



## EGZEMPLARZ NR 1

**Temat:**

**„Projekt budowlano-wykonawczy remontu dachu  
budynku maszyny wyciągowej szybu „Kolejowy”  
na kopalni GUIDO w Zabrzu”**

### **TOM II OCENA STANU TECHNICZNEGO**

INWESTOR:	Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrzu ul. Jodłowa 57 41-800 Zabrze
OBIEKT:	Budynek maszyny wyciągowej
ADRES:	ul. 3-go maja 91 Zabrze
FAZA:	PROJEKT BUDOWLANO- WYKONAWCZY
DZIAŁKA NR:	1575/71, 869/71, KW 25847
BRANŻA:	Konstrukcja
AUTORZY OPRACOWANIA:	
BRANŻA:	TOM II – Ocena stanu technicznego
PROJEKTANT:	mgr inż. Krzysztof Siodmok SLK/2050/PWOK/08

## SPIS ZAWARTOŚCI TOMU II

### I. CZĘŚĆ OPISOWA

<b>1.</b>	<b>Informacje ogólne .....</b>	<b>3</b>
1.1.	Przedmiot opracowania .....	3
1.2.	Zakres opracowania .....	3
1.3.	Właściciel .....	3
1.4.	Inwestor .....	3
1.5.	Jednostka wykonująca opracowanie .....	3
<b>2.</b>	<b>Podstawa opracowania: .....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Opis istniejącej substancji budowlanej .....</b>	<b>4</b>
3.1.	Ściany .....	4
3.2.	Dachy .....	4
<b>4.</b>	<b>Układ konstrukcyjny elementów dachu, schematy statyczne, przyjęte obciążenia .....</b>	<b>4</b>
4.1.	Przyjęte obciążenia: .....	5
4.2.	Przyjęte schematy statyczne. ....	5
4.3.	Zestawienie obciążeń. ....	5
4.4.	Segment A. ....	7
4.5.	Segment B. ....	26
4.6.	Segment C. ....	39
<b>5.</b>	<b>Wnioski z obliczeń. ....</b>	<b>47</b>
<b>6.</b>	<b>Uwagi w stosunku do dokumentacji wykonanej przez biuro Energy Partner .....</b>	<b>48</b>
<b>7.</b>	<b>Opis i ocena stanu technicznego .....</b>	<b>48</b>
<b>8.</b>	<b>Wnioski i zalecenia końcowe .....</b>	<b>48</b>
8.1.	Wzmocnienia konstrukcji i naprawa konstrukcji .....	48
8.2.	Remont pokrycia dachu .....	52
<b>9.</b>	<b>Informacje dotyczące maksymalnej grubości pokrywy śnieżnej zalegającej na dachach. ....</b>	<b>52</b>
<b>10.</b>	<b>Uwagi końcowe .....</b>	<b>53</b>
<b>11.</b>	<b>Dokumentacja fotograficzna .....</b>	<b>54</b>

### II. CZĘŚĆ GRAFICZNA

lp.	nazwa rysunku	skala rysunku	nr rysunku	str.
1	SCHEMAT LOKALIZACJI WZMOCNIEŃ KONSTRUKCJI	1:100	K – 01	60
2	DETALE WZMOCNIEŃ KONSTRUKCJI	1:10	K – 02	61

## 1. Informacje ogólne

### 1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt budowlano- wykonawczy remontu dachu budynku maszyny wyciągowej szybu „Kolejowy” w ramach inwestycji pod nazwą: „Opracowanie dokumentacji projektowej wraz ze wszelkimi uzgodnieniami i decyzjami administracyjnymi, w tym uzyskanie opinii Śląskiego Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków oraz prawomocnej decyzji o pozwoleniu na budowę, umożliwiającymi realizację przedsięwzięcia obejmującego wykonanie kompleksowego remontu dachu budynku maszyny wyciągowej szybu „Kolejowy” z uwzględnieniem zabudowy ogniw fotowoltaicznych”.

### 1.2. Zakres opracowania

Zakres opracowania obejmuje remont dachu istniejącego budynku maszyny wyciągowej.

Niniejsze opracowanie przedstawia TOM II – część konstrukcyjna – ocena stanu technicznego. Jest on nierozłączną częścią całości dokumentacji projektowej wraz z:

- TOM I – Projekt architektoniczno- budowlany
- **TOM II – Część konstrukcyjna- ocena stanu technicznego – niniejsze opracowanie**
- TOM III – Instalacja odgromowa
- TOM IV – Informacja BIOZ
- Przedmiary i kosztorysy

### 1.3. Właściciel

Skarb Państwa wieczyste użytkowanie:

Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrzu

działki nr 1575/71, 869/71, KW 25847

### 1.4. Inwestor

Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrzu

ul. Jodłowa 57

41-800 Zabrze

### 1.5. Jednostka wykonująca opracowanie

Projekt Plus Architekci s.c. G.Tkacz, T.Borkowski

Plac Krakowski 10

41-800 Zabrze

#### **Konstrukcja:**

Projektant: mgr inż. Krzysztof Siodmok, upr. nr SLK/2050/PWOK/08

## 2. Podstawa opracowania:

### 2.1. Umowa z inwestorem

### 2.2. Wytyczne inwestora i Użytkownika

2.3. Dz.U.02.75.690 ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (wraz z późniejszymi zmianami)

2.4. Dz.U.03.120.1126 - ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 23 czerwca 2003 r. w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia

2.5. Dz.U.12.0.463 ROZPORZĄDZENIE MINISTRA TRANSPORTU, BUDOWNICTWA I GOSPODARKI MORSKIEJ z dnia 27 kwietnia 2012r w sprawie ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych

2.6. Dz.U.12.0.462 ROZPORZĄDZENIE MINISTRA TRANSPORTU, BUDOWNICTWA I GOSPODARKI MORSKIEJ z dnia 27 kwietnia 2012r w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego

### 3. Opis istniejącej substancji budowlanej

#### 3.1. Ściany

Ściany budynku nadszybia wykonane zostały jako murowane z cegły silikatowej i licówki czerwonej/ część niższa o zróżnicowanych grubościach od 38-56cm. Część cokołowa segmentu niższego z kamienia wapiennego.

#### 3.2. Dachy

##### 3.2.1. Segment A

Część wyższa budynku posiada zadaszenie w postaci płyt korytkowych o wymiarach 50x150cm opartych na stalowych płatwiach dachowych – I80NP rozstaw płatwi ~1,55m. Płatwie oparte są na ścianach zewnętrznych oraz na dwóch stalowych belkach I160NP. Prawdopodobny rozstaw zgodnie z inwentaryzacją.

Belki dachowe oparte są na ścianach zewnętrznych oraz na dwóch stalowych wiązarach.

Wiązar w kształcie belki z podwieszeniem i dwoma słupkami stanowiącymi podparcie belek.

Pas górny wiązara jest jednocześnie oparciem dla płyt korytkowych analogicznie jak płatew.

Wiązary oparte są na ścianach zewnętrznych analogicznie jak płatwie. Pas górny 2xC120, pas dolny 2xL45x5, wieszak 2x50x5, blachy węzłowe gr. 8mm.

Dach od strony wierzchniej wykończony papą asfaltową układaną na cementowej szlichcie gr. ok 3-4 cm.

Okapy wykończone obróbką blacharską. Odprowadzenie wody z dachu odbywa się za pomocą rynien i rur spustowych. Dach posiada instalację odgromową – nie weryfikowano pomiarów instalacji.

Widoczne są zacieki na ścianach i płytach korytkowych.

Na etapie realizacji inwestycji należy dokonać pomiarów wszystkich elementów konstrukcji dachu oraz ponownie sprawdzić stan techniczny bezpośrednio z rusztowania.

##### 3.2.2. Segment B

Konstrukcja drewniana niższego dachu składa się z krokwi dachowych o wymiarach 10x16cm opartych na płatwiach o wymiarach 19x19cm – dwóch płatwiach pośrednich oraz płatwi kalenicowej. Płatwie te oparte są z dwóch stron na ścianach budynku, natomiast w środku rozpiętości, oparcie stanowi wiązar drewniany. Pas górny wiązara – belka drewniana 20x20cm, krzyżulce 18x18cm, ściąg poziomy pasa dolnego Ø40, podwieszenie ściagu pasa dolnego – pręt Ø20. Wieszak środkowy nie został zmierzony z uwagi na brak możliwości ustawienia rusztowania – na etapie realizacji inwestycji należy dokonać pomiarów wszystkich elementów konstrukcji dachu oraz ponownie sprawdzić stan techniczny bezpośrednio z rusztowania.

Dach od strony wierzchniej wykończony papą asfaltową układaną na deskowaniu pełnym. Okapy wykończone obróbką blacharską. Odprowadzenie wody z dachu poprzez rynny i rury spustowe. Dach posiada instalację odgromową – nie weryfikowano pomiarów instalacji.

Widoczne są zacieki na ścianach i deskowaniu.

##### 3.2.3. Segment C

Część najniższa budynku posiada zadaszenie w postaci płyt korytkowych o wymiarach 50x150cm opartych na stalowych płatwiach dachowych. Te zaś wsparte są na dwuteowej belce stalowej.

Dach od strony wierzchniej wykończony papą asfaltową układaną na cementowej szlichcie gr. ok 3 cm. Okapy wykończone obróbką blacharską. Odprowadzenie wody z dachu odbywa się za pomocą rynien i rur spustowych. Dach posiada instalację odgromową, która zostanie wymieniona na nową.

Widoczne są zacieki na ścianach i płytach korytkowych.

### 4. Układ konstrukcyjny elementów dachu, schematy statyczne, przyjęte obciążenia

Obliczenia konstrukcji wykonano wg Polskich Norm:

[N1]. PN-82/B-02000 „Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości”.

[N2]. PN-82/B-02003 „Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe”.

[N3]. PN-88/B-02014 „Obciążenia budowli. Obciążenie gruntem”.

- [N4]. PN-82/B-02004 „Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Obciążenia pojazdami”.
- [N5]. PN-80/B-02010 „Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem”.
- [N6]. PN-80/B-02010/Az1:2006 „Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem”.
- [N7]. PN-77/B-02011 „Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem”.
- [N8]. PN-77/B-02011/Az1:2010 „Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem”.
- [N9]. PN-90/B-03200 „Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie”.
- [N10]. PN-B-03150:2000 „Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie”.

Obliczenia statyczne – wytrzymałościowe i podstawowe wyniki tych obliczeń dołączono w załączniku niniejszego opracowania.

#### 4.1. Przyjęte obciążenia:

##### 4.1.1. Obciążenia środowiskowe:

- obciążenie śniegiem: 2 strefa śniegowa,  $Q_k=0,72\text{kN/m}^2$ . Dodatkowe efekty obciążenia śniegiem zależne od segmentu obiektu – występuje efekt wiatru i ześlizgu śniegu.
- obciążenie wiatrem: 1 strefa wiatrowa – szczegółowo wg tabel w części obliczeniowej;

##### 4.1.2. Obciążenia stałe

Dla przegród poziomych – szczegółowo wg tabel w części obliczeniowej;

##### 4.1.3. Obciążenia przyjęte indywidualnie

- obciążenie instalacją PV:  $g_k=0,3\text{kN/m}^2$  (przyjęto zgodnie z dokumentacją techniczną instalacji PV)

#### 4.2. Przyjęte schematy statyczne.

Schematy statyczne i przyłożone obciążenia zgodnie z obliczeniami.

#### 4.3. Zestawienie obciążeń.

**TABELA 01. DACH Z PŁYT KORYTKOWYCH - STAN ISTNIEJĄCY, SEGMENT A**

Lp	Warstwa	Grubość warstwy	Ciężar objętościowy	Obciążenie charakterystyczne	Współczynniki obciążenia		Obciążenie obliczeniowe	
		m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>	γf<1	γf>1	kN/m <sup>2</sup>	
Obciążenia stałe								
1	Papa	0,010	11,000	0,100	0,900	1,100	0,090	0,110
2	wylewka cem	0,040	23,000	0,920	0,900	1,100	0,828	1,012
3	Płyty korytkowe	-	-	1,000	0,900	1,100	0,900	1,100
4	Razem obciążenia stałe			2,020	0,900	1,100	1,818	2,222
Obciążenia zmienne								
1a	Obciążenie śniegiem - strefa II, kąt 4°							
	Q <sub>k</sub>	0,900	kN/m <sup>2</sup>	-				
	C	0,800	kN/m <sup>2</sup>					
	S <sub>k</sub> =Q <sub>k</sub> *C	0,720	kN/m <sup>2</sup>					
	Obciążenie śniegiem - strefa II			0,720	-	1,500	-	1,080

**TABELA 02. DACH Z PŁYT KORYTKOWYCH - STAN PROJEKTOWANY, SEGMENT A**

Lp	Warstwa	Grubość warstwy	Ciężar objętościowy	Obciążenie charakterystyczne	Współczynniki obciążenia		Obciążenie obliczeniowe	
		m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>	γf<1	γf>1	kN/m <sup>2</sup>	
							min	max
Obciążenia stałe								
1	panele fotowoltaiczne	-	-	0,300	0,900	1,200	0,270	0,360
2	Papa	0,005	11,000	0,050	0,900	1,200	0,045	0,060
3	Papa	0,010	11,000	0,100	0,900	1,100	0,090	0,110
4	wylewka cem	0,040	23,000	0,920	0,900	1,100	0,828	1,012
5	Płyty korytkowe	-	-	1,000	0,900	1,100	0,900	1,100
6	Razem obciążenia stałe			2,370	0,900	1,115	2,133	2,642
Obciążenia zmienne								

1a	Obciążenie śniegiem - strefa II, kąt 4°						
	$Q_k$	0,900	kN/m <sup>2</sup>	-			
	C	0,800	kN/m <sup>2</sup>				
	$S_k=Q_k \cdot C$	0,720	kN/m <sup>2</sup>				
Obciążenie śniegiem - strefa II				0,720	-	1,500	1,080

TABELA 03. DACH DREWNIANY - STAN ISTNIEJĄCY, SEGMENT B

Lp	Warstwa	Grubość warstwy	Ciężar objętościowy	Obciążenie charakterystyczne	Współczynniki obciążenia		Obciążenie obliczeniowe	
		m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f < 1$	$\gamma_f > 1$	min	max
Obciążenia stałe								
1	Papa	0,010	11,000	0,100	0,900	1,100	0,090	0,110
2	Deski	0,025	6,000	0,150	0,900	1,100	0,135	0,165
3	Razem obciążenia stałe			0,250	0,900	1,100	0,225	0,275
Obciążenia zmienne								
1	Obciążenie śniegiem - strefa II, kąt 20°							
	Q <sub>k</sub>	0,900	kN/m <sup>2</sup>	-				
	C	0,950	kN/m <sup>2</sup>					
	S <sub>k</sub> =Q <sub>k</sub> *C	0,855	kN/m <sup>2</sup>					
Obciążenie śniegiem - strefa II				0,855	-	1,500	-	1,283
2	Obciążenie wiatrem - strefa I, kąt 20°							
	q <sub>k</sub>	0,3	kN/m <sup>2</sup>	-				
	C <sub>e</sub>	1	-					
	C <sub>z1</sub>	0,1	-					
	C <sub>z2</sub>	-0,9	-					
	C <sub>z3,4</sub>	-0,4	-					
	β	1,8	-					
	p <sub>k1</sub> =q <sub>k</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>z1</sub> *β	0,054	kN/m <sup>2</sup>					
	p <sub>k2</sub> =q <sub>k</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>z2</sub> *β	-0,486	kN/m <sup>2</sup>					
	p <sub>k3,4</sub> =q <sub>k</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>z3,4</sub> *β	-0,216	kN/m <sup>2</sup>					
	Obciążenie wiatrem - strefa I, parcie p <sub>k1</sub>			0,054	-	1,500	-	0,081
	Obciążenie wiatrem - strefa I, ssanie p <sub>k2</sub>			-0,486	-	1,500	-	-0,729
	Obciążenie wiatrem - strefa I, ssanie p <sub>k3,4</sub>			-0,216	-	1,500	-	-0,324

TABELA 04. DACH DREWNIANY - STAN PROJEKTOWANY, SEGMENT B

Lp	Warstwa	Grubość warstwy	Ciężar objętościowy	Obciążenie charakterystyczne	Współczynniki obciążenia		Obciążenie obliczeniowe	
		m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>	γf<1	γf>1	kN/m <sup>2</sup> min      max	
Obciążenia stałe								
1	panele fotowoltaiczne	-	-	0,300	0,900	1,200	0,270	0,360
2	Papa	0,005	11,000	0,050	0,900	1,200	0,045	0,060
3	Papa	0,010	11,000	0,100	0,900	1,100	0,090	0,110
4	Deski	0,025	6,000	0,150	0,900	1,100	0,135	0,165
5	Razem obciążenia stałe			0,600	0,900	1,158	0,540	0,695
Obciążenia zmienne								
1	Obciążenie śniegiem - strefa II, kąt 20°							
	Q <sub>k</sub>	0,900	kN/m <sup>2</sup>	-				
	C	0,950	kN/m <sup>2</sup>					
	S <sub>k</sub> =Q <sub>k</sub> *C	0,855	kN/m <sup>2</sup>					
Obciążenie śniegiem - strefa II				0,855	-	1,500	-	1,283
2	Obciążenie wiatrem - strefa I, kąt 20°							
	q <sub>k</sub>	0,3	kN/m <sup>2</sup>	-				
	C <sub>e</sub>	1	-					
	C <sub>z1</sub>	0,1	-					
	C <sub>z2</sub>	-0,9	-					
	C <sub>z3,4</sub>	-0,4	-					
	β	1,8	-					
	p <sub>k1</sub> =q <sub>k</sub> *C <sub>e</sub> *C <sub>z1</sub> *β	0,054	kN/m <sup>2</sup>					

$p_{k2}=q_k \cdot C_e \cdot C_{z2} \cdot \beta$	-0,486	kN/m <sup>2</sup>					
$p_{k3,4}=q_k \cdot C_e \cdot C_{z3,4} \cdot \beta$	-0,216	kN/m <sup>2</sup>					
Obciążenie wiatrem - strefa I, parcie $p_{k1}$	0,054	-	1,500	-	0,081		
Obciążenie wiatrem - strefa I, ssanie $p_{k2}$	-0,486	-	1,500	-	-0,729		
Obciążenie wiatrem - strefa I, ssanie $p_{k3,4}$	-0,216	-	1,500	-	-0,324		

TABELA 05. DACH Z PŁYT KORYTKOWYCH - STAN ISTNIEJĄCY, SEGMENT C

Lp	Warstwa	Grubość warstwy	Ciężar objętościowy	Obciążenie charakterystyczne	Współczynniki obciążenia		Obciążenie obliczeniowe	
		m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>	γf<1	γf>1	min	max
Obciążenia stałe								
1	Papa	0,010	11,000	0,100	0,900	1,100	0,090	0,110
2	wylewka cem	0,040	23,000	0,920	0,900	1,100	0,828	1,012
3	Płyty korytkowe	-	-	1,000	0,900	1,100	0,900	1,100
4	Razem obciążenia stałe			2,020	0,900	1,100	1,818	2,222
Obciążenia zmienne								
1a	Obciążenie śniegiem - strefa II, kąt 4°							
	Q <sub>k</sub>	0,900	kN/m <sup>2</sup>	-				
	C	0,800	kN/m <sup>2</sup>					
	S <sub>k</sub> =Q <sub>k</sub> *C	0,720	kN/m <sup>2</sup>					
	Obciążenie śniegiem - strefa II			0,720	-	1,500	-	1,080
1b	Obciążenie śniegiem - strefa II, kąt 4° - efekt wiatru							
	Q <sub>k</sub>	0,900	kN/m <sup>2</sup>	-				
	C5	2,500	kN/m <sup>2</sup>					
	S <sub>k</sub> =Q <sub>k</sub> *C5	2,250	kN/m <sup>2</sup>					
	Obciążenie śniegiem - strefa II			2,250	-	1,500	-	3,375
1c	Obciążenie śniegiem - strefa II, kąt 4° - efekt ześlizgu							
	Q <sub>k</sub>	0,900	kN/m <sup>2</sup>	-				
	C6	1,026	kN/m <sup>2</sup>					
	S <sub>k</sub> =Q <sub>k</sub> *C5	0,923	kN/m <sup>2</sup>					
	Obciążenie śniegiem - strefa II			0,923	-	1,500	-	1,385

\* Komórki odznaczone kolorem – dodatkowe obciążenie wynikające z remontu dachu i zabudowy instalacji PV.

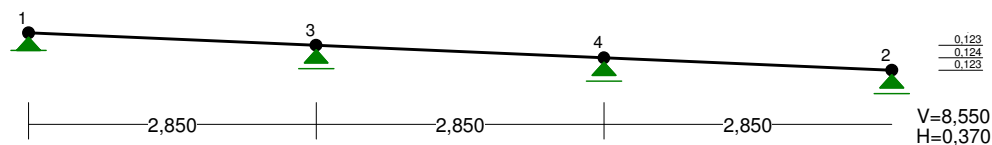
#### 4.4. Segment A.

Obliczenia pokazano dla stanu istniejącego dla elementów, dla których konieczne jest wzmocnienie, oraz dla wszystkich elementów dla stanu projektowanego.

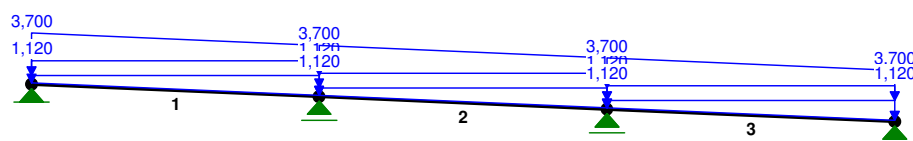
##### 4.4.1. Płatew – stan istniejący:

Rozstaw płatwi ~1,55m.

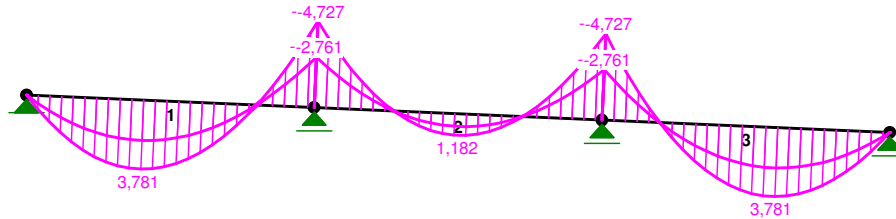
WEZŁY:



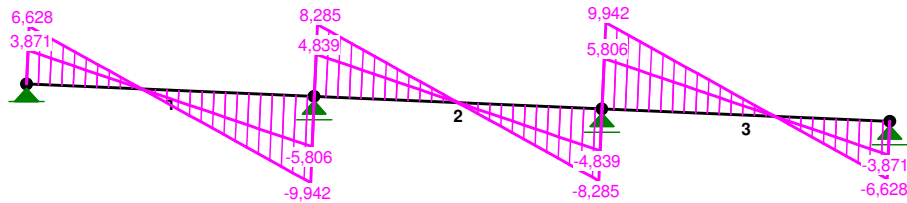
OBCIĄŻENIA:



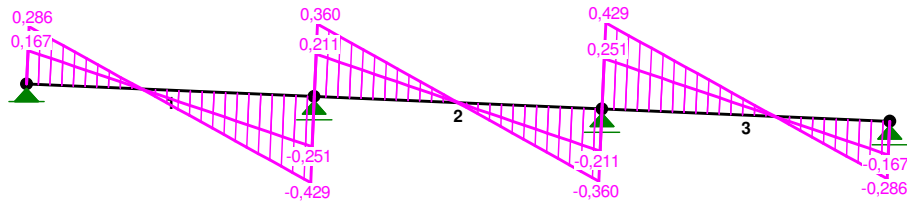
MOMENTY-OBWIEDNIE :



TNĄCE-OBWIEDNIE :



NORMALNE-OBWIEDNIE :

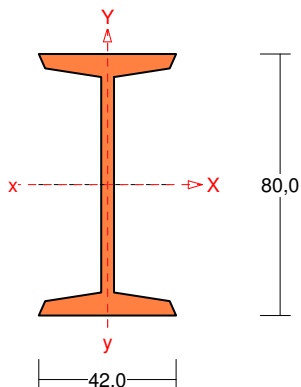


#### Pręt nr 1

Wyniki wymiarowania stali wg PN-90/B-03200 (RM\_Stal v. 5.15 licencja nr 22851)

Zadanie: A-stal-płatew

Przekrój: I 80



Wymiary przekroju:

I 80 h=80,0 g=3,9 s=42,0 t=5,8 r=3,9.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J<sub>xg</sub>=77,8 J<sub>yg</sub>=6,3 A=7,58 i<sub>x</sub>=3,2 i<sub>y</sub>=0,9 J<sub>w</sub>=86,1 J<sub>t</sub>=0,8 i<sub>s</sub>=3,3.

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość f<sub>d</sub>=215 MPa dla g=5,8.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

**Siły przekrojowe:**

x<sub>a</sub> = 2,853; x<sub>b</sub> = 0,000.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: CW aB

M<sub>x</sub> = 4,727 kNm, V<sub>y</sub> = -9,942 kN, N = -0,429 kN.

Naprężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = 242,5 MPa σ<sub>c</sub> = -243,6 MPa.

**Naprężenia:**

x<sub>a</sub> = 2,853; x<sub>b</sub> = 0,000.

Naprężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = 242,5 MPa σ<sub>c</sub> = -243,6 MPa.

Naprężenia:

- normalne: σ = -0,6 Δσ = 243,0 MPa ψ<sub>oc</sub> = 1,000  
- ścinanie wzdłuż osi Y: A<sub>v</sub> = 3,12 cm<sup>2</sup> τ = 31,9 MPa ψ<sub>ov</sub> = 1,000

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,6 / 1,000 + 243,0 = 243,6 > 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 31,9 / 1,000 = 31,9 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{243,6^2 + 3 \times 0,0^2} = 243,6 > 215 \text{ MPa}$$

**Nośność elementów rozciąganych:**

x<sub>a</sub> = 2,853; x<sub>b</sub> = 0,000.

Siała osiowa:

N = -0,429 kN.

Pole powierzchni przekroju: A = 7,58 cm<sup>2</sup>.

Nośność przekroju na rozciąganie:

$$N_{Rt} = A f_d = 7,58 \times 215 \times 10^{-1} = 162,970 \text{ kN.}$$

Warunek nośności (31):

$$N = 0,429 < 162,970 = N_{Rt}$$

**Długości wybożenia pręta:**

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

κ<sub>a</sub> = 1,000 κ<sub>b</sub> = 0,333 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 0,772 dla l<sub>o</sub> = 2,853

$$l_w = 0,772 \times 2,853 = 2,202 \text{ m}$$



- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 2,853$$

$$l_w = 1,000 \times 2,853 = 2,853 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega\omega} = 2,853 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 2,853 \text{ m}$ .

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 77,8}{2,202^2} 10^{-2} = 324,564 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 6,3}{2,853^2} 10^{-2} = 15,639 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{3,3^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 86,1}{2,853^2} 10^{-2} + 80 \times 0,8 \times 10^2 \right) = 595,144 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na ściskanie:**

$x_a = 2,853$ ;  $x_b = 0,000$ :

$$N_{RC} = A f_d = 7,6 \times 215 \times 10^{-1} = 162,970 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{162,970 / 324,564} = 0,815 \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,833$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{162,970 / 15,639} = 3,712 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,072$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{162,970 / 595,144} = 0,602 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,806$$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,072$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{0,429}{0,072 \times 162,970} = 0,037 < 1$$

**Zwichrzenie:**

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem  $l_1 = l_{\omega\omega} = 2853 \text{ mm}$ :

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 9}{0,550} \times \sqrt{215 / 215} = 579 < 2853 = l_1$$

Konieczne jest sprawdzenie zwichrzenia pręta.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 0,00 \text{ cm}$ . Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = 0,00 \text{ cm}$ .

Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia:  $A_1 = 0,000$ ,  $A_2 = 0,000$ ,  $B = 0,000$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 0,00 + 0,000 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z}$$

$$0,000 \times 15,639 + \sqrt{(0,000 \times 15,639)^2 + 0,000^2 \times 0,033^2 \times 15,639 \times 595,144} = 0,000$$

Przyjęto, że pręt jest zabezpieczony przed zwichrzeniem:  $\bar{\lambda}_L = 0$ .

**Nośność przekroju na zginanie:**

$x_a = 2,853$ ;  $x_b = 0,000$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 19,5 \times 215 \times 10^{-3} = 4,182 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{RC}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{0,429}{162,970} + \frac{4,727}{1,000 \times 4,182} = 1,133 > 1$$

**Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:**

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 4,727 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{RC}} = 1,25 \times 0,833 \times 0,815^2 \times \frac{1,000 \times 4,727}{4,182} \times \frac{0,429}{162,970} = 0,002$$

$$\Delta_x = 0,002 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{RC}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{0,429}{0,833 \times 162,970} + \frac{1,000 \times 4,727}{1,000 \times 4,182} = 1,133 > 0,998 = 1 - 0,002$$

- dla wyoboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{0,429}{0,072 \times 162,970} + \frac{1,000 \times 4,727}{1,000 \times 4,182} = 1,167 > 1,000 = 1 - 0,000$$

**Nośność przekroju na ścinanie:**

$x_a = 2,853$ ;  $x_b = 0,000$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 3,1 \times 215 \times 10^{-1} = 38,906 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,6 V_R = 23,344 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 9,942 < 38,906 = V_R$$

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

$x_a = 2,853$ ;  $x_b = 0,000$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 9,942 < 23,344 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 4,182 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{0,429}{162,970} + \frac{4,727}{4,182} = 1,133 > 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:**

$x_a = 2,853$ ,  $x_b = 0,000$ .

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 9,942 < 38,906 = 38,906 \times \sqrt{1 - (0,429 / 162,970)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 13,9 \text{ mm}$$

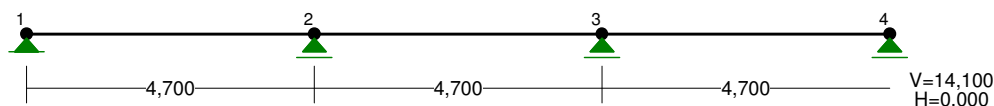
$$a_{gr} = l / 150 = 2853 / 150 = 19,0 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 13,9 < 19,0 = a_{gr}$$

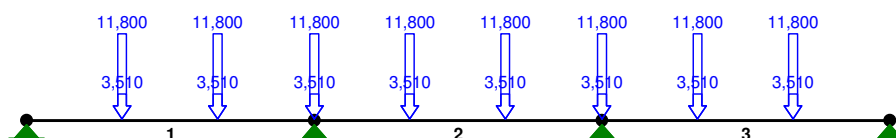
**UWAGA PRZEKRÓJ NIEWYSTARCZAJĄCY - WYMAGA WZMOCNIENIA!**  
**PRZEKROCZENIE NOŚNOŚCI O 13%**

4.4.2. Belka – stan istniejący.

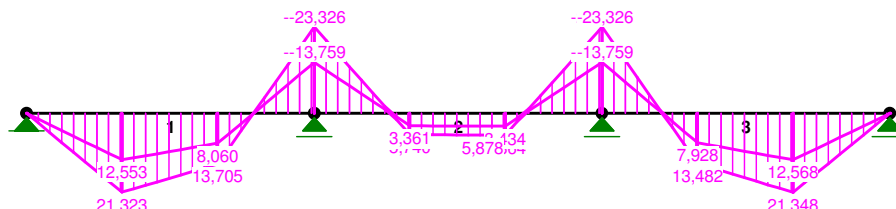
WEZŁY:



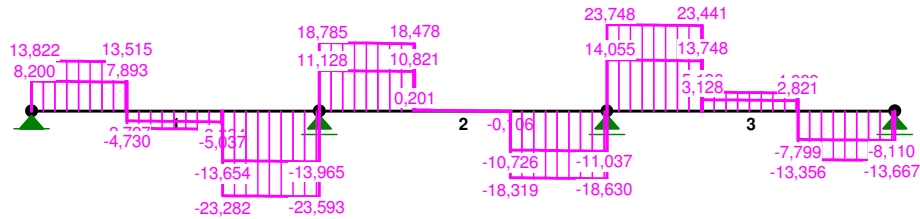
OBCIĄŻENIA:



MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE :

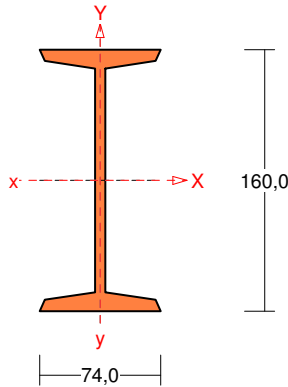


### Pręt nr 1

Wyniki wymiarowania stali wg PN-90/B-03200 (RM\_Stal v. 5.15 licencja nr 22851)

Zadanie: A-stal-rygiel

Przekrój: I 160



Wymiary przekroju:

I 160 h=160,0 g=6,3 s=74,0 t=9,5 r=6,3.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J<sub>xg</sub>=935,0 J<sub>y</sub>=54,7 A=22,80 i<sub>x</sub>=6,4 i<sub>y</sub>=1,5 J<sub>w</sub>=3098,4 J<sub>t</sub>=6,2 i<sub>s</sub>=6,6.

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość f<sub>d</sub>=215 MPa dla g=9,5.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

**Siły przekrojowe:**

x<sub>a</sub> = 4,700; x<sub>b</sub> = 0,000.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: CW a

M<sub>x</sub> = 16,720 kNm, V<sub>y</sub> = -16,945 kN, N = 0,000 kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = 143,1 MPa σ<sub>c</sub> = -143,1 MPa.

**Naprężenia:**

x<sub>a</sub> = 4,700; x<sub>b</sub> = 0,000.

Naprężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = 143,1 MPa σ<sub>c</sub> = -143,1 MPa.

Naprężenia:

- normalne: σ = 0,0 Δσ = 143,1 MPa ψ<sub>oc</sub> = 1,000  
- ścinanie wzdłuż osi Y: A<sub>v</sub> = 10,08 cm<sup>2</sup> τ = 16,8 MPa ψ<sub>ov</sub> = 1,000

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 143,1 = 143,1 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 16,8 / 1,000 = 16,8 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{143,1^2 + 3 \times 0,0^2} = 143,1 < 215 \text{ MPa}$$

### Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto następujące podatności węzłów:

κ<sub>a</sub> = 1,000 κ<sub>b</sub> = 0,538 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 0,832 dla l<sub>0</sub> = 4,700

$$l_w = 0,832 \times 4,700 = 3,910 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

κ<sub>a</sub> = 1,000 κ<sub>b</sub> = 1,000 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 1,000 dla l<sub>0</sub> = 4,700

$$l_w = 1,000 \times 4,700 = 4,700 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej μ<sub>ω</sub> = 1,000. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem l<sub>ωω</sub> = 4,700 m. Długość wyboczeniowa l<sub>ω</sub> = 4,700 m.

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 935,0}{3,910^2} 10^{-2} = 1237,151 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 54,7}{4,700^2} 10^{-2} = 50,101 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\omega}}{l_{\omega}^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{6,6^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 3098,4}{4,700^2} 10^{-2} + 80 \times 6,2 \times 10^2 \right) = 1206,771 \text{ kN}$$

### Zwichrzenie:

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem l<sub>1</sub> = l<sub>ωω</sub> = 4700 mm:

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 15}{0,550} \times \sqrt{215 / 215} = 986 < 4700 = l_1$$

Konieczne jest sprawdzenie zwichrzenia pręta.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia a<sub>s</sub> = 0,00 cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły a<sub>s</sub> = 0,00 cm.

Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: A<sub>1</sub> = 0,680, A<sub>2</sub> = 0,290, B = 0,970.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,680 \times 0,00 + 0,290 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$0,000 \times 50,101 + \sqrt{(0,000 \times 50,101)^2 + 0,970^2 \times 0,066^2 \times 50,101 \times 1206,771} = 15,714$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{25,128 / 15,714} = 1,454$$

#### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 4,700$ ;  $x_b = 0,000$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 116,9 \times 215 \times 10^{-3} = 25,128 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla  $\bar{\lambda}_L = 1,454$  wynosi  $\varphi_L = 0,447$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{R_x}} = \frac{16,720}{0,447 \times 25,128} = 1,489 > 1$$

#### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 4,700$ ;  $x_b = 0,000$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 10,1 \times 215 \times 10^{-1} = 125,698 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,6 V_R = 75,419 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 16,945 < 125,698 = V_R$$

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

$x_a = 4,700$ ;  $x_b = 0,000$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 16,945 < 75,419 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 25,128 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{R_x,V}} = \frac{16,720}{25,128} = 0,665 < 1$$

#### Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 4,700$ .

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:

$$P_{R,w} = c_o t_w \eta_c f_d = 178,8 \times 6,3 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 242,243 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 242,243 = P_{R,w}$$

#### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 12,6 \text{ mm}$$

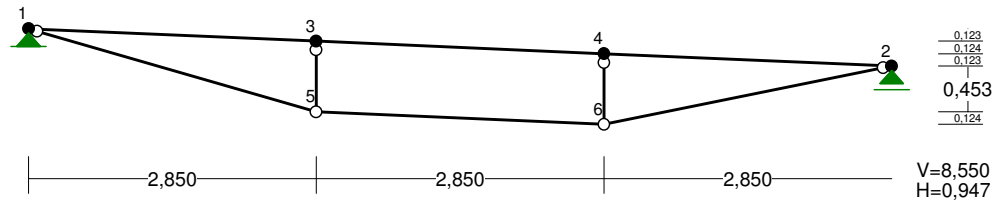
$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 4700 / 350 = 13,4 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 12,6 < 13,4 = a_{\text{gr}}$$

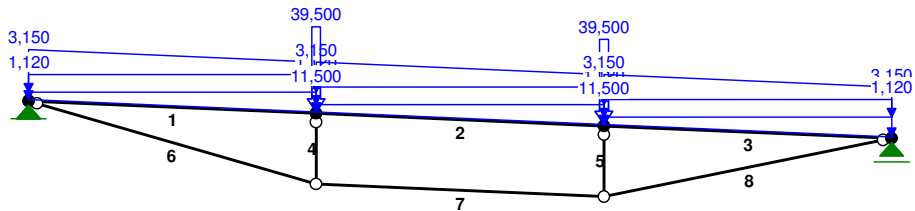
**UWAGA PRZEKRÓJ NIEWYSTARCZAJĄCY - WYMAGA WZMOCNIENIA!**  
**PRZEKROCZENIE NOŚNOŚCI O 49%**

#### 4.4.3. Wiązar – stan istniejący.

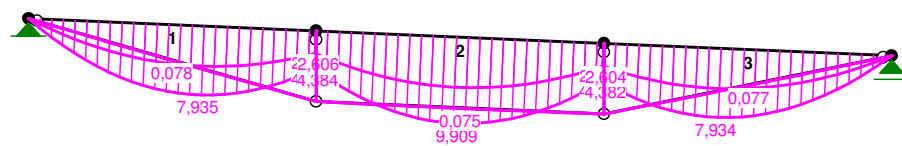
WĘZŁY :



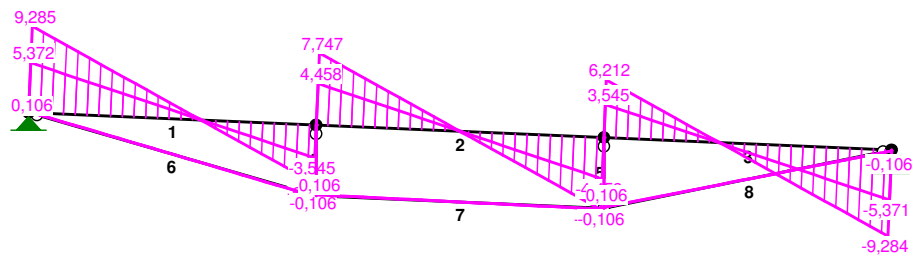
OBCIĄŻENIA :



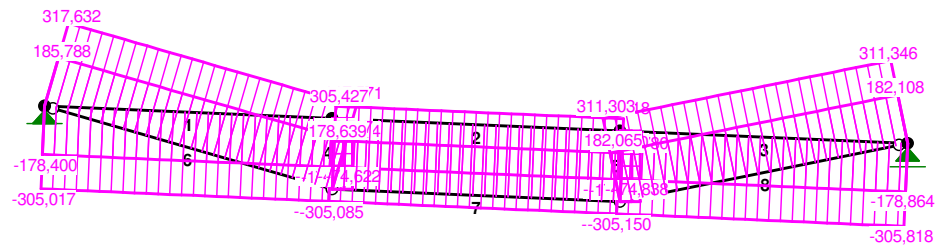
MOMENTY-OBWIEDNIE :



TNĄCE-OBWIEDNIE :



NORMALNE-OBWIEDNIE :



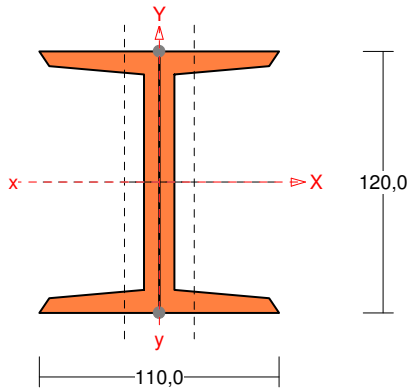
## PAS GÓRNY

Pręt nr 2

Wyniki wymiarowania stali wg PN-90/B-03200 (RM\_Stal v. 5.15 licencja nr 22851)

Zadanie: A-stal-wiązar

Przekrój: 2 U 120



Wymiary przekroju:

U 120 h=120,0 s=55,0 g=7,0 t=9,0 r=9,0 ex=16,0.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J<sub>xg</sub>=728,0 J<sub>yg</sub>=173,4 A=34,00 i<sub>x</sub>=4,6 i<sub>y</sub>=2,3 J<sub>w</sub>=5289,1 J<sub>t</sub>=13,3 i<sub>s</sub>=5,1.

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość f<sub>d</sub>=215 MPa dla g=9,0.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

**Siły przekrojowe:**

x<sub>a</sub> = 1,426; x<sub>b</sub> = 1,426.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: CW aB

M<sub>x</sub> = -9,909 kNm, V<sub>y</sub> = -0,001 kN, N = -305,422 kN,

Napężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = -8,2 MPa σ<sub>c</sub> = -171,5 MPa.

**Napężenia:**

x<sub>a</sub> = 1,426; x<sub>b</sub> = 1,426.

Napężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = -8,2 MPa σ<sub>c</sub> = -171,5 MPa.

Napężenia:

- normalne: σ = -89,8 Δσ = 81,7 MPa ψ<sub>oc</sub> = 1,000  
- ścinanie wzdłuż osi Y: A<sub>v</sub> = 16,80 cm<sup>2</sup> τ = 0,0 MPa ψ<sub>ov</sub> = 1,000

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 89,8 / 1,000 + 81,7 = 171,5 < 215 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{171,5^2 + 3 \times 0,0^2} = 171,5 < 215 \text{ MPa}$$

**Nośność elementów rozciąganych:**

x<sub>a</sub> = 2,853; x<sub>b</sub> = 0,000.

Siała osiowa:

N = -305,759 kN.

Pole powierzchni przekroju: A = 34,00 cm<sup>2</sup>.

Nośność przekroju na rozciąganie: N<sub>Rt</sub> = A f<sub>d</sub> = 34,00 × 215 × 10<sup>-1</sup> = 731,000 kN.

Warunek nośności (31):

$$N = 305,759 < 731,000 = N_{Rt}$$

**Długości wyboczeniowe pręta:**

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

$$\kappa_a = 0,667 \quad \kappa_b = 0,667 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 1,826 \quad \text{dla } l_0 = 2,853$$

$$l_w = 1,826 \times 2,853 = 5,209 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 2,853$$

$$l_w = 1,000 \times 2,853 = 2,853 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej μ<sub>0</sub> = 1,000. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem l<sub>00</sub> = 2,853 m. Długość wyboczeniowa l<sub>w</sub> = 2,853 m.

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 728,0}{5,209^2} 10^{-2} = 542,841 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 173,4}{2,853^2} 10^{-2} = 431,213 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\varpi}}{l_w^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{5,1^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 5289,1}{2,853^2} 10^{-2} + 80 \times 13,3 \times 10^2 \right) = 4514,363 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na ściskanie:**

x<sub>a</sub> = 2,853; x<sub>b</sub> = 0,000:

$$N_{Rc} = A f_d = 34,0 \times 215 \times 10^{-1} = 731,000 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{Rc} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{731,000 / 542,841} = 1,335 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,400$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{Rc} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{731,000 / 431,213} = 1,497 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,341$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{Rc} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{731,000 / 4514,363} = 0,463 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,885$$

Przyjęto: φ = φ<sub>min</sub> = 0,341

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{Rc}} = \frac{305,759}{0,341 \times 731,000} = 1,227 > 1$$

**Nośność przekroju na zginanie:**

$x_a = 1,426$ ;  $x_b = 1,426$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 121,3 \times 215 \times 10^{-3} = 26,087 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{305,422}{731,000} + \frac{9,909}{1,000 \times 26,087} = 0,798 < 1$$

**Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:**

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = -9,909 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \phi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,400 \times 1,335^2 \frac{1,000 \times 9,909}{26,087} \times \frac{305,759}{731,000} = 0,141$$

$$\Delta_x = 0,100 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\phi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{305,759}{0,400 \times 731,000} + \frac{1,000 \times 9,909}{1,000 \times 26,087} = 1,426 > 0,900 = 1 - 0,100$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\phi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{305,759}{0,341 \times 731,000} + \frac{1,000 \times 9,909}{1,000 \times 26,087} = 1,606 > 1,000 = 1 - 0,000$$

**Nośność przekroju na ścinanie:**

$x_a = 2,853$ ;  $x_b = 0,000$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 16,8 \times 215 \times 10^{-1} = 209,496 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 62,849 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 7,748 < 209,496 = V_R$$

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

$x_a = 1,426$ ;  $x_b = 1,426$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 0,001 < 62,849 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 26,087 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{305,422}{731,000} + \frac{9,909}{26,087} = 0,798 < 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:**

$x_a = 1,426$ ;  $x_b = 1,426$ .

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 0,001 < 190,334 = 209,496 \times \sqrt{1 - (305,422 / 731,000)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

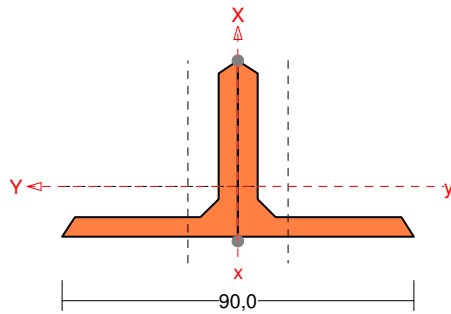
**UWAGA PRZEKRÓJ NIEWYSTARCZAJĄCY - WYMAGA WZMOCNIENIA!**  
**PRZEKROCZENIE NOŚNOŚCI O 61%**

**PAS DOLNY****Pręt nr 7**

Wyniki wymiarowania stali wg PN-90/B-03200 (RM\_Stal v. 5.15 licencja nr 22851)

Zadanie: A-stal-wiązar

Przekrój: 2 L 45x45x5



Wymiary przekroju:

L 45x45x5 h=45,0 s=45,0 g=5,0 r=7,0 ex=12,8 ey=12,8.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J<sub>xg</sub>=29,8 J<sub>yg</sub>=15,7 A=8,60 i<sub>x</sub>=1,9 i<sub>y</sub>=1,3 J<sub>w</sub>=1,5 J<sub>t</sub>=1,6 x<sub>s</sub>=-1,1 i<sub>s</sub>=2,5 r<sub>y</sub>=-0,7 b<sub>x</sub>=-0,7.

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość f<sub>d</sub>=215 MPa dla g=5,0.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

**Siły przekrojowe:**

x<sub>a</sub> = 1,426; x<sub>b</sub> = 1,426.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: CW aB

N = 305,422 kN,

M<sub>y</sub> = 0,075 kNm, V<sub>x</sub> = 0,000 kN.

Naprężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = 361,3 MPa σ<sub>c</sub> = 339,6 MPa.

**Naprężenia:**

x<sub>a</sub> = 1,426; x<sub>b</sub> = 1,426.

Naprężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = 361,3 MPa σ<sub>c</sub> = 339,6 MPa.

Naprężenia:

- normalne: σ = 350,5 Δσ = 10,8 MPa ψ<sub>ot</sub> = 1,000

**Warunki nośności:**

$$\sigma_{et} = \sigma / \psi_{ot} + \Delta\sigma = 350,5 / 1,000 + 10,8 = 361,3 > 215 \text{ MPa}$$

**Nośność elementów rozciąganych:**

x<sub>a</sub> = 0,000; x<sub>b</sub> = 2,853.

Siałka osiowa:

N = 305,427 kN.

Pole powierzchni przekroju: A = 8,60 cm<sup>2</sup>.

Nośność przekroju na rozciąganie: N<sub>Rt</sub> = A f<sub>d</sub> = 8,60 × 215 × 10<sup>-1</sup> = 184,900 kN.

**Warunek nośności (31):**

$$N = 305,427 > 184,900 = N_{Rt}$$

**Długości wyboczeniowe pręta:**

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

κ<sub>a</sub> = 1,000 κ<sub>b</sub> = 1,000 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 1,000 dla l<sub>o</sub> = 2,853

$$l_w = 1,000 \times 2,853 = 2,853 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

κ<sub>a</sub> = 1,000 κ<sub>b</sub> = 1,000 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 1,000 dla l<sub>o</sub> = 2,853

$$l_w = 1,000 \times 2,853 = 2,853 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej μ<sub>o</sub> = 1,000. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem l<sub>oω</sub> = 2,853 m. Długość wyboczeniowa l<sub>o</sub> = 2,853 m.

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 29,8}{2,853^2} 10^{-2} = 73,966 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 15,7}{2,853^2} 10^{-2} = 38,934 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\omega}}{l_{\omega}^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{2,5^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 1,5}{2,853^2} 10^{-2} + 80 \times 1,6 \times 10^2 \right) = 1931,105 \text{ kN}$$

$$N_{xz} = \frac{N_x + N_z - \sqrt{(N_x + N_z)^2 - 4 N_x N_z (1 - \mu y_s^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu y_s^2 / i_s^2)} =$$

$$\frac{73,966 + 1931,105 - \sqrt{(73,966 + 1931,105)^2 - 4 \times 73,966 \times 1931,105 \times (1 - 1,000 \times 1,1^2 / 2,5^2)}}{2 \times (1 - 1,000 \times 1,1^2 / 2,5^2)} = 73,444 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na zginanie:**

x<sub>a</sub> = 1,426; x<sub>b</sub> = 1,426.

- względem osi Y

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 4,9 \times 215 \times 10^{-3} = 1,046 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla λ<sub>L</sub> = 0,000 wynosi φ<sub>L</sub> = 1,000

**Warunek nośności (54):**

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} = \frac{305,422}{184,900} + \frac{0,075}{1,046} = 1,724 > 1$$



#### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 2,853$ .

- wzdłuż osi X

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 4,0 \times 215 \times 10^{-1} = 49,880 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 14,964 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi X:

$$V = 0,106 < 49,880 = V_R$$

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

$x_a = 1,426$ ;  $x_b = 1,426$ .

- dla zginania względem osi Y:  $V_x = 0,000 < 14,964 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 1,046 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_y}{M_{Ry,V}} = \frac{305,422}{184,900} + \frac{0,075}{1,046} = 1,724 > 1$$

#### Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 1,426$ ;  $x_b = 1,426$ .

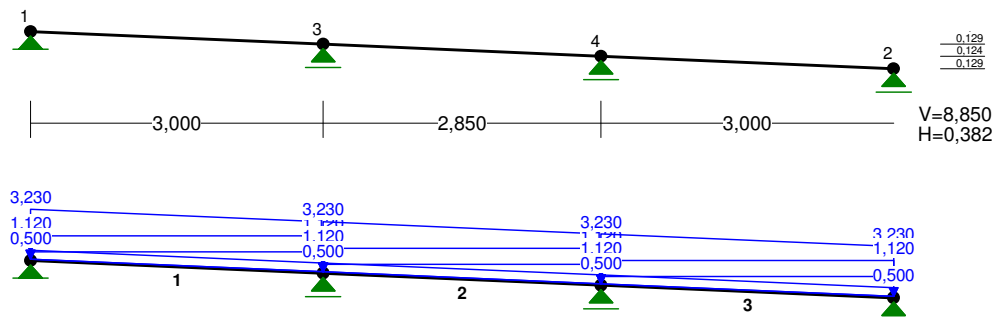
- dla ścinania wzdłuż osi X:

$$V = 0,000 > 0,000 = 49,880 \times \sqrt{1 - \left( \frac{305,422}{184,900} \right)^2} = V_R \sqrt{1 - \left( \frac{N}{N_{Rt}} \right)^2} = V_{R,N}$$

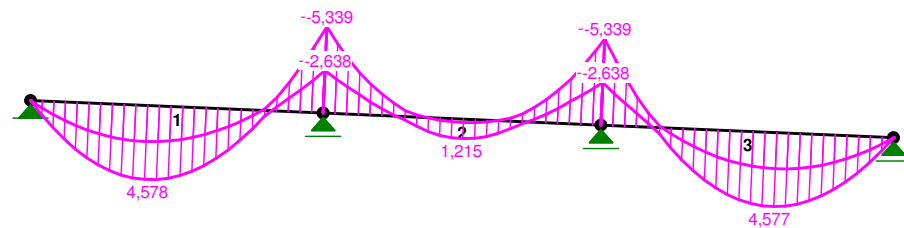
**UWAGA PRZEKRÓJ NIEWYSTARCZAJĄCY - WYMAGA WZMOCNIENIA!**  
**PRZEKROCZENIE NOŚNOŚCI O 72%**

#### 4.4.4. Płatew – stan projektowany:

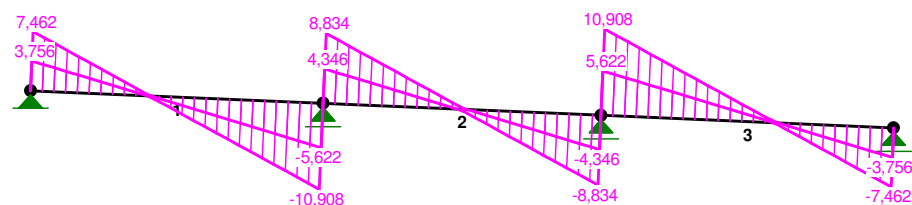
WĘZŁY :



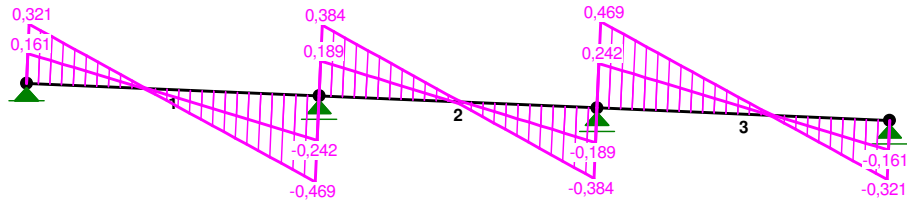
MOMENTY-OBWIEDNIE :



TNĄCE-OBWIEDNIE :



# NORMALNE-OBWIEDNIE :

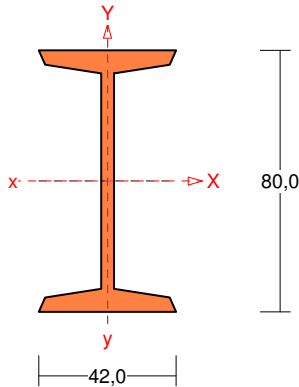


## Pręt nr 1

Wyniki wymiarowania stali wg PN-90/B-03200 (RM\_Stal v. 5.15 licencja nr 22851)

Zadanie: A-stal-platew-projekt

Przekrój: I 80



Wymiary przekroju:

I 80 h=80,0 g=3,9 s=42,0 t=5,8 r=3,9.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J<sub>xg</sub>=77,8 J<sub>yg</sub>=6,3 A=7,58 i<sub>x</sub>=3,2 i<sub>y</sub>=0,9 J<sub>w</sub>=86,1 J<sub>t</sub>=0,8 i<sub>s</sub>=3,3.

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość f<sub>d</sub>=215 MPa dla g=5,8.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

## Siły przekrojowe:

x<sub>a</sub> = 3,003; x<sub>b</sub> = 0,000.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: CW aBCD

M<sub>x</sub> = 5,176 kNm, V<sub>y</sub> = -10,569 kN, N = -0,454 kN,

Naprężenia w skrajnych włókach: σ<sub>t</sub> = 265,5 MPa σ<sub>c</sub> = -266,7 MPa.

## Naprężenia:

x<sub>a</sub> = 3,003; x<sub>b</sub> = 0,000.

Naprężenia w skrajnych włókach: σ<sub>t</sub> = 265,5 MPa σ<sub>c</sub> = -266,7 MPa.

Naprężenia:

- normalne: σ = -0,6 Δσ = 266,1 MPa ψ<sub>oc</sub> = 1,000  
- ścinanie wzdłuż osi Y: A<sub>v</sub> = 3,12 cm<sup>2</sup> τ = 33,9 MPa ψ<sub>ov</sub> = 1,000

Warunki nośności:

$$\sigma_{oc} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,6 / 1,000 + 266,1 = 266,7 > 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ev} = \tau / \psi_{ov} = 33,9 / 1,000 = 33,9 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{266,7^2 + 3 \times 0,0^2} = 266,7 > 215 \text{ MPa}$$

## Nośność elementów rozciąganych:

x<sub>a</sub> = 3,003; x<sub>b</sub> = 0,000.

Siała osiowa:

N = -0,454 kN.

Pole powierzchni przekroju: A = 7,58 cm<sup>2</sup>.

Nośność przekroju na rozciąganie: N<sub>Rt</sub> = A f<sub>d</sub> = 7,58 × 215 × 10<sup>-1</sup> = 162,970 kN.

Warunek nośności (31):

$$N = 0,454 < 162,970 = N_{Rt}$$

## Długości wyboczeniowe pręta:

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

κ<sub>a</sub> = 1,000 κ<sub>b</sub> = 0,322 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 0,769 dla l<sub>o</sub> = 3,003

$$l_w = 0,769 \times 3,003 = 2,309 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

κ<sub>a</sub> = 1,000 κ<sub>b</sub> = 1,000 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 1,000 dla l<sub>o</sub> = 3,003

$$l_w = 1,000 \times 3,003 = 3,003 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej μ<sub>ω</sub> = 1,000. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem l<sub>ωo</sub> = 3,003 m. Długość wyboczeniowa l<sub>ω</sub> = 3,003 m.

## Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 77,8}{2,309^2} 10^{-2} = 295,213 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 6,3}{3,003^2} 10^{-2} = 14,114 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\omega}}{l_{\omega}^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{3,3^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 86,1}{3,003^2} 10^{-2} + 80 \times 0,8 \times 10^2 \right) = 593,264 \text{ kN}$$

## Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 3,003$ ;  $x_b = 0,000$ :

$$N_{RC} = A f_d = 7,6 \times 215 \times 10^{-1} = 162,970 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wybożenia:

$$\begin{aligned} \text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} &= 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{162,970 / 295,213} = 0,854 \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,808 \\ \text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} &= 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{162,970 / 14,114} = 3,908 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,065 \\ \text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} &= 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{162,970 / 593,264} = 0,603 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,805 \end{aligned}$$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,065$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{0,454}{0,065 \times 162,970} = 0,043 < 1$$

#### Zwichrzenie:

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem  $l_1 = l_{\omega} = 3003 \text{ mm}$ :

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 9}{0,550} \times \sqrt{215 / 215} = 579 < 3003 = l_1$$

Konieczne jest sprawdzenie zwichrzenia pręta.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 0,00 \text{ cm}$ . Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = 0,00 \text{ cm}$ .

Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia:  $A_1 = 0,610$ ,  $A_2 = 0,530$ ,  $B = 1,140$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,610 \times 0,00 + 0,530 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z}$$

$$0,000 \times 14,114 + \sqrt{(0,000 \times 14,114)^2 + 1,140^2 \times 0,033^2 \times 14,114 \times 593,264} = 3,475$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{4,182 / 3,475} = 1,262$$

#### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 3,003$ ;  $x_b = 0,000$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 19,5 \times 215 \times 10^{-3} = 4,182 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{RC}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{0,454}{162,970} + \frac{5,176}{1,000 \times 4,182} = 1,240 > 1$$

#### Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 5,176 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{RC}} = 1,25 \times 0,808 \times 0,854^2 \times \frac{1,000 \times 5,176}{4,182} \times \frac{0,454}{162,970} = 0,003$$

$$\Delta_y = 0,003 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wybożenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{RC}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{0,454}{0,808 \times 162,970} + \frac{1,000 \times 5,176}{1,000 \times 4,182} = 1,241 > 0,997 = 1 - 0,003$$

- dla wybożenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{RC}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{0,454}{0,065 \times 162,970} + \frac{1,000 \times 5,176}{1,000 \times 4,182} = 1,281 > 1,000 = 1 - 0,000$$

#### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 3,003$ ;  $x_b = 0,000$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 3,1 \times 215 \times 10^{-1} = 38,906 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,6 V_R = 23,344 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 10,569 < 38,906 = V_R$$

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

$x_a = 3,003$ ;  $x_b = 0,000$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 10,569 < 23,344 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 4,182 \text{ kNm}$$

**Warunek nośności (55):**

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx, V}} = \frac{0,454}{162,970} + \frac{5,176}{4,182} = 1,240 > 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:**

$x_a = 3,003$ ,  $x_b = 0,000$ .

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 10,569 < 38,906 = 38,906 \times \sqrt{1 - (0,454 / 162,970)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R, N}$$

**Nośność środka pod obciążeniem skupionym:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 3,003$ .

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego  $c = 100,0$  mm.

Napężenia ściskające w środku wynoszą  $\sigma_c = 0,4$  MPa. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R, W} = c_o t_w \eta_c f_d = 148,7 \times 3,9 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 124,656 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 124,656 = P_{R, W}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 17,6 \text{ mm}$$

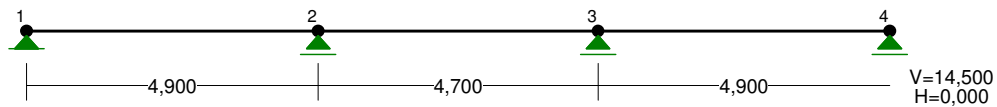
$$a_{gr} = l / 150 = 3003 / 150 = 20,0 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 17,6 < 20,0 = a_{gr}$$

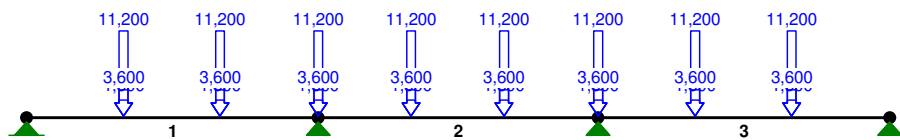
**UWAGA PRZEKRÓJ NIEWYSTARCZAJĄCY - WYMAGA WZMOCNIENIA!**  
**PRZEKROCZENIE NOŚNOŚCI O 28%**

**4.4.5. Belka – stan projektowany:**

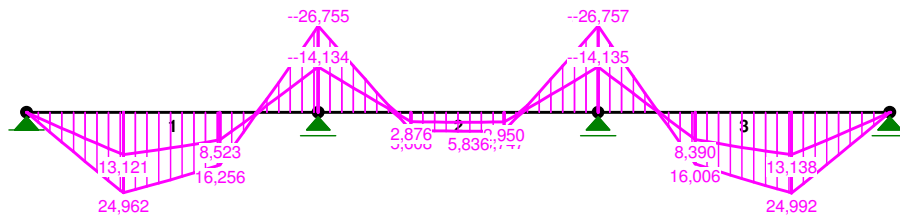
WEZŁY



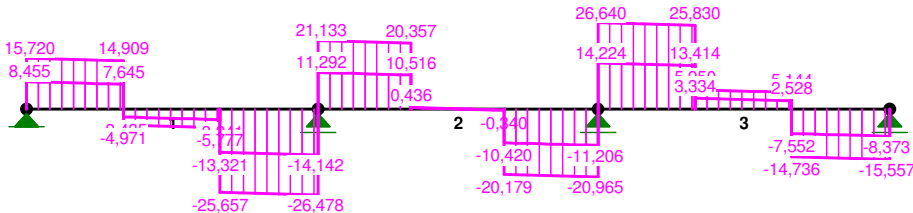
OBCIĄŻENIA:



MOMENTY-OBWIEDNIE:



SIŁY-OBWIEDNIE:

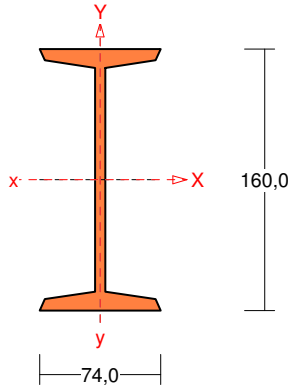


**Pręt nr 1**

Wyniki wymiarowania stali wg PN-90/B-03200 (RM\_Stal v. 5.15 licencja nr 22851)

Zadanie: A-stal-rygiel-projekt

Przekrój: I 160



Wymiary przekroju:

I 160 h=160,0 g=6,3 s=74,0 t=9,5 r=6,3.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J<sub>xg</sub>=935,0 J<sub>yg</sub>=54,7 A=22,80 i<sub>x</sub>=6,4 i<sub>y</sub>=1,5 J<sub>w</sub>=3098,4 J<sub>t</sub>=6,2 i<sub>s</sub>=6,6.

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość f<sub>d</sub>=215 MPa dla g=9,5.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

**Siły przekrojowe:**

x<sub>a</sub> = 4,900; x<sub>b</sub> = 0,000.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: CW aBC

M<sub>x</sub> = 26,059 kNm, V<sub>y</sub> = -25,599 kN, N = 0,000 kN.

Naprężenia w skrajnych włókach: σ<sub>t</sub> = 223,0 MPa σ<sub>c</sub> = -223,0 MPa.

**Naprężenia:**

x<sub>a</sub> = 4,900; x<sub>b</sub> = 0,000.

Naprężenia w skrajnych włókach: σ<sub>t</sub> = 223,0 MPa σ<sub>c</sub> = -223,0 MPa.

Naprężenia:

- normalne: σ = 0,0 Δσ = 223,0 MPa ψ<sub>oc</sub> = 1,000  
- ścinanie wzdłuż osi Y: A<sub>v</sub> = 10,08 cm<sup>2</sup> τ = 25,4 MPa ψ<sub>ov</sub> = 1,000

Warunki nośności:

σ<sub>cc</sub> = σ / ψ<sub>oc</sub> + Δσ = 0,0 / 1,000 + 223,0 = 223,0 > 215 MPa

τ<sub>ey</sub> = τ / ψ<sub>ov</sub> = 25,4 / 1,000 = 25,4 < 124,7 = 0,58 × 215 MPa

$\sqrt{\sigma_c^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{223,0^2 + 3 \times 0,0^2} = 223,0 > 215 \text{ MPa}$

**Długości wyboczeniowe pręta:**

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

κ<sub>a</sub> = 1,000 κ<sub>b</sub> = 0,324 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 0,769 dla l<sub>o</sub> = 4,900

l<sub>w</sub> = 0,769 × 4,900 = 3,768 m

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

κ<sub>a</sub> = 1,000 κ<sub>b</sub> = 1,000 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 1,000 dla l<sub>o</sub> = 4,900

l<sub>w</sub> = 1,000 × 4,900 = 4,900 m

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej μ<sub>o</sub> = 1,000. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem l<sub>oo</sub> = 4,900 m. Długość wyboczeniowa l<sub>o</sub> = 4,900 m.

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 935,0}{3,768^2} 10^{-2} = 1332,356 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 54,7}{4,900^2} 10^{-2} = 46,094 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\omega}}{l_{\omega}^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{6,6^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 3098,4}{4,900^2} 10^{-2} + 80 \times 6,2 \times 10^2 \right) = 1201,543 \text{ kN}$$

**Zwicherungie:**

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem l<sub>1</sub> = l<sub>oo</sub> = 4900 mm:

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 15}{0,550} \times \sqrt{215 / 215} = 986 < 4900 = l_1$$

Konieczne jest sprawdzenie zwicherungia pręta.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia a<sub>o</sub> = 0,00 cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły a<sub>s</sub> = 0,00 cm.

Przyjęto następujące wartości parametrów zwicherungia: A<sub>1</sub> = 0,610, A<sub>2</sub> = 0,530, B = 1,140.

A<sub>o</sub> = A<sub>1</sub> b<sub>y</sub> + A<sub>2</sub> a<sub>s</sub> = 0,610 × 0,00 + 0,530 × 0,00 = 0,000

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$0,000 \times 46,094 + \sqrt{(0,000 \times 46,094)^2 + 1,140^2 \times 0,066^2 \times 46,094 \times 1201,543} = 17,676$$

Smukłość względna dla zwicherungia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{25,128 / 17,676} = 1,371$$

**Nośność przekroju na zginanie:**

x<sub>a</sub> = 4,900; x<sub>b</sub> = 0,000.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 116,9 \times 215 \times 10^{-3} = 25,128 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwężenia dla  $\bar{\lambda}_L = 1,371$  wynosi  $\varphi_L = 0,494$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{26,059}{0,494 \times 25,128} = 2,099 > 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie:**

$x_a = 4,900$ ;  $x_b = 0,000$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 10,1 \times 215 \times 10^{-1} = 125,698 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,6 V_R = 75,419 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 25,599 < 125,698 = V_R$$

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

$x_a = 4,900$ ;  $x_b = 0,000$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 25,599 < 75,419 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 25,128 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{R,x,V}} = \frac{26,059}{25,128} = 1,037 > 1$$

**Nośność środka pod obciążeniem skupionym:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 4,900$ .

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:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 178,8 \times 6,3 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 242,243 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 242,243 = P_{R,W}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy przęta wynoszą:

$$a_{\max} = 20,2 \text{ mm}$$

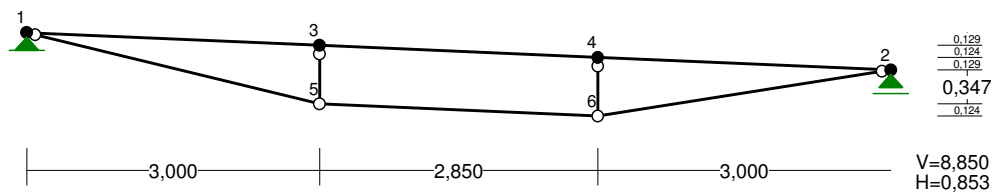
$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 4900 / 350 = 14,0 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 20,2 > 14,0 = a_{\text{gr}}$$

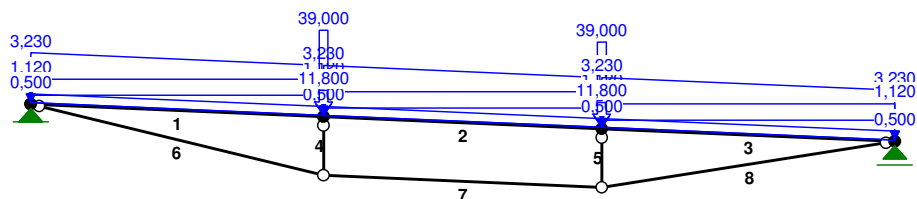
**UWAGA PRZEKRÓJ NIEWYSTARCZAJĄCY - WYMAGA WZMOCNIENIA!**  
**PRZEKROCZENIE NOŚNOŚCI O 210%**

4.4.6. Wiązár – stan projektowany:

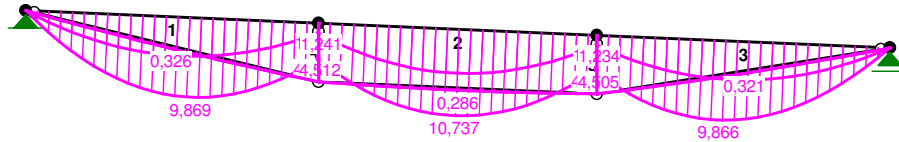
WEZŁY:



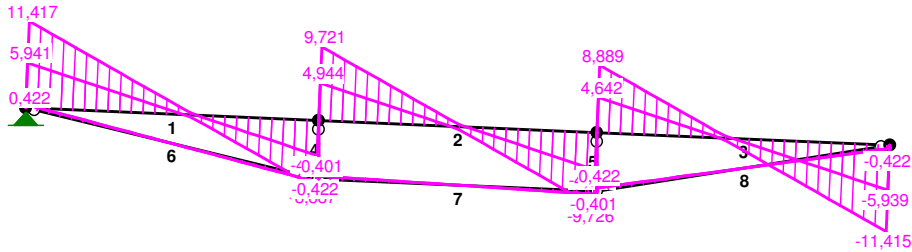
OBCIĄŻENIA:



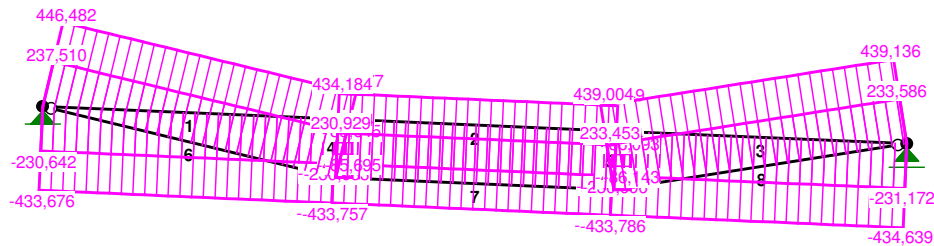
MOMENTY-OBWIEDNIE :



TNĄCE-OBWIEDNIE :



NORMALNE-OBWIEDNIE :



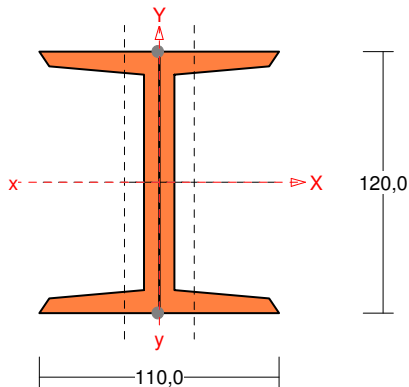
## PAS GÓRNY

### Pręt nr 2

Wyniki wymiarowania stali wg PN-90/B-03200 (RM\_Stal v. 5.15 licencja nr 22851)

Zadanie: A-stal-wiązar-projekt

Przekrój: 2 U 120



Wymiary przekroju:

U 120 h=120,0 s=55,0 g=7,0 t=9,0 r=9,0 ex=16,0.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J<sub>xg</sub>=728,0 J<sub>y</sub>=173,4 A=34,00 i<sub>x</sub>=4,6 i<sub>y</sub>=2,3 J<sub>w</sub>=5289,1 J<sub>t</sub>=13,3 i<sub>s</sub>=5,1.

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość f<sub>d</sub>=215 MPa dla g=9,0.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

x<sub>a</sub> = 1,426; x<sub>b</sub> = 1,426.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: CW ABCDEF

M<sub>x</sub> = -13,199 kNm, V<sub>y</sub> = -0,001 kN, N = -369,184 kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = 0,2 MPa σ<sub>c</sub> = -217,4 MPa.

Naprężenia:

x<sub>a</sub> = 1,426; x<sub>b</sub> = 1,426.

Naprężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = 0,2 MPa σ<sub>c</sub> = -217,4 MPa.

Naprężenia:

- normalne: σ = -108,6 Δσ = 108,8 MPa ψ<sub>oc</sub> = 1,000  
- ścinanie wzdłuż osi Y: A<sub>v</sub> = 16,80 cm<sup>2</sup> τ = 0,0 MPa ψ<sub>ov</sub> = 1,000

Warunki nośności:

σ<sub>cc</sub> = σ / ψ<sub>oc</sub> + Δσ = 108,6 / 1,000 + 108,8 = 217,4 > 215 MPa

τ<sub>ey</sub> = τ / ψ<sub>ov</sub> = 0,0 / 1,000 = 0,0 < 124,7 = 0,58 × 215 MPa

$\sqrt{\sigma_c^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{217,4^2 + 3 \times 0,0^2} = 217,4 > 215 \text{ MPa}$

Nośność elementów rozciąganych:

x<sub>a</sub> = 2,853; x<sub>b</sub> = 0,000.

Siała osiowa:

N = -369,523 kN.

Pole powierzchni przekroju: A = 34,00 cm<sup>2</sup>.

Nośność przekroju na rozciąganie: N<sub>Rt</sub> = A f<sub>d</sub> = 34,00 × 215 × 10<sup>-1</sup> = 731,000 kN.

Warunek nośności (31):

N = 369,523 < 731,000 = N<sub>Rt</sub>

Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\kappa_a = 0,678 \quad \kappa_b = 0,678 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 1,861 \quad \text{dla } l_o = 2,853$$

$$l_w = 1,861 \times 2,853 = 5,309 \text{ m}$$

- przy wyoboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 2,853$$

$$l_w = 1,000 \times 2,853 = 2,853 \text{ m}$$

- dla wyoboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyoboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega o} = 2,853 \text{ m}$ . Długość wyoboczeniowa  $l_\omega = 2,853 \text{ m}$ .

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 728,0}{5,309^2} 10^{-2} = 522,614 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 173,4}{2,853^2} 10^{-2} = 431,213 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{5,1^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 5289,1}{2,853^2} 10^{-2} + 80 \times 13,3 \times 10^2 \right) = 4514,363 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na ściskanie:**

$x_a = 2,853$ ;  $x_b = 0,000$ :

$$N_{RC} = A f_d = 34,0 \times 215 \times 10^{-1} = 731,000 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyoboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{731,000 / 522,614} = 1,360 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,390$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{731,000 / 431,213} = 1,497 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,341$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{731,000 / 4514,363} = 0,463 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,885$$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,341$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{369,523}{0,341 \times 731,000} = 1,482 > 1$$

**Nośność przekroju na zginanie:**

$x_a = 1,426$ ;  $x_b = 1,426$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 121,3 \times 215 \times 10^{-3} = 26,087 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{RC}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{369,184}{731,000} + \frac{13,199}{1,000 \times 26,087} = 1,011 > 1$$

**Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:**

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = -13,199 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{RC}} = 1,25 \times 0,390 \times 1,360^2 \frac{1,000 \times 13,199}{26,087} \times \frac{369,523}{731,000} = 0,231$$

$$\Delta_x = 0,100 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyoboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{RC}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{369,523}{0,390 \times 731,000} + \frac{1,000 \times 13,199}{1,000 \times 26,087} = 1,802 > 0,900 = 1 - 0,100$$

- dla wyoboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{RC}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{369,523}{0,341 \times 731,000} + \frac{1,000 \times 13,199}{1,000 \times 26,087} = 1,988 > 1,000 = 1 - 0,000$$

**Nośność przekroju na ścinanie:**

$x_a = 2,853$ ;  $x_b = 0,000$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 16,8 \times 215 \times 10^{-1} = 209,496 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 62,849 \text{ kN}$$



Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 7,808 < 209,496 = V_R$$

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

$$x_a = 1,426; \quad x_b = 1,426.$$

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 0,001 < 62,849 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 26,087 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{R,x,V}} = \frac{369,184}{731,000} + \frac{13,199}{26,087} = 1,011 > 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:**

$$x_a = 1,426; \quad x_b = 1,426.$$

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 0,001 < 180,815 = 209,496 \times \sqrt{1 - (369,184 / 731,000)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Ugięcia względem osi Y wynoszą:

$$a_{\max} = 64,9 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = l / 350 = 8850 / 350 = 25,3 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 64,9 > 25,3 = a_{gr}$$

## UWAGA PRZEKRÓJ NIEWYSTARCZAJĄCY - WYMAGA WZMOCNIENIA! PRZEKROCZENIE NOŚNOŚCI O 198%

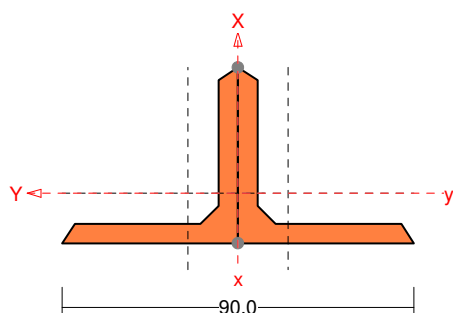
### PAS DOLNY

#### Pręt nr 6

Wyniki wymiarowania stali wg PN-90/B-03200 (RM\_Stal v. 5.15 licencja nr 22851)

Zadanie: A-stal-wiązar-projekt

Przekrój: 2 L 45x45x5



Wymiary przekroju:

L 45x45x5 h=45,0 s=45,0 g=5,0 r=7,0 ex=12,8 ey=12,8.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

Jxg=29,8 Jyg=15,7 A=8,60 ix=1,9 iy=1,3 Jw=1,5 Jt=1,5 xs=-1,1 is=2,5 ry=-0,7 bx=-0,7.

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość  $f_d=215 \text{ MPa}$  dla  $g=5,0$ .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

**Siły przekrojowe:**

$$x_a = 1,544; \quad x_b = 1,544.$$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: CW aBCDEF

$$N = 427,703 \text{ kN},$$

$$M_y = 0,086 \text{ kNm}, \quad V_x = 0,000 \text{ kN}.$$

Naprężenia w skrajnych włókniach:  $\sigma_t = 504,4 \text{ MPa}$   $\sigma_c = 479,7 \text{ MPa}$ .

**Naprężenia:**

$$x_a = 1,544; \quad x_b = 1,544.$$

Naprężenia w skrajnych włókniach:  $\sigma_t = 504,4 \text{ MPa}$   $\sigma_c = 479,7 \text{ MPa}$ .

Naprężenia:

$$\text{- normalne:} \quad \sigma = 492,0 \quad \Delta\sigma = 12,4 \text{ MPa} \quad \psi_{ot} = 1,000$$

Warunki nośności:

$$\sigma_{et} = \sigma / \psi_{ot} + \Delta\sigma = 492,0 / 1,000 + 12,4 = 504,4 > 215 \text{ MPa}$$

**Nośność elementów rozciąganych:**

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 3,087.$$

Przekrój jest zamocowany mimośrodowo.

Siła osiowa:

$$N = 427,730 \text{ kN}.$$

Pole powierzchni przekroju:

$$A = 8,60 \text{ cm}^2.$$

Sprowadzone pole przekroju:

$$A_w = 8,60 \text{ cm}^2.$$

Nośność przekroju na rozciąganie:

$$N_{Rt} = A_w f_d = 8,60 \times 215 \times 10^{-1} = 184,900 \text{ kN}.$$

Warunek nośności (32):

$$N = 427,730 > 184,900 = N_{Rt}$$

**Długości wyboczeniowe pręta:**

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

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 3,087$$

$$l_w = 1,000 \times 3,087 = 3,087 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 3,087$$

$$l_w = 1,000 \times 3,087 = 3,087 \text{ m}$$

- dla wyoboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyoboczeniowej  $\mu_{\omega} = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega} = 3,087$  m. Długość wyoboczeniowa  $l_{\omega} = 3,087$  m.

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 29,8}{3,087^2} 10^{-2} = 63,152 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 15,7}{3,087^2} 10^{-2} = 33,242 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\omega}}{l_{\omega}^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{2,5^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 1,5}{3,087^2} 10^{-2} + 80 \times 1,5 \times 10^2 \right) = 1898,966 \text{ kN}$$

$$N_{xz} = \frac{N_x + N_z - \sqrt{(N_x + N_z)^2 - 4N_x N_z (1 - \mu_y s^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_y s^2 / i_s^2)} =$$

$$\frac{63,152 + 1898,966 - \sqrt{(63,152 + 1898,966)^2 - 4 \times 63,152 \times 1898,966 \times (1 - 1,000 \times 1,1^2 / 2,5^2)}}{2 \times (1 - 1,000 \times 1,1^2 / 2,5^2)} = 62,772 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na zginanie:**

$x_a = 1,544$ ;  $x_b = 1,544$ .

- względem osi Y

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 4,9 \times 215 \times 10^{-3} = 1,046 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} = \frac{427,703}{184,900} + \frac{0,086}{1,046} = 2,395 > 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 3,087$ .

- wzdłuż osi X

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 4,0 \times 215 \times 10^{-1} = 49,880 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 14,964 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi X:

$$V = 0,111 < 49,880 = V_R$$

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

$x_a = 1,544$ ;  $x_b = 1,544$ .

- dla zginania względem osi Y:  $V_x = 0,000 < 14,964 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 1,046 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_y}{M_{Ry,V}} = \frac{427,703}{184,900} + \frac{0,086}{1,046} = 2,395 > 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:**

$x_a = 1,544$ ;  $x_b = 1,544$ .

- dla ścinania wzdłuż osi X:

$$V = 0,000 > 0,000 = 49,880 \times \sqrt{1 - (427,703 / 184,900)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rt})^2} = V_{R,N}$$

**UWAGA PRZEKRÓJ NIEWYSTARCZAJĄCY - WYMAGA WZMOCNIENIA!**  
**PRZEKROCZENIE NOŚNOŚCI O 239%**

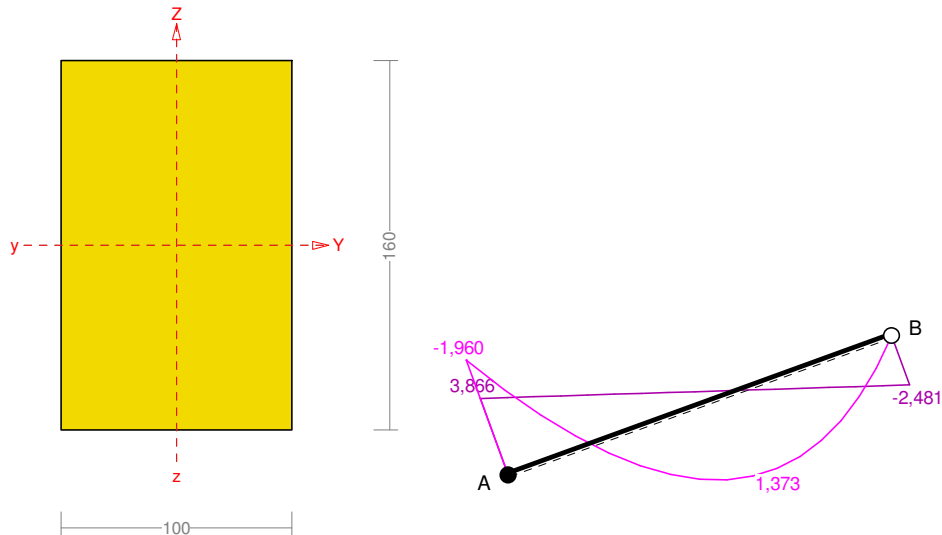
#### 4.5. Segment B.

Obliczenia pokazano dla stanu istniejącego dla elementów, dla których konieczne jest wzmocnienie, oraz dla wszystkich elementów dla stanu projektowanego.

##### 4.5.1. Krokiew – stan projektowany:

Rozstaw krokwi ~1,15m.





**Przekrój: 1 „B 160x100”**

Wymiary przekroju:

$h=160,0 \text{ mm}$   $b=100,0 \text{ mm}$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{yg}=3413,3$ ;  $J_{zg}=1333,3 \text{ cm}^4$ ;  $A=160,00 \text{ cm}^2$ ;  $i_y=4,6$ ;  $i_z=2,9 \text{ cm}$ ;  $W_y=426,7$ ;  $W_z=266,7 \text{ cm}^3$ .

**Własności techniczne drewna:**

Przyjęto 2 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 85% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Krótkotrwałe** (*mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr*).

$K_{mod} = 0,90$

$\gamma_M = 1,3$

Cechy drewna: **Drewno C18.**

$f_{m,k} = 18,00$

$f_{m,d} = 12,46 \text{ MPa}$

$f_{t,0,k} = 11,00$

$f_{t,0,d} = 7,62 \text{ MPa}$

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

$f_{t,90,d} = 0,35 \text{ MPa}$

$f_{c,0,k} = 18,00$

$f_{c,0,d} = 12,46 \text{ MPa}$

$f_{c,90,k} = 2,20$

$f_{c,90,d} = 1,52 \text{ MPa}$

$f_{v,k} = 2,00$

$f_{v,d} = 1,38 \text{ MPa}$

$E_{0,mean} = 9000 \text{ MPa}$

$E_{90,mean} = 300 \text{ MPa}$

$E_{0,05} = 6000 \text{ MPa}$

$G_{mean} = 560 \text{ MPa}$

$\rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$

**Sprawdzenie nośności pręta nr 3**

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

**Nośność na rozciąganie:**

Wyniki dla  $x_a=2,83 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW aBCD”.

Pole powierzchni przekroju netto  $A_n = 160,00 \text{ cm}^2$ .

$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 1,392 / 160,00 \times 10 = \mathbf{0,09} < \mathbf{7,62} = f_{t,0,d}$

**Nośność na ściskanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=2,83 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW aB”.

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

$l_c = \mu l = 0,844 \times 2,831 = 2,389 \text{ m}$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,831 = 2,831 \text{ m}$

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

$l_{c,y} = 2,389 \text{ m}$ ;

$l_{c,z} = 2,831 \text{ m}$

Współczynniki wyboczeniowe:

$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,389 / 0,0462 = 51,72$

$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,831 / 0,0289 = 98,06$

$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 6000 / (51,72)^2 = 22,13 \text{ MPa}$

$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 6000 / (98,06)^2 = 6,16 \text{ MPa}$

$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{18/22,13} = 0,902$

$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{18/6,16} = 1,710$

$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,902 - 0,5) + (0,902)^2] = 0,947$

$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,710 - 0,5) + (1,710)^2] = 2,082$

$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,947 + \sqrt{0,947^2 - 0,902^2}) = 0,810$

$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,082 + \sqrt{2,082^2 - 1,710^2}) = 0,306$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 160,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 1,271 / 160,00 \times 10 = \mathbf{0,08 < 3,81} = 0,306 \times 12,46 = k_{c,f_{c,0,d}}$$

Ściskanie ze zginaniem dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,83$  m, przy obciążeniach „CW aBC”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,07}{0,810 \times 12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} + \frac{4,59}{12,46} = \mathbf{0,375 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,07}{0,306 \times 12,46} + \frac{0,00}{12,46} + 0,7 \times \frac{4,59}{12,46} = \mathbf{0,276 < 1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,83$  m, przy obciążeniach „CW aBC”.

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

$$l_d = 1,00 \times 2831 + 160 + 160 = 3151 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3151 \times 160 \times 12,46}{3,142 \times 100^2 \times 6000}} \times \sqrt{\frac{9000}{560}} = 0,366$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75$$

$$k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,960 / 426,67 \times 10^3 = \mathbf{4,59 < 12,46} = 1,000 \times 12,46 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=1,75$  m;  $x_b=1,08$  m, przy obciążeniach „CW aBC”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,02}{7,62} + \frac{3,22}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,260 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,02}{7,62} + 0,7 \times \frac{3,22}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,183 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,83$  m, przy obciążeniach „CW aBC”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,07^2}{12,46^2} + \frac{4,59}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,369 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,07^2}{12,46^2} + 0,7 \times \frac{4,59}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,258 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,83$  m, przy obciążeniach „CW aBC”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 3,866 / 160,000 \times 10 = 0,36 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 160,000 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,36^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,36 < 1,38} = 1,000 \times 1,38 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla  $x_a=1,59$  m;  $x_b=1,24$  m, przy obciążeniach „CW ABC”.

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 200 = 14,2 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanych może zostać powiększone o 50%, wówczas  $u_{net,fin} = 21,2$  mm.

Ugięcia od obciążeń stałych („CW A”) oraz długotrwałej części obciążeń zmiennych („BC”):

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = -2,2 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2831)^2] (1 + 0,80) = -4,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1 + k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od krótkotrwałej części obciążeń zmiennych („BC”):

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2831)^2] (1 + 0,00) = 0,0 \text{ mm}$$

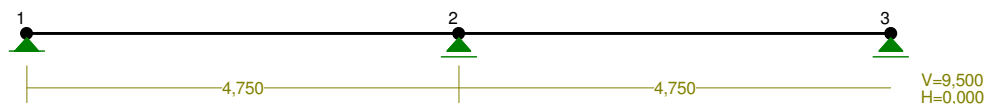
$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1 + k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

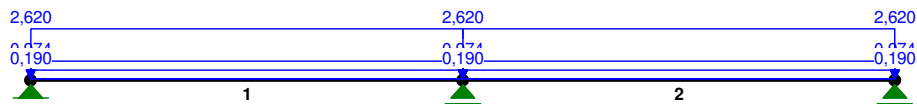
$$u_{z,fin} = -4,1 + 0,0 = \mathbf{4,1 < 21,2} = u_{net,fin}$$

#### 4.5.2. Płatew – stan istniejący:

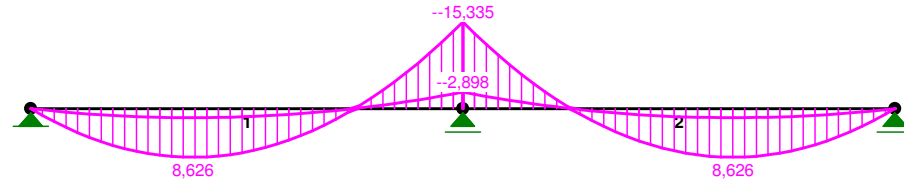
WEZŁY:



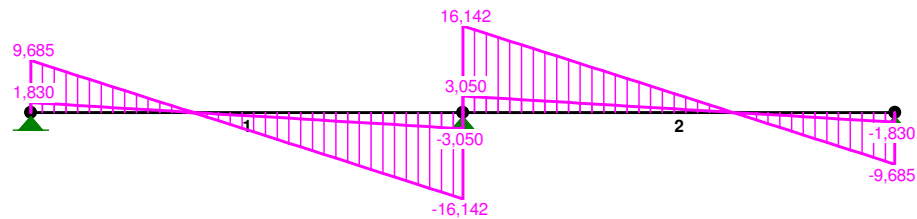
#### OBCIĄŻENIA:



#### MOMENTY-OBWIEDNIE:



#### SIŁY-OBWIEDNIE:

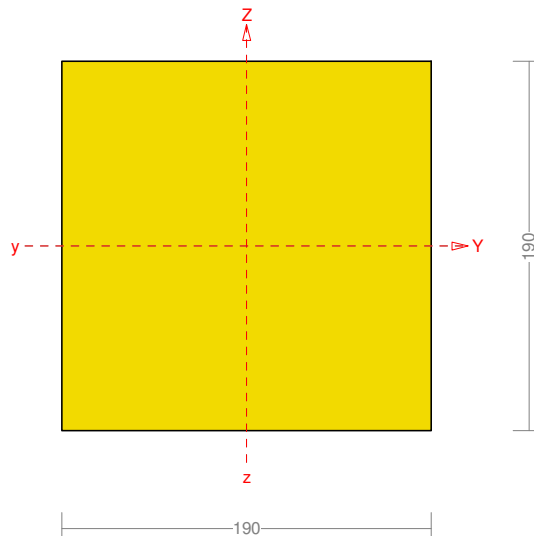


#### Wyniki wymiarowania elementu drewnianego wg PN-B-03150:2000

RM\_Drew v. 4.7 licencja nr 22851

#### Pręt nr 1

Zadanie: drewno-płatew



#### Przekrój: 4 „B 190x190”

Wymiary przekroju:

$h=190,0$  mm  $b=190,0$  mm.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{yg}=10860,1$ ;  $J_{zg}=10860,1$  cm<sup>4</sup>;  $A=361,00$  cm<sup>2</sup>;  $i_y=5,5$ ;  $i_z=5,5$  cm;  $W_y=1143,2$ ;  $W_z=1143,2$  cm<sup>3</sup>.

#### Własności techniczne drewna:

Przyjęto 2 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 85% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Krótkotrwałe** (mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr).

$K_{mod} = 0,90$

$\gamma_M = 1,3$

Cechy drewna: **Drewno C18.**

$f_{m,k} = 18,00$

$f_{m,d} = 12,46$  MPa

$f_{t,0,k} = 11,00$

$f_{t,0,d} = 7,62$  MPa

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

$f_{t,90,d} = 0,35$  MPa

$f_{c,0,k} = 18,00$

$f_{c,0,d} = 12,46$  MPa

$f_{c,90,k} = 2,20$

$f_{c,90,d} = 1,52$  MPa

$f_{v,k} = 2,00$

$f_{v,d} = 1,38$  MPa

$E_{0,mean} = 9000$  MPa

$E_{90,mean} = 300$  MPa

$$E_{0,05} = 6000 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 560 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$$

**Sprawdzenie nośności pręta nr 1**

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

**Nośność na zginanie:**

Wyniki dla  $x_a=4,75 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW aBC”.

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

$$l_d = 1,00 \times 4750 + 190 + 190 = 5130 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{5130 \times 190 \times 12,46}{3,142 \times 190^2 \times 6000}} \times \sqrt{\frac{9000}{560}} = 0,268$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{\text{rel,m}} \leq 0,75$$

$$k_{\text{crit}} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M/W = 15,335 / 1143,17 \times 10^3 = 13,41 > 12,46 = 1,000 \times 12,46 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=4,75 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW aBC”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{13,41}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = 1,076 > 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{13,41}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = 0,754 < 1$$

**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=4,75 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW aBC”.

Napężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 16,142 / 361,000 \times 10 = 0,67 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 361,000 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,67^2 + 0,00^2} = 0,67 < 1,38 = 1,000 \times 1,38 = k_v f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=1,99 \text{ m}$ ;  $x_b=2,76 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW aBC”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 200 = 23,8 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanych może zostać powiększone o 50%, wówczas  $u_{\text{net,fin}} = 35,6 \text{ mm}$ .

Ugięcia od obciążeń stałych („CW A”) oraz długotrwałej części obciążeń zmiennych („BC”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = -11,1 \times (1 + 0,80) = -19,9 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od krótkotrwałej części obciążeń zmiennych („BC”):

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

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

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

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -19,9 + 0,0 = 19,9 < 35,6 = u_{\text{net,fin}}$$

**UWAGA PRZEKRÓJ NIEWYSTARCZAJĄCY - WYMAGA WZMOCNIENIA!**  
**PRZEKROCZENIE NOŚNOŚCI O 8%**

**4.5.3. Płatew – stan projektowany:**

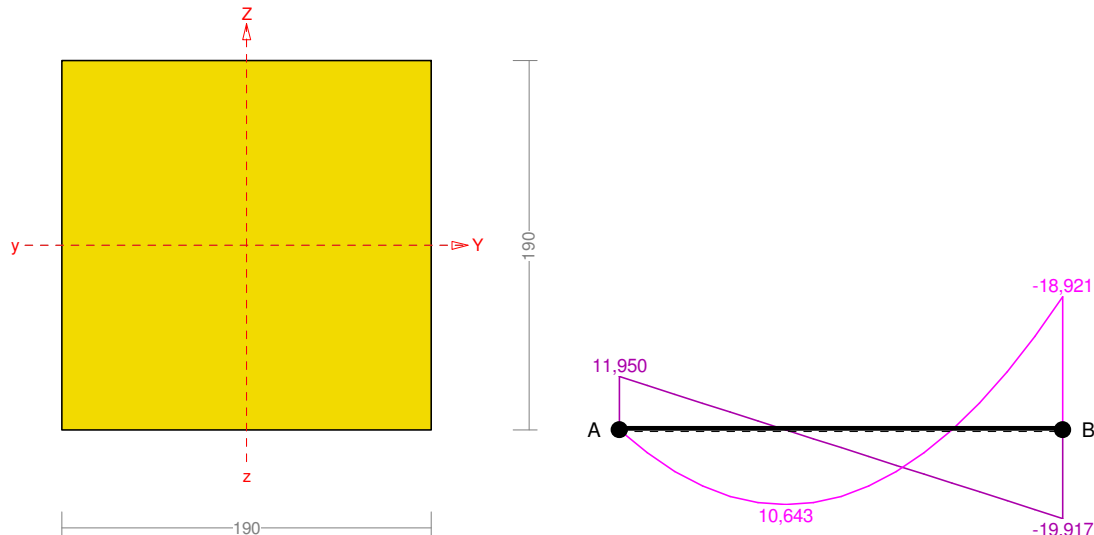
Schemat statyczny analogiczny jak dla stanu istniejącego. Obciążenia z dodatkiem na remont pokrycia i instalacje PV.

**Wyniki wymiarowania elementu drewnianego wg PN-B-03150:2000**

RM\_Drew v. 4.7 licencja nr 22851

**Pręt nr 1**

Zadanie: drewno-płatew-projekt



#### Przekrój: 4 „B 190x190”

Wymiary przekroju:

$$h=190,0 \text{ mm} \quad b=190,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=10860,1; \quad J_{zg}=10860,1 \text{ cm}^4; \quad A=361,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=5,5; \quad i_z=5,5 \text{ cm}; \quad W_y=1143,2; \quad W_z=1143,2 \text{ cm}^3.$$

#### Własności techniczne drewna:

Przyjęto 2 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 85% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Krótkotrwałe** (*mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr*).

$$K_{mod} = 0,90$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C18.**

$$f_{m,k} = 18,00$$

$$f_{m,d} = 12,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 11,00$$

$$f_{t,0,d} = 7,62 \text{ MPa}$$

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

$$f_{t,90,d} = 0,35 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 18,00$$

$$f_{c,0,d} = 12,46 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,20$$

$$f_{c,90,d} = 1,52 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,00$$

$$f_{v,d} = 1,38 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 9000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 300 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 6000 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 560 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$$

#### Sprawdzenie nośności pręta nr 1

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

#### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=4,75 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW aBC”.

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

$$l_d = 1,00 \times 4750 + 190 + 190 = 5130 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{5130 \times 190 \times 12,46}{3,142 \times 190^2 \times 6000}} \times \sqrt{\frac{9000}{560}} = 0,268$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75$$

$$k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M/W = 18,921 / 1143,17 \times 10^3 = 16,55 > 12,46 = 1,000 \times 12,46 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=4,75 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW aBC”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{16,55}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = 1,328 > 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{16,55}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = 0,930 < 1$$

#### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=4,75 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW aBC”.

Napężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 19,917 / 361,000 \times 10 = 0,83 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 361,000 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności



$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,83^2 + 0,00^2} = 0,83 < 1,38 = 1,000 \times 1,38 = k_v f_{v,d}$$

#### Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla  $x_a=1,99$  m;  $x_b=2,76$  m, przy obciążeniach „CW ABC”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 200 = 23,8 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanych może zostać powiększone o 50%, wówczas  $u_{\text{net,fin}} = 35,6$  mm.

Ugięcia od obciążeń stałych („CW A”) oraz długotrwałej części obciążeń zmiennych („BC”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = -14,3 \times (1 + 0,80) = -25,8 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od krótkotrwałej części obciążeń zmiennych („BC”):

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

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

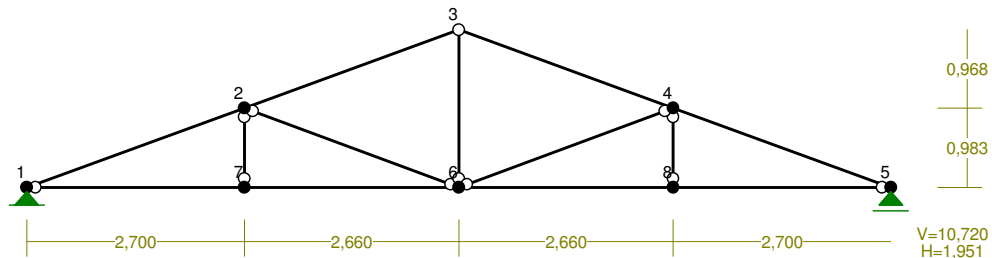
$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

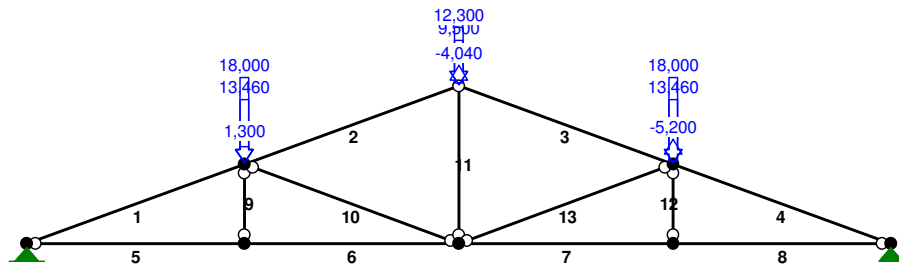
$$u_{z,\text{fin}} = -25,8 + 0,0 = 25,8 < 35,6 = u_{\text{net,fin}}$$

### **UWAGA PRZEKRÓJ NIEWYSTARCZAJĄCY - WYMAGA WZMOCNIENIA!** **PRZEKROCZENIE NOŚNOŚCI O 33%**

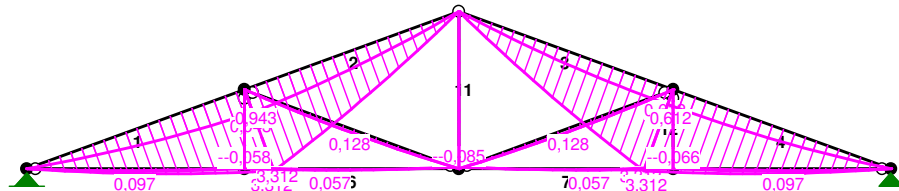
#### 4.5.4. Wiazar – stan projektowany:



#### OBCIĄŻENIA:



#### MOMENTY-OBWIEDNIE:





$$\begin{aligned} E_{0,mean} &= 9000 \text{ MPa} \\ E_{90,mean} &= 300 \text{ MPa} \\ E_{0,05} &= 6000 \text{ MPa} \\ G_{mean} &= 560 \text{ MPa} \\ \rho_k &= 320 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

### Sprawdzenie nośności pręta nr 1

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

#### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=2,87 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW aB”.

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

$$l_c = \mu l = 0,848 \times 2,873 = 2,436 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,873 = 2,873 \text{ m}$$

Długości wybocheniowe dla wybochenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,437 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,873 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,437 / 0,0577 = 42,20$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,873 / 0,0577 = 49,77$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 6000 / (42,20)^2 = 33,25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 6000 / (49,77)^2 = 23,91 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{18/33,25} = 0,736$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{18/23,91} = 0,868$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,736 - 0,5) + (0,736)^2] = 0,794$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,868 - 0,5) + (0,868)^2] = 0,913$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,794 + \sqrt{0,794^2 - 0,736^2}) = 0,915$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,913 + \sqrt{0,913^2 - 0,868^2}) = 0,835$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 400,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 157,138 / 400,00 \times 10 = 3,93 < 10,40 = 0,835 \times 12,46 = k_{c,f} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla  $x_a=2,87 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW aB”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{3,92}{0,915 \times 12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} + \frac{2,48}{12,46} = 0,544 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{3,92}{0,835 \times 12,46} + \frac{0,00}{12,46} + 0,7 \times \frac{2,48}{12,46} = 0,517 < 1$$

#### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=2,87 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW aB”.

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

$$l_d = 1,00 \times 2873 + 200 + 200 = 3273 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3273 \times 200 \times 12,46}{3,142 \times 200^2 \times 6000}} \times \sqrt{\frac{9000}{560}} = 0,208$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 3,312 / 1333,33 \times 10^3 = 2,48 < 12,46 = 1,000 \times 12,46 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=2,87 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW aB”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,46}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = 0,198 < 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{2,46}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = 0,138 < 1$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=2,87 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW aB”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,92^2}{12,46^2} + \frac{2,48}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = 0,298 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,92^2}{12,46^2} + 0,7 \times \frac{2,48}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = 0,239 < 1$$

#### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=2,87 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW aB”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 1,378 / 400,000 \times 10 = 0,05 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 400,000 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,05^2 + 0,00^2} = 0,05 < 1,38 = 1,000 \times 1,38 = k_v f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=2,87$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CW AB”.

Ugięcia graniczne

$$u_{net,fin} = l / 200 = 28,0 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas  $u_{net,fin} = 42,0$  mm.

Ugięcia od obciążeń stałych („CW A”) oraz długotrwałej części obciążeń zmiennych („B”):

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = -11,5 \times [1 + 19,2 \times (200,0/5600)^2] (1 + 0,80) = -21,3 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (200,0/5600)^2] (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od krótkotrwałej części obciążeń zmiennych („B”):

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (200,0/5600)^2] (1 + 0,00) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (200,0/5600)^2] (1 + 0,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia całkowite:

$$u_{z,fin} = -21,3 + 0,0 = 21,3 < 42,0 = u_{net,fin}$$

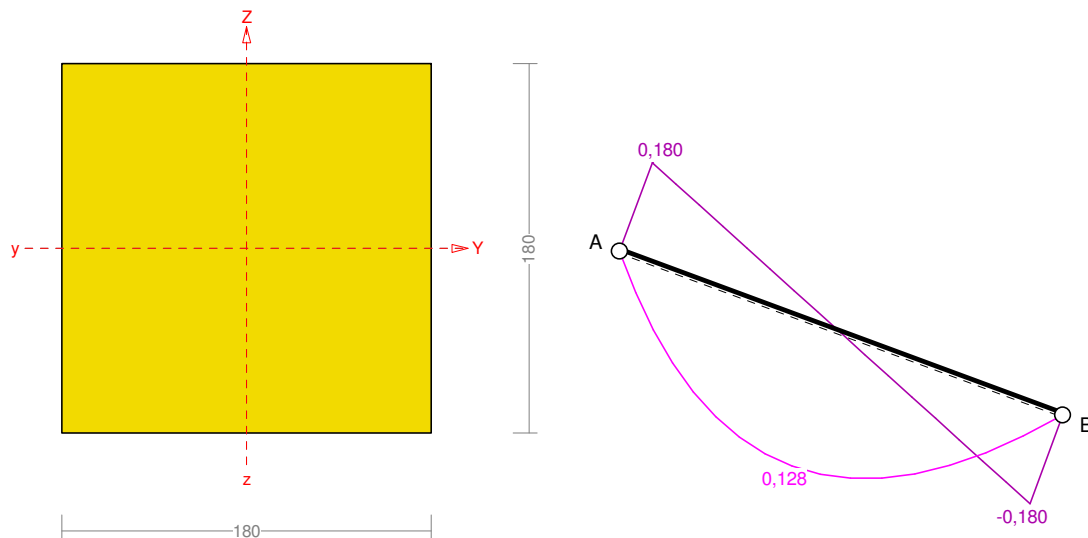
## Krzyżulec

**Wyniki wymiarowania elementu drewnianego wg PN-B-03150:2000**

RM\_Drew v. 4.7 licencja nr 22851

**Pręt nr 10**

Zadanie: drewno-wiązar-projekt



**Przekrój: 4 „B 180x180”**

Wymiary przekroju:

$$h=180,0 \text{ mm } b=180,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=8748,0; J_z=8748,0 \text{ cm}^4; A=324,00 \text{ cm}^2; i_y=5,2; i_z=5,2 \text{ cm; } W_y=972,0; W_z=972,0 \text{ cm}^3.$$

**Własności techniczne drewna:**

Przyjęto 2 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 85% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Krótkotrwałe** (mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr).

$$K_{mod} = 0,90$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C18.**

$$f_{m,k} = 18,00$$

$$f_{m,d} = 12,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 11,00$$

$$f_{t,0,d} = 7,62 \text{ MPa}$$

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

$$f_{t,90,d} = 0,35 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 18,00$$

$$f_{c,0,d} = 12,46 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,20$$

$$f_{c,90,d} = 1,52 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,00$$

$$f_{v,d} = 1,38 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 9000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 300 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 6000 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 560 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$$

**Sprawdzenie nośności pręta nr 10**

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=2,84$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CW aBC”.

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

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,836 = 2,836 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,836 = 2,836 \text{ m}$$

Długości wybocheniowe dla wybochenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,836 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,836 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,836 / 0,0520 = 54,58$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,836 / 0,0520 = 54,58$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 6000 / (54,58)^2 = 19,88 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 6000 / (54,58)^2 = 19,88 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{18 / 19,88} = 0,951$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{18 / 19,88} = 0,951$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,951 - 0,5) + (0,951)^2] = 0,998$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,951 - 0,5) + (0,951)^2] = 0,998$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,998 + \sqrt{0,998^2 - 0,951^2}) = 0,770$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,998 + \sqrt{0,998^2 - 0,951^2}) = 0,770$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 324,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 61,463 / 324,00 \times 10 = \mathbf{1,90 < 9,60} = 0,770 \times 12,46 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla  $x_a=1,43$  m;  $x_b=1,41$  m, przy obciążeniach „CW aBC”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,89}{0,770 \times 12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} + \frac{0,13}{12,46} = \mathbf{0,208 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,89}{0,770 \times 12,46} + \frac{0,00}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,13}{12,46} = \mathbf{0,205 < 1}$$

### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=1,42$  m;  $x_b=1,42$  m, przy obciążeniach „CW aBC”.

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

$$l_d = 1,00 \times 2836 + 180 + 180 = 3196 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3196 \times 180 \times 12,46}{3,142 \times 180^2 \times 6000}} \times \sqrt{\frac{9000}{560}} = 0,217$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,128 / 972,00 \times 10^3 = \mathbf{0,13 < 12,46} = 1,000 \times 12,46 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=1,42$  m;  $x_b=1,42$  m, przy obciążeniach „CW aBC”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,13}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,011 < 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,13}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,007 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=1,42$  m;  $x_b=1,42$  m, przy obciążeniach „CW aBC”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,89^2}{12,46^2} + \frac{0,13}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,034 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,89^2}{12,46^2} + 0,7 \times \frac{0,13}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,031 < 1}$$

### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,84$  m, przy obciążeniach „CW aBC”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,180 / 324,000 \times 10 = 0,01 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 324,000 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,01^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,01 < 1,38} = 1,000 \times 1,38 = k_v f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=2,84$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CW AB”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 18,9 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas  $u_{\text{net,fin}} = 28,4$  mm.

Ugięcia od obciążeń stałych („CW A”) oraz długotrwałej części obciążeń zmiennych („B”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -10,3 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2836)^2] (1 + 0,80) = -20,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2836)^2] (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od krótkotrwałej części obciążeń zmiennych („B”):

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2836)^2] (1 + 0,00) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2836)^2] (1 + 0,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -20,0 + 0,0 = 20,0 < 28,4 = u_{\text{net,fin}}$$

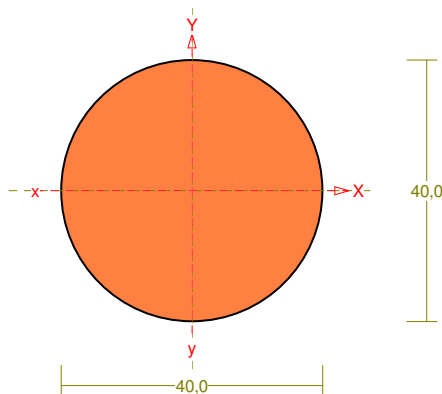
## Ściąg – pas dolny

### Pręt nr 5

Wyniki wymiarowania stali wg PN-90/B-03200 (RM\_Stal v. 5.15 licencja nr 22851)

Zadanie: drewno-wiązar-projekt

Przekrój: R \*40x20



Wymiary przekroju:

D=40,0 d=0,0 g=20,0.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J<sub>xg</sub>=12,6 J<sub>yg</sub>=12,6 A=12,57 i<sub>x</sub>=1,0 i<sub>y</sub>=1,0 J<sub>w</sub>=0,0 J<sub>t</sub>=12,5 i<sub>s</sub>=1,4.

Materiał: St0S. Wytrzymałość **fd=165** MPa dla **g=20,0**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

**Siły przekrojowe:**

x<sub>a</sub> = 1,350; x<sub>b</sub> = 1,350.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **CW aB**

**M<sub>x</sub> = -0,097 kNm, V<sub>y</sub> = -0,001 kN, N = 147,185 kN,**

Naprężenia w skrajnych włóknach: **σ<sub>t</sub> = 132,6 MPa σ<sub>c</sub> = 101,6 MPa.**

**Naprężenia:**

x<sub>a</sub> = 1,350; x<sub>b</sub> = 1,350.

Naprężenia w skrajnych włóknach: **σ<sub>t</sub> = 132,6 MPa σ<sub>c</sub> = 101,6 MPa.**

Naprężenia:

- normalne: **σ = 117,1 Δσ = 15,5 MPa ψ<sub>ot</sub> = 1,000**

Warunki nośności:

$$\sigma_{\text{et}} = \sigma / \psi_{\text{ot}} + \Delta\sigma = 117,1 / 1,000 + 15,5 = 132,6 < 165 \text{ MPa}$$

### Nośność elementów rozciąganych:

x<sub>a</sub> = 0,000; x<sub>b</sub> = 2,700.

Siała osiowa:

N = 147,185 kN.

Pole powierzchni przekroju: A = 12,57 cm<sup>2</sup>.

Nośność przekroju na rozciąganie: **N<sub>Rt</sub> = A f<sub>td</sub> = 12,57 × 165 × 10<sup>-1</sup> = 207,345 kN.**

Warunek nośności (31):

$$N = 147,185 < 207,345 = N_{\text{Rt}}$$

### Długości wyboczeniowe pręta:

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

κ<sub>a</sub> = 1,000 κ<sub>b</sub> = 0,330 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 0,771 dla l<sub>o</sub> = 2,700

$$l_w = 0,771 \times 2,700 = 2,082 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

κ<sub>a</sub> = 1,000 κ<sub>b</sub> = 1,000 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 1,000 dla l<sub>o</sub> = 2,700

$$l_w = 1,000 \times 2,700 = 2,700 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej μ<sub>o</sub> = 1,000. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem l<sub>oo</sub> = 2,700 m. Długość wyboczeniowa l<sub>w</sub> = 2,700 m.

### Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 12,6}{2,082^2} 10^{-2} = 58,671 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 12,6}{2,700^2} 10^{-2} = 34,877 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\varpi}}{l_w^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{1,4^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 0,0}{2,700^2} 10^{-2} + 80 \times 12,5 \times 10^2 \right) = 49820,369 \text{ kN}$$

#### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 1,350$ ;  $x_b = 1,350$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 6,3 \times 165 \times 10^{-3} = 1,037 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{147,185}{207,345} + \frac{0,097}{1,000 \times 1,037} = 0,804 < 1$$

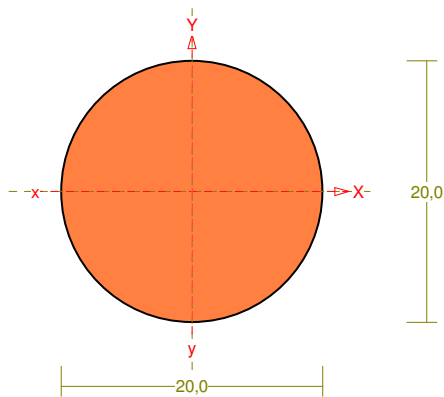
#### Wieszak – zweryfikować przekrój na budowie

##### Pręt nr 11

Wyniki wymiarowania stali wg PN-90/B-03200 (RM\_Stal v. 5.15 licencja nr 22851)

Zadanie: drewno-wiązar-projekt

Przekrój: R \*20x10



Wymiary przekroju:

$D=20,0$   $d=0,0$   $g=10,0$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_xg=0,8$   $J_yg=0,8$   $A=3,14$   $i_x=0,5$   $i_y=0,5$   $J_w=0,0$   $J_t=0,8$   $i_s=0,7$ .

Materiał: **St0S**. Wytrzymałość **fd=175 MPa** dla **g=10,0**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

##### Siły przekrojowe:

$x_a = 1,951$ ;  $x_b = 0,000$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **CW aB**

**$N = 41,364$  kN,**

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 131,7$  MPa  $\sigma_c = 131,7$  MPa.

##### Naprężenia:

$x_a = 1,951$ ;  $x_b = 0,000$ .

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 131,7$  MPa  $\sigma_c = 131,7$  MPa.

Naprężenia:

- normalne:

$$\sigma = 131,7 \Delta\sigma = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\psi_{ot} = 1,000$$

Warunki nośności:

$$\sigma_{et} = \sigma / \psi_{ot} + \Delta\sigma = 131,7 / 1,000 + 0,0 = 131,7 < 175 \text{ MPa}$$

#### Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 1,951$ ;  $x_b = 0,000$ .

Siała osiowa:

$$N = 41,364 \text{ kN.}$$

Pole powierzchni przekroju:  $A = 3,14 \text{ cm}^2$ .

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A f_d = 3,14 \times 175 \times 10^{-1} = 54,978 \text{ kN.}$

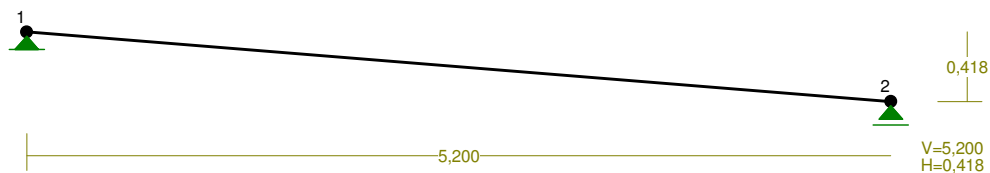
Warunek nośności (31):

$$N = 41,364 < 54,978 = N_{Rt}$$

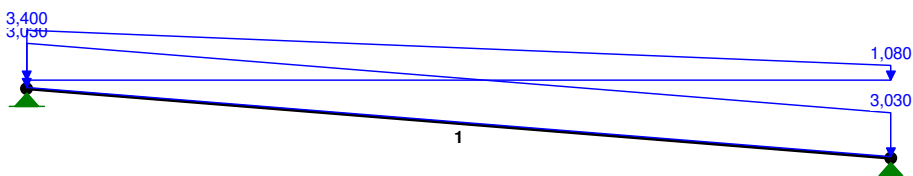
#### 4.6. Segment C.

##### 4.6.1. Płatew 1

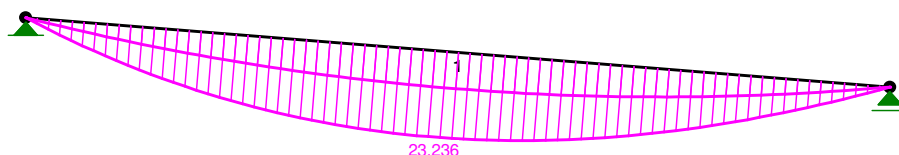
WEZŁY:



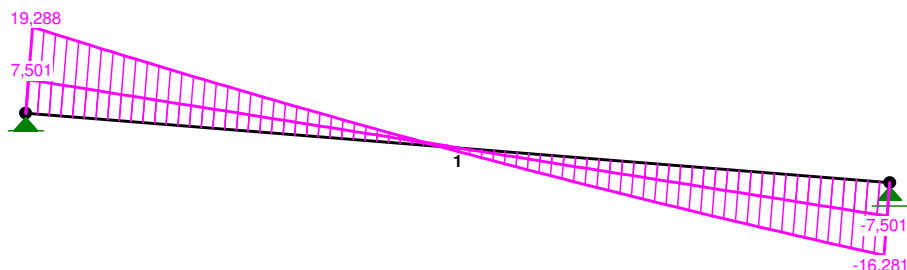
OBCIĄŻENIA:



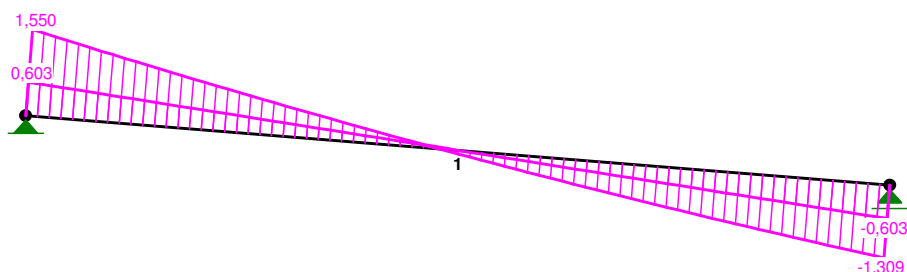
MOMENTY-OBWIEDNIE :



SIŁY PRZECIĘCZNE-OBWIEDNIE :



NORMALNE-OBWIEDNIE :

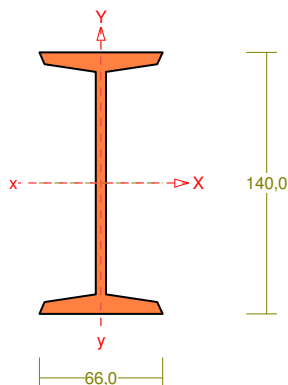


### Pręt nr 1

Wyniki wymiarowania stali wg PN-90/B-03200 (RM\_Stal v. 5.15 licencja nr 22851)

Zadanie: C-stal-płatew1

Przekrój: I 140



Wymiary przekroju:

I 140 h=140,0 g=5,7 s=66,0 t=8,6 r=5,7.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J<sub>xg</sub>=573,0 J<sub>y</sub>=35,2 A=18,30 i<sub>x</sub>=5,6 i<sub>y</sub>=1,4 J<sub>w</sub>=1524,8 J<sub>t</sub>=4,1 i<sub>s</sub>=5,8.

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość f<sub>d</sub>=215 MPa dla g=8,6.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

x<sub>a</sub> = 2,608; x<sub>b</sub> = 2,608.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: CW AB

M<sub>x</sub> = -21,140 kNm, V<sub>y</sub> = -0,752 kN, N = -0,060 kN,

Naprężenia w skrajnych włókach: σ<sub>t</sub> = 258,2 MPa σ<sub>c</sub> = -258,3 MPa.

Naprężenia:

x<sub>a</sub> = 2,608; x<sub>b</sub> = 2,608.

Naprężenia w skrajnych włókach: σ<sub>t</sub> = 258,2 MPa σ<sub>c</sub> = -258,3 MPa.

Naprężenia:

- normalne: σ = 0,0

Δσ = 258,3 MPa

ψ<sub>oc</sub> = 1,000

- ścinanie wzdłuż osi Y:

A<sub>v</sub> = 7,98 cm<sup>2</sup>

τ = 0,9 MPa

ψ<sub>ov</sub> = 1,000

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 258,3 = 258,3 > 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 0,9 / 1,000 = 0,9 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{258,3^2 + 3 \times 0,9^2} = 258,3 > 215 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

x<sub>a</sub> = 0,000; x<sub>b</sub> = 5,217.

Siła osiowa:

N = 1,424 kN.

Pole powierzchni przekroju: A = 18,30 cm<sup>2</sup>.

Nośność przekroju na rozciąganie: N<sub>Rt</sub> = A f<sub>d</sub> = 18,30 × 215 × 10<sup>-1</sup> = 393,450 kN.



Warunek nośności (31):

$$N = 1,424 < 393,450 = N_{Rt}$$

**Długości wybocheniowe pręta:**

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

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 5,217$$

$$l_w = 1,000 \times 5,217 = 5,217 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 5,217$$

$$l_w = 1,000 \times 5,217 = 5,217 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wybocheniowej  $\mu_{\omega} = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega} = 5,217 \text{ m}$ . Długość wybocheniowa  $l_{\omega} = 5,217 \text{ m}$ .

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 573,0}{5,217^2} 10^{-2} = 425,995 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 35,2}{5,217^2} 10^{-2} = 26,169 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\omega}}{l_{\omega}^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{5,8^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 1524,8}{5,217^2} 10^{-2} + 80 \times 4,1 \times 10^2 \right) = 1022,065 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na ściskanie:**

$x_a = 5,217$ ;  $x_b = 0,000$ :

$$N_{RC} = A f_d = 18,3 \times 215 \times 10^{-1} = 393,450 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wybocheniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{393,450 / 425,995} = 1,105 \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,633$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{393,450 / 26,169} = 4,459 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,050$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{393,450 / 1022,065} = 0,714 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,736$$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,050$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{1,182}{0,050 \times 393,450} = 0,060 < 1$$

**Zwichrzenie:**

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem  $l_1 = l_{\omega} = 5217 \text{ mm}$ :

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 14}{0,400} \times \sqrt{215 / 215} = 1225 < 5217 = l_1$$

Konieczne jest sprawdzenie zwichrzenia pręta.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 0,00 \text{ cm}$ . Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = 0,00 \text{ cm}$ .

Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia:  $A_1 = 0,000$ ,  $A_2 = 0,000$ ,  $B = 0,000$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 0,00 + 0,000 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$0,000 \times 26,169 + \sqrt{(0,000 \times 26,169)^2 + 0,000^2 \times 0,058^2 \times 26,169 \times 1022,065} = 0,000$$

Przyjęto, że pręt jest zabezpieczony przed zwichrzeniem:  $\bar{\lambda}_L = 0$ .

**Nośność przekroju na zginanie:**

$x_a = 2,608$ ;  $x_b = 2,608$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 81,9 \times 215 \times 10^{-3} = 17,599 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{RC}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{0,060}{393,450} + \frac{21,140}{1,000 \times 17,599} = 1,201 > 1$$

**Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:**

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = -21,184 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_L \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{RC}} = 1,25 \times 0,633 \times 1,105^2 \frac{1,000 \times 21,184}{17,599} \times \frac{1,182}{393,450} = 0,003$$

$$\Delta_k = 0,003 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wybożenia względem osi X:

$$\frac{N}{\phi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\phi_x M_{Rx}} = \frac{1,182}{0,633 \times 393,450} + \frac{1,000 \times 21,184}{1,000 \times 17,599} = 1,208 > 0,997 = 1 - 0,003$$

- dla wybożenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\phi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\phi_y M_{Ry}} = \frac{1,182}{0,050 \times 393,450} + \frac{1,000 \times 21,184}{1,000 \times 17,599} = 1,264 > 1,000 = 1 - 0,000$$

**Nośność przekroju na ścinanie:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 5,217$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 8,0 \times 215 \times 10^{-1} = 99,511 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,6 V_R = 59,706 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 17,712 < 99,511 = V_R$$

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

$x_a = 2,608$ ;  $x_b = 2,608$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 0,752 < 59,706 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 17,599 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{R,x,V}} = \frac{0,060}{393,450} + \frac{21,140}{17,599} = 1,201 > 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:**

$x_a = 2,608$ ,  $x_b = 2,608$ .

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 0,752 < 99,511 = 99,511 \times \sqrt{1 - (0,060 / 393,450)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

**Nośność środka pod obciążeniem skupionym:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 5,217$ .

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

Napężenia ściskające w środku wynoszą  $\sigma_c = 0,8 \text{ MPa}$ . Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,w} = c_o t_w \eta_c f_d = 171,5 \times 5,7 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 210,164 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 210,164 = P_{R,w}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 44,2 \text{ mm}$$

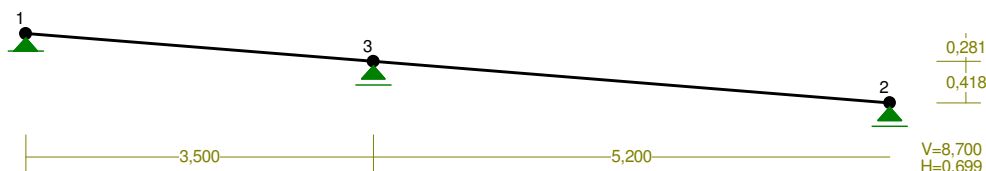
$$a_{gr} = l / 200 = 5217 / 200 = 26,1 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 44,2 > 26,1 = a_{gr}$$

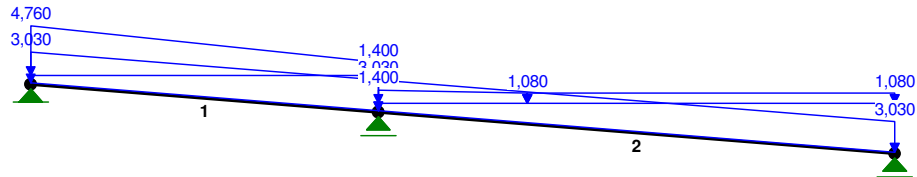
**UWAGA PRZEKRÓJ NIEWYSTARCZAJĄCY - WYMAGA WZMOCNIENIA!**  
**PRZEKROCZENIE NOŚNOŚCI O 20%,**  
**PRZEKROCZENIE UGIĘĆ O 69%**

#### 4.6.2. Płatów 2

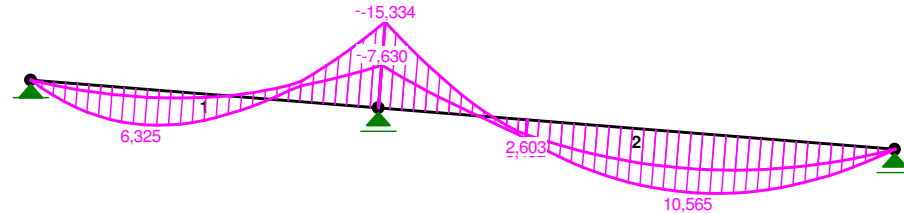
WEZŁY :



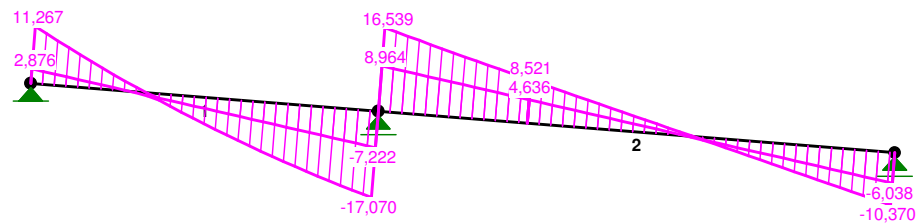
#### OBCIĄŻENIA:



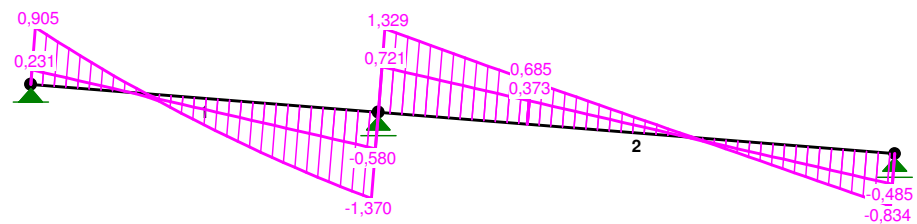
#### MOMENTY-OBWIEDNIE:



#### SIŁY PRZECIĘCZNE-OBWIEDNIE:



#### NORMALNE-OBWIEDNIE:

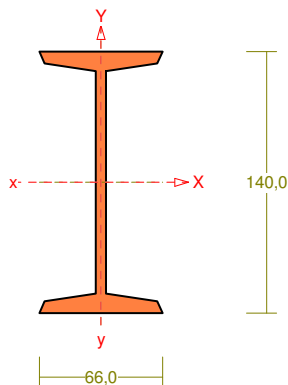


#### Pręt nr 2

Wyniki wymiarowania stali wg PN-90/B-03200 (RM\_Stal v. 5.15 licencja nr 22851)

Zadanie: C-stal-platew2

Przekrój: I 140



Wymiary przekroju:

I 140 h=140,0 g=5,7 s=66,0 t=8,6 r=5,7.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J<sub>xg</sub>=573,0 J<sub>y</sub>=35,2 A=18,30 i<sub>x</sub>=5,6 i<sub>y</sub>=1,4 J<sub>w</sub>=1524,8 J<sub>t</sub>=4,1 i<sub>s</sub>=5,8.

Materiał: S235. Wytrzymałość f<sub>d</sub>=235 MPa dla g=8,6.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

#### Siły przekrojowe:

x<sub>a</sub> = 0,000; x<sub>b</sub> = 5,217.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: CW aB

M<sub>x</sub> = 15,334 kNm, V<sub>y</sub> = 16,539 kN, N = 1,329 kN.

Napężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = 188,1 MPa σ<sub>c</sub> = -186,6 MPa.

#### Napężenia:

x<sub>a</sub> = 0,000; x<sub>b</sub> = 5,217.

Napężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = 188,1 MPa σ<sub>c</sub> = -186,6 MPa.

#### Napężenia:

- normalne: σ = 0,7 Δσ = 187,3 MPa ψ<sub>ot</sub> = 1,000  
- ścinanie wzdłuż osi Y: A<sub>v</sub> = 7,98 cm<sup>2</sup> τ = 20,7 MPa ψ<sub>ov</sub> = 1,000

#### Warunki nośności:

$$\sigma_{et} = \sigma / \psi_{ot} + \Delta\sigma = 0,7 / 1,000 + 187,3 = 188,1 < 235 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 20,7 / 1,000 = 20,7 < 136,3 = 0,58 \times 235 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{188,1^2 + 3 \times 0,0^2} = 188,1 < 235 \text{ MPa}$$

#### Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 5,217$ .

Siała osiowa:

$$N = 1,329 \text{ kN.}$$

Pole powierzchni przekroju:  $A = 18,30 \text{ cm}^2$ .

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A f_d = 18,30 \times 235 \times 10^{-1} = 430,050 \text{ kN}$ .

Warunek nośności (31):

$$N = 1,329 < 430,050 = N_{Rt}$$

#### Długości wyboczeniowe pręta:

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

$\kappa_a = 0,310$   $\kappa_b = 1,000$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 0,765$  dla  $l_0 = 5,217$

$$l_w = 0,765 \times 5,217 = 3,991 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$\kappa_a = 1,000$   $\kappa_b = 1,000$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 1,000$  dla  $l_0 = 5,217$

$$l_w = 1,000 \times 5,217 = 5,217 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega\omega} = 5,217 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 5,217 \text{ m}$ .

#### Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 210 \times 573,0}{3,991^2} 10^{-2} = 745,670 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 210 \times 35,2}{5,217^2} 10^{-2} = 26,808 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{5,8^2} \left( \frac{3,14^2 \times 210 \times 1524,8}{5,217^2} 10^{-2} + 80 \times 4,1 \times 10^2 \right) = 1035,246 \text{ kN}$$

#### Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 5,217$ ;  $x_b = 0,000$ :

$$N_{RC} = A f_d = 18,3 \times 235 \times 10^{-1} = 430,050 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

- dla  $N_x$   $\bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{430,050 / 745,670} = 0,873 \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,795$

- dla  $N_y$   $\bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{430,050 / 26,808} = 4,606 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,047$

- dla  $N_z$   $\bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{430,050 / 1035,246} = 0,741 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,718$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,047$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{0,834}{0,047 \times 430,050} = 0,041 < 1$$

#### Zwicherungie:

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem  $l_1 = l_{\omega\omega} = 5217 \text{ mm}$ :

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 14}{0,550} \times \sqrt{215 / 235} = 852 < 5217 = l_1$$

Konieczne jest sprawdzenie zwicherungia pręta.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 0,00 \text{ cm}$ . Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = 0,00 \text{ cm}$ .

Przyjęto następujące wartości parametrów zwicherungia:  $A_1 = 0,000$ ,  $A_2 = 0,000$ ,  $B = 0,000$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 0,00 + 0,000 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z}$$

$$0,000 \times 26,808 + \sqrt{(0,000 \times 26,808)^2 + 0,000^2 \times 0,058^2 \times 26,808 \times 1035,246} = 0,000$$

Przyjęto, że pręt jest zabezpieczony przed zwicherungiem:  $\bar{\lambda}_L = 0$ .

#### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 5,217$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 81,9 \times 235 \times 10^{-3} = 19,236 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{1,329}{430,050} + \frac{15,334}{1,000 \times 19,236} = 0,800 < 1$$

#### Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 15,334 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{R_x}} \frac{N}{N_{R_c}} = 1,25 \times 0,795 \times 0,873^2 \frac{1,000 \times 15,334}{19,236} \times \frac{0,834}{430,050} = 0,001$$

$$\Delta_y = 0,001 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{R_c}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_x M_{R_x}} = \frac{0,834}{0,795 \times 430,050} + \frac{1,000 \times 15,334}{1,000 \times 19,236} = 0,800 < 0,999 = 1 - 0,001$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{R_c}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_y M_{R_y}} = \frac{0,834}{0,047 \times 430,050} + \frac{1,000 \times 15,334}{1,000 \times 19,236} = 0,838 < 1,000 = 1 - 0,000$$

**Nośność przekroju na ścinanie:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 5,217$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 8,0 \times 235 \times 10^{-1} = 108,767 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,6 V_R = 65,260 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 16,539 < 108,767 = V_R$$

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

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 5,217$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 16,539 < 65,260 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 19,236 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{R_t}} + \frac{M_x}{M_{R_x,V}} = \frac{1,329}{430,050} + \frac{15,334}{19,236} = 0,800 < 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:**

$x_a = 0,000$ ,  $x_b = 5,217$ .

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 16,539 < 108,767 = 108,767 \times \sqrt{1 - (1,329 / 430,050)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{R_t})^2} = V_{R,N}$$

**Nośność środka pod obciążeniem skupionym:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 5,217$ .

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

Napężenia ściskające w środku wynoszą  $\sigma_c = 148,3 \text{ MPa}$ . Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 148,3 / 235 = 0,934$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,w} = c_o t_w \eta_c f_d = 171,5 \times 5,7 \times 0,934 \times 235 \times 10^{-3} = 214,644 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 214,644 = P_{R,w}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

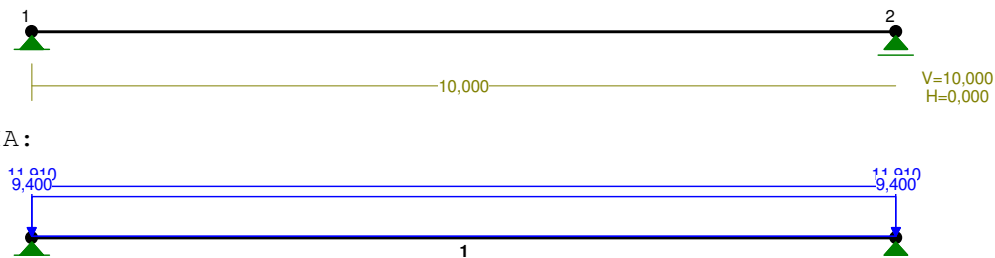
Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 16,9 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = l / 200 = 5217 / 200 = 26,1 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 16,9 < 26,1 = a_{gr}$$

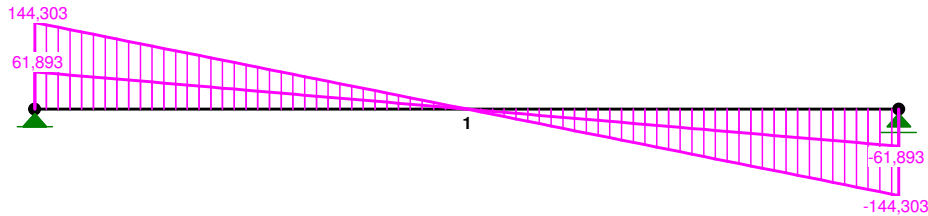
#### 4.6.3. Belka



MOMENTY-OBWIEDNIE :



SIŁY-OBWIEDNIE :

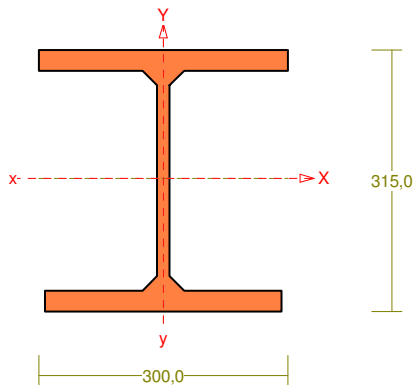


#### Pręt nr 1

Wyniki wymiarowania stali wg PN-90/B-03200 (RM\_Stal v. 5.15 licencja nr 22851)

Zadanie: C-stal-rygiel

Przekrój: I 315x300x25x15



Wymiary przekroju:

$h=315,0$   $g=15,0$   $s=300,0$   $t=25,0$   $s'=285,0$   $t'=25,0$   $v_x=17,6$   $v_y=17,6$   $e_y=2,8$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=34130,6$   $J_{yg}=10467,3$   $A=192,20$   $i_x=13,3$   $i_y=7,4$   $J_w=2183683,8$   $J_t=337,3$   $y_s=0,8$   $i_s=15,3$ .

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość  $f_d=205$  MPa dla  $g=25,0$ .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

$x_a = 5,000$ ;  $x_b = 5,000$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: CW AB

$M_x = -330,983$  kNm,  $V_y = 0,000$  kN,  $N = 0,000$

kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 155,5$  MPa  $\sigma_c = -150,0$  MPa.

Naprężenia:

$x_a = 5,000$ ;  $x_b = 5,000$ .

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 155,5$  MPa  $\sigma_c = -150,0$  MPa.

Naprężenia:

- normalne:  $\sigma = 2,7$   $\Delta\sigma = 152,7$  MPa  $\psi_{oc} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 2,7 / 1,000 + 152,7 = 155,5 < 205 \text{ MPa}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

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

$\kappa_a = 1,000$   $\kappa_b = 1,000$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 1,000$  dla  $l_0 = 10,000$

$$l_w = 1,000 \times 10,000 = 10,000 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$\kappa_a = 1,000$   $\kappa_b = 1,000$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 1,000$  dla  $l_0 = 10,000$

$$l_w = 1,000 \times 10,000 = 10,000 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_w = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{ow} = 10,000$  m. Długość wyboczeniowa  $l_w = 10,000$  m.

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 34130,6}{10,000^2} 10^{-2} = 6905,535 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 10467,3}{10,000^2} 10^{-2} = 2117,821 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_w}{l_w^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{15,3^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 2,184 \times 10^6}{10,000^2} 10^{-2} + 80 \times 337,3 \times 10^2 \right) = 13493,479 \text{ kN}$$

Zwicherung:

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 0,00$  cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = 0,83$  cm.

Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia:  $A_1 = 0,610$ ,  $A_2 = 0,530$ ,  $B = 1,140$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,610 \times 0,96 + 0,530 \times 0,83 = 1,024$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$0,010 \times 2117,821 + \sqrt{(0,010 \times 2117,821)^2 + 1,140^2 \times 0,153^2 \times 2117,821 \times 13493,479} = 951,618$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{436,400 / 951,618} = 0,779$$

#### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 5,000$ ;  $x_b = 5,000$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 2128,8 \times 205 \times 10^{-3} = 436,400 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla  $\bar{\lambda}_L = 0,779$  wynosi  $\phi_L = 0,855$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\phi_L M_{R_x}} = \frac{330,983}{0,855 \times 436,400} = 0,887 < 1$$

#### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 10,000$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 39,8 \times 205 \times 10^{-1} = 472,627 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 141,788 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 132,393 < 472,627 = V_R$$

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

$x_a = 5,000$ ;  $x_b = 5,000$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 0,000 < 141,788 = V_o$

$$M_{R_x, V} = M_R = 436,400 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{R_x, V}} = \frac{330,983}{436,400} = 0,758 < 1$$

#### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 42,5 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 10000 / 350 = 28,6 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 42,5 > 28,6 = a_{\text{gr}}$$

**UWAGA PRZEKRÓJ NIEWYSTARCZAJĄCY - WYMAGA WZMOCNIENIA**  
**PRZEKROCZENIE UGIĘĆ O 49%**

## 5. Wnioski z obliczeń.

Segment A

**W stanie istniejącym konieczne jest wzmocnienie płatwi, belki i pasów górnego i dolnego wiązarów z uwagi na przekroczenie nośności.**

W stanie projektowanym konieczne jest wzmocnienie płatwi, belki i pasów górnego i dolnego wiązarów z uwagi na przekroczenie nośności.

Segment B

**W stanie istniejącym konieczne jest wzmocnienie płatwi pośredniej z uwagi na przekroczenie nośności.**

W stanie projektowym konieczne jest wzmocnienie płatwi pośredniej i kalenicowej.

Segment C

**W stanie istniejącym konieczne jest wzmocnienie płatwi w układzie jednoprzęsłowym – przekroczone są SGN i SGU.**

Dla belki dachowej wymagane jest wzmocnienie z uwagi na przekroczenie SGU.

## 6. Uwagi w stosunku do dokumentacji wykonanej przez biuro Energy Partner

- W części obliczeniowej dokumentacji nie uwzględniono możliwości powstawania worków śnieżnych na połaciach oraz nie uwzględniono efektu ześlizgu śniegu na połąć niższą.
- Dla dachu w segmencie A:
  - o w zestawieniu obciążeń przyjęto do kombinacji obliczeniowej ssanie wiatru co w wynikach daje mniejszy przekrój elementu – strona 17 tabela zestawienia obciążeń;
  - o założono że rozstaw płatwi dachowych wynosi 1m – w rzeczywistości jest ~1,55m, błąd ten jest powielany dla obliczeń płatwi, belki dachowej i więzara;
  - o dla schematu statycznego więzara nie uwzględniono obciążenia pasa górnego obciążeniem jak dla płatwi – pas górny więzara jest podporą dla płyt korytkowych analogicznie jak płatw.

## 7. Opis i ocena stanu technicznego

Stan techniczny budynku jest zadowalający. W chwili obecnej zgodnie z przeprowadzonymi obliczeniami konieczne jest wzmocnienie elementów konstrukcji dachu (rozwiązanie wzmocnień podane w dalszej części opracowania).

Widoczne są zacieki na ścianach w obrębie połączenia ścian i dachu. Zgodnie ze stwierdzeniem użytkownika obiektu w chwili obecnej dach nie jest szczelny. Możliwe są lokalne uszkodzenia elementów drewnianych deskowań czy konstrukcji jak również płyt korytkowych i elementów stalowych w miejscach zacieków.

Pokrycie dachu wykazuje już pewien stopień zużycia i w wielu miejscach jest nieszczelne. Elementy obróbek blacharskich wykazują przeciętną jakość wykonania.

Konstrukcja poszczególnych segmentów dachów nie wykazuje nadmiernych ugięć. Nie występują widoczne rysy pęknięcia płyt korytkowych. W konstrukcjach stalowych nie występują zwichrzenia przekrojów.

### Stwierdza się że:

**Stan techniczny obiektu jest dostateczny/zły z uwagi na przekroczone wartości dla stanów granicznych nośności głównych elementów konstrukcji dachu;**

**Prace przewidziane w projekcie montażu instalacji PV i remontu dachu nie wpłyną na pogorszenie istniejącej konstrukcji obiektu pod warunkiem, że wykonane zostaną wzmocnienia konstrukcji dachu, jak również, że wykonane zostaną prace dekarские i całość prac blacharskich połaci dachu.**

**Przewidywane prace nie wpłyną negatywnie na wzajemne oddziaływanie segmentów obiektu.**

## 8. Wnioski i zalecenia końcowe

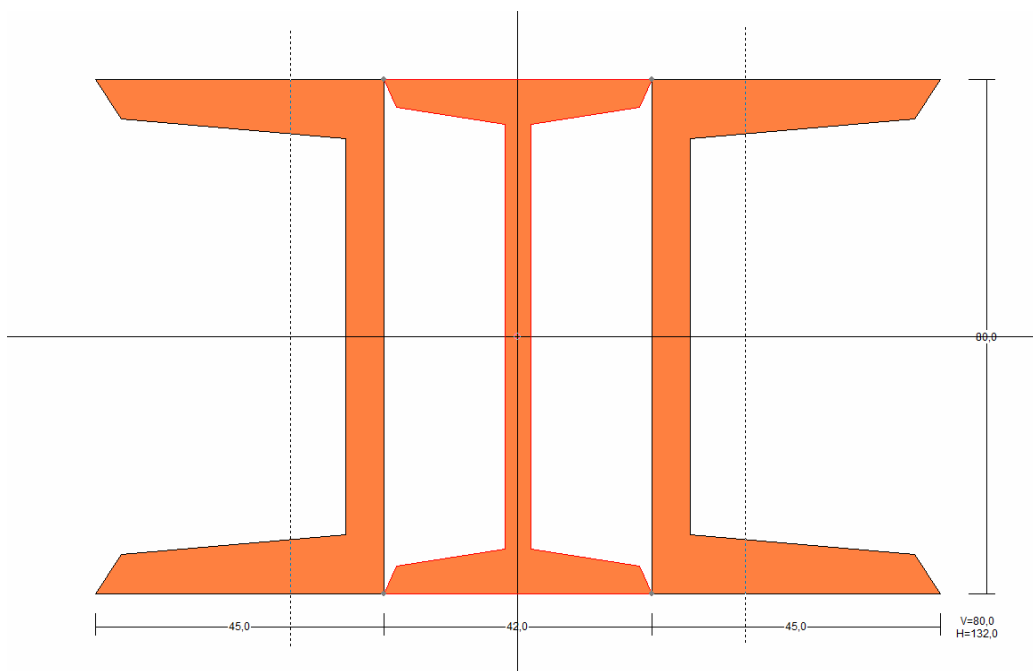
8.1. Wzmocnienia konstrukcji i naprawa konstrukcji.

8.1.1. Wzmocnienia w segmencie A

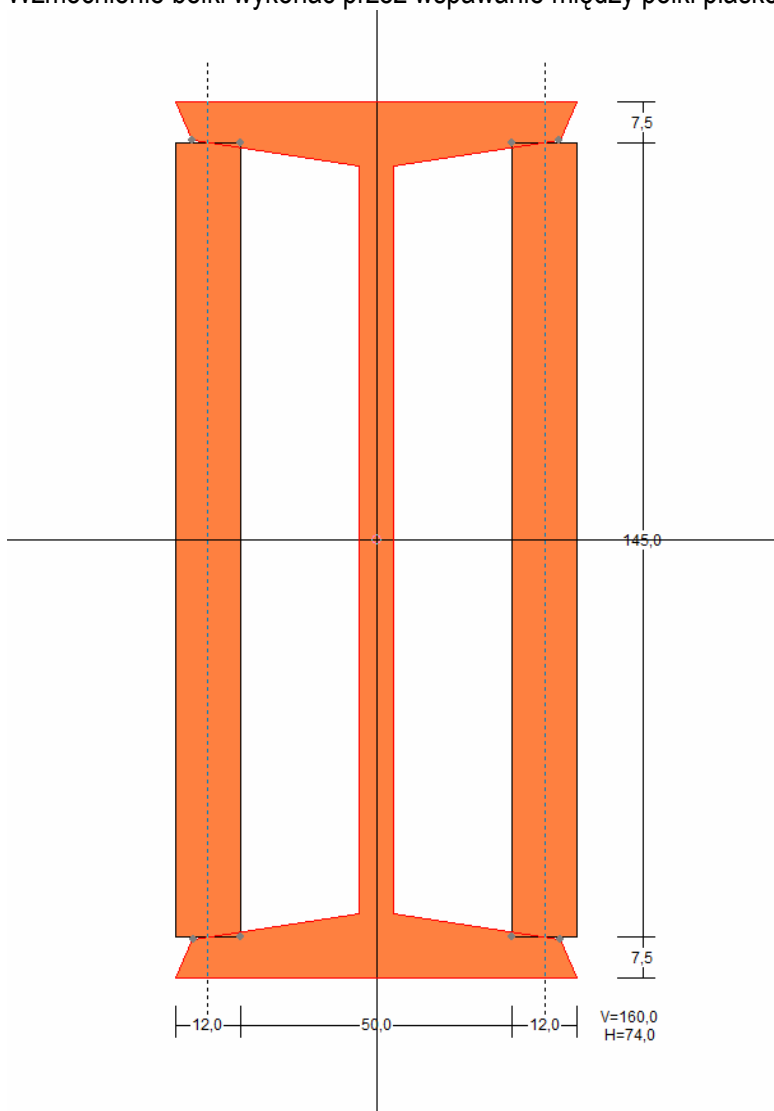
Na etapie realizacji inwestycji remontowi poddać wszystkie uszkodzone płyty korytkowe zgodnie z technologią wg STWiORB. Całość konstrukcji płyt korytkowych w miejscach uszkodzeń należy naprawić stosując kompletne systemy naprawcze do żelbetu.

Wzmocnienie płatwi wykonać przez obustronne dostawienie ceowników C80, ceowniki oprzeć w gniazdach w ścianach oraz na belkach pośrednich na podkładkach stalowych gr ~40mm. Profile skrócić ze sobą śrubami M12 – 3 szt. w każdym prześle oraz dodatkowo wykonać spoinę wzdłuż styku dolnych pól.

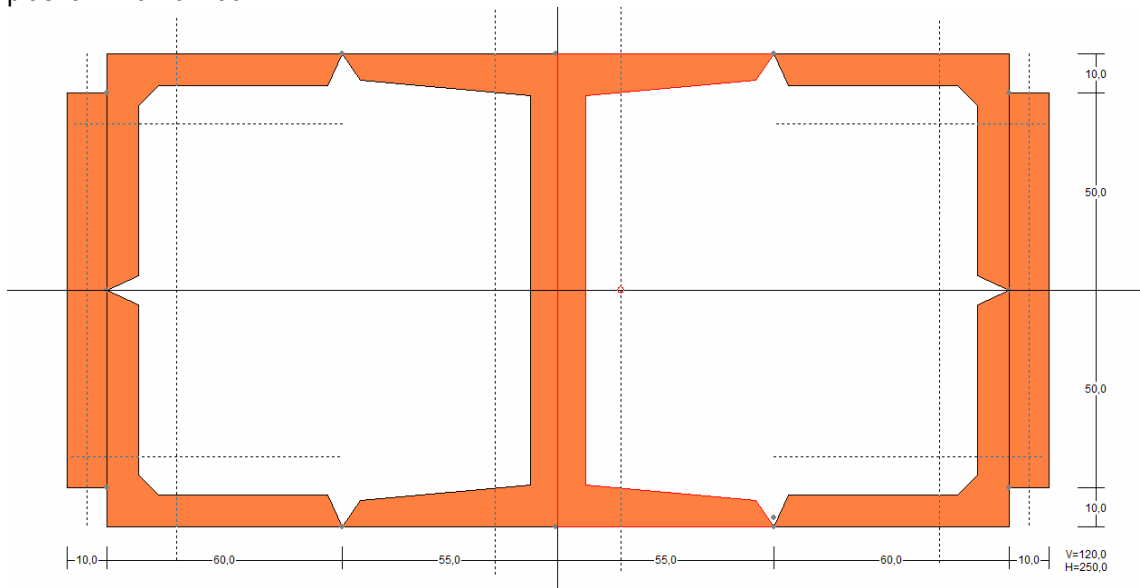




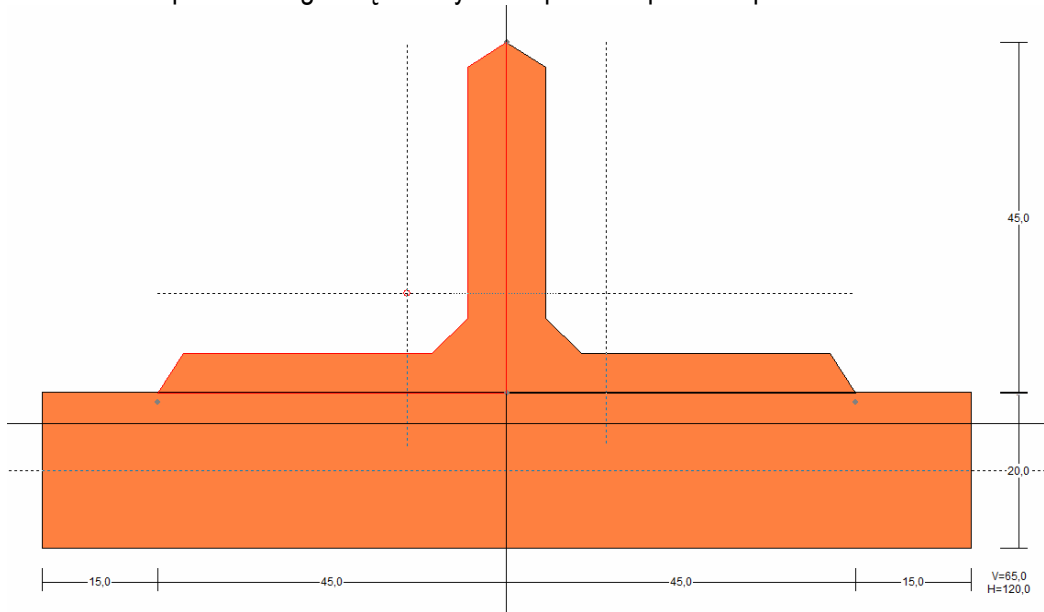
Wzmocnienie belki wykonać przez espawanie między półki płaskowników 145x12 na całej długości belki.



Wzmocnienie pasa górnego wiązara wykonać przez dospawanie kątownika L60x8 do pasa górnego, następnie do pasa dolnego L60x8 i połączenie z już wspawanym kątownikiem. Dodatkowo dospawanie płaskownika 10x100.



Wzmocnienie pasa dolnego wiązara wykonać przez wspawanie płaskownika 20x120 do dołu przekroju.



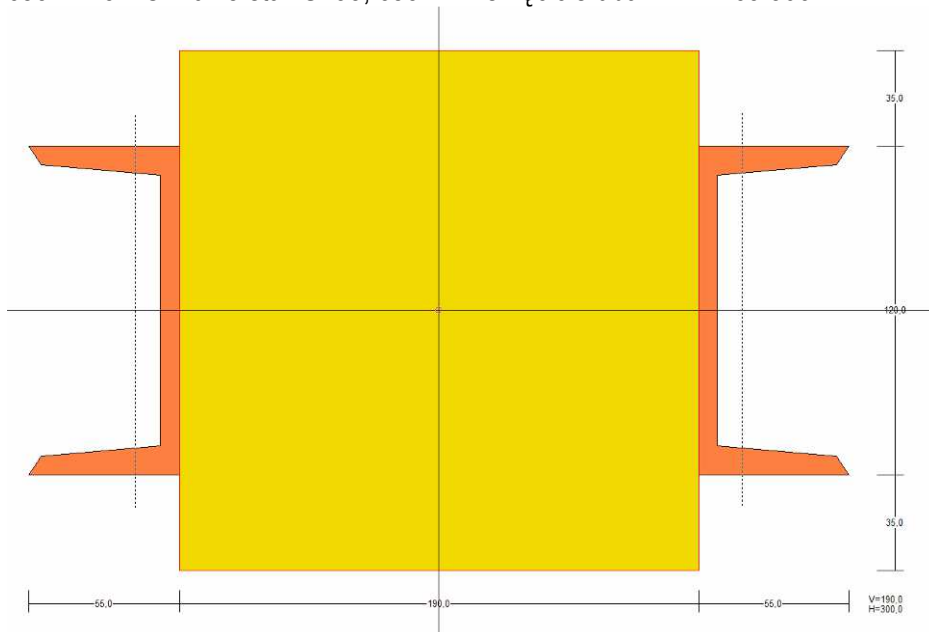
Całość konstrukcji przed wykonaniem wzmocnienia należy zrektyfikować w sposób niwelujący ugięcia. Spawanie wykonywać odcinkami, aby nie doprowadzić do odkształceń konstrukcji.

Całość konstrukcji stalowej istniejącej niepodlegającej wzmocnieniu oraz całość elementów wzmacnianych zabezpieczyć antykorozyjnie 2x podkład farba epoksydowa NDFT=2x40μm, 2x farba epoksydowa nawierzchniowa NDFT=2x40μm. Przygotowanie powierzchni oraz kolorystyka zgodnie z częścią architektoniczną.

### 8.1.2. Wzmocnienia w segmencie B

Na etapie realizacji inwestycji remontowi poddać wszystkie uszkodzone elementy drewniane zgodnie z technologią wg STWiORB.

Wzmocnienie płatwi pośrednich i kalenicowej wykonać na całej ich długości przez dokręcenie obustronne ceowników C120 ze stali S235, ceowniki skręcić śrubami M12 co 50cm.



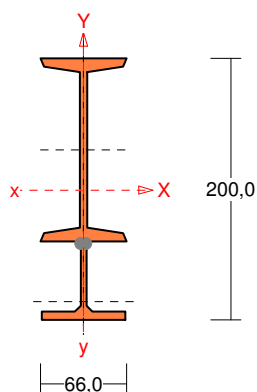
Całość konstrukcji stalowej istniejącej niepodlegającej wzmocnieniu oraz elementy wzmocnień zabezpieczyć antykorozyjnie 2x podkład farba epoksydowa NDFT=2x40 $\mu$ m, 2x farba epoksydowa nawierzchniowa NDFT=2x40 $\mu$ m. Przygotowanie powierzchni oraz kolorystyka zgodnie z częścią architektoniczną.

Odtworzyć powłoki malarskie konstrukcji drewnianej, kolorystyka zgodnie z częścią architektoniczną.

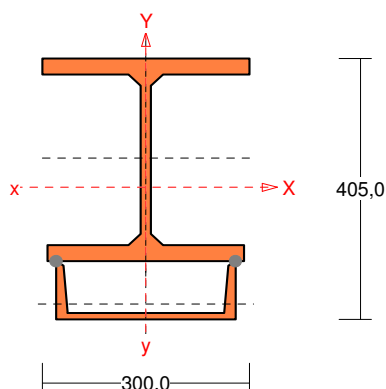
### 8.1.3. Wzmocnienia w segmencie C

Na etapie realizacji inwestycji remontowi poddać wszystkie uszkodzone płyty korytkowe zgodnie z technologią wg STWiORB. Całość konstrukcji płyt korytkowych w miejscach uszkodzeń należy naprawić stosując kompletne systemy naprawcze do żelbetu.

Wzmocnienie płatwi jednoprzęsłowej wykonać na całej długości przez dospawanie do dolnej półki teownika ½ IPE120 ze stali S235.



Wzmocnienie belki głównej wykonać na całej długości poprzez dospawanie do dolnej półki ceownika C260 ze stali S235.



Całość konstrukcji przed wykonaniem wzmocnienia należy zrektyfikować w sposób niwelujący ugięcia. Spawanie wykonywać odcinkami aby nie doprowadzić do odkształceń konstrukcji.

Całość konstrukcji stalowej istniejącej niepodlegającej wzmocnieniu oraz całość elementów wzmacnianych zabezpieczyć antykorozyjnie 2x podkład farba epoksydowa NDFT=2x40μm, 2x farba epoksydowa nawierzchniowa NDFT=2x40μm. Przygotowanie powierzchni oraz kolorystyka zgodnie z częścią architektoniczną.

## 8.2. Remont pokrycia dachu

Wykonać całość prac remontowych i naprawczych pokrycia i obróbek blacharskich zgodnie z zapisami zawartymi w części architektonicznej.

Zaleca się wymianę skorodowanych drabin włazowych na dachy obiektów.

## 9. Informacje dotyczące maksymalnej grubości pokrywy śnieżnej zalegającej na dachach.

Obiekty zlokalizowane są w II strefie obciążenia śniegiem wg [5,6]. Dla przyjęcia maksymalnej grubości pokrywy śnieżnej zalegającej na dachach przyjęto obciążenie charakterystyczne dla obiektów  $q_k=0.72\text{kN/m}^2$ . Przyjmuje się dopuszczalne wartości grubości pokrywy śnieżnej zalegającej na dachu obiektu w zależności od charakteru pokrywy śnieżnej:

- |   |                        |        |
|---|------------------------|--------|
| - śnieg osiadły (kilka godzin lub dni po opadach)   | $Q=2.0\text{kN/m}^3$ : | 0.35m; |
| - stary (kilka dni tygodni lub miesięcy po opadach) | $Q=3.5\text{kN/m}^3$ : | 0.20m; |
| - mokry   | $Q=4.0\text{kN/m}^3$ : | 0.15m; |
| - zlodowaciały                                      | $Q=7.0\text{kN/m}^3$ : | 0.10m; |

### UWAGI:

- ciężar objętościowy śniegu ulega zmianom, zwykle rośnie z czasem zalegania.
- grubości warstw śniegu należy mierzyć na dachu obiektu, nie na poziomie terenu.
- prace związane z odśnieżaniem dachów i wsporników prowadzić ze szczególną ostrożnością tak, aby nie uszkodzić instalacji zamocowanych na dachu oraz poszycia dachu.
- w części dachu budynków mogą tworzyć się „worki śnieżne” – przyrost warstwy śniegu w tym miejscu może być trzykrotnie większy, stąd konieczność odśnieżania w tych miejscach może okazać się częstsza, ponadnormatywna możliwość zalegania śniegu może wystąpić w miejscu zamocowania instalacji PV.
- w przypadku nieusunięcia warstwy śniegu po ustaniu opadów (ponieważ nie przekroczone zostały wartości dopuszczalne), a wystąpienia kolejnych opadów, właściciel powinien zinterpolować odpowiednie wartości tak, aby łączny ciężar zalegającego śniegu nie przekroczył wartości  $q_k=0.72\text{kN/m}^2$ .
- w przypadku przekroczenia dopuszczalnych wartości pokrywy śnieżnej zalegającej na dachu

właściciel obiektu ma niezwłocznie wdrożyć procedury związane z usunięciem śniegu z dachów.

- prace związane z odśnieżaniem dachu należy wykonywać zgodnie z przepisami BHP.

#### **10. Uwagi końcowe**

- niniejsze opracowanie jest integralną częścią wielotomowej dokumentacji projektowej – wszelkie rozwiązania należy rozpatrywać z uwzględnieniem wszystkich pozostałych tomów dokumentacji;
- ewentualne propozycje zmian należy przed ich realizacją uzgodnić z biurem projektowym;
- prace budowlane prowadzić zgodnie z przepisami BHP, a w szczególności z zawartymi w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 06.02.2003 w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz. U. z 2003 r. Nr 47 poz. 401) i sztuką budowlaną;
- przy zastosowaniu materiałów i technologii należy ściśle stosować się do zaleceń producentów;

## 11. Dokumentacja fotograficzna



Fot.1. Dach w segmencie A



Fot.2. Dach w segmencie B



Fot. 3. Dach w segmencie C - 1



Fot. 4. Dach w segmencie C - 2



Fot. 5. Dach segment C i B



Fot. 6. Dach segment A





Fot. 7. Widok uszkodzonych obróbek



Fot. 8. Widok budynku – segment B



Fot. 9. Widok budynku – segment A,C



SLK/OKK/7131.7132/2050/08

Katowice, dnia 30 maja 2008 r.

## DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów (Dz.U. z 2001 r. Nr 5, poz. 42 z późn. zm.), art. 13 ust. 1 pkt. 1 i 2 i ust. 2, art. 14 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. z 2006 r. Nr 156, poz. 1118 z późn. zm.) oraz § 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.) w związku z art. 104 Kodeksu postępowania administracyjnego (Dz.U. z 2000 r. Nr 98, poz. 1071 z późn. zm.)

### Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna Śl.OIIB n a d a j e

**Panu(i) Krzysztofowi Siodmok**  
Mgr inż. budownictwa  
ur. dnia 12 maja 1979 w Rydułtowach

### UPRAWNIENIA BUDOWLANE numer ewidencyjny SLK/2050/PWOK/08

**do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń  
w specjalności konstrukcyjno - budowlanej**

## UZASADNIENIE

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

Szczegółowy zakres uprawnień jest określony na odwrocie niniejszej decyzji.

### Pouczenie

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

### Otrzymują:

1. Pan(i) Krzysztof Siodmok  
Szpaków 8  
44-280 Rydułtowy
2. Okręgowa Rada Izby
3. Główny Inspektor  
Nadzoru Budowlanego
4. a/a.



### Skład orzekający OKK

1.   
Mgr inż. Zbigniew Dzierżewicz
2.   
Mgr inż. Bolesław Jurkiewicz
3.   
Mgr inż. Tadeusz Lipiński




**z a k r e s:**

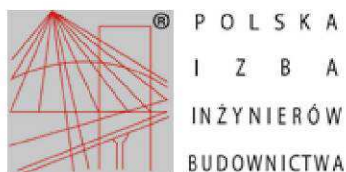
Na podstawie art. 12 ust. 1 pkt 1,2 i art. 13 ust. 3 i 4 Prawa budowlanego w związku z § 17 ust. 1 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie **Pan(i) Krzysztof Siodmok** jest uprawniony(a) w specjalności **konstrukcyjno - budowlanej** do:

- projektowania obiektu budowlanego w zakresie sporządzania projektu architektoniczno - budowlanego, w odniesieniu do konstrukcji obiektu,
- sprawdzania projektów budowlanych i sprawowania nadzoru autorskiego,
- kierowania robotami budowlanymi w odniesieniu do konstrukcji obiektu oraz architektury obiektu,
- kierowania wytwarzaniem konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz nadzoru i kontroli technicznej wytwarzania tych elementów,
- wykonywania nadzoru inwestorskiego,
- sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych

**bez ograniczeń**

Zgodnie z § 15 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie, - niniejsze uprawnienia uprawniają do sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu w zakresie w/w specjalności.

PRZEWODNICZĄCY  
OKRĘGOWEJ KOMISJI KWALIFIKACYJNEJ  
ŚLĄSKIEJ OKRĘGOWEJ IZBY INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA  
  
mgr inż. Zbigniew Dzierżewicz



### Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

SLK-NDH-YZ9-YDK \*

Pan Krzysztof Siodmok o numerze ewidencyjnym SLK/BO/5774/08  
adres zamieszkania ul. Szpaków 8, 44-280 Rydułtowy  
jest członkiem Śląskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane  
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne do dnia 2018-09-30.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym  
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2017-08-17 roku przez:

Franciszek Buszka, Przewodniczący Rady Śląskiej 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.



## Projektant

mgr inż. Krzysztof Siodmok  
(imię i nazwisko)

upr. nr SLK/2050/PWOK/08  
(nr uprawnień)

SLK/BO/5774/08  
(nr członkowski Izby Zawodowej)

## OŚWIADCZENIE

### PROJEKTANTA

Zgodnie z art. 20 ust. 4 Ustawy z dnia 7 lipca 1994r. Prawo budowlane (tj. Dz. U. Nr 207 z 2003r. poz. 2016 z późn. zm.) oświadczam, że:

## **„Projekt budowlano-wykonawczy remontu dachu budynku maszyny wyciągowej szybu „Kolejowy” na kopalni GUIDO w Zabrzu”**

(podać nazwę projektu budowlanego i nazwę inwestycji)

sporządzony w dniu:

**czerwiec 2018**

Inwestor:

**Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrzu**

**ul. Jodłowa 57**

**41-800 Zabrze**

został wykonany zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej.

.....  
(pieczęć i podpis)