

Projekt Techniczny

TYTUŁ Budowa dwóch wiat oraz budynku kontenerowego na pompę ciepła

ADRES INWESTYCJI 37-600 Lubaczów, ul. Słowackiego 20
obr. 0001 Lubaczów miasto
działka nr 2979/1, 2979/4, 2979/6 i 2979/7

INWESTOR Nadleśnictwo Lubaczów
ul. Słowackiego 20
37-600 Lubaczów

OBIEKT Budowa dwóch wiat oraz budynku kontenerowego

JEDNOSTKA PROJEKTOWA ELCAD Sp. z o.o.
ul. Płk. Dąbka 2B
37 – 600 Lubaczów

ZESPÓŁ PROJEKTOWY

	<i>Specjalność</i>	<i>Imię i nazwisko, Nr uprawnień projektowych</i>	<i>Data, podpis</i>
PROJEKTANT	Konstrukcyjno-budowlana	mgr inż. Marcin Gąsior	07.2023
PROJEKTANT	<i>Specjalność</i>	<i>Imię i nazwisko, Nr uprawnień projektowych</i>	<i>Data, podpis</i>
	Architektoniczna Konstrukcyjno-budowlana	inż. Zygmunt Motyka 409/68	07.2023
PROJEKTANT	<i>Specjalność</i>	<i>Imię i nazwisko, Nr uprawnień projektowych</i>	<i>Data, podpis</i>
	Elektryczna	mgr inż. Wacław Komafel PDK/0048/PWOE/19	07.2023
PROJEKTANT	<i>Specjalność</i>	<i>Imię i nazwisko, Nr uprawnień projektowych</i>	<i>Data, podpis</i>
	Sanitarna	mgr inż. Rafał Olszewski PDK/0170/POOS/11	07.2023

Opis do projektu technicznego

1. Dane ogólne

Opis został sporządzony w oparciu o Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego i zawiera opis projektu wg kolejności określonej w rozporządzeniu.

1.1. Przeznaczenie i program użytkowy budynków

Budynek kontenerowy przeznaczony dla pompy ciepła. Budynek składa się z jednego pomieszczenia .

Wiata Nr 1 i Nr 2 o konstrukcji stalowej . Dach jednospadowy

1.2. Dane techniczne:

Budynek kontenerowy na pompę ciepła :

- powierzchnia zabudowy: 12,00m²
- powierzchnia całkowita : 10,64m²
- wysokość kalenicy budynku nad poziom terenu: 2,77m
- kubatura budynku ~33,00m³

Wiata Nr 1:

- powierzchnia rzutu dach: 102,00m²
- wysokość kalenicy nad poziom terenu: 3,75m

Wiata Nr 2 :

- powierzchnia rzutu dachu: 150,12m²
- wysokość kalenicy nad poziom terenu: 3,75m

2. Rozwiązania architektoniczno – budowlane

2.1. Forma i funkcja obiektów budowlanych

Budynek kontenerowy parterowy, niepodpiwniczony. Budynek na planie prostokąta, ściany zewnętrzne osłonięte płytą warstwową, przykryty stropodachem z płyty warstwowej. Budynek przeznaczony dla pompy ciepła.

Wiata otwarta Nr 1 i Nr 2 o konstrukcji stalowej zaprojektowana na planie prostokąta, przykryta dachem jednospadowym o kącie nachylenia połaci 8°. Wiata służyć będzie jako zadaszenie stanowisk postojowych samochodów osobowych. Obiekt zaprojektowano w konstrukcji stalowej.

Utwardzenie placu istniejące : powierzchnia asfaltowa

3. Dane konstrukcyjno – budowlane

3.1. Układ konstrukcyjny

Obiekt kontenerowy zaprojektowano na płycie fundamentowej. Spawana rama podłogi, stropodachu oraz słupy usztywniające w narożach modułu. Elementy konstrukcji pokryte powłokami antykorozyjnymi. Odprowadzenie wody opadowej rynnami PCV umieszczonymi na zewnętrznej ścianie kontenera.

Wiata otwarta, z dachem jednospadowym, posadowiona na stopach fundamentowych. Minimalny poziom posadowienia 1,20m poniżej poziomu terenu. Słupy S-1 z e stali IPE 240 . Słupy te są przegubowo połączone z fundamentami za pomocą kotew fajkowych o średnicy 20 mm, zatapiających w fundamentach na etapie fundamentowania. Konstrukcja dachu stanowi płatek ze stali IPE 240.

Założenia przyjęte do obliczeń konstrukcyjnych

Projekt konstrukcji wykonano w oparciu o następujące normy:

- PN-82/B-02000; /B-02001; /B-02003 Obciążenia budowli
- PN-77/B-02011 Obciążenie wiatrem
- PN-80/B-02010 Obciążenie śniegiem
- PN-84/B-03264 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone
- PN-81/B-03020 Posadowienie bezpośrednie budowli

Wiata :Podłoga istniejąca powierzchnia asfaltowa.

3.2. Ściany

Budynek kontenerowy:

Ściany zewnętrzne i wewnętrzne działowe składają się z płyty warstwowej gr.10cm.

Wiata stalowa otwarta:

Wiata otwarta bez obudowy ścian bocznych .

3.3. Dach

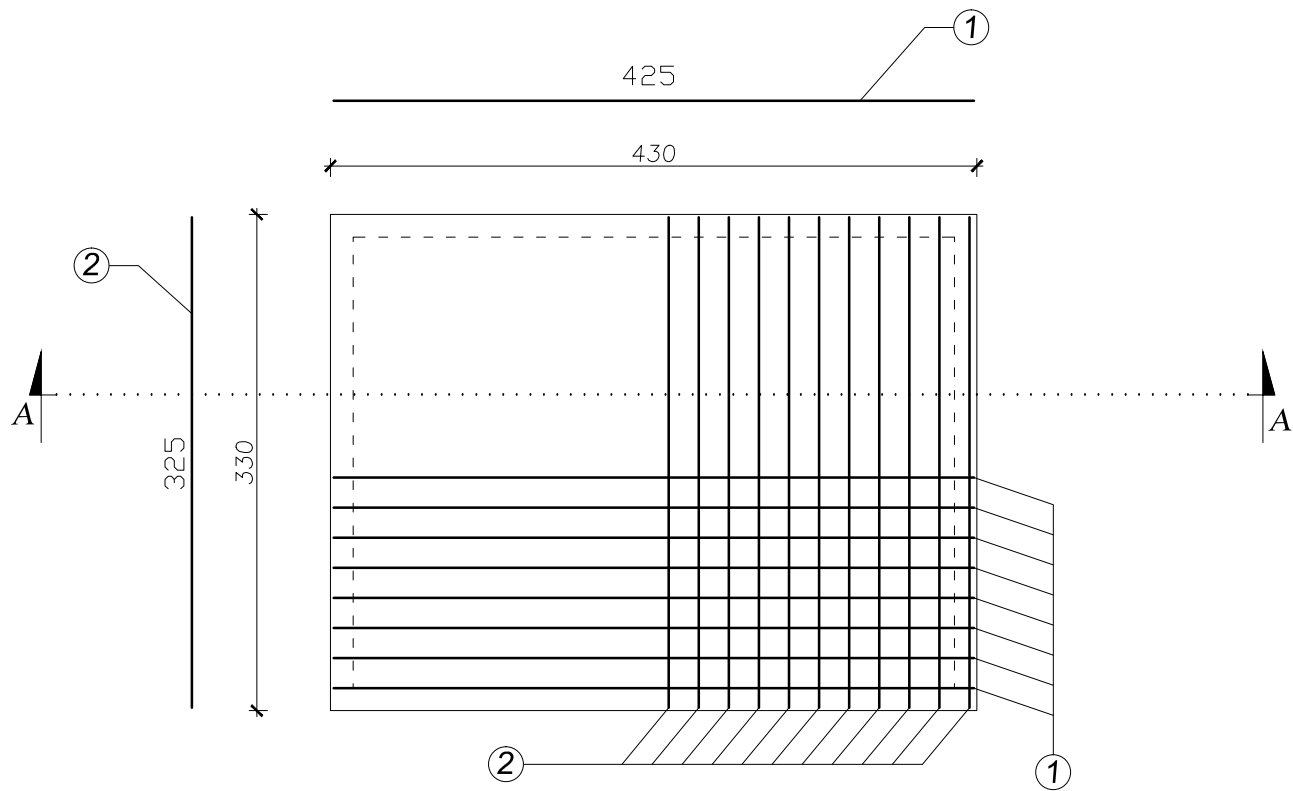
Projektowany budynek kontenerowy zostanie przykryty stropodachem składającym się z płyty warstwowej o grubości 10cm.

Projektowana wiata zostanie przykryta dachem jednospadowym o kącie nachylenia połaci 8°.

4. Warunki wykonania robót budowlano-montażowych

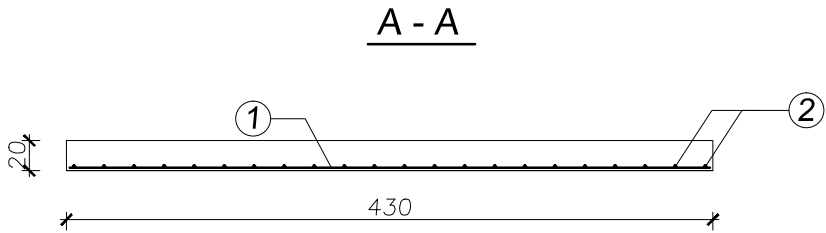
Wszystkie roboty budowlano-montażowe, a także odbiór robót, należy wykonać zgodnie z warunkami technicznymi wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych wydanych przez Ministerstwo Gospodarki Przestrzennej Budownictwa, a opracowanych przez Instytut Techniki Budowlanej.


ZBROJENIE PŁYTY FUNDAMENTOWEJ
Skala 1:50



LEGENDA:

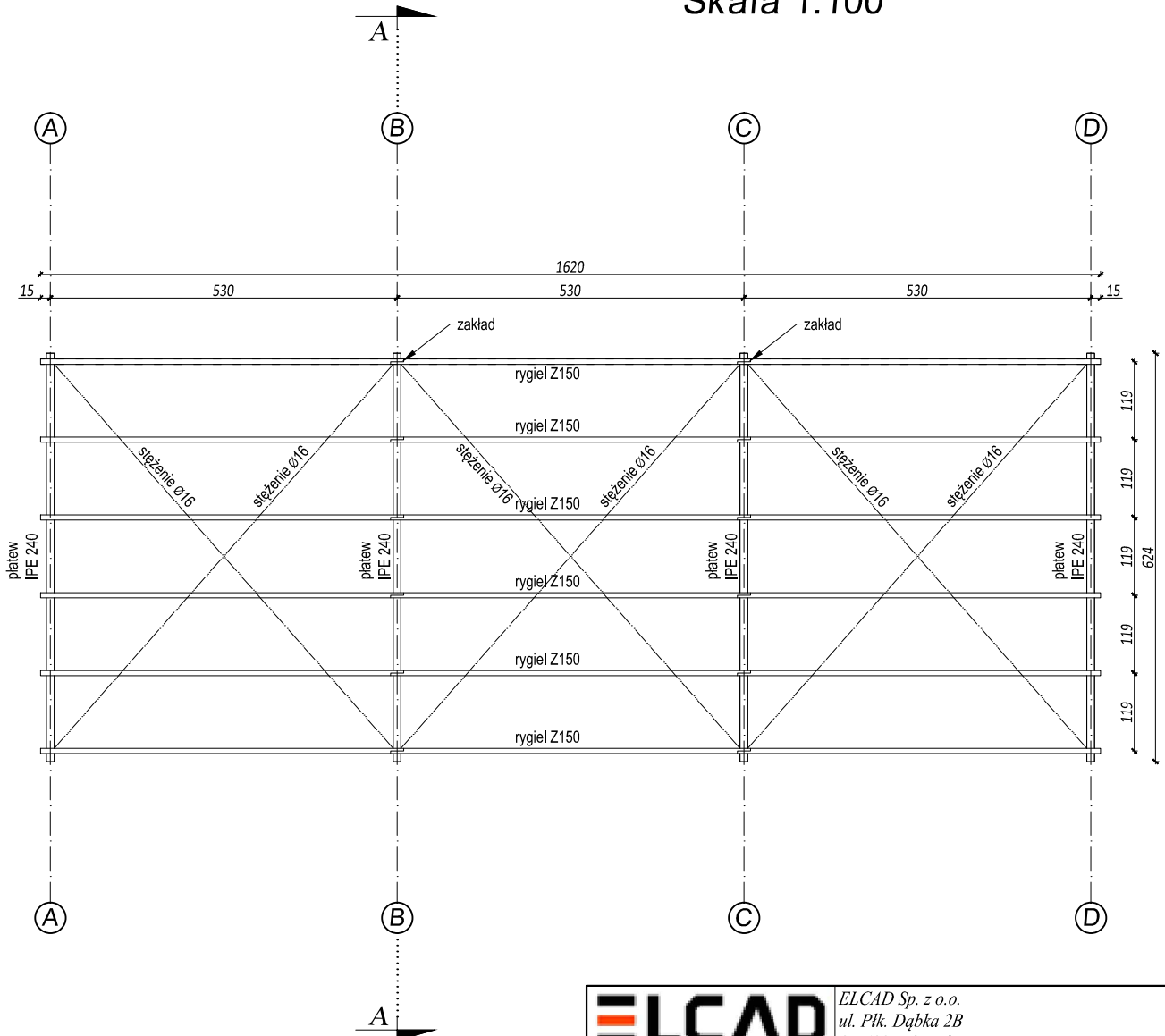
- ① pręty #12 – B 500Sp – 16szt. co 20 cm
- ② pręty #12 – B 500Sp – 20szt. co 20 cm
- ③ beton żwirowy B20 – C16/20



		ELCAD Sp. z o.o. ul. Plk. Dąbka 2B 37-600 Lubaczów	
NAZWA	BUDYNEK KONTENEROWY		
Adres obiektu	Lubaczów nr ewid. 2979/1		
Tytuł	Zbrojenie płyty fundamentowej	Skala 1:50	
		Faza: P.T	
Branża	Konstrukcja	Data	
Kierownik jednostki projektowej	Marcin Gąsior	Podpis	
Projektant	Zygmunt Motyka Nr upr. 409/68	Podpis	
Sprawdzający	Aleksandra Kielbowicz Nr upr. MAP/0135/PWBKB/21	Podpis	
Inwestor	Nadleśnictwo Lubaczów ul. Słowackiego 20 37-600 Lubaczów		Nr rys.

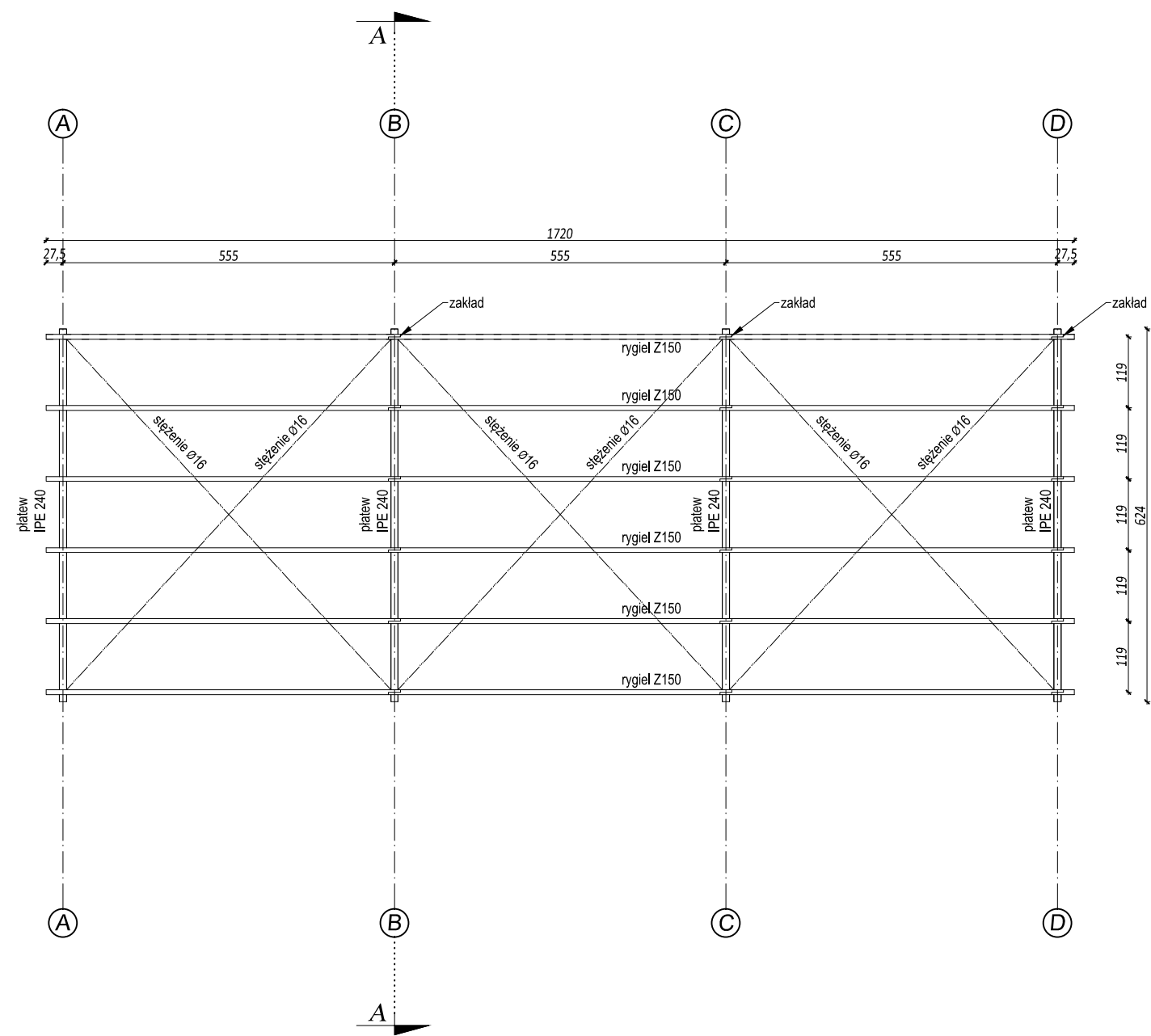
RZUT KONSTRUKCJI DACHU


Skala 1:100



ELCAD ELCAD Sp. z o.o. ul. Plk. Dąbka 2B 37-600 Lubaczów		
NAZWA	WIATA NR 1	
Adres obiektu	Lubaczów nr ewid. 2979/1	
Tytuł	Rzut konstrukcji dachu	Skala 1:100
		Faza: P.T
Branża	Konstrukcja	Data
Kierownik jednostki projektowej	Marcin Gąsior	Podpis
Projektant	Zygmunt Motyka Nr upr. 409/68	Podpis
Sprawdzający	Aleksandra Kielbowicz Nr upr. MAP/0135/PWBKB/21	Podpis
Inwestor	Nadleśnictwo Lubaczów ul. Słowackiego 20 37-600 Lubaczów	Nr rys.

RZUT KONSTRUKCJI DACHU
Skala 1:100



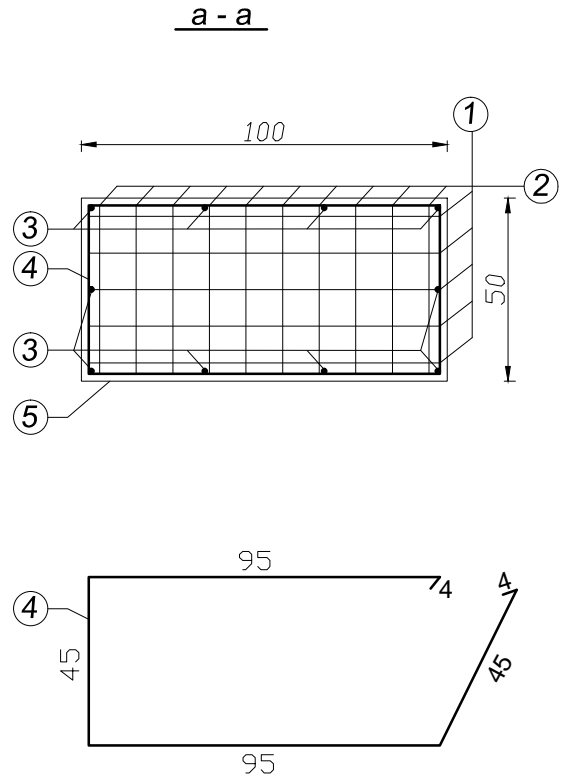
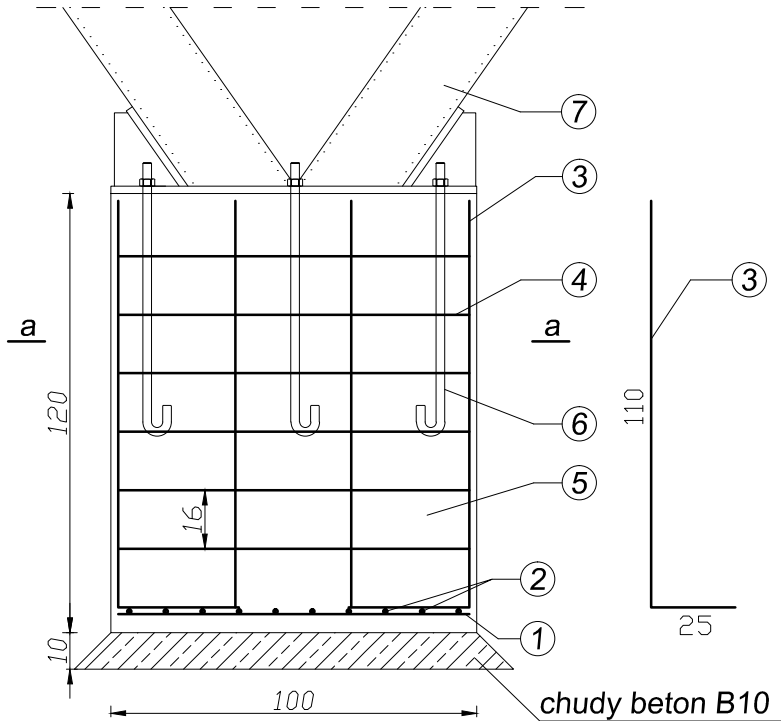
		ELCAD Sp. z o.o. ul. Płk. Dąbka 2B 37-600 Lubaczów	
NAZWA	WIATA NR 2		
Adres obiektu	Lubaczów nr ewid. 2979/4, 2979/6		
Tytuł	Rzut konstrukcji dachu	Skala 1:100	
		Faza: P.T	
Branża	Konstrukcja	Data	
Kierownik jednostki projektowej	Marcin Gąsior	Podpis	
Projektant	Zygmunt Motyka Nr upr. 409/68	Podpis	
Sprawdzający	Aleksandra Kielbowicz Nr upr. MAP/0135/PWBKB/21	Podpis	
Inwestor	Nadleśnictwo Lubaczów ul. Słowackiego 20 37-600 Lubaczów		Nr rys.

ZBROJENIE ELEMENTÓW

Skala 1:20

STOPA FUNDAMENTOWA


F-1
4 szt.



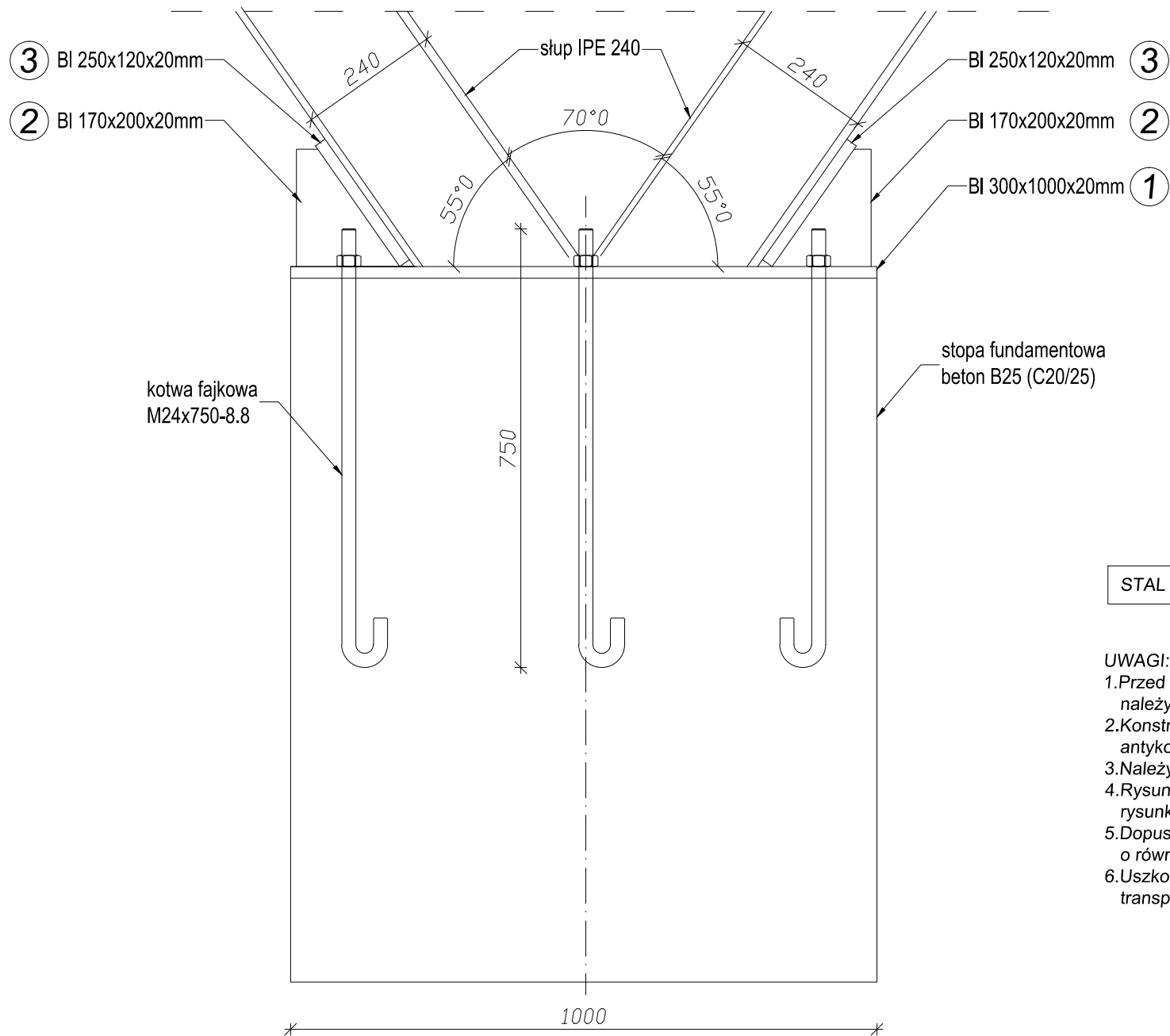
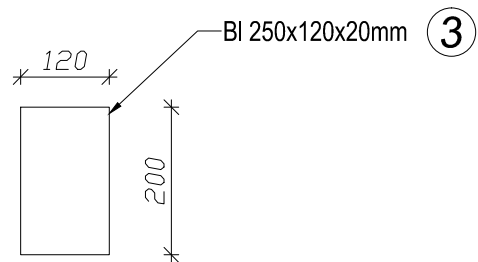
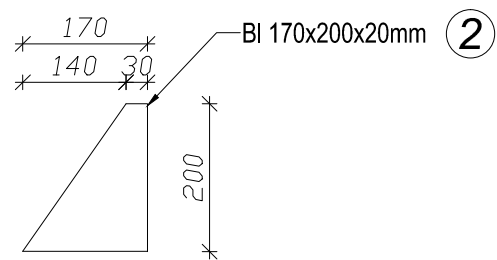
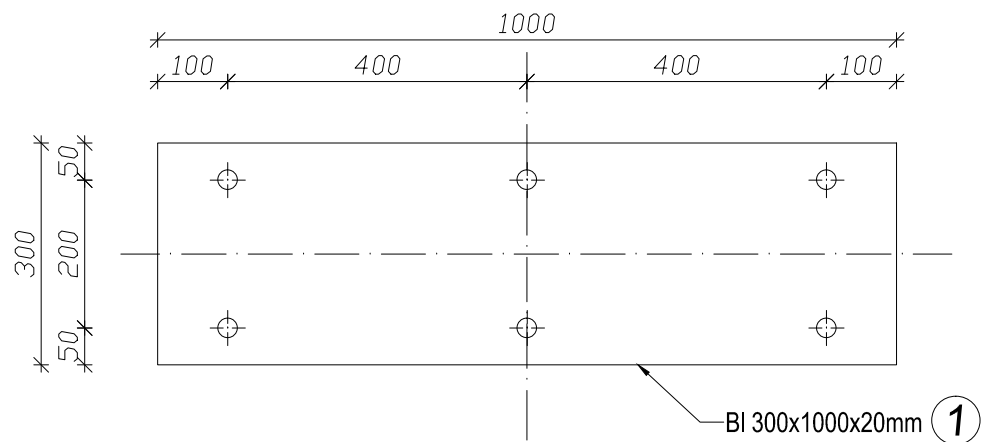
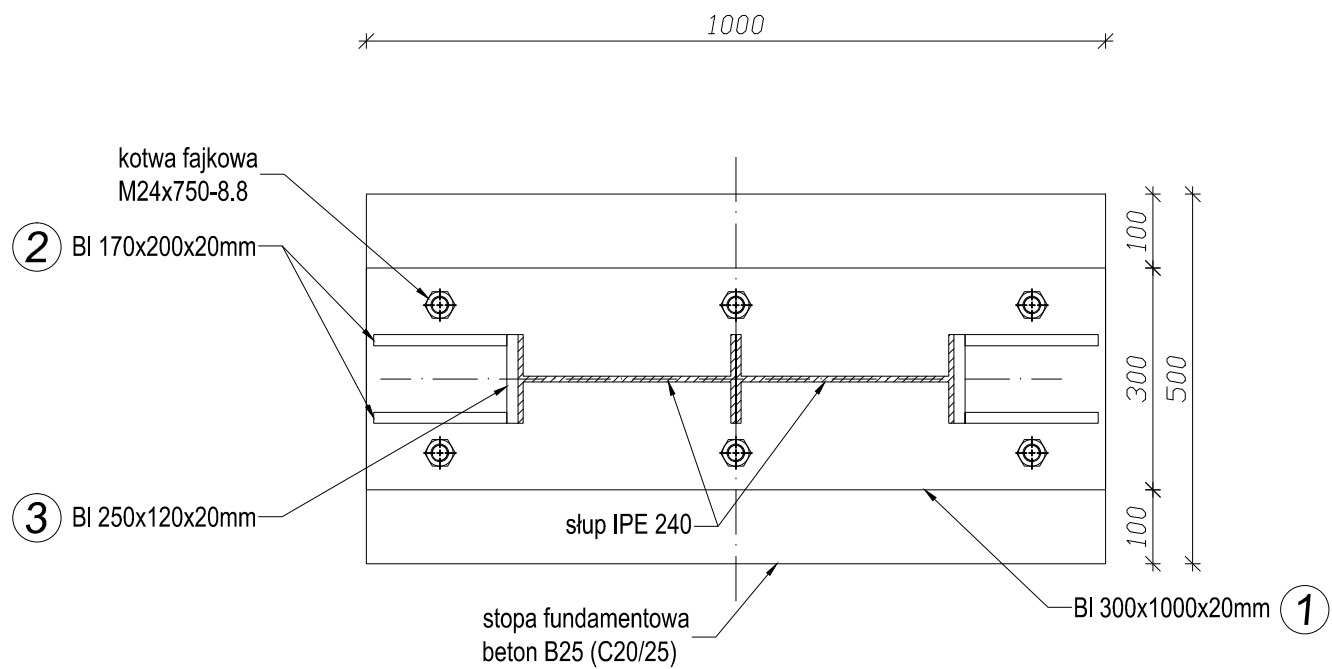
LEGENDA:

- ① pręty #12 – 5szt. co 10 cm
- ② pręty #12 – 8szt. co 10 cm
- ③ pręty #12 – 10szt.
- ④ strzemiona \varnothing 6 mm, co 16 cm
- ⑤ beton żwirowy
- ⑥ kotwa fajkowa
- ⑦ słup IPE 240

BETON: C20/25 (B25)
 STAL: pręty $\varnothing 6$: A-0 (St0S)
 pręty #12: A-IIIIN (BSt500S)
 otulina: 25mm – cokół
 50mm – fundamenty

		ELCAD Sp. z o.o. ul. Plk. Dąbka 2B 37-600 Lubaczów	
NAZWA	WIATA NR 1, WIATA NR 2		
Adres obiektu	Lubaczów nr ewid. 2979/1		
Tytuł	Zbrojenie elementów	Skala 1:20	
		Faza: P.T	
Branża	Konstrukcja	Data	
Kierownik jednostki projektowej	Marcin Gąsior	Podpis	
Projektant	Zygmunt Motyka Nr upr. 409/68	Podpis	
Sprawdzający	Aleksandra Kielbowicz Nr upr. MAP/0135/PWBKB/21	Podpis	
Inwestor	Nadleśnictwo Lubaczów ul. Słowackiego 20 37-600 Lubaczów		Nr rys.

PODSTAWA SŁUPA
Skala 1:10



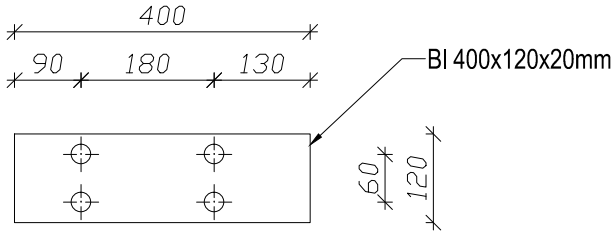
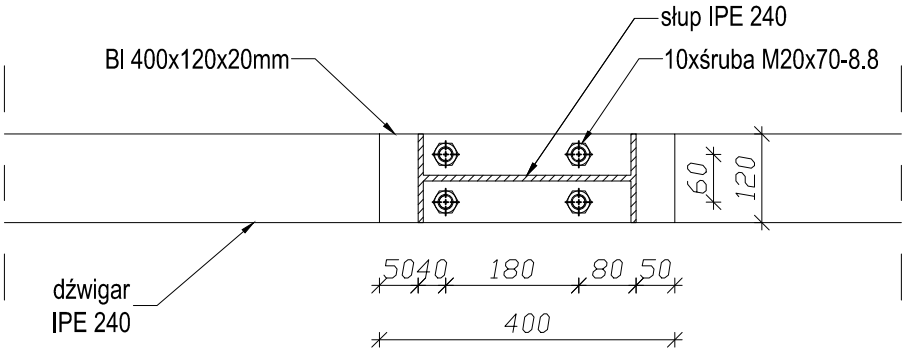
STAL S235

UWAGI:

- 1.Przed przystąpieniem do wykonania konstrukcji należy opracować projekt warsztatowy.
- 2.Konstrukcję stalową należy zabezpieczyć antykorozyjnie za pomocą powłok malarskich.
- 3.Należy stosować śruby min. kl. 8.8.
- 4.Rysunek należy rozpatrywać łącznie z pozostałymi rysunkami branży konstrukcyjnej oraz pozostałych branż.
- 5.Dopuszcza się stosowanie materiałów zastępczych o równoważnych parametrach.
- 6.Uszkodzenia powłok malarskich powstałe podczas transportu lub montażu należy uzupełnić.

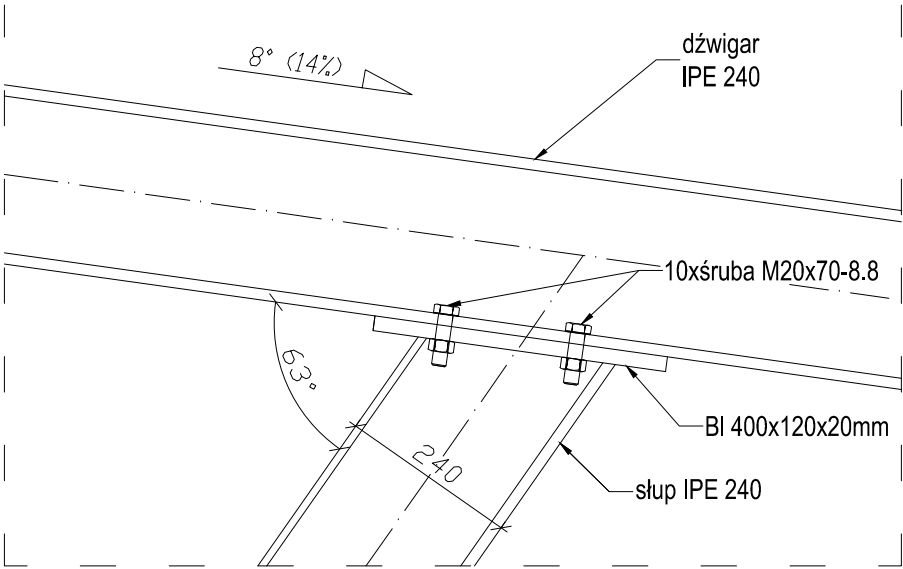
ELCAD ELCAD Sp. z o.o. ul. Plk. Dąbka 2B 37-600 Lubaczów		
NAZWA	WIATA NR 1, WIATA NR 2	
Adres obiektu	Lubaczów nr ewid. 2979/1	
Tytuł	Podstawa słupa	Skala 1:10
		Faza: P.T
Branża	Konstrukcja	Data
Kierownik jednostki projektowej	Marcin Gąsior	Podpis
Projektant	Zygmunt Motyka Nr upr. 409/68	Podpis
Sprawdzający	Aleksandra Kielbowicz Nr upr. MAP/0135/PWBKB/21	Podpis
Inwestor	Nadleśnictwo Lubaczów ul. Słowackiego 20 37-600 Lubaczów	Nr rys.


SZCZEGÓŁ POŁĄCZEŃ
Skala 1:10



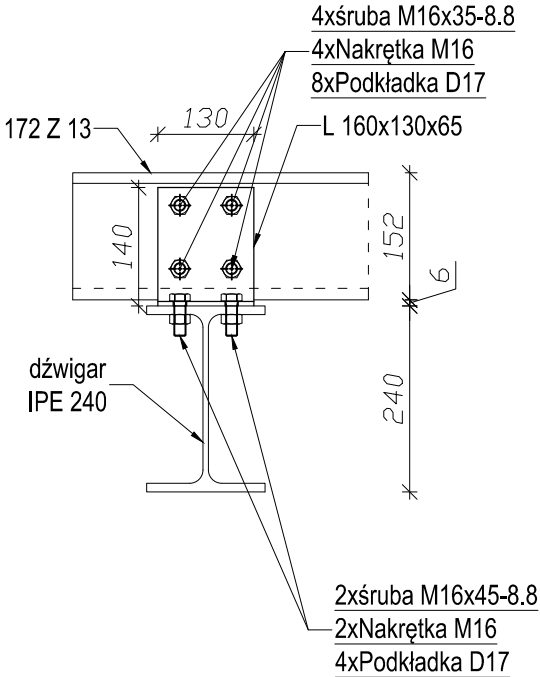
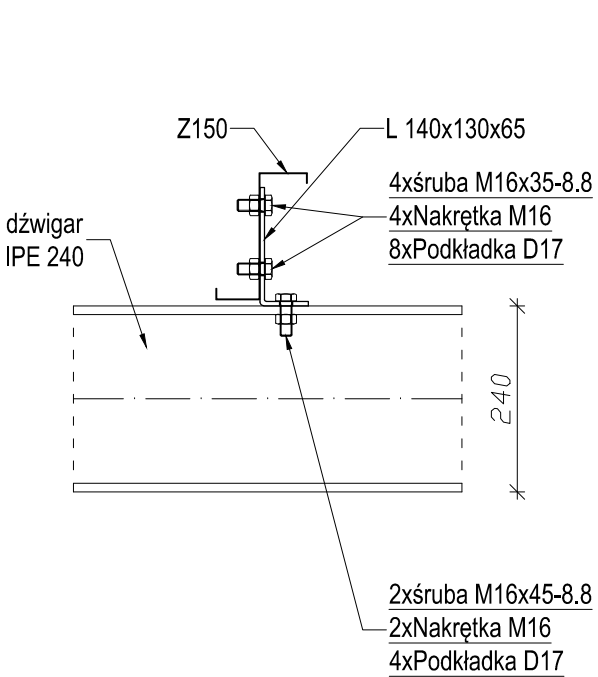
STAL S235

- UWAGI:
- 1.Przed przystąpieniem do wykonania konstrukcji należy opracować projekt warsztatowy.
 - 2.Konstrukcję stalową należy zabezpieczyć antykorozyjnie za pomocą powłok malarskich.
 - 3.Należy stosować śruby min. kl. 8.8.
 - 4.Rysunek należy rozpatrywać łącznie z pozostałymi rysunkami branży konstrukcyjnej oraz pozostałych branż.
 - 5.Dopuszcza się stosowanie materiałów zastępczych o równoważnych parametrach.
 - 6.Uszkodzenia powłok malarskich powstałe podczas transportu lub montażu należy uzupełnić.




		ELCAD Sp. z o.o. ul. Plk. Dąbka 2B 37-600 Lubaczów	
NAZWA	WIATA NR 1, WIATA NR 2		
Adres obiektu	Lubaczów nr ewid. 2979/1		
Tytuł	Szczegół połączeń	Skala 1:10	
		Faza: P.T	
Branża	Konstrukcja	Data	
Kierownik jednostki projektowej	Marcin Gąsior	Podpis	
Projektant	Zygmunt Motyka Nr upr. 409/68	Podpis	
Sprawdzający	Aleksandra Kielbowicz Nr upr. MAP/0135/PWBKB/21	Podpis	
Inwestor	Nadleśnictwo Lubaczów ul. Słowackiego 20 37-600 Lubaczów		Nr rys.

SZCZEGÓŁ POŁĄCZEŃ
Skala 1:10



STAL S235

- UWAGI:
- 1.Przed przystąpieniem do wykonania konstrukcji należy opracować projekt warsztatowy.
 - 2.Konstrukcję stalową należy zabezpieczyć antykorozyjnie za pomocą powłok malarskich.
 - 3.Należy stosować śruby min. kl. 8.8.
 - 4.Rysunek należy rozpatrywać łącznie z pozostałymi rysunkami branży konstrukcyjnej oraz pozostałych branż.
 - 5.Dopuszcza się stosowanie materiałów zastępczych o równoważnych parametrach.
 - 6.Uszkodzenia powłok malarskich powstałe podczas transportu lub montażu należy uzupełnić.

		ELCAD Sp. z o.o. ul. Plk. Dąbka 2B 37-600 Lubaczów	
NAZWA	WIATA NR 1, WIATA NR 2		
Adres obiektu	Lubaczów nr ewid. 2979/1		
Tytuł	Szczegół połączeń	Skala 1:10	
		Faza: P.T	
Branża	Konstrukcja	Data	
Kierownik jednostki projektowej	Marcin Gąsior	Podpis	
Projektant	Zygmunt Motyka Nr upr. 409/68	Podpis	
Sprawdzający	Aleksandra Kielbowicz Nr upr. MAP/0135/PWBKB/21	Podpis	
Inwestor	Nadleśnictwo Lubaczów ul. Słowackiego 20 37-600 Lubaczów		Nr rys.

ZESTAWIENIE STALI PROFILOWEJ - WIATA nr 1						
Lp.	Element	Przekrój poprzeczny	Klasa stali	Długość łącznie [m]	Masa jednego elementu [kg/m]	Masa łącznie [kg]
1	Słupy i dźwigary	IPE 240	S235	57,395	30,700	1762,03
2	Płatwie	z/g Z 150 x 68/60 x 2.5	S350GD	95,400	6,000	572,40
3	Stężenia dachowe	ϕ 16	S235	48,034	1,580	75,89
4	Dodatek na zakłady płatwi	z/g Z 150 x 68/60 x 2.5	S350GD	22,26	6,000	133,56
RAZEM						2543,88
5	Dodatek na spoiny 1,8%					45,79
RAZEM Z DODATKIEM NA SPOINY						2589,67

ZESTAWIENIE STALI PROFILOWEJ - WIATA nr 2						
Lp.	Element	Przekrój poprzeczny	Klasa stali	Długość łącznie [m]	Masa jednego elementu [kg/m]	Masa łącznie [kg]
1	Słupy i dźwigary	IPE 240	S235	57,395	30,700	1762,03
2	Płatwie	z/g Z 150 x 68/60 x 2.5	S350GD	99,900	6,000	599,40
3	Stężenia dachowe	ϕ 16	S235	49,040	1,580	77,48
4	Dodatek na zakłady płatwi	z/g Z 150 x 68/60 x 2.5	S350GD	23,316	6,000	139,896
RAZEM						2578,81
5	Dodatek na spoiny 1,8%					46,42
RAZEM Z DODATKIEM NA SPOINY						2625,22

OBLICZENIA STATYCZNO – WYTRZYMAŁOŚCIOWE

– Spis treści –

I.	Zestawienie obciążeń	3
1.	Zestawienie obciążeń klimatycznych.....	3
2.	Zestawienie obciążeń stałych i użytkowych	6
II.	Wyniki obliczeń statycznych – wiata nr 1.....	7
1.	Wyniki obliczeń statycznych dla płatwi	7
2.	Wyniki obliczeń statycznych dla ram głównych	8
III.	Wyniki obliczeń wytrzymałościowych – wiata nr 1.....	9
1.	Wymiarowanie płatwi.....	9
2.	Wymiarowanie ram głównych.....	10
IV.	Wyniki obliczeń statycznych – wiata nr 2.....	24
1.	Wyniki obliczeń statycznych dla płatwi	24
2.	Wyniki obliczeń statycznych dla ram głównych	25
V.	Wyniki obliczeń wytrzymałościowych – wiata nr 2.....	26
1.	Wymiarowanie płatwi.....	26
2.	Wymiarowanie ram głównych.....	27

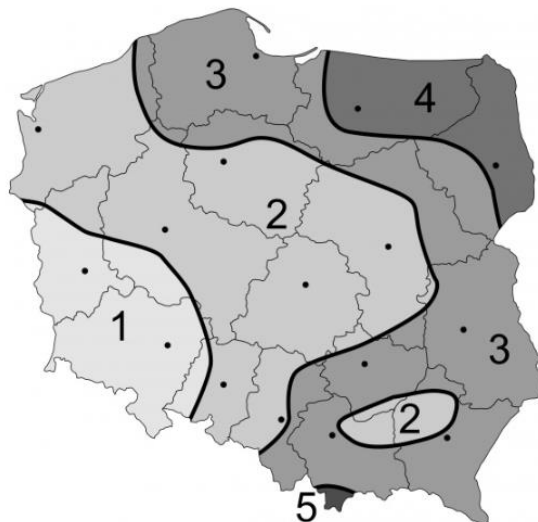
I. Zestawienie obciążeń

1. Zestawienie obciążeń klimatycznych

Obciążenie śniegiem wg PN-EN 1991-1-3

Lokalizacja: Lubaczów, woj. Podkarpackie

Wysokość nad poziomem morza: A = 213 m n.p.m.



Rys. 1. Podział Polski na strefy obciążenia śniegiem gruntu

Strefa obciążenia śniegiem gruntu: 3.

Wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

Współczynnik kształtu dachu

$$\mu_1 = 0,8$$

$\alpha = 8^\circ$ – kąt nachylenia dachu

Współczynnik ekspozycji dla terenu normalnego

$$C_e = 1,0$$

Współczynnik termiczny

$$C_t = 1,0$$

Wartość obciążenia śniegiem gruntu w strefie 3., w zależności od wysokości A:

$$s_k = 0,006A - 0,6 = 0,68 \frac{kN}{m^2} \quad \text{i} \quad s_k \geq 1,2 \frac{kN}{m^2} \quad \text{zatem} \quad s_k = 1,2 \frac{kN}{m^2}$$

Wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem

$$s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 0,96 \frac{kN}{m^2}$$

Wartość obliczeniowa obciążenia śniegiem

$$s_d = 1,5 \cdot s = 1,44 \frac{kN}{m^2}$$

Obciążenie wiatrem wg PN-EN 1991-1-4

Lokalizacja: Lubaczów, woj. Podkarpackie

Wysokość nad poziomem morza: A = 213 m n.p.m.



Rys. 2. Podział Polski na strefy obciążenia wiatrem

Strefa obciążenia wiatrem: 1.

Podstawowa wartość bazowej prędkości wiatru

$$v_{b,0} = 22 \frac{m}{s}$$

Podstawowa wartość ciśnienia prędkości wiatru

$$q_{b,0} = 0,3 \frac{kN}{m^2}$$

Współczynnik sezonowy

$$C_{season} = 1,0$$

Współczynnik kierunkowy

$$C_{dir} = 1,0$$

Podstawowa prędkość wiatru

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 22 \frac{m}{s}$$

Gęstość powietrza

$$\rho = 1,25 \frac{kg}{m^3}$$

Wartość bazowa ciśnienia prędkości wiatru

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0,303 \frac{kN}{m^2}$$

Kategoria terenu III – wieś, tereny podmiejskie, stałe lasy

Wysokość budynku

$$z = 4,00m$$

Współczynnik ekspozycji dla III kategorii terenu

$$c_e(z) = 1,9 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,26} = 1,50$$

Wartość szczytowego ciśnienia prędkości wiatru na wysokości (z)

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b = 0,45 \frac{kN}{m^2}$$

Wartość ciśnienia wiatru na powierzchnie zewnętrzne

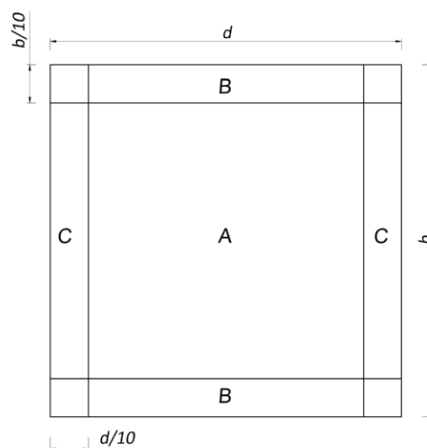
$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}, \text{ gdzie } c_{pe} - \text{współczynnik ciśnienia zewnętrznego}$$

Wartość ciśnienia wiatru na powierzchnie wewnętrzne

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}, \text{ gdzie } c_{pi} - \text{współczynnik ciśnienia wewnętrznego}$$

Współczynniki ciśnienia i wartości charakterystyczne obciążenia wiatrem zestawiono w poniższych tabelach.

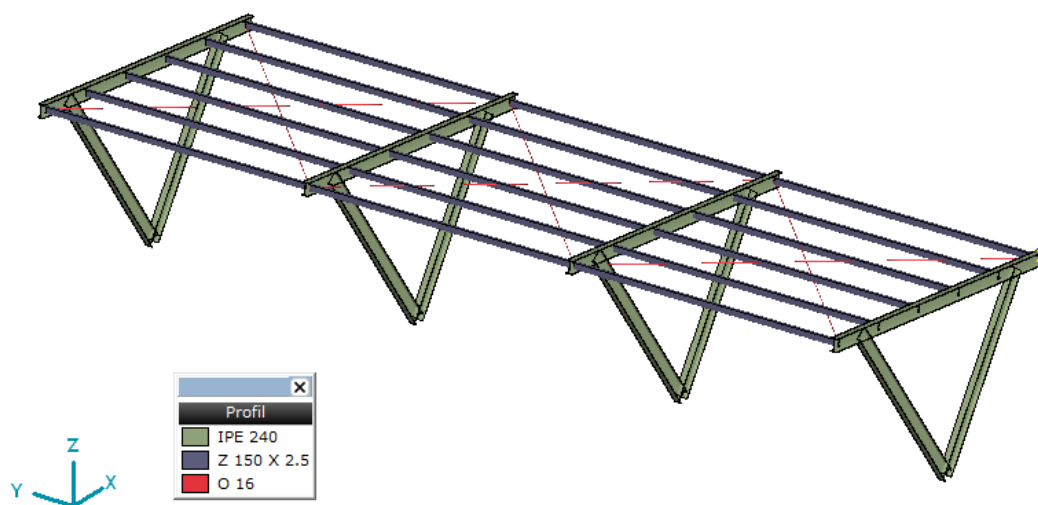
Współczynniki ciśnienia i wartości charakterystyczne obciążenia wiatrem dachu budynku Kierunek wiatru $\theta = 0$			
Wielkość	Pola dachu		
	A	B	C
$c_{p,net}$	-1,90	-2,44	-2,62
	1,04	2,28	1,48
$w_{e,10} = q_p(z) \cdot c_{pe,10}$	-0,86	-1,11	-1,19
	0,47	1,03	0,67



2. Zestawienie obciążeń stałych i użytkowych

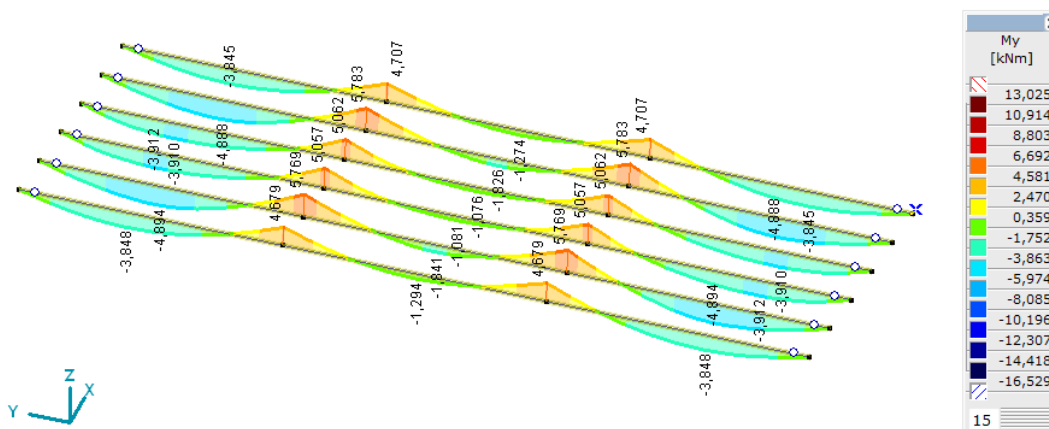
ZESTAWIENIE ODDZIAŁYWAŃ				
Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne [kN/m ²]	Współczynnik γ [-]	Obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
OBCIĄŻENIE STAŁE				
1	Panele fotowoltaiczne wraz z podkonstrukcją	0,220	1,35	0,297
2	Płatwie z profili stalowych - wg programu obliczeniowego	-	-	-
3	Dźwigary z profili stalowych - wg programu obliczeniowego	-	-	-
RAZEM		0,220	-	0,297
OBCIĄŻENIE ZMIENNE				
1	Obciążenie użytkowe dla dachów	1,00	1,5	1,50
RAZEM		1,00	-	1,50

II. Wyniki obliczeń statycznych – wiata nr 1

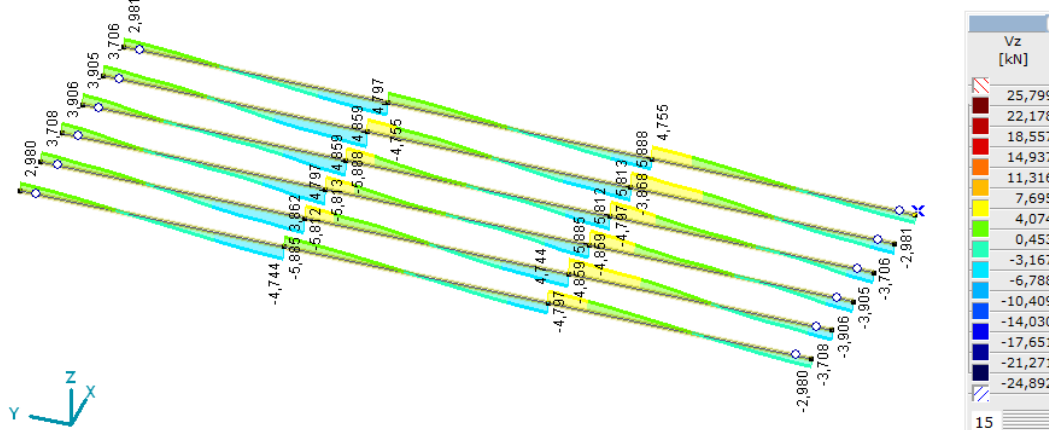


Rys. 3. Widok modelu obliczeniowego

1. Wyniki obliczeń statycznych dla płatew

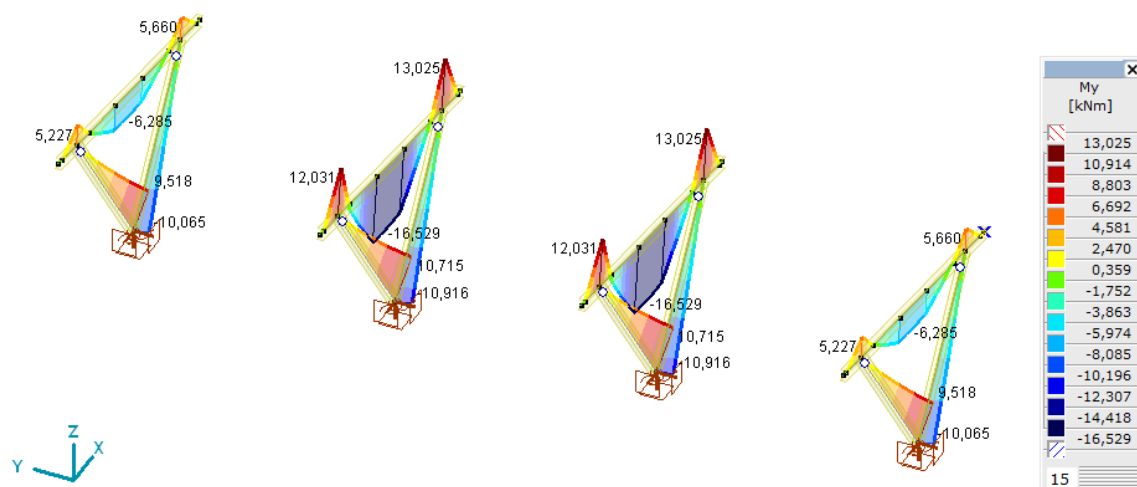


Rys. 4. Wykres momentów zginających M_y

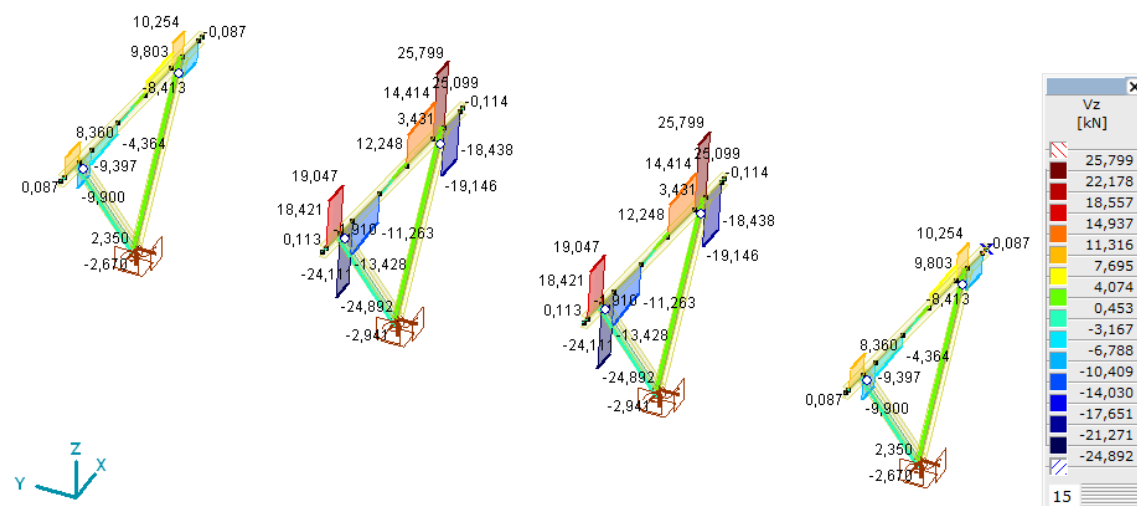


Rys. 5. Wykres sił ścinających V_z

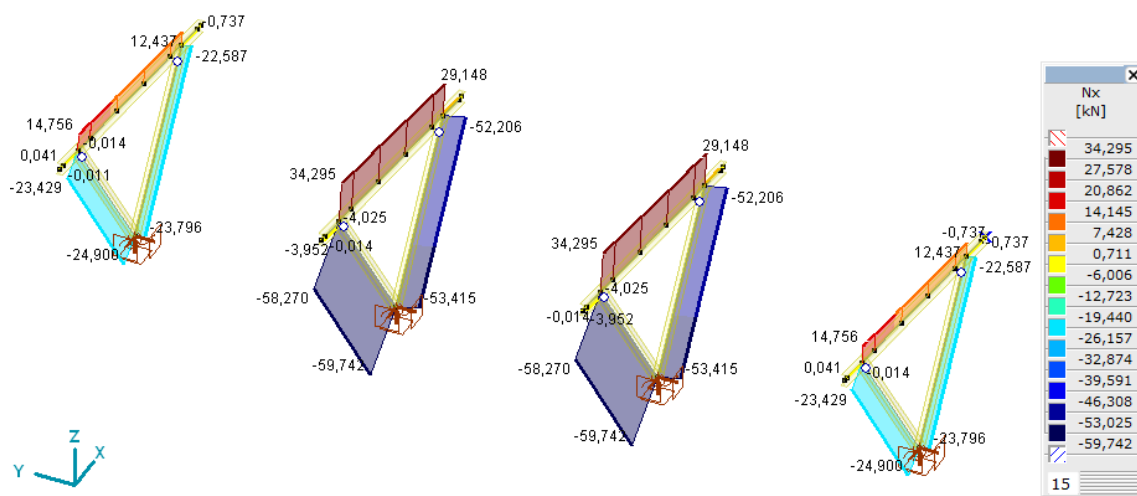
2. Wyniki obliczeń statycznych dla ram głównych



Rys. 6. Wykres momentów zginających M_y



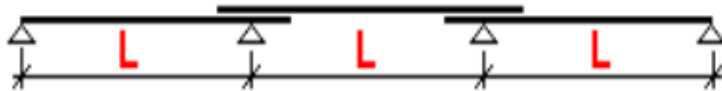
Rys. 7. Wykres sił ścinających V_z



Rys. 8. Wykres sił osiowych N_x

III. Wyniki obliczeń wytrzymałościowych – wiata nr 1

1. Wymiarowanie płatwi



L = 5,300 m

Pokrycie blachą trapezową

Obciążenia:

Przypadek 1: Obciążenie obliczeniowe (typ 1) $Q_d = 2,900 \text{ kN/m}$

Przypadek 2: Obciążenie obliczeniowe (typ 2) $Q_{dN} = 0,000 \text{ kN/m}$ $N = 10,000 \text{ kN}$

Przypadek 3: Ssanie wiatru $w = 1,700 \text{ kN/m}$

Przypadek 4: Obciążenie charakterystyczne (dla ugięcia $L/200$) $q = 1,900 \text{ kN/m}$

Do zadanych obciążeń dodano automatycznie ciężar własny płatwi.



Wyniki:

Płatew Z150x68/60x2.50

Stal S350GD

Ciężar 0,071 kN/m

Wykorzystanie nośności

Przypadek 1 60%

Przypadek 2 nie sprawdzony

Przypadek 3 50%

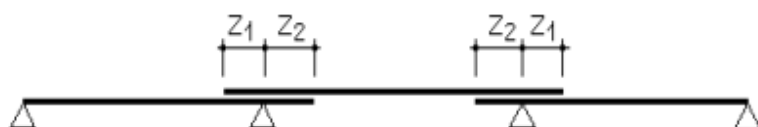
Przypadek 4 66%

Wymagana liczba tężników w każdym przęśle: 0 (liczba tężników określona przez użytkownika)

Do zadanych obciążeń dodano automatycznie ciężar własny płatwi.

Minimalna sztywność tarczy usztywniającej: $S \geq 1\,821,0 \text{ kN}$

Długości zakładów:
Z1 = 795 mm
Z2 = 1060 mm



2. Wymiarowanie ram głównych

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: **8**

Węzły: **11-12**

Norma: **Eurokod-PL**

Materiał: **S 235**

Przekrój poprzeczny: **IPE 240**

Przypadek obciążenia: **Komb #1 SGN**

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: **1,0**

Klasa przekroju: **1** (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$N_{Ed_1} = -5,9742 \cdot 10^4 \text{ N} \quad V_{y,Ed_1} = -0,48 \text{ N} \quad V_{z,Ed_1} = -2941 \text{ N} \quad M_{y,Ed_1} = 1,0715 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 10,715 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed_1} = -2130 \text{ Nmm} = -0,002 \text{ kNm} \quad M_{x,Ed_1} = 8094 \text{ Nmm} = 0,008 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \max(\eta_N; \eta_{M_{y,pl}}; \eta_{M_{z,pl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = \max(6,5; 12,4; 0; 1,1; 0) = 12,4 \% \quad \text{spełniony}$$

2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętnie

EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B: Method 2

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$C_{my} = \max(0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{my}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{my}) = \max(0,95 + 0,05 \cdot 1, 0,9 + 0,1 \cdot 1) = 1 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$C_{mz} = \max(0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{mz}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{mz}) = \max(0,95 + 0,05 \cdot 1, 0,9 + 0,1 \cdot 1) = 1 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$f_{yy} = \min(\lambda_y * -0,2; 0,8) = \min(0,47 - 0,2; 0,8) = 0,272$$

$$f_{zz} = \min(2 \cdot \lambda_z * -0,6; 1,4) = \min(2 \cdot 1,75 - 0,6; 1,4) = 1,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + f_{yy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed_1}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M_1}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 0,272 \cdot \frac{\frac{|(-5,9742 \cdot 10^4)|}{0,93 \cdot 9,1926 \cdot 10^5}}{1} \right) = 1,019$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,019 = 0,611 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,343 = 0,806$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + f_{zz} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed_1}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M_1}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{\frac{|(-5,9742 \cdot 10^4)|}{0,27 \cdot 9,1926 \cdot 10^5}}{1} \right) = 1,343 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = 0,93 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = 0,27 \quad (6.49)$$

$$\eta_{NMBuckl_1} = \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_y \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed1}|}{W_{ply} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed1}|}{W_{plz} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{\frac{|(-5,9742 \cdot 10^4)|}{0,93 \cdot 3912 \cdot 235}}{1} + 1,019 \cdot \frac{\frac{|1,0715 \cdot 10^7|}{3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}}{1} + 0,806 \cdot \frac{\frac{|(-2130)|}{7,3924 \cdot 10^4 \cdot 235}}{1} = 19,6 \% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMBuckl_2} = \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed1}|}{W_{ply} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed1}|}{W_{plz} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{\frac{|(-5,9742 \cdot 10^4)|}{0,27 \cdot 3912 \cdot 235}}{1} + 0,611 \cdot \frac{\frac{|1,0715 \cdot 10^7|}{3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}}{1} + 1,343 \cdot \frac{\frac{|(-2130)|}{7,3924 \cdot 10^4 \cdot 235}}{1} = 32,1 \% \quad (6.62)$$

$$\eta_{NMBuckl} = 32,1 \% \quad \text{spełniony}$$

3. Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie

EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B: Method 2

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$C_{my} = \max (0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{my}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{my}) = \max (0,95 + 0,05 \cdot 1, 0,9 + 0,1 \cdot 1) = 1 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$C_{mz} = \max (0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{mz}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{mz}) = \max (0,95 + 0,05 \cdot 1, 0,9 + 0,1 \cdot 1) = 1 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$C_{mLT} = \max (0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{mLT}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{mLT}) = \max (0,95 + 0,05 \cdot 1, 0,9 + 0,1 \cdot 1) = 1 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$f_{yy} = \min (\lambda_y^* - 0,2; 0,8) = \min (0,47 - 0,2; 0,8) = 0,272$$

$$f_{zy} = \min \left(\frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25}; \frac{0,1 \cdot \lambda_z^*}{C_{mLT} - 0,25} \right) = \min \left(\frac{0,1}{1 - 0,25}; \frac{0,1 \cdot 1,75}{1 - 0,25} \right) = 0,133$$

$$f_{zz} = \min (2 \cdot \lambda_z^* - 0,6; 1,4) = \min (2 \cdot 1,75 - 0,6; 1,4) = 1,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + f_{yy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 0,272 \cdot \frac{\frac{|(-5,9742 \cdot 10^4)|}{0,93 \cdot 9,1926 \cdot 10^5}}{1} \right) = 1,019$$

$$k_{zy} = 1 - f_{zy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} = 1 - 0,133 \cdot \frac{\frac{|(-5,9742 \cdot 10^4)|}{0,27 \cdot 9,1926 \cdot 10^5}}{1} = 0,967 \quad \text{Tabela Annex B.1, B.2}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,343 = 0,806$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + f_{zz} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{\frac{|(-5,9742 \cdot 10^4)|}{0,27 \cdot 9,1926 \cdot 10^5}}{1} \right) = 1,343 \quad \text{Tabela Annex B.1, B.2}$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = 0,93 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = 0,27 \quad (6.49)$$

$$\chi_{LT} = \min \left(\frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}}; 1; \frac{1}{\lambda_{LT}^2} \right) = 0,70 \quad (6.56)$$

$$\eta_{NMLTBuckl1} = \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_y \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed1}|}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed1}|}{W_{pl,z} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{\frac{|(-5,9742 \cdot 10^4)|}{0,93 \cdot 3912 \cdot 235}}{1} + 1,019 \cdot \frac{\frac{|1,0715 \cdot 10^7|}{0,70 \cdot 3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}}{1} + 0,806 \cdot \frac{\frac{|(-2130)|}{7,3924 \cdot 10^4 \cdot 235}}{1} = 25,2 \% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMLTBuckl2} = \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed1}|}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed1}|}{W_{pl,z} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{\frac{|(-5,9742 \cdot 10^4)|}{0,27 \cdot 3912 \cdot 235}}{1} + 0,967 \cdot \frac{\frac{|1,0715 \cdot 10^7|}{0,70 \cdot 3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}}{1} + 1,343 \cdot \frac{\frac{|(-2130)|}{7,3924 \cdot 10^4 \cdot 235}}{1} = 41,8 \% \quad (6.62)$$

$$\eta_{NMLTBuckl} = 41,8 \% \quad \text{spełniony}$$

4. Nośność przekroju przy ścinaniu (y):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$A_{V_y} = 2 \cdot b \cdot t_f = 2352 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{V_y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2352 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1} = 3,1911 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed1} = 8094 \text{ Nmm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left(\sqrt{1 - \frac{\tau_{T,xy,Ed}}{1,25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left(\sqrt{1 - \frac{0,61}{1,25 \cdot \frac{235}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 3,1911 \cdot 10^5 = 3,1854 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.26)$$

$$\eta_{V_y} = \frac{|V_{y,Ed1}|}{V_{pl,T,Rd,y}} = \frac{|(-0,48)|}{3,1854 \cdot 10^5} = 0 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

5. Nośność środka przy ścinaniu (niestateczność):

EN 1993-1-5: 5.1, 5.2, 5.3, 5.5, Annex A: A.3

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$a_{max} = 4,42$$

$$\eta_w = 1,2 \quad 5.2 (2) \text{ NOTE 2}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 240 - 2 \cdot 9,8 = 220 \text{ mm}$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{72 \cdot \varepsilon}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 2,5976 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (5.1 (2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed1}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|(-2941)|}{2,5976 \cdot 10^5} = 1,1 \% \quad (5.10) \quad \text{spełniony}$$

6. Ścinanie środka-Zginanie-Siła normalna

EN 1993-1-1: 6.2.9; EN 1993-1-5: 7.1

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$M_{f,Rd} = b \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = 120 \cdot 9,8 \cdot 235 \cdot (240 - 9,8) = 6,3618 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 63,618 \text{ kNm}$$

$$\left| M_{y,Ed1} \right| \leq M_{f,Rd} \rightarrow \eta_{V_wMN} = \frac{|M_{y,Ed1}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|1,0715 \cdot 10^7|}{8,6162 \cdot 10^7} = 12,4 \% \quad (7.1) \quad \text{spełniony}$$

Wyniki cząstkowe

8. Nośność przekroju przy sile normalnej:

EN 1993-1-1: 6.2.4

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3912 \cdot 235}{1} = 9,1926 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.10)$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|(-5,9742 \cdot 10^4)|}{9,1926 \cdot 10^5} = 6,5 \% \quad (6.9) \quad \text{spełniony}$$

9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}{1} = 8,6162 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 86,162 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed1}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|1,0715 \cdot 10^7|}{8,6162 \cdot 10^7} = 12,4 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,3924 \cdot 10^4 \cdot 235}{1} = 1,7372 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 17,372 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed1}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|(-2130)|}{1,7372 \cdot 10^7} = 0 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

11. Nośność przekroju przy ścinaniu (z):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$A_{V,z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 1915 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{V,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1915 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1} = 2,5976 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed1} = 8094 \text{ Nmm}$$

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left(\sqrt{1 - \frac{\tau_{T,xz,Ed}}{1,25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left(\sqrt{1 - \frac{0,39}{1,25 \cdot \frac{235}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 2,5976 \cdot 10^5 = 2,5946 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.26)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{z,Ed_1}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|(-2941)|}{2,5946 \cdot 10^5} = 1,1 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$V_{z,Ed_1} = -2941 \text{ N} \leq V_{pl,Rd,z}/2 = 1,2988 \cdot 10^5 \text{ N} \rightarrow$ Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.

6.2.8 (2)

$V_{y,Ed_1} = -0,48 \text{ N} \leq V_{pl,Rd,y}/2 = 1,5956 \cdot 10^5 \text{ N} \rightarrow$ Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.

6.2.8 (2)

13. Sprawdzenie interakcji zginania z siłą normalną

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$n = \frac{|N_{Ed_1}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{5,9742 \cdot 10^4}{9,1926 \cdot 10^5} = 6,5 \% \leq 25\%$$

$$|N_{Ed_1}| = 5,9742 \cdot 10^4 \text{ N} \leq N_{lim,y} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{220 \cdot 6,2 \cdot 235}{2 \cdot 1} = 1,6056 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$|N_{Ed_1}| = 5,9742 \cdot 10^4 \text{ N} \leq N_{lim,z} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220 \cdot 6,2 \cdot 235}{1} = 3,2112 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$M_{Ny,Rd} = M_{y,V,Rd} = 8,6162 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 86,162 \text{ kNm}$$

$$M_{Nz,Rd} = M_{z,V,Rd} = 1,7372 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 17,372 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed_1}}{M_{Ny,Rd}} = \frac{1,0715 \cdot 10^7}{8,6162 \cdot 10^7} = 12,4 \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed_1}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{(-2130)}{1,7372 \cdot 10^7} = 0 \%$$

$$\alpha_{MN} = 2$$

$$\beta_{MN} = \max(5 \cdot n / 100 ; 1) = \max(5 \cdot 6,5 / 100 ; 1) = 1$$

$$\eta_{MN,3} = \left(\frac{M_{y,Ed_1}}{M_{Ny,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left(\frac{M_{z,Ed_1}}{M_{Nz,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left(\frac{1,0715 \cdot 10^7}{8,6162 \cdot 10^7} \right)^2 + \left(\frac{(-2130)}{1,7372 \cdot 10^7} \right)^1 = 1,6 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max(\eta_{MN,1} ; \eta_{MN,2} ; \eta_{MN,3} ; \eta_N) = \max(12,4 ; 0 ; 1,6 ; 6,5) = 12,4 \% \quad \text{spełniony}$$

14. Nośność na wyboczenie:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$K_y = 1$$

$$K_z = 1$$

$$L_{cr_y} = K_y \cdot L = 1 \cdot 4418 = 4418 \text{ mm}$$

$$L_{cr_z} = K_z \cdot L = 1 \cdot 4418 = 4418 \text{ mm}$$

Krzywa wyboczenia wokół osi y: *a* Tabela 6.2

$$\rightarrow \alpha_y = 0,21 \text{ Tabela 6.1}$$

Krzywa wyboczenia wokół osi z: *b* Tabela 6.2

$$\rightarrow \alpha_z = 0,34 \text{ Tabela 6.1}$$

$$\lambda_y^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr_y}}} = \sqrt{\frac{3912 \cdot 235}{4,1319 \cdot 10^6}} = 0,47 \quad (6.50)$$

$$\lambda_z^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr_z}}} = \sqrt{\frac{3912 \cdot 235}{3,0114 \cdot 10^5}} = 1,75 \quad (6.50)$$

$$\phi_y = \frac{1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y^* - 0,2) + \lambda_y^{*2}}{2} = \frac{1 + 0,21 \cdot (0,47 - 0,2) + 0,47^2}{2} = 0,6398$$

$$\phi_z = \frac{1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z^* - 0,2) + \lambda_z^{*2}}{2} = \frac{1 + 0,34 \cdot (1,75 - 0,2) + 1,75^2}{2} = 2,2893$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,6398 + \sqrt{0,6398^2 - 0,47^2}}; 1 \right) = 0,93 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{2,2893 + \sqrt{2,2893^2 - 1,75^2}}; 1 \right) = 0,27 \quad (6.49)$$

$$\chi = \min (\chi_y ; \chi_z) = \min (0,93 ; 0,27) = 0,27 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,27 \cdot 3912 \cdot 235}{1} = 2,4392 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.47)$$

$$\eta_{N_b} = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|(-5,9742 \cdot 10^4)|}{2,4392 \cdot 10^5} = 24,5 \% \quad (6.46) \quad \text{spełniony}$$

15. Nośność na zwichrzenie:

EN 1993-1-1: 6.3.2

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

M_{cr} Metoda analizy: AutoMcr

$$M_{cr} = 8,5476 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 85,476 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}{8,5476 \cdot 10^7}} = 1,00$$

Krzywa wyboczenia: b [Tabela 6.5](#)

$\rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$ [Tabela 6.3](#)

$$\phi_{LT} = \frac{1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2}{2} = \frac{1 + 0,34 \cdot (1,00 - 0,4) + 0,75 \cdot 1,00^2}{2} = 0,98$$

$$\chi_{LT} = \min \left(\frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} ; 1 ; \frac{1}{\lambda_{LT}^2} \right) = \min \left(\frac{1}{0,98 + \sqrt{0,98^2 - 0,75 \cdot 1,00^2}} ; 1 ; \frac{1}{1,00^2} \right) = 0,70 \quad (6.57)$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,70 \cdot 3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}{1} = 6,0074 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 60,074 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\eta_{M_b} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|1,0715 \cdot 10^7|}{6,0074 \cdot 10^7} = 17,8 \% \quad (6.54) \quad \text{spełniony}$$

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: **8**

Węzły: **11-12**

Norma: **Eurokod-PL**

Materiał: **S 235**

Przekrój poprzeczny: **IPE 240**

Przypadek obciążenia: **Komb #2 SGU**

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: **1,0**

Klasa przekroju: **1** (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

7. SGU (Stan graniczny użytkowalności)

[EN 1993-1-1: 7.](#), [EN 1990: 3.4, A1.4.](#)

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 4418 = 4418 \text{ mm}$

$$w_x = |w_{x,i} - w_{x,0}| = |(-5,5) - (-3,6815 \cdot 10^{-6})| = 5,5 \text{ mm}$$

$$w_{x,Limit} = \frac{H_{SLS}}{150,0} = \frac{3619}{150,0} = 24 \text{ mm}$$

$$\eta_{w_x} = \frac{w_x}{w_{x,Limit}} = \frac{5,5}{24} = 22,7 \%$$

$$w_y = |w_{y,i} - w_{y,0}| = |(-0,016) - 3,2658 \cdot 10^{-11}| = 0,016 \text{ mm}$$

$$w_{y,Limit} = \frac{H_{SLS}}{150,0} = \frac{3619}{150,0} = 24 \text{ mm}$$

$$\eta_{w_y} = \frac{w_y}{w_{y,Limit}} = \frac{0,016}{24} = 0,1 \%$$

$$\eta_{SLS} = \max(\eta_{w_x}; \eta_{w_y}) = \max(22,7; 0,1) = 22,7 \% \quad \text{spełniony}$$

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: **2**

Węzły: **15-14**

Norma: **Eurokod-PL**

Materiał: **S 235**

Przekrój poprzeczny: **IPE 240**

Przypadek obciążenia: **Komb #1 SGN**

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: **1,0**

Klasa przekroju: **1** (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,481 \cdot L = 0,481 \cdot 6301 = 3030 \text{ mm}$

$$N_{Ed_5} = 3,1755 \cdot 10^4 \text{ N} \quad V_{y,Ed_5} = -287 \text{ N} \quad V_{z,Ed_5} = 141 \text{ N} \quad M_{y,Ed_5} = -1,6529 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = -16,529 \text{ kNm} \quad M_{z,Ed_5} = -3,4012 \cdot 10^4 \text{ Nmm} = -0,034 \text{ kNm} \quad M_{x,Ed_5} = -270 \text{ Nmm} = 0 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \max(\eta_N; \eta_{M_{y,pl}}; \eta_{M_{z,pl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = \max(3,5; 19,2; 0,2; 0,1; 0,1) = 19,2 \% \quad \text{spełniony}$$

2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętne

EN 1993-1-1: 6.3.3

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,481 \cdot L = 0,481 \cdot 6301 = 3030 \text{ mm}$

$$N_{Ed_5} = 3,1755 \cdot 10^4 \text{ N (Pret poddany rozciąganiu)}$$

$$\eta_{NMBuckl} = \eta_{NMV} = 19,2 \% \quad \text{spełniony}$$

3. Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie

ENV 1993-1-1 5.5.3

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,405 \cdot L = 0,405 \cdot 6301 = 2550 \text{ mm}$

$$N_{Ed_1} = 3,1837 \cdot 10^4 \text{ N (Pret poddany rozciąganiu)}$$

$$M_{mod y, Ed} = \max \left(W_y \cdot \left(\frac{M_{y, Ed_1}}{W_y} - 0,8 \cdot \frac{N_{Ed_1}}{A} \right); 0 \right) = \max \left(3,6665 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{(-1,6378 \cdot 10^7)}{3,6665 \cdot 10^5} - 0,8 \cdot \frac{3,1837 \cdot 10^4}{3912} \right); 0 \right) =$$

$$= 1,3991 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \quad (5.50)$$

$$\eta_{NMLTBuckl} = \frac{M_{mod y, Ed}}{M_{b, Rd}} + \frac{M_{z, Ed_1}}{\frac{W_{pl, z} \cdot f_y}{\gamma_{M_1}}} = \frac{1,3991 \cdot 10^7}{8,6162 \cdot 10^7} + \frac{(-1,7176 \cdot 10^5)}{\frac{7,3924 \cdot 10^4 \cdot 235}{1}} = 17,2 \% \quad \text{spełniony}$$

4. Nośność przekroju przv ścinaniu (v):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,866 \cdot L = 0,866 \cdot 6301 = 5455 \text{ mm}$

$$A_{V,y} = 2 \cdot b \cdot t_f = 2352 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{V,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2352 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1} = 3,1911 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed_1} = 5981 \text{ Nmm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left(\sqrt{1 - \frac{\tau_{T,xy,Ed}}{1,25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left(\sqrt{1 - \frac{0,45}{1,25 \cdot \frac{235}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 3,1911 \cdot 10^5 = 3,1869 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.26)$$

$$\eta_{V_y} = \frac{|V_{y,Ed_1}|}{V_{pl,T,Rd,y}} = \frac{|(-467)|}{3,1869 \cdot 10^5} = 0,1 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

5. Nośność środka przy ścinaniu (niestateczność):

EN 1993-1-5: 5.1, 5.2, 5.3, 5.5, Annex A: A.3

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,866 \cdot L = 0,866 \cdot 6301 = 5455 \text{ mm}$

$$a_{max} = 6,3$$

$$\eta_w = 1,2 \quad 5.2 (2) \text{ NOTE 2}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 240 - 2 \cdot 9,8 = 220 \text{ mm}$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{72 \cdot \varepsilon}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 2,5976 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (5.1 (2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed_{12}}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|2,5799 \cdot 10^4|}{2,5976 \cdot 10^5} = 9,9 \% \quad (5.10) \quad \text{spełniony}$$

6. Ścinanie środka-Zginanie-Siła normalna

EN 1993-1-1: 6.2.9; EN 1993-1-5: 7.1

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,481 \cdot L = 0,481 \cdot 6301 = 3030 \text{ mm}$

$$M_{f,Rd} = b \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = 120 \cdot 9,8 \cdot 235 \cdot (240 - 9,8) = 6,3618 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 63,618 \text{ kNm}$$

$$|M_{y,Ed_5}| \leq M_{f,Rd} \rightarrow \eta_{V_{wMN}} = \frac{|M_{y,Ed_5}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-1,6529 \cdot 10^7)|}{8,6162 \cdot 10^7} = 19,2 \% \quad (7.1) \quad \text{spełniony}$$

Wyniki cząstkowe

8. Nośność przekroju przy sile normalnej:

EN 1993-1-1: 6.2.4

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,126 \cdot L = 0,126 \cdot 6301 = 794 \text{ mm}$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3912 \cdot 235}{1} = 9,1926 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.6)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 3912 \cdot 360}{1,1} = 1,1522 \cdot 10^6 \text{ N} \quad (6.7)$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(9,1926 \cdot 10^5; 1,1522 \cdot 10^6) = 9,1926 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{t,Rd}} = \frac{|3,4295 \cdot 10^4|}{9,1926 \cdot 10^5} = 3,7 \% \quad (6.5) \quad \text{spełniony}$$

9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,481 \cdot L = 0,481 \cdot 6301 = 3030 \text{ mm}$

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}{1} = 8,6162 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 86,162 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed5}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-1,6529 \cdot 10^7)|}{8,6162 \cdot 10^7} = 19,2 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,976 \cdot L = 0,976 \cdot 6301 = 6150 \text{ mm}$

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,3924 \cdot 10^4 \cdot 235}{1} = 1,7372 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 17,372 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed11}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|3,0995 \cdot 10^5|}{1,7372 \cdot 10^7} = 1,8 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

11. Nośność przekroju przy ścinaniu (z):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,866 \cdot L = 0,866 \cdot 6301 = 5455 \text{ mm}$

$$A_{V,z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 1915 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{V,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1915 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1} = 2,5976 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed12} = 9223 \text{ Nmm}$$

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left(\sqrt{1 - \frac{\tau_{T,z,Ed}}{1,25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left(\sqrt{1 - \frac{0,44}{1,25 \cdot \frac{235}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 2,5976 \cdot 10^5 = 2,5942 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.26)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|2,5799 \cdot 10^4|}{2,5942 \cdot 10^5} = 9,9 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,481 \cdot L = 0,481 \cdot 6301 = 3030 \text{ mm}$

$V_{z,Ed_s} = 141 \text{ N} \leq V_{pl,Rd,z}/2 = 1,2988 \cdot 10^5 \text{ N} \rightarrow$ Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny. 6.2.8 (2)

$V_{y,Ed_s} = -287 \text{ N} \leq V_{pl,Rd,y}/2 = 1,5956 \cdot 10^5 \text{ N} \rightarrow$ Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny. 6.2.8 (2)

13. Sprawdzenie interakcji zginania z siłą normalną

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,481 \cdot L = 0,481 \cdot 6301 = 3030 \text{ mm}$

$$n = \frac{|N_{Ed_s}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{3,1755 \cdot 10^4}{9,1926 \cdot 10^5} = 3,5 \% \leq 25\%$$

$$|N_{Ed_s}| = 3,1755 \cdot 10^4 \text{ N} \leq N_{lim,y} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{220 \cdot 6,2 \cdot 235}{2 \cdot 1} = 1,6056 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$|N_{Ed_s}| = 3,1755 \cdot 10^4 \text{ N} \leq N_{lim,z} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220 \cdot 6,2 \cdot 235}{1} = 3,2112 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{y,V,Rd} = 8,6162 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 86,162 \text{ kNm}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{z,V,Rd} = 1,7372 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 17,372 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed_s}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{(-1,6529 \cdot 10^7)}{8,6162 \cdot 10^7} = 19,2 \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed_s}}{M_{N,z,Rd}} = \frac{(-3,4012 \cdot 10^4)}{1,7372 \cdot 10^7} = 0,2 \%$$

$$\alpha_{MN} = 2$$

$$\beta_{MN} = \max(5 \cdot n/100; 1) = \max(5 \cdot 3,5/100; 1) = 1$$

$$\eta_{MN,3} = \left(\frac{M_{y,Ed_5}}{M_{N,y,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left(\frac{M_{z,Ed_5}}{M_{N,z,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left(\frac{(-1,6529 \cdot 10^7)}{8,6162 \cdot 10^7} \right)^2 + \left(\frac{(-3,4012 \cdot 10^4)}{1,7372 \cdot 10^7} \right)^1 = 3,9 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max(\eta_{MN,1}; \eta_{MN,2}; \eta_{MN,3}; \eta_N) = \max(19,2; 0,2; 3,9; 3,5) = 19,2 \% \quad \text{spełniony}$$

14. Nośność na wyboczenie:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,481 \cdot L = 0,481 \cdot 6301 = 3030 \text{ mm}$

$$N_{Ed_5} = 3,1755 \cdot 10^4 \text{ N (Pret poddany rozciąganiu)}$$

$$\eta_{N_b} = \eta_N = 3,5 \%$$

15. Nośność na zwichrzenie:

EN 1993-1-1: 6.3.2

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,405 \cdot L = 0,405 \cdot 6301 = 2550 \text{ mm}$

M_{cr} Metoda analizy: AutoMcr

$$M_{cr} = 6,6883 \cdot 10^8 \text{ Nmm} = 668,828 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}{6,6883 \cdot 10^8}} = 0,36$$

Krzywa wyboczenia: b [Tabela 6.5](#)

$$\rightarrow \alpha_{LT} = 0,34 \quad \text{a)} \quad \text{Tabela 6.3}$$

$$\phi_{LT} = \frac{1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2}{2} = \frac{1 + 0,34 \cdot (0,36 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,36^2}{2} = 0,54$$

$$\chi_{LT} = \min \left(\frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}}; 1; \frac{1}{\lambda_{LT}^2} \right) = \min \left(\frac{1}{0,54 + \sqrt{0,54^2 - 0,75 \cdot 0,36^2}}; 1; \frac{1}{0,36^2} \right) = 1,00 \quad (6.57)$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,00 \cdot 3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}{1} = 8,6162 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 86,162 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\eta_{M_b} = \frac{|M_{y,Ed_1}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|(-1,6378 \cdot 10^7)|}{8,6162 \cdot 10^7} = 19,0 \% \quad (6.54) \quad \text{spełniony}$$

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGOWymiarowany element: **2**Węzły: **15-14**Norma: **Eurokod-PL**Materiał: **S 235**Przekrój poprzeczny: **IPE 240**Przypadek obciążenia: **Komb #2 SGU**Wskaźnik dla sił sejsmicznych: **1,0**Klasa przekroju: **1** (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)**7. SGU (Stan graniczny użytkowości)**

EN 1993-1-1: 7., EN 1990: 3.4, A1.4.

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,500 \cdot L = 0,500 \cdot 6301 = 3150 \text{ mm}$

$$e_z = \left| e_{z,i} - e_{i,z} \cdot \left(1 - \frac{x}{L}\right) - e_{j,z} \cdot \frac{x}{L} + u_z \right| = \left| (-3,8) - (-3,9) \cdot \left(1 - \frac{3150}{6301}\right) - 3,7 \cdot \frac{3150}{6301} + 0 \right| = 3,7 \text{ mm}$$

$$e_{z,Limit} = \frac{L}{250,0} = \frac{6301}{250,0} = 25 \text{ mm}$$

$$\eta_{e_z} = \frac{e_z}{e_{z,Limit}} = \frac{3,7}{25} = 14,7 \%$$

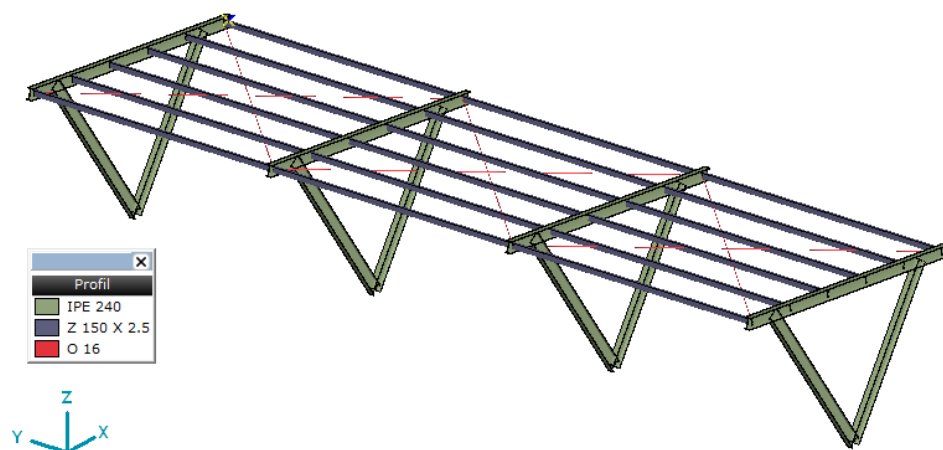
$$\eta_{SLS} = \max(\eta_{e_z}) = \max(14,7) = 14,7 \% \quad \text{spełniony}$$

Stopień wykorzystania elementów konstrukcyjnych (Eurokod-PL) [liniowa, Komb #1 SGN (SGN), Inne elementy liniowe / IPE 240

	Element wymiarowany	Materiał	Profil	Max.		Element wymiarowany	Materiał	Profil	Max.
	1(20-19)	S 235	IPE 240	0,122		8(11-12)	S 235	IPE 240	0,418
	2(15-14)	S 235	IPE 240	0,192		9(6-8)	S 235	IPE 240	0,332
	3(10-9)	S 235	IPE 240	0,192		10(6-7)	S 235	IPE 240	0,418
	4(5-4)	S 235	IPE 240	0,122		11(1-3)	S 235	IPE 240	0,233
	5(16-18)	S 235	IPE 240	0,233		12(1-2)	S 235	IPE 240	0,258
	6(16-17)	S 235	IPE 240	0,258					
	7(11-13)	S 235	IPE 240	0,332		8(11-12)	S 235	IPE 240	0,418

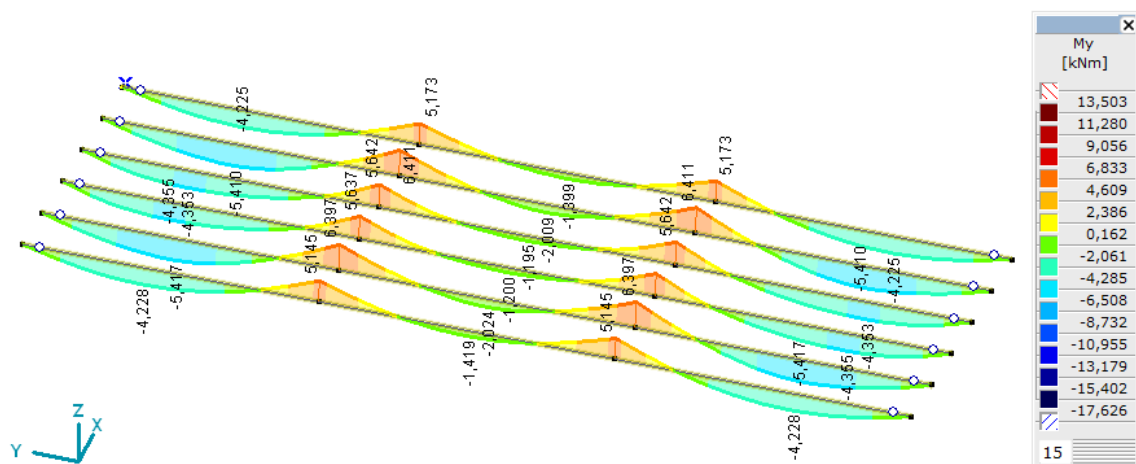
Element wymiarowany: Element wymiarowany (węzły końcowe); Profil: Przekrój poprzeczny; Max.: Wartość maksymalna;

IV. Wyniki obliczeń statycznych – wiata nr 2

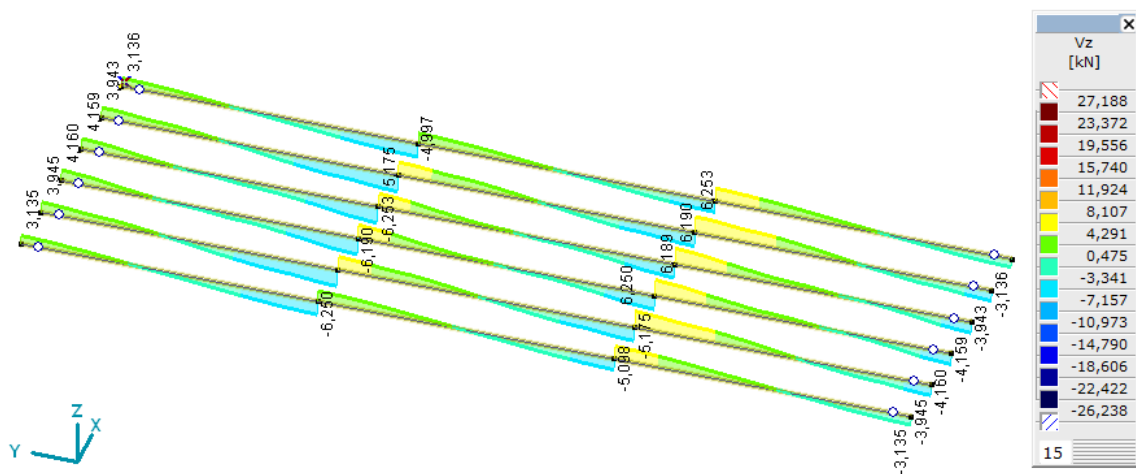


Rys. 9. Widok modelu obliczeniowego

1. Wyniki obliczeń statycznych dla płatwi

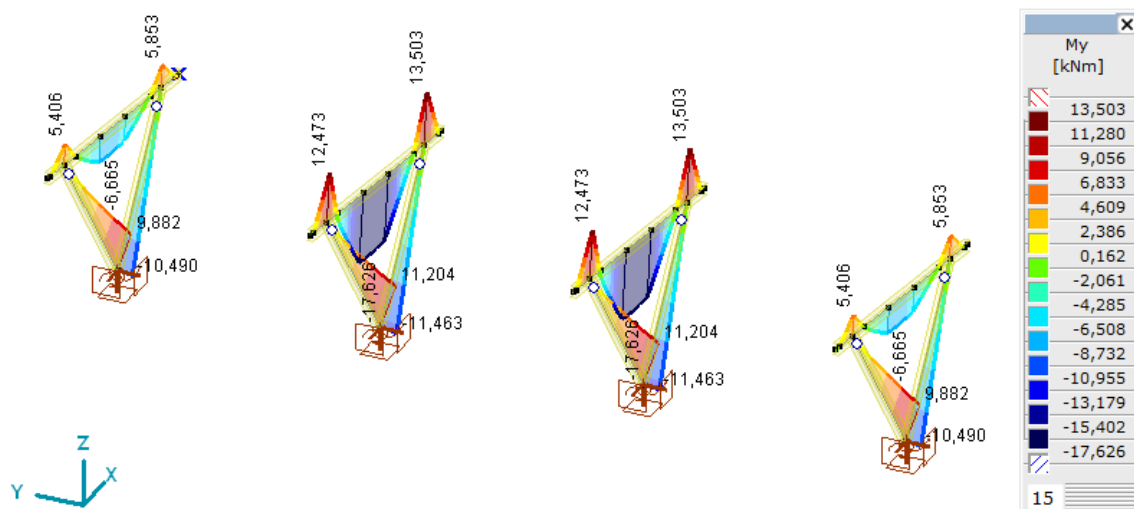


Rys. 10. Wykres momentów zginających M_y

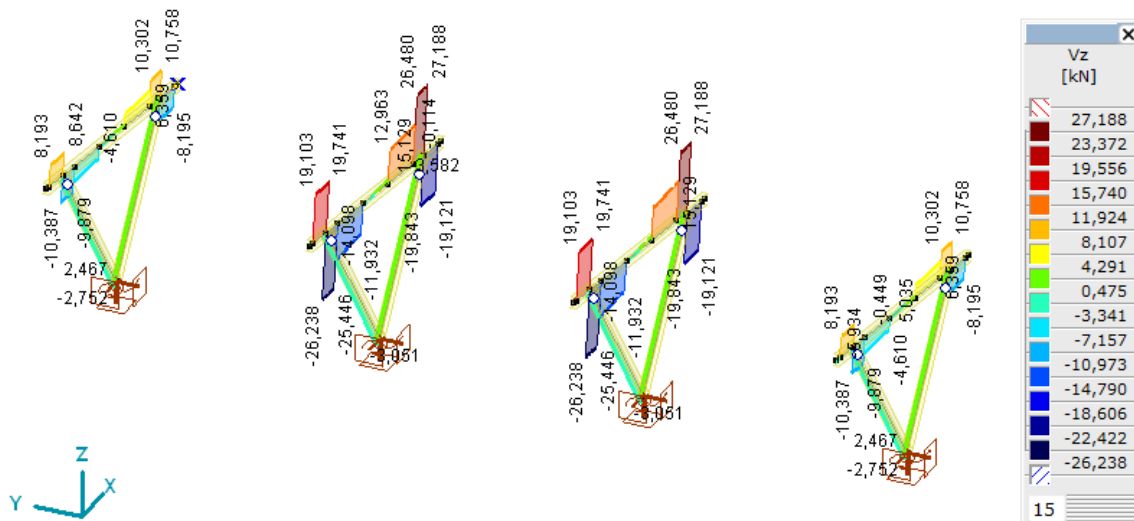


Rys. 11. Wykres sił ścinających V_z

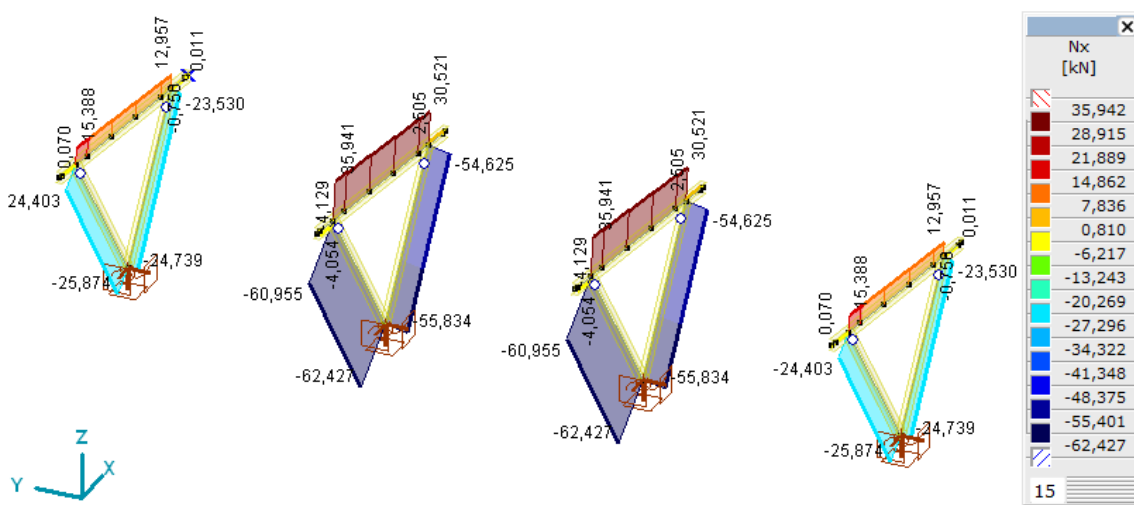
2. Wyniki obliczeń statycznych dla ram głównych



Rys. 12. Wykres momentów zginających M_y



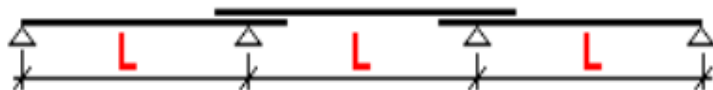
Rys. 13. Wykres sił ścinających V_z



Rys. 14. Wykres sił osiowych N_x

V. Wyniki obliczeń wytrzymałościowych – wiata nr 2

1. Wymiarowanie płatwi



L = 5,550 m

Pokrycie blachą trapezową

Obciążenia:

Przypadek 1: Obciążenie obliczeniowe (typ 1) $Q_d = 2,900 \text{ kN/m}$

Przypadek 2: Obciążenie obliczeniowe (typ 2) $Q_{dN} = 0,000 \text{ kN/m}$ $N = 10,000 \text{ kN}$

Przypadek 3: Ssanie wiatru $w = 1,700 \text{ kN/m}$

Przypadek 4: Obciążenie charakterystyczne (dla ugięcia $L/200$) $q = 1,900 \text{ kN/m}$

Do zadanych obciążeń dodano automatycznie ciężar własny płatwi.



Wyniki:

Płatw Z150x68/60x2.50

Stal S350GD

Ciężar 0,071 kN/m

Wykorzystanie nośności

Przypadek 1 64%

Przypadek 2 nie sprawdzony

Przypadek 3 55%

Przypadek 4 76%

Wymagana liczba tężników w każdym przęśle: 0 (liczba tężników określona przez użytkownika)

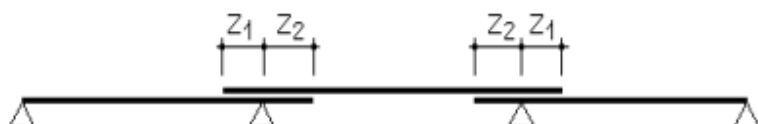
Do zadanych obciążeń dodano automatycznie ciężar własny płatwi.

Minimalna sztywność tarczy usztywniającej: $S \geq 1\,694,0 \text{ kN}$

Długości zakładów:

Z1 = 833 mm

Z2 = 1110 mm



2. Wymiarowanie ram głównych

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: **8**

Węzły: **11-12**

Norma: **Eurokod-PL**

Materiał: **S 235**

Przekrój poprzeczny: **IPE 240**

Przypadek obciążenia: **Komb #1 SGN**

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: **1,0**

Klasa przekroju: **1** (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$N_{Ed_1} = -6,2427 \cdot 10^4 \text{ N} \quad V_{y,Ed_1} = -0,54 \text{ N} \quad V_{z,Ed_1} = -3051 \text{ N} \quad M_{y,Ed_1} = 1,1204 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 11,204 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed_1} = -2400 \text{ Nmm} = -0,002 \text{ kNm} \quad M_{x,Ed_1} = 9380 \text{ Nmm} = 0,009 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \max(\eta_N; \eta_{M_{y,pl}}; \eta_{M_{z,pl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = \max(6,8; 13,0; 0; 1,2; 0) = 13,0 \% \quad \text{spełniony}$$

2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętnie

EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B: Method 2

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$C_{my} = \max(0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{my}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{my}) = \max(0,95 + 0,05 \cdot 1, 0,9 + 0,1 \cdot 1) = 1 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$C_{mz} = \max(0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{mz}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{mz}) = \max(0,95 + 0,05 \cdot 1, 0,9 + 0,1 \cdot 1) = 1 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$f_{yy} = \min(\lambda_y \cdot \alpha_y - 0,2; 0,8) = \min(0,47 - 0,2; 0,8) = 0,272$$

$$f_{zz} = \min(2 \cdot \lambda_z \cdot \alpha_z - 0,6; 1,4) = \min(2 \cdot 1,75 - 0,6; 1,4) = 1,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + f_{yy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed_1}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M_1}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 0,272 \cdot \frac{\frac{|(-6,2427 \cdot 10^4)|}{0,93 \cdot 9,1926 \cdot 10^5}}{1} \right) = 1,02$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,02 = 0,612 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,358 = 0,815$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + f_{zz} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed_1}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M_1}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{\frac{|(-6,2427 \cdot 10^4)|}{0,27 \cdot 9,1926 \cdot 10^5}}{1} \right) = 1,358 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = 0,93 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = 0,27 \quad (6.49)$$

$$\eta_{NMBuckl_1} = \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_y \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed1}|}{W_{ply} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed1}|}{W_{plz} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{\frac{|(-6,2427 \cdot 10^4)|}{0,93 \cdot 3912 \cdot 235}}{1} + 1,02 \cdot \frac{\frac{|1,1204 \cdot 10^7|}{3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}}{1} + 0,815 \cdot \frac{\frac{|(-2400)|}{7,3924 \cdot 10^4 \cdot 235}}{1} = 20,6 \% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMBuckl_2} = \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed1}|}{W_{ply} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed1}|}{W_{plz} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{\frac{|(-6,2427 \cdot 10^4)|}{0,27 \cdot 3912 \cdot 235}}{1} + 0,612 \cdot \frac{\frac{|1,1204 \cdot 10^7|}{3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}}{1} + 1,358 \cdot \frac{\frac{|(-2400)|}{7,3924 \cdot 10^4 \cdot 235}}{1} = 33,6 \% \quad (6.62)$$

$$\eta_{NMBuckl} = 33,6 \% \quad \text{spełniony}$$

3. Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie

EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B: Method 2

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$C_{my} = \max (0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{my}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{my}) = \max (0,95 + 0,05 \cdot 1,0,9 + 0,1 \cdot 1) = 1 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$C_{mz} = \max (0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{mz}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{mz}) = \max (0,95 + 0,05 \cdot 1,0,9 + 0,1 \cdot 1) = 1 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$C_{mLT} = \max (0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{mLT}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{mLT}) = \max (0,95 + 0,05 \cdot 1,0,9 + 0,1 \cdot 1) = 1 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$f_{yy} = \min (\lambda_y^* - 0,2; 0,8) = \min (0,47 - 0,2; 0,8) = 0,272$$

$$f_{zy} = \min \left(\frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25}; \frac{0,1 \cdot \lambda_z^*}{C_{mLT} - 0,25} \right) = \min \left(\frac{0,1}{1 - 0,25}; \frac{0,1 \cdot 1,75}{1 - 0,25} \right) = 0,133$$

$$f_{zz} = \min (2 \cdot \lambda_z^* - 0,6; 1,4) = \min (2 \cdot 1,75 - 0,6; 1,4) = 1,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + f_{yy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 0,272 \cdot \frac{\frac{|(-6,2427 \cdot 10^4)|}{0,93 \cdot 9,1926 \cdot 10^5}}{1} \right) = 1,02$$

$$k_{zy} = 1 - f_{zy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} = 1 - 0,133 \cdot \frac{\frac{|(-6,2427 \cdot 10^4)|}{0,27 \cdot 9,1926 \cdot 10^5}}{1} = 0,966 \quad \text{Tabela Annex B.1, B.2}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,358 = 0,815$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + f_{zz} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{\frac{|(-6,2427 \cdot 10^4)|}{0,27 \cdot 9,1926 \cdot 10^5}}{1} \right) = 1,358 \quad \text{Tabela Annex B.1, B.2}$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = 0,93 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = 0,27 \quad (6.49)$$

$$\chi_{LT} = \min \left(\frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}}; 1; \frac{1}{\lambda_{LT}^2} \right) = 0,70 \quad (6.56)$$

$$\eta_{NMLTBuckl_1} = \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_y \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed1}|}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed1}|}{W_{pl,z} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{\frac{|(-6,2427 \cdot 10^4)|}{0,93 \cdot 3912 \cdot 235}}{1} + 1,02 \cdot \frac{\frac{|1,1204 \cdot 10^7|}{0,70 \cdot 3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}}{1} + 0,815 \cdot \frac{\frac{|(-2400)|}{7,3924 \cdot 10^4 \cdot 235}}{1} = 26,3 \% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMLTBuckl_2} = \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed1}|}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed1}|}{W_{pl,z} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{\frac{|(-6,2427 \cdot 10^4)|}{0,27 \cdot 3912 \cdot 235}}{1} + 0,966 \cdot \frac{\frac{|1,1204 \cdot 10^7|}{0,70 \cdot 3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}}{1} + 1,358 \cdot \frac{\frac{|(-2400)|}{7,3924 \cdot 10^4 \cdot 235}}{1} = 43,7 \% \quad (6.62)$$

$$\eta_{NMLTBuckl} = 43,7 \% \quad \text{spełniony}$$

4. Nośność przekroju przy ścinaniu (y):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$A_{V_y} = 2 \cdot b \cdot t_f = 2352 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{V_y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2352 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1} = 3,1911 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed_1} = 9380 \text{ Nmm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left(\sqrt{1 - \frac{\tau_{T,xy,Ed}}{1,25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left(\sqrt{1 - \frac{0,71}{1,25 \cdot \frac{235}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 3,1911 \cdot 10^5 = 3,1845 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.26)$$

$$\eta_{V_y} = \frac{|V_{y,Ed_1}|}{V_{pl,T,Rd,y}} = \frac{|(-0,54)|}{3,1845 \cdot 10^5} = 0 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

5. Nośność środnika przy ścinaniu (niestateczność):

EN 1993-1-5: 5.1, 5.2, 5.3, 5.5, Annex A: A.3

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$a_{max} = 4,42$$

$$\eta_w = 1,2 \quad 5.2 (2) \text{ NOTE 2}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 240 - 2 \cdot 9,8 = 220 \text{ mm}$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{72 \cdot \varepsilon}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 2,5976 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (5.1 (2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed_1}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|(-3051)|}{2,5976 \cdot 10^5} = 1,2 \% \quad (5.10) \quad \text{spełniony}$$

6. Ścinanie środnika-Zginanie-Siła normalna

EN 1993-1-1: 6.2.9; EN 1993-1-5: 7.1

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$M_{f,Rd} = b \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = 120 \cdot 9,8 \cdot 235 \cdot (240 - 9,8) = 6,3618 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 63,618 \text{ kNm}$$

$$\left| M_{y,Ed_1} \right| \leq M_{f,Rd} \rightarrow \eta_{V_wMN} = \frac{|M_{y,Ed_1}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|1,1204 \cdot 10^7|}{8,6162 \cdot 10^7} = 13,0 \% \quad (7.1) \quad \text{spełniony}$$

Wyniki częściowe

8. Nośność przekroju przy sile normalnej:

EN 1993-1-1: 6.2.4

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3912 \cdot 235}{1} = 9,1926 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.10)$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|(-6,2427 \cdot 10^4)|}{9,1926 \cdot 10^5} = 6,8 \% \quad (6.9) \quad \text{spełniony}$$

9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}{1} = 8,6162 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 86,162 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed1}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|1,1204 \cdot 10^7|}{8,6162 \cdot 10^7} = 13,0 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,3924 \cdot 10^4 \cdot 235}{1} = 1,7372 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 17,372 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed1}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|(-2400)|}{1,7372 \cdot 10^7} = 0 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

11. Nośność przekroju przy ścinaniu (z):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$A_{V,z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 1915 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{V,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1915 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1} = 2,5976 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed1} = 9380 \text{ Nmm}$$

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left(\sqrt{1 - \frac{\tau_{T,xz,Ed}}{1,25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left(\sqrt{1 - \frac{0,45}{1,25 \cdot \frac{235}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 2,5976 \cdot 10^5 = 2,5941 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.26)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{z,Ed_1}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|(-3051)|}{2,5941 \cdot 10^5} = 1,2 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$V_{z,Ed_1} = -3051 \text{ N} \leq V_{pl,Rd,z}/2 = 1,2988 \cdot 10^5 \text{ N} \rightarrow$ Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.

6.2.8 (2)

$V_{y,Ed_1} = -0,54 \text{ N} \leq V_{pl,Rd,y}/2 = 1,5956 \cdot 10^5 \text{ N} \rightarrow$ Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.

6.2.8 (2)

13. Sprawdzenie interakcji zginania z siłą normalną

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0 \text{ mm}$

$$n = \frac{|N_{Ed_1}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{6,2427 \cdot 10^4}{9,1926 \cdot 10^5} = 6,8 \% \leq 25\%$$

$$|N_{Ed_1}| = 6,2427 \cdot 10^4 \text{ N} \leq N_{lim,y} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{220 \cdot 6,2 \cdot 235}{2 \cdot 1} = 1,6056 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$|N_{Ed_1}| = 6,2427 \cdot 10^4 \text{ N} \leq N_{lim,z} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220 \cdot 6,2 \cdot 235}{1} = 3,2112 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{y,V,Rd} = 8,6162 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 86,162 \text{ kNm}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{z,V,Rd} = 1,7372 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 17,372 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed_1}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{1,1204 \cdot 10^7}{8,6162 \cdot 10^7} = 13,0 \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed_1}}{M_{N,z,Rd}} = \frac{(-2400)}{1,7372 \cdot 10^7} = 0 \%$$

$$\alpha_{MN} = 2$$

$$\beta_{MN} = \max(5 \cdot n / 100 ; 1) = \max(5 \cdot 6,8 / 100 ; 1) = 1$$

$$\eta_{MN,3} = \left(\frac{M_{y,Ed_1}}{M_{N,y,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left(\frac{M_{z,Ed_1}}{M_{N,z,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left(\frac{1,1204 \cdot 10^7}{8,6162 \cdot 10^7} \right)^2 + \left(\frac{(-2400)}{1,7372 \cdot 10^7} \right)^1 = 1,7 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max(\eta_{MN,1} ; \eta_{MN,2} ; \eta_{MN,3} ; \eta_N) = \max(13,0 ; 0 ; 1,7 ; 6,8) = 13,0 \% \quad \text{spełniony}$$

14. Nośność na wyboczenie:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0$ mm

$$K_y = 1$$

$$K_z = 1$$

$$L_{cr_y} = K_y \cdot L = 1 \cdot 4418 = 4418 \text{ mm}$$

$$L_{cr_z} = K_z \cdot L = 1 \cdot 4418 = 4418 \text{ mm}$$

Krzywa wyboczenia wokół osi y: a Tabela 6.2

$$\rightarrow \alpha_y = 0,21 \text{ Tabela 6.1}$$

Krzywa wyboczenia wokół osi z: b Tabela 6.2

$$\rightarrow \alpha_z = 0,34 \text{ Tabela 6.1}$$

$$\lambda_y^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr_y}}} = \sqrt{\frac{3912 \cdot 235}{4,1319 \cdot 10^6}} = 0,47 \quad (6.50)$$

$$\lambda_z^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr_z}}} = \sqrt{\frac{3912 \cdot 235}{3,0114 \cdot 10^5}} = 1,75 \quad (6.50)$$

$$\phi_y = \frac{1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y^* - 0,2) + \lambda_y^{*2}}{2} = \frac{1 + 0,21 \cdot (0,47 - 0,2) + 0,47^2}{2} = 0,6398$$

$$\phi_z = \frac{1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z^* - 0,2) + \lambda_z^{*2}}{2} = \frac{1 + 0,34 \cdot (1,75 - 0,2) + 1,75^2}{2} = 2,2893$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,6398 + \sqrt{0,6398^2 - 0,47^2}}; 1 \right) = 0,93 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{2,2893 + \sqrt{2,2893^2 - 1,75^2}}; 1 \right) = 0,27 \quad (6.49)$$

$$\chi = \min (\chi_y ; \chi_z) = \min (0,93 ; 0,27) = 0,27 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,27 \cdot 3912 \cdot 235}{1} = 2,4392 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.47)$$

$$\eta_{N_b} = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|(-6,2427 \cdot 10^4)|}{2,4392 \cdot 10^5} = 25,6 \% \quad (6.46) \quad \text{spełniony}$$

15. Nośność na zwichrzenie:

EN 1993-1-1: 6.3.2

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 4418 = 0$ mm M_{cr} Metoda analizy: AutoMcr

$$M_{cr} = 8,5106 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 85,106 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}{8,5106 \cdot 10^7}} = 1,01$$

Krzywa wyboczenia: *b* [Tabela 6.5](#)

$$\rightarrow \alpha_{LT} = 0,34 \quad \text{[Tabela 6.3](#)}$$

$$\phi_{LT} = \frac{1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2}{2} = \frac{1 + 0,34 \cdot (1,01 - 0,4) + 0,75 \cdot 1,01^2}{2} = 0,98$$

$$\chi_{LT} = \min \left(\frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} ; 1 ; \frac{1}{\lambda_{LT}^2} \right) = \min \left(\frac{1}{0,98 + \sqrt{0,98^2 - 0,75 \cdot 1,01^2}} ; 1 ; \frac{1}{1,01^2} \right) = 0,70 \quad (6.57)$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,70 \cdot 3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}{1} = 5,9959 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 59,959 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\eta_{M_b} = \frac{|M_{y,Ed1}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|1,1204 \cdot 10^7|}{5,9959 \cdot 10^7} = 18,7 \% \quad (6.54) \quad \text{spełniony}$$

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: **8**

Węzły: **11-12**

Norma: **Eurokod-PL**

Materiał: **S 235**

Przekrój poprzeczny: **IPE 240**

Przypadek obciążenia: **Komb #2 SGU**

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: **1,0**

Klasa przekroju: **1** (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

7. SGU (Stan graniczny użytkowości)

[EN 1993-1-1: 7.](#), [EN 1990: 3.4, A1.4.](#)

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 4418 = 4418 \text{ mm}$

$$w_x = |w_{x,i} - w_{x,0}| = |(-5,7) - (-3,8465 \cdot 10^{-6})| = 5,7 \text{ mm}$$

$$w_{x,Limit} = \frac{H_{SLS}}{150,0} = \frac{3619}{150,0} = 24 \text{ mm}$$

$$\eta_{w_x} = \frac{w_x}{w_{x,Limit}} = \frac{5,7}{24} = 23,8 \%$$

$$w_y = |w_{y,i} - w_{y,0}| = |(-0,018) - 3,6106 \cdot 10^{-11}| = 0,018 \text{ mm}$$

$$w_{y,Limit} = \frac{H_{SLS}}{150,0} = \frac{3619}{150,0} = 24 \text{ mm}$$

$$\eta_{w_y} = \frac{w_y}{w_{y,Limit}} = \frac{0,018}{24} = 0,1 \%$$

$$\eta_{SLS} = \max(\eta_{w_x} ; \eta_{w_y}) = \max(23,8 ; 0,1) = 23,8 \% \quad \text{spełniony}$$

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGOWymiarowany element: **2**Węzły: **15-14**Norma: **Eurokod-PL**Materiał: **S 235**Przekrój poprzeczny: **IPE 240**Przypadek obciążenia: **Komb #1 SGN**Wskaźnik dla sił sejsmicznych: **1,0**Klasa przekroju: **1** (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)**1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie**

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,462 \cdot L = 0,462 \cdot 6301 = 2910 \text{ mm}$

$$N_{Ed_4} = 3,3295 \cdot 10^4 \text{ N} \quad V_{y,Ed_4} = -319 \text{ N} \quad V_{z,Ed_4} = -120 \text{ N} \quad M_{y,Ed_4} = -1,7626 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = -17,626 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed_4} = -7,6235 \cdot 10^4 \text{ Nmm} = -0,076 \text{ kNm} \quad M_{x,Ed_4} = -285 \text{ Nmm} = 0 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \max(\eta_N; \eta_{M_{y,pl}}; \eta_{M_{z,pl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = \max(3,6; 20,5; 0,4; 0; 0,1) = 20,5 \% \quad \text{spełniony}$$

2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętkie

EN 1993-1-1: 6.3.3

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,462 \cdot L = 0,462 \cdot 6301 = 2910 \text{ mm}$

$$N_{Ed_4} = 3,3295 \cdot 10^4 \text{ N (Pret poddany rozciąganiu)}$$

$$\eta_{NMBuckl} = \eta_{NMV} = 20,5 \% \quad \text{spełniony}$$

3. Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie

ENV 1993-1-1 5.5.3

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,405 \cdot L = 0,405 \cdot 6301 = 2550 \text{ mm}$

$$N_{Ed_1} = 3,3346 \cdot 10^4 \text{ N (Pret poddany rozciąganiu)}$$

$$M_{mody,Ed} = \max \left(W_y \cdot \left(\frac{M_{y,Ed_1}}{W_y} - 0,8 \cdot \frac{N_{Ed_1}}{A} \right); 0 \right) = \max \left(3,6665 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{(-1,7484 \cdot 10^7)}{3,6665 \cdot 10^5} - 0,8 \cdot \frac{3,3346 \cdot 10^4}{3912} \right); 0 \right) =$$

$$= 1,4983 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \quad (5.50)$$

$$\eta_{NMLTBuckl} = \frac{M_{mody,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed_1}}{\frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = \frac{1,4983 \cdot 10^7}{8,6162 \cdot 10^7} + \frac{(-1,9122 \cdot 10^5)}{\frac{7,3924 \cdot 10^4 \cdot 235}{1}} = 18,5 \% \quad \text{spełniony}$$

4. Nośność przekroju przy ścinaniu (y):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,866 \cdot L = 0,866 \cdot 6301 = 5455 \text{ mm}$

$$A_{V,y} = 2 \cdot b \cdot t_f = 2352 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{V,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2352 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1} = 3,1911 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed_1} = 7504 \text{ Nmm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left(\sqrt{1 - \frac{\tau_{T,xy,Ed}}{1,25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left(\sqrt{1 - \frac{0,57}{1,25 \cdot \frac{235}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 3,1911 \cdot 10^5 = 3,1858 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.26)$$

$$\eta_{V_y} = \frac{|V_{y,Ed_1}|}{V_{pl,T,Rd,y}} = \frac{|(-515)|}{3,1858 \cdot 10^5} = 0,2 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

5. Nośność środka przy ścinaniu (niestateczność):

EN 1993-1-5: 5.1, 5.2, 5.3, 5.5, Annex A: A.3

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,866 \cdot L = 0,866 \cdot 6301 = 5455 \text{ mm}$

$$a_{max} = 6,3$$

$$\eta_w = 1,2 \quad 5.2 (2) \text{ NOTE 2}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 240 - 2 \cdot 9,8 = 220 \text{ mm}$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{72 \cdot \varepsilon}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 2,5976 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (5.1 (2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed_{12}}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|2,7188 \cdot 10^4|}{2,5976 \cdot 10^5} = 10,5 \% \quad (5.10) \quad \text{spełniony}$$

6. Ścinanie środka-Zginanie-Siła normalna

EN 1993-1-1: 6.2.9; EN 1993-1-5: 7.1

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,462 \cdot L = 0,462 \cdot 6301 = 2910 \text{ mm}$

$$M_{f,Rd} = b \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = 120 \cdot 9,8 \cdot 235 \cdot (240 - 9,8) = 6,3618 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 63,618 \text{ kNm}$$

$$|M_{y,Ed_4}| \leq M_{f,Rd} \rightarrow \eta_{V_wMN} = \frac{|M_{y,Ed_4}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-1,7626 \cdot 10^7)|}{8,6162 \cdot 10^7} = 20,5 \% \quad (7.1) \quad \text{spełniony}$$

Wyniki cząstkowe

8. Nośność przekroju przy sile normalnej:

EN 1993-1-1: 6.2.4

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,126 \cdot L = 0,126 \cdot 6301 = 794 \text{ mm}$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3912 \cdot 235}{1} = 9,1926 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.6)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 3912 \cdot 360}{1,1} = 1,1522 \cdot 10^6 \text{ N} \quad (6.7)$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(9,1926 \cdot 10^5; 1,1522 \cdot 10^6) = 9,1926 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{t,Rd}} = \frac{|3,5941 \cdot 10^4|}{9,1926 \cdot 10^5} = 3,9 \% \quad (6.5) \quad \text{spełniony}$$

9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,462 \cdot L = 0,462 \cdot 6301 = 2910 \text{ mm}$

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}{1} = 8,6162 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 86,162 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed4}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-1,7626 \cdot 10^7)|}{8,6162 \cdot 10^7} = 20,5 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,976 \cdot L = 0,976 \cdot 6301 = 6150 \text{ mm}$

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,3924 \cdot 10^4 \cdot 235}{1} = 1,7372 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 17,372 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed11}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|3,4126 \cdot 10^5|}{1,7372 \cdot 10^7} = 2,0 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

11. Nośność przekroju przy ścinaniu (z):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,866 \cdot L = 0,866 \cdot 6301 = 5455 \text{ mm}$

$$A_{V,z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 1915 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{V,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1915 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1} = 2,5976 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed_{12}} = 1,1251 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left(\sqrt{1 - \frac{\tau_{T,z,Ed}}{1,25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left(\sqrt{1 - \frac{0,54}{1,25 \cdot \frac{235}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 2,5976 \cdot 10^5 = 2,5934 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (6.26)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{z,Ed_{12}}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|2,7188 \cdot 10^4|}{2,5934 \cdot 10^5} = 10,5 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,462 \cdot L = 0,462 \cdot 6301 = 2910 \text{ mm}$

$V_{z,Ed_4} = -120 \text{ N} \leq V_{pl,Rd,z}/2 = 1,2988 \cdot 10^5 \text{ N} \rightarrow$ Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.

6.2.8 (2)

$V_{y,Ed_4} = -319 \text{ N} \leq V_{pl,Rd,y}/2 = 1,5956 \cdot 10^5 \text{ N} \rightarrow$ Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.

6.2.8 (2)

13. Sprawdzenie interakcji zginania z siłą normalną

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,462 \cdot L = 0,462 \cdot 6301 = 2910 \text{ mm}$

$$n = \frac{|N_{Ed_4}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{3,3295 \cdot 10^4}{9,1926 \cdot 10^5} = 3,6 \% \leq 25\%$$

$$|N_{Ed_4}| = 3,3295 \cdot 10^4 \text{ N} \leq N_{lim,y} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{220 \cdot 6,2 \cdot 235}{2 \cdot 1} = 1,6056 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$|N_{Ed_4}| = 3,3295 \cdot 10^4 \text{ N} \leq N_{lim,z} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220 \cdot 6,2 \cdot 235}{1} = 3,2112 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$M_{N_y,Rd} = M_{y,V,Rd} = 8,6162 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 86,162 \text{ kNm}$$

$$M_{N_z,Rd} = M_{z,V,Rd} = 1,7372 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 17,372 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed_4}}{M_{N_y,Rd}} = \frac{(-1,7626 \cdot 10^7)}{8,6162 \cdot 10^7} = 20,5 \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed_4}}{M_{N_z,Rd}} = \frac{(-7,6235 \cdot 10^4)}{1,7372 \cdot 10^7} = 0,4 \%$$

$$\alpha_{MN} = 2$$

$$\beta_{MN} = \max(5 \cdot n / 100 ; 1) = \max(5 \cdot 3,6 / 100 ; 1) = 1$$

$$\eta_{MN,3} = \left(\frac{M_{y,Ed_4}}{M_{N,y,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left(\frac{M_{z,Ed_4}}{M_{N,z,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left(\frac{(-1,7626 \cdot 10^7)}{8,6162 \cdot 10^7} \right)^2 + \left(\frac{(-7,6235 \cdot 10^4)}{1,7372 \cdot 10^7} \right)^1 = 4,6 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max(\eta_{MN,1}; \eta_{MN,2}; \eta_{MN,3}; \eta_N) = \max(20,5; 0,4; 4,6; 3,6) = 20,5 \% \quad \text{spełniony}$$

14. Nośność na wyboczenie:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,462 \cdot L = 0,462 \cdot 6301 = 2910 \text{ mm}$

$$N_{Ed_4} = 3,3295 \cdot 10^4 \text{ N (Pret poddany rozciąganiu)}$$

$$\eta_{N_b} = \eta_N = 3,6 \%$$

15. Nośność na zwichrzenie:

EN 1993-1-1: 6.3.2

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,405 \cdot L = 0,405 \cdot 6301 = 2550 \text{ mm}$

M_{cr} Metoda analizy: AutoMcr

$$M_{cr} = 6,636 \cdot 10^8 \text{ Nmm} = 663,601 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}{6,636 \cdot 10^8}} = 0,36$$

Krzywa wyboczenia: b Tabela 6.5

$$\rightarrow \alpha_{LT} = 0,34 \quad \text{Tabela 6.3}$$

$$\phi_{LT} = \frac{1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2}{2} = \frac{1 + 0,34 \cdot (0,36 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,36^2}{2} = 0,54$$

$$\chi_{LT} = \min \left(\frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}}; 1; \frac{1}{\lambda_{LT}^2} \right) = \min \left(\frac{1}{0,54 + \sqrt{0,54^2 - 0,75 \cdot 0,36^2}}; 1; \frac{1}{0,36^2} \right) = 1,00 \quad (6.57)$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,00 \cdot 3,6665 \cdot 10^5 \cdot 235}{1} = 8,6162 \cdot 10^7 \text{ Nmm} = 86,162 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\eta_{M_b} = \frac{|M_{y,Ed_1}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|(-1,7484 \cdot 10^7)|}{8,6162 \cdot 10^7} = 20,3 \% \quad (6.54) \quad \text{spełniony}$$

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGOWymiarowany element: **2**Węzły: **15-14**Norma: **Eurokod-PL**Materiał: **S 235**Przekrój poprzeczny: **IPE 240**Przypadek obciążenia: **Komb #2 SGU**Wskaźnik dla sił sejsmicznych: **1,0**Klasa przekroju: **1** (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)**7. SGU (Stan graniczny użytkowości)**

EN 1993-1-1: 7., EN 1990: 3.4, A1.4.

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,500 \cdot L = 0,500 \cdot 6301 = 3150 \text{ mm}$

$$e_z = \left| e_{z,i} - e_{i,z} \cdot \left(1 - \frac{x}{L}\right) - e_{j,z} \cdot \frac{x}{L} + u_z \right| = \left| (-4) - (-4) \cdot \left(1 - \frac{3150}{6301}\right) - 3,9 \cdot \frac{3150}{6301} + 0 \right| = 4 \text{ mm}$$

$$e_{z,Limit} = \frac{L}{250,0} = \frac{6301}{250,0} = 25 \text{ mm}$$

$$\eta_{e_z} = \frac{e_z}{e_{z,Limit}} = \frac{4}{25} = 15,9 \%$$

$$\eta_{SLS} = \max(\eta_{e_z}) = \max(15,9) = 15,9 \% \quad \text{spełniony}$$

Stożek wykorzystania elementów konstrukcyjnych (Eurokod-PL) [liniowa, Komb #1 SGN (SGN), IPE 240]

	Element wymiarowany	Materiał	Profil	Max.		Element wymiarowany	Materiał	Profil	Max.
	1(20-19)	S 235	IPE 240	0,127		8(11-12)	S 235	IPE 240	0,437
	2(15-14)	S 235	IPE 240	0,205		9(6-8)	S 235	IPE 240	0,347
	3(10-9)	S 235	IPE 240	0,205		10(6-7)	S 235	IPE 240	0,437
	4(5-4)	S 235	IPE 240	0,127		11(1-3)	S 235	IPE 240	0,242
	5(16-18)	S 235	IPE 240	0,242		12(1-2)	S 235	IPE 240	0,268
	6(16-17)	S 235	IPE 240	0,268					
	7(11-13)	S 235	IPE 240	0,347		8(11-12)	S 235	IPE 240	0,437

Element wymiarowany: Element wymiarowany (węzły końcowe); Profil: Przekrój poprzeczny; Max.: Wartość maksymalna;