



STADIUM:	<b>Projekt budowlany konstrukcyjny</b>
TEMAT:	PROJEKT BUDOWLANY PRZEBUDOWY BUDYNKU POPRZEMYSŁOWEGO NA KOCIEWSKIE CENTRUM KSZTAŁCENIA USTAWICZNEGO, STAROGARD GDAŃSKI, UL. KOŚCIUSZKI 15, DZIAŁKA NR 326/6 I 327/1, OBRĘB 17
ADRES INWESTYCJI:	STAROGARD GDAŃSKI, UL. KOŚCIUSZKI 15, DZIAŁKA NR 326/6 I 327/1, OBRĘB 1
INWESTOR:	Starostwo Powiatowe w Starogardzie ul. Kościuszki 17 83-200 Starogard Gdański

IMIĘ I NAZWISKO:	NR UPRAWNIENI:	DATA:	PODPIS:
<i>Projektant</i> mgr inż. Łukasz Dymura	POM/0125/POOK/11	WRZESIEŃ 2015	
<i>Sprawdzający</i> mgr inż. Marcin Zieliński	POM/0325/POOK/13	WRZESIEŃ 2015	



## **Zawartość**

Ekspertyza techniczna.....

Projekt konstrukcyjny.....

I. Opis techniczny.....

1. Przedmiot i podstawa opracowania.....

2. Inwestor.....

3. Opis poszczególnych części konstrukcji .....

3.1. Nadproża .....

3.2. Wiązar drewniany .....

3.3. Rozbiórki .....

3.4. Wypełnienia istniejących ścian i projektowane ściany działowe.....

3.5. Podkonstrukcje urządzeń.....

4. Uwagi końcowe .....

II. Oświadczenie autorów projektu, uprawnienia, zaświadczenia.....

III. Wyciąg z obliczeń .....

1.0 Wiązar drewniany .....

1.1 Zebranie obciążeń .....

1.2 Schemat statyczny.....

1.3 Siły wewnętrzne.....

1.4 Wymiarowanie .....

2.0 Nadproża – 1. piętro .....

2.1. Zebranie obciążeń .....

2.2. Schemat statyczny.....

2.3. Nadproże N12 .....

2.4. Nadproże N18 .....

3.0. Strop .....

3.1. Zebranie obciążeń .....

3.2. Schemat statyczny.....

3.3. Miejsce zebrania obciążeń – pod serwerownią.....

3.4. Reakcje podporowe.....

4.0. Nadproże na parterze – N1 .....

4.1. Zebranie obciążeń .....

4.2. Siły wewnętrzne.....

4.3. Wymiarowanie .....

Informacje dotyczące bezpieczeństwa i ochrony zdrowia .....

Dokumentacja rysunkowa .....

Zestawienie rysunków .....

---

## **Ekspertyza techniczna**

---

---

## ***Zawartość opracowania:***

Podstawa opracowania

Przedmiot opracowania

Cel ekspertyzy

Materiały i dokumenty wykorzystane w opracowaniu

Skrócony opis budynków

Ocena stanu technicznego elementów konstrukcyjnych budynków

Zalecenia i uwagi

Wnioski końcowe

---

---

## **1. Podstawa opracowania**

Podstawa niniejszego opracowania jest zlecenie Inwestora.

## **2. Przedmiot opracowania**

Przedmiotem ekspertyzy jest określenie stanu technicznego budynku przemysłowego pod kątem zmiany sposobu użytkowania na Kociewskie Centrum Kształcenia Ustawicznego. Budynek położony w Starogardzie Gdańskim przy ul. Kościuszki 15, działka nr 326/6 i 327/1, obręb 17.

## **3. Materiały i dokumenty wykorzystane w opracowaniu**

- wizja lokalna, szczegółowe oględziny obiektów;
- inwentaryzacja - czerwiec 2015r.;
- dokumentacja fotograficzna;
- koncepcja przebudowy i modernizacji budynku;
- obowiązujące normy i przepisy budowlane;

## **4. Skrócony opis budynków**

Budynek niepodpiwniczony, dwukondygnacyjny. Ściany z cegły pełnej, fundamenty kamienne. Strop między kondygnacyjny żelbetowy belkowy. Konstrukcja dachu drewniana, więzary główne dwuprzęsłowe oparte na ścianach zewnętrznych oraz podciągu i słupach drewnianych. W budynku znajduje się wewnętrzna klatka schodowa, schody zabiegowe (dwubiegowe) monolityczne, żelbetowe. Budynek nie zaizolowany termicznie, obecnie nieużytkowany, instalacje elektryczne, wod.-kan., c.o. odłączone.

## **5. Ocena stanu technicznego elementów konstrukcyjnych budynków**

W trakcie oględzin budynków dokonano oceny stanu technicznego elementów konstrukcyjnych a w szczególności:

- ścian fundamentowych, ścian i nadproży okiennych i drzwiowych;
  - konstrukcji stropu i schodów wewnętrznych;
  - konstrukcji dachu i elementów podtrzymujących
-

---

## **Fundamenty**

Ściany fundamentowe kamienne do ok 30cm p.p.t.. Ściany nie wykazują rys i spękań co świadczy o prawidłowej pracy fundamentów. Stan fundamentów jest zadowalający.

## **Ściany**

Ściany nośne parteru i poddasza z cegły pełnej, zewnętrzne: z 1,5 cegły, wewnętrzne: z 1 cegły. Ściany w ogólnym dobrym stanie technicznym, bez uszkodzeń które mogłyby świadczyć o ich nadmiernym wyężeniu lub nieprawidłowej pracy.

W ścianach stwierdzono jedynie niewielkie uszkodzenia o charakterze mechanicznym,

Część ścian zawilgocona, w szczególności ściana szczytowa znajdująca się po stronie północnej budynku.

## **Belki, nadproża**

Stan belek i nadproży kondygnacji nadziemnych budynku zadowalających, nie stwierdzono rys i spękań.

## **Stropy**

Strop nad parterem w zadowalającym stanie technicznym. Nie stwierdzono nadmiernych ugięć oraz oznak, że nośność stropu jest przekroczona.

## **Schody**

Schody wewnętrzne, monolityczne w zadowalającym stanie. Nie stwierdzono niepokojących uszkodzeń.

## **Dach**

Drewniane więzary konstrukcji dachu w dobrym stanie. Na etapie wykonywania ekspertyzy nie stwierdzono nadmiernych uszkodzeń spowodowanych korozją biologiczną. Pokrycie dachu szczelne, na elementach sufitu podwieszanego nie zauważono plam i wykwitów mogących świadczyć o jego zalewaniu.

---

---

## ***Posadzki***

Posadzki na parterze w zadowalającym stanie. Posadzki mają różny poziom, występują progi pomiędzy poszczególnymi pomieszczeniami.

Brak posadzek na stropie nad parterem, warstwy wykończeniowe ułożone bezpośrednio na stropie.

## ***Izolacje***

Stan izolacji niedostateczny. Na ścianach fundamentowych oraz na ścianach obciążonych parciem gruntu (ściana szczytowa elewacji północnej wzdłuż której biegną schody terenowe) widoczne wykwyty i liczne zawilgocenia co świadczy o braku skutecznie działającej izolacji pionowej.

## ***6. Zalecenia i uwagi***

W celu dalszego bezpiecznego użytkowania budynków oraz możliwości zmiany sposobu użytkowania z przeznaczeniem na Kociewskie Centrum Kształcenia Ustawicznego należy spełnić zalecenia:

- należy osuszyć ściany fundamentowe parteru i wykonać prawidłową, skutecznie działającą izolację pionową i poziomą ścian; proponuje się wstępne osuszenie metodą mikrofalową, następnie zabezpieczenie ścian przed podciąganiem kapilarnym poprzez wykonanie iniekcji ciśnieniowej np. przepony z mikroemulsji silikonowej oraz izolacji pionowej ścian.
  - wykonać na nowo posadzkę na gruncie w poziomie parteru, przewidzieć prawidłowe warstwy i izolację z emulsji mineralnej lub papy termozgrzewalnej;
  - z uwagi na zmniejszenie zmiennych obciążeń użytkowych stropu nad parterem nie ma konieczności jego wzmacniania, nośność stropu nie zostanie przekroczona.
  - w ścianach nośnych w których planuje się zmianę otworów i przebiega instalacyjne należy przewidzieć wzmocnienia. Proponuje się zastosowanie profili stalowych o przekroju dobrany na podstawie szczegółowych obliczeń statycznych.
-



- 
- szczegółową ocenę elementów konstrukcji nośnej dachu należy przeprowadzić w trakcie wykonywania robót, po demontażu poszycia i warstw wykończeniowych. Wszystkie skorodowane, uszkodzone elementy należy bezwzględnie wymienić. Należy sprawdzić nośność konstrukcji dachu i przewidzieć ewentualną konieczność jej wzmocnienia z uwagi na obowiązujące normy obciążeniowe śniegiem i wiatrem jak również nowoprojektowane warstwy i urządzenia.

## **7. Wnioski końcowe**

Oświadczam, że bryła istniejącego budynku przemysłowego znajdującego się na działkach nr 326/6, 327/1 obręb 17 w Starogardzie Gdańskim, jak również przyjęte rozwiązania konstrukcyjne, pozwalają przebudowę i zmianę sposobu użytkowania budynku. Budynek jest w ogólnym dobrym stanie technicznym, przed lub w trakcie planowanej przebudowy wymaga spełnienia uwag i zaleceń zawartych w powyższym opracowaniu.

*Opracował:*

*mgr inż. Łukasz Dymura*

*Nr upr.: POM/0125/POOK/11*

---



## Projekt konstrukcyjny

---

---

## I. Opis techniczny

### 1. Przedmiot i podstawa opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt budowlany przebudowy budynku przemysłowego na Kocięskie Centrum Kształcenia Ustawicznego, Starogard Gdański, ul. Kościuszki 15, działka nr 326/6 i 327/1, obręb 17. Budynek niepodpiwniczony, składający się z 2 kondygnacji nadziemnych ze stropem międzykondygnacyjnym żelbetowym belkowym. Przebudowa obejmuje wykonanie izolacji zewnętrznej, wymianę stolarki okiennej, montaż windy w istniejącym szybie, wymiana instalacji w tym zamontowanie central wentylacyjnych i instalacji fotowoltaicznej na dachu budynku.

Podstawę opracowania stanowi:

- 1) zlecenie Inwestora;
- 2) audyt energetyczny;
- 3) obowiązujące normy i przepisy budowlane.

### 2. Inwestor

Inwestorem jest:

Starostwo Powiatowe w Starogardzie  
ul. Kościuszki 15  
83-200 Starogard Gdański

### 3. Opis poszczególnych części konstrukcji

Konstrukcja obiektu składa się z układu ścian murowanych grubości 46cm na których zostały oparte stropy monolityczne, żelbetowe. Wiązary drewniane konstrukcji dachu opiera się na ścianach zewnętrznych oraz belce i słupach drewnianych. Konstrukcję nośną stropów stanowią belki żelbetowe na których oparto płytę monolityczną, grubości 14-22cm. W budynku znajduje wewnętrzną klatkę schodową,

---

schody zabiegowe, płytowe, monolityczne. Obiekt został posadowiony na kamiennych ławach fundamentowych.

Zakres przebudowy nie zakłada zmian w istniejącym głównym układzie konstrukcyjnym. Z uwagi na zmianę obciążeń projektuje się wzmocnienie wiązara dachowego. W ścianach zewnętrznych nad nowoprojektowanymi otworami przewidziano wykonanie nadproży stalowych, zgodnie z rysunkami.

### **3.1. Nadproża**

Nadproża należy wykonać z dwóch belek IPE120 lub IPE200 ze stali S235. W miejscu oparcia belek na murze należy wykonać poduszkę betonową z betonu B20 grubości ok. 8cm. Należy odkuć mur z jednej strony nad projektowanym otworem, a następnie umieścić pierwszą belkę. Następnie wykonać analogiczną procedurę po drugiej stronie montowanego nadproża. Obie belki łączyć ze sobą za pomocą śrub fi16 klasy 5.8 umiejscowionych w tulei dystansowej w rozstawie co 30cm. Istniejąca, pozostawiana konstrukcję nadproży należy wzmocnić za pomocą kątowników L120x120x10, pionowych blach o wymiarach 10x100x260 oraz blach 10x100 długości zależnej od szerokości muru – zgodnie z dokumentacją rysunkową. Wszystkie spoiny wykonać jako obwodowe, pachwinowe grubości 4mm. Wolne przestrzenie wokół kształtowników wypełnić zaprawą M15. W przypadku wykonania nowych nadproży poniżej istniejącej konstrukcji, wolną przestrzeń wymurować z cegły lub wypełnić betonem B20. Otwory w ścianach wykonać w ostatnim etapie, po wykonaniu belek nadprożowych.

### **3.2. Wiązar drewniany**

Należy wzmocnić wiązar drewniany za pomocą desek grubości 22mm przybijanych obustronnie. Stosować elementy z drewna klasy C24 o długości dobranej indywidualnie do poszczególnych elementów. Deski przybijać gwoździami o średnicy 3mm, długości 75mm, w 3 rzędach umiejscowionych zgodnie z rysunkiem. Rozstaw gwoździ 400mm. Stosować w węzłach stalowe płytki przymocowane po obu stronach konstrukcji za pomocą wkrętów do drewna.

---

### **3.3. Rozbiórki**

Rozbiórki i wyburzenia ścian w miejscu projektowanych otworów należy przeprowadzać dopiero po wbudowaniu nowych nadproży zgodnie z projektem. Materiał z rozbiórki należy zutylizować w odpowiedni sposób niezagrażający środowisku.

### **3.4. Wypełnienia istniejących ścian i projektowane ściany działowe**

Projektowane zamurowania i wypełnienia należy dostosować do grubości istniejących ścian. Jako materiał wypełniający należy stosować cegłę pełną lub bloczki z betonu komórkowego.

Nowoprojektowane ściany działowe, zwłaszcza na stropie nad parterem należy wykonać w konstrukcji lekkiej np. z płyt kartonowo-gipsowych na stelarzy.

### **3.5. Podkonstrukcje urządzeń**

Podkonstrukcję stalową pod elementy techniczne systemu klimatyzacji należy wykonać zgodnie z projektem wykonawczym..

## **4. Uwagi końcowe**

Wszelkie zmiany należy uzgadniać z Inwestorem i Biurem Projektowym. Przed przystąpieniem do prac związanych z zadaniem inwestycyjnym należy poinstruować pracowników na temat zagrożeń wynikających z zakresu prac, zaznajomić ich z przewidywanymi zagrożeniami oraz ze sposobem ich zapobiegania. Przez cały okres zamierzenia inwestycyjnego należy przypominać robotnikom o niebezpieczeństwie wynikającym z robót, które będą wykonywać. Do pracy należy dopuszczać jedynie osoby posiadające odpowiednie kwalifikacje i przygotowanie. Ponadto w trakcie realizacji powyższego zadania inwestycyjnego musi być zapewnione przestrzeganie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy zawartych w Rozporządzeniu MP i PS z dnia 26.09.1997 roku.

W celu likwidacji lub zmniejszenia zagrożeń podczas realizacji powyższego zadania inwestycyjnego proponuje się podjęcie następujących środków zapobiegawczych:

- oznakowanie tymczasowej drogi ewakuacyjnej;
-

- 
- oznakowanie i zabezpieczenie stref niebezpiecznych;
  - posiadanie gaśnic podręcznych znajdujących się w dobrze oznakowanym i dostępnym miejscu na budowie;
  - posiadanie przez robotników podstawowego sprzętu bhp tj. kaski, ubiór ochronny, rękawice, itp.;
  - posiadanie przez kierownika budowy podstawowego sprzętu reanimacyjnego ratującego życie, apteczki, itp.;
  - stosowanie materiałów budowlanych oraz wykorzystywanie sprzętu dopuszczonego do stosowania oraz posiadającego odpowiednie atesty;
  - ograniczenie wstępu na plac budowy jedynie do osób do tego przygotowanych (odpowiednie szkolenia, sprawności fizyczna, stan zdrowia, wyposażenie i ubiór, itd.) oraz do osób, których przebywanie jest konieczne dla procesu budowy;
  - przechowywanie w stałym miejscu ( biuro kierownika budowy )i udostępnienie dokumentacji budowy oraz instrukcji obsługi maszyn i urządzeń bhp, pierwszej pomocy, itp.;
  - konsultowanie z projektantem konstrukcji wszelkich niebezpiecznych robót budowlanych ( nadzór autorski )

*Opracował:*  
*mgr inż. Łukasz Dymura*

---

---

## II. Oświadczenie autorów projektu, uprawnienia, zaświadczenia

### O ś w i a d c z e n i e

Oświadczam, że niniejsze opracowanie: "Projekt przebudowy budynku przemysłowego na Kociewskie Centrum Kształcenia Ustawicznego, Starogard Gdański, ul. Kościuszki 15, działka nr 326/6 i 327/1, obręb 17", zostało wykonane zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej. (art. 20 ust. 4 - Prawo budowlane).

PROJEKTANT

*mgr inż. Łukasz Dymura*

SPRAWDZAJĄCY

*mgr inż. Marcin Zieliński*

---

### III. Wyciąg z obliczeń

#### 1.0 Wiązar drewniany

Rozpiętość:  $L=11,61$  m

Wysokość:  $H=1,055$  m

#### 1.1 Zebranie obciążeń

##### a) Obciążenie śniegiem

Strefa III obciążenia śniegiem

- obciążenie charakterystyczne śniegiem

$$Q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

- nachylenie dachu

$$10,06^\circ$$

- współczynnik kształtu dachu

$$C_1 = 0,8$$

- obciążenie charakterystyczne dachu

$$S_{k1} = 0,96 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- współczynnik obciążeń

$$\gamma_f = 1,5$$

##### b) Obciążenie wiatrem

Strefa I obciążenia wiatrem

- obc. charakterystyczne wiatrem

$$q_k = 0,25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- wsp. Ekspozycji

$$C_e = 1$$

- wsp. Działania porywu wiatru

$$\beta = 1,8$$

- wsp. Aerodynamiczny

Strona nawietrzna

$$C_1 = -0,9$$

Strona zawietrzna

$$C_2 = -0,4$$

Obciążenie wiatrem

Strona nawietrzna

$$p_{k1} = q_k * C_e * C_1 * \beta = 0,25 * 1 * (-0,9) * 1,8 =$$

$$-0,41 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

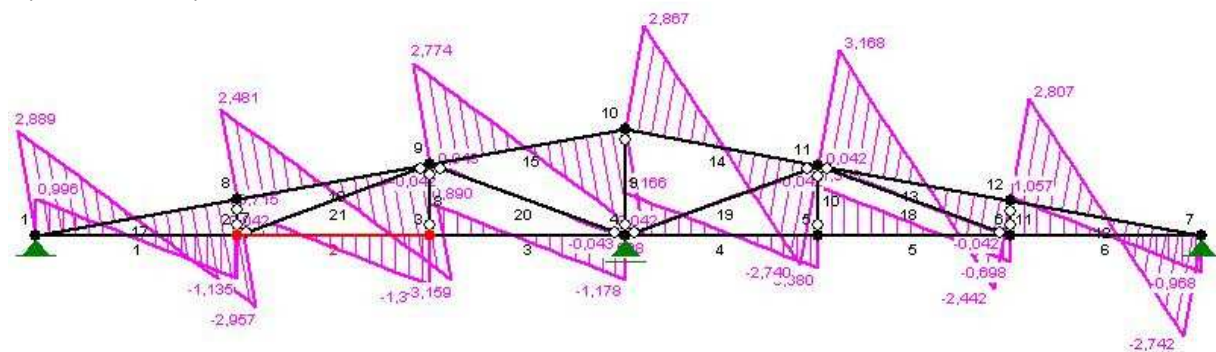
Strona zawietrzna

$$p_{k2} = q_k * C_e * C_2 * \beta = 0,25 * 1 * (-0,4) * 1,8 =$$

$$-0,18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

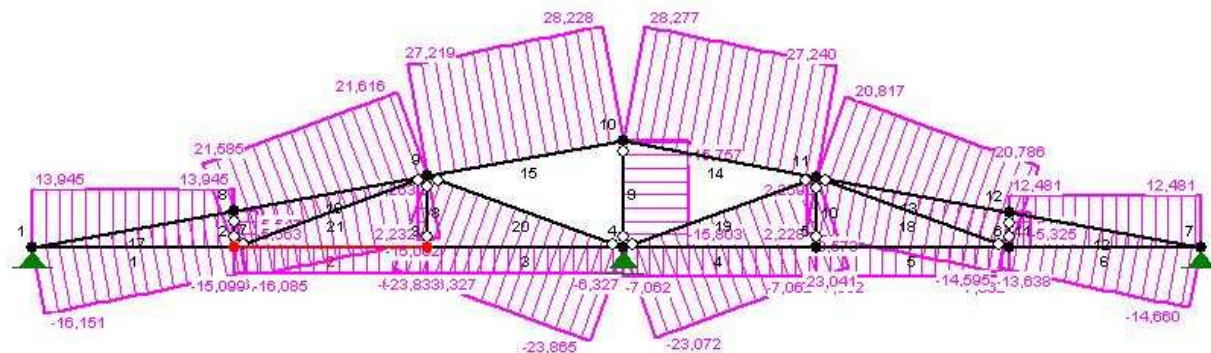
##### c) Obciążenia stałe

Obciążenia zebrane na 1mb wiązara	Obc. Char [kN/m]	$\gamma_f$	Obc. Obl [kN/m]
instalacja OZ	0,40	1,20	0,48
blacha tytan.-cynk łączona na rąbek stojący	0,22	1,20	0,26
warstwa rozdzielająca	0,20	1,20	0,24
papa termozgrzewalna	0,06	1,20	0,07
papa podkładowa	0,06	1,20	0,07
Pas dolny wiązara			
24 cm projektowana wełna mineralna (1kN/m <sup>3</sup> * 0,24m)	0,24	1,20	0,29
sufit podwieszany (2x płyta GK) 2x0,15 kN/m <sup>2</sup>	0,30	1,20	0,36





## Wykres sił normalnych [kN]

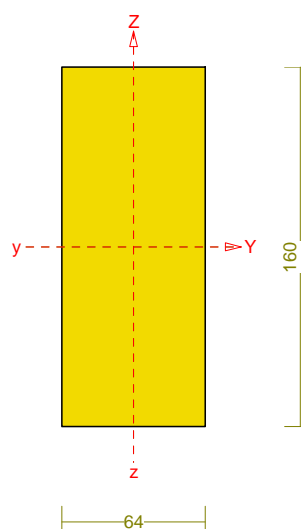


## 1.4 Wymiarowanie

### 1.4.1 Krzyżulce

#### Pręt nr 20

Zadanie: Wiazar drewniany



**Przekrój:** 4 „B 16,0x6,4”

Wymiary przekroju:

$h=160,0 \text{ mm}$   $b=64,0 \text{ mm}$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{yg}=2184,5$ ;  $J_{zg}=349,5 \text{ cm}^4$ ;  $A=102,40 \text{ cm}^2$ ;  $i_y=4,6$ ;  $i_z=1,8 \text{ cm}$ ;  $W_y=273,1$ ;  $W_z=109,2 \text{ cm}^3$ .

#### Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

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

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

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

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{c,90,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

## Sprawdzenie nośności pręta nr 20

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=2,07 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „ABCDE”.

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,066 = 2,066 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,066 = 2,066 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,066 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 2,066 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,066 / 0,0462 = 44,73$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,066 / 0,0185 = 111,82$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (44,73)^2 = 36,51 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (111,82)^2 = 5,84 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/36,51} = 0,758$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/5,84} = 1,896$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,758 - 0,5) + (0,758)^2] = 0,813$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,896 - 0,5) + (1,896)^2] = 2,437$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,813 + \sqrt{0,813^2 - 0,758^2}) = 0,903$$



$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,437 + \sqrt{2,437^2 - 1,896^2}) = 0,252$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 102,40 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 23,940 / 102,40 \times 10 = \mathbf{2,34} < \mathbf{2,44} = 0,252 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

**Ściskanie ze zginaniem** dla  $x_a=1,03 \text{ m}$ ;  $x_b=1,03 \text{ m}$ , przy obciążeniach „ABCDE”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{2,34}{0,903 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} + \frac{0,09}{11,08} = \mathbf{0,275} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{2,34}{0,252 \times 9,69} + \frac{0,00}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,09}{11,08} = \mathbf{0,962} < \mathbf{1}$$

**Nośność na zginanie:**

Wyniki dla  $x_a=1,03 \text{ m}$ ;  $x_b=1,03 \text{ m}$ , przy obciążeniach „ABCDE”.

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 2066 + 160 + 160 = 2386 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2386 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 64^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{4 \times 11000}{690}} = 0,421$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,024 / 273,07 \times 10^3 = \mathbf{0,09} < \mathbf{11,08} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=1,03 \text{ m}$ ;  $x_b=1,03 \text{ m}$ , przy obciążeniach „ABCDE”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,09}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,008} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,09}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,005} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=1,03 \text{ m}$ ;  $x_b=1,03 \text{ m}$ , przy obciążeniach „ABCDE”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,34^2}{9,69^2} + \frac{0,09}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,066} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,34^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{0,09}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,064} < \mathbf{1}$$

**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=2,07 \text{ m}$ , przy obciążeniach „ABCDE”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,046 / 102,40 \times 10 = 0,01 \text{ MPa}$$



$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 102,40 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,01^2 + 0,00^2} = 0,01 < 1,15 = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

### Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,07$  m, przy obciążeniach „ABCDE”.

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 13,8 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + „BCDE”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -1,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2066)^2] (1 + 0,60) = -1,7 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („A”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,4 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2066)^2] (1 + 0,60) = -0,7 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

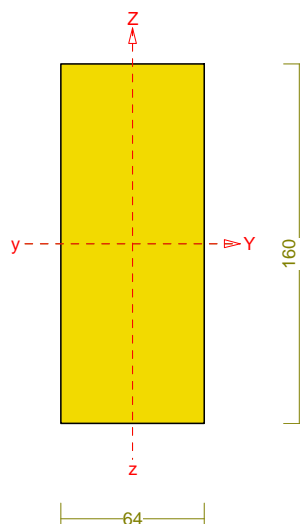
Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -1,7 + -0,7 = 2,4 < 13,8 = u_{\text{net,fin}}$$

## 1.4.2. Słupki

### Pręt nr 9

Zadanie: Wiazar drewniany



**Przekrój: 5 „B 16,0x6,4”**

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=64,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=2184,5; J_z=349,5 \text{ cm}^4; A=102,40 \text{ cm}^2; i_y=4,6; i_z=1,8 \text{ cm}; W_y=273,1; W_z=109,2 \text{ cm}^3.$$

### Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

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

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

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

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{c,90,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

### Sprawdzenie nośności pręta nr 9

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

#### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,05 \text{ m}$ , przy obciążeniach „ABCDE”.

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,055 = 1,055 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,055 = 1,055 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 1,055 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 1,055 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,055 / 0,0462 = 22,84$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,055 / 0,0185 = 57,10$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (22,84)^2 = 139,99 \text{ MPa}$$



$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (57,10)^2 = 22,40 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/139,99} = 0,387$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/22,40} = 0,968$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,387 - 0,5) + (0,387)^2] = 0,564$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,968 - 0,5) + (0,968)^2] = 1,016$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,564 + \sqrt{0,564^2 - 0,387^2}) = 1,027$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,016 + \sqrt{1,016^2 - 0,968^2}) = 0,756$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 102,40 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 15,845 / 102,40 \times 10 = \mathbf{1,55} < \mathbf{7,33} = 0,756 \times 9,69 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

### Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla  $x_a = 1,05 \text{ m}$ ;  $x_b = 0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „ABCDE”.

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 7,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + „BCDE”):

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/1055)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (64,0/1055)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („A”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/1055)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (64,0/1055)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

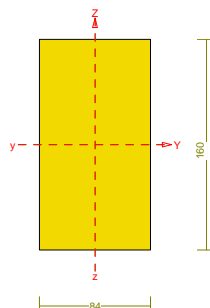
Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = 0,0 + 0,0 = \mathbf{0,0} < \mathbf{7,0} = u_{net,fin}$$

### 1.4.3. Pas górny

#### Pręt nr 15

Zadanie: Wiazar drewniany



---

### Przekrój: 1 „B 16,0x8,4”

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=84,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=2867,2; \quad J_z=790,3 \text{ cm}^4; \quad A=134,40 \text{ cm}^2; \quad i_y=4,6; \quad i_z=2,4 \text{ cm}; \quad W_y=358,4; \quad W_z=188,2 \text{ cm}^3.$$

### Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

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

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

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

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{c,90,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

### Sprawdzenie nośności pręta nr 15

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

#### Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla  $x_a=1,97 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „ABCDE”.

Pole powierzchni przekroju netto  $A_n = 134,40 \text{ cm}^2$ .

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 28,310 / 134,40 \times 10 = \mathbf{2,11} < \mathbf{6,46} = f_{t,0,d}$$

#### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=1,97 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „ABCDE”.

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni **górnej**, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 1970 + 160 + 160 = 2290 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2290 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 84^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,314$$

---

Wartość współczynnika zwichtwienia:

$$\text{dla } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \quad k_{\text{crit}} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,191 / 358,40 \times 10^3 = \mathbf{3,32} < \mathbf{11,08} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=1,97$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „ABCDE”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,11}{6,46} + \frac{3,32}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,626} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,11}{6,46} + 0,7 \times \frac{3,32}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,536} < \mathbf{1}$$

**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=1,97$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „ABCDE”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 2,903 / 134,40 \times 10 = 0,32 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 134,40 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,32^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,32} < \mathbf{1,15} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,97$  m, przy obciążeniach „ABCDE”.

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 13,1 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + „BCDE”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -1,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/1970)^2] (1 + 0,60) = -1,8 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („A”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,4 \times [1 + 19,2 \times (160,0/1970)^2] (1 + 0,60) = -0,7 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia całkowite:

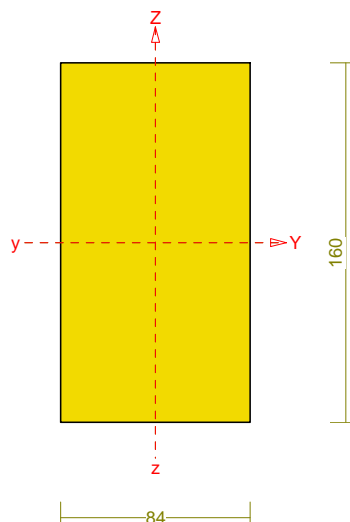
$$u_{z,\text{fin}} = -1,8 + -0,7 = \mathbf{2,5} < \mathbf{13,1} = u_{\text{net,fin}}$$



#### 1.4.4. Pas dolny

##### Pręt nr 1

Zadanie: Wiazar drewniany



**Przekrój: 1 „B 16,0x8,4”**

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=84,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=2867,2; \quad J_z=790,3 \text{ cm}^4; \quad A=134,40 \text{ cm}^2; \quad i_y=4,6; \quad i_z=2,4 \text{ cm}; \quad W_y=358,4; \quad W_z=188,2 \text{ cm}^3.$$

##### **Własności techniczne drewna:**

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

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

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

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

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{c,90,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

## Sprawdzenie nośności pręta nr 1

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

### Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,00$  m, przy obciążeniach „ABCDE”.

Pole powierzchni przekroju netto  $A_n = 134,40 \text{ cm}^2$ .

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 13,983 / 134,40 \times 10 = \mathbf{1,04} < \mathbf{6,46} = f_{t,0,d}$$

### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=0,88$  m;  $x_b=1,13$  m, przy obciążeniach „ABCDE”.

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 2000 + 160 + 160 = 2320 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2320 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 84^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,316$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,798 / 358,40 \times 10^3 = \mathbf{2,23} < \mathbf{11,08} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=0,88$  m;  $x_b=1,13$  m, przy obciążeniach „ABCDE”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,04}{6,46} + \frac{2,23}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,362} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,04}{6,46} + 0,7 \times \frac{2,23}{11,08} + \frac{0,00}{11,08} = \mathbf{0,302} < \mathbf{1}$$

### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=2,00$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „ABCDE”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 1,140 / 134,40 \times 10 = 0,13 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 134,40 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,13^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,13} < \mathbf{1,15} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

### Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla  $x_a=1,88$  m;  $x_b=0,13$  m, przy obciążeniach „ABCDE”.



Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 200 = 10,0 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas  $u_{\text{net,fin}} = 15,0 \text{ mm}$ .

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + „BCDE”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -2,2 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2000)^2] (1 + 0,60) = -4,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („A”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Krótkotrwałe** (mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,9 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2000)^2] (1 + 0,00) = -1,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

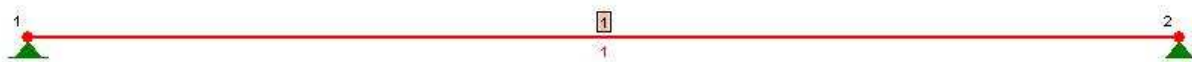
$$u_{z,\text{fin}} = -4,0 + -1,0 = 5,0 < 15,0 = u_{\text{net,fin}}$$

## 2.0. Nadproża – 1. piętro

### 2.1. Zebranie obciążeń

Obciążenia zebrane na 1mb wiązara	Obc. Char [kN/m]	$Y_f$	Obc. Obl [kN/m]
konstrukcja muru powyżej nadproża 0,917 m <sup>2</sup> (20 kN/m <sup>3</sup> *0,917)	18,34	1,20	22,01
reakcja z dachu i wiązara (wart. obl.)	6,70	1,00	6,70
Suma	25,04	kN/m	28,71

### 2.2. Schemat statyczny



Długość obliczeniowa przyjęto  $L = 1,05 * L$

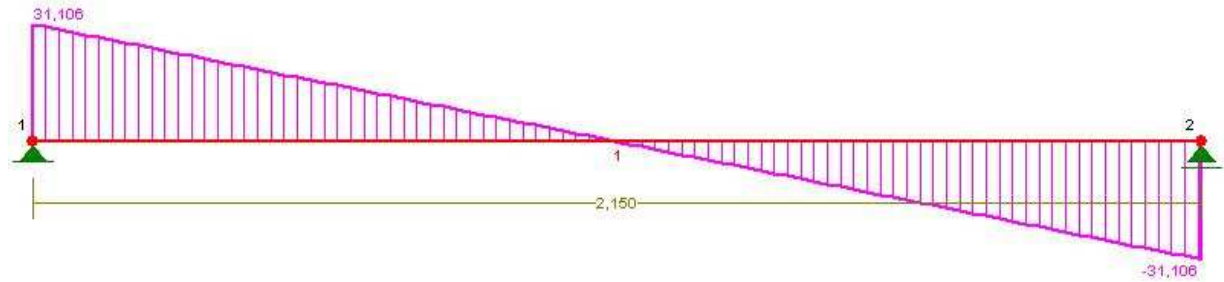
### 2.3. Nadproże N12

#### 2.3.1. Siły wewnętrzne

Wykres momentów zginających [kNm]



### Wykres sił tnących [kN]

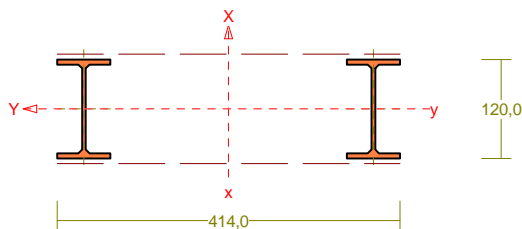


## 2.3.2. Wymiarowanie

### Pręt nr 1

Zadanie: n12-góra

Przekrój: 2 I 120 PE



Wymiary przekroju:

I 120 PE  $h=120,0$   $g=4,4$   $s=64,0$   $t=6,3$   $r=7,0$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=8140,4$   $J_{yg}=636,0$   $A=26,40$   $i_x=17,6$   $i_y=4,9$   $J_w=1779,2$   $J_t=3,3$   $i_s=18,2$ .

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość  $f_d=215$  MPa dla  $g=6,3$ .

### Siły przekrojowe:

$x_a = 1,075$ ;  $x_b = 1,075$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: AB

$N = 0,000$  kN,

$M_y = 16,720$  kNm,  $V_x = -0,000$  kN.

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 157,7$  MPa  $\sigma_c = -157,7$  MPa.

### Połączenie gałęzi:

Przyjęto, że gałęzie połączone są przewiązkami o szerokości  $b = 100,0$  mm i grubości  $g = 8,0$  mm w odstępach  $l_1 = 777,0$  mm, wykonanymi ze stali St3S (X,Y,V,W).



Smukłość gałęzi:

$$\lambda_v = \lambda_1 = l_1 / i_1 = 777,0 / 14,5 = 53,59$$

$$\lambda_p = 84 \sqrt{215 / f_d} = 84 \times \sqrt{215 / 215} = 84,00$$

### Współczynniki redukcji nośności:

Współczynnik niestateczności dla ścianki przy ściskaniu wynosi  $\varphi_p = 1,000$ . Współczynnik niestateczności gałęzi wynosi:

$$\bar{\lambda} = \lambda_1 / \lambda_p = 53,59 / 84,00 = 0,638 \Rightarrow \varphi_1 = 0,875.$$

W związku z tym współczynniki redukcji nośności wynoszą:

- dla zginana względem osi Y:  $\psi_y = 1,000$

### Smukłość zastępcza pręta:

- dla wyboczenia w płaszczyźnie prostopadłej do osi X

$$\lambda = l_{wx} / i_x = 2150,0 / 175,6 = 12,24$$

$$\lambda_m = \sqrt{\lambda^2 + \lambda_v^2} = \sqrt{12,24^2 + 53,59^2} = 54,97$$

$$\bar{\lambda}_m = \frac{\lambda_m}{\lambda_p} \sqrt{\psi_0} = \frac{54,97}{84,00} \times \sqrt{0,875} = 0,612$$

### Nośność przewiązek:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 2,150$ .

Przewiązki prostopadłe do osi X:

$$Q = 1,2 V = 1,2 \times 0,000 = 0,000 \text{ kN}$$

$$Q \geq 0,012 A f_d = 0,012 \times 26,40 \times 215 \times 10^{-1} = 6,811 \text{ kN}$$

Przyjęto  $Q = 6,811 \text{ kN}$

$$V_Q = \frac{Q l_1}{n(m-1)a} = \frac{6,811 \times 777,0}{2 \times (2-1) \times 350,0} = 7,560 \text{ kN} \quad M_Q = \frac{Q l_1}{m n} = \frac{6,811 \times 0,8}{2 \times 2} = 1,323 \text{ kNm}$$

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_v f_d = 0,58 \times 1,000 \times 0,9 \times 100,0 \times 8,0 \times 215 \times 10^{-3} = 89,784 \text{ kN}$$

$$M_R = W f_d = 8,0 \times 100,0^2 / 6 \times 215 \times 10^{-6} = 2,867 \text{ kNm}$$

$$V_Q = 7,560 < 89,784 = V_R \quad M_Q = 1,323 < 2,867 = M_R$$

### Naprężenia:

$x_a = 1,075$ ;  $x_b = 1,075$ .

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 157,7 \text{ MPa}$   $\sigma_c = -157,7 \text{ MPa}$ .

Naprężenia:

- normalne:  $\sigma = 0,0$   $\Delta\sigma = 157,7 \text{ MPa}$   $\psi_{oc} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 157,7 = 157,7 < 215 \text{ MPa}$$

### Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 2,150$$

$$l_w = 1,000 \times 2,150 = 2,150 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 2,150$$

$$l_w = 1,000 \times 2,150 = 2,150 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega o} = 2,150 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 2,150 \text{ m}$ .

### Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 8140,4}{2,150^2} 10^{-2} = 35630,542 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 636,0}{2,150^2} 10^{-2} = 2783,773 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) =$$

$$\frac{1}{18,2^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 1779,2}{2,150^2} 10^{-2} + 80 \times 3,3 \times 10^2 \right) = 1,000000\text{E}+20 \text{ kN}$$

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 1,075$ ;  $x_b = 1,075$ .

- względem osi Y

$$M_R = \psi W_c f_d = 1,000 \times 106,0 \times 215 \times 10^{-3} = 22,790 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla  $\bar{\lambda}_L = 0,000$  wynosi  $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_y}{M_{Ry}} = \frac{16,720}{22,790} = 0,734 < 1$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 2,150$ ;  $x_b = -0,000$ .

- wzdłuż osi X

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_v f_d = 0,58 \times 1,000 \times 10,6 \times 215 \times 10^{-1} = 131,683 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 39,505 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi X:

$$V = 31,106 < 131,683 = V_R$$

### Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 1,075$ ;  $x_b = 1,075$ .

- dla zginania względem osi Y:  $V_x = 0,000 < 39,505 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 22,790 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_y}{M_{Ry,V}} = \frac{16,720}{22,790} = 0,734 < 1$$

### Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 2,150$ .

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego  $c = 100,0 \text{ mm}$ .

Naprężenia ściskające w środku wynoszą  $\sigma_c = 0,0 \text{ MPa}$ . Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 166,5 \times 4,4 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 157,509 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 157,509 = P_{R,W}$$

### Złożony stan środka

$x_a = 1,075$ ;  $x_b = 1,075$ .

Siły przekrojowe przypadające na środek i nośności środka:

$N_w$	$= 0,000$	$N_{Rw}$	$= 88,356$	kN
$M_w$	$= 0,785$	$M_{Rw}$	$= 1,375$	kNm
$V$	$= -0,000$	$V_R$	$= 131,683$	kN
$P$	$= 0,000$	$P_{Rc}$	$= 157,509$	kN

Przyjęto, że zastosowane zostaną żebra w miejscu występowania siły skupionej ( $P = 0$ ).

Współczynnik niestateczności ścianki wynosi:  $\varphi_p = 1,000$ .

Warunek nośności środka:

$$\left( \frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} + \frac{P}{P_{Rc}} \right)^2 - 3 \varphi_p \left( \frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} \right) \frac{P}{P_{Rc}} + \left( \frac{V}{V_R} \right)^2 =$$
$$\left( \frac{0,000}{88,356} + \frac{0,785}{1,375} + \frac{0,000}{157,509} \right)^2 - 3 \times 1,000 \times \left( \frac{0,000}{88,356} + \frac{0,785}{1,375} \right) \frac{0,000}{157,509} + \left( \frac{0,000}{131,683} \right)^2 = 0,326 < 1$$

### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi X liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 5,4 \text{ mm}$$

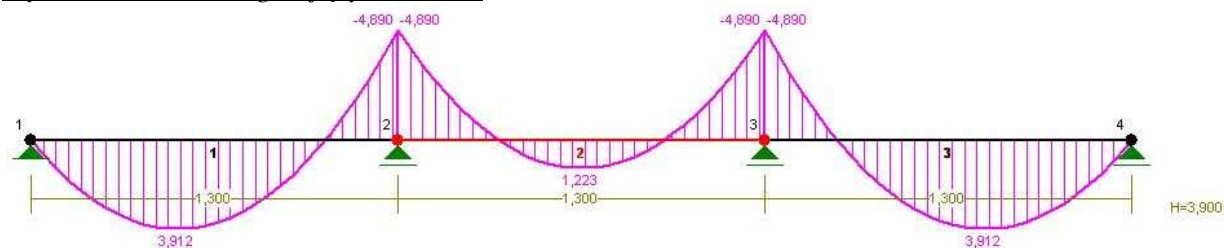
$$a_{\text{gr}} = l / 150 = 2150 / 150 = 14,3 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 5,4 < 14,3 = a_{\text{gr}}$$

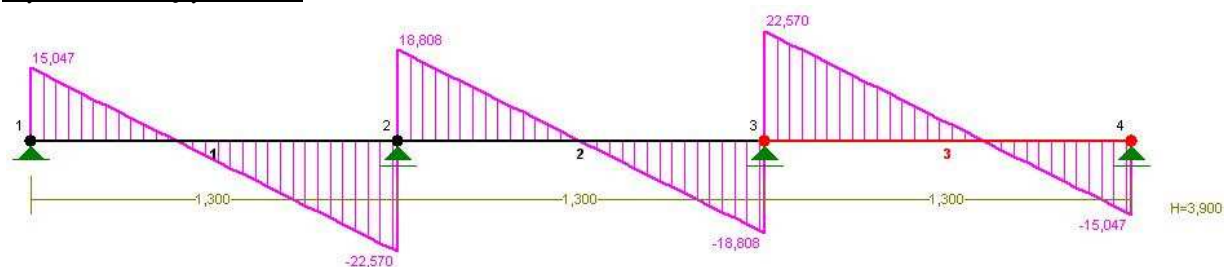
## 2.4. Nadproże N18

### 2.4.1. Siły wewnętrzne

Wykres momentów zginających [kNm]



Wykres sił tnących [kN]

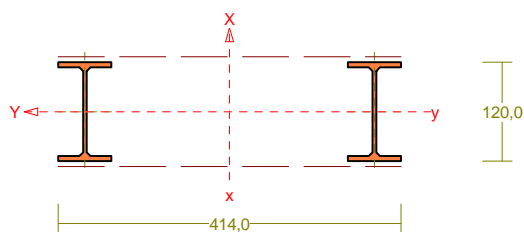


### 2.4.2. Wymiarowanie

#### Pręt nr 2

Zadanie: N16-dl3700mm

Przekrój: 2 I 120 PE



Wymiary przekroju:

I 120 PE  $h=120,0$   $g=4,4$   $s=64,0$   $t=6,3$   $r=7,0$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=8140,4$   $J_{yg}=636,0$   $A=26,40$   $i_x=17,6$   $i_y=4,9$   $J_w=1779,2$   $J_t=3,3$   $i_s=18,2$ .

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość  $f_d=215$  MPa dla  $g=6,3$ .

**Siły przekrojowe:**





$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,300$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

$$N = 0,000 \text{ kN},$$

$$M_y = -4,890 \text{ kNm}, \quad V_x = 18,808 \text{ kN}.$$

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 46,1 \text{ MPa}$   $\sigma_c = -46,1 \text{ MPa}$ .

### Połączenie gałęzi:

Przyjęto, że gałęzie połączone są przewiązkami o szerokości  $b = 100,0 \text{ mm}$  i grubości  $g = 8,0 \text{ mm}$  w odstępach  $l_1 = 260,0 \text{ mm}$ , wykonanymi ze stali St3S (X,Y,V,W).

Smukłość gałęzi:

$$\lambda_v = \lambda_1 = l_1 / i_1 = 260,0 / 14,5 = 17,93$$

$$\lambda_p = 84 \sqrt{215 / f_d} = 84 \times \sqrt{215 / 215} = 84,00$$

### Współczynniki redukcji nośności:

Współczynnik niestateczności dla ścianki przy ściskaniu wynosi  $\varphi_p = 1,000$ . Współczynnik niestateczności gałęzi wynosi:

$$\bar{\lambda} = \lambda_1 / \lambda_p = 17,93 / 84,00 = 0,213 \Rightarrow \varphi_1 = 0,996.$$

W związku z tym współczynniki redukcji nośności wynoszą:

$$\text{- dla zginana względem osi Y:} \quad \psi_y = 1,000$$

### Smukłość zastępcza pręta:

- dla wyboczenia w płaszczyźnie prostopadłej do osi X

$$\lambda = l_{wx} / i_x = 1300,0 / 175,6 = 7,40$$

$$\lambda_m = \sqrt{\lambda^2 + \lambda_v^2} / 2 = \sqrt{7,40^2 + 17,93^2} = 19,40$$

$$\bar{\lambda}_m = \frac{\lambda_m}{\lambda_p} \sqrt{\psi_0} = \frac{19,40}{84,00} \times \sqrt{0,996} = 0,230$$

### Nośność przewiązek:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,300$ .

Przewiązki prostopadłe do osi X:

$$Q = 1,2 V = 1,2 \times 0,000 = 0,000 \text{ kN}$$

$$Q \geq 0,012 A f_d = 0,012 \times 26,40 \times 215 \times 10^{-1} = 6,811 \text{ kN}$$

Przyjęto  $Q = 6,811 \text{ kN}$

$$V_Q = \frac{Q l_1}{n (m-1) a} = \frac{6,811 \times 260,0}{2 \times (2-1) \times 350,0} = 2,530 \text{ kN} \quad M_Q = \frac{Q l_1}{m n} = \frac{6,811 \times 0,3}{2 \times 2} = 0,443 \text{ kNm}$$

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_v f_d = 0,58 \times 1,000 \times 0,9 \times 100,0 \times 8,0 \times 215 \times 10^{-3} = 89,784 \text{ kN}$$

$$M_R = W f_d = 8,0 \times 100,0^2 / 6 \times 215 \times 10^{-6} = 2,867 \text{ kNm}$$

$$V_Q = 2,530 < 89,784 = V_R \quad M_Q = 0,443 < 2,867 = M_R$$

## Naprężenia:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,300$ .

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 46,1 \text{ MPa}$   $\sigma_c = -46,1 \text{ MPa}$ .

Naprężenia:

- normalne:  $\sigma = 0,0$   $\Delta\sigma = 46,1 \text{ MPa}$   $\psi_{oc} = 1,000$
- ścinanie wzdłuż osi X:  $A_v = 10,56 \text{ cm}^2$   $\tau = 17,8 \text{ MPa}$   $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\begin{aligned}\sigma_{ec} &= \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 46,1 = 46,1 < 215 \text{ MPa} \\ \tau_{ex} &= \tau / \psi_{ov} = 17,8 / 1,000 = 17,8 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa} \\ \sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} &= \sqrt{35,9^2 + 3 \times 17,8^2} = 47,3 < 215 \text{ MPa}\end{aligned}$$

## Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\kappa_a = 0,400 \quad \kappa_b = 0,400 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,636 \quad \text{dla } l_0 = 1,300$$

$$l_w = 0,636 \times 1,300 = 0,827 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 1,300$$

$$l_w = 1,000 \times 1,300 = 1,300 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{ow} = 1,300 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 1,300 \text{ m}$ .

## Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 8140,4}{1,300^2} 10^{-2} = 97456,912 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 636,0}{0,827^2} 10^{-2} = 18823,908 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) =$$

$$\frac{1}{18,2^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 1779,2}{1,300^2} 10^{-2} + 80 \times 3,3 \times 10^2 \right) = 1,000000\text{E}+20 \text{ kN}$$

## Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,300$ .

- względem osi Y

$$M_R = \psi W_c f_d = 1,000 \times 106,0 \times 215 \times 10^{-3} = 22,790 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla  $\bar{\lambda}_L = 0,000$  wynosi  $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_y}{M_{Ry}} = \frac{4,890}{22,790} = 0,215 < 1$$



### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,300$ .

- wzdłuż osi X

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_v f_d = 0,58 \times 1,000 \times 10,6 \times 215 \times 10^{-1} = 131,683 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 39,505 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi X:

$$V = 18,808 < 131,683 = V_R$$

### Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,300$ .

- dla zginania względem osi Y:  $V_x = 18,808 < 39,505 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 22,790 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_y}{M_{Ry,V}} = \frac{4,890}{22,790} = 0,215 < 1$$

### Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,300$ .

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego  $c = 100,0 \text{ mm}$ .

Naprężenia ściskające w środku wynoszą  $\sigma_c = 35,9 \text{ MPa}$ . Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 35,9 / 215 = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 166,5 \times 4,4 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 157,509 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 157,509 = P_{R,W}$$

### Złożony stan środka

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,300$ .

Siły przekrojowe przypadające na środek i nośności środka:

$N_w$	$= 0,000$	$N_{Rw}$	$= 88,356$	kN
$M_w$	$= 0,230$	$M_{Rw}$	$= 1,375$	kNm
$V$	$= 18,808$	$V_R$	$= 131,683$	kN
$P$	$= 0,000$	$P_{Rc}$	$= 157,509$	kN

Przyjęto, że zastosowane zostaną żebra w miejscu występowania siły skupionej ( $P = 0$ ).

Współczynnik niestateczności ścianki wynosi:  $\varphi_p = 1,000$ .

Warunek nośności środka:

$$\left( \frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} + \frac{P}{P_{Rc}} \right)^2 - 3 \varphi_p \left( \frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} \right) \frac{P}{P_{Rc}} + \left( \frac{V}{V_R} \right)^2 =$$
$$\left( \frac{0,000}{88,356} + \frac{0,230}{1,375} + \frac{0,000}{157,509} \right)^2 - 3 \times 1,000 \times \left( \frac{0,000}{88,356} + \frac{0,230}{1,375} \right) \frac{0,000}{157,509} + \left( \frac{18,808}{131,683} \right)^2 = 0,048 < 1$$



## Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi X liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,0 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 1300 / 250 = 5,2 \text{ mm}$$

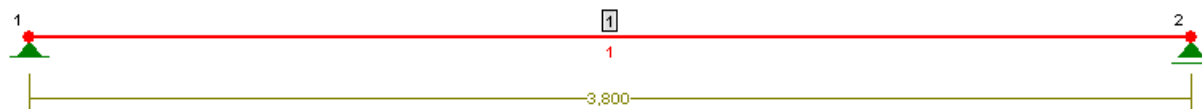
$$a_{\max} = 0,0 < 5,2 = a_{\text{gr}}$$

## 3.0. Strop

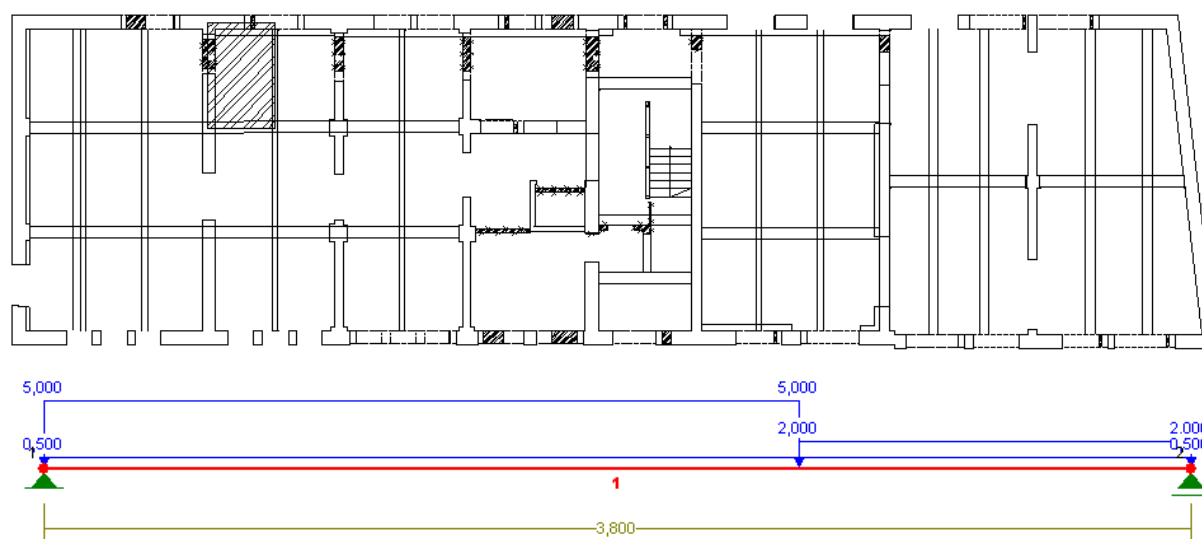
### 3.1. Zebranie obciążeń

Obciążenia	Obc. Char [kN/m <sup>2</sup> ]	Y <sub>f</sub>	Obc. Obl [kN/m <sup>2</sup> ]
2cm projektowana warstwa wykończenia	0,38	1,20	0,46
obciążenie zastępcze od ścianek działowych 0,5 kN/m <sup>2</sup>	0,50	1,40	0,70
obciążenie użytkowe 2kN/m <sup>2</sup> (Y <sub>f</sub> =1,4) (dla serwerowni 5kN/m <sup>2</sup> oraz Y <sub>f</sub> =1,3)	2,00	1,40	2,80
SUMA:	2,88	kN/m <sup>2</sup>	3,96

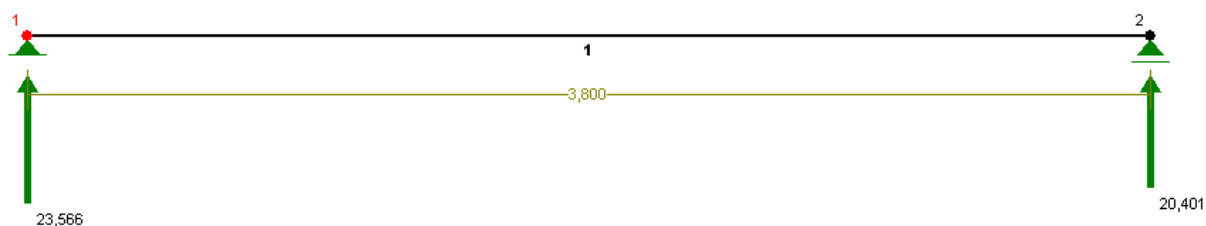
### 3.2. Schemat statyczny



### 3.3. Miejsce zebrania obciążeń – pod serwerownią



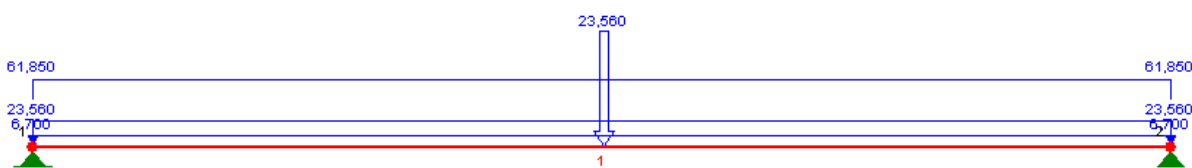
### 3.4. Reakcje podporowe



### 4.0. Nadproże na parterze – N1

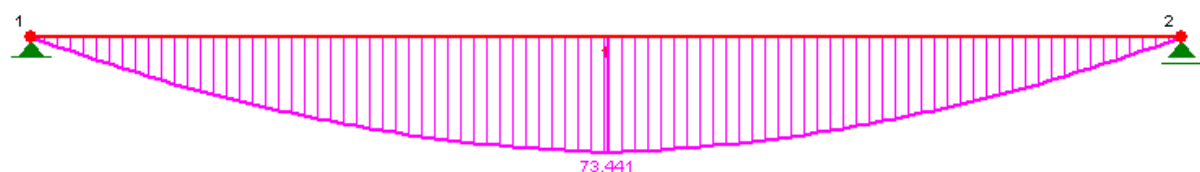
#### 4.1. Zebranie obciążeń

Obciążenia	Obc. Char [kN/m]	$Y_f$	Obc. Obl [kN/m]
ciężar muru powyżej nadproża ( $3,09\text{m}^2 \cdot 20\text{kN/m}^3 = 61,85 \text{ kN/m}$ )	61,85	1,20	74,22
reakcja ze stropu (obl.)	23,56	1,00	23,56
reakcja z dachu i więzara na mur (obl.)	6,70	1,00	6,70
SUMA:	92,11	kN/m	104,48

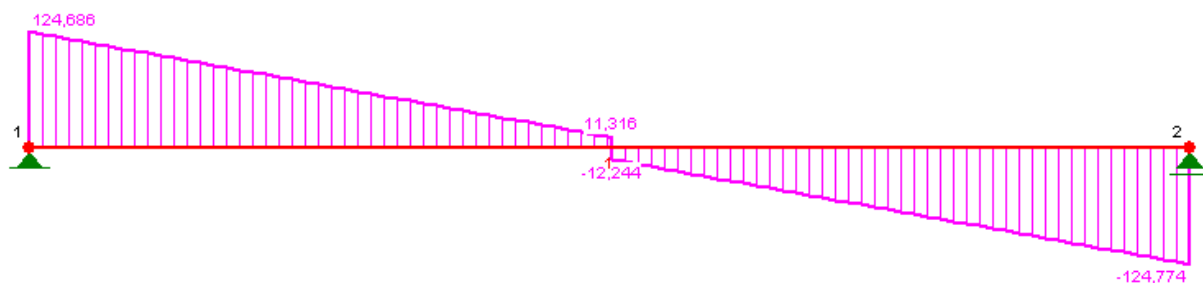


#### 4.2. Siły wewnętrzne

Wykres momentów zginających [kNm]



Wykres sił tnących [kN]

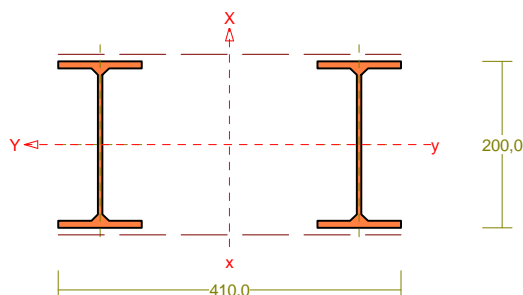


## 4.3. Wymiarowanie

### Pręt nr 1

Zadanie: N1

Przekrój: 2 I 200 PE



Wymiary przekroju:

I 200 PE  $h=200,0$   $g=5,6$   $s=100,0$   $t=8,5$   $r=12,0$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=13978,3$   $J_{yg}=3880,0$   $A=57,00$   $i_x=15,7$   $i_y=8,3$   $J_w=25976,2$   $J_t=12,5$   $i_s=17,7$ .

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość  $f_d=215$  MPa dla  $g=8,5$ .

#### Siły przekrojowe:

$x_a = 1,080$ ;  $x_b = 1,072$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: ABC

$N = 0,000$  kN,

$M_y = 73,441$  kNm,  $V_x = 11,316$  kN.

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 189,3$  MPa  $\sigma_c = -189,3$  MPa.

#### Połączenie gałęzi:

Przyjęto, że gałęzie połączone są przewiązkami o szerokości  $b = 100,0$  mm i grubości  $g = 8,0$  mm w odstępach  $l_1 = 430,4$  mm, wykonanymi ze stali St3S (X,Y,V,W).

Smukłość gałęzi:

$$\lambda_v = \lambda_1 = l_1 / i_1 = 430,4 / 22,4 = 19,21$$

$$\lambda_p = 84 \sqrt{215 / f_d} = 84 \times \sqrt{215 / 215} = 84,00$$

#### Współczynniki redukcji nośności:

Współczynnik niestateczności dla ścianki przy ściskaniu wynosi  $\varphi_p = 1,000$ . Współczynnik niestateczności gałęzi wynosi:

$$\bar{\lambda} = \lambda_1 / \lambda_p = 19,21 / 84,00 = 0,229 \Rightarrow \varphi_1 = 0,994.$$

W związku z tym współczynniki redukcji nośności wynoszą:

- dla zginana względem osi Y:  $\psi_y = 1,000$

### Smukłość zastępcza pręta:

- dla wyboczenia w płaszczyźnie prostopadłej do osi X

$$\lambda = l_{wx} / i_x = 2152,0 / 156,6 = 13,74$$

$$\lambda_m = \sqrt{\lambda^2 + \lambda_v^2} \text{ m} / 2 = \sqrt{13,74^2 + 19,21^2} = 23,62$$

$$\bar{\lambda}_m = \frac{\lambda_m}{\lambda_p} \sqrt{\psi_0} = \frac{23,62}{84,00} \times \sqrt{0,994} = 0,280$$

### Nośność przewiązek:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 2,152$ .

Przewiązki prostopadłe do osi X:

$$Q = 1,2 V = 1,2 \times 0,000 = 0,000 \text{ kN}$$

$$Q \geq 0,012 A f_d = 0,012 \times 57,00 \times 215 \times 10^{-1} = 14,706 \text{ kN}$$

Przyjęto  $Q = 14,706 \text{ kN}$

$$V_Q = \frac{Q l_1}{n (m-1) a} = \frac{14,706 \times 430,4}{2 \times (2-1) \times 310,0} = 10,209 \text{ kN} \quad M_Q = \frac{Q l_1}{m n} = \frac{14,706 \times 0,4}{2 \times 2} = 1,582 \text{ kNm}$$

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_v f_d = 0,58 \times 1,000 \times 0,9 \times 100,0 \times 8,0 \times 215 \times 10^{-3} = 89,784 \text{ kN}$$

$$M_R = W f_d = 8,0 \times 100,0^2 / 6 \times 215 \times 10^{-6} = 2,867 \text{ kNm}$$

$$V_Q = 10,209 < 89,784 = V_R \quad M_Q = 1,582 < 2,867 = M_R$$

### Naprężenia:

$x_a = 1,080$ ;  $x_b = 1,072$ .

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 189,3 \text{ MPa}$   $\sigma_c = -189,3 \text{ MPa}$ .

Naprężenia:

$$\text{- normalne: } \sigma = 0,0 \Delta \sigma = 189,3 \text{ MPa} \quad \psi_{oc} = 1,000$$

$$\text{- ścinanie wzdłuż osi X: } A_v = 22,40 \text{ cm}^2 \quad \tau = 5,1 \text{ MPa} \quad \psi_{ov} = 1,000$$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta \sigma = 0,0 / 1,000 + 189,3 = 189,3 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ex} = \tau / \psi_{ov} = 5,1 / 1,000 = 5,1 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{189,3^2 + 3 \times 0,0^2} = 189,3 < 215 \text{ MPa}$$

### Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 2,152$$

$$l_w = 1,000 \times 2,152 = 2,152 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 2,152$$

$$l_w = 1,000 \times 2,152 = 2,152 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_w = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{ow} = 2,152 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_w = 2,152 \text{ m}$ .



### Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 13978,3}{2,152^2} 10^{-2} = 61069,150 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 3880,0}{2,152^2} 10^{-2} = 16951,214 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\varpi}}{l_{\varpi}^2} + GJ_T \right) =$$

$$\frac{1}{17,7^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 25976,2}{2,152^2} 10^{-2} + 80 \times 12,5 \times 10^2 \right) = 1,000000E+20 \text{ kN}$$

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 1,080$ ;  $x_b = 1,072$ .

- względem osi Y

$$M_R = \psi W_c f_d = 1,000 \times 388,0 \times 215 \times 10^{-3} = 83,420 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla  $\bar{\lambda}_L = 0,000$  wynosi  $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_y}{M_{Ry}} = \frac{73,441}{83,420} = 0,880 < 1$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 2,152$ ;  $x_b = 0,000$ .

- wzdłuż osi X

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_v f_d = 0,58 \times 1,000 \times 22,4 \times 215 \times 10^{-1} = 279,328 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 83,798 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi X:

$$V = 124,774 < 279,328 = V_R$$

### Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 1,080$ ;  $x_b = 1,072$ .

- dla zginania względem osi Y:  $V_x = 11,316 < 83,798 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 83,420 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_y}{M_{Ry,V}} = \frac{73,441}{83,420} = 0,880 < 1$$

### Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 2,152$ .

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego  $c = 100,0 \text{ mm}$ .

Naprężenia ściskające w środniku wynoszą  $\sigma_c = 0,0 \text{ MPa}$ . Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,000$$

Nośność środnika na siłę skupioną:

$$P_{R,w} = c_o t_w \eta_c f_d = 202,5 \times 5,6 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 243,810 \text{ kN}$$



Warunek nośności środnika:

$$P = 0,000 < 243,810 = P_{R,w}$$

### Złożony stan środnika

$x_a = 1,080$ ;  $x_b = 1,072$ .

Siły przekrojowe przypadające na środnik i nośności środnika:

$$\begin{array}{llll} N_w & = & 0,000 & N_{Rw} = 191,436 \quad \text{kN} \\ M_w & = & 3,551 & M_{Rw} = 5,073 \text{ kNm} \\ V & = & -12,244 & V_R = 279,328 \quad \text{kN} \\ P & = & 0,000 & P_{Rc} = 219,441 \quad \text{kN} \end{array}$$

Przyjęto, że zastosowane zostaną żebra w miejscu występowania siły skupionej ( $P = 0$ ).

Współczynnik niestateczności ścianki wynosi:  $\phi_p = 1,000$ .

Warunek nośności środnika:

$$\left( \frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} + \frac{P}{P_{Rc}} \right)^2 - 3 \phi_p \left( \frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} \right) \frac{P}{P_{Rc}} + \left( \frac{V}{V_R} \right)^2 =$$
$$\left( \frac{0,000}{191,436} + \frac{3,551}{5,073} + \frac{0,000}{219,441} \right)^2 - 3 \times 1,000 \times \left( \frac{0,000}{191,436} + \frac{3,551}{5,073} \right) \frac{0,000}{219,441} + \left( \frac{12,244}{279,328} \right)^2 = 0,492 < 1$$

### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi X liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 3,9 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 2152 / 250 = 8,6 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 3,9 < 8,6 = a_{\text{gr}}$$

## Informacje dotyczące bezpieczeństwa i ochrony zdrowia

---

---

## **Przedmiot opracowania**

Przedmiotem niniejszego opracowania jest informacja dotycząca bezpieczeństwa i ochrony zdrowia określająca zagrożenia i środki zaradcze związane z przebudową budynku przemysłowego na Kociewskie Centrum Kształcenia Ustawicznego, Starogard Gdański, ul. Kościuszki 15, działka nr 326/6 i 327/1, obręb 17.

## **Zakres zamierzenia inwestycyjnego**

Inwestycja obejmuje przebudowę budynku przemysłowego.

## **Przewidywane zagrożenia**

Przy realizacji zadania inwestycyjnego przewiduje się następujące zagrożenia:

- upadek materiału budowlanego lub sprzętu z wyższych kondygnacji;
- upadek pracowników z wysokości;
- pożar, zalenie, itp.;
- niewłaściwy sposób magazynowania materiałów skutkujący katastrofą budowlaną;
- nieodpowiednia, jakość użytych materiałów skutkująca katastrofą budowlaną;
- błędy wykonawcze (w tym w odczycie projektu) skutkujące katastrofą budowlaną;
- awarie sprzętu skutkujące katastrofą budowlaną, zranieniem pracowników, porażeniem prądem, itp.;
- kolizje środków transportu na placu budowy;
- przebywanie osób postronnych, niezwiązanych z przedsięwzięciem budowlanym, na terenie budowy.

## **Sposoby instruktażu pracowników**

Przed przystąpieniem do prac związanych z zadaniem inwestycyjnym należy poinstruować pracowników na temat zagrożeń wynikających z zakresu prac, zaznajomić ich z przewidywanymi zagrożeniami oraz ze sposobem ich zapobiegania. Przez cały okres zamierzenia inwestycyjnego należy przypominać robotnikom o niebezpieczeństwach wynikających z robót, które będą wykonywać. Do pracy należy dopuszczać jedynie osoby posiadające odpowiednie kwalifikacje i przygotowanie. Ponadto w trakcie realizacji powyższego zadania inwestycyjnego musi być zapewnione

---

---

przestrzeganie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy zawartych w Rozporządzeniu MP i PS z dnia 26.09.1997 roku.

## **Wskazanie środków zapobiegawczych**

W celu likwidacji lub zmniejszenia mogących wystąpić zagrożeń podczas realizacji powyższego zadania inwestycyjnego proponuje się podjęcie następujących środków zapobiegawczych:

- oznakowanie tymczasowej drogi ewakuacyjnej;
- oznakowanie i zabezpieczenie stref niebezpiecznych;
- posiadanie gaśnic podręcznych znajdujących się w dobrze oznakowanym i dostępnym miejscu na budowie;
- posiadanie przez robotników podstawowego sprzętu bhp jak kaski, ubiór ochronny, rękawice, itp.;
- posiadanie przez kierownika budowy podstawowego sprzętu reanimacyjnego ratującego życie, apteczki, itp.;
- stosowanie materiałów budowlanych oraz wykorzystywanie sprzętu dopuszczonego do stosowania oraz posiadającego odpowiednie atesty;
- ograniczenie wstępu na plac budowy jedynie do osób do tego przygotowanych (*odpowiednie szkolenia, sprawność fizyczna, stan zdrowia, wyposażenie i ubiór, itd.*) oraz do osób, których przebywanie jest konieczne dla procesu budowy;
- przechowywanie w stałym miejscu (*biuro kierownika budowy*) i udostępnianie dokumentacji budowy oraz instrukcji obsługi maszyn i urządzeń, bhp, pierwszej pomocy, itp.;
- konsultacje z projektantem konstrukcji wszelkich niebezpiecznych robót budowlanych (*nadzór budowlany*), zlecenie wykonania projektów wykonawczych.

## **Zastrzeżenia i uwagi końcowe**

Niniejsze opracowanie wskazuje zagrożenia i podstawowe informacje ich likwidacji lub zmniejszania podczas realizacji zadania inwestycyjnego. Wymaga ono jednak pełnej akceptacji bądź weryfikacji przez kierownika budowy (*lub osoby*

---

---

*odpowiedzialnej za bezpieczeństwo podczas budowy*). W tym celu opracowanie niniejsze wymaga autoryzacji kierownika budowy przed rozpoczęciem prac.

Zabezpieczenia ludzi przed powyższymi zagrożeniami należy określić w „*Planie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia*”, który powinien być sporządzony przez kierownika budowy zgodnie z ustawą z dnia 7 lipca 1994r. – Prawo Budowlane (*Dz. U. z 2000r nr 106 poz. 1126 z późniejszymi zmianami*). Zakres i formę „*Planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia*” określa Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 23 czerwca 2003r (*Dz. U. z 2003r. nr 120 poz. 1126*). W „*Planie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia*” należy uwzględnić wszystkie zagrożenia, także te wymienione w innych projektach realizowanych w ramach wspólnego pozwolenia na budowę lub wspólnego zgłoszenia zamiaru wykonania robót budowlanych.

*mgr inż. Łukasz Dymura*

---

---

## Dokumentacja rysunkowa

---



---

## **Zestawienie rysunków**

<b>NR RYSUNKU</b>	<b>TEMAT RYSUNKU</b>	<b>SKALA</b>
K-01	RZUT PARTERU	1:50
K-02	RZUT PIĘTRA	1:50
K-03	RZUT DACHU	1:50
K-04	PRZEKRÓJ A-A	1:50
K-05	PRZEKRÓJ B-B	1:50
K-06	PRZEKRÓJ C-C	1:50

---