

# KONSTRUKCJA WZMOCNIENIA STROPU W POMIESZCZENIU SERWEROWNI W BUDYNKU URZĘDU MIASTA USTRONÓW, 43-450 USTRONÓW, UL. RYNEK 1 PGR NR 4794/1

## 1. Układ konstrukcyjny obiektu

Budynek Urzędu Miasta w Ustroniu, ul. Rynek 1 (budynek UM) posiada mieszany układ konstrukcyjny. Ścianami nośnymi są ściany podłużne i poprzeczne zewnętrzne i wewnętrzne. Stropy oparte są na ścianach podłużnych zewnętrznych i wewnętrznych. Strop nad drugim piętrzem (pod posadzką pomieszczenia serwerowni) jest stropem żelbetowym gęstożebrowym Ackermana opartym na ścianach podłużnych - zewnętrznej (południowo-wschodniej) i wewnętrznej. Rozpiętość stropu w świetle podpór wynosi 6,75 m.

## 2. Ocena stanu technicznego budynku

W wyniku przeprowadzonych oględzin budynku UM stwierdza się, że stan techniczny elementów konstrukcyjnych - ścian nośnych, stropów, dachu jest dobry. Dodatkowe obciążenie technologiczne w postaci dwóch szaf serwerowych rack o masie do 1000 kg każda, które Inwestor zamierza zamontować w pomieszczeniu serwerowni wymaga wzmocnienia istniejącego stropu.

## 3. Opis konstrukcji wzmacniającej strop

Zaprojektowano konstrukcję odciążającą istniejący strop Ackermana, składającą się z żelbetowej płyty podposadzkowej, opartej na górnych stopkach dwóch stalowych belek HEB 180 (S235). Rozpiętość belek stalowych w świetle podpór wynosi 6,67 m a ich osiowy rozstaw wynosi 1,0 m. Płyta żelbetowa gr. 6,0 cm wykonana z betonu klasy C20/25, zbrojona dołem siatką zbrojeniową zgrzewaną z prętów żebrowanych #6 ze stali o granicy plastyczności 500 MPa. Oczko siatki 150 x 150 mm. Co drugi pręt siatki przyspawać do górnych stoppek belek stalowych. Arkusze siatki łączyć ze sobą z zakładem 30 cm (2 oczka).

## 4. Zastosowane schematy konstrukcyjne (statyczne)

Dla obliczenia płyty żelbetowej oraz dla obliczenia belek stalowych przyjęto schematy statyczne belki jednoprzęsłowej swobodnie podpartej.

## 5. Sposób przeprowadzenia obliczeń statycznych

Obliczenia statyczne wykonano przy pomocy programu „KONSTRUKTOR 6.5.2.” firmy ArCADiasoft Chudzik sp.j. Algorytm wymiarowania płyty żelbetowej oparty jest o normę *PN-EN 1992-1-1 Eurokod 2: wrzesień 2008 „Projektowanie konstrukcji z betonu”*. Wymiarowanie zbrojenia wykonano z uwzględnieniem następujących stanów granicznych i warunków użytkowych:

- dla zbrojenia na zginanie
- stan graniczny nośności z uwagi na obwiednię momentów gnących,
- stan graniczny użytkowania z uwagi na dopuszczalną szerokość rozwarcia rys prostopadłych do osi elementu (opcjonalnie),
- warunków konstrukcyjnych uwzględniających minimalną wielkość zbrojenia w przekroju,
- dla zbrojenia na ścinanie
- stan graniczny nośności z uwagi na obwiednię sił tnących.

Algorytm sprawdzania nośności belek stalowych oparty jest o normę *PN-EN 1993-1-1 Eurokod 3: czerwiec 2006. „Projektowanie konstrukcji stalowych”*. Warunki nośności są sprawdzane dla każdego przęsła belki dla następujących warunków:

- dla wielkości przekrojowych odpowiadających miejscu występowania maksymalnego momentu zginającego z obwiedni momentów gnących,
- dla wielkości przekrojowych odpowiadających miejscu występowania minimalnego momentu zginającego z obwiedni momentów gnących,
- sprawdzenie nośności przekroju na ścinanie ekstremalną siłą poprzeczną w danym przęsle,
- dla stanu granicznego użytkowania podane jest ekstremalne ugięcie sprężyste dla przęsła.

## Obciążenia Eurokod PN-EN

### 1. Obciążenia stałe

#### 1.1. Warstwy posadzkowe

nr	Rodzaj obciążenia	Wartość	Jednostka	Mnożnik [m]	obciążenie charakter. [kN/m <sup>2</sup> ]	współ. obc.	Obciążenie oblicz. [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Mata antystatyczna homogeniczna gr. 2 mm	17.000	[kN/m <sup>3</sup> ]	0.002	0.034	1.350	0.046
2	Klej przewodzący do posadzek antystatycznych.	19.000	[kN/m <sup>3</sup> ]	0.003	0.057	1.350	0.077
3	Wylewka samopoziomuj. gr. 10 mm	20.000	[kN/m <sup>3</sup> ]	0.010	0.200	1.350	0.270
					$g^k_1=0.291$	1.350	$g^d_1=0.393$

### 2. Obciążenia zmienne

#### 2.1. Obciążenia użytkowe

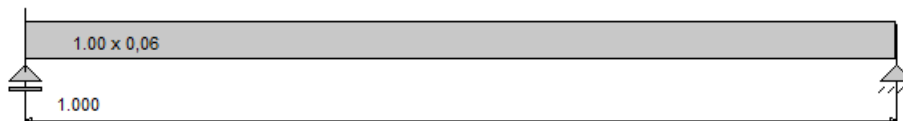
nr	Rodzaj obciążenia	Wartość	Jednostka	Mnożnik [-]	obciążenie charakter. [kN/m <sup>2</sup> ]	współ. obc.	Obciążenie oblicz. [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Obciążenie użytkowe	2.000	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.000	2.000	1.500	3.000
					$p^k_1=2.000$	1.500	$p^d_1=3.000$

#### 2.2. Obciążenia technologiczne

nr	Rodzaj obciążenia	Wartość	Jednostka	Mnożnik [m]	obciążenie charakter. [kN/m]	współ. obc.	Obciążenie oblicz. [kN/m]
1	Obciążenie szafą serwerową rackową stojącą 19"	12.500	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.800	10.000	1.200	12.000
					$g^k_2=10.000$	1.200	$g^d_2=12.000$
			mnożnik	2.000	$G^k_2=20.000$	1.200	$G^d_2=24.000$
			sumy		[kN]		[kN]

## Poz. 1. Płyta żelbetowa posadzkowa

### Geometria układu



### Lista typów przekrojów

Nazwa	h [m]	b [m]	b <sub>eff1</sub> [m]	b <sub>eff2</sub> [m]	h <sub>f1</sub> [m]	h <sub>f2</sub> [m]
1.00 x 0,06	0.06	0.00	1.00	-	-	-

### Reakcje - Grupa 1 - obc. stałe

Nr Podpory	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	M <sub>z</sub> [kNm]
1	0.00	0.15	0.00
2	0.00	0.15	0.00

### Reakcje - Grupa 2 - obc. użytkowe

Nr Podpory	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	M <sub>z</sub> [kNm]
1	0.00	1.00	0.00
2	0.00	1.00	0.00

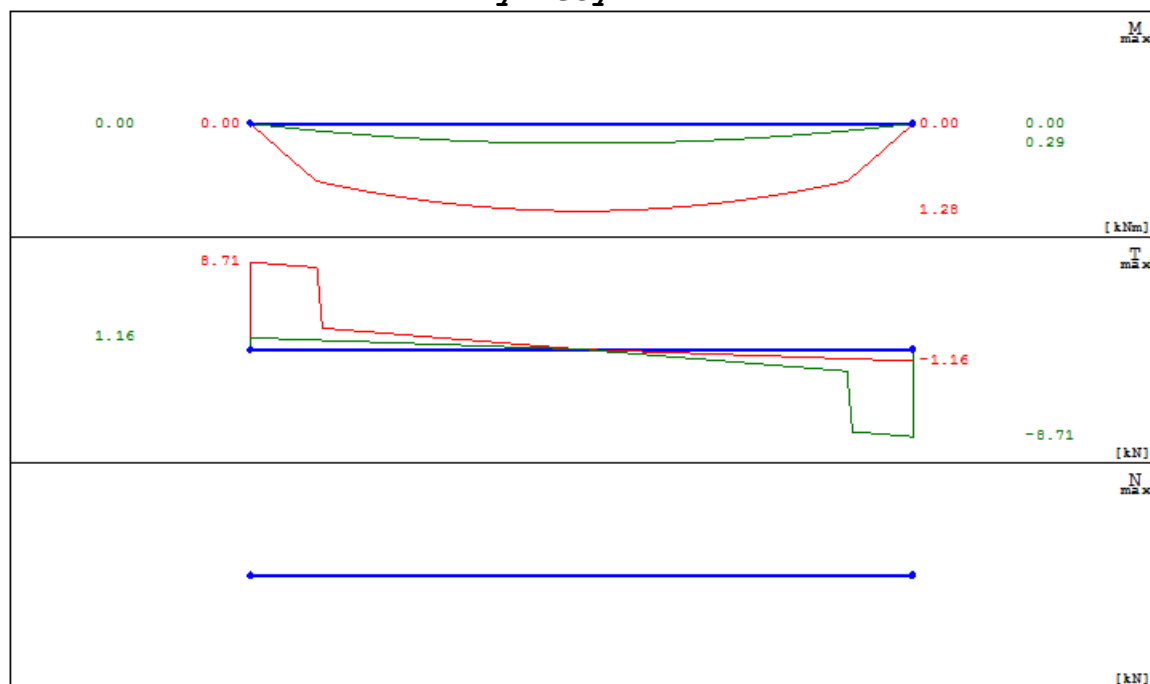
### Reakcje - Grupa 3 - obc. technologiczne

Nr Podpory	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	M <sub>z</sub> [kNm]
1	0.00	5.00	0.00
2	0.00	5.00	0.00

### Reakcje - Ciężar Własny

Nr Podpory	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	M <sub>z</sub> [kNm]
1	0.00	0.75	0.00
2	0.00	0.75	0.00

### Wykresy MNT



### Dane do wymiarowania

Klasa betonu

C20/25

Parametry zbrojenia	
Środek ciężkości zbrojenia	$a_0=29$
Klasa ekspozycji	XC1
Klasa konstrukcji	S4

Pręty podłużne	
Średnica prętów głównych	6mm
Średnica prętów konstrukcyjnych	6mm
Granica plastyczności stali	500.00MPa

Stan graniczny użytkowania	
Dobór zbrojenia ze względu na zarysowanie	TAK
Graniczna wartość szerokości rysy prostopadłej	0.30mm
Graniczna wartość ugięcia (w stanie zarysowanym)	L/250.00

### Wyniki dla stref zbrojenia głównego:

#### Strefy nr: 1, 4

Ls [m]	$M_{max}$ [kNm]	$M_{min}$ [kNm]	$l_{pg}$	$A_{sg}$ [cm <sup>2</sup> ]	$l_{pk}$	$A_{sk}$ [cm <sup>2</sup> ]
0.25	-1.11	0.00	2	0.57	4	1.13

#### Rozkład zbrojenia

Nr	1	2	3	4	5	6
Z* [mm]	-1	-1	1	1	1	1
Y* [mm]	-471	471	-471	471	-419	419
d [mm]	6	6	6	6	6	6

\* - współrzędne prętów podawane są zawsze względem środka ciężkości prostokątnej, głównej części przekroju (o wymiarach bw na h)

#### Strefy nr: 2, 3

Ls [m]	$M_{max}$ [kNm]	$M_{min}$ [kNm]	$l_{pg}$	$A_{sg}$ [cm <sup>2</sup> ]	$l_{pk}$	$A_{sk}$ [cm <sup>2</sup> ]
0.25	-1.28	-0.22	3	0.85	4	1.13

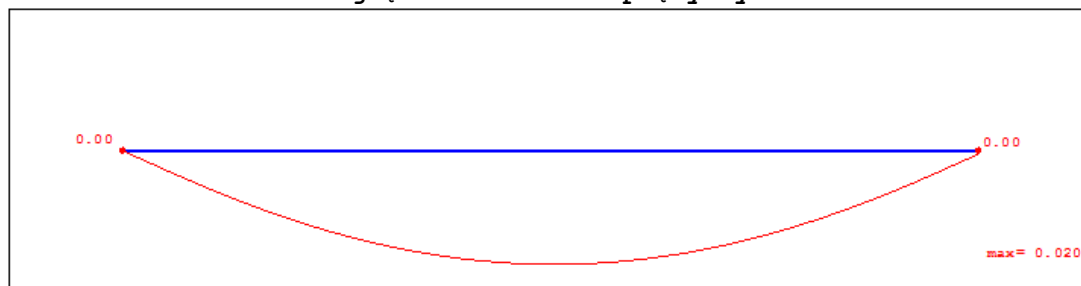
#### Rozkład zbrojenia

Nr	1	2	3	4	5	6	7
Z* [mm]	-1	-1	1	1	1	1	1
Y* [mm]	-471	471	-471	471	-419	0.00	419
d [mm]	6	6	6	6	6	6	6

\* - współrzędne prętów podawane są zawsze względem środka ciężkości prostokątnej, głównej części przekroju (o wymiarach bw na h)

Grupy obciążeń uwzględnione do liczenia ugięcia:	
Ciężar Własny	
Grupa 1 - obc. stałe	
Grupa 2 - obc. użytkowe	
Grupa 3 - obc. technolog	

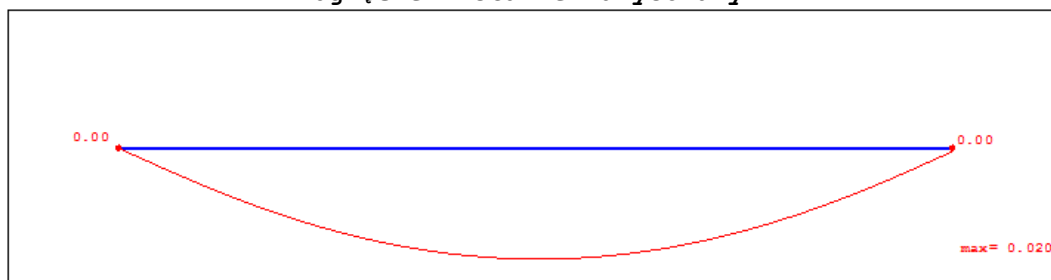
### Ugięcie w stanie sprężystym



**Tabela ugięć sprężystych belki**

Nr podpory	Przem. podpory $y_{max}$ [cm]	Nr przęsła	Odległość x [m]	Ugięcie max $y_{max}$ [cm]
Podpora nr 1	0.000	Przęsło nr 1	0.50	0.020
Podpora nr 2	-0.000	-	-	-

**Ugięcie w stanie zarysowanym**

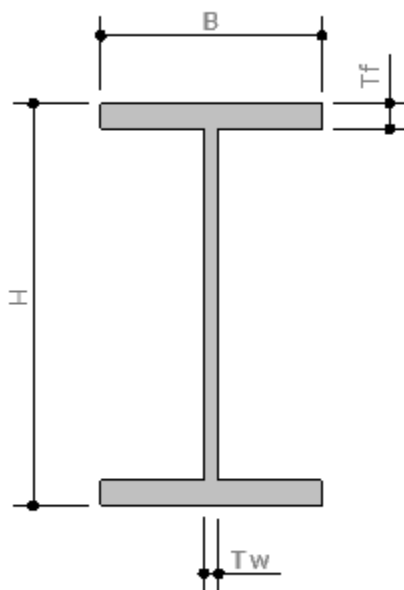


**Tabela ugięć rzeczywistych belki**

Nr podpory	Przem. podpory $y_{max}$ [cm]	Nr przęsła	Odległość x [m]	Ugięcie max $y_{max}$ [cm]
Podpora nr 1	0.000	Przęsło nr 1	0.50	0.020
Podpora nr 2	-0.000	-	-	-

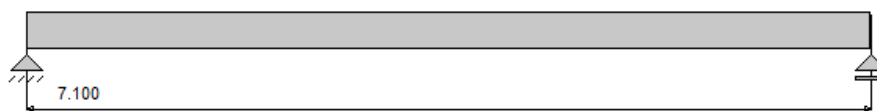
brak zarysowania w przęśle

## Poz. 2. Belka stalowa odciążająca strop



### **HE 180 B - Stal: S235**

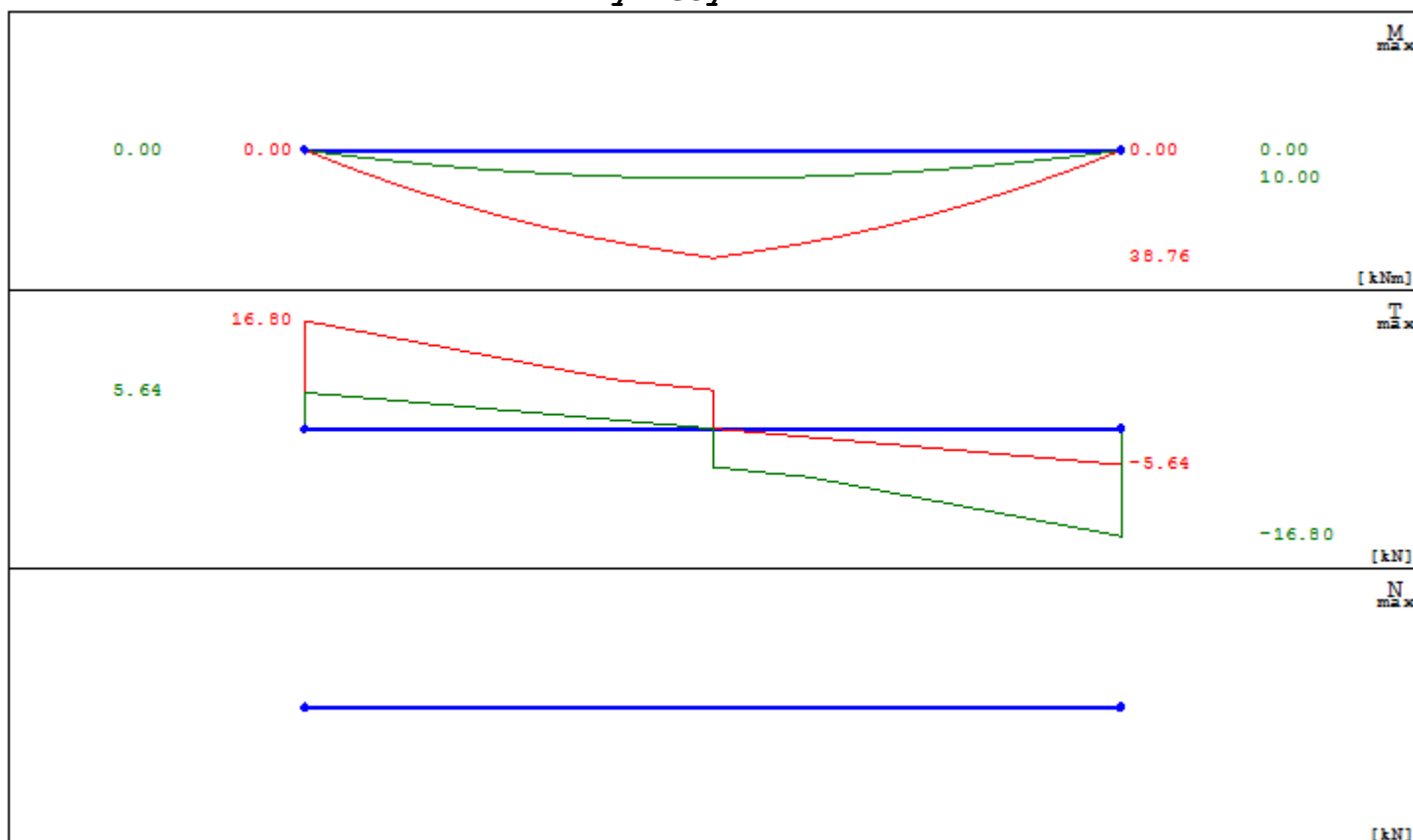
H [mm]	180.0	A [cm <sup>2</sup> ]	65.30
B [mm]	180.0	$J_x$ [cm <sup>4</sup> ]	3831.00
$T_f$ [mm]	14.0	$J_y$ [cm <sup>4</sup> ]	1363.00
$T_w$ [mm]	9.0	$W_x$ [cm <sup>3</sup> ]	425.70
		$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	151.40



**Lista przęseł**

Nr przęsła	Długość [m]	Profil	Podpora lewa	Podpora prawa
1	7.10	HE 180 B	przegub nieprzesuwny	przegub przesuwny

**Wykresy MNT**



**Dla momentu minimalnego**

$M_{min} = -0.000 \text{ kNm}$ ,  $T_{odp} = -5.636 \text{ kN}$ ,  $x = 7.100 \text{ m}$

**Klasa przekroju na ściskanie:**

Klasa ścianek pasów = 1      Klasa ścianek środka = 1      Klasa przekroju na ściskanie = 1

**Klasa przekroju na zginanie względem osi y:**

Klasa pasów = 1      Klasa środka = 1      Klasa przekroju na zginanie y-y = 1

**Klasa przekroju na zginanie względem osi z:**

Klasa pasów = 1      Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

### Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{65.30 \cdot 235}{1.0} = 1534.55 \text{ [kN]}$$

### Nośność przekroju na rozciąganie

$$N_{t,Rd} = 1534.55 \text{ [kN]}$$

### Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{484.34 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 113.82 \text{ [kNm]}$$

Udział pasów w nośności na zginanie

$$M_{f,Rd} = 98.31 \text{ [kNm]}$$

### Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{plz} \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{231.39 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 54.38 \text{ [kNm]}$$

### Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 2036.00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 276.24 \text{ [kN]}$$

### Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 5040.00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 683.81 \text{ [kN]}$$

### Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 113.82 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 54.38 \text{ [kNm]}$$

### Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V,y,Rd} = M_{C,y,Rd} - \rho \cdot (M_{C,y,Rd} - M_{f,Rd,y}) = 113.82 - 0.00 \cdot (113.82 - 98.31) = 113.82 \text{ [kNm]}$$

### Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V,z,Rd} = 54.38 \text{ [kNm]}$$

### Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 113.82 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 54.38 \text{ [kNm]}$$

### Warunki nośności:

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}} = \frac{0.00}{683.81} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}} = \frac{5.64}{276.24} = 0.02$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{0.00}{113.82} + \frac{0.00}{54.38} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{V,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{V,z,Rd}} = \frac{0.00}{113.82} + \frac{0.00}{54.38} = 0.00$$

### Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 1.00$$

$$k_{yz} = 1.00$$

$$k_{zy} = 1.00$$

$$k_{zz} = 1.00$$

### Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{0.00}{1534.55} = 0.00$$

### Dla momentu maksymalnego

$$M_{maks} = 38.756 \text{ kNm}, T_{odp} = 6.000 \text{ kN}, x = 3.550 \text{ m}$$



### Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek pasów = 1 Klasa ścianek środnika = 1 Klasa przekroju na ściskanie = 1

### Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa pasów = 1 Klasa środnika = 1 Klasa przekroju na zginanie y-y = 1

### Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa pasów = 1 Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

### Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{65.30 \cdot 235}{1.0} = 1534.55 \text{ [kN]}$$

### Nośność przekroju na rozciąganie

$$N_{t,Rd} = 1534.55 \text{ [kN]}$$

### Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{484.34 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 113.82 \text{ [kNm]}$$

Udział pasów w nośności na zginanie

$$M_{f,Rd} = 98.31 \text{ [kNm]}$$

### Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{plz} \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{231.39 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 54.38 \text{ [kNm]}$$

### Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 2036.00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 276.24 \text{ [kN]}$$

### Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 5040.00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 683.81 \text{ [kN]}$$

**Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej**

$$M_{N,y,Rd} = 113.82 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 54.38 \text{ [kNm]}$$

**Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.**

$$M_{V,y,Rd} = M_{C,y,Rd} - \rho \cdot (M_{C,y,Rd} - M_{f,Rd,y}) = 113.82 - 0.00 \cdot (113.82 - 98.31) = 113.82 \text{ [kNm]}$$

**Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.**

$$M_{V,z,Rd} = 54.38 \text{ [kNm]}$$

**Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej**

$$M_{N,v,Rd,y} = 113.82 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,v,Rd,z} = 54.38 \text{ [kNm]}$$

**Warunki nośności:**

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}} = \frac{0.00}{683.81} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}} = \frac{6.00}{276.24} = 0.02$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{38.76}{113.82} + \frac{0.00}{54.38} = 0.34$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{V,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{V,z,Rd}} = \frac{38.76}{113.82} + \frac{0.00}{54.38} = 0.34$$

**Współczynnik zwężenia przy ściskanych pasie górnym.**

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

**Współczynnik zwężenia przy ściskanych pasie dolnym.**

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

**Współczynniki interakcji.**

$$k_{yy} = 1.00$$

$$k_{yz} = 1.00$$

$$k_{zy} = 1.00$$

$$k_{zz} = 1.00$$



### Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 5040.00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C_y, Rd} = 683.81 \text{ [kN]}$$

### Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N, y, Rd} = 113.82 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N, z, Rd} = 54.38 \text{ [kNm]}$$

### Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V, y, Rd} = M_{C_y, Rd} - \rho \cdot (M_{C_y, Rd} - M_{f, Rd, y}) = 113.82 - 0.00 \cdot (113.82 - 98.31) = 113.82 \text{ [kNm]}$$

### Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V, z, Rd} = 54.38 \text{ [kNm]}$$

### Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N, V, Rd, y} = 113.82 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N, V, Rd, z} = 54.38 \text{ [kNm]}$$

### Warunki nośności:

$$\frac{V_{y, Ed}}{V_{C_y, Rd}} = \frac{0.00}{683.81} = 0.00$$

$$\frac{V_{z, Ed}}{V_{C_z, Rd}} = \frac{16.80}{276.24} = 0.06$$

$$\frac{M_{y, Ed}}{M_{C_y, Rd}} + \frac{M_{z, Ed}}{M_{C_z, Rd}} = \frac{0.00}{113.82} + \frac{0.00}{54.38} = 0.00$$

$$\frac{M_{y, Ed}}{M_{V, y, Rd}} + \frac{M_{z, Ed}}{M_{V, z, Rd}} = \frac{0.00}{113.82} + \frac{0.00}{54.38} = 0.00$$

### Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 1.00$$

$$k_{yz} = 1.00$$

$$k_{zy} = 1.00$$

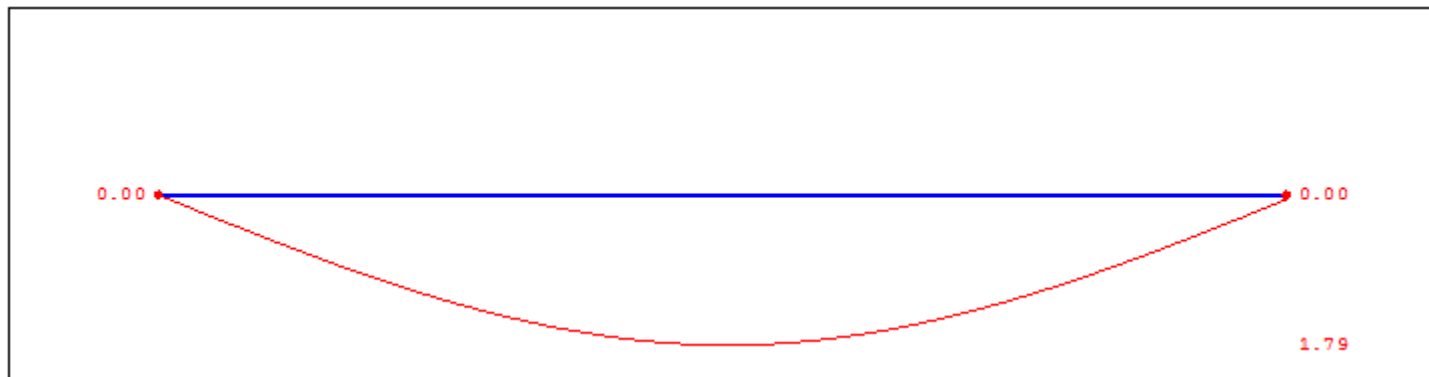
$$k_{zz} = 1.00$$

### Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t, Rd}} = \frac{0.00}{1534.55} = 0.00$$

### Ugięcie sprężyste

Grupy obciążeń uwzględnione do liczenia ugięcia:
Ciężar własny
Grupa 1 - obc. stałe
Grupa 2 - obc. użytkowe
Grupa 3 - obc. technologiczne



X [m]	0.000	1.479	2.958	3.550	5.029	6.508	7.041
Y [cm]	0.000	1.078	1.723	1.787	1.379	0.413	0.000

### Sprawdzenie ugięcia dopuszczalnego:

$$U_{\max} = 1.788 \text{ cm} \leq L / 350.00 = 710.00 / 350.00 = 2.03 \text{ cm}$$

**Warunek spełniony**