nr preta: 246**

**Punkt nr: 4 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -23.18 kN

T<sub>y</sub> = 15.08 kN

T<sub>z</sub> = -1.09 kN

M<sub>x</sub> = 0.32 kNm

M<sub>y</sub> = -0.52 kNm

M<sub>z</sub> = 2.15 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{15.08 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 225.00 \cdot 10^{-4})} = 1.500 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{1.09 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 225.00 \cdot 10^{-4})} = 0.108 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.32 \cdot 10^{-3}}{703.33 \cdot 10^{-6}} = 0.454 [MPa]$$

Skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left( \frac{\tau_{max}}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0.45}{1.05 \cdot 1.38} + \left( \frac{1.50}{1.38} \right)^2 = 1.459 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

**Element prosty, nr preta: 246**

**Punkt nr: 5 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -23.18 kN

T<sub>y</sub> = 15.08 kN

T<sub>z</sub> = -1.09 kN

M<sub>x</sub> = 0.32 kNm

M<sub>y</sub> = -0.52 kNm

M<sub>z</sub> = 2.15 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.52 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 0.926 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{2.15 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 3.819 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{23.18 \cdot 10^{-3}}{225.00 \cdot 10^{-4}} = 1.030 [MPa]$$

**Zginanie ze ściskaniem:**

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{1.03}{7.38} \right)^2 + \frac{0.93}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{3.82}{6.46} = 0.576 \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{1.03}{7.38}\right)^2 + 0.70 \cdot \frac{0.93}{6.46} + \frac{3.82}{6.46} = 0.711 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 246**

**Punkt nr: 6 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

$N = -23.18 \text{ kN}$

$T_y = 15.08 \text{ kN}$

$T_z = -1.09 \text{ kN}$

$M_x = 0.32 \text{ kNm}$

$M_y = -0.52 \text{ kNm}$

$M_z = 2.15 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.52 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 0.926 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{2.15 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 3.819 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{23.18 \cdot 10^{-3}}{225.00 \cdot 10^{-4}} = 1.030 \text{ [MPa]}$$

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

$$\left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left(\frac{3.82}{1.00 \cdot 6.46}\right)^2 + \frac{1.03}{1.00 \cdot 7.38} = 0.489 \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left(\frac{0.93}{1.00 \cdot 6.46}\right)^2 + \frac{1.03}{1.00 \cdot 7.38} = 0.160 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 246**

**Punkt nr: 7 na przecie, położenie: 0.05 m**

wiatr z prawej na dach

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

$N = -23.17 \text{ kN}$

$T_y = 15.08 \text{ kN}$

$T_z = -1.09 \text{ kN}$

$M_x = 0.32 \text{ kNm}$

$M_y = -0.47 \text{ kNm}$

$M_z = 2.90 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:



$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{2.90 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 5.159 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 0.10 = 0.090 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot b \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot h^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{0.09 \cdot 0.15 \cdot 14.00}{(0.78 \cdot 0.15^2 \cdot 4700.00)}} = 0.048$$

$$k_{crit} = 1.0$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{5.16}{1.00 \cdot 6.46} = 0.798 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 246**

**Punkt nr: 8 na przecie, położenie: 0.05 m**

wiatr z lewej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 6.67 \text{ kN}$$

$$T_y = -6.96 \text{ kN}$$

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

$$M_x = -0.07 \text{ kNm}$$

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

$$M_z = -0.10 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{8.00}{1.30} = 3.692 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{6.67 \cdot 10^{-3}}{225.00 \cdot 10^{-4}} = 0.296 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.14 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 0.240 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.10 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 0.178 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.30}{3.69} + \frac{0.24}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{0.18}{6.46} = 0.137 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.30}{3.69} + 0.70 \cdot \frac{0.24}{6.46} + \frac{0.18}{6.46} = 0.134 \leq 1$$

**Element prosty, nr pręta: 246**

**Punkt nr: 9 na przecie, położenie: 0.05 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = -23.17 kN

T<sub>y</sub> = 15.08 kN

T<sub>z</sub> = -1.09 kN

M<sub>x</sub> = 0.32 kNm

M<sub>y</sub> = -0.47 kNm

M<sub>z</sub> = 2.90 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{15.08 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 225.00 \cdot 10^{-4})} = 1.500 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{1.09 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 225.00 \cdot 10^{-4})} = 0.108 [MPa]$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{vd}}\right)^2 = \left(\frac{0.11}{1.38}\right)^2 + \left(\frac{1.50}{1.38}\right)^2 = 1.180 > 1$$

**Warunek przekroczony!!!**

**Element prosty, nr pręta: 246**

**Punkt nr: 10 na przecie, położenie: 0.05 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = -23.17 kN

T<sub>y</sub> = 15.08 kN

T<sub>z</sub> = -1.09 kN

M<sub>x</sub> = 0.32 kNm

M<sub>y</sub> = -0.47 kNm

M<sub>z</sub> = 2.90 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{15.08 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 225.00 \cdot 10^{-4})} = 1.500 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{1.09 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 225.00 \cdot 10^{-4})} = 0.108 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.32 \cdot 10^{-3}}{703.33 \cdot 10^{-6}} = 0.454 [MPa]$$

Skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left( \frac{\tau_{max}}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0.45}{1.05 \cdot 1.38} + \left( \frac{1.50}{1.38} \right)^2 = 1.459 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

**Element prosty, nr preta: 246**

**Punkt nr: 11 na przecie, położenie: 0.05 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -23.17 kN

T<sub>y</sub> = 15.08 kN

T<sub>z</sub> = -1.09 kN

M<sub>x</sub> = 0.32 kNm

M<sub>y</sub> = -0.47 kNm

M<sub>z</sub> = 2.90 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{cdk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.47 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 0.828 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{2.90 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 5.159 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{23.17 \cdot 10^{-3}}{225.00 \cdot 10^{-4}} = 1.030 [MPa]$$

**Zginanie ze ściskaniem:**

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{1.03}{7.38} \right)^2 + \frac{0.83}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{5.16}{6.46} = 0.707 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{1.03}{7.38} \right)^2 + 0.70 \cdot \frac{0.83}{6.46} + \frac{5.16}{6.46} = 0.908 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 246**

**Punkt nr: 12 na przecie, położenie: 0.05 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -23.17 kN

T<sub>y</sub> = 15.08 kN

T<sub>z</sub> = -1.09 kN

M<sub>x</sub> = 0.32 kNm

M<sub>y</sub> = -0.47 kNm

M<sub>z</sub> = 2.90 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.47 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 0.828 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{2.90 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 5.159 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{23.17 \cdot 10^{-3}}{225.00 \cdot 10^{-4}} = 1.030 [MPa]$$

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

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{5.16}{1.00 \cdot 6.46} \right)^2 + \frac{1.03}{1.00 \cdot 7.38} = 0.777 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.83}{1.00 \cdot 6.46} \right)^2 + \frac{1.03}{1.00 \cdot 7.38} = 0.156 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 246**

**Punkt nr: 13 na przecie, położenie: 0.10 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = -23.16 kN

T<sub>y</sub> = 15.08 kN

T<sub>z</sub> = -1.09 kN

M<sub>x</sub> = 0.32 kNm

M<sub>y</sub> = -0.41 kNm

M<sub>z</sub> = 3.66 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{3.66 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 6.500 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 0.10 = 0.090 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot b \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot h^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{0.09 \cdot 0.15 \cdot 14.00}{(0.78 \cdot 0.15^2 \cdot 4700.00)}} = 0.048$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{6.50}{1.00 \cdot 6.46} = 1.006 > 1$$

**Warunek przekroczony!!!**

**Element prosty, nr preta: 246**

**Punkt nr: 14 na przecie, położenie: 0.10 m**

**wiatr z lewej na dach**

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

$N = 6.68 \text{ kN}$	$T_y = -6.96 \text{ kN}$	$T_z = 0.19 \text{ kN}$
$M_x = -0.07 \text{ kNm}$	$M_y = 0.13 \text{ kNm}$	$M_z = -0.45 \text{ kNm}$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [\text{MPa}]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{8.00}{1.30} = 3.692 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{6.68 \cdot 10^{-3}}{225.00 \cdot 10^{-4}} = 0.297 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.13 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 0.224 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.45 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 0.796 [\text{MPa}]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.30}{3.69} + \frac{0.22}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{0.80}{6.46} = 0.201 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.30}{3.69} + 0.70 \cdot \frac{0.22}{6.46} + \frac{0.80}{6.46} = 0.228 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 246**

**Punkt nr: 15 na przecie, położenie: 0.10 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

$N = -23.16 \text{ kN}$	$T_y = 15.08 \text{ kN}$	$T_z = -1.09 \text{ kN}$
-------------------------	--------------------------	--------------------------

$$M_x = 0.32 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.41 \text{ kNm}$$

$$M_z = 3.66 \text{ kNm}$$

#### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{15.08 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 225.00 \cdot 10^{-4})} = 1.500 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{1.09 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 225.00 \cdot 10^{-4})} = 0.108 [\text{MPa}]$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{v,d}}\right)^2 = \left(\frac{0.11}{1.38}\right)^2 + \left(\frac{1.50}{1.38}\right)^2 = 1.180 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

**Element prosty, nr pręta: 246**

**Punkt nr: 16 na przecie, położenie: 0.10 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -23.16 \text{ kN}$$

$$T_y = 15.08 \text{ kN}$$

$$T_z = -1.09 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.32 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.41 \text{ kNm}$$

$$M_z = 3.66 \text{ kNm}$$

#### Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{15.08 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 225.00 \cdot 10^{-4})} = 1.500 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{1.09 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 225.00 \cdot 10^{-4})} = 0.108 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.32 \cdot 10^{-3}}{703.33 \cdot 10^{-6}} = 0.454 [\text{MPa}]$$

Skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{max}}{f_{v,d}}\right)^2 = \frac{0.45}{1.05 \cdot 1.38} + \left(\frac{1.50}{1.38}\right)^2 = 1.459 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

**Element prosty, nr pręta: 246**

**Punkt nr: 17 na przecie, położenie: 0.10 m**

wiatr z prawej na dach

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

$$N = -23.16 \text{ kN}$$

$$T_y = 15.08 \text{ kN}$$

$$T_z = -1.09 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.32 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.41 \text{ kNm}$$

$$M_z = 3.66 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.41 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 0.732 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{3.66 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 6.500 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{23.16 \cdot 10^{-3}}{225.00 \cdot 10^{-4}} = 1.030 \text{ [MPa]}$$

**Zginanie ze ściskaniem:**

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{1.03}{7.38} \right)^2 + \frac{0.73}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{6.50}{6.46} = 0.837 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{1.03}{7.38} \right)^2 + 0.70 \cdot \frac{0.73}{6.46} + \frac{6.50}{6.46} = 1.105 > 1$$

**Warunek przekroczony!!!**

**Element prosty, nr preta: 246**

**Punkt nr: 18 na przecie, położenie: 0.10 m**

wiatr z prawej na dach

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

$$N = -23.16 \text{ kN}$$

$$T_y = 15.08 \text{ kN}$$

$$T_z = -1.09 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.32 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.41 \text{ kNm}$$

$$M_z = 3.66 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.41 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 0.732 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{3.66 \cdot 10^{-3}}{562.50 \cdot 10^{-6}} = 6.500 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{23.16 \cdot 10^{-3}}{225.00 \cdot 10^{-4}} = 1.030 [MPa]$$

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

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{6.50}{1.00 \cdot 6.46} \right)^2 + \frac{1.03}{1.00 \cdot 7.38} = 1.151 > 1$$

**Warunek przekroczony!!!**

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.73}{1.00 \cdot 6.46} \right)^2 + \frac{1.03}{1.00 \cdot 7.38} = 0.152 \leq 1$$

**Wyniki obwiedni przemieszczeń:**

Brak ugięcia.

**Wyniki ugięcia względnego:**

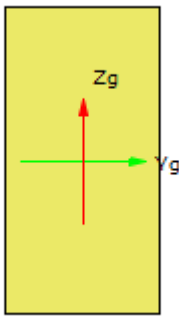
Brak ugięcia względnego#



**Pozycja 2.3. Krokiew – istniejąca - 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:	16x8	
	Długość pręta:	$L = 0.50 \text{ m}$	
	Pole przekroju:	$A = 128.00 \text{ cm}^2$	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 2730.67 \text{ cm}^4$	$J_z = 682.67 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 341.33 \text{ cm}^3$	$W_z = 170.67 \text{ cm}^3$
	Momenty bezwładności na skręcanie:	$J_x = 1874.94 \text{ cm}^4$	
	Wskaźnik wytrzymałości na skręcanie:	$W_x = 252.61 \text{ cm}^3$	
	Promienie bezwładności:	$i_y = 4.62 \text{ cm}$	$i_z = 2.31 \text{ cm}$

Rodzaj drewna:	Lite
Klasa drewna:	C24
Wytrzymałość char. na zginanie:	14.000 MPa
Wytrzymałość char. na rozciąganie:	8.000 MPa
Wytrzymałość char. na ściskanie:	16.000 MPa
Wytrzymałość char. na ścinanie:	3.000 MPa
Moduł sprężystości:	7000.000 MPa
5% kwantyl modułu sprężystości	4700.000 MPa
Moduł odkształcenia:	440.000 MPa
Gęstość:	290.000 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:**

$$\frac{L}{n} = \frac{50.00}{250.00} = 0.200 [\text{cm}]$$

Współczynniki wybożenia:  $m_y = 1.00$

Długości wybożeniowe:  $L_{c,y} = m_y \cdot L = 1.00 \cdot 0.50 = 0.50 [\text{m}]$

**Współczynniki zwiększające wytrzymałości charakterystyczne:**

na rozciąganie  $k_{h,t} = 1.13$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 1 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

$$N = 2.28 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.82 \text{ kN}$$

$$T_z = 5.64 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.01 \text{ kNm}$$

$$M_y = 2.71 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.38 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.71 \cdot 10^{-3}}{341.33 \cdot 10^{-6}} = 7.931 \text{ [MPa]}$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 0.50 = 0.450 \text{ [m]}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{0.45 \cdot 0.16 \cdot 14.00}{(0.78 \cdot 0.08^2 \cdot 4700.00)}} = 0.207$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{7.93}{1.00 \cdot 6.46} = 1.227 > 1$$

**Warunek przekroczony!!!**

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 2 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

$$N = 2.28 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.82 \text{ kN}$$

$$T_z = 5.64 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.01 \text{ kNm}$$

$$M_y = 2.71 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.38 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0,d} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.13 \cdot \frac{8.00}{1.30} = 4.187 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.28 \cdot 10^{-3}}{128.00 \cdot 10^{-4}} = 0.178 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2.71 \cdot 10^{-3}}{341.33 \cdot 10^{-6}} = 7.931 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.38 \cdot 10^{-3}}{170.67 \cdot 10^{-6}} = 2.227 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.19} + \frac{7.93}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{2.23}{6.46} = 1.511 > 1$$

**Warunek przekroczony!!!**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.19} + 0.70 \cdot \frac{7.93}{6.46} + \frac{2.23}{6.46} = 1.246 > 1$$

**Warunek przekroczony!!!**

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 3 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 2.28 kN

T<sub>y</sub> = 0.82 kN

T<sub>z</sub> = 5.64 kN

M<sub>x</sub> = 0.01 kNm

M<sub>y</sub> = 2.71 kNm

M<sub>z</sub> = -0.38 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.82 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 128.00 \cdot 10^{-4})} = 0.143 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{5.64 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 128.00 \cdot 10^{-4})} = 0.987 [MPa]$$

**Ścinanie:**

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{vd}}\right)^2 = \left(\frac{0.99}{1.38}\right)^2 + \left(\frac{0.14}{1.38}\right)^2 = 0.519 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 4 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 2.28 kN

T<sub>y</sub> = 0.82 kN

T<sub>z</sub> = 5.64 kN

M<sub>x</sub> = 0.01 kNm

M<sub>y</sub> = 2.71 kNm

M<sub>z</sub> = -0.38 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.82 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 128.00 \cdot 10^{-4})} = 0.143 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{5.64 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 128.00 \cdot 10^{-4})} = 0.987 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{252.61 \cdot 10^{-6}} = 0.028 [MPa]$$

**Skręcanie ze ścinaniem:**

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left( \frac{\tau_{max}}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0.03}{1.10 \cdot 1.38} + \left( \frac{0.99}{1.38} \right)^2 = 0.523 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 5 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z lewej na dach

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

N = -6.12 kN

T<sub>y</sub> = -0.28 kN

T<sub>z</sub> = -1.16 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.63 kNm

M<sub>z</sub> = 0.12 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.63 \cdot 10^{-3}}{341.33 \cdot 10^{-6}} = 1.849 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.12 \cdot 10^{-3}}{170.67 \cdot 10^{-6}} = 0.721 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{6.12 \cdot 10^{-3}}{128.00 \cdot 10^{-4}} = 0.478 [MPa]$$

**Zginanie ze ściskaniem:**

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{0.48}{7.38} \right)^2 + \frac{1.85}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{0.72}{6.46} = 0.368 \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0.48}{7.38}\right)^2 + 0.70 \cdot \frac{1.85}{6.46} + \frac{0.72}{6.46} = 0.316 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 6 na przecie, położenie: 0.00 m**

wiatr z lewej na dach

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

N = -6.12 kN

T<sub>y</sub> = -0.28 kN

T<sub>z</sub> = -1.16 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.63 kNm

M<sub>z</sub> = 0.12 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0,k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.63 \cdot 10^{-3}}{341.33 \cdot 10^{-6}} = 1.849 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.12 \cdot 10^{-3}}{170.67 \cdot 10^{-6}} = 0.721 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{6.12 \cdot 10^{-3}}{128.00 \cdot 10^{-4}} = 0.478 [MPa]$$

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

$$\left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left(\frac{0.72}{1.00 \cdot 6.46}\right)^2 + \frac{0.48}{1.00 \cdot 7.38} = 0.077 \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left(\frac{1.85}{1.00 \cdot 6.46}\right)^2 + \frac{0.48}{1.00 \cdot 7.38} = 0.147 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 7 na przecie, położenie: 0.25 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 2.27 kN

T<sub>y</sub> = 0.82 kN

T<sub>z</sub> = 5.62 kN

M<sub>x</sub> = 0.01 kNm

M<sub>y</sub> = 1.30 kNm

M<sub>z</sub> = -0.18 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.30 \cdot 10^{-3}}{341.33 \cdot 10^{-6}} = 3.806 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 0.50 = 0.450 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{0.45 \cdot 0.16 \cdot 14.00}{(0.78 \cdot 0.08^2 \cdot 4700.00)}} = 0.207$$

$$k_{crit} = 1.0$$

Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{3.81}{1.00 \cdot 6.46} = 0.589 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 8 na przecie, położenie: 0.25 m**

wiatr z prawej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 2.27 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.82 \text{ kN}$$

$$T_z = 5.62 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.01 \text{ kNm}$$

$$M_y = 1.30 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.18 \text{ kNm}$$

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0,d} = k_{mod} \cdot k_{h,t} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.13 \cdot \frac{8.00}{1.30} = 4.187 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.27 \cdot 10^{-3}}{128.00 \cdot 10^{-4}} = 0.177 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.30 \cdot 10^{-3}}{341.33 \cdot 10^{-6}} = 3.806 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.18 \cdot 10^{-3}}{170.67 \cdot 10^{-6}} = 1.031 [MPa]$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.19} + \frac{3.81}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{1.03}{6.46} = 0.743 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.19} + 0.70 \cdot \frac{3.81}{6.46} + \frac{1.03}{6.46} = 0.614 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 9 na przecie, położenie: 0.25 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 2.27 kN

T<sub>y</sub> = 0.82 kN

T<sub>z</sub> = 5.62 kN

M<sub>x</sub> = 0.01 kNm

M<sub>y</sub> = 1.30 kNm

M<sub>z</sub> = -0.18 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.82 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 128.00 \cdot 10^{-4})} = 0.143 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{5.62 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 128.00 \cdot 10^{-4})} = 0.983 [MPa]$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{vd}}\right)^2 = \left(\frac{0.98}{1.38}\right)^2 + \left(\frac{0.14}{1.38}\right)^2 = 0.515 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 10 na przecie, położenie: 0.25 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 2.27 kN

T<sub>y</sub> = 0.82 kN

T<sub>z</sub> = 5.62 kN

M<sub>x</sub> = 0.01 kNm

M<sub>y</sub> = 1.30 kNm

M<sub>z</sub> = -0.18 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.82 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 128.00 \cdot 10^{-4})} = 0.143 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{5.62 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 128.00 \cdot 10^{-4})} = 0.983 [MPa]$$

Naprężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{252.61 \cdot 10^{-6}} = 0.028 [MPa]$$

Skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left( \frac{\tau_{max}}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0.03}{1.10 \cdot 1.38} + \left( \frac{0.98}{1.38} \right)^2 = 0.519 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 11 na przecie, położenie: 0.25 m**

wiatr z lewej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -6.13 kN

T<sub>y</sub> = -0.28 kN

T<sub>z</sub> = -1.18 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.34 kNm

M<sub>z</sub> = 0.05 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.34 \cdot 10^{-3}}{341.33 \cdot 10^{-6}} = 0.990 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.05 \cdot 10^{-3}}{170.67 \cdot 10^{-6}} = 0.316 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{6.13 \cdot 10^{-3}}{128.00 \cdot 10^{-4}} = 0.479 [MPa]$$

**Zginanie ze ściskaniem:**

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{0.48}{7.38} \right)^2 + \frac{0.99}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{0.32}{6.46} = 0.192 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{0.48}{7.38} \right)^2 + 0.70 \cdot \frac{0.99}{6.46} + \frac{0.32}{6.46} = 0.160 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 12 na przecie, położenie: 0.25 m**

wiatr z lewej na dach

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

N = -6.13 kN

T<sub>y</sub> = -0.28 kN

T<sub>z</sub> = -1.18 kN

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

M<sub>y</sub> = -0.34 kNm

M<sub>z</sub> = 0.05 kNm



**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [MPa]$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.34 \cdot 10^{-3}}{341.33 \cdot 10^{-6}} = 0.990 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.05 \cdot 10^{-3}}{170.67 \cdot 10^{-6}} = 0.316 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{6.13 \cdot 10^{-3}}{128.00 \cdot 10^{-4}} = 0.479 [MPa]$$

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

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.32}{1.00 \cdot 6.46} \right)^2 + \frac{0.48}{1.00 \cdot 7.38} = 0.067 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.99}{1.00 \cdot 6.46} \right)^2 + \frac{0.48}{1.00 \cdot 7.38} = 0.088 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 13 na precie, położenie: 0.50 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

N = 2.26 kN

T<sub>y</sub> = 0.82 kN

T<sub>z</sub> = 5.60 kN

M<sub>x</sub> = 0.01 kNm

M<sub>y</sub> = -0.10 kNm

M<sub>z</sub> = 0.03 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.10 \cdot 10^{-3}}{341.33 \cdot 10^{-6}} = 0.302 [MPa]$$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$L_d = w_s \cdot L = 0.90 \cdot 0.50 = 0.450 [m]$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{L_d \cdot h \cdot f_{mk}}{(0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005})}} = \sqrt{\frac{0.45 \cdot 0.16 \cdot 14.00}{(0.78 \cdot 0.08^2 \cdot 4700.00)}} = 0.207$$

$$k_{crit} = 1.0$$

**Sprawdzenie stateczności giętej przy zginaniu:**

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{0.30}{1.00 \cdot 6.46} = 0.047 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 14 na precie, położenie: 0.50 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

$$N = 2.26 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.82 \text{ kN}$$

$$T_z = 5.60 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.01 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.10 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie wzdłuż włókien:

$$f_{t0,d} = k_{mod} \cdot k_{h,t} \cdot \frac{f_{t0,k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot 1.13 \cdot \frac{8.00}{1.30} = 4.187 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na rozciąganie:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.26 \cdot 10^{-3}}{128.00 \cdot 10^{-4}} = 0.177 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.10 \cdot 10^{-3}}{341.33 \cdot 10^{-6}} = 0.302 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.03 \cdot 10^{-3}}{170.67 \cdot 10^{-6}} = 0.164 \text{ [MPa]}$$

**Zginanie z rozciąganiem:**

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.19} + \frac{0.30}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{0.16}{6.46} = 0.107 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{f_{t0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0.18}{4.19} + 0.70 \cdot \frac{0.30}{6.46} + \frac{0.16}{6.46} = 0.100 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 15 na precie, położenie: 0.50 m**

**wiatr z prawej na dach**

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

$$N = 2.26 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.82 \text{ kN}$$

$$T_z = 5.60 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.01 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.10 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.82 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 128.00 \cdot 10^{-4})} = 0.143 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{5.60 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 128.00 \cdot 10^{-4})} = 0.979 [MPa]$$

Ścinanie:

$$\left(\frac{\tau_{zd}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{yd}}{f_{v,d}}\right)^2 = \left(\frac{0.98}{1.38}\right)^2 + \left(\frac{0.14}{1.38}\right)^2 = 0.511 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 16 na przecie, położenie: 0.50 m**

wiatr z prawej na dach

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

N = 2.26 kN

T<sub>y</sub> = 0.82 kN

T<sub>z</sub> = 5.60 kN

M<sub>x</sub> = 0.01 kNm

M<sub>y</sub> = -0.10 kNm

M<sub>z</sub> = 0.03 kNm

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie:

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{3.00}{1.30} = 1.385 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Y:

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{T_y}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{0.82 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 128.00 \cdot 10^{-4})} = 0.143 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ścinanie w kierunku osi Z:

$$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot \frac{T_z}{(0.67 \cdot A)} = 1.5 \cdot \frac{5.60 \cdot 10^{-3}}{(0.67 \cdot 128.00 \cdot 10^{-4})} = 0.979 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na skręcanie:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{252.61 \cdot 10^{-6}} = 0.028 [MPa]$$

Skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{max}}{f_{v,d}}\right)^2 = \frac{0.03}{1.10 \cdot 1.38} + \left(\frac{0.98}{1.38}\right)^2 = 0.515 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 17 na przecie, położenie: 0.50 m**

śnieg z wiatrem z lewej

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

$$N = -5.26 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.11 \text{ kN}$$

$$T_z = 1.70 \text{ kN}$$

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

$$M_y = -0.08 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.08 \cdot 10^{-3}}{341.33 \cdot 10^{-6}} = 0.240 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{170.67 \cdot 10^{-6}} = 0.018 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{5.26 \cdot 10^{-3}}{128.00 \cdot 10^{-4}} = 0.411 \text{ [MPa]}$$

**Zginanie ze ściskaniem:**

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{0.41}{7.38} \right)^2 + \frac{0.24}{6.46} + 0.70 \cdot \frac{0.02}{6.46} = 0.042 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{0.41}{7.38} \right)^2 + 0.70 \cdot \frac{0.24}{6.46} + \frac{0.02}{6.46} = 0.032 \leq 1$$

**Element prosty, nr preta: 832**

**Punkt nr: 18 na precie, położenie: 0.50 m**

wiatr z lewej na dach

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

$$N = -6.14 \text{ kN}$$

$$T_y = -0.28 \text{ kN}$$

$$T_z = -1.20 \text{ kN}$$

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

$$M_y = -0.04 \text{ kNm}$$

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

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{14.00}{1.30} = 6.462 \text{ [MPa]}$$

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_m} = 0.60 \cdot \frac{16.00}{1.30} = 7.385 \text{ [MPa]}$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.04 \cdot 10^{-3}}{341.33 \cdot 10^{-6}} = 0.117 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.01 \cdot 10^{-3}}{170.67 \cdot 10^{-6}} = 0.088 [MPa]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{6.14 \cdot 10^{-3}}{128.00 \cdot 10^{-4}} = 0.479 [MPa]$$

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

$$\left( \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.09}{1.00 \cdot 6.46} \right)^2 + \frac{0.48}{1.00 \cdot 7.38} = 0.065 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.12}{1.00 \cdot 6.46} \right)^2 + \frac{0.48}{1.00 \cdot 7.38} = 0.065 \leq 1$$

#### Wyniki obwiedni przemieszczeń:

Położenie: x = 0.50 [m]

#### **śnieg z wiatrem z lewej**

u<sub>inst,G(y)</sub> - przemieszczenie u<sub>y</sub> grupy stałej

u<sub>inst,Q(y)</sub> - przemieszczenie u<sub>y</sub> grupy zmiennej

u<sub>inst,G(z)</sub> - przemieszczenie u<sub>z</sub> grupy stałej

u<sub>inst,Q(z)</sub> - przemieszczenie u<sub>z</sub> 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 <sub>y</sub> [cm]	u <sub>z</sub> [cm]	k <sub>def</sub>	j <sub>0</sub>	j <sub>2</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>
Ciężar własny	-0.02	-0.03	0.80	0.8	-	1.80	-	-
sufit podwieszany	-	-	0.80	0.8	-	1.80	-	-
śnieg	-0.07	-0.13	0.80	0.5	0.0	-	-	0.50
wiatr z prawej na dach	-0.16	-0.30	0.80	0.6	0.0	-	1.00	-
użytkowe	-0.05	-0.09	0.80	0.7	0.3	-	-	0.94

Przyjęte współczynniki uwzględniające wpływ sił tnących:

Typ elementu w płaszczyźnie XY osi głównych:

obustronnie podparty

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XY osi głównych:

ciągłe

$$k_{scy} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{b}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{7000.00}{440.00} \right) \cdot \left( \frac{80.00 \cdot 10^{-3}}{0.50} \right)^2 = 1.489$$

Typ elementu w płaszczyźnie XZ osi głównych:

obustronnie podparty

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XZ osi głównych:

ciągłe

$$k_{scz} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{7000.00}{440.00} \right) \cdot \left( \frac{160.00 \cdot 10^{-3}}{0.50} \right)^2 = 2.955$$

$$u_y = k_{scy} \cdot \left( \sum u_{y,inst,G} \cdot n_1 + u_{y,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{y,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 1.49 \cdot -0.28 = -0.423 [cm]$$

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

173

$$u_z = k_{scz} \cdot \left( \sum u_{z,inst,G} \cdot n_1 + u_{z,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{z,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 2.95 \cdot -0.52 = -1.529 [cm]$$

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

173

$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|-0.423|^2 + |-1.529|^2} = 1.59 > 0.200 [cm]$$

Warunek przekroczony!!!

#### Wyniki ugięcia względnego:

Położenie: x = 0.01 [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.)	$u_y[cm]$	$u_z[cm]$	$k_{def}$	$j_0$	$j_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$
sufit podwieszany	-0.00	-0.00	0.80	0.8	-	1.80	-	-
Ciężar własny	-0.03	-0.02	0.80	0.8	-	1.80	-	-
użytkowe	-0.05	-0.05	0.80	0.7	0.3	-	-	0.94
wiatr z prawej na dach	-0.18	-0.18	0.80	0.6	0.0	-	1.00	-
śnieg	-0.07	-0.07	0.80	0.5	0.0	-	-	0.50

Przyjęte współczynniki uwzględniające wpływ sił tnących:

Typ elementu w płaszczyźnie XY osi głównych:

obustronnie podparty

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XY osi głównych:

ciągłe

$$k_{scy} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{b}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{7000.00}{440.00} \right) \cdot \left( \frac{80.00 \cdot 10^{-3}}{0.50} \right)^2 = 1.489$$

Typ elementu w płaszczyźnie XZ osi głównych:

obustronnie podparty

Przeważający typ obciążenia w płaszczyźnie XZ osi głównych:

ciągłe

$$k_{scz} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{7000.00}{440.00} \right) \cdot \left( \frac{160.00 \cdot 10^{-3}}{0.50} \right)^2 = 2.955$$

$$u_y = k_{scy} \cdot \left( \sum u_{y,inst,G} \cdot n_1 + u_{y,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{y,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 1.49 \cdot -0.32 = -0.477 [cm]$$

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

173



$$u_z = k_{scz} \cdot \left( \sum u_{z,inst,G} \cdot n_1 + u_{z,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{z,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 2.95 \cdot -0.32 = -0.931 [cm]$$

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

173



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|-0.477|^2 + |-0.931|^2} = 1.046 [cm]$$

$$u_b = \sqrt{u_{by}^2 + u_{bz}^2} = \sqrt{|-0.319|^2 + |-0.451|^2} = 0.553 [cm]$$

$$\Delta u_y = u_y - u_{by} = 0.001 [cm]$$

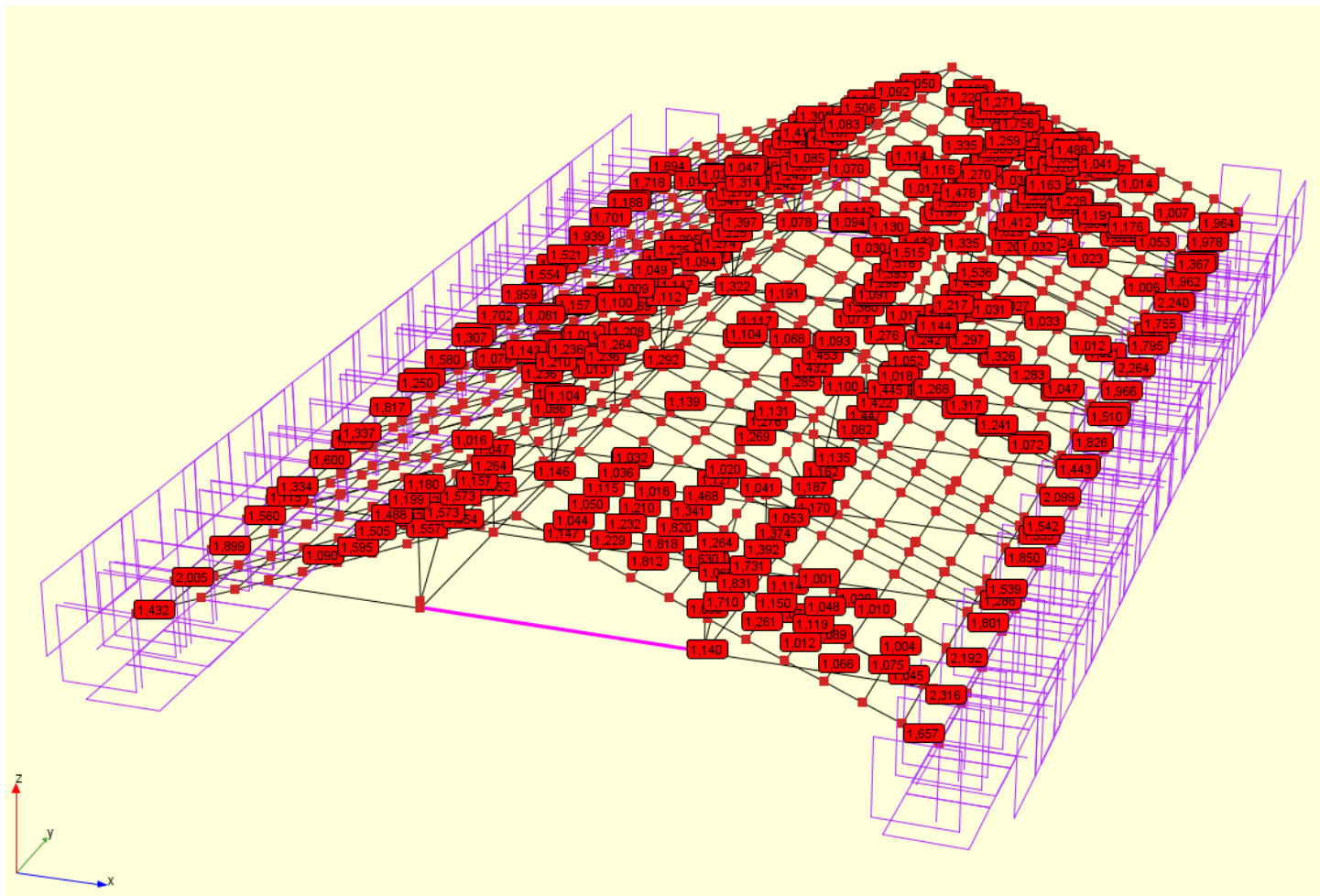
$$\Delta u_z = u_z - u_{bz} = 0.136 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \sqrt{\Delta u_y^2 + \Delta u_z^2} = \sqrt{|0.001|^2 + |0.136|^2} = 0.136 \leq 0.200 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |0.590 - 0.447| = 0.143 [cm]$$

#







IZBA ARCHITEKTÓW  
RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

PODKARPACKA OKRĘGOWA IZBA ARCHITEKTÓW RP  
OKRĘGOWA KOMISJA KWALIFIKACYJNA

Znak sprawy: PKOKK-3/11/2012

Rzeszów, dnia 30 listopada 2012 r.

**DECYZJA Nr 10/PKOKK/2012**

Na podstawie art. 12 ust. 1 pkt. 1, ust 2 i 3, art. 13 ust. 1 pkt. 1 i ust. 4<sup>1</sup> ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (tekst jednolity z 2010 r. Dz. U. Nr 243, poz. 1623 z późn. zm.), art. 11 i 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.), § 11 ust. 1 pkt. 1 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.) oraz art. 104 i 107 § 1 i 4 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. - Kodeks postępowania administracyjnego (tekst jednolity: Dz. U. z 2000 r. Nr 98, poz. 1071, z późn. zm.).

**stwierdza się, że**

**Pan mgr inż. arch. Grzegorz Krzysztof MAKOWSKI**

urodzony w dniu 3 grudnia 1975 roku w Busku Zdroju

**posiada odpowiednie wykształcenie techniczne i praktykę zawodową  
i po zdaniu egzaminu z wynikiem pozytywnym otrzymuje**

**UPRAWNIENIA BUDOWLANE**

**w specjalności architektonicznej do projektowania bez ograniczeń**

Decyzja niniejsza jako uwzględniająca w całości żądanie strony nie wymaga uzasadnienia. Od decyzji przysługuje Panu odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Izby Architektów RP. Odwołanie wnosi się za pośrednictwem organu, który wydał decyzję tj. Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Podkarpackiej Okręgowej Izby Architektów RP, w terminie 14 dni od dnia doręczenia decyzji.

- |                                   |                   |
|-----------------------------------|-------------------|
| 1. Przewodniczący Komisji         | Władysław Woźniak |
| 2. I wiceprzewodniczący Komisji:  | Adam Kardyś       |
| 3. II wiceprzewodniczący Komisji: | Ryszard Witek     |
| 4. Sekretarz Komisji:             | Jan Bulsza        |
| 5. Członek Komisji:               | Danuta Gałarska   |
| 6. Członek Komisji:               | Grzegorz Kalita   |
| 7. Członek Komisji:               | Władysław Boczkaj |



*[Handwritten signatures of the commission members]*

Otrzymują:

1. Pan Grzegorz Krzysztof Makowski; 38-400 Krosno ul. Lelewela 25/3
2. a.a.



IZBA ARCHITEKTÓW  
RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Świętokrzyska Okręgowa Rada Izby Architektów RP

**ZAŚWIADCZENIE - ORYGINAŁ**  
(wypis z listy architektów)

Świętokrzyska Okręgowa Rada Izby Architektów RP zaświadcza, że:

**mgr inż. arch. Grzegorz Krzysztof Makowski**

posiadający kwalifikacje zawodowe do pełnienia samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie w specjalności architektonicznej i w zakresie posiadanych uprawnień nr **10/PKOKK/2012**, jest wpisany na listę członków Świętokrzyskiej Okręgowej Izby Architektów RP pod numerem: **SW-0214**.

Członek czynny od: 16-01-2013 r.

Data i miejsce wygenerowania zaświadczenia: 16-01-2020 r. Kielce.

Zaświadczenie jest ważne do dnia: **30-06-2020 r.**

Podpisano elektronicznie w systemie informatycznym Izby Architektów RP przez:  
Alicja Bojarowicz, Sekretarz Okręgowej Rady Izby Architektów RP.

Nr weryfikacyjny zaświadczenia:

**SW-0214-5E6Y-F41F-FBD3-6Y94**

IZBA ARCHITEKTÓW

ŚWIĘTOKRZYSKA OKRĘGOWA IZBA ARCHITEKTÓW  
RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ  
OKRĘGOWA KOMISJA KWALIFIKACYJNA

Znak sprawy: ŚOKK/UpB/11/18

Kielce, dnia 8 czerwca 2018 r.

DECYZJA nr 315/SWOKK/2018

Na podstawie art. 24 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (Dz. U. z 2016 r. poz. 1725) w związku z art. 12, art. 13 oraz art. 14 ust.1 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. z 2017 r. poz.1332 t.j. z późn. zm.), zgodnie z art. 104 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego (Dz. U. z 2017 r. poz. 1257 t.j. z późn. zm.)

stwierdza się, że

Pan mgr inż. arch. Piotr Drzymalski

urodzony w dniu 07.01.1983 r. w Staszowie

posiada odpowiednie wykształcenie techniczne oraz praktykę zawodową  
i po zdaniu egzaminu z wynikiem pozytywnym otrzymuje

UPRAWNIENIA BUDOWLANE

w specjalności architektonicznej do

projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń

Powyższe uprawnienia budowlane upoważniają do wykonywania samodzielnej funkcji technicznej w budownictwie, obejmującej:

- 1) projektowanie, sprawdzanie projektów architektoniczno-budowlanych i sprawowanie nadzoru autorskiego,
- 2) sprawowanie kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych,
- 3) kierowanie budową lub innymi robotami budowlanymi,
- 4) kierowanie wytwarzaniem konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz nadzór i kontrolę techniczną wytwarzania tych elementów,
- 5) wykonywanie nadzoru inwestorskiego

Decyzja niniejsza jako uwzględniająca w całości żądanie strony nie wymaga uzasadnienia.

Od powyższej decyzji przysługuje Panu odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Izby Architektów RP za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Świętokrzyskiej Okręgowej Izby Architektów RP, w terminie 14 dni od dnia doręczenia decyzji.

- |                            |                                 |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1. Przewodnicząca ŚOKK     | arch. Zyta Samborska-Słowik     |
| 2. Wiceprzewodniczący ŚOKK | arch. Andrzej Tracz             |
| 3. Sekretarz ŚOKK          | arch. Izabela Kułagowska        |
| 4. Członek ŚOKK            | arch. Bartosz Bernacki          |
| 5. Członek ŚOKK            | arch. Wojciech Głowacki         |
| 6. Członek ŚOKK            | - arch. Marek Góra              |
| 7. Członek ŚOKK            | arch. Regina Kozakiewicz-Opalka |



Otrzymują:

1. Wnioskodawca: Piotr Drzymalski,
2. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego - w celu wpisania do centralnego rejestru osób posiadających uprawnienia budowlane (po uprawomocnieniu się decyzji)
3. Świętokrzyska Okręgowa Rada Izby Architektów RP (po uprawomocnieniu się decyzji)
4. A/a





IZBA ARCHITEKTÓW  
RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Świętokrzyska Okręgowa Rada Izby Architektów RP

## ZAŚWIADCZENIE - ORYGINAŁ

(wypis z listy architektów)

Świętokrzyska Okręgowa Rada Izby Architektów RP zaświadcza, że:

**mgr inż. arch. Piotr Drzymalski**

posiadający kwalifikacje zawodowe do pełnienia samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie w specjalności architektonicznej i w zakresie posiadanych uprawnień nr **315/SWOKK/2018**, jest wpisany na listę członków Świętokrzyskiej Okręgowej Izby Architektów RP pod numerem: **SW-0289**.

Członek czynny od: 09-07-2018 r.

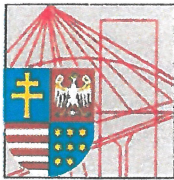
Data i miejsce wygenerowania zaświadczenia: 07-01-2019 r. Kielce.

Zaświadczenie jest ważne do dnia: **30-06-2020 r.**

Podpisano elektronicznie w systemie informatycznym Izby Architektów RP przez:  
Alicja Bojarowicz, Sekretarz Okręgowej Rady Izby Architektów RP.

Nr weryfikacyjny zaświadczenia:

**SW-0289-F99Y-A9AE-C1D2-67E7**



**ŚWIĘTOKRZYSKA  
OKRĘGOWA  
I Z B A  
INŻYNIERÓW  
BUDOWNICTWA**

Kielce, dnia 27 czerwca 2016r.

**Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna**  
sygn. akt SK-0054-0028(2)/16

## **DECYZJA**

Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (*Dz.U. z 2014r. poz. 1946*) i art. 12 ust. 2 i ust. 3, ust. 4c pkt 1, art. 14 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994r. Prawo budowlane (*Dz.U. z 2016r. poz. 290*) oraz § 10 i § 12 ust. 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (*Dz. U. z 2014r. poz. 1278*), po ustaleniu, że zostały spełnione warunki w zakresie przygotowania zawodowego oraz po złożeniu egzaminu na uprawnienia budowlane z wynikiem pozytywnym

**Pan Kacper Krzysztof Krakowiak**  
magister inżynier budownictwa  
ur. dnia 8 sierpnia 1988 roku w Starachowicach

**otrzymuje**

**UPRAWNIENIA BUDOWLANE**  
**nr ewidencyjny SWK/0017/PBKb/16**  
**do projektowania**  
**w specjalności konstrukcyjno-budowlanej**  
**bez ograniczeń.**

## **UZASADNIENIE**

W związku z uwzględnieniem w całości żądania strony, na podstawie art. 107 § 4 K.p.a. odstępuje się od uzasadnienia decyzji. Zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwrocie decyzji.

## **Pouczenie**

Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Świętokrzyskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Kielcach w terminie 14 dni od daty jej doręczenia.

## **Skład orzekający Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej**

mgr inż. Andrzej Pieniążek  
Przewodniczący składu orzekającego

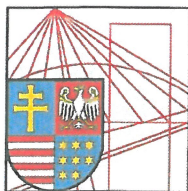


Otrzymują:

1. Pan Kacper Krzysztof Krakowiak  
ul. Rytwiańska 18 Strzegomek  
28-221 Osiek
2. Okręgowa Rada ŚOIIB
3. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
4. a/a

dr inż. Stefan Szalkowski  
Członek składu orzekającego

mgr inż. Elżbieta Chociaj  
Członek składu orzekającego



ŚWIĘTOKRZYSKA  
OKRĘGOWA  
I Z B A  
INŻYNIERÓW  
BUDOWNICTWA

Kielce, dn. 21 styczeń 2020

## Zaświadczenie

*Pan(i) Krakowiak Kacper Krzysztof*

*miejsce zamieszkania :*

*ul. Rytwiańska 18 Strzegomek*

*28-221 Osiek*

*jest członkiem Świętokrzyskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa*

*o numerze ewidencyjnym : SWK/BO/0034/16*

*i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.*

*Niniejsze zaświadczenie jest ważne od dnia 01-03-2020 do 28-02-2021*

Z up. Przewodniczącego ŚOIIB

*mgr inż. Wiesława Sobańska*  
DYREKTOR BIURA

---

Świętokrzyska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa

25-304 Kielce, ul. Leonarda 18: tel. 41 344 94 13, tel. kom. 694 912 692, fax 41 344 63 82

[www.swk.piib.org.pl](http://www.swk.piib.org.pl), e-mail: [swk@piib.org.pl](mailto:swk@piib.org.pl)

Bank Pekao S.A. I O/Kielce, nr rach. 98 124013721111000012505214

Godziny pracy biura: poniedziałek, wtorek, czwartek, piątek - od 10:00 do 16:00, środa - nieczynne

Godziny pracy czytelní: wtorek - od 10:00 do 16:00



## Stwierdzenie przygotowania zawodowego

do pełnienia samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie

Na podstawie § 2 ust.1 pkt 1, ust.3

i § 13 ust. 1 pkt 2 oraz zmiany Dz.U. Nr 69, poz.299 z 8 sierpnia 1991 r.

rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 20 lutego 1975 r.  
w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. Nr 3, poz. 46) stwierdza  
się, że:

Obywatel Janusz Stanisław Machnik - magister inżynier  
budownictwa

urodzony dnia 10 lutego 1957 r. w Staszowie

posiada przygotowanie zawodowe upoważniające do wykonywania samodzielnej funkcji

- projektanta -

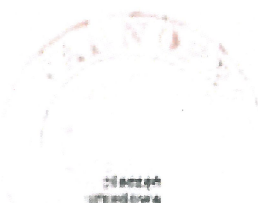
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

Obywatel Janusz Stanisław Machnik jest upoważniony do:

1. sporządzania projektów w zakresie rozwiązań konstrukcyjno-budowlanych budynków oraz innych budowli, z wyłączeniem linii, węzłów i stacji kolejowych, dróg oraz nawierzchni lotniskowych, mostów, budowli hydrotechnicznych i wodno-melioracyjnych,
2. sporządzania projektów w zakresie rozwiązań architektonicznych w budownictwie jednorodzinym, zagrodowym oraz innych budynków o kubaturze do 1000 m sześć.

Od decyzji niniejszej służy odwołanie do Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa w terminie 14-tu dni od daty otrzymania za moim pośrednictwem.

Wojewoda  
*[Podpis]*



**Stwierdzenie przygotowania zawodowego**

do pełnienia samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie

Na podstawie § 5 ust.1, 6 ust.1 i 3, 7

i § 13 ust. 1 pkt 2

rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 20 lutego 1975 r.  
w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. Nr 8, poz. 46) stwierdza  
się, że:

Obywatel Janusz Stanisław Machnik - inżynier budownictwaurodzony dnia 10 lutego 1957 r. w Staszowie

posiada przygotowanie zawodowe upoważniające do wykonywania samodzielnej funkcji  
kierownika budowy i robót

w specjalności konstrukcyjno-budowlanejObywatel Janusz Stanisław Machnik jest upoważniony do:

1. kierowania, nadzorowania i kontrolowania budowy i robót, kierowania i kontrolowania wytwarzania konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz oceniania i badania stanu technicznego w zakresie wszelkich budynków i innych budowli z wyłączeniem linii, węzłów i stacji kolejowych, dróg oraz lotniskowych dróg startowych i manipulacyjnych, mostów, budowli hydrotechnicznych i wodnomelioracyjnych,
2. sporządzania w budownictwie osób fizycznych projektów w zakresie rozwiązań konstrukcyjno-budowlanych wszelkich budynków i budowli,
3. sporządzania w budownictwie osób fizycznych projektów w zakresie rozwiązań architektonicznych:
  - a) budynków inwentarskich i gospodarczych, adaptacji projektów typowych i powtarzalnych innych budynków oraz sporządzania planów zagospodarowania działki związanych z realizacją tych budynków,
  - b) budowli nie będących budynkami.

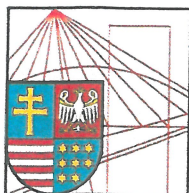
Od decyzji niniejszej służy odwołanie do Ministra Budownictwa,  
Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej w terminie 14 dni za pośrednictwem  
Głównego Architekta Wojewódzkiego.-

płoczyć  
urzędowo

Główny Architekt Wojewódzki

Int. arch. Arnold Barański





ŚWIĘTOKRZYSKA  
OKRĘGOWA  
I Z B A  
INŻYNIERÓW  
BUDOWNICTWA

Kielce, dn. 16 grudzień 2019

## Zaświadczenie

*Pan(i) Machnik Janusz*

*miejsce zamieszkania :*

*ul.Sandomierska 5a*

*28-210 Bogoria*

*jest członkiem Świętokrzyskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa*

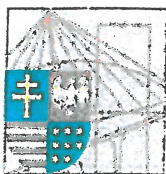
*o numerze ewidencyjnym : SWK/BO/1546/01*

*i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.*

*Niniejsze zaświadczenie jest ważne od dnia 01-01-2020 do 31-12-2020*

Z up. Przewodniczącego ŚOIIB

*mgr inż. Wiesława Sobańska*  
DYREKTOR BIURA



**ŚWIĘTOKRZYSKA  
OKRĘGOWA  
IZBA  
INŻYNIERÓW  
BUDOWNICTWA**

Kielce, dnia 28 czerwca 2018 r.

**Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna**  
sygn. akt SK-0054-0070(2)/16/18

## **DECYZJA**

Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (Dz.U. z 2016 r. poz. 1725) i art. 12 ust. 2 i ust. 3, ust. 4c pkt 1, art. 14 ust. 1 pkt 4c ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. z 2017 r. poz. 1332) oraz § 10 i § 14 ust. 5 rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. z 2014 r. poz. 1278), po ustaleniu, że zostały spełnione warunki w zakresie przygotowania zawodowego oraz po złożeniu egzaminu na uprawnienia budowlane z wynikiem pozytywnym

**Pan Łukasz Różycki**

magister inżynier elektrotechnik  
ur. dnia 23 kwietnia 1981 roku w Pińczowie

**otrzymuje**

**UPRAWNIENIA BUDOWLANE**  
**nr ewidencyjny SWK/0142/PBE/18**

**do projektowania**

**w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń  
elektrycznych i elektroenergetycznych  
bez ograniczeń.**

## **UZASADNIENIE**

W związku z uwzględnieniem w całości żądania strony, na podstawie art. 107 § 4 K.p.a. odstępuje się od uzasadnienia decyzji. Zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwrocie decyzji.

## **Pouczenie**

Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Świętokrzyskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w terminie 14 dni od daty jej doręczenia.

Zgodnie z treścią art. 127a ustawy Kodeks postępowania administracyjnego (Dz. U. z 2017 r. poz. 1257 t.j.):

§ 1. W trakcie biegu terminu do wniesienia odwołania strona może zrzec się prawa do wniesienia odwołania wobec organu administracji publicznej, który wydał decyzję.

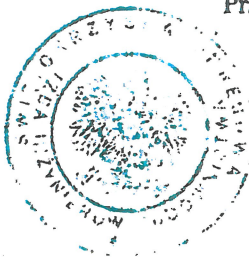
§ 2. Z dniem doręczenia organowi administracji publicznej oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do wniesienia odwołania przez ostatnią ze stron postępowania, decyzja staje się ostateczna i prawomocna.

W przypadku złożenia przez stronę oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do odwołania od decyzji (określonego w § 2) stronie nie przysługuje prawo do odwołania się ani skargi do sądu administracyjnego.

**Skład orzekający Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej**

Otrzymują:

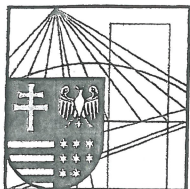
1. Pan Łukasz Różycki  
Smerdyna 305  
28-200 Staszów
2. Okręgowa Rada ŚOIIB
3. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
4. a/a



mgr inż. Andrzej Fieniążek  
Przewodniczący składu orzekającego

mgr inż. Stefan Szałkowski  
Członek składu orzekającego

mgr inż. Elżbieta Chociaj  
Członek składu orzekającego



ŚWIĘTOKRZYSKA  
OKRĘGOWA  
I Z B A  
INŻYNIERÓW  
BUDOWNICTWA

Kielce, dn. 31 styczeń 2020

## Zaświadczenie

*Pan(i) Różycki Łukasz*

*miejsce zamieszkania :*

*Smerdyna 305*

*28-200 Staszów*

*jest członkiem Świętokrzyskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa*

*o numerze ewidencyjnym : SWK/IE/0006/12*

*i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.*

*Niniejsze zaświadczenie jest ważne od dnia 01-02-2020 do 31-01-2021*

Z up. Przewodniczącego ŚOIIB

*mgr inż. Wiesława Sobańska*  
DYREKTOR BIURA

---

Świętokrzyska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa

25-304 Kielce, ul. Leonarda 18: tel. 41 344 94 13, tel. kom. 694 912 692, fax 41 344 63 82

www.swk.piib.org.pl, e-mail: swk@piib.org.pl

Bank Pekao S.A. I O/Kielce, nr rach. 98 124013721111000012505214

Godziny pracy biura: poniedziałek, wtorek, czwartek, piątek - od 10:00 do 16:00, środa - nieczynne

Godziny pracy czytelní: wtorek - od 10:00 do 16:00

URZĄD WOJEWÓDZKI

w Kielcach

Wydział Planowania Przestrzennego

Urbanistyki, Architektury

i Nadzoru Budowlanego

ul. Al. IX Wieków 3

Nr ewid. 160/85

Kielce, 1985 - 09 - 11

# STWIERDZENIE PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO

do pełnienia samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie.

Na podstawie § 13 ust. 1 pkt 4 lit. d, § 4 ust. 2, § 17, § 5 ust. 1 pkt 1, § 7, § 13 ust. 1 pkt 4 lit. d, § 6 ust. 1 rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 20 lutego 1975 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie /Dz.U. Nr 8, poz. 46/ stwierdza się, że:

OBYWATEL MADEJ JAN

MAGISTER INŻYNIER ELEKTRYK

urodzony dnia 19 listopada 1954 r. w Kielcach

posiada przygotowanie zawodowe, upoważniające do wykonywania samodzielnej funkcji projektanta oraz kierownika budowy i robót w specjalności instalacyjno-inżynieryjnej w zakresie instalacji elektrycznych.

OBYWATEL MADEJ JAN jest upoważniony do:

- 1/ sporządzania projektów instalacji elektrycznych,
- 2/ kierowania, nadzorowania i kontrolowania budowy i robót, kierowania i kontrolowania wytwarzania konstrukcyjnych elementów instalacji oraz oceniania i badania stanu technicznego w zakresie instalacji elektrycznych.

Otrzymuje:

Ob. Jan Madej

ul. Karłowicka 10/215

Kielce

GLÓWNY ARCHITEKT WOJEWÓDZKI  
DYREKTOR WYDZIAŁU

mgr inż. arch. Aleksander Dobrowolski





o numerze weryfikacyjnym:

Pan Jan Madej o numerze ewidencyjnym SWK/IE/0385/01  
adres zamieszkania ul. Żeromskiego 38/22, 25-370 Kielce  
jest członkiem Świętokrzyskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane  
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2020-01-01 do 2020-06-30.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2020-01-27 roku przez:

Andrzej Pawelec, Zastępca Przewodniczącego Rady Świętokrzyskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 5 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1450) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)

\* 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.