

OBLICZENIA STATYCZNE

1. Wstęp

Przedmiotem obliczeń statycznych jest projekt budowlany budowy wiaty magazynowej - wiaty na sól drogową, przy ul. Krzywej, obręb 0004 Skoczów, działka nr 2/22.

Inwestorem zamierzenia jest Miejski Zarząd Dróg w Skoczowie, 43-430 Skoczów, ul. Mickiewicza 14.

1.1 Podstawa opracowania.

- PN-EN 1990:2004 Eurokod -- Podstawy projektowania konstrukcji
- PN-EN 1991-1-1:2004 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje -- Część 1-1: Oddziaływania ogólne -- Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
- PN-EN 1991-1-3:2005 Eurokod 1 -- Oddziaływania na konstrukcje -- Część 1-3: Oddziaływania ogólne -- Obciążenie śniegiem
- PN-EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje -- Część 1-4: Oddziaływania ogólne -- Oddziaływania wiatru
- PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu -- Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- PN-EN 1993-1-1:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych -- Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- PN-EN 1993-1-8:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-8: Projektowanie węzłów
- PN-EN 1090-1+A1:2012 - Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych. Część 1. Zasady oceny zgodności elementów konstrukcyjnych.
- PN-EN 1090-2+A1:2012 - Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych. Część 2. Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych.
- W.Bogucki, M.Żybertowicz-Tablice do projektowania konstrukcji metalowych. Wydanie siódme

1.2 Zakres opracowania.

Zakres niniejsze opracowania obejmuje obliczenia statyczne konstrukcji oraz opis techniczny elementów konstrukcyjnych dla budowy wiaty magazynowej.

1.3 Opis ogólny proj. wiaty

Projektowana wiatą będzie pełnić funkcję magazynową – zadaszenie miejsca do składowania soli drogowej.

Wiatę zaprojektowano jako jednonawową w konstrukcji stalowej słupowo-dźwigarowej z dwuspadowym spadowym dachem o kącie pochylenia 3 stopni.

Poszycie połaci dachowej stanowić będzie blacha trapezowa mocowana do górnych pasów dźwigarów dachowych za pomocą gwoździ wstrzeliwanych.

1.4 Założenia obliczeniowe

Strefa obciążeń:	- wiatrem	III strefa 298 m npm
	- śniegiem	III strefa 298 m npm

Obciążenie technologiczne: - 10kg/m²

Zwiększenie obciążeń technologicznych na dachu i stropie powyżej przyjętych do obliczeń jest niedopuszczalne.

Niedopuszczalne jest rozmieszczanie ciągów technologicznych powodujących obciążenia ram w sposób nie przewidziany w założeniach zawartych w niniejszym projekcie. Obciążenie przyjęto jako równomiernie rozłożone na powierzchni całego dachu – instalacje należy podwieszać poprzez uchwyty systemowe do blachy trapezowej zgodnie z wytycznymi producenta bądź do konstrukcji stalowej dachu po wcześniejszym uzgodnieniu lokalizacji oraz sposobu montażu.

Materiały konstrukcyjne

Beton konstrukcyjny

B20, B30

Stal zbrojeniowa

AIII

gat. RB400

FI

Stal profilowa

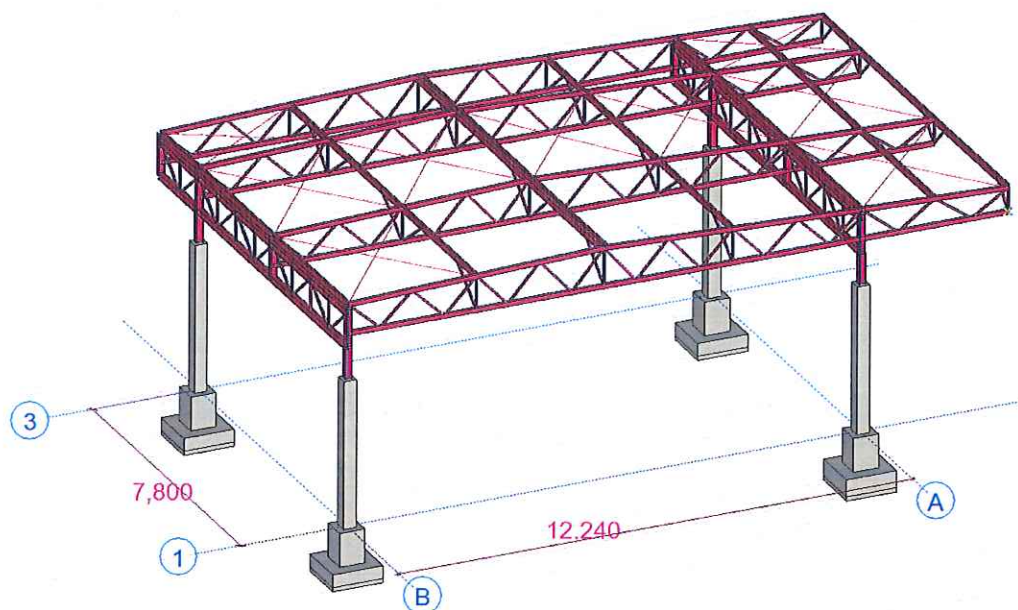
S235

1.5 Założenia konstrukcyjne.

Wiatę zaprojektowano jako jednonawową w konstrukcji stalowej słupowo-dźwigarowej z dwuspadowym spadowym dachem o kącie pochylenia 3 stopni. Konstrukcję stalową dachu stanowią kratowe dźwigary dachowe rozpiętości 12,24m+3,50m i osiowym rozstawie co 3,9m i 2,0m. Dźwigary kratowe bezpośrednio, przegubowo oparte na proj słupach stalowych oraz pośrednio na projektowanych podciągach stalowych. Dolne pasy dźwigarów dachowych są połączone przegubowo oraz przesuwnie wzdłuż ich profili. Górny pas kratownicy zaprojektowano rury kwadratowej RK100x4 w gatunku S235, dolny pas z rury kwadratowej RK100x4 w gatunku S235, krzyżulce natomiast z RK 50x4, RK 80x4 w gatunku S235.

Płatwie do oparcie obudowy dachu zaprojektowano z profili IPE140 w osiowym rozstawie ~3.00m i ~1,75m, ogólną stateczność szkieletu nośnego zapewniają stężenia dachowe wykonane z prętów stalowych fi16.

Konstrukcja stalowa została zamodelowana przestrzennie jako układ prętowy wraz z panelami rozkładającymi właściwie obciążenie. Analizie podlegała stalowa konstrukcja dachu. Z uwagi na występujące ciągną prętowe dokonano analizy nieliniowej uwzględniając ich pracę.



Aktywuj syst

1.6. Wytyczne wytwarzania , montażu i eksploatacji elementów konstrukcji

- Klasa konstrukcji stalowej. Konstrukcja stalowa została zaprojektowana w klasie konstrukcji EXC2 dla tolerancji funkcjonalnych w klasie 2 wg PN-EN- 1090-2 Badanie połączeń spawanych wykonać zgodnie z normą PN-EN 1090-2 (tab. 24) Dopuszczalne niezgodności złączy spawanych wg PN-EN-ISO 5817 poziom jakości C

- Jeżeli w dokumentacji projektowej (P.B.) nie podano inaczej, to przy wytwarzaniu konstrukcji stalowej obowiązują wymagania techniczne określone w PN-EN 1090- 2+A1:2012 „ Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych. Część 2. Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji

stalowych". Dotyczy to w szczególności tolerancji wytwarzania elementów konstrukcyjnych, pkt. 11.2.2.

- Elementy konstrukcji stalowej należy wykonywać zgodnie z dokumentacją projektową opracowaną przez uprawnionego projektanta – projekt wykonawczy; rysunki warsztatowe. Przy sporządzeniu projektu należy zapewnić użycie odpowiednich materiałów, które spełniają wymagania odpowiednich norm.

- W czasie wytwarzania elementów konstrukcji stalowych należy zapewnić pełną identyfikowalność gatunków stali oraz jakość użytych materiałów.

- Wykonawca ponosi pełną odpowiedzialność za materiały i wyroby użyte niezgodnie z dokumentacją lub nie spełniające wymagań odpowiednich norm.

- Blachy stalowe użyte w stykach doczołowych sprężanych, muszą posiadać atesty na rozwarstwienie lamelarne. złączy spawanych wg PN-EN-ISO 5817 poziom jakości C

2. Zestawienie obciążeń

2.1 Obciążenia stałe

2.1.1 Ciężar własny konstrukcji

Ciezar własny konstrukcji – przyjęto automatycznie w programie AXIS VM

2.1.2 Ciężar warstw dachowych, obciążenie technologiczne

Zestawienie obciążeń :

Lp	Element	Obciążenie char. kN/m ²
1	Blacha trapezowa T85 gr 0.75mm	0,12
2	Obciążenie technologiczne	0,10
Suma		0,35

2.2 Obciążenia zmienne

2.2.2 Obciążenie śniegiem

Obciążenie śniegiem zgodnie z PN-EN 1991-1-3 strefa III

Normowe obciążenie gruntu 1.20 kN/m²

Maksymalne obciążenie śniegiem dla dachu nie powinno przekroczyć bezpiecznej granicy 0,96 kN/m² w związku z powyższym nie należy dopuszczać do gromadzenia się śniegu na dachu a wszelkie worki śnieżne należy bezwzględnie usuwać. Poniżej przedstawia się maksymalne grubości dla poszczególnych pokryw śnieżnych (przeliczono dla obciążenia 0,96 kN/m²):

Świeży śnieg - puch 96 cm

osiadły śnieg - kilkugodzinny - 48 cm

stary śnieg - zalegający powyżej 3 dni - 28 cm

Mokry śnieg - 24 cm

Lód - 9 cm

2.2.3 Obciążenie wiatrem

Obciążenie wiatrem zgodnie z PN-EN 1991-1-4 strefa III

Kat. terenu 3

z=7,00m

Podstawowa prędkość wiatru $v_s = 0,22$ m/s

Współczynnik aerodynamiczny C_p zgodnie z PN-EN 1991-1-4 zależnie od ekspozycji danej połaci dachowej.

2.3. Przypadki obciążenia zdefiniowane w programie AXIS VM

	Nazwa	Grupa	Typ grupy
1	STAT1	STAŁE1	Stałe
2	Śnieg UD	ŚNIEG	Śnieg
3	IMP +X	IMPERFEKCJE	Imperfekcja
4	IMP -X	IMPERFEKCJE	Imperfekcja
5	IMP +Y	IMPERFEKCJE	Imperfekcja
6	IMP -Y	IMPERFEKCJE	Imperfekcja
7	Wiatr [DACH] X+.Sp.O	WIATR	Wiatr
8	Wiatr [DACH] X+.Ss.O	WIATR	Wiatr
9	Wiatr [DACH] X-.Sp.O	WIATR	Wiatr
10	Wiatr [DACH] X-.Ss.O	WIATR	Wiatr
11	Wiatr [DACH] Y+.S.O	WIATR	Wiatr
12	Wiatr [DACH] Y-.S.O	WIATR	Wiatr
13	Wiatr [DACH] X+.P.O	WIATR	Wiatr
14	Wiatr [DACH] X+.S.O	WIATR	Wiatr
15	Wiatr [DACH] X+.Pp.O	WIATR	Wiatr
16	Wiatr [DACH] X+.Ps.O	WIATR	Wiatr
17	Wiatr [DACH] X-.P.O	WIATR	Wiatr
18	Wiatr [DACH] X-.S.O	WIATR	Wiatr
19	Wiatr [DACH] X-.Pp.O	WIATR	Wiatr
20	Wiatr [DACH] X-.Ps.O	WIATR	Wiatr
21	Wiatr [DACH] Y+.P.O	WIATR	Wiatr
22	Wiatr [DACH] Y-.P.O	WIATR	Wiatr

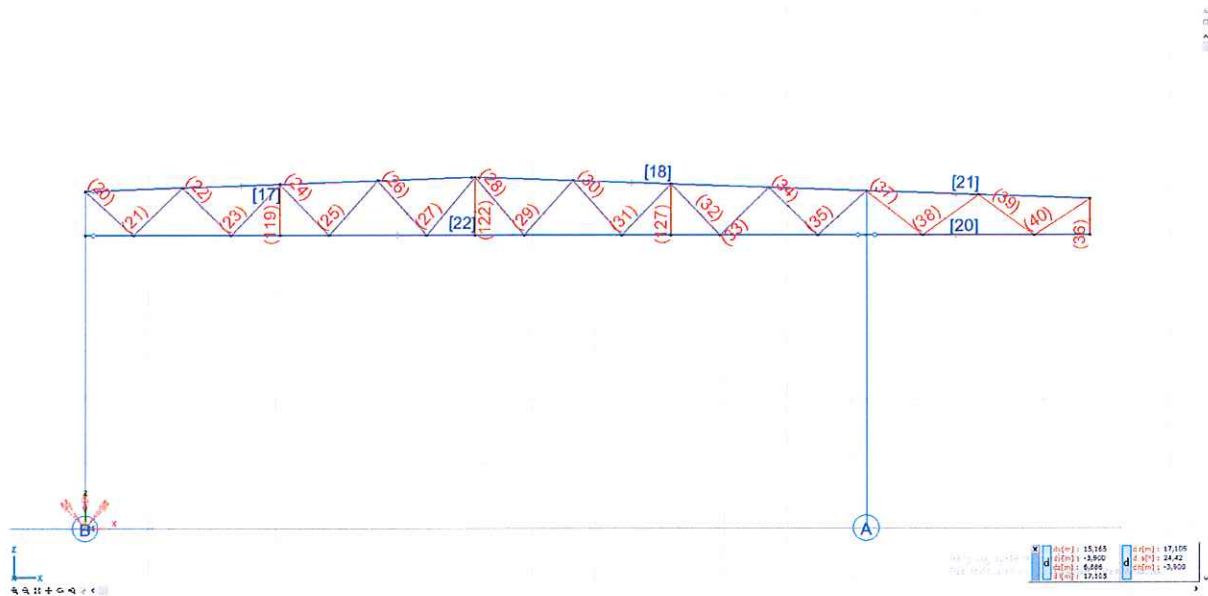
2.4. Kombinacje obc. użytkownika wg grup obciążeń

	Typ	STAŁE1	ŚNIEG	IMPERFEKCJE	WIATR
1	SGN (a, b)	1,15	0,75	0	1,50
2	SGN (a, b)	1,15	0	0	1,50
3	SGN (a, b)	1,15	1,50	0	0,90
4	SGN (a, b)	1,15	1,50	0	0
5	SGN (a, b)	1,15	0,75	1,00	1,50
6	SGN (a, b)	1,15	0	1,00	1,50
7	SGN (a, b)	1,15	1,50	1,00	0,90
8	SGN (a, b)	1,15	1,50	1,00	0
9	SGU Charakterystyczne	1,00	1,00	0	0
10	SGU Charakterystyczne	1,00	0	0	1,00
11	SGU Charakterystyczne	1,00	1,00	0	1,00

3. Obliczenia statyczne – dźwigar oś 3

Kombinatoryka obciążeń zgodnie z PN-EN 1990 Podstawy projektowania konstrukcji. Obliczenia statyczne i wymiarowanie konstrukcji przeprowadzono programem obliczeniowym Axis VM. Rezultatem obliczeń są przyjęte przekroje nośne konstrukcji obiektu przedstawione w części graficznej.

3.1. Oznaczenie elementów składowych dźwigara oś 3

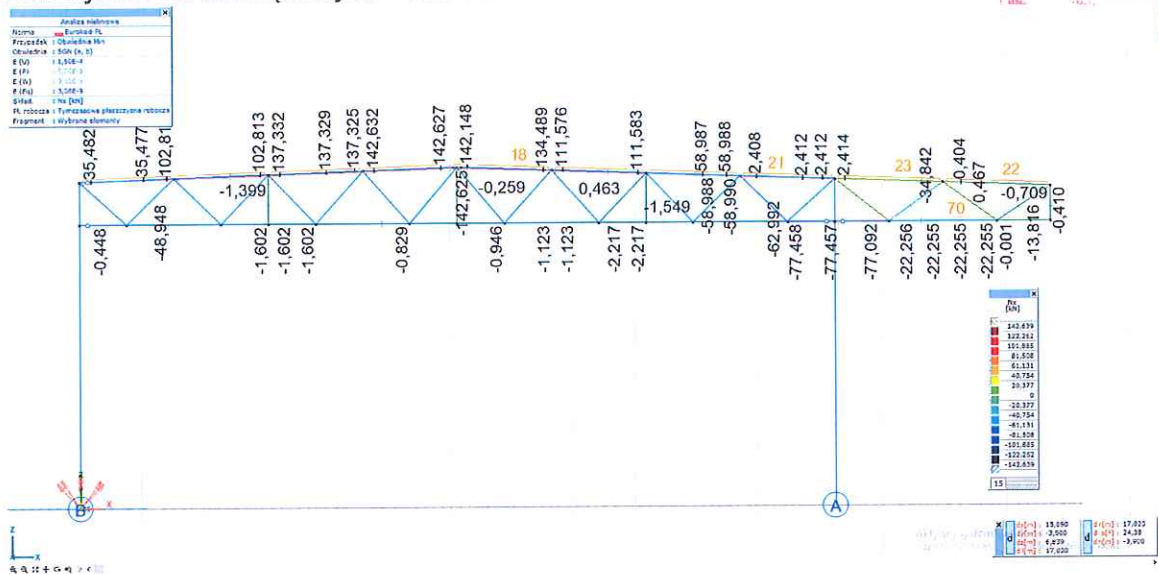
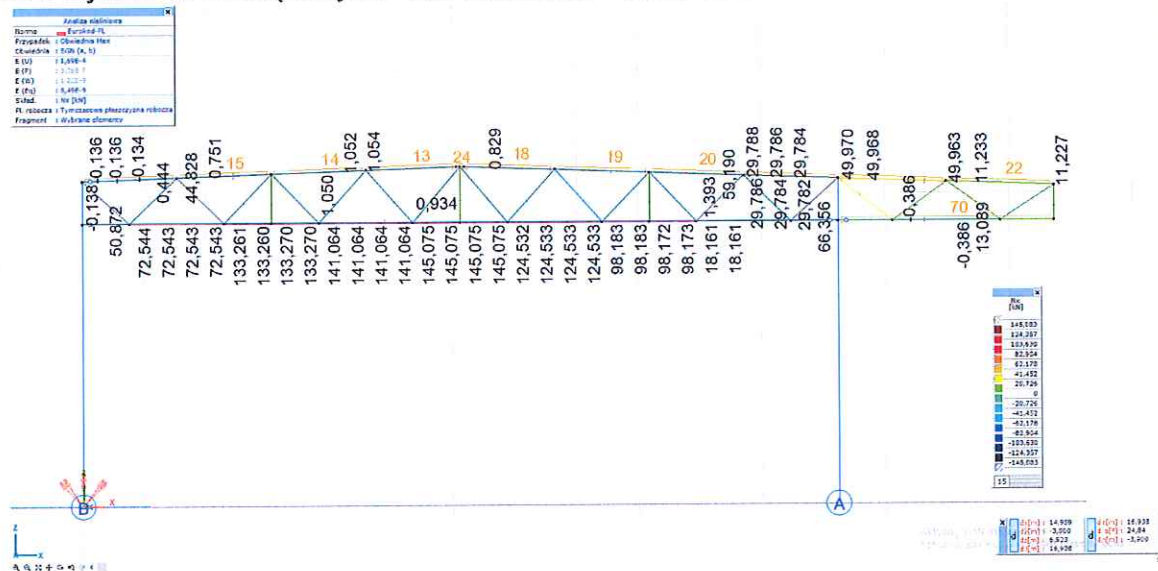


3.1.1. Wykres sił wewnętrznych – siła osiowa N_x – ciężar własny

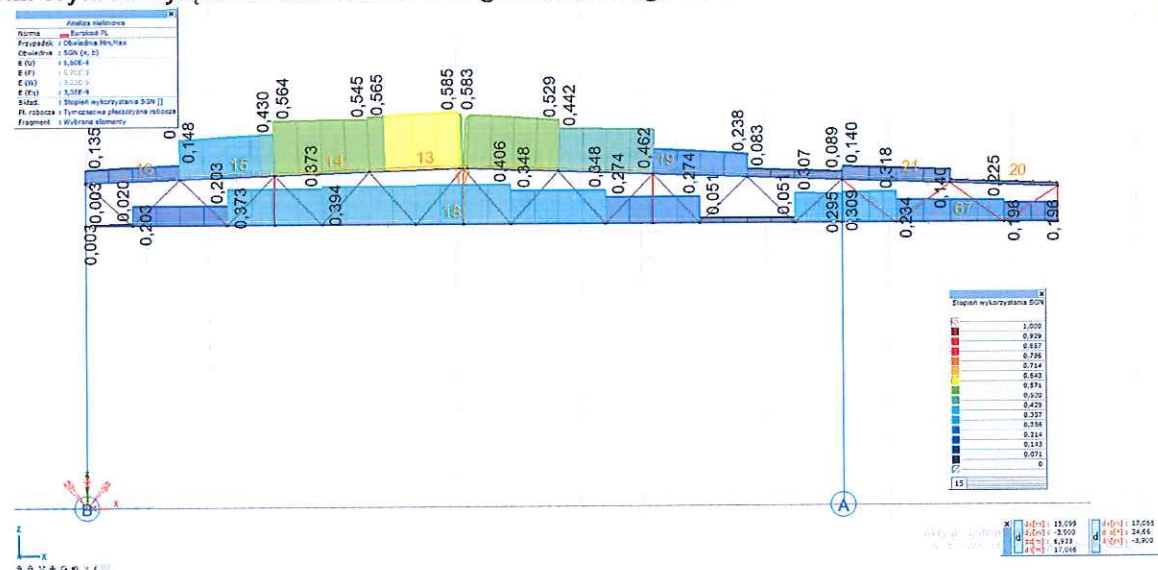


The screenshot displays a structural analysis of a truss bridge. The model is composed of two main parts: a top chord made of blue members and a bottom chord made of red members. The truss is supported at node B (left) and node A (right). Various nodes are numbered, including 16, 18, 19, 20, 21, 23, 27, and 29. The members are color-coded based on their internal force state: yellow indicates tension, green indicates compression, and blue indicates zero force. A legend on the right side provides a color scale for the forces, ranging from -49.108 (dark blue) to 69.108 (dark red), with intermediate values like -29.554, -19.377, -9.200, 0, 9.200, 19.377, 29.554, and 49.108. On the left, a properties panel lists various parameters, including 'Przebieżność' (Stress) and 'Moduł' (Modulus). At the bottom, there's a coordinate system and some numerical data.

[illegible]

3.1.4. Wykres sił wewnętrznych – siła osiowa N_x – obwiednia min wartości3.1.5. Wykres sił wewnętrznych – siła osiowa N_x – obwiednia max wartości

3.2. Wykres wyężenia elementów dźwigara kratowego oś 3



3.2.1 Obliczenia wymiarujące pas górny dźwigar oś 3

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: 13

Węzły: 36-47

Norma: Eurokod-PL

Materiał: S 235

Przekrój poprzeczny: 100X100X 4,0

Przypadek obciążenia: Nielin., Obwiednia (SGN (a, b))

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: 1,0

1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie

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

Decydująca kombinacja: Komb #237 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 146,95 = 0$ cm

$$N_{Ed1} = -142,38 \text{ kN} \quad V_{y,Ed1} = -0,04 \text{ kN} \quad V_{z,Ed1} = -0,37 \text{ kN} \quad M_{y,Ed1} = -35,28 \text{ kNm} = -0,353 \text{ kNm} \quad M_{z,Ed1} = 4,41 \text{ kNm} = 0,044 \text{ kNm} \quad M_{x,Ed1} = -7,64 \text{ kNm} = -0,076 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \max(\eta_N; \eta_{M_{ypl}}; \eta_{M_{zpl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = \max(39,8; 2,7; 0,3; 0,4; 0) = 39,8 \% \quad \text{spełniony}$$

2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętne

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

Decydująca kombinacja: Komb #237 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 146,95 = 146,95$ cm

$$C_{my} = 1$$

$$C_{mz} = 1$$

$$f_{yy} = \min(\lambda_y^* - 0,2; 0,8) = \min(0,45 - 0,2; 0,8) = 0,249$$

$$f_{zz} = \max(\min(\lambda_z^* - 0,2; 0,8); 0) = \max(\min(0,90 - 0,2; 0,8); 0) = 0,698$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + f_{yy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 0,249 \cdot \frac{\frac{|(-142,37)|}{0,94 \cdot 357,72}}{1} \right) = 1,106$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,106 = 0,663 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,378 = 0,827$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + f_{zz} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 0,698 \cdot \frac{\frac{|(-142,37)|}{0,74 \cdot 357,72}}{1} \right) = 1,378 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = 0,94 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = 0,74 \quad (6.49)$$

$$\eta_{NMBuckl_1} = \frac{|N_{Ed1}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed1}|}{M_{pl,Rdy}} + k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed1}|}{M_{pl,Rdz}} = \frac{|(-142,37)|}{0,94 \cdot 357,72} + 1,106 \cdot \frac{|(-62,55)|}{1284,29} + 0,827 \cdot \frac{|9,26|}{1284,29} =$$

$$= 48,3 \% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMBuckl_2} = \frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}} + k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed1}|}{M_{pl,Rdy}} + k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed1}|}{M_{pl,Rdz}} = \frac{|(-142,37)|}{0,74 \cdot 357,72} + 0,663 \cdot \frac{|(-62,55)|}{1284,29} + 1,378 \cdot \frac{|9,26|}{1284,29} =$$

$$= 58,4 \% \quad (6.62)$$

$$\eta_{NMBuckl} = 58,4 \% \quad \text{spełniony}$$

4. Nośność przekroju przy ścinaniu (y):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Decydująca kombinacja: Komb#209 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 146,95 = 0$ cm

$$A_{Vy} = \frac{A \cdot b}{b + h} = 7,61 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rdy} = \frac{A_{Vy} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{7,61 \cdot 23,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 103,26 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed1} = -6,62 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rdy} = \left(1 - \frac{\tau_{T,xy,Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{pl,Rdy} = \left(1 - \frac{0,10}{23,50} \right) \cdot 103,26 = 102,52 \text{ kN} \quad (6.28)$$

$$\eta_{Vy} = \frac{|V_{y,Ed1}|}{V_{pl,T,Rdy}} = \frac{|(-0,06)|}{102,52} = 0,1 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

5. Nośność środnika przy ścinaniu (niestateczność):

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

Decydująca kombinacja: **Komb#197 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 146,95 = 0$ cm

$$a_{max} = 1,47$$

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

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 10,00 - 2 \cdot 0,40 = 9,20 \text{ cm}$$

$$\text{Bez usztywnienia} \rightarrow k_\tau = 5,34 \quad \text{(A.5)}$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\tau}}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 103,26 = 103,26 \text{ kN} \quad \text{(5.1 (2))}$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|(-0,38)|}{103,26} = 0,4 \% \quad \text{(5.10)} \quad \text{spełniony}$$

6. Ścinanie środkowa-Zginanie-Siła normalna

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

Decydująca kombinacja: **Komb#197 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 146,95 = 146,95$ cm

$$M_{f,Rd} = (b + 2 \cdot b_2) \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = (10,00 + 2 \cdot 0) \cdot 0,40 \cdot 23,50 \cdot (10,00 - 0,40) = 902,40 \text{ kNcm} = 9,024 \text{ kNm}$$

$$\rho_{Nf} = \frac{(1 - n)}{(1 - 0,5 \cdot a_w)} = \frac{(1 - 38,9)}{(1 - 0,5 \cdot 0,4744)} = 0,8487$$

$$|M_{y,Ed}| \leq M_{f,Rd} \cdot \rho_{Nf} \rightarrow \eta_{V_wMN} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-63,15)|}{1284,29} = 4,9 \% \quad \text{(7.1)} \quad \text{spełniony}$$

Wyniki cząstkowe

8. Nośność przekroju przy sile normalnej:

EN 1993-1-1: 6.2.4

Decydująca kombinacja: **Komb#237 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 146,95 = 0$ cm

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15,22 \cdot 23,50}{1} = 357,72 \text{ kN} \quad \text{(6.10)}$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|(-142,38)|}{357,72} = 39,8 \% \quad \text{(6.9)} \quad \text{spełniony}$$

9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: **Komb #237 [1] (1,000)**

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,75 \cdot L = 0,75 \cdot 146,95 = 110,21$ cm

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{54,65 \cdot 23,50}{1} = 1284,29 \text{ kNcm} = 12,843 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed1}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-61,84)|}{1284,29} = 4,8 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: **Komb #249 [1] (1,000)**

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,75 \cdot L = 0,75 \cdot 146,95 = 110,21$ cm

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{54,65 \cdot 23,50}{1} = 1284,29 \text{ kNcm} = 12,843 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed1}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|10,84|}{1284,29} = 0,8 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

11. Nośność przekroju przy ścinaniu (z):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Decydująca kombinacja: **Komb #197 [1] (1,000)**

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 146,95 = 0$ cm

$$A_{Vz} = \frac{A \cdot h}{b + h} = 7,61 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{Vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{7,61 \cdot 23,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 103,26 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed1} = -7,77 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,TRd,z} = \left(1 - \frac{\tau_{Txz,Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left(1 - \frac{0,11}{\frac{23,50}{\sqrt{3} \cdot 1}} \right) \cdot 103,26 = 102,40 \text{ kN} \quad (6.28)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{y,Ed1}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|(-0,04)|}{102,40} = 0,4 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): Komb#237 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 146,95 = 0 \text{ cm}$

$V_{z,Ed1} = -0,37 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,z}/2 = 51,63 \text{ kN} \rightarrow$ Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny. 6.2.8

(2)

$V_{y,Ed1} = -0,04 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,y}/2 = 51,63 \text{ kN} \rightarrow$ 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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): Komb#237 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 146,95 = 0 \text{ cm}$

$$n = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{142,38}{357,72} = 39,8 \% \geq 25\%$$

$$|N_{Ed1}| = 142,38 \text{ kN} \geq N_{Rd,w}/2 = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{9,20 \cdot 0,40 \cdot 23,50}{2 \cdot 1} = 43,24 \text{ kN}$$

$$a_f = \min \left(\frac{A - 2 \cdot h \cdot t_w}{A}; 0,5 \right) = \min \left(\frac{15,22 - 2 \cdot 10,00 \cdot 0,40}{15,22}; 0,5 \right) = 0,47$$

$$a_w = \min \left(\frac{A - 2 \cdot b \cdot t_f}{A}; 0,5 \right) = \min \left(\frac{15,22 - 2 \cdot 10,00 \cdot 0,40}{15,22}; 0,5 \right) = 0,47$$

$$\rho_{N_y} = \max \left(\frac{1 - n/100}{1 - 0,5 \cdot a_w}; 0,01 \right) = \max \left(\frac{1 - 39,8/100}{1 - 0,5 \cdot 0,47}; 0,01 \right) = 0,789$$

$$\rho_{N_z} = \max \left(\frac{1 - n/100}{1 - 0,5 \cdot a_w}; 0,01 \right) = \max \left(\frac{1 - 39,8/100}{1 - 0,5 \cdot 0,47}; 0,01 \right) = 0,789$$

$$M_{N_y,Rd} = \min (M_{y,V,Rd} \cdot \rho_{N_y}; M_{y,V,Rd}) = \min (1284,29 \cdot 0,789; 1284,29) = 1013,54 \text{ kNcm} = 10,135 \text{ kNm}$$

$$M_{N_z,Rd} = \min (M_{z,V,Rd} \cdot \rho_{N_z}; M_{z,V,Rd}) = \min (1284,29 \cdot 0,789; 1284,29) = 1013,54 \text{ kNcm} = 10,135 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed1}}{M_{N_y,Rd}} = \frac{(-35,28)}{1013,54} = 3,5 \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed1}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{4,41}{1013,54} = 0,4 \%$$

$$\alpha_{MN} = \max \left(\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (n/100)^2} ; 6 \right) ; 1 \right) = \max \left(\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (39,8/100)^2} ; 6 \right) ; 1 \right) = 2$$

$$\beta_{MN} = \alpha_{MN} = 2 = 2$$

$$\eta_{MN,3} = \left(\frac{M_{y,Ed1}}{M_{Ny,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left(\frac{M_{z,Ed1}}{M_{Nz,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left(\frac{(-35,28)}{1013,54} \right)^2 + \left(\frac{4,41}{1013,54} \right)^2 = 0,1 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max(\eta_{MN,1} ; \eta_{MN,2} ; \eta_{MN,3} ; \eta_N) = \max(3,5 ; 0,4 ; 0,1 ; 39,8) = 39,8 \% \quad \text{spełniony}$$

14. Nośność na wyboczenie:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Wyboczenie: **Komb #237 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 146,95 = 146,95 \text{ cm}$

$$K_y = 1,12$$

$$K_z = 2,25$$

$$L_{cr,y} = K_y \cdot L = 1,12 \cdot 146,95 = 165,00 \text{ cm}$$

$$L_{cr,z} = K_z \cdot L = 2,25 \cdot 146,95 = 330,00 \text{ cm}$$

Krzywa wyboczenia wokół osi y: **a** [Tabela 6.2](#)

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

Krzywa wyboczenia wokół osi z: **a** [Tabela 6.2](#)

$$\rightarrow \alpha_z = 0,21 \quad \text{a} \quad \text{Tabela 6.1}$$

$$\lambda_y^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{15,22 \cdot 23,50}{1773,90}} = 0,45 \quad (6.50)$$

$$\lambda_z^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{15,22 \cdot 23,50}{443,47}} = 0,90 \quad (6.50)$$

$$\phi_y = \frac{1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y^* - 0,2) + \lambda_y^{*2}}{2} = \frac{1 + 0,21 \cdot (0,45 - 0,2) + 0,45^2}{2} = 0,627$$

$$\phi_z = \frac{1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z^* - 0,2) + \lambda_z^{*2}}{2} = \frac{1 + 0,21 \cdot (0,90 - 0,2) + 0,90^2}{2} = 0,9766$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}} ; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,627 + \sqrt{0,627^2 - 0,45^2}} ; 1 \right) = 0,94 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,9766 + \sqrt{0,9766^2 - 0,90^2}}; 1 \right) = 0,74 \quad (6.49)$$

$$\chi = \min (\chi_y; \chi_z) = \min (0,94; 0,74) = 0,74 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,74 \cdot 15,22 \cdot 23,50}{1} = 262,98 \text{ kN} \quad (6.47)$$

$$\eta_{N_b} = \frac{|N_{Ed11}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|(-142,37)|}{262,98} = 54,1 \% \quad (6.46) \quad \text{spełniony}$$

3.2.2 Obliczenia wymiarujące pas dolny dźwigar oś 3

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: 18

Węzły: 55-49

Norma: Eurokod-PL

Materiał: S 235

Przekrój poprzeczny: 100X100X 4,0

Przypadek obciążenia: Nielin., Obwiednia (SGN (a, b))

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: 1,0

1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie

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

Decydująca kombinacja: **Komb #236 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,53 \cdot L = 0,53 \cdot 1224,00 = 650,25$ cm

$$N_{Ed1} = 144,73 \text{ kN} \quad V_{y,Ed1} = 0,16 \text{ kN} \quad V_{z,Ed1} = 0,27 \text{ kN} \quad M_{y,Ed1} = -59,73 \text{ kNm} = -0,597 \text{ kNm} \quad M_{z,Ed1} = 18,83$$

$$\text{kNm} = 0,188 \text{ kNm} \quad M_{x,Ed1} = -0,13 \text{ kNm} = -0,001 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \max(\eta_N; \eta_{M_{y,pl}}; \eta_{M_{z,pl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = \max(40,5; 4,7; 1,5; 0,3; 0,2) = 40,5 \% \quad \text{spełniony}$$

2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętnie

EN 1993-1-1: 6.3.3

Decydująca kombinacja: **Komb #236 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,53 \cdot L = 0,53 \cdot 1224,00 = 650,25$ cm

$$N_{Ed1} = 144,73 \text{ kN} \text{ (Pret poddany rozciąganiu)}$$

$$\eta_{NMBuckl} = \eta_{NMV} = 40,5 \% \quad \text{spełniony}$$

4. Nośność przekroju przy ścinaniu (y):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Decydująca kombinacja: **Komb #249 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 1224,00 = 612,00$ cm

$$A_{V_y} = \frac{A \cdot b}{b + h} = 7,61 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{V_y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{7,61 \cdot 23,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 103,26 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed1} = -0,13 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left(1 - \frac{\tau_{T,xy,Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left(1 - \frac{0}{\frac{23,50}{\sqrt{3} \cdot 1}} \right) \cdot 103,26 = 103,25 \text{ kN} \quad (6.28)$$

$$\eta_{V_y} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{pl,T,Rd,y}} = \frac{|0,23|}{103,25} = 0,2 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

5. Nośność środka przy ścinaniu (niestateczność):

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

Decydująca kombinacja: Komb #210 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,22 \cdot L = 0,22 \cdot 1224,00 = 267,75 \text{ cm}$

$a_{max} = 12,24$

$\eta_w = 1,2$ 5.2 (2) NOTE 2

$h_w = h - 2 \cdot t_f = 10,00 - 2 \cdot 0,40 = 9,20 \text{ cm}$

Bez usztywnienia $\rightarrow k_\tau = 5,34$ (A.5)

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\tau}}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 103,26 = 103,26 \text{ kN} \quad (5.1 (2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|(-1,33)|}{103,26} = 1,3 \% \quad (5.10) \quad \text{spełniony}$$

6. Ścinanie środka-Zginanie-Siła normalna

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

Decydująca kombinacja: Komb #218 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,25 \cdot L = 0,25 \cdot 1224,00 = 306,00 \text{ cm}$

$M_{f,Rd} = (b + 2 \cdot b_2) \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = (10,00 + 2 \cdot 0) \cdot 0,40 \cdot 23,50 \cdot (10,00 - 0,40) = 902,40 \text{ kNcm} = 9,024 \text{ kNm}$

$$\rho_{Nf} = \frac{(1 - n)}{(1 - 0,5 \cdot a_w)} = \frac{(1 - 37,2)}{(1 - 0,5 \cdot 0,4744)} = 0,8618$$

$$|M_{y,Ed}| \leq M_{f,Rd} \cdot \rho_{Nf} \rightarrow \eta_{V_{w,MN}} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-121,87)|}{1284,29} = 9,5 \% \quad (7.1) \quad \text{spełniony}$$

Wyniki cząstkowe

8. Nośność przekroju przy sile normalnej:

EN 1993-1-1: 6.2.4

Decydująca kombinacja: **Komb #236 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,53 \cdot L = 0,53 \cdot 1224,00 = 650,25$ cm

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15,22 \cdot 23,50}{1} = 357,72 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 15,22 \cdot 36,00}{1,1} = 448,36 \text{ kN} \quad (6.7)$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(357,72; 448,36) = 357,72 \text{ kN}$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{t,Rd}} = \frac{|144,73|}{357,72} = 40,5 \% \quad (6.5) \quad \text{spełniony}$$

9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: **Komb #218 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,25 \cdot L = 0,25 \cdot 1224,00 = 306,00$ cm

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{54,65 \cdot 23,50}{1} = 1284,29 \text{ kNcm} = 12,843 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed1}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-121,87)|}{1284,29} = 9,5 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: **Komb #249 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 1224,00 = 612,00$ cm

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{54,65 \cdot 23,50}{1} = 1284,29 \text{ kNcm} = 12,843 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed1}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|35,37|}{1284,29} = 2,8 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

11. Nośność przekroju przy ścinaniu (z):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Decydująca kombinacja: **Komb #210 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,22 \cdot L = 0,22 \cdot 1224,00 = 267,75 \text{ cm}$

$$A_{V,z} = \frac{A \cdot h}{b + h} = 7,61 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{V,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{7,61 \cdot 23,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 103,26 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed_1} = -0,12 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left(1 - \frac{\tau_{T,xz,Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left(1 - \frac{0}{23,50} \right) \cdot 103,26 = 103,25 \text{ kN} \quad (6.28)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{y,Ed_1}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|0,06|}{103,25} = 0,06\% = 1,3\% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): **Komb #236 [1] (1,000)**

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,53 \cdot L = 0,53 \cdot 1224,00 = 650,25 \text{ cm}$

$$V_{z,Ed_1} = 0,27 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,z} / 2 = 51,63 \text{ kN} \rightarrow \text{Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.} \quad 6.2.8 (2)$$

$$V_{y,Ed_1} = 0,16 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,y} / 2 = 51,63 \text{ kN} \rightarrow \text{Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.} \quad 6.2.8 (2)$$

13. Sprawdzenie interakcji zginania z siłą normalną

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): **Komb #236 [1] (1,000)**

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,53 \cdot L = 0,53 \cdot 1224,00 = 650,25 \text{ cm}$

$$n = \frac{|N_{Ed_1}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{144,73}{357,72} = 40,5\% \geq 25\%$$

$$|N_{Ed_1}| = 144,73 \text{ kN} \geq N_{Rd,w} / 2 = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{9,20 \cdot 0,40 \cdot 23,50}{2 \cdot 1} = 43,24 \text{ kN}$$

$$\alpha_f = \min \left(\frac{A - 2 \cdot h \cdot t_w}{A}; 0,5 \right) = \min \left(\frac{15,22 - 2 \cdot 10,00 \cdot 0,40}{15,22}; 0,5 \right) = 0,47$$

$$\alpha_w = \min \left(\frac{A - 2 \cdot b \cdot t_f}{A}; 0,5 \right) = \min \left(\frac{15,22 - 2 \cdot 10,00 \cdot 0,40}{15,22}; 0,5 \right) = 0,47$$

$$\rho_{N_y} = \max \left(\frac{1 - n/100}{1 - 0,5 \cdot a_w}; 0,01 \right) = \max \left(\frac{1 - 40,5/100}{1 - 0,5 \cdot 0,47}; 0,01 \right) = 0,781$$

$$\rho_{N_z} = \max \left(\frac{1 - n/100}{1 - 0,5 \cdot a_w}; 0,01 \right) = \max \left(\frac{1 - 40,5/100}{1 - 0,5 \cdot 0,47}; 0,01 \right) = 0,781$$

$$M_{N_y,Rd} = \min (M_{y,V,Rd} \cdot \rho_{N_y}; M_{y,V,Rd}) = \min (1284,29 \cdot 0,781; 1284,29) = 1002,51 \text{ kNcm} = 10,025 \text{ kNm}$$

$$M_{N_z,Rd} = \min (M_{z,V,Rd} \cdot \rho_{N_z}; M_{z,V,Rd}) = \min (1284,29 \cdot 0,781; 1284,29) = 1002,51 \text{ kNcm} = 10,025 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed1}}{M_{N_y,Rd}} = \frac{(-59,73)}{1002,51} = 6,0 \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed1}}{M_{N_z,Rd}} = \frac{18,83}{1002,51} = 1,9 \%$$

$$\alpha_{MN} = \max \left(\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (n/100)^2}; 6 \right); 1 \right) = \max \left(\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (40,5/100)^2}; 6 \right); 1 \right) = 2$$

$$\beta_{MN} = \alpha_{MN} = 2 = 2$$

$$\eta_{MN,3} = \left(\frac{M_{y,Ed1}}{M_{N_y,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left(\frac{M_{z,Ed1}}{M_{N_z,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left(\frac{(-59,73)}{1002,51} \right)^2 + \left(\frac{18,83}{1002,51} \right)^2 = 0,4 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max (\eta_{MN,1}; \eta_{MN,2}; \eta_{MN,3}; \eta_N) = \max (6,0; 1,9; 0,4; 40,5) = 40,5 \% \quad \text{spełniony}$$

14. Nośność na wyboczenie:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Wyboczenie: **Komb #236 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,53 \cdot L = 0,53 \cdot 1224,00 = 650,25 \text{ cm}$

$N_{Ed1} = 144,73 \text{ kN}$ (Pret poddany rozciąganiu)

$$\eta_{N_b} = \eta_N = 40,5 \%$$

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,81 \cdot L = 0,81 \cdot 1224,00 = 994,50$ cm

$$A_{V,z} = \frac{A \cdot h}{b + h} = 7,61 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{V,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{7,61 \cdot 23,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 103,26 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed_{11}} = 1,15 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left(1 - \frac{\tau_{T,xz,Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left(1 - \frac{0,02}{23,50} \right) \cdot 103,26 = 103,14 \text{ kN} \quad (6.28)$$

$$\eta_{V,z} = \frac{|V_{y,Ed_{11}}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|0|}{103,14} = 1,1 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): **Komb#246 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,53 \cdot L = 0,53 \cdot 1224,00 = 650,25$ cm

$$V_{z,Ed_1} = 0,42 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,z}/2 = 51,63 \text{ kN} \rightarrow \text{Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.} \quad 6.2.8 (2)$$

$$V_{y,Ed_1} = 0,02 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,y}/2 = 51,63 \text{ kN} \rightarrow \text{Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.} \quad 6.2.8 (2)$$

13. Sprawdzenie interakcji zginania z siłą normalną

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): **Komb#246 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,53 \cdot L = 0,53 \cdot 1224,00 = 650,25$ cm

$$n = \frac{|N_{Ed_1}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{106,02}{357,72} = 29,6 \% \geq 25\%$$

$$|N_{Ed_1}| = 106,02 \text{ kN} \geq N_{Rd,w}/2 = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{9,20 \cdot 0,40 \cdot 23,50}{2 \cdot 1} = 43,24 \text{ kN}$$

$$a_f = \min \left(\frac{A - 2 \cdot h \cdot t_w}{A}; 0,5 \right) = \min \left(\frac{15,22 - 2 \cdot 10,00 \cdot 0,40}{15,22}; 0,5 \right) = 0,47$$

$$a_w = \min \left(\frac{A - 2 \cdot b \cdot t_f}{A}; 0,5 \right) = \min \left(\frac{15,22 - 2 \cdot 10,00 \cdot 0,40}{15,22}; 0,5 \right) = 0,47$$

$$\rho_{N_y} = \max \left(\frac{1 - n/100}{1 - 0,5 \cdot a_w}; 0,01 \right) = \max \left(\frac{1 - 29,6/100}{1 - 0,5 \cdot 0,47}; 0,01 \right) = 0,922$$

$$\rho_{N_z} = \max \left(\frac{1 - n/100}{1 - 0,5 \cdot a_w}; 0,01 \right) = \max \left(\frac{1 - 29,6/100}{1 - 0,5 \cdot 0,47}; 0,01 \right) = 0,922$$

$$M_{N_y,Rd} = \min (M_{y,V,Rd} \cdot \rho_{N_y}; M_{y,V,Rd}) = \min (1284,29 \cdot 0,922; 1284,29) = 1184,67 \text{ kNcm} = 11,847 \text{ kNm}$$

$$M_{N_z,Rd} = \min (M_{z,V,Rd} \cdot \rho_{N_z}; M_{z,V,Rd}) = \min (1284,29 \cdot 0,922; 1284,29) = 1184,67 \text{ kNcm} = 11,847 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed1}}{M_{N_y,Rd}} = \frac{(-48,28)}{1184,67} = 4,1 \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed1}}{M_{N_z,Rd}} = \frac{(-6,34)}{1184,67} = 0,5 \%$$

$$\alpha_{MN} = \max \left(\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (n/100)^2}; 6 \right); 1 \right) = \max \left(\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (29,6/100)^2}; 6 \right); 1 \right) = 1,8$$

$$\beta_{MN} = \alpha_{MN} = 1,8 = 1,8$$

$$\eta_{MN,3} = \left(\frac{M_{y,Ed1}}{M_{N_y,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left(\frac{M_{z,Ed1}}{M_{N_z,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left(\frac{(-48,28)}{1184,67} \right)^{1,8} + \left(\frac{(-6,34)}{1184,67} \right)^{1,8} = 0,3 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max (\eta_{MN,1}; \eta_{MN,2}; \eta_{MN,3}; \eta_N) = \max (4,1; 0,5; 0,3; 29,6) = 29,6 \% \quad \text{spełniony}$$

14. Nośność na wyboczenie:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Wyboczenie: **Komb #246 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,53 \cdot L = 0,53 \cdot 1224,00 = 650,25 \text{ cm}$

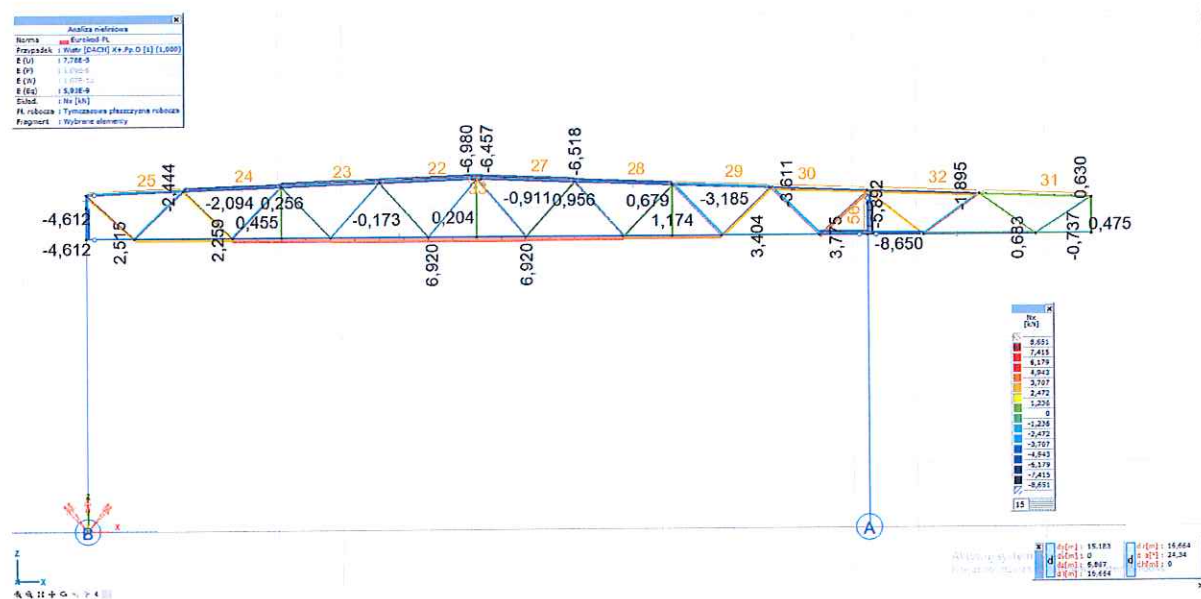
$N_{Ed1} = 106,02 \text{ kN}$ (Pret poddany rozciąganiu)

$$\eta_{N_b} = \eta_N = 29,6 \%$$

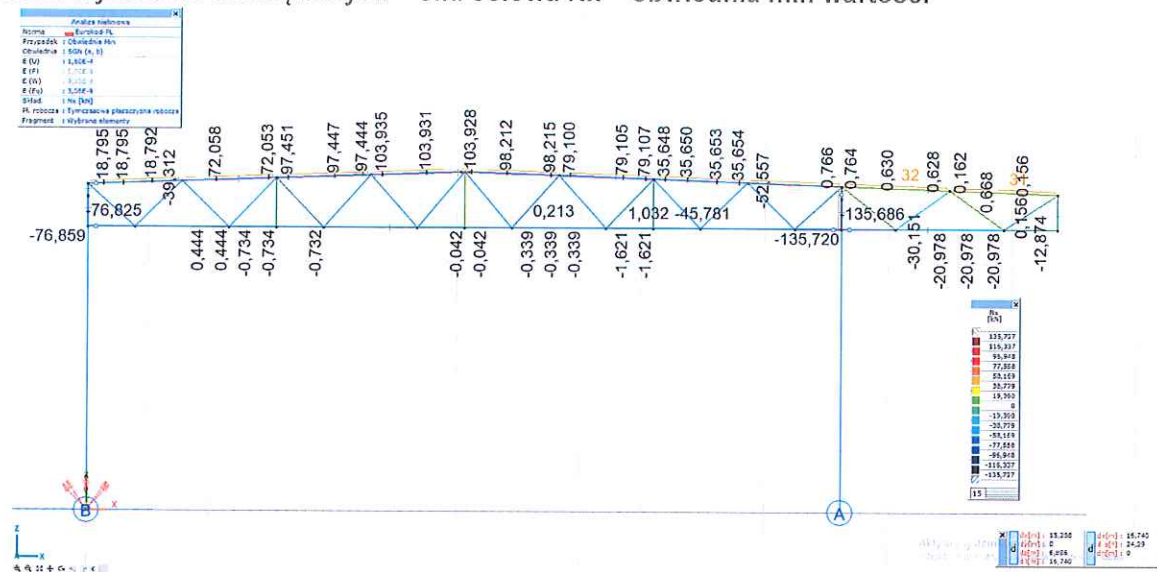
4.1.2. Wykres sił wewnętrznych – siła osiowa N_x – śnieg



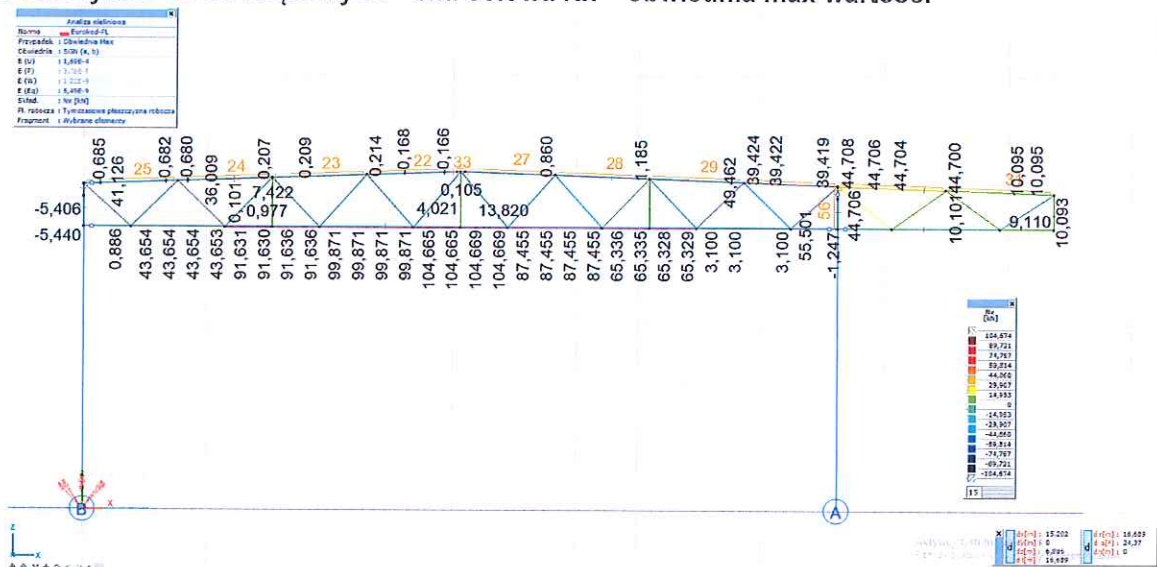
4.1.3. Wykres sił wewnętrznych – siła osiowa N_x – wiatr (wybrany przypadek obc. wiatrem)



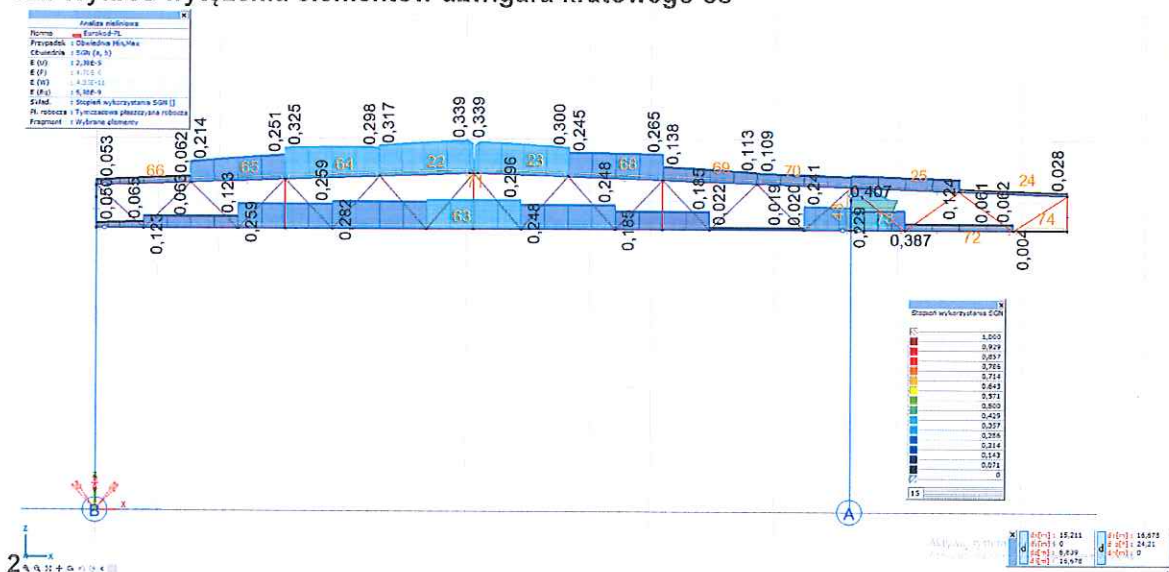
4.1.4. Wykres sił wewnętrznych – siła osiowa Nx – obwiednia min wartości



4.1.5. Wykres sił wewnętrznych – siła osiowa Nx – obwiednia max wartości



4.2. Wykres wyłączenia elementów dźwigara kratowego oś



4.2.1 Obliczenia wymiarujące pas górny dźwigar oś 2

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: 23

Węzły: 74-66

Norma: Eurokod-PL

Materiał: S 235

Przekrój poprzeczny: 100X100X 4,0

Przypadek obciążenia: Nielin., Obwiednia (SGN (a, b))

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: 1,0

1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie-Skręcanie (nośność dla interakcji):

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

Decydująca kombinacja: Komb #235 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 146,86 = 146,86$ cm

$$\begin{aligned} N_{Ed11} &= -99,71 \text{ kN} \quad V_{y,Ed11} = 0,07 \text{ kN} \quad V_{z,Ed11} = 0,32 \text{ kN} \quad M_{y,Ed11} = -21,76 \text{ kNm} = -0,218 \text{ kNm} \quad M_{z,Ed11} = \\ &= -4,70 \text{ kNm} = -0,047 \text{ kNm} \quad M_{x,Ed11} = -10,58 \text{ kNm} = -0,106 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \max(\eta_N; \eta_{M_{y,pl}}; \eta_{M_{z,pl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = \max(27,9; 1,7; 0,4; 0,3; 0,1) = 27,9 \% \quad \text{spełniony}$$

2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętnie

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

Decydująca kombinacja: Komb #249 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 146,86 = 0$ cm

$$C_{my} = 1$$

$$C_{mz} = 1$$

$$f_{yy} = \min(\lambda_y^* - 0,2; 0,8) = \min(0,44 - 0,2; 0,8) = 0,235$$

$$f_{zz} = \max(\min(\lambda_z^* - 0,2; 0,8); 0) = \max(\min(0,87 - 0,2; 0,8); 0) = 0,671$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + f_{yy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 0,235 \cdot \frac{\frac{|(-99,48)|}{1 \cdot 357,72}}{1} \right) = 1,065$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,065 = 0,639 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,187 = 0,712$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + f_{zz} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 0,671 \cdot \frac{\frac{|(-99,48)|}{1 \cdot 357,72}}{1} \right) = 1,187 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$\chi_y = 1 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = 1 \quad (6.49)$$

$$\eta_{NMBuckl_1} = \frac{\frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,Rd,z}}}{\gamma_{M1}} = \frac{|(-99,48)|}{\frac{1 \cdot 357,72}{1}} + 1,065 \cdot \frac{|(-48,71)|}{\frac{1284,29}{1}} + 0,712 \cdot \frac{|12,26|}{\frac{1284,29}{1}} = 32,5$$

% (6.61)

$$\eta_{NMBuckl_2} = \frac{\frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,Rd,z}}}{\gamma_{M1}} = \frac{|(-99,48)|}{\frac{1 \cdot 357,72}{1}} + 0,639 \cdot \frac{|(-48,71)|}{\frac{1284,29}{1}} + 1,187 \cdot \frac{|12,26|}{\frac{1284,29}{1}} = 31,4$$

% (6.62)

$$\eta_{NMBuckl} = 32,5 \% \quad \text{spełniony}$$

4. Ścinanie(y)-Skręcanie (weryfikacja nośności):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Decydująca kombinacja: **Komb#249 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,78 \cdot L = 0,78 \cdot 146,86 = 113,82 \text{ cm}$

$$A_{Vy} = \frac{A \cdot b}{b + h} = 7,61 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{Vy} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{7,61 \cdot 23,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 103,26 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed_2} = -10,47 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left(1 - \frac{\frac{\tau_{xy,Ed}}{f_y}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left(1 - \frac{0,15}{\frac{23,50}{\sqrt{3} \cdot 1}} \right) \cdot 103,26 = 102,09 \text{ kN} \quad (6.28)$$

$$\eta_{Vy} = \frac{\frac{|V_{y,Ed_2}|}{V_{pl,T,Rd,y}}}{\gamma_{M1}} = \frac{|0,10|}{102,09} = 0,1 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

5. Nośność środnika przy ścinaniu (niestateczność):

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

Decydująca kombinacja: **Komb#189 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 146,86 = 146,86 \text{ cm}$

$$a_{max} = 1,47$$

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

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 10,00 - 2 \cdot 0,40 = 9,20 \text{ cm}$$

$$\text{Bez usztywnienia} \rightarrow k_\tau = 5,34 \quad (A.5)$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\tau}}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 103,26 = 103,26 \text{ kN} \quad (5.1(2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed1}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|0,33|}{103,26} = 0,3 \% \quad (5.10) \quad \text{spełniony}$$

6. Ścinanie środknika-Zginanie-Siła normalna

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

Decydująca kombinacja: **Komb #249 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 146,86 = 0 \text{ cm}$

$$M_{f,Rd} = (b + 2 \cdot b_2) \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = (10,00 + 2 \cdot 0) \cdot 0,40 \cdot 23,50 \cdot (10,00 - 0,40) = 902,40 \text{ kNcm} = 9,024 \text{ kNm}$$

$$\rho_{Nf} = \frac{(1-n)}{(1-0,5 \cdot a_w)} = \frac{(1-27,8)}{(1-0,5 \cdot 0,4744)} = 0,9227$$

$$|M_{y,Ed1}| \leq M_{f,Rd} \cdot \rho_{Nf} \rightarrow \eta_{V_wMN} = \frac{|M_{y,Ed1}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-48,71)|}{1284,29} = 3,8 \% \quad (7.1) \quad \text{spełniony}$$

Wyniki cząstkowe

8. Nośność przekroju przy sile normalnej:

EN 1993-1-1: 6.2.4

Decydująca kombinacja: **Komb #235 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,75 \cdot L = 0,75 \cdot 146,86 = 110,15 \text{ cm}$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15,22 \cdot 23,50}{1} = 357,72 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|(-99,71)|}{357,72} = 27,9 \% \quad (6.9) \quad \text{spełniony}$$

9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: **Komb #249 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 146,86 = 0 \text{ cm}$

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{54,65 \cdot 23,50}{1} = 1284,29 \text{ kNcm} = 12,843 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed,1}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-48,71)|}{1284,29} = 3,8 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: **Komb #249 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 146,86 = 0 \text{ cm}$

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{54,65 \cdot 23,50}{1} = 1284,29 \text{ kNcm} = 12,843 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed,1}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|12,26|}{1284,29} = 1,0 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

11. Ścinanie(y)-Skręcanie (weryfikacja nośności):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Decydująca kombinacja: **Komb #189 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 146,86 = 146,86 \text{ cm}$

$$A_{Vz} = \frac{A \cdot h}{b + h} = 7,61 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{Vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{7,61 \cdot 23,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 103,26 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed,11} = -10,14 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left(1 - \frac{\tau_{T,xz,Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left(1 - \frac{0,15}{\frac{23,50}{\sqrt{3} \cdot 1}} \right) \cdot 103,26 = 102,13 \text{ kN} \quad (6.28)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{y,Ed,11}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|0,08|}{102,13} = 0,3 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): **Komb #235 [1] (1,000)**

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 146,86 = 146,86$ cm

$V_{z,Ed_{11}} = 0,32 \text{ kN} \leq V_{pl,T,Rd,z}/2 = 51,04 \text{ kN} \rightarrow$ Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny. 6.2.8

(2)

$V_{y,Ed_{11}} = 0,07 \text{ kN} \leq V_{pl,T,Rd,y}/2 = 51,04 \text{ kN} \rightarrow$ 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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): Komb #235 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 146,86 = 146,86$ cm

$$n = \frac{|N_{Ed_{11}}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{99,71}{357,72} = 27,9 \% \geq 25\%$$

$$|N_{Ed_{11}}| = 99,71 \text{ kN} \geq N_{Rd,w}/2 = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{9,20 \cdot 0,40 \cdot 23,50}{2 \cdot 1} = 43,24 \text{ kN}$$

$$a_f = \min \left(\frac{A - 2 \cdot h \cdot t_w}{A}; 0,5 \right) = \min \left(\frac{15,22 - 2 \cdot 10,00 \cdot 0,40}{15,22}; 0,5 \right) = 0,47$$

$$a_w = \min \left(\frac{A - 2 \cdot b \cdot t_f}{A}; 0,5 \right) = \min \left(\frac{15,22 - 2 \cdot 10,00 \cdot 0,40}{15,22}; 0,5 \right) = 0,47$$

$$\rho_{N_y} = \max \left(\frac{1 - n/100}{1 - 0,5 \cdot a_w}; 0,01 \right) = \max \left(\frac{1 - 27,9/100}{1 - 0,5 \cdot 0,47}; 0,01 \right) = 0,946$$

$$\rho_{N_z} = \max \left(\frac{1 - n/100}{1 - 0,5 \cdot a_w}; 0,01 \right) = \max \left(\frac{1 - 27,9/100}{1 - 0,5 \cdot 0,47}; 0,01 \right) = 0,946$$

$$M_{N_y,Rd} = \min (M_{y,V,Rd} \cdot \rho_{N_y}; M_{y,V,Rd}) = \min (1284,29 \cdot 0,946; 1284,29) = 1214,36 \text{ kNcm} = 12,144 \text{ kNm}$$

$$M_{N_z,Rd} = \min (M_{z,V,Rd} \cdot \rho_{N_z}; M_{z,V,Rd}) = \min (1284,29 \cdot 0,946; 1284,29) = 1214,36 \text{ kNcm} = 12,144 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed_{11}}}{M_{N_y,Rd}} = \frac{(-21,76)}{1214,36} = 1,8 \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed_{11}}}{M_{N_z,Rd}} = \frac{(-4,70)}{1214,36} = 0,4 \%$$

$$\alpha_{MN} = \max \left(\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (n/100)^2}; 6 \right); 1 \right) = \max \left(\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (27,9/100)^2}; 6 \right); 1 \right) = 1,8$$

$$\beta_{MN} = \alpha_{MN} = 1,8 = 1,8$$

$$\eta_{MN,3} = \left(\frac{M_{y,Ed11}}{M_{N,y,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left(\frac{M_{z,Ed11}}{M_{N,z,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left(\frac{(-21,76)}{1214,36} \right)^{1,8} + \left(\frac{(-4,70)}{1214,36} \right)^{1,8} = 0,1 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max(\eta_{MN,1} ; \eta_{MN,2} ; \eta_{MN,3} ; \eta_N) = \max(1,8 ; 0,4 ; 0,1 ; 27,9) = 27,9 \% \quad \text{spełniony}$$

14. Nośność na wyboczenie:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Wyboczenie: **Komb#249 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 146,86 = 0 \text{ cm}$

Efekty drugiego rzędu odwzorowane w analizie nieliniowej.

$$\rightarrow \chi_y = 1 \quad \chi_z = 1 \quad \chi_{TF} = 1 \rightarrow \chi = 1$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1 \cdot 15,22 \cdot 23,50}{1} = 357,72 \text{ kN}$$

$$\eta_{N_b} = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|(-99,48)|}{357,72} = 27,8 \% \quad (6.46) \quad \text{spełniony}$$

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: 63

Węzły: 81-75

Norma: Eurokod-PL

Materiał: S 235

Przekrój poprzeczny: 100X100X 4,0

Przypadek obciążenia: Nielin., Obwiednia (SGN (a, b))

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: 1,0

1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie

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

Decydująca kombinacja: **Komb #246 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,53 \cdot L = 0,53 \cdot 1224,00 = 650,25$ cm

$$N_{Ed_1} = 106,02 \text{ kN} \quad V_{y,Ed_1} = 0,02 \text{ kN} \quad V_{z,Ed_1} = 0,42 \text{ kN} \quad M_{y,Ed_1} = -48,28 \text{ kNm} = -0,483 \text{ kNm} \quad M_{z,Ed_1} = -6,34$$

$$\text{kNm} = -0,063 \text{ kNm} \quad M_{x,Ed_1} = 1,16 \text{ kNm} = 0,012 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \max(\eta_N; \eta_{M_{y,pl}}; \eta_{M_{z,pl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = \max(29,6; 3,8; 0,5; 0,4; 0) = 29,6 \% \quad \text{spełniony}$$

2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętnie

EN 1993-1-1: 6.3.3

Decydująca kombinacja: **Komb #246 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,53 \cdot L = 0,53 \cdot 1224,00 = 650,25$ cm

$$N_{Ed_1} = 106,02 \text{ kN} \text{ (Pret poddany rozciąganiu)}$$

$$\eta_{NMBuckl} = \eta_{NMV} = 29,6 \% \quad \text{spełniony}$$

4. Nośność przekroju przy ścinaniu (y):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Decydująca kombinacja: **Komb #218 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,98 \cdot L = 0,98 \cdot 1224,00 = 1204,88$ cm

$$A_{Vy} = \frac{A \cdot b}{b + h} = 7,61 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{Vy} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{7,61 \cdot 23,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 103,26 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed_1} = 1,21 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left(1 - \frac{\tau_{T,xy} E_d}{f_y} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left(1 - \frac{0,02}{23,50} \right) \cdot 103,26 = 103,13 \text{ kN} \quad (6.28)$$

$$\eta_{V_y} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{pl,T,Rd,y}} = \frac{|(-0,13)|}{103,13} = 0,1 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

5. Nośność środka przy ścinaniu (niestateczność):

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

Decydująca kombinacja: Komb #247 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,81 \cdot L = 0,81 \cdot 1224,00 = 994,50 \text{ cm}$

$a_{max} = 12,24$

$\eta_w = 1,2$ 5.2 (2) NOTE 2

$h_w = h - 2 \cdot t_f = 10,00 - 2 \cdot 0,40 = 9,20 \text{ cm}$

Bez usztywnienia $\rightarrow k_\tau = 5,34$ (A.5)

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\tau}}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 103,26 = 103,26 \text{ kN} \quad (5.1 (2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|1,17|}{103,26} = 1,1 \% \quad (5.10) \quad \text{spełniony}$$

6. Ścinanie środka-Zginanie-Siła normalna

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

Decydująca kombinacja: Komb #246 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,25 \cdot L = 0,25 \cdot 1224,00 = 306,00 \text{ cm}$

$M_{f,Rd} = (b + 2 \cdot b_2) \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = (10,00 + 2 \cdot 0) \cdot 0,40 \cdot 23,50 \cdot (10,00 - 0,40) = 902,40 \text{ kNcm} = 9,024 \text{ kNm}$

$$\rho_{Nf} = \frac{(1 - n)}{(1 - 0,5 \cdot a_w)} = \frac{(1 - 25,8)}{(1 - 0,5 \cdot 0,4744)} = 0,9333$$

$$|M_{y,Ed}| \leq M_{f,Rd} \cdot \rho_{Nf} \rightarrow \eta_{V_w,MN} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-85,57)|}{1284,29} = 6,7 \% \quad (7.1) \quad \text{spełniony}$$

Wyniki cząstkowe

8. Nośność przekroju przy sile normalnej:

EN 1993-1-1: 6.2.4

Decydująca kombinacja: **Komb#246 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,53 \cdot L = 0,53 \cdot 1224,00 = 650,25$ cm

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15,22 \cdot 23,50}{1} = 357,72 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 15,22 \cdot 36,00}{1,1} = 448,36 \text{ kN} \quad (6.7)$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(357,72; 448,36) = 357,72 \text{ kN}$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{t,Rd}} = \frac{|106,02|}{357,72} = 29,6 \% \quad (6.5) \quad \text{spełniony}$$

9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: **Komb#246 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,25 \cdot L = 0,25 \cdot 1224,00 = 306,00$ cm

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{54,65 \cdot 23,50}{1} = 1284,29 \text{ kNcm} = 12,843 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed1}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-85,57)|}{1284,29} = 6,7 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: **Komb#245 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,75 \cdot L = 0,75 \cdot 1224,00 = 918,00$ cm

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{54,65 \cdot 23,50}{1} = 1284,29 \text{ kNcm} = 12,843 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed1}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|(-16,61)|}{1284,29} = 1,3 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

11. Nośność przekroju przy ścinaniu (z):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Decydująca kombinacja: **Komb#247 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,81 \cdot L = 0,81 \cdot 1224,00 = 994,50 \text{ cm}$

$$A_{V,z} = \frac{A \cdot h}{b + h} = 7,61 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{V,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{7,61 \cdot 23,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 103,26 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed,11} = 1,15 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left(1 - \frac{\tau_{Txz,Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left(1 - \frac{0,02}{23,50} \right) \cdot 103,26 = 103,14 \text{ kN} \quad (6.28)$$

$$\eta_{V,z} = \frac{|V_{y,Ed,11}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|0|}{103,14} = 1,1 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): **Komb#246 [1] (1,000)**

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,53 \cdot L = 0,53 \cdot 1224,00 = 650,25 \text{ cm}$

$$V_{z,Ed,1} = 0,42 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,z}/2 = 51,63 \text{ kN} \rightarrow \text{Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.} \quad 6.2.8 (2)$$

$$V_{y,Ed,1} = 0,02 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,y}/2 = 51,63 \text{ kN} \rightarrow \text{Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.} \quad 6.2.8 (2)$$

13. Sprawdzenie interakcji zginania z siłą normalną

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): **Komb#246 [1] (1,000)**

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,53 \cdot L = 0,53 \cdot 1224,00 = 650,25 \text{ cm}$

$$n = \frac{|N_{Ed,1}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{106,02}{357,72} = 29,6 \% \geq 25\%$$

$$|N_{Ed,1}| = 106,02 \text{ kN} \geq N_{Rd,w}/2 = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{9,20 \cdot 0,40 \cdot 23,50}{2 \cdot 1} = 43,24 \text{ kN}$$

$$\alpha_f = \min \left(\frac{A - 2 \cdot h \cdot t_w}{A} ; 0,5 \right) = \min \left(\frac{15,22 - 2 \cdot 10,00 \cdot 0,40}{15,22} ; 0,5 \right) = 0,47$$

$$\alpha_w = \min \left(\frac{A - 2 \cdot b \cdot t_f}{A} ; 0,5 \right) = \min \left(\frac{15,22 - 2 \cdot 10,00 \cdot 0,40}{15,22} ; 0,5 \right) = 0,47$$

$$\rho_{N_y} = \max \left(\frac{1 - n/100}{1 - 0,5 \cdot a_w}; 0,01 \right) = \max \left(\frac{1 - 29,6/100}{1 - 0,5 \cdot 0,47}; 0,01 \right) = 0,922$$

$$\rho_{N_z} = \max \left(\frac{1 - n/100}{1 - 0,5 \cdot a_w}; 0,01 \right) = \max \left(\frac{1 - 29,6/100}{1 - 0,5 \cdot 0,47}; 0,01 \right) = 0,922$$

$$M_{N_y,Rd} = \min (M_{y,V,Rd} \cdot \rho_{N_y}; M_{y,V,Rd}) = \min (1284,29 \cdot 0,922; 1284,29) = 1184,67 \text{ kNcm} = 11,847 \text{ kNm}$$

$$M_{N_z,Rd} = \min (M_{z,V,Rd} \cdot \rho_{N_z}; M_{z,V,Rd}) = \min (1284,29 \cdot 0,922; 1284,29) = 1184,67 \text{ kNcm} = 11,847 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed1}}{M_{N_y,Rd}} = \frac{(-48,28)}{1184,67} = 4,1 \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed1}}{M_{N_z,Rd}} = \frac{(-6,34)}{1184,67} = 0,5 \%$$

$$\alpha_{MN} = \max \left(\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (n/100)^2}; 6 \right); 1 \right) = \max \left(\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (29,6/100)^2}; 6 \right); 1 \right) = 1,8$$

$$\beta_{MN} = \alpha_{MN} = 1,8 = 1,8$$

$$\eta_{MN,3} = \left(\frac{M_{y,Ed1}}{M_{N_y,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left(\frac{M_{z,Ed1}}{M_{N_z,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left(\frac{(-48,28)}{1184,67} \right)^{1,8} + \left(\frac{(-6,34)}{1184,67} \right)^{1,8} = 0,3 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max (\eta_{MN,1}; \eta_{MN,2}; \eta_{MN,3}; \eta_N) = \max (4,1; 0,5; 0,3; 29,6) = 29,6 \% \quad \text{spełniony}$$

14. Nośność na wyboczenie:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Wyboczenie: **Komb #246 [1] (1,000)**

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,53 \cdot L = 0,53 \cdot 1224,00 = 650,25 \text{ cm}$

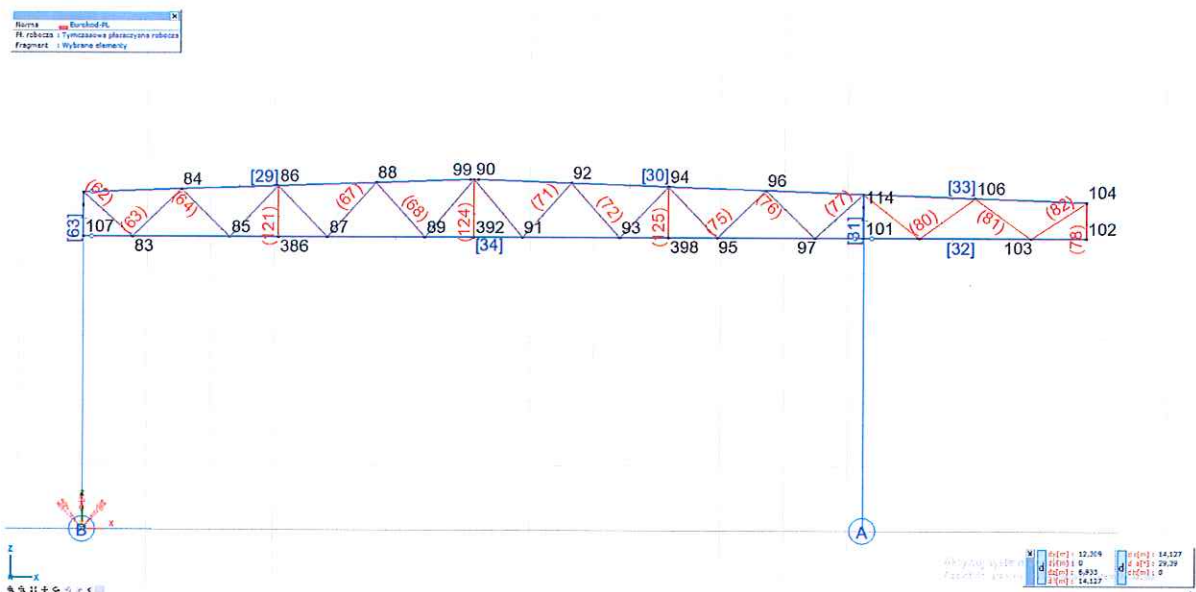
$N_{Ed1} = 106,02 \text{ kN}$ (Pret poddany rozciąganiu)

$$\eta_{N_b} = \eta_N = 29,6 \%$$

5. Obliczenia statyczne – dźwigar oś 1

Kombinatoryka obciążeń zgodnie z PN-EN 1990 Podstawy projektowania konstrukcji. Obliczenia statyczne i wymiarowanie konstrukcji przeprowadzono programem obliczeniowym Axis VM. Rezultatem obliczeń są przyjęte przekroje nośne konstrukcji obiektu przedstawione w części graficznej.

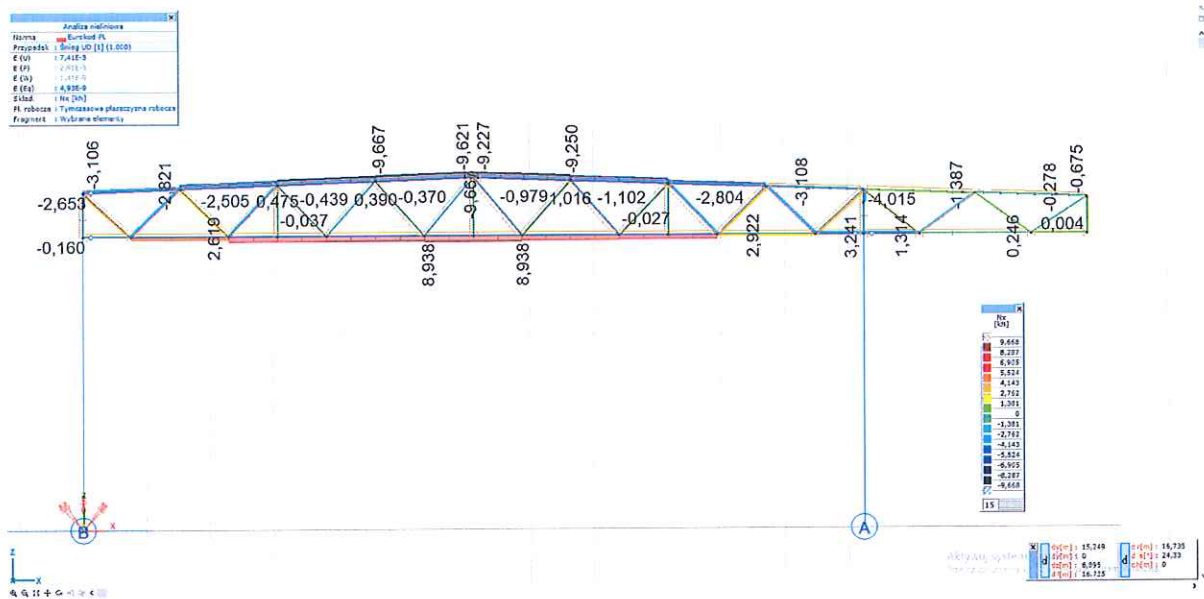
5.1. Oznaczenie elementów składowych dźwigara oś 1



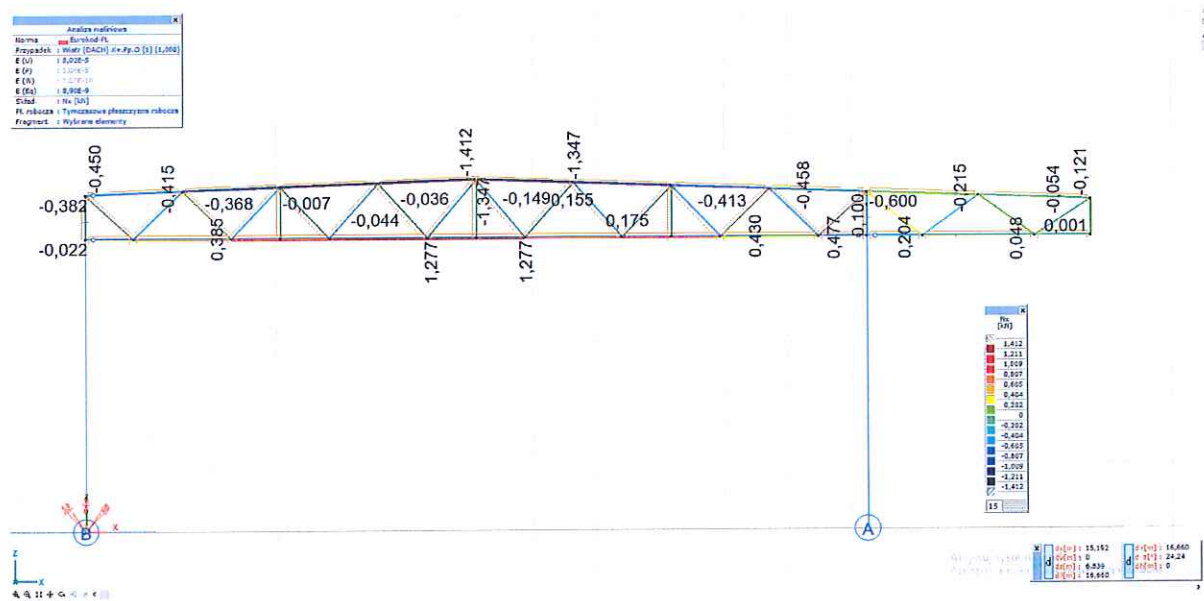
5.1.1. Wykres sił wewnętrznych – siła osiowa N_x – ciężar własny



5.1.2. Wykres sił wewnętrznych – siła osiowa N_x – śnieg



5.1.3. Wykres sił wewnętrznych – siła osiowa N_x – wiatr (wybrany przypadek obc. wiatrem)



Analiza nieliniowa

Norma: **Burmistrz PL**

Przypadek: **Obciążenie 16N**

Ciężkość: **500 (x, y)**

E (U): **2,20E+8**

E (F): **4,07E+8**

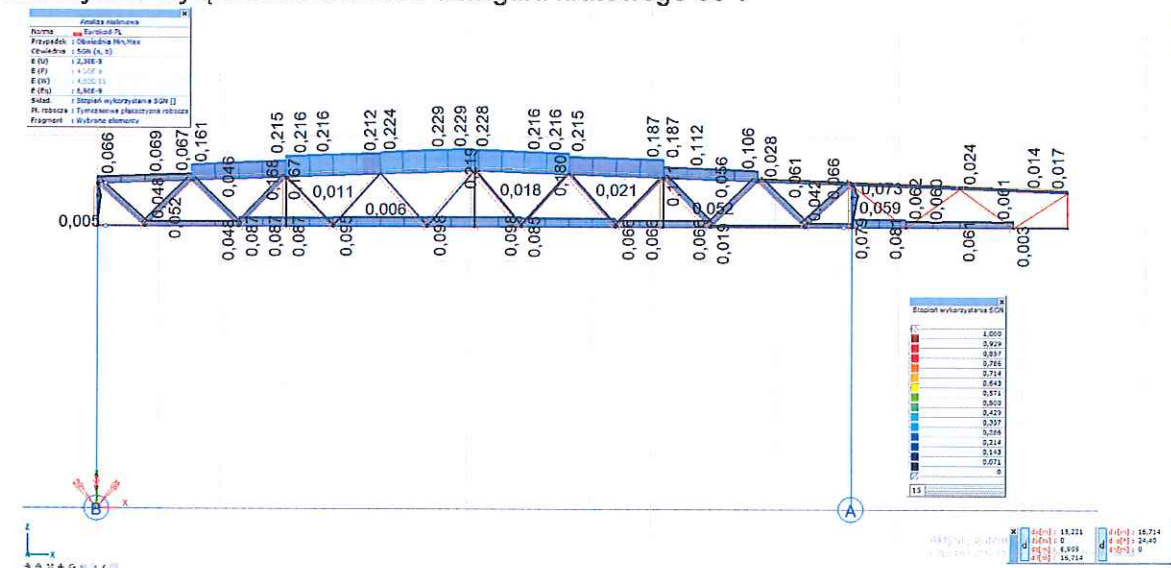
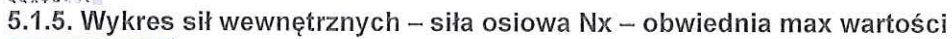
E (W): **8,00E+8**

E (R): **8,56E+8**

Ciężkość: **100 (x, y)**

PL robocze: **Tymczasowe płaszczyzny robocze**

Fragment: **Wybrane elementy**



5.2.1 Obliczenia wymiarujące pas górny dźwigar oś 1

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: 31

Węzły: 100-92

Norma: Eurokod-PL

Materiał: S 235

Przekrój poprzeczny: 80x80x4

Przypadek obciążenia: Nielin., Obwiednia (SGN (a, b))

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: 1,0

1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie

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

Decydująca kombinacja: Komb #205 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 146,86 = 146,86$ cm

$$N_{Ed11} = -26,72 \text{ kN} \quad V_{y,Ed11} = 0,03 \text{ kN} \quad V_{z,Ed11} = 0,10 \text{ kN} \quad M_{y,Ed11} = -2,66 \text{ kNm} = -0,027 \text{ kNm} \quad M_{z,Ed11} = -1,82 \text{ kNm} = -0,018 \text{ kNm} \quad M_{x,Ed11} = -6,14 \text{ kNm} = -0,061 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \max(\eta_N; \eta_{M_{y,pl}}; \eta_{M_{z,pl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = \max(9,7; 0,3; 0,2; 0,1; 0) = 9,7\% \quad \text{spełniony}$$

2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętnie

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

Decydująca kombinacja: Komb #205 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 146,86 = 0$ cm

$$C_{my} = 1$$

$$C_{mz} = 1$$

$$f_{yy} = \min(\lambda_y^* - 0,2; 0,8) = \min(0,57 - 0,2; 0,8) = 0,371$$

$$f_{zz} = \max(\min(\lambda_z^* - 0,2; 0,8); 0) = \max(\min(1,14 - 0,2; 0,8); 0) = 0,8$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + f_{yy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 0,371 \cdot \frac{\frac{|(-26,72)|}{0,80 \cdot 276,03}}{1} \right) = 1,045$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,045 = 0,627 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,168 = 0,701$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + f_{zz} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{\frac{|(-26,72)|}{0,46 \cdot 276,03}}{1} \right) = 1,168 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = 0,80 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = 0,46 \quad (6.49)$$

$$\eta_{NMBuckl_1} = \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed1}|}{M_{pl,Rd,y}}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed1}|}{M_{pl,Rd,z}}}{\gamma_{M1}} = \frac{|(-26,72)|}{0,80 \cdot 276,03} + 1,045 \cdot \frac{|(-6,10)|}{776,99} + 0,701 \cdot \frac{|2,95|}{776,99} = 13,2$$

% (6.61)

$$\eta_{NMBuckl_2} = \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed1}|}{M_{pl,Rd,y}}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed1}|}{M_{pl,Rd,z}}}{\gamma_{M1}} = \frac{|(-26,72)|}{0,46 \cdot 276,03} + 0,627 \cdot \frac{|(-6,10)|}{776,99} + 1,168 \cdot \frac{|2,95|}{776,99} = 21,9$$

% (6.62)

$$\eta_{NMBuckl} = 21,9\% \quad \text{spełniony}$$

4. Nośność przekroju przy ścinaniu (y):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Decydująca kombinacja: **Komb#249 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,75 \cdot L = 0,75 \cdot 146,86 = 110,15$ cm

$$A_{Vy} = \frac{A \cdot b}{b + h} = 5,87 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{Vy} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{5,87 \cdot 23,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 79,68 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed1} = -8,26 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left(1 - \frac{\tau_{T,xy,Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left(1 - \frac{0,20}{23,50} \right) \cdot 79,68 = 78,53 \text{ kN} \quad (6.28)$$

$$\eta_{Vy} = \frac{\frac{|V_{y,Ed1}|}{V_{pl,T,Rd,y}}}{\gamma_{M1}} = \frac{|0,06|}{78,53} = 0,1\% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

5. Nośność środnika przy ścinaniu (niestateczność):

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

Decydująca kombinacja: **Komb#217 [1] (1,000)**Klasa przekroju: **1** (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)Położenie przekroju decydującego: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 146,86 = 146,86$ cm

$$a_{max} = 1,47$$

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

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 8,00 - 2 \cdot 0,40 = 7,20$$
 cm

$$\text{Bez usztywnienia} \rightarrow k_r = 5,34 \quad \text{(A.5)}$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_r}}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 79,68 = 79,68 \text{ kN} \quad \text{(5.1 (2))}$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed1}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|0,10|}{79,68} = 0,1 \% \quad \text{(5.10)} \quad \text{spełniony}$$

6. Ścinanie środkiem-Zginanie-Siła normalna

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

Decydująca kombinacja: **Komb#204 [1] (1,000)**Klasa przekroju: **1** (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)Położenie przekroju decydującego: $x = 0,35 \cdot L = 0,35 \cdot 146,86 = 51,40$ cm

$$M_{f,Rd} = (b + 2 \cdot b_2) \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = (8,00 + 2 \cdot 0) \cdot 0,40 \cdot 23,50 \cdot (8,00 - 0,40) = 571,52 \text{ kNcm} = 5,715 \text{ kNm}$$

$$|M_{y,Ed}| \leq M_{f,Rd} \rightarrow \eta_{V_w MN} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-7,64)|}{776,99} = 1,0 \% \quad \text{(7.1)} \quad \text{spełniony}$$

Wyniki cząstkowe**8. Nośność przekroju przy sile normalnej:**

EN 1993-1-1: 6.2.4

Decydująca kombinacja: **Komb#205 [1] (1,000)**Klasa przekroju: **1** (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 146,86 = 73,43$ cm

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{11,75 \cdot 23,50}{1} = 276,03 \text{ kN} \quad \text{(6.10)}$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|(-26,72)|}{276,03} = 9,7 \% \quad \text{(6.9)} \quad \text{spełniony}$$

9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: **Komb#204 [1] (1,000)**

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,25 \cdot L = 0,25 \cdot 146,86 = 36,72$ cm

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{33,06 \cdot 23,50}{1} = 776,99 \text{ kNcm} = 7,770 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-7,52)|}{776,99} = 1,0 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: **Komb #249 [1] (1,000)**

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 146,86 = 0$ cm

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{33,06 \cdot 23,50}{1} = 776,99 \text{ kNcm} = 7,770 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|7,04|}{776,99} = 0,9 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

11. Nośność przekroju przy ścinaniu (z):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Decydująca kombinacja: **Komb #217 [1] (1,000)**

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,98 \cdot L = 0,98 \cdot 146,86 = 143,19$ cm

$$A_{Vz} = \frac{A \cdot h}{b + h} = 5,87 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{Vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{5,87 \cdot 23,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 79,68 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed10} = -7,20 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left(1 - \frac{\tau_{T,xz,Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left(1 - \frac{0,17}{23,50} \right) \cdot 79,68 = 78,68 \text{ kN} \quad (6.28)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{y,Ed10}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|0,04|}{78,68} = 0,1 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): **Komb #205 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 146,86 = 146,86$ cm

$V_{z,Ed,11} = 0,10$ kN $\leq V_{pl,Rd,z} / 2 = 39,84$ kN \rightarrow Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny. **6.2.8**

(2)

$V_{y,Ed,11} = 0,03$ kN $\leq V_{pl,Rd,y} / 2 = 39,84$ kN \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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): **Komb #205 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 146,86 = 146,86$ cm

$$n = \frac{|N_{Ed,11}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{26,72}{276,03} = 9,7 \% \leq 25\%$$

$$|N_{Ed,11}| = 26,72 \text{ kN} \leq N_{Rd,w} / 2 = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{7,20 \cdot 0,40 \cdot 23,50}{2 \cdot 1} = 33,84 \text{ kN}$$

$$M_{Ny,Rd} = M_{y,V,Rd} = 776,99 = 776,99 \text{ kNcm} = 7,770 \text{ kNm}$$

$$M_{Nz,Rd} = M_{z,V,Rd} = 776,99 = 776,99 \text{ kNcm} = 7,770 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed,11}}{M_{Ny,Rd}} = \frac{(-2,66)}{776,99} = 0,3 \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed,11}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{(-1,82)}{776,99} = 0,2 \%$$

$$\alpha_{MN} = \max \left(\min \left(\frac{1,66}{(1 - 1,13 \cdot (n/100))^2} ; 6 \right) ; 1 \right) = \max \left(\min \left(\frac{1,66}{(1 - 1,13 \cdot (9,7/100))^2} ; 6 \right) ; 1 \right) = 1,7$$

$$\beta_{MN} = \alpha_{MN} = 1,7 = 1,7$$

$$\eta_{MN,3} = \left(\frac{M_{y,Ed,11}}{M_{Ny,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left(\frac{M_{z,Ed,11}}{M_{Nz,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left(\frac{(-2,66)}{776,99} \right)^{1,7} + \left(\frac{(-1,82)}{776,99} \right)^{1,7} = 0 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max (\eta_{MN,1} ; \eta_{MN,2} ; \eta_{MN,3} ; \eta_N) = \max (0,3 ; 0,2 ; 0 ; 9,7) = 9,7 \% \quad \text{spełniony}$$

14. Nośność na wyboczenie:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Wyboczenie: **Komb #205 [1] (1,000)**

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 146,86 = 0$ cm

$$K_y = 1,12$$

$$K_z = 2,25$$

$$L_{cr_y} = K_y \cdot L = 1,12 \cdot 146,86 = 165,00 \text{ cm}$$

$$L_{cr_z} = K_z \cdot L = 2,25 \cdot 146,86 = 330,00 \text{ cm}$$

Krzywa wyboczenia wokół osi y: c [Tabela 6.2](#)

$$\rightarrow \alpha_y = 0,49 \text{ [Tabela 6.1](#)}$$

Krzywa wyboczenia wokół osi z: c [Tabela 6.2](#)

$$\rightarrow \alpha_z = 0,49 \text{ [Tabela 6.1](#)}$$

$$\lambda_y^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{11,75 \cdot 23,50}{845,15}} = 0,57 \quad (6.50)$$

$$\lambda_z^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{11,75 \cdot 23,50}{211,29}} = 1,14 \quad (6.50)$$

$$\phi_y = \frac{1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y^* - 0,2) + \lambda_y^{*2}}{2} = \frac{1 + 0,49 \cdot (0,57 - 0,2) + 0,57^2}{2} = 0,7543$$

$$\phi_z = \frac{1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z^* - 0,2) + \lambda_z^{*2}}{2} = \frac{1 + 0,49 \cdot (1,14 - 0,2) + 1,14^2}{2} = 1,3842$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,7543 + \sqrt{0,7543^2 - 0,57^2}}; 1 \right) = 0,80 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{1,3842 + \sqrt{1,3842^2 - 1,14^2}}; 1 \right) = 0,46 \quad (6.49)$$

$$\chi = \min(\chi_y; \chi_z) = \min(0,80; 0,46) = 0,46 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,46 \cdot 11,75 \cdot 23,50}{1} = 127,49 \text{ kN} \quad (6.47)$$

$$\eta_{N_b} = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|(-26,72)|}{127,49} = 21,0 \% \quad (6.46) \quad \text{spełniony}$$

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: 80

Węzły: 392-91

Norma: Eurokod-PL

Materiał: S 235

Przekrój poprzeczny: 80x80x4

Przypadek obciążenia: Nielin., Obwiednia (SGN (a, b))

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: 1,0

1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie

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

Decydująca kombinacja: **Komb#204 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 76,50 = 38,25$ cm

$$N_{Ed1} = 27,16 \text{ kN} \quad V_{y,Ed1} = -0,02 \text{ kN} \quad V_{z,Ed1} = 0,05 \text{ kN} \quad M_{y,Ed1} = -6,63 \text{ kNm} = -0,066 \text{ kNm} \quad M_{z,Ed1} = -7,38$$

$$\text{kNm} = -0,074 \text{ kNm} \quad M_{x,Ed1} = 0,29 \text{ kNm} = 0,003 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \max(\eta_N; \eta_{M_{y,pl}}; \eta_{M_{z,pl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = \max(9,8; 0,9; 0,9; 0,1; 0) = 9,8 \% \quad \text{spełniony}$$

2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętnie

EN 1993-1-1: 6.3.3

Decydująca kombinacja: **Komb#204 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 76,50 = 38,25$ cm

$$N_{Ed1} = 27,16 \text{ kN} \quad (\text{Pret poddany rozciąganiu})$$

$$\eta_{NMBuckl} = \eta_{NMV} = 9,8 \% \quad \text{spełniony}$$

4. Nośność przekroju przy ścinaniu (y):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Decydująca kombinacja: **Komb#244 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 76,50 = 0$ cm

$$A_{V_y} = \frac{A \cdot b}{b + h} = 5,87 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rdy} = \frac{A_{V_y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{5,87 \cdot 23,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 79,68 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed1} = 0,49 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left(1 - \frac{\tau_{T,xy,Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left(1 - \frac{0,01}{23,50} \right) \cdot 79,68 = 79,62 \text{ kN} \quad (6.28)$$

$$\eta_{V_y} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{pl,T,Rd,y}} = \frac{|(-0,03)|}{79,62} = 0 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

5. Nośność środka przy ścinaniu (niestateczność):

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

Decydująca kombinacja: **Komb #204 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 76,50 = 76,50 \text{ cm}$

$a_{max} = 0,76$

$\eta_w = 1,2$ 5.2 (2) NOTE 2

$h_w = h - 2 \cdot t_f = 8,00 - 2 \cdot 0,40 = 7,20 \text{ cm}$

Bez usztywnienia $\rightarrow k_\tau = 5,34$ (A.5)

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\tau}}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 79,68 = 79,68 \text{ kN} \quad (5.1 (2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|0,09|}{79,68} = 0,1 \% \quad (5.10) \quad \text{spełniony}$$

6. Ścinanie środka-Zginanie-Siła normalna

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

Decydująca kombinacja: **Komb #204 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 76,50 = 0 \text{ cm}$

$M_{f,Rd} = (b + 2 \cdot b_2) \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = (8,00 + 2 \cdot 0) \cdot 0,40 \cdot 23,50 \cdot (8,00 - 0,40) = 571,52 \text{ kNcm} = 5,715 \text{ kNm}$

$$|M_{y,Ed}| \leq M_{f,Rd} \rightarrow \eta_{V_{w,MN}} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-7,81)|}{776,99} = 1,0 \% \quad (7.1) \quad \text{spełniony}$$

Wyniki cząstkowe

8. Nośność przekroju przy sile normalnej:

EN 1993-1-1: 6.2.4

Decydująca kombinacja: **Komb #204 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 76,50 = 38,25$ cm

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{11,75 \cdot 23,50}{1} = 276,03 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 11,75 \cdot 36,00}{1,1} = 345,97 \text{ kN} \quad (6.7)$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(276,03; 345,97) = 276,03 \text{ kN}$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed}|}{N_{t,Rd}} = \frac{|27,16|}{276,03} = 9,8 \% \quad (6.5) \quad \text{spełniony}$$

9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: **Komb#204 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 76,50 = 0$ cm

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{33,06 \cdot 23,50}{1} = 776,99 \text{ kNcm} = 7,770 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-7,81)|}{776,99} = 1,0 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: **Komb#244 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 76,50 = 0$ cm

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{33,06 \cdot 23,50}{1} = 776,99 \text{ kNcm} = 7,770 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|(-10,91)|}{776,99} = 1,4 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

11. Nośność przekroju przy ścinaniu (z):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Decydująca kombinacja: **Komb#204 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,95 \cdot L = 0,95 \cdot 76,50 = 72,68$ cm

$$A_{Vz} = \frac{A \cdot h}{b + h} = 5,87 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{Vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{5,87 \cdot 23,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 79,68 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed10} = 0,29 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left(1 - \frac{\tau_{Txz,Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left(1 - \frac{0,01}{\frac{23,50}{\sqrt{3} \cdot 1}} \right) \cdot 79,68 = 79,64 \text{ kN} \quad (6.28)$$

$$\eta_{Vz} = \frac{|V_{y,Ed10}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|(-0,02)|}{79,64} = 0,1 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): Komb#204 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 76,50 = 38,25 \text{ cm}$

$$V_{z,Ed1} = 0,05 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,z}/2 = 39,84 \text{ kN} \rightarrow \text{Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.} \quad 6.2.8 (2)$$

$$V_{y,Ed1} = -0,02 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,y}/2 = 39,84 \text{ kN} \rightarrow \text{Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.} \quad 6.2.8$$

(2)

13. Sprawdzenie interakcji zginania z siłą normalną

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): Komb#204 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 76,50 = 38,25 \text{ cm}$

$$n = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{27,16}{276,03} = 9,8 \% \leq 25\%$$

$$|N_{Ed1}| = 27,16 \text{ kN} \leq N_{Rd,w}/2 = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{7,20 \cdot 0,40 \cdot 23,50}{2 \cdot 1} = 33,84 \text{ kN}$$

$$M_{Ny,Rd} = M_{y,V,Rd} = 776,99 = 776,99 \text{ kNcm} = 7,770 \text{ kNm}$$

$$M_{Nz,Rd} = M_{z,V,Rd} = 776,99 = 776,99 \text{ kNcm} = 7,770 \text{ kNm}$$

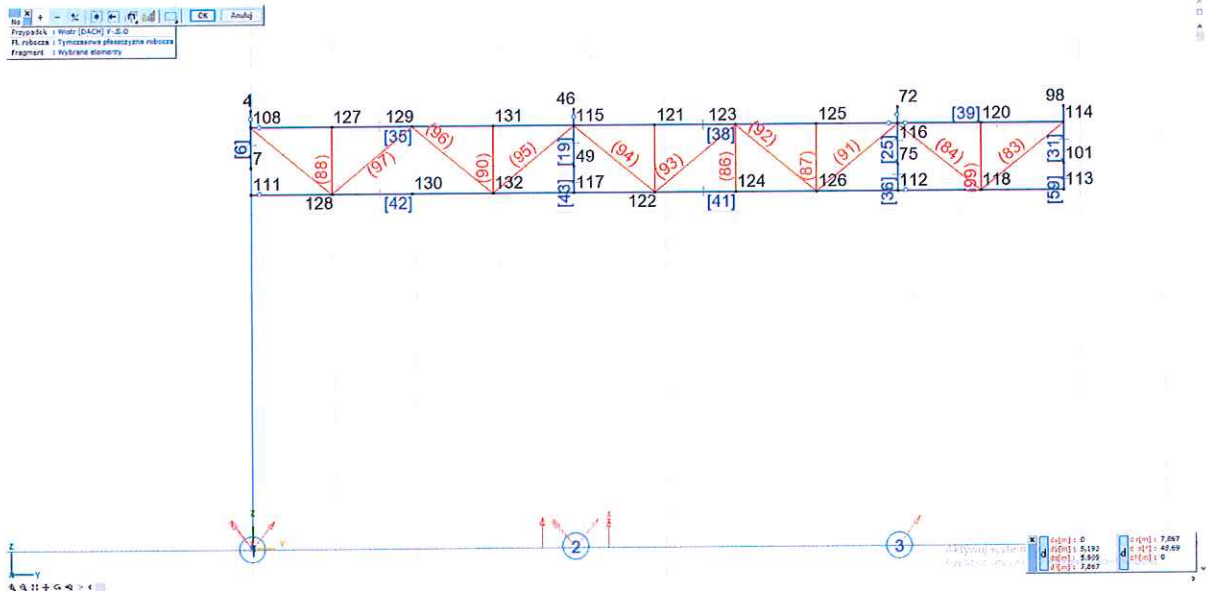
$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed1}}{M_{Ny,Rd}} = \frac{(-6,63)}{776,99} = 0,9 \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed1}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{(-7,38)}{776,99} = 0,9 \%$$

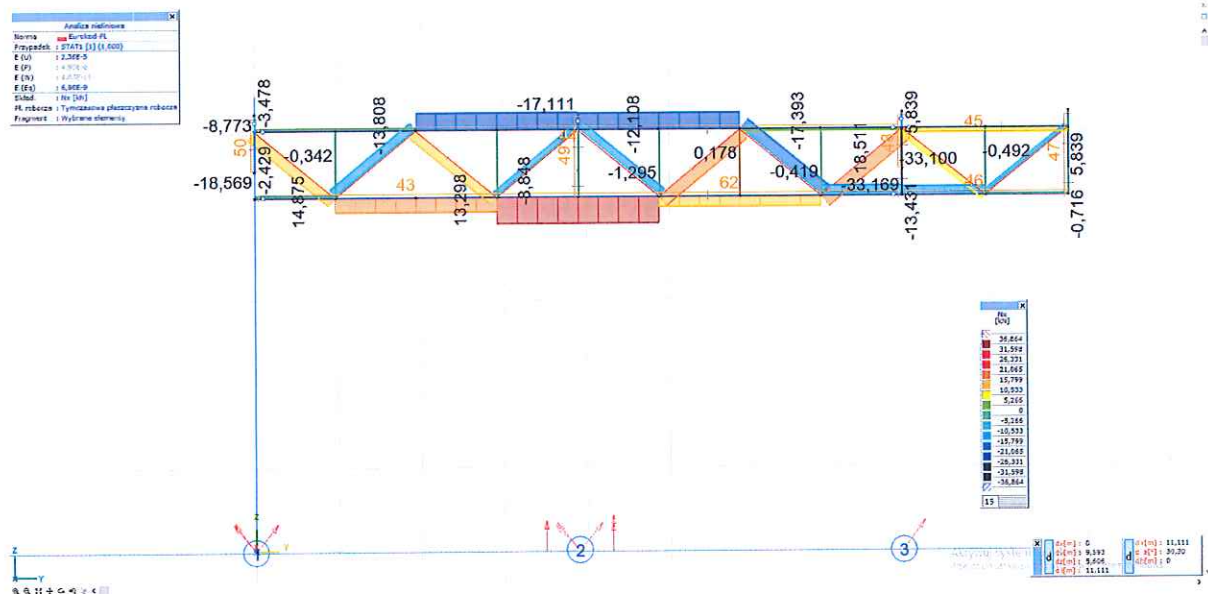
6. Obliczenia statyczne – podciąg oś A

Kombinatoryka obciążeń zgodnie z PN-EN 1990 Podstawy projektowania konstrukcji. Obliczenia statyczne i wymiarowanie konstrukcji przeprowadzono programem obliczeniowym Axis VM. Rezultatem obliczeń są przyjęte przekroje nośne konstrukcji obiektu przedstawione w części graficznej.

6.1. Oznaczenie elementów składowych dźwigara oś A

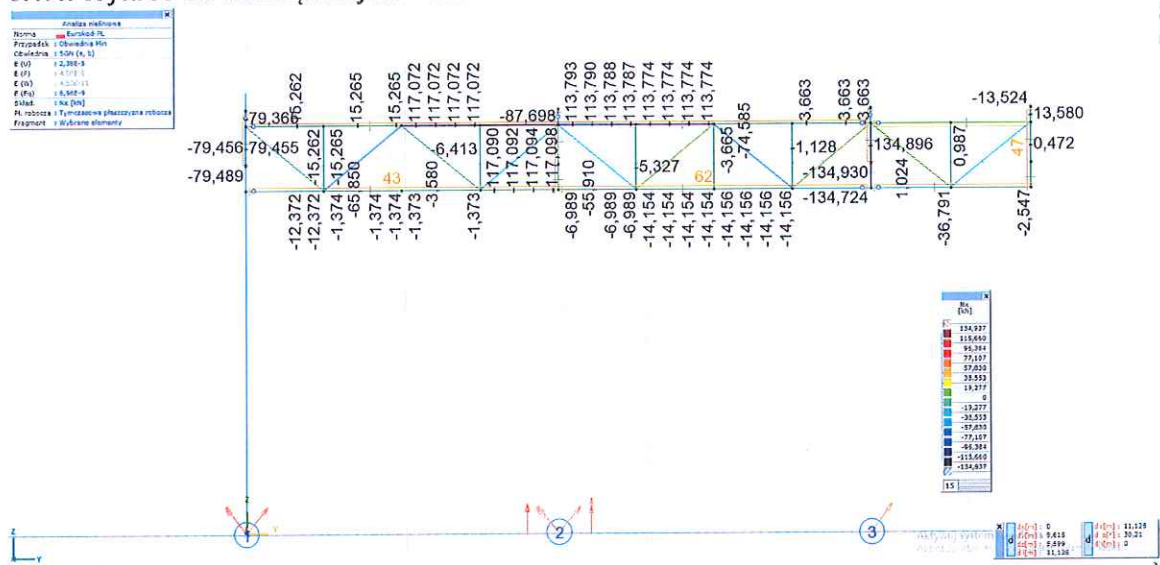


6.1.1. Wykres sił wewnętrznych – siła osiowa N_x – ciężar własny

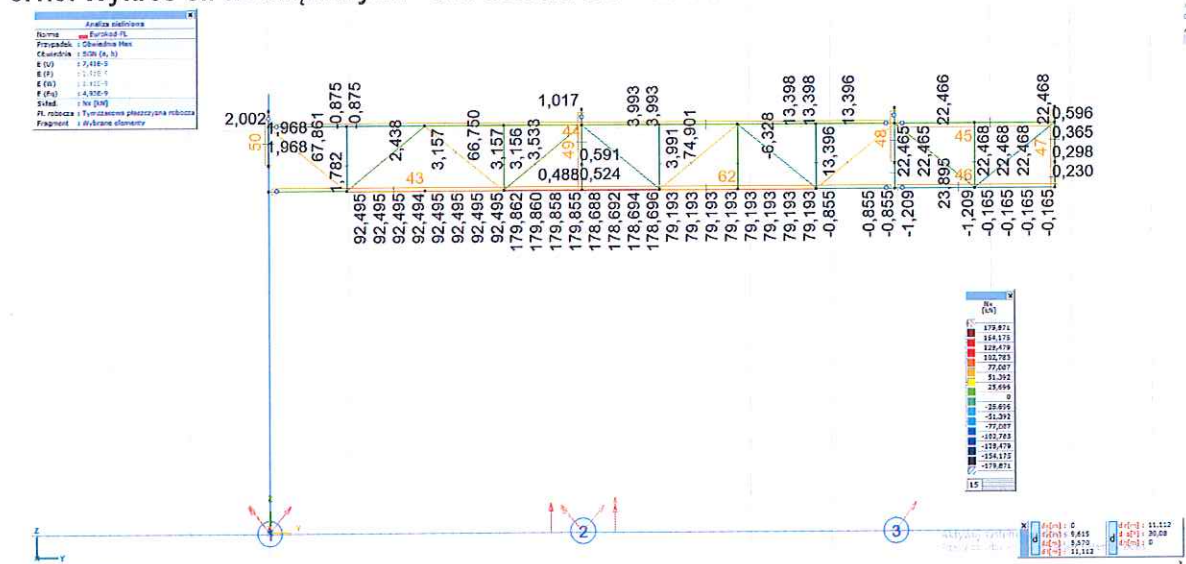


[illegible]

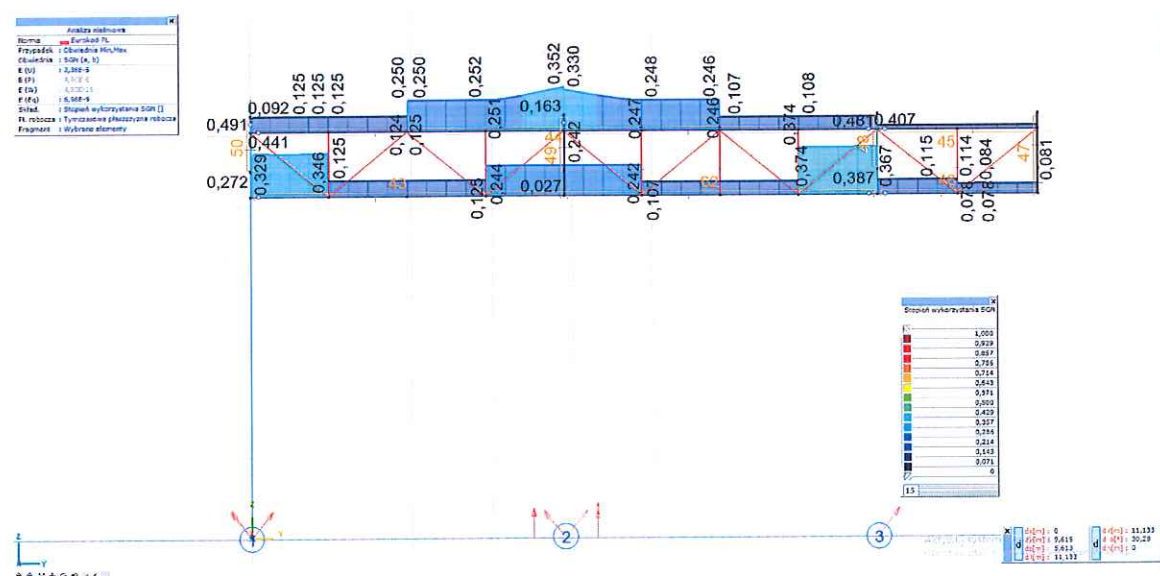
6.1.4. Wykres sił wewnętrznych – siła osiowa N_x – obwiednia min wartości



6.1.5. Wykres sił wewnętrznych – siła osiowa N_x – obwiednia max wartości



6.2. Wykres wyłączenia elementów dźwigara kratowego oś A



6.2.1 Obliczenia wymiarujące pas górny dźwigar oś A

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: 44

Węzły: 108-116

Norma: Eurokod-PL

Materiał: S 235

Przekrój poprzeczny: HE 140 A

Przypadek obciążenia: Nielin., Obwiednia (SGN (a, b))

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: 1,0

1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie

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

Decydująca kombinacja: Komb #245 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 780,00 = 390,00$ cm

$$N_{Ed11} = -116,92 \text{ kN} \quad V_{y,Ed11} = -0,25 \text{ kN} \quad V_{z,Ed11} = -5,73 \text{ kN} \quad M_{y,Ed11} = -652,84 \text{ kNm} = -6,528 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed11} = 22,15 \text{ kNm} = 0,221 \text{ kNm} \quad M_{x,Ed11} = -0,30 \text{ kNm} = -0,003 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \eta_{MN} = 16,7 = 16,7 \% \quad \text{spełniony}$$

2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętne

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

Decydująca kombinacja: Komb #245 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 780,00 = 390,00$ cm

$$C_{my} = \max(0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{my}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{my}) = \max(0,95 + 0,05 \cdot 0,6, 0,9 + 0,1 \cdot 0,6) = 0,98 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$C_{mz} = \max(0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{mz}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{mz}) = \max(0,95 + 0,05 \cdot 0,436, 0,9 + 0,1 \cdot 0,436) = 0,972 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$f_{yy} = \min(\lambda_y^* - 0,2; 0,8) = \min(0,17 - 0,2; 0,8) = 0$$

$$f_{zz} = \min(2 \cdot \lambda_z^* - 0,6; 1,4) = \min(2 \cdot 0,29 - 0,6; 1,4) = 0$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + f_{yy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 0,98 \cdot \left(1 + 0 \cdot \frac{\frac{|(-116,92)|}{1,00 \cdot 738,41}}{1} \right) = 0,98$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,98 = 0,588 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,972 = 0,583$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + f_{zz} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 0,972 \cdot \left(1 + 0 \cdot \frac{\frac{|(-116,92)|}{0,95 \cdot 738,41}}{1} \right) = 0,972 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = 1,00 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = 0,95 \quad (6.49)$$

$$\eta_{NMBuckl_1} = \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed11}|}{M_{pl,Rdy}}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed11}|}{M_{pl,Rdz}}}{\gamma_{M1}} = \frac{|(-116,92)|}{1,00 \cdot 738,41} + 0,98 \cdot \frac{|(-652,84)|}{4077,13} + 0,583 \cdot \frac{|22,15|}{1993,94} =$$

$$= 32,2 \% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMBuckl_2} = \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed11}|}{M_{pl,Rdy}}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed11}|}{M_{pl,Rdz}}}{\gamma_{M1}} = \frac{|(-116,92)|}{0,95 \cdot 738,41} + 0,588 \cdot \frac{|(-652,84)|}{4077,13} + 0,972 \cdot \frac{|22,15|}{1993,94} =$$

$$= 27,1 \% \quad (6.62)$$

$$\eta_{NMBuckl} = 32,2 \% \quad \text{spełniony}$$

3. Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie

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

Decydująca kombinacja: **Komb #245 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 780,00 = 390,00$ cm

$$C_{my} = \max(0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{my}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{my}) = \max(0,95 + 0,05 \cdot 0,6, 0,9 + 0,1 \cdot 0,6) = 0,98 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$C_{mz} = \max(0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{mz}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{mz}) = \max(0,95 + 0,05 \cdot 0,436, 0,9 + 0,1 \cdot 0,436) = 0,972 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$C_{mLT} = \max(0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{mLT}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{mLT}) = \max(0,95 + 0,05 \cdot 0,566, 0,9 + 0,1 \cdot 0,566) = 0,978 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$f_{yy} = \min(\lambda_y^* - 0,2; 0,8) = \min(0,17 - 0,2; 0,8) = 0$$

$$f_{zy} = \min \left(\frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25}; \frac{0,1 \cdot \lambda_z^*}{C_{mLT} - 0,25} \right) = \min \left(\frac{0,1}{0,978 - 0,25}; \frac{0,1 \cdot 0,29}{0,978 - 0,25} \right) = 0,04$$

$$f_{zz} = \min(2 \cdot \lambda_z^* - 0,6; 1,4) = \min(2 \cdot 0,29 - 0,6; 1,4) = 0$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + f_{yy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 0,98 \cdot \left(1 + 0 \cdot \frac{|(-116,92)|}{1,00 \cdot 738,41} \right) = 0,98$$

$$k_{zy} = \min \left(1 - f_{zy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} ; 0,6 + \lambda_z^* \right) = \min \left(1 - 0,04 \cdot \frac{\frac{|(-116,92)|}{0,95 \cdot 738,41}}{1} ; 0,6 + 0,29 \right) = 0,894 \quad \text{Tabela Annex B.1, B.2}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,972 = 0,583$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + f_{zz} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 0,972 \cdot \left(1 + 0 \cdot \frac{\frac{|(-116,92)|}{0,95 \cdot 738,41}}{1} \right) = 0,972 \quad \text{Tabela Annex B.1, B.2}$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}} ; 1 \right) = 1,00 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}} ; 1 \right) = 0,95 \quad (6.49)$$

$$\chi_{LT} = \min \left(\frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} ; 1 \right) = 0,84 \quad (6.56)$$

$$\begin{aligned} \eta_{NMLTBuck1} &= \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed11}|}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,Rdy}}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed11}|}{M_{pl,Rdz}}}{\gamma_{M1}} = \\ &= \frac{\frac{|(-116,92)|}{1,00 \cdot 738,41}}{1} + 0,98 \cdot \frac{\frac{|(-652,84)|}{0,84 \cdot 4077,13}}{1} + 0,583 \cdot \frac{\frac{|22,15|}{1993,94}}{1} = 35,2 \% \quad (6.61) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{NMLTBuck2} &= \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed11}|}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,Rdy}}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed11}|}{M_{pl,Rdz}}}{\gamma_{M1}} = \\ &= \frac{\frac{|(-116,92)|}{0,95 \cdot 738,41}}{1} + 0,894 \cdot \frac{\frac{|(-652,84)|}{0,84 \cdot 4077,13}}{1} + 0,972 \cdot \frac{\frac{|22,15|}{1993,94}}{1} = 34,8 \% \quad (6.62) \end{aligned}$$

$$\eta_{NMLTBuck1} = 35,2 \% \quad \text{spełniony}$$

4. Nośność przekroju przy ścinaniu (y):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Decydująca kombinacja: Komb#219 [1] (1,000)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,38 \cdot L = 0,38 \cdot 780,00 = 292,50 \text{ cm}$

$$A_{V,y} = 2 \cdot b \cdot t_f = 23,80 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{V,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{23,80 \cdot 23,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 322,91 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed_1} = -0,29 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left(\sqrt{1 - \frac{\tau_{T,xy,Ed}}{1,25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left(\sqrt{1 - \frac{0,03}{1,25 \cdot \frac{23,50}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 322,91 = 322,63 \text{ kN} \quad (6.26)$$

$$\eta_{V_y} = \frac{|V_{y,Ed_1}|}{V_{pl,T,Rd,y}} = \frac{|(-0,30)|}{322,63} = 0,1 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

5. Nośność środnika przy ścinaniu (niestateczność):

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

Decydująca kombinacja: **Komb#244 [1] (1,000)**

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,38 \cdot L = 0,38 \cdot 780,00 = 292,50 \text{ cm}$

$$a_{max} = 7,8$$

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

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 13,30 - 2 \cdot 0,85 = 11,60 \text{ cm}$$

$$\text{Bez usztywnienia} \rightarrow k_\tau = 5,34 \quad (A.5)$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\tau}}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 137,43 = 137,43 \text{ kN} \quad (5.1 (2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed_1}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|(-6,16)|}{137,43} = 4,5 \% \quad (5.10) \quad \text{spełniony}$$

6. Ścinanie środnika-Zginanie-Siła normalna

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

Decydująca kombinacja: **Komb#245 [1] (1,000)**

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 780,00 = 390,00 \text{ cm}$

$$M_{f,Rd} = b \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = 14,00 \cdot 0,85 \cdot 23,50 \cdot (13,30 - 0,85) = 3481,64 \text{ kNcm} = 34,816 \text{ kNm}$$

$$\rho_{Nf} = \frac{1 - N_{Ed11}}{\left(\frac{(b \cdot t_f + b_2 \cdot t_{f2}) \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \right)} = \frac{1 - (-116,92)}{\left(\frac{(14,00 \cdot 0,85 + 14,00 \cdot 0,85) \cdot 23,50}{1} \right)} = 0,791$$

$$\left| M_{y,Ed11} \right| \leq M_{f,Rd} \cdot \rho_{Nf} \rightarrow \eta_{V_w^{MN}} = \frac{\left| M_{y,Ed11} \right|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{\left| (-652,84) \right|}{4077,13} = 16,0 \% \quad (7.1) \quad \text{spełniony}$$

Wyniki cząstkowe

8. Nośność przekroju przy sile normalnej:

EN 1993-1-1: 6.2.4

Decydująca kombinacja: **Komb #244 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,28 \cdot L = 0,28 \cdot 780,00 = 219,38 \text{ cm}$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{31,42 \cdot 23,50}{1} = 738,41 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\eta_N = \frac{\left| N_{Ed1} \right|}{N_{pl,Rd}} = \frac{\left| (-117,07) \right|}{738,41} = 15,9 \% \quad (6.9) \quad \text{spełniony}$$

9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: **Komb #220 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 780,00 = 390,00 \text{ cm}$

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{173,50 \cdot 23,50}{1} = 4077,13 \text{ kNcm} = 40,771 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{\left| M_{y,Ed1} \right|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{\left| (-578,47) \right|}{4077,13} = 14,2 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: **Komb #219 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 780,00 = 390,00 \text{ cm}$

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{84,85 \cdot 23,50}{1} = 1993,94 \text{ kNcm} = 19,939 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed_1}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|19,47|}{1993,94} = 1,0 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

11. Nośność przekroju przy ścinaniu (z):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Decydująca kombinacja: **Komb#244 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,38 \cdot L = 0,38 \cdot 780,00 = 292,50 \text{ cm}$

$$A_{V,z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 10,13 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{V,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{10,13 \cdot 23,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 137,43 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed_1} = -0,28 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left(\sqrt{1 - \frac{\tau_{T,xz,Ed}}{1,25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left(\sqrt{1 - \frac{0,02}{1,25 \cdot \frac{23,50}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 137,43 = 137,36 \text{ kN} \quad (6.26)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{y,Ed_1}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|(-0,27)|}{137,36} = 4,5 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): **Komb#245 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 780,00 = 390,00 \text{ cm}$

$$V_{z,Ed_{11}} = -5,73 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,z} / 2 = 68,72 \text{ kN} \rightarrow \text{Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.} \quad 6.2.8$$

(2)

$$V_{y,Ed_{11}} = -0,25 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,y} / 2 = 161,46 \text{ kN} \rightarrow \text{Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.}$$

6.2.8 (2)

13. Sprawdzenie interakcji zginania z siłą normalną

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): **Komb#245 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 780,00 = 390,00 \text{ cm}$

$$n = \frac{|N_{Ed11}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{116,92}{738,41} = 15,8 \% \leq 25\%$$

$$|N_{Ed11}| = 116,92 \text{ kN} \geq N_{Rd,w}/2 = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{11,60 \cdot 0,55 \cdot 23,50}{2 \cdot 1} = 74,97 \text{ kN}$$

$$a_f = \min \left(\frac{A - h \cdot t_w}{A}; 0,5 \right) = \min \left(\frac{31,42 - 13,30 \cdot 0,55}{31,42}; 0,5 \right) = 0,5$$

$$a_w = \min \left(\frac{A - 2 \cdot b \cdot t_f}{A}; 0,5 \right) = \min \left(\frac{31,42 - 2 \cdot 14,00 \cdot 0,85}{31,42}; 0,5 \right) = 0,24$$

$$\rho_{N_y} = \max \left(\frac{1 - n/100}{1 - 0,5 \cdot a_w}; 0,01 \right) = \max \left(\frac{1 - 15,8/100}{1 - 0,5 \cdot 0,24}; 0,01 \right) = 0,958$$

$$\rho_{N_z} = \max \left(\frac{1 - n/100}{1 - 0,5 \cdot a_w}; 0,01 \right) = \max \left(\frac{1 - 15,8/100}{1 - 0,5 \cdot 0,24}; 0,01 \right) = 0,958$$

$$M_{N_y,Rd} = \min (M_{y,V,Rd} \cdot \rho_{N_y}; M_{y,V,Rd}) = \min (4077,13 \cdot 0,958; 4077,13) = 3905,20 \text{ kNcm} = 39,052 \text{ kNm}$$

$$M_{N_z,Rd} = \min (M_{z,V,Rd} \cdot \rho_{N_z}; M_{z,V,Rd}) = \min (1993,94 \cdot 0,958; 1993,94) = 1993,94 \text{ kNcm} = 19,939 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed11}}{M_{N_y,Rd}} = \frac{(-652,84)}{3905,20} = 16,7 \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed11}}{M_{N_z,Rd}} = \frac{22,15}{1993,94} = 1,1 \%$$

$$\alpha_{MN} = 2$$

$$\beta_{MN} = \max (5 \cdot n/100; 1) = \max (5 \cdot 15,8/100; 1) = 1$$

$$\eta_{MN,3} = \left(\frac{M_{y,Ed11}}{M_{N_y,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left(\frac{M_{z,Ed11}}{M_{N_z,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left(\frac{(-652,84)}{3905,20} \right)^2 + \left(\frac{22,15}{1993,94} \right)^1 = 3,9 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max (\eta_{MN,1}; \eta_{MN,2}; \eta_{MN,3}; \eta_N) = \max (16,7; 1,1; 3,9; 15,8) = 16,7 \% \quad \text{spełniony}$$

14. Nośność na wyboczenie:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Wyboczenie: **Komb #245 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 780,00 = 390,00 \text{ cm}$

$$\alpha_{cr,Buck,y} = 228,11$$

$$N_{cr,y} = 26670,33 \text{ kN}$$

$K_y = 0,11$ Wartość obliczona automatycznie.

$$\alpha_{cr,Buck,z} = 73,19$$

$$N_{cr,z} = 8556,95 \text{ kN}$$

$$K_z = 0,12 \text{ Wartość obliczona automatycznie.}$$

$$L_{cr,y} = K_y \cdot L = 0,11 \cdot 780,00 = 89,61 \text{ cm}$$

$$L_{cr,z} = K_z \cdot L = 0,12 \cdot 780,00 = 97,11 \text{ cm}$$

Krzywa wyboczenia wokół osi y: b **Tabela 6.2**

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

Krzywa wyboczenia wokół osi z: c **Tabela 6.2**

$$\rightarrow \alpha_z = 0,49 \text{ **Tabela 6.1**}$$

$$\lambda_y^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{31,42 \cdot 23,50}{26670,33}} = 0,17 \quad (6.50)$$

$$\lambda_z^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{31,42 \cdot 23,50}{8556,95}} = 0,29 \quad (6.50)$$

$$\phi_y = \frac{1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y^* - 0,2) + \lambda_y^{*2}}{2} = \frac{1 + 0,34 \cdot (0,17 - 0,2) + 0,17^2}{2} = 0,5081$$

$$\phi_z = \frac{1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z^* - 0,2) + \lambda_z^{*2}}{2} = \frac{1 + 0,49 \cdot (0,29 - 0,2) + 0,29^2}{2} = 0,5661$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,5081 + \sqrt{0,5081^2 - 0,17^2}}; 1 \right) = 1,00 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,5661 + \sqrt{0,5661^2 - 0,29^2}}; 1 \right) = 0,95 \quad (6.49)$$

$$\chi = \min (\chi_y ; \chi_z) = \min (1,00 ; 0,95) = 0,95 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,95 \cdot 31,42 \cdot 23,50}{1} = 703,21 \text{ kN} \quad (6.47)$$

$$\eta_{N_b} = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|(-116,92)|}{703,21} = 16,6 \% \quad (6.46) \quad \text{spełniony}$$

15. Nośność na zwichrzenie:

EN 1993-1-1: 6.3.2

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Zwichrzenie: **Komb #245 [1] (1,000)**

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

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 780,00 = 390,00 \text{ cm}$

M_{cr} Metoda analizy: AutoMcr

$$M_{cr} = 7024,29 \text{ kNcm} = 70,243 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{173,50 \cdot 23,50}{7024,29}} = 0,76$$

Krzywa wyboczenia: b [Tabela 6.5](#)

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

$$\phi_{LT} = \frac{1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2}{2} = \frac{1 + 0,34 \cdot (0,76 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,76^2}{2} = 0,78$$

$$\chi_{LT} = \min \left(\frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} ; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,78 + \sqrt{0,78^2 - 0,75 \cdot 0,76^2}} ; 1 \right) = 0,84 \quad (6.57)$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,84 \cdot 173,50 \cdot 23,50}{1} = 3415,66 \text{ kNcm} = 34,157 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\eta_{M_b} = \frac{|M_{y,Ed1}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|(-652,84)|}{3415,66} = 19,1 \% \quad (6.54) \quad \text{spełniony}$$

7.1. Stopa fundamentowa SF3

Wymiarowanie stóp fundamentowych

Norma: Eurokod [PL]

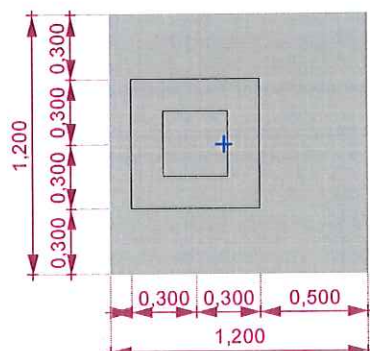
1. Parametry gruntu

Nazwa	Opis	Rzędna wierzchu z_i [m]	Grubość h_i [m]	Gęstość ρ_s [kg/m ³]	Kąt tarcia wewn. φ [°]	Spójność c [kN/m ²]	Moduł ściśliwości warstwy gruntu E_s [kN/m ²]
IS5	Plastyczny pył (e = 0,5)	0	6	2050	14,00	15	24231

2. Fundament

2.1. Parametry do wymiarowania fundamentu

Geometria:



Materiały

Beton: C20/25

$$f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Gęstość: } \rho_C = 2200 \text{ kg/m}^3$$

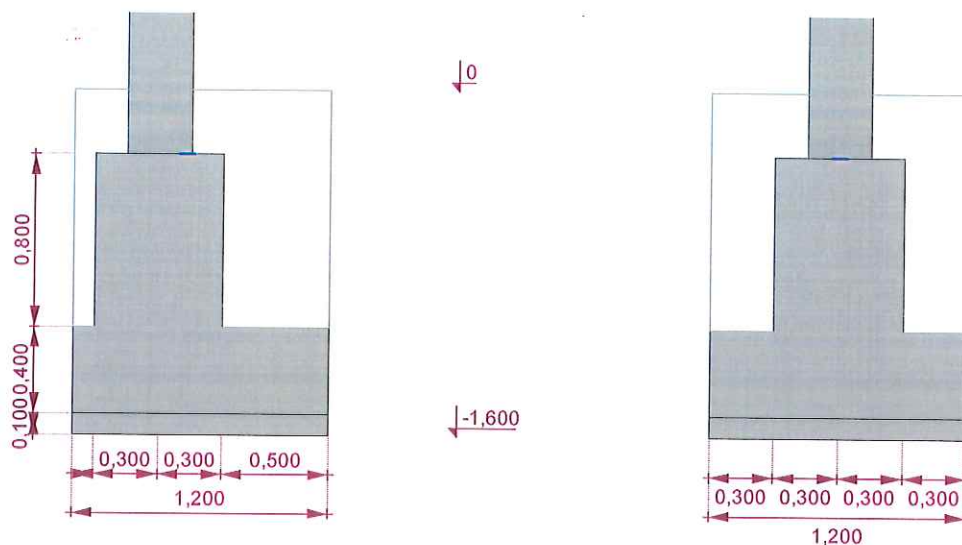
Żelbet:

$$\text{Gęstość: } \rho_{RC} = 2500 \text{ kg/m}^3$$

Stal zbrojeniowa

Zbrojenie podłużne: B500A

$$f_{yk} = 500,25 \text{ N/mm}^2$$



Głębokość posadowienia: $D = 1,6 \text{ m}$

Charakterystyczna wartość ciężaru objętościowego materiałów:

$$\text{Beton: } \gamma_{C,k} = \rho_C \cdot g \cdot 10^{-3} = 2200 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 21,582 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Żelbet: } \gamma_{RC,k} = \rho_{RC} \cdot g \cdot 10^{-3} = 2500 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 24,525 \text{ kN/m}^3$$

2.2. Fundament

Szerokość stopy fundamentowej: $B = 1,2 \text{ m}$

Długość stopy fundamentowej: $L = 1,2 \text{ m}$

Grubość płyty $h_1 = 0,4 \text{ m}$

Wysokość odsadzki: $h_2 = 0,8 \text{ m}$

Nachylenie podstawy: $\alpha = 0^\circ$

Objętość fundamentu: $V_f = 0,864 \text{ m}^3$

Charakterystyczna wartość ciężaru fundamentu: $G_{f,k} = V_f \cdot \gamma_{RC,k} = 0,864 \cdot 24,525 = 21,19 \text{ kN} (\downarrow)$

Mimośród mierzony od środka ciężkości do środka podstawy fundamentu

$$e_{fx} = -0,067 \text{ m}$$

$$e_{fy} = 0 \text{ m}$$

2.3. Podbeton

Grubość podbetonu: $h_b = 0,1 \text{ m}$

Charakterystyczna wartość ciężaru podbetonu: $G_{b,k} = B \cdot L \cdot h_b \cdot \gamma_{C,k} = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 0,1 \cdot 21,582 = 3,1078 \text{ kN} (\downarrow)$

2.4. Grunt zasypowy

Materiał: Zagęszczony, suchy, piasek drobny (EST)

Gęstość gruntu zasypowego: $\rho_{bf} = 1900 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy gruntu zasypowego: $\gamma_{bf,k} = \rho_{bf} \cdot g \cdot 10^{-3} = 1900 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 18,639 \text{ kN/m}^3$

Objętość gruntu zasypowego: $V_{bf} = 1,269 \text{ m}^3$

Charakterystyczna wartość ciężaru gruntu zasypowego: $G_{bf,k} = V_{bf} \cdot \gamma_{bf,k} = 1,269 \cdot 18,639 = 23,653 \text{ kN} (\downarrow)$

Mimośród mierzony od środka ciężkości do środka podstawy fundamentu

$e_{bf,x} = 0,05 \text{ m}$

$e_{bf,y} = 0 \text{ m}$

3. Obliczenie nośności podłoża

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

PN EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_{ϕ}	1
	Spójność efektywna	γ_c	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1
	Ciężar objętościowy	γ_{γ}	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,\gamma}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1,1

3.1. Obliczeniowe wartości parametrów gruntu pod fundamentem

Gęstość warstwy gruntu: $\rho_s = 2050 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy:

$$\gamma' = \rho_s \cdot g \cdot 10^{-3} = 2050 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 20,11 \text{ kN/m}^3$$

Kąt tarcia wewn. $\phi'_k = 14,00^\circ$

Efektywny kąt tarcia wewnętrznego:

$$\varphi' = \text{Arc tg} \frac{\tan \varphi'_k}{\gamma_\varphi} = \text{Arc tg} \frac{\tan 14,00^\circ}{1} = 14,00^\circ$$

$$\text{Spójność: } c'_k = 15 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Spójność efektywna: } c' = \frac{c'_k}{\gamma_c} = \frac{15}{1} = 15 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kąt tarcia wewnętrznego w stanie krytycznym: } \varphi_{cv} = 16,00^\circ$$

Charakterystyczny efektywny nacisk od nadkładu w poziomie posadowienia:

$$q'_k = g \cdot \rho_{s,1} \cdot D \cdot 10^{-3} = 9,810 \cdot 2050 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 32,177 \text{ kN/m}^2$$

3.2. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: **Komb#235 [1] (1,000)** (SGN (a, b))

Podpora węzłowa 4

$$F_x = -4,2499 \text{ kN}$$

$$F_y = 0,89186 \text{ kN}$$

$$F_z = -86,361 \text{ kN}$$

$$M_x = -2,5312 \text{ kNm}$$

$$M_y = -11,284 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-86,361) = 86,361 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V) względem środka podstawy fundamentu

$$e_{0x} = -0,2 \text{ m}$$

$$e_{0y} = 0 \text{ m}$$

3.3. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = -4,2499 \text{ kN}$$

$$H_{dy} = F_y = 0,89186 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G,unfav} = 86,361 + (21,19 + 3,1078 + 23,653) \cdot 1,35 = 151,09 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0x} + M_y + F_x \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{f,k} \cdot e_{fx} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{86,361 \cdot (-0,2) + (-11,284) + (-4,2499) \cdot (0,1 + 0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot (-0,067) + 23,653 \cdot 0,05) \cdot 1,35}{151,09} = -0,228$$

m

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{f,k} \cdot e_{fy} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{86,361 \cdot 0 - (-2,5312) + 0,89186 \cdot (0,1 + 0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot 0 + 23,653 \cdot 0) \cdot 1,35}{151,09} = 0,024 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 1,2 - |(-0,228)| \cdot 2 = 0,744 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 1,2 - |0,024| \cdot 2 = 1,152 \text{ m}$$

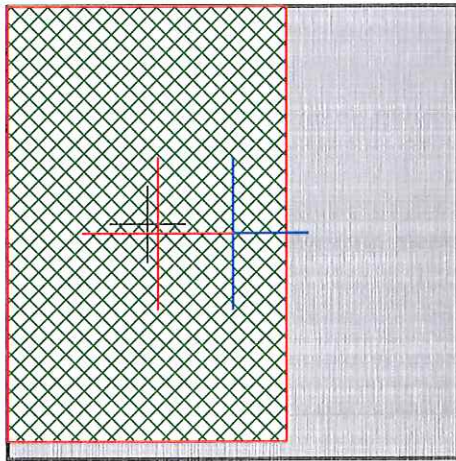
Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 0,744 \cdot 1,152 = 0,85709 \text{ m}^2$$

$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{151,09}{0,85709} = 176,29 \text{ kN/m}^2$$

$$H_B = -4,2499 \text{ kN}$$

$$H_L = 0,89186 \text{ kN}$$



Obliczeniowe efektywne napężenie od nadkładu w poziomie podstawy fundamentu:

$$q' = \gamma_y \cdot q'_k = 1 \cdot 32,177 = 32,177 \text{ kN/m}^2$$

3.4. Warunki z odpływem

Bezwymiarowe współczynniki do obliczeń PN EN 1997-1 Załącznik D D.4

Współczynniki nośności:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \varphi'} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right) = e^{3,1416 \cdot \tan 14,00^\circ} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{14,00^\circ}{2} \right) = 3,5856$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi' = 2 \cdot (3,5856 - 1) \cdot \tan 14,00^\circ = 1,2893$$

$$N_c = \frac{(N_q - 1)}{\operatorname{tg} \varphi'} = \frac{(3,5856 - 1)}{\operatorname{tg} 14,00^\circ} = 10,37$$

Współczynniki kształtu podstawy fundamentu:

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \cdot \frac{B'}{L'} = 1 - 0,3 \cdot \frac{0,744}{1,152} = 0,80625$$

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi' = 1 + \frac{0,744}{1,152} \cdot \sin 14,00^\circ = 1,1562$$

$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1,1562 \cdot 3,5856 - 1}{3,5856 - 1} = 1,2167$$

Współczynniki nachylenia podstawy:

$$\alpha = 0^\circ$$

$$b_\gamma = 1$$

$$b_q = b_\gamma = 1$$

$$b_c = 1$$

Współczynniki nachylenia obciążenia:

$$m_B = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}} = \frac{2 + \frac{0,744}{1,152}}{1 + \frac{0,744}{1,152}} = 1,6076$$

$$m_L = \frac{2 + \frac{L'}{B'}}{1 + \frac{L'}{B'}} = \frac{2 + \frac{1,152}{0,744}}{1 + \frac{1,152}{0,744}} = 1,3924$$

$$m = m_B \cdot \left(\frac{H_B}{H} \right)^2 + m_L \cdot \left(\frac{H_L}{H} \right)^2 = 1,6076 \cdot \left(\frac{(-4,2499)}{4,3425} \right)^2 + 1,3924 \cdot \left(\frac{0,89186}{4,3425} \right)^2 = 1,5985$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V_d + A' \cdot c' \cdot \cotg \varphi'} \right]^{(m+1)} = \left[1 - \frac{4,3425}{151,09 + 0,85709 \cdot 15 \cdot \cotg 14,00^\circ} \right]^{(1,5985+1)} = 0,94527$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V_d + A' \cdot c' \cdot \cotg \varphi'} \right]^m = \left[1 - \frac{4,3425}{151,09 + 0,85709 \cdot 15 \cdot \cotg 14,00^\circ} \right]^{1,5985} = 0,96597$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \operatorname{tg} \varphi'} = 0,96597 - \frac{1 - 0,96597}{10,37 \cdot \operatorname{tg} 14,00^\circ} = 0,95281$$

Współczynniki		Spójność c	Ciężar własny γ	Nadkład q
Współczynniki nośności	N	10,37	1,2893	3,5856
Współczynniki kształtu podstawy fundamentu	s	1,2167	0,80625	1,1562
Współczynniki nachylenia podstawy	b	1	1	1

Współczynniki nachylenia obciążenia	<i>i</i>	0,95281	0,94527	0,96597
-------------------------------------	----------	---------	---------	---------

Nośność podłoża:

$$R_{d,V} = \frac{c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot b_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot b_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma}{\gamma_{R,V}} \cdot A' =$$

$$= \frac{15 \cdot 10,37 \cdot 1,2167 \cdot 1 \cdot 0,95281 + 32,177 \cdot 3,5856 \cdot 1,1562 \cdot 1 \cdot 0,96597 + 0,5 \cdot 20,11 \cdot 0,744 \cdot 1,2893 \cdot 1 \cdot 0,80625 \cdot 0,94527}{1,4} \cdot 0,85709$$

= 193,78 kN

Wykorzystanie nośności:

$$\Lambda_{R,V} = \frac{V_d}{R_{d,V}} = \frac{151,09}{193,78} = 0,780 < \Lambda_{R,V,lim} = 1,000 \text{ spełniony}$$

4. Warunek mimośrod

Współczynnik graniczny dla mimośrodu: $\gamma_{ecc,lim} = 0,33$

$\begin{matrix} F_x \\ F_y \\ [kN] \end{matrix}$	$\begin{matrix} F_z \\ [kN] \end{matrix}$	$\begin{matrix} M_x \\ M_y \\ [kNm] \end{matrix}$	$\begin{matrix} V_d \\ [kN] \end{matrix}$	$\begin{matrix} e_x \\ e_y \\ [m] \end{matrix}$	γ_{ecc}	$\begin{matrix} \checkmark \\ \times \end{matrix}$	Przypadek obciążenia
0,49591 0,090186	- 18,686	- 0,30083 2,1382	66,636	- 0,018 0,006	0,015811	✓	Komb #18 [1] (1,000)
0,33532 - 0,31991	- 14,572	1,2799 1,1754	62,522	- 0,025 - 0,027	0,030664	✓	Komb #22 [1] (1,000)
0,27021 0,23185	- 29,695	- 0,70032 1,9279	77,646	- 0,05 0,013	0,043052	✓	Komb #26 [1] (1,000)
- 3,974 0,90053	- 85,461	- 2,5707 - 9,2909	133,41	- 0,238 0,028	0,1997	✓	Komb #35 [1] (1,000)
- 3,2152 0,92776	- 85,253	- 2,6713 - 6,5233	133,2	- 0,21 0,029	0,17666	✓	Komb #39 [1] (1,000)
- 3,4036 0,93271	- 86,052	- 2,6819 - 7,0972	134	- 0,216 0,029	0,18162	✓	Komb #41 [1] (1,000)
- 4,079 0,85638	- 82,776	- 2,4376 - 9,7649	130,73	- 0,244 0,027	0,20457	✓	Komb #43 [1] (1,000)
- 4,1625 0,90515	- 86,261	- 2,5801 - 9,865	134,21	- 0,244 0,028	0,20467	✓	Komb #45 [1] (1,000)
- 3,6571 1,1832	- 83,47	- 3,5826 - 8,2131	131,42	- 0,228 0,039	0,19276	✓	Komb #47 [1] (1,000)
- 3,7103 0,61642	- 85,974	- 1,5445 - 8,2092	133,92	- 0,227 0,018	0,18976	✓	Komb #48 [1] (1,000)
- 3,3326 0,5859	- 64,577	- 2,4499 - 8,431	112,53	- 0,23 0,029	0,19318	✓	Komb #108 [1] (1,000)

0,49958 0,093534	- 18,679	- 0,31306 2,3341	66,629	- 0,015 0,007	0,013794	✓	Komb #126 [1] (1,000)
0,4923 0,086819	- 18,693	- 0,28854 1,9424	66,643	- 0,021 0,006	0,0182	✓	Komb #127 [1] (1,000)
0,49223 0,08475	- 18,696	- 0,46804 2,1249	66,647	- 0,018 0,009	0,016771	✓	Komb #128 [1] (1,000)
0,49926 0,095088	- 18,676	- 0,14818 2,1504	66,626	- 0,018 0,004	0,015366	✓	Komb #129 [1] (1,000)
0,34946 - 0,32714	- 14,562	1,3062 1,3538	62,512	- 0,021 - 0,028	0,029167	✓	Komb #142 [1] (1,000)
0,32125 - 0,31268	- 14,582	1,2536 0,99701	62,533	- 0,028 - 0,027	0,032414	✓	Komb #143 [1] (1,000)
0,33052 - 0,30428	- 14,586	1,0916 1,1581	62,536	- 0,025 - 0,024	0,02888	✓	Komb #144 [1] (1,000)
0,33969 - 0,33427	- 14,56	1,4518 1,1912	62,51	- 0,024 - 0,03	0,032016	✓	Komb #145 [1] (1,000)
0,25937 0,23564	- 29,681	- 0,71428 2,2192	77,631	- 0,047 0,013	0,040637	✓	Komb #158 [1] (1,000)
0,28119 0,22802	- 29,71	- 0,68629 1,6367	77,66	- 0,054 0,013	0,046286	✓	Komb #159 [1] (1,000)
0,26881 0,21688	- 29,719	- 0,98243 1,9224	77,669	- 0,05 0,016	0,043748	✓	Komb #160 [1] (1,000)
0,2701 0,24625	- 29,675	- 0,44608 1,9279	77,625	- 0,05 0,01	0,042492	✓	Komb #161 [1] (1,000)
- 3,896 0,91331	- 85,364	- 2,6178 - 7,9201	133,31	- 0,227 0,029	0,1907	✓	Komb #194 [1] (1,000)
- 4,0512 0,88771	- 85,557	- 2,5236 - 10,662	133,51	- 0,249 0,028	0,20881	✓	Komb #195 [1] (1,000)
- 4,0104 0,86306	- 85,578	- 3,5394 - 9,4226	133,53	- 0,24 0,035	0,20212	✓	Komb #196 [1] (1,000)
- 3,9053 0,91121	- 85,333	- 1,6026 - 9,0417	133,28	- 0,236 0,021	0,19744	✓	Komb #197 [1] (1,000)
- 3,1348 0,93944	- 85,156	- 2,7146 - 5,1447	133,11	- 0,199 0,03	0,16771	✓	Komb #210 [1] (1,000)
- 3,2944 0,91581	- 85,35	- 2,627 - 7,9	133,3	- 0,221 0,029	0,18575	✓	Komb #211 [1] (1,000)
- 3,2528 0,89191	- 85,37	- 3,6428 - 6,6609	133,32	- 0,212 0,036	0,1792	✓	Komb #212 [1] (1,000)
- 3,1434 0,9355	- 85,124	- 1,6954 - 6,2602	133,07	- 0,207 0,022	0,17347	✓	Komb #213 [1] (1,000)
- 3,3128 0,94481	- 85,952	- 2,7268 - 5,6699	133,9	- 0,205 0,03	0,17265	✓	Komb #218 [1] (1,000)

- 3,4926 0,91999	- 86,153	- 2,6349 - 8,5202	134,1	- 0,228 0,029	0,19153	✓	Komb #219 [1] (1,000)
- 3,4418 0,89647	- 86,171	- 3,6631 - 7,2365	134,12	- 0,218 0,036	0,18413	✓	Komb #220 [1] (1,000)
- 3,3301 0,94009	- 85,922	- 1,6945 - 6,8278	133,87	- 0,213 0,022	0,17844	✓	Komb #221 [1] (1,000)
- 4,1714 0,84339	- 82,874	- 2,3898 - 11,154	130,82	- 0,255 0,027	0,21369	✓	Komb #227 [1] (1,000)
- 4,1154 0,82074	- 82,889	- 3,3755 - 9,8961	130,84	- 0,245 0,034	0,20612	✓	Komb #228 [1] (1,000)
- 4,0182 0,87042	- 82,656	- 1,516 - 9,5445	130,61	- 0,241 0,02	0,20152	✓	Komb #229 [1] (1,000)
- 4,0742 0,91839	- 86,16	- 2,6289 - 8,4458	134,11	- 0,233 0,029	0,19566	✓	Komb #234 [1] (1,000)
- 4,2499 0,89186	- 86,361	- 2,5312 - 11,284	134,31	- 0,256 0,027	0,21452	✓	Komb #235 [1] (1,000)
- 4,2 0,86757	- 86,379	- 3,5596 - 10,001	134,33	- 0,245 0,035	0,20624	✓	Komb #236 [1] (1,000)
- 4,0954 0,91759	- 86,133	- 1,6083 - 9,6218	134,08	- 0,242 0,021	0,20242	✓	Komb #237 [1] (1,000)
- 3,7823 0,72908	- 75,467	- 3,0125 - 9,1542	123,42	- 0,238 0,032	0,20012	✓	Komb #240 [1] (1,000)
- 3,6968 0,77515	- 75,26	- 1,3367 - 8,8451	123,21	- 0,235 0,019	0,19647	✓	Komb #241 [1] (1,000)
- 3,5709 1,1949	- 83,373	- 3,6259 - 6,8401	131,32	- 0,216 0,039	0,18291	✓	Komb #242 [1] (1,000)
- 3,7425 1,1713	- 83,567	- 3,5392 - 9,5858	131,52	- 0,239 0,038	0,20167	✓	Komb #243 [1] (1,000)
- 3,6939 1,1514	- 83,586	- 4,5447 - 8,3457	131,54	- 0,229 0,046	0,19465	✓	Komb #244 [1] (1,000)
- 3,6234 1,2114	- 83,363	- 2,7043 - 8,0916	131,31	- 0,226 0,033	0,19033	✓	Komb #245 [1] (1,000)
- 3,6215 0,62972	- 85,875	- 1,5938 - 6,7901	133,82	- 0,216 0,018	0,18062	✓	Komb #246 [1] (1,000)
- 3,7981 0,603	- 86,073	- 1,4947 - 9,6275	134,02	- 0,239 0,017	0,19967	✓	Komb #247 [1] (1,000)
- 3,784 0,59913	- 86,112	- 2,5949 - 8,4786	134,06	- 0,23 0,025	0,1928	✓	Komb #248 [1] (1,000)
- 3,6752 0,65155	- 85,867	- 0,66048 - 8,0795	133,82	- 0,226 0,011	0,18856	✓	Komb #249 [1] (1,000)

gdzie:

$$V_d = -F_z + (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G,unfav}$$

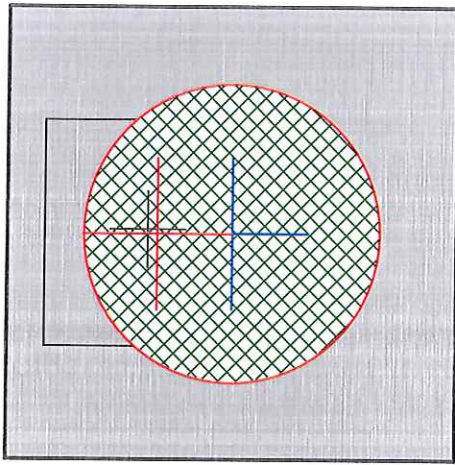
$$\gamma_{ecc} = \sqrt{\left(\frac{e_x}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b_y}\right)^2}$$

Wartości mimośrodków uwzględniają dodatkowy moment w poziomie

posadowienia od sił poziomych

$\gamma_{G,unfav}$: Współczynnik częściowy ciężaru własnego fundamentu

$$\gamma_{ecc,max} = 0,21452 \leq \gamma_{ecc,lim} = 0,33 \quad \text{spełniony!}$$



5. Warunek stateczności

$$\gamma_{G,dst} = 1,1$$

$$\gamma_{G,stb} = 0,9$$

Wartość obliczeniowa ciężaru fundamentu: $G_{f,d} = G_{f,k} \cdot \gamma_{G,stb} = 21,19 \cdot 0,9 = 19,071 \text{ kN } (\downarrow)$

Wartość obliczeniowa ciężaru podbetonu: $G_{b,d} = G_{b,k} \cdot \gamma_{G,stb} = 3,1078 \cdot 0,9 = 2,797 \text{ kN } (\downarrow)$

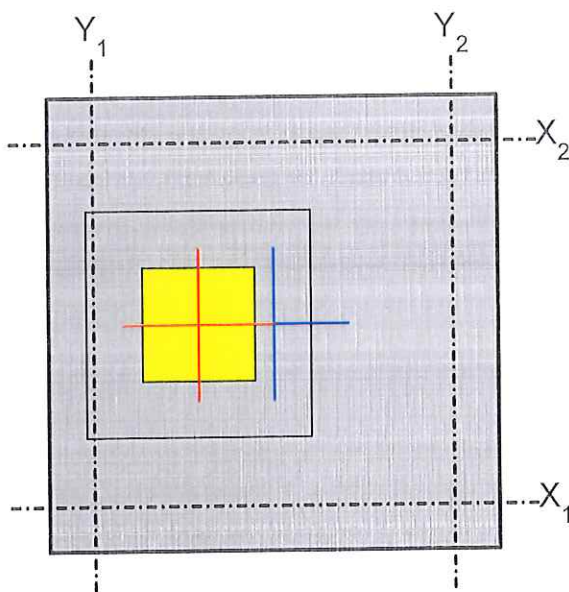
Wartość obliczeniowa ciężaru gruntu zasypowego: $G_{bf,d} = G_{bf,k} \cdot \gamma_{G,stb} = 23,653 \cdot 0,9 = 21,288 \text{ kN } (\downarrow)$

Wartość stosunku odległości między osią obrotu a krawędzią fundamentu do wymiaru fundamentu: $\gamma_w = 0,1$

Odległość między osią obrotu a środkiem podstawy fundamentu

$$e_{EQUx} = \frac{b_x \cdot (1 - \gamma_w)}{2} = \frac{1,2 \cdot (1 - 0,1)}{2} = 0,54 \text{ m}$$

$$e_{EQUy} = \frac{b_y \cdot (1 - \gamma_w)}{2} = \frac{1,2 \cdot (1 - 0,1)}{2} = 0,54 \text{ m}$$



5.1. Sprawdzenie obrotu wokół osi - x_1 -

Przypadek obciążenia: **Komb#145 [1] (1,000)** (SGN (a, b))

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = 0,33969 \text{ kN}$$

$$F_y = -0,33427 \text{ kN}$$

$$F_z = -14,56 \text{ kN}$$

$$M_x = 1,4518 \text{ kNm}$$

$$M_y = 1,1912 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-14,56) = 14,56 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$M_{x1,stab} = F_y \cdot (h_1 + h_2) + (-V) \cdot e_{EQUy} + (-G_{fd}) \cdot e_{EQUy} + (-G_{bd}) \cdot e_{EQUy} + (-G_{bf,d}) \cdot e_{EQUy} =$$

$$= (-0,33427) \cdot (0,4 + 0,8) + (-14,56) \cdot 0,54 + (-19,071) \cdot 0,54 + (-2,797) \cdot 0,54 + (-21,288) \cdot 0,54 = -31,567 \text{ kNm}$$

Moment wywracający

$$M_{x1,dst} = M_x = 1,4518 = 1,4518 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU,x1} = \left| \frac{M_{x1,dst}}{M_{x1,stb}} \right| = \left| \frac{1,4518}{(-31,567)} \right| = 0,045992 \leq \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \text{spełniony!}$$

5.2. Sprawdzenie obrotu wokół osi - x_2 -

Przypadek obciążenia: **Komb#244 [1] (1,000)** (SGN (a, b))

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = -3,6939 \text{ kN}$$

$$F_y = 1,1514 \text{ kN}$$

$$F_z = -83,586 \text{ kN}$$

$$M_x = -4,5447 \text{ kNm}$$

$$M_y = -8,3457 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-83,586) = 83,586 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$M_{x2,stb} = F_y \cdot (h_1 + h_2) + (-V) \cdot (-e_{EQUy}) + (-G_{fd}) \cdot (-e_{EQUy}) + (-G_{bd}) \cdot (-e_{EQUy}) + (-G_{bf,d}) \cdot (-e_{EQUy}) =$$

$$= 1,1514 \cdot (0,4 + 0,8) + (-83,586) \cdot (-0,54) + (-19,071) \cdot (-0,54) + (-2,797) \cdot (-0,54) + (-21,288) \cdot (-0,54) =$$

$$= 69,822 \text{ kNm}$$

Moment wywracający

$$M_{x2,dst} = M_x = (-4,5447) = -4,5447 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU,x2} = \left| \frac{M_{x2,dst}}{M_{x2,stb}} \right| = \left| \frac{(-4,5447)}{69,822} \right| = 0,06509 \leq \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \text{spełniony!}$$

5.3. Sprawdzenie obrotu wokół osi - y_1 -

Przypadek obciążenia: **Komb#227 [1] (1,000)** (SGN (a, b))

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = -4,1714 \text{ kN}$$

$$F_y = 0,84339 \text{ kN}$$

$$F_z = -82,874 \text{ kN}$$

$$M_x = -2,3898 \text{ kNm}$$

$$M_y = -11,154 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-82,874) = 82,874 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$M_{y1,stb} = V \cdot (e_{EQUx} - e_{0x}) + G_{fd} \cdot (e_{EQUx} - e_{fx}) + G_{bd} \cdot e_{EQUx} + G_{bf,d} \cdot (e_{EQUx} - e_{hfx}) =$$

$$= 82,874 \cdot (0,54 - (-0,2)) + 19,071 \cdot (0,54 - (-0,067)) + 2,797 \cdot 0,54 + 21,288 \cdot (0,54 - 0,05) = 84,844 \text{ kNm}$$

Moment wywracający

$$M_{y1,dst} = M_y + F_x \cdot (h_1 + h_2) = (-11,154) + (-4,1714) \cdot (0,4 + 0,8) = -16,159 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU,y1} = \left| \frac{M_{y1,dst}}{M_{y1,stab}} \right| = \left| \frac{(-16,159)}{84,844} \right| = 0,19046 \leq \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \text{spełniony!}$$

5.4. Sprawdzenie obrotu wokół osi - y_2 -

Przypadek obciążenia: **Komb #126 [1] (1,000)** (SGN (a, b))

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = 0,49958 \text{ kN}$$

$$F_y = 0,093534 \text{ kN}$$

$$F_z = -18,679 \text{ kN}$$

$$M_x = -0,31306 \text{ kNm}$$

$$M_y = 2,3341 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-18,679) = 18,679 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$M_{y2,stab} = V \cdot (-e_{EQUx} - e_{0x}) + G_{fd} \cdot (-e_{EQUx} - e_{fx}) + G_{bd} \cdot (-e_{EQUx}) + G_{bf,d} \cdot (-e_{EQUx} - e_{bf,x}) =$$

$$= 18,679 \cdot (-0,54 - (-0,2)) + 19,071 \cdot (-0,54 - (-0,067)) + 2,797 \cdot -0,54 + 21,288 \cdot (-0,54 - 0,05) = -29,441 \text{ kNm}$$

Moment wywracający

$$M_{y2,dst} = M_y + F_x \cdot (h_1 + h_2) = 2,3341 + 0,49958 \cdot (0,4 + 0,8) = 2,9336 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU,y2} = \left| \frac{M_{y2,dst}}{M_{y2,stab}} \right| = \left| \frac{2,9336}{(-29,441)} \right| = 0,099644 \leq \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \text{spełniony!}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU,max} = 0,190 \leq \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \text{spełniony!}$$

6. Obliczenie przesunięcia (poślizgu)

6.1. Przesunięcie (poślizg) fundamentu na gruncie

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

PN EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_{φ}	1
	Spójność efektywna	γ_c	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1
	Ciężar objętościowy	γ_{γ}	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1,1

6.1.1. Obliczeniowe wartości parametrów gruntu pod fundamentem

Gęstość warstwy gruntu: $\rho_s = 2050 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy:

$$\gamma' = \rho_s \cdot g \cdot \gamma_{\gamma} \cdot 10^{-3} = 2050 \cdot 9,810 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 20,11 \text{ kN/m}^3$$

Kąt tarcia wewn. $\varphi'_k = 14,00^\circ$

Efektywny kąt tarcia wewnętrznego:

$$\varphi' = \text{Arc tg} \frac{\tan \varphi'_k}{\gamma_{\varphi}} = \text{Arc tg} \frac{\tan 14,00^\circ}{1} = 14,00^\circ$$

Spójność: $c'_k = 15 \text{ kN/m}^2$

Spójność efektywna: $c' = \frac{c'_k}{\gamma_c} = \frac{15}{1} = 15 \text{ kN/m}^2$

Kąt tarcia wewnętrznego w stanie krytycznym: $\varphi_{cv} = 16,00^\circ$

6.1.2. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: **Komb #227 [1] (1,000) (SGN (a, b))**

Podpora węzłowa 4

$$F_x = -4,1714 \text{ kN}$$

$$F_y = 0,84339 \text{ kN}$$

$$F_z = -82,874 \text{ kN}$$

$$M_x = -2,3898 \text{ kNm}$$

$$M_y = -11,154 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-82,874) = 82,874 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V) względem środka podstawy fundamentu

$$e_{0x} = -0,2 \text{ m}$$

$$e_{0y} = 0 \text{ m}$$

6.1.3. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = -4,1714 \text{ kN}$$

$$H_{dy} = F_y = 0,84339 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G,fav} = 82,874 + (21,19 + 3,1078 + 23,653) \cdot 1 = 130,82 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0x} + M_y + F_x \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{f,k} \cdot e_{fx} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G,fav}}{V_d} =$$

$$= \frac{82,874 \cdot (-0,2) + (-11,154) + (-4,1714) \cdot (0,1 + 0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot (-0,067) + 23,653 \cdot 0,05) \cdot 1}{130,82} = -0,255 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{f,k} \cdot e_{fy} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{G,fav}}{V_d} =$$

$$= \frac{82,874 \cdot 0 - (-2,3898) + 0,84339 \cdot (0,1 + 0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot 0 + 23,653 \cdot 0) \cdot 1}{130,82} = 0,027 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 1,2 - |(-0,255)| \cdot 2 = 0,69 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 1,2 - |0,027| \cdot 2 = 1,146 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 0,69 \cdot 1,146 = 0,79074 \text{ m}^2$$

6.1.4. Nośność na przesunięcie (poślizg) z odpływem

$$\delta_k = \varphi_{cv} = 16,00^\circ$$

Obliczeniowa wartość kąta tarcia wewnętrznego na styku konstrukcji z gruntem:

$$\delta_d = \text{Arc tg} \left(\frac{\text{tg } \delta_k}{\gamma_\varphi} \right) = \text{Arc tg} \left(\frac{\text{tg } 16,00^\circ}{1} \right) = 16,00^\circ$$

Nośność na przesunięcie (poślizg): PN EN 1997-1 6.5.3 (8)P (6.3a)

$$R_{d,Hs} = V_d \cdot \text{tg } \delta_d = 130,82 \cdot \text{tg } 16,00^\circ = 37,513 \text{ kN}$$

$$\text{Wykorzystanie na przesunięcie (poślizg): } \Lambda_{R,Hs} = \left| \frac{H_d}{R_{d,Hs}} \right| = \left| \frac{4,3425_d}{37,513} \right| = 0,113 \leq \Lambda_{R,Hs,lim} = 1,000$$

spełniony!

6.2. Przesunięcie (poślizg) fundamentu na podbetonie

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" MI "+" R2} (Decydująca) PN EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_{φ}	1
	Spójność efektywna	γ_c	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1
	Ciężar objętościowy	γ_{γ}	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1,1

6.2.1. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: **Komb #227 [1] (1,000) (SGN (a, b))**

Podpora węzłowa 4

$$F_x = -4,1714 \text{ kN}$$

$$F_y = 0,84339 \text{ kN}$$

$$F_z = -82,874 \text{ kN}$$

$$M_x = -2,3898 \text{ kNm}$$

$$M_y = -11,154 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-82,874) = 82,874 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V) względem środka podstawy fundamentu

$$e_{0x} = -0,2 \text{ m}$$

$$e_{0y} = 0 \text{ m}$$

6.2.2. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu podbetonu

$$H_{dx} = F_x = -4,1714 \text{ kN}$$

$$H_{dy} = F_y = 0,84339 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G, fav} = 82,874 + (21,19 + 23,653) \cdot 1 = 127,72 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0x} + M_y + F_x \cdot (h_1 + h_2) + (G_{f,k} \cdot e_{fx} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G, fav}}{V_d} =$$

$$= \frac{82,874 \cdot (-0,2) + (-11,154) + (-4,1714) \cdot (0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot (-0,067) + 23,653 \cdot 0,05) \cdot 1}{127,72} = -0,258 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h_1 + h_2) + (G_{f,k} \cdot e_{fy} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{G, fav}}{V_d} =$$

$$= \frac{82,874 \cdot 0 - (-2,3898) + 0,84339 \cdot (0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot 0 + 23,653 \cdot 0) \cdot 1}{127,72} = 0,027 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 1,2 - |(-0,258)| \cdot 2 = 0,684 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 1,2 - |0,027| \cdot 2 = 1,146 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 0,684 \cdot 1,146 = 0,78386 \text{ m}^2$$

Współczynnik tarcia między fundamentem a podbetonem: $\mu_{cc} = 0,7$

Współczynnik częściowy dla tarcia między elementami: $\gamma_\mu = 1$

Nośność na przesunięcie (poślizg):

$$R_{d, Hb} = V_d \cdot \frac{\mu_{cc}}{\gamma_\mu} = 127,72 \cdot \frac{0,7}{1} = 89,401 \text{ kN}$$

Wykorzystanie na przesunięcie (poślizg): $\Lambda_{R, h, b} = \left| \frac{H_d}{R_{d, Hb}} \right| = \left| \frac{4,3425_d}{89,401} \right| = 0,048 \leq \Lambda_{R, h, b, lim} = 1,000$

spełniony!

7. Sprawdzenie fundamentu

7.1. Wymiarowanie zbrojenia

$$d_{x1} = h_1 + h_2 - u_{B,x} = 0,4 + 0,8 - 0,04 = 1,16 \text{ m}$$

$$d_{x2} = h_1 - u_{B,x} = 0,4 - 0,04 = 0,36 \text{ m}$$

$$d_{y1} = h_1 + h_2 - u_{B,y} = 0,4 + 0,8 - 0,06 = 1,14 \text{ m}$$

$$d_{y2} = h_1 - u_{B,y} = 0,4 - 0,06 = 0,34 \text{ m}$$

Zbrojenie podłużne

	X	Y
Górne	Ø 20 mm ($A_\varnothing = 314 \text{ mm}^2$)	Ø 20 mm ($A_\varnothing = 314 \text{ mm}^2$)

Dolne	Ø 20 mm ($A_{\varnothing} = 314 \text{ mm}^2$)	Ø 20 mm ($A_{\varnothing} = 314 \text{ mm}^2$)
-------	--	--

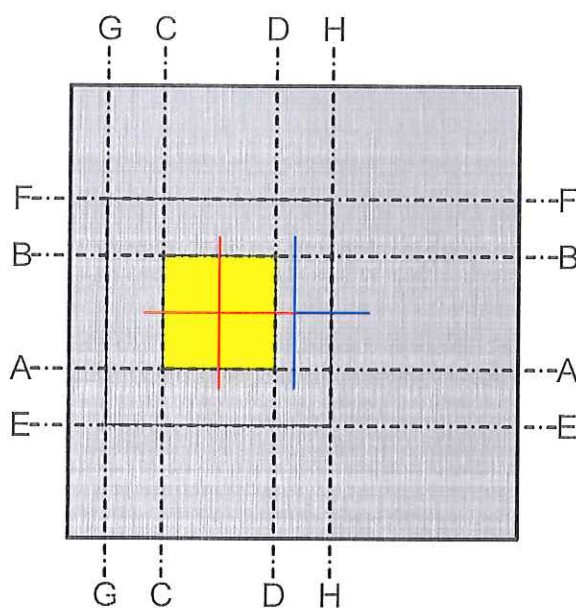
7.2. Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

Współczynnik określający efektywną wysokość strefy ściskanej:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{PN EN 1992-1-1 3.1.7 (3.19)}$$

Współczynnik określający efektywną wytrzymałość:

$$\eta = 1 \quad \text{PN EN 1992-1-1 3.1.7 (3.21)}$$



Momenty w analizowanych przekrojach poprzecznych:

	Analizowany przekrój poprzeczny	m_d [kNm/m]	Przypadek obciążenia
1.	A-A	15,888	Komb #249 [1] (1,000)
2.	B-B	19,016	Komb #235 [1] (1,000)
3.	C-C	5,869	Komb #235 [1] (1,000)
4.	D-D	13,867	Komb #126 [1] (1,000)
5.	E-E	6,7368	Komb #249 [1] (1,000)
6.	F-F	8,4514	Komb #235 [1] (1,000)
7.	G-G	0,93905	Komb #235 [1] (1,000)

8.	H-H	8,0015	Komb #126 [1] (1,000)
----	-----	--------	-----------------------

$$f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_c = 1,500 \quad f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_s} = 1 \cdot \frac{20}{1,150} = 13,333 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500,25 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_s = 1,150 \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,25}{1,150} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$\xi_0 = \frac{\varepsilon_{cu1}}{\varepsilon_{cu1} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot \lambda = \frac{(-3,500)}{(-3,500) - \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 0,8 = 0,49339$$

7.2.1. Wymiarowanie zbrojenia podłużnego na moment zginający M_y

7.2.1.1. Sprawdzenie na krawędzi podpieranego elementu - przekrój poprzeczny C-C i D-D

Zbrojenie rozciągane w kierunku x

$$m_d = \text{Max}(m_{dC-C} ; m_{dD-D}) = \text{Max}(5,869 ; 13,867) = 13,867 \text{ kNm/m}$$

$$m_d = 13,867 \text{ kNm/m}$$

$$d = h - u_{bx} = 1,2 - 0,04 = 1,16 \text{ m}$$

$$d_2 = u_{Tx} = 0,04 \text{ m}$$

$$x_{c0} = d \cdot \xi_0 = 1,16 \cdot 0,49339 = 0,57233 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{\eta \cdot f_{cd}}} = 1,16 - \sqrt{1,16^2 - \frac{2 \cdot 13,867}{1 \cdot 13333}} = 0,00089692 \text{ m} \leq x_{c0} = 0,57233 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

$$a_{s1,c} = \frac{x_c \cdot b_w \cdot \eta \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,00089692 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 13333}{435000} = 2,74919 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m} = 27 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Minimalne zbrojenie

$$\rho_{l,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \geq 0,0013 = 0,26 \cdot \frac{2,2104}{500,25} \geq 0,0013 = 0,0013 \quad \text{PN EN 1992-1-1 9.2.1.1 (1)}$$

Minimalne rozciągane zbrojenie podłużne:

$$a_{s,min} = \rho_{l,min} \cdot d = 0,0013 \cdot 1,16 = 0,001508 \text{ m}^2/\text{m} = 1508 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$a_{s1} = a_{s1,c} = 27 \text{ mm}^2/\text{m} = 2,74919 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m}$$

Minimalne podłużne zbrojenie rozciągane nie jest uwzględniane.

$$A_{\varnothing} = \frac{\varnothing_{Bx}^2}{4} \cdot \pi = \frac{20^2}{4} \cdot 3,1416 = 314 \text{ mm}^2 = 0,00031416 \text{ m}^2$$

$$s_{max,slabs} = \text{Min} (2 \cdot h = 2 \cdot 1,2 = 2,4 ; 0,25) = 0,25 \text{ m} \quad \text{EN-1992-1-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \text{Min} \left(\frac{A_{\varnothing}}{a_{s1}} = \frac{0,00031416}{2,74919 \cdot 10^{-5}} = 11,427 ; s_{max,slabs} = 0,25 \right) = 0,25 \text{ m} = 250 \text{ mm}$$

Zbrojenie podłużne:

$$a_{s,prov} = \frac{A_{\varnothing}}{s} = \frac{0,00031416}{0,25} = 0,0012566 \text{ m}^2/\text{m} = 1257 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 20 \text{ mm}/250 \text{ mm})$$

7.2.1.1.1. Sprawdzenie na krawędzi odsadzki - przekrój poprzeczny G-G i H-H

Zbrojenie rozciągane w kierunku x

$$m_d = \text{Max}(m_{dG-G} ; m_{dH-H}) = \text{Max}(0,93905 ; 8,0015) = 8,0015 \text{ kNm/m}$$

$$m_d = 8,0015 \text{ kNm/m}$$

$$d = h - u_{Bx} = 0,4 - 0,04 = 0,36 \text{ m}$$

$$d_2 = u_{Tx} = 0,04 \text{ m}$$

$$x_{c0} = d \cdot \xi_0 = 0,36 \cdot 0,49339 = 0,17762 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{\eta \cdot f_{cd}}} = 0,36 - \sqrt{0,36^2 - \frac{2 \cdot 8,0015}{1 \cdot 13333}} = 0,0016709 \text{ m} \leq x_{c0} = 0,17762 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

$$a_{s1,c} = \frac{x_c \cdot b_w \cdot \eta \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,0016709 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 13333}{435000} = 51 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Minimalne zbrojenie

$$\rho_{l,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \geq 0,0013 = 0,26 \cdot \frac{2,2104}{500,25} \geq 0,0013 = 0,0013 \quad \text{PN EN 1992-1-1 9.2.1.1 (1)}$$

Minimalne rozciągane zbrojenie podłużne:

$$a_{s,min} = \rho_{l,min} \cdot d = 0,0013 \cdot 0,36 = 468 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$a_{s1} = \text{Max}(a_{s1,c} ; a_{s,min}) = \text{Max}(51 ; 468) = 0,000468 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$A_{\varnothing} = \frac{\varnothing_{Bx}^2}{4} \cdot \pi = \frac{20^2}{4} \cdot 3,1416 = 314 \text{ mm}^2 = 0,00031416 \text{ m}^2$$

$$s_{max,slabs} = \text{Min} (2 \cdot h = 2 \cdot 0,4 = 0,8 ; 0,25) = 0,25 \text{ m} \quad \text{EN-1992-1-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \text{Min} \left(\frac{A_{\varnothing}}{a_{s1}} = \frac{0,00031416}{0,000468} = 0,67128 ; s_{max,slabs} = 0,25 \right) = 0,25 \text{ m} = 250 \text{ mm}$$

Zbrojenie podłużne:

$$a_{s,prov} = \frac{A_{\varnothing}}{s} = \frac{0,00031416}{0,25} = 1257 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 20 \text{ mm}/250 \text{ mm})$$

7.2.2. Wymiarowanie zbrojenia podłużnego na moment zginający M_x

7.2.2.1. Sprawdzenie na krawędzi podpieranego elementu - przekrój poprzeczny A-A i B-B

Zbrojenie rozciągane w kierunku y

$$m_d = \max(m_{dA-A} ; m_{dB-B}) = \max(15,888 ; 19,016) = 19,016 \text{ kNm/m}$$

$$m_d = 19,016 \text{ kNm/m}$$

$$d = h - u_{By} = 1,2 - 0,06 = 1,14 \text{ m}$$

$$d_2 = u_{Ty} = 0,06 \text{ m}$$

$$x_{c0} = d \cdot \xi_0 = 1,14 \cdot 0,49339 = 0,56247 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{\eta \cdot f_{cd}}} = 1,14 - \sqrt{1,14^2 - \frac{2 \cdot 19,016}{1 \cdot 13333}} = 0,0012517 \text{ m} \leq x_{c0} = 0,56247 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

$$a_{s1,c} = \frac{x_c \cdot b_w \cdot \eta \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,0012517 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 13333}{435000} = 38 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Minimalne zbrojenie

$$\rho_{l,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \geq 0,0013 = 0,26 \cdot \frac{2,2104}{500,25} \geq 0,0013 = 0,0013 \quad \text{PN EN 1992-1-1 9.2.1.1 (1)}$$

Minimalne rozciągane zbrojenie podłużne:

$$a_{s,min} = \rho_{l,min} \cdot d = 0,0013 \cdot 1,14 = 1482 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$a_{s1} = a_{s1,c} = 38 \text{ mm}^2/\text{m} = 3,83668 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m}$$

Minimalne podłużne zbrojenie rozciągane nie jest uwzględniane.

$$A_{\emptyset} = \frac{\emptyset_{By}^2}{4} \cdot \pi = \frac{20^2}{4} \cdot 3,1416 = 314 \text{ mm}^2 = 0,00031416 \text{ m}^2$$

$$s_{max,slabs} = \min(2 \cdot h = 2 \cdot 1,2 = 2,4 ; 0,25) = 0,25 \text{ m} \quad \text{EN-1992-1-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \min\left(\frac{A_{\emptyset}}{a_{s1}} = \frac{0,00031416}{3,83668 \cdot 10^{-5}} = 8,1883 ; s_{max,slabs} = 0,25\right) = 0,25 \text{ m} = 250 \text{ mm}$$

Zbrojenie podłużne:

$$a_{s,prov} = \frac{A_{\emptyset}}{s} = \frac{0,00031416}{0,25} = 1257 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (\emptyset 20 \text{ mm}/250 \text{ mm})$$

7.2.2.1.1. Sprawdzenie na krawędzi odsadzki - przekrój poprzeczny E-E i F-F

Zbrojenie rozciągane w kierunku y

$$m_d = \max(m_{dE-E} ; m_{dF-F}) = \max(6,7368 ; 8,4514) = 8,4514 \text{ kNm/m}$$

$$m_d = 8,4514 \text{ kNm/m}$$

$$d = h - u_{By} = 0,4 - 0,06 = 0,34 \text{ m}$$

$$d_2 = u_{ty} = 0,06 \text{ m}$$

$$x_{e0} = d \cdot \xi_0 = 0,34 \cdot 0,49339 = 0,16775 \text{ m}$$

$$x_e = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{\eta \cdot f_{cd}}} = 0,34 - \sqrt{0,34^2 - \frac{2 \cdot 8,4514}{1 \cdot 13333}} = 0,0018694 \text{ m} \leq x_{e0} = 0,16775 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

$$a_{s1,c} = \frac{x_e \cdot b_w \cdot \eta \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,0018694 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 13333}{435000} = 57 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Minimalne zbrojenie

$$\rho_{l,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \geq 0,0013 = 0,26 \cdot \frac{2,2104}{500,25} \geq 0,0013 = 0,0013 \quad \text{PN EN 1992-1-1 9.2.1.1 (1)}$$

Minimalne rozciągane zbrojenie podłużne:

$$a_{s,min} = \rho_{l,min} \cdot d = 0,0013 \cdot 0,34 = 442 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$a_{s1} = \text{Max}(a_{s1,c} ; a_{s,min}) = \text{Max}(57 ; 442) = 442 \text{ mm}^2/\text{m}$$

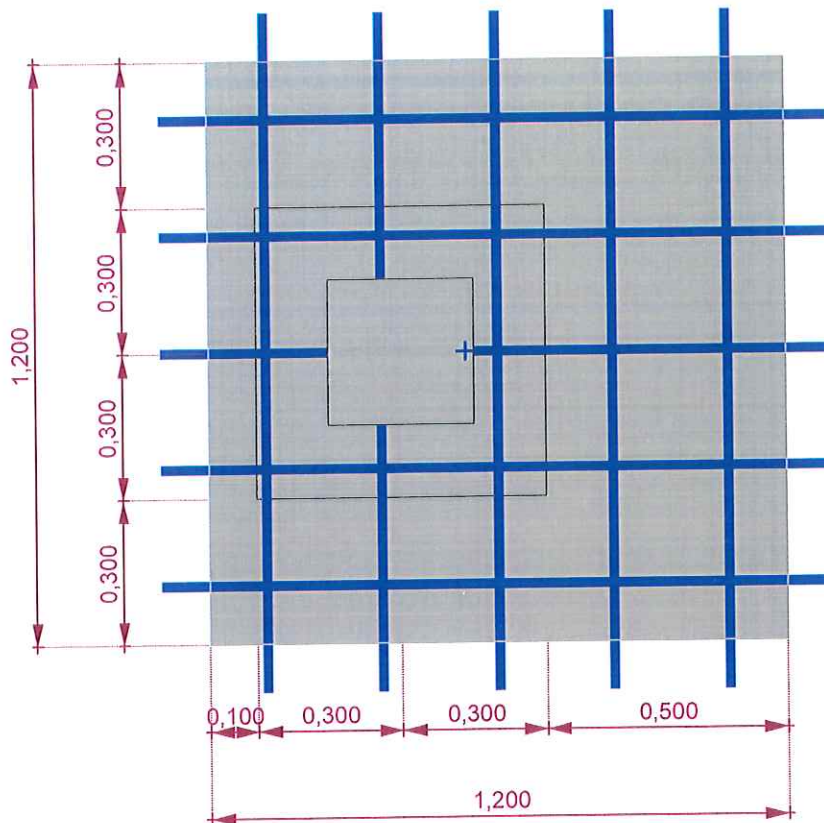
$$A_{\varnothing} = \frac{\varnothing_{By}^2}{4} \cdot \pi = \frac{20^2}{4} \cdot 3,1416 = 314 \text{ mm}^2 = 0,00031416 \text{ m}^2$$

$$s_{max,slabs} = \text{Min}(2 \cdot h = 2 \cdot 0,4 = 0,8 ; 0,25) = 0,25 \text{ m} \quad \text{EN-1992-1-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \text{Min}\left(\frac{A_{\varnothing}}{a_{s1}} = \frac{0,00031416}{0,000442} = 0,71077 ; s_{max,slabs} = 0,25\right) = 0,25 \text{ m} = 250 \text{ mm}$$

Zbrojenie podłużne:

$$a_{s,prov} = \frac{A_{\varnothing}}{s} = \frac{0,00031416}{0,25} = 1257 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 20 \text{ mm}/250 \text{ mm})$$



8. Wyznaczanie osiadania

8.1. Metoda sumowania odkształceń warstw podłoża

PN EN 1997-1 Załącznik F

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

PN EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0

M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_ϕ	1
	Spójność efektywna	γ_c	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1
	Ciężar objętościowy	γ_γ	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1,1

PN EN 1997-12.4.8 (2) Wartość współczynnika częściowego dla stanu granicznego użytkowości powinna normalnie wynosić 1.0.

8.2. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: Komb #235 [1] (1,000) (SGN (a, b))

Podpora węzłowa 4

$$F_x = -4,2499 \text{ kN}$$

$$F_y = 0,89186 \text{ kN}$$

$$F_z = -86,361 \text{ kN}$$

$$M_x = -2,5312 \text{ kNm}$$

$$M_y = -11,284 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-86,361) = 86,361 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V) względem środka podstawy fundamentu

$$e_{0x} = -0,2 \text{ m}$$

$$e_{0y} = 0 \text{ m}$$

8.3. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = -4,2499 \text{ kN}$$

$$H_{dy} = F_y = 0,89186 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{fk} + G_{bk} + G_{bfk}) \cdot \gamma_{G,unfav} = 86,361 + (21,19 + 3,1078 + 23,653) \cdot 1,35 = 151,09 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0x} + M_y + F_x \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{fx} + G_{bfk} \cdot e_{bfx}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{86,361 \cdot (-0,2) + (-11,284) + (-4,2499) \cdot (0,1 + 0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot (-0,067) + 23,653 \cdot 0,05) \cdot 1,35}{151,09} = -0,228$$

m

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{fy} + G_{bfk} \cdot e_{bfy}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{86,361 \cdot 0 - (-2,5312) + 0,89186 \cdot (0,1 + 0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot 0 + 23,653 \cdot 0) \cdot 1,35}{151,09} = 0,024 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 1,2 - |(-0,228)| \cdot 2 = 0,744 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 1,2 - |0,024| \cdot 2 = 1,152 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 0,744 \cdot 1,152 = 0,85709 \text{ m}^2$$

$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{151,09}{0,85709} = 176,29 \text{ kN/m}^2$$

$$H_B = -4,2499 \text{ kN}$$

$$H_L = 0,89186 \text{ kN}$$

Napężenie normalne pod narożnikiem prostokątnej powierzchni obciążenia na głębokości z wynosi:

$$\sigma_z = \frac{p}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\text{Arc tg} \left(\frac{b}{z} \cdot \frac{a \cdot (a^2 + b^2) - 2 \cdot a \cdot z \cdot (r - z)}{z \cdot (a^2 + b^2) \cdot (r - z) - z \cdot (r - z)^2} \right) \right] + \left[\frac{b \cdot z}{b^2 + z^2} \cdot \frac{a \cdot (r^2 + z^2)}{(a^2 + z^2) \cdot r} \right] \quad \text{za Steinbrennerem}$$

gdzie:

p jest obciążeniem równomiernie rozłożonym na powierzchni nacisku

a i b są długością i szerokością prostokątnej powierzchni nacisku

$$r = \sqrt{a^2 + b^2 + z^2}$$

Napężenie w punkcie charakterystycznym:

$$\sigma_{z,a} = \sigma_{z,I} + \sigma_{z,II} + \sigma_{z,III} + \sigma_{z,IV}$$

	a	b
$\sigma_{z,I}$	$(0,5 - 0,37) \cdot L' = 0,14976$	$(0,5 - 0,37) \cdot B' = 0,09672$
$\sigma_{z,II}$	$(0,5 + 0,37) \cdot L' = 1,0022$	$(0,5 - 0,37) \cdot B' = 0,09672$
$\sigma_{z,III}$	$(0,5 + 0,37) \cdot L' = 1,0022$	$(0,5 + 0,37) \cdot B' = 0,64728$
$\sigma_{z,IV}$	$(0,5 + 0,37) \cdot B' = 0,64728$	$(0,5 - 0,37) \cdot L' = 0,14976$

Odległość punktu charakterystycznego do osi środkowych powierzchni obciążonej wynosi $0,37B'$ i $0,37L'$.

Efektywne napężenie od nadkładu w podstawie fundamentu:

$$q' = \gamma_y \cdot \sum \gamma_i \cdot h_i = 1 \cdot \sum \gamma_i \cdot h_i = 32,177 \text{ kN/m}^2$$

Efektywne napężenie pionowe od obciążenia fundamentem w poziomie posadowienia:

$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{151,09}{0,85709} = 176,29 \text{ kN/m}^2$$

$$p = q_{E,d} - q' = 176,29 - 32,177 = 144,11 \text{ kN/m}^2$$

Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem na głębokości oddziaływania:

$$\sigma_{D_{lim}} = 13,572 \text{ kN/m}^2$$

Efektywne naprężenie od nadkładu na głębokości oddziaływania:

$$q_{D_{lim}} = 67,858 \text{ kN/m}^2$$

Głębokość oddziaływania:

$$D_{lim} = -3,3742 \text{ m}$$

Głębokość ta zwykle może być przyjęta jako głębokość, na której efektywne naprężenie pionowe od fundamentu stanowi 20% efektywnego naprężenia od nadkładu. PN EN 1997-1 6.6.2 (6)

Osiadanie:

$$s = \Sigma s_i = 3,244 \text{ mm} < s_{lim} = 50,000 \text{ mm} \text{ spełniony}$$

Referencyjna warstwa gruntu: IS5 - (Plastyczny pył ($e = 0,5$))

$$\text{Moduł ściśliwości referencyjnej warstwy gruntu } E_{s,ref} = 24231 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Gęstość referencyjnej warstwy gruntu } \rho_{s,ref} = 2050 \text{ kg/m}^3$$

i	z_0 [m]	h_i [m]	$h_{i,eq}$ [m]	σ_z [kN/m ²]	q' [kN/m ²]	σ_z/q' [%]	s_i [mm]	Σs_i [mm]
0.	0	0	0	0	0	-	0	0
1.	-0,1	0,1	0,1	0	2,0111	0	0	0
2.	-0,2	0,1	0,1	0	4,0221	0	0	0
3.	-0,3	0,1	0,1	0	6,0332	0	0	0
4.	-0,4	0,1	0,1	0	8,0442	0	0	0
5.	-0,5	0,1	0,1	0	10,055	0	0	0
6.	-0,6	0,1	0,1	0	12,066	0	0	0
7.	-0,7	0,1	0,1	0	14,077	0	0	0
8.	-0,8	0,1	0,1	0	16,088	0	0	0
9.	-0,9	0,1	0,1	0	18,099	0	0	0
10.	-1	0,1	0,1	0	20,111	0	0	0
11.	-1,1	0,1	0,1	0	22,122	0	0	0
12.	-1,2	0,1	0,1	0	24,133	0	0	0
13.	-1,3	0,1	0,1	0	26,144	0	0	0
14.	-1,4	0,1	0,1	0	28,155	0	0	0
15.	-1,5	0,1	0,1	0	30,166	0	0	0
16.	-1,6	0,1	0,1	144,11	32,177	4	0	0

17.	- 1,7	0,1	0,1	121,69	34,188	4	0,548	0,548
18.	- 1,8	0,1	0,1	89,172	36,199	2	0,435	0,984
19.	- 1,9	0,1	0,1	70,658	38,21	2	0,330	1,313
20.	- 2	0,1	0,1	59,402	40,221	1	0,268	1,582
21.	- 2,1	0,1	0,1	51,477	42,232	1	0,229	1,811
22.	- 2,2	0,1	0,1	45,283	44,243	1	0,200	2,010
23.	- 2,3	0,1	0,1	40,149	46,254	1	0,176	2,187
24.	- 2,4	0,1	0,1	35,767	48,265	1	0,157	2,343
25.	- 2,5	0,1	0,1	31,973	50,276	1	0,140	2,483
26.	- 2,6	0,1	0,1	28,666	52,287	1	0,125	2,608
27.	- 2,7	0,1	0,1	25,775	54,298	0	0,112	2,720
28.	- 2,8	0,1	0,1	23,241	56,309	0	0,101	2,822
29.	- 2,9	0,1	0,1	21,016	58,32	0	0,091	2,913
30.	- 3	0,1	0,1	19,059	60,332	0	0,083	2,996
31.	- 3,1	0,1	0,1	17,334	62,343	0	0,075	3,071
32.	- 3,2	0,1	0,1	15,81	64,354	0	0,068	3,139
33.	- 3,3	0,1	0,1	14,461	66,365	0	0,062	3,202
34.	- 3,3742	0,074247	0,074247	13,572	67,858	0	0,042	3,244
35.	- 3,4	0,025753	0,025753	13,263	68,376	0	0,015	3,259
36.	- 3,5	0,1	0,1	12,197	70,387	0	0,053	3,311
37.	- 3,6	0,1	0,1	11,246	72,398	0	0,048	3,360
38.	- 3,7	0,1	0,1	10,394	74,409	0	0,045	3,404
39.	- 3,8	0,1	0,1	9,6301	76,42	0	0,041	3,446

 z_0 : Głębokość h_i : Grubość warstwy gruntu $h_{i,eq}$: Równoważna grubość

$$h_{i,eq} = h_i \cdot \left(\frac{E_{s,i} \cdot \rho_{s,ref}}{E_{s,ref} \cdot \rho_{s,i}} \right)^{\frac{1}{2,5}}$$

gdzie:

 $\rho_{s,i}$: Gęstość warstwy gruntu $E_{s,i}$: Moduł ściśliwości warstwy gruntu

$E_{s,ref}$: Moduł ścisłości referencyjnej warstwy gruntu

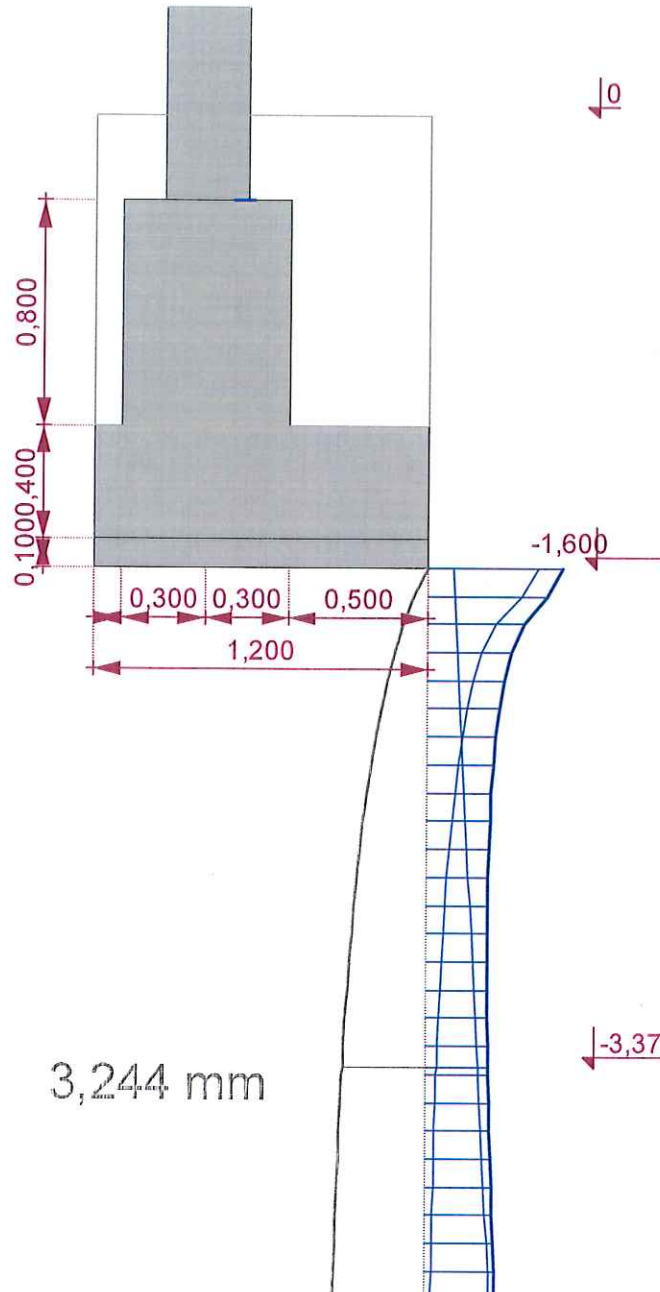
$\rho_{s,ref}$: Gęstość referencyjnej warstwy gruntu

σ_z : Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem

q' : Efektywne naprężenie od nadkładu

s_i : Osiadanie warstwy gruntu

Σs_i : Całkowite osiadanie na danej głębokości



7.2. Stopa fundamentowa SF1

Wymiarowanie stóp fundamentowych

Norma: Eurokod [PL]

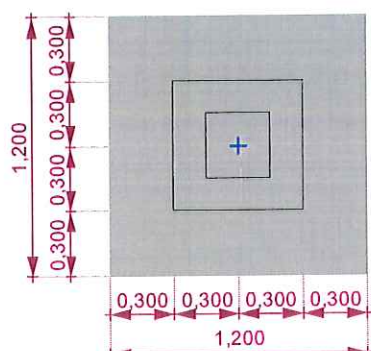
1. Parametry gruntu

Nazwa	Opis	Rzędna wierzchu z_i [m]	Grubość h_i [m]	Gęstość ρ_s [kg/m ³]	Kąt tarcia wewn. φ [°]	Spójność c [kN/m ²]	Moduł ściśliwości warstwy gruntu E_s [kN/m ²]
IS5	Plastyczny pył (e = 0,5)	0	6	2050	14,00	15	24231

2. Fundament

2.1. Parametry do wymiarowania fundamentu

Geometria:



Materiały

Beton: C20/25

$$f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Gęstość: } \rho_c = 2200 \text{ kg/m}^3$$

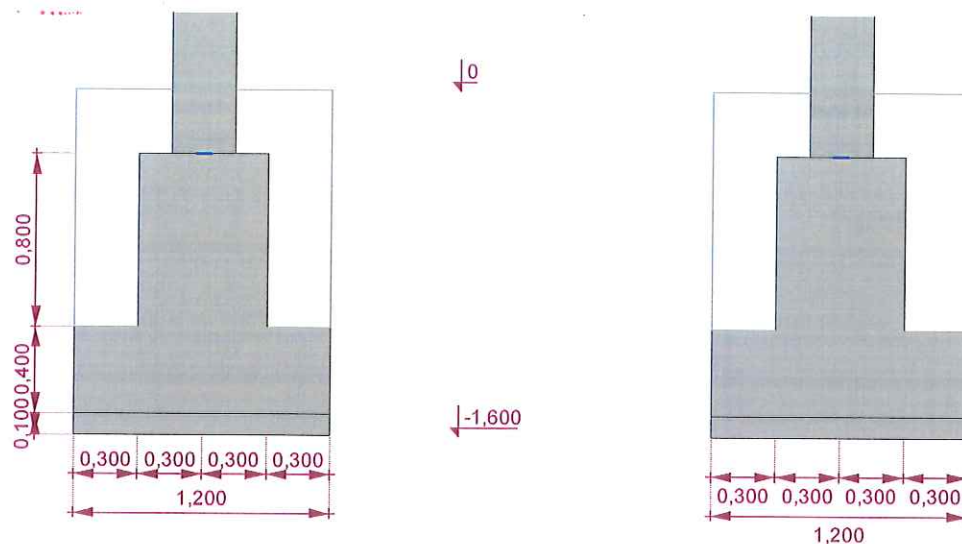
Żelbet:

$$\text{Gęstość: } \rho_{RC} = 2500 \text{ kg/m}^3$$

Stal zbrojeniowa

Zbrojenie podłużne: B500A

$$f_{yk} = 500,25 \text{ N/mm}^2$$



Głębokość posadowienia: $D = 1,6 \text{ m}$

Charakterystyczna wartość ciężaru objętościowego materiałów:

$$\text{Beton: } \gamma_{C,k} = \rho_C \cdot g \cdot 10^{-3} = 2200 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 21,582 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Żelbet: } \gamma_{RC,k} = \rho_{RC} \cdot g \cdot 10^{-3} = 2500 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 24,525 \text{ kN/m}^3$$

2.2. Fundament

Szerokość stopy fundamentowej: $B = 1,2 \text{ m}$

Długość stopy fundamentowej: $L = 1,2 \text{ m}$

Grubość płyty $h_1 = 0,4 \text{ m}$

Wysokość odsadzki: $h_2 = 0,8 \text{ m}$

Nachylenie podstawy: $\alpha = 0^\circ$

Objętość fundamentu: $V_f = 0,864 \text{ m}^3$

Charakterystyczna wartość ciężaru fundamentu: $G_{f,k} = V_f \cdot \gamma_{RC,k} = 0,864 \cdot 24,525 = 21,19 \text{ kN} (\downarrow)$

2.3. Podbeton

Grubość podbetonu: $h_b = 0,1 \text{ m}$

Charakterystyczna wartość ciężaru podbetonu: $G_{b,k} = B \cdot L \cdot h_b \cdot \gamma_{C,k} = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 0,1 \cdot 21,582 = 3,1078 \text{ kN} (\downarrow)$

2.4. Grunt zasypowy

Materiał: Zagęszczony, suchy, piasek drobny (EST)

Gęstość gruntu zasypowego: $\rho_{bf} = 1900 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy gruntu zasypowego: $\gamma_{bf,k} = \rho_{bf} \cdot g \cdot 10^{-3} = 1900 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 18,639 \text{ kN/m}^3$

Objętość gruntu zasypowego: $V_{bf} = 1,269 \text{ m}^3$

Charakterystyczna wartość ciężaru gruntu zasypowego: $G_{bf,k} = V_{bf} \cdot \gamma_{bf,k} = 1,269 \cdot 18,639 = 23,653 \text{ kN} (\downarrow)$

3. Obliczenie nośności podłoża

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

PN EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_{φ}	1
	Spójność efektywna	γ_c	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1
	Ciężar objętościowy	γ_{γ}	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1,1

3.1. Obliczeniowe wartości parametrów gruntu pod fundamentem

Gęstość warstwy gruntu: $\rho_s = 2050 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy:

$$\gamma' = \rho_s \cdot g \cdot \gamma_{\gamma} \cdot 10^{-3} = 2050 \cdot 9,810 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 20,11 \text{ kN/m}^3$$

Kąt tarcia wewn. $\varphi'_k = 14,00^\circ$

Efektywny kąt tarcia wewnętrznego:

$$\varphi' = \text{Arc tg} \frac{\tan \varphi'_k}{\gamma_{\varphi}} = \text{Arc tg} \frac{\tan 14,00^\circ}{1} = 14,00^\circ$$

Spójność: $c'_k = 15 \text{ kN/m}^2$

Spójność efektywna: $c' = \frac{c'_k}{\gamma_c} = \frac{15}{1} = 15 \text{ kN/m}^2$

Kąt tarcia wewnętrznego w stanie krytycznym: $\varphi_{cv} = 16,00^\circ$

Charakterystyczny efektywny nacisk od nadkładu w poziomie posadowienia:

$$q'_{k} = g \cdot \rho_{s,1} \cdot D \cdot 10^{-3} = 9,810 \cdot 2050 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 32,177 \text{ kN/m}^2$$

3.2. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: **Komb #218 [1] (1,000)** (SGN (a, b))

Podpora węzłowa 3

$$F_x = 3,7959 \text{ kN}$$

$$F_y = 1,4693 \text{ kN}$$

$$F_z = -144,59 \text{ kN}$$

$$M_x = -4,1078 \text{ kNm}$$

$$M_y = 12,594 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-144,59) = 144,59 \text{ kN}$$

3.3. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = 3,7959 \text{ kN}$$

$$H_{dy} = F_y = 1,4693 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{fk} + G_{bk} + G_{bfk}) \cdot \gamma_{G,unfav} = 144,59 + (21,19 + 3,1078 + 23,653) \cdot 1,35 = 209,32 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0x} + M_y + F_x \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{fx} + G_{bfk} \cdot e_{bfk}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{144,59 \cdot 0 + 12,594 + 3,7959 \cdot (0,1 + 0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot 0 + 23,653 \cdot 0) \cdot 1,35}{209,32} = 0,084 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{fy} + G_{bfk} \cdot e_{bfy}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{144,59 \cdot 0 - (-4,1078) + 1,4693 \cdot (0,1 + 0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot 0 + 23,653 \cdot 0) \cdot 1,35}{209,32} = 0,029 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 1,2 - |0,084| \cdot 2 = 1,032 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 1,2 - |0,029| \cdot 2 = 1,142 \text{ m}$$

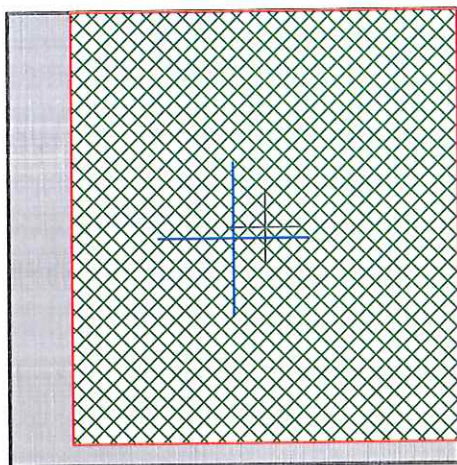
Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 1,032 \cdot 1,142 = 1,1785 \text{ m}^2$$

$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{209,32}{1,1785} = 177,61 \text{ kN/m}^2$$

$$H_B = 3,7959 \text{ kN}$$

$$H_L = 1,4693 \text{ kN}$$



Obliczeniowe efektywne naprężenie od nadkładu w poziomie podstawy fundamentu:

$$q' = \gamma_y \cdot q'_k = 1 \cdot 32,177 = 32,177 \text{ kN/m}^2$$

3.4. Warunki z odpływem

Bezwymiarowe współczynniki do obliczeń PN EN 1997-1 Załącznik D D.4

Współczynniki nośności:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \varphi'} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right) = e^{3,1416 \cdot \tan 14,00^\circ} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{14,00^\circ}{2} \right) = 3,5856$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi' = 2 \cdot (3,5856 - 1) \cdot \tan 14,00^\circ = 1,2893$$

$$N_c = \frac{(N_q - 1)}{\tan \varphi'} = \frac{(3,5856 - 1)}{\tan 14,00^\circ} = 10,37$$

Współczynniki kształtu podstawy fundamentu:

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \cdot \frac{B'}{L'} = 1 - 0,3 \cdot \frac{1,032}{1,142} = 0,7289$$

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi' = 1 + \frac{1,032}{1,142} \cdot \sin 14,00^\circ = 1,2186$$

$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1,2186 \cdot 3,5856 - 1}{3,5856 - 1} = 1,3032$$

Współczynniki nachylenia podstawy:

$$\alpha = 0^\circ$$

$$b_\gamma = 1$$

$$b_q = b_\gamma = 1$$

$$b_c = 1$$

Współczynniki nachylenia obciążenia:

$$m_B = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}} = \frac{2 + \frac{1,032}{1,142}}{1 + \frac{1,032}{1,142}} = 1,5253$$

$$m_L = \frac{2 + \frac{L'}{B'}}{1 + \frac{L'}{B'}} = \frac{2 + \frac{1,142}{1,032}}{1 + \frac{1,142}{1,032}} = 1,4747$$

$$m = m_B \cdot \left(\frac{H_B}{H}\right)^2 + m_L \cdot \left(\frac{H_L}{H}\right)^2 = 1,5253 \cdot \left(\frac{3,7959}{4,0704}\right)^2 + 1,4747 \cdot \left(\frac{1,4693}{4,0704}\right)^2 = 1,5187$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V_d + A' \cdot c' \cdot \cotg \varphi'}\right]^{(m+1)} = \left[1 - \frac{4,0704}{209,32 + 1,1785 \cdot 15 \cdot \cotg 14,00^\circ}\right]^{(1,5187+1)} = 0,96382$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V_d + A' \cdot c' \cdot \cotg \varphi'}\right]^m = \left[1 - \frac{4,0704}{209,32 + 1,1785 \cdot 15 \cdot \cotg 14,00^\circ}\right]^{1,5187} = 0,97802$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tg \varphi'} = 0,97802 - \frac{1 - 0,97802}{10,37 \cdot \tg 14,00^\circ} = 0,96952$$

Współczynniki		Spójność c	Ciężar własny γ	Nadkład q
Współczynniki nośności	N	10,37	1,2893	3,5856
Współczynniki kształtu podstawy fundamentu	s	1,3032	0,7289	1,2186
Współczynniki nachylenia podstawy	b	1	1	1
Współczynniki nachylenia obciążenia	i	0,96952	0,96382	0,97802

Nośność podłoża:

$$R_{d,V} = \frac{c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot b_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot b_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma}{\gamma_{R,V}} \cdot A' =$$

$$= \frac{15 \cdot 10,37 \cdot 1,3032 \cdot 1 \cdot 0,96952 + 32,177 \cdot 3,5856 \cdot 1,2186 \cdot 1 \cdot 0,97802 + 0,5 \cdot 20,11 \cdot 1,032 \cdot 1,2893 \cdot 1 \cdot 0,7289 \cdot 0,96382}{1,4} \cdot 1,1785 =$$

$$= 289,11 \text{ kN}$$

Wykorzystanie nośności:

$$\Lambda_{R,v} = \frac{V_d}{R_{d,v}} = \frac{209,32}{289,11} = 0,724 < \Lambda_{R,v,lim} = 1,000 \text{ spełniony}$$

4. Warunek mimośrodru

Współczynnik graniczny dla mimośrodru: $\gamma_{ecc,lim} = 0,33$

F_x F_y [kN]	F_z [kN]	M_x M_y [kNm]	V_d [kN]	e_x e_y [m]	γ_{ecc}	✓ ✗	Przypadek obciążenia
0,25681 -0,43684	-15,714	1,7587 0,97942	63,665	0,021 -0,037	0,035453	✓	Komb #22 [1] (1,000)
-0,44203 0,34516	-43,846	-1,0163 -1,8754	91,796	-0,027 0,016	0,026154	✓	Komb #30 [1] (1,000)
3,6964 1,4735	-143,32	-4,1353 10,479	191,27	0,08 0,032	0,071802	✓	Komb #33 [1] (1,000)
3,9806 1,3983	-137,95	-3,9121 11,397	185,9	0,089 0,031	0,078537	✓	Komb #39 [1] (1,000)
3,9246 1,4816	-144,49	-4,1532 11,158	192,44	0,084 0,032	0,074907	✓	Komb #41 [1] (1,000)
3,8818 1,2334	-124,45	-3,4418 11,201	172,4	0,094 0,029	0,081976	✓	Komb #42 [1] (1,000)
2,9434 1,5016	-143,12	-4,2389 7,6966	191,07	0,06 0,032	0,056667	✓	Komb #43 [1] (1,000)
3,1709 1,5094	-144,28	-4,2559 8,3728	192,23	0,065 0,032	0,060375	✓	Komb #45 [1] (1,000)
3,4058 1,9034	-139,48	-5,6845 9,3596	187,43	0,074 0,044	0,071744	✓	Komb #47 [1] (1,000)
3,6262 1,0829	-144,16	-2,7165 10,056	192,11	0,077 0,021	0,06651	✓	Komb #48 [1] (1,000)
0,26709 -0,42962	-15,724	1,7323 1,1591	63,675	0,024 -0,036	0,036056	✓	Komb #142 [1] (1,000)
0,24643 -0,44408	-15,704	1,785 0,79973	63,655	0,018 -0,037	0,034288	✓	Komb #143 [1] (1,000)
0,25189 -0,41553	-15,728	1,5342 0,96208	63,678	0,02 -0,033	0,032156	✓	Komb #144 [1] (1,000)
0,26127 -0,45639	-15,702	1,9636 0,99525	63,652	0,021 -0,04	0,037648	✓	Komb #145 [1] (1,000)
-0,48761 0,34232	-43,865	-1,0059 -1,5194	91,816	-0,023 0,016	0,023348	✓	Komb #174 [1] (1,000)
-0,39661 0,34799	-43,827	-1,0266 -2,2314	91,777	-0,03 0,016	0,028333	✓	Komb #175 [1] (1,000)

-0,44967 0,31274	- 43,88	- 1,4278 - 1,9031	91,83	- 0,027 0,02	0,028	✓	Komb #176 [1] (1,000)
- 0,43297 0,37589	- 43,817	- 0,64558 - 1,8426	91,767	- 0,026 0,012	0,023863	✓	Komb #177 [1] (1,000)
1,2833 - 0,1605	- 60,102	1,6138 3,5439	108,05	0,048 - 0,017	0,042435	✓	Komb #185 [1] (1,000)
3,5638 1,4615	- 143,42	- 4,0909 11,884	191,37	0,086 0,031	0,076181	✓	Komb #186 [1] (1,000)
3,8294 1,4863	- 143,23	- 4,1826 9,0782	191,18	0,074 0,032	0,067185	✓	Komb #187 [1] (1,000)
3,6599 1,3453	- 143,47	- 5,5804 10,342	191,42	0,079 0,038	0,073053	✓	Komb #188 [1] (1,000)
3,7671 1,613	- 143,21	- 2,9037 10,74	191,16	0,082 0,026	0,071686	✓	Komb #189 [1] (1,000)
3,8636 1,3865	- 138,05	- 3,8682 12,784	186	0,096 0,03	0,083815	✓	Komb #210 [1] (1,000)
4,0971 1,4104	- 137,86	- 3,9566 10,011	185,81	0,083 0,031	0,073834	✓	Komb #211 [1] (1,000)
3,943 1,2735	- 138,09	- 5,2936 11,256	186,04	0,088 0,037	0,079552	✓	Komb #212 [1] (1,000)
4,0533 1,5353	- 137,84	- 2,7404 11,664	185,79	0,091 0,025	0,078643	✓	Komb #213 [1] (1,000)
3,7959 1,4693	- 144,59	- 4,1078 12,594	192,54	0,091 0,031	0,080113	✓	Komb #218 [1] (1,000)
4,0532 1,4944	- 144,39	- 4,2006 9,7249	192,34	0,078 0,032	0,070257	✓	Komb #219 [1] (1,000)
3,8864 1,3514	- 144,64	- 5,6075 11,015	192,59	0,083 0,038	0,076071	✓	Komb #220 [1] (1,000)
3,9988 1,6241	- 144,37	- 2,9179 11,431	192,32	0,086 0,026	0,07487	✓	Komb #221 [1] (1,000)
3,7826 1,2226	- 124,53	- 3,402 12,465	172,49	0,101 0,029	0,087567	✓	Komb #222 [1] (1,000)
3,9803 1,2441	- 124,36	- 3,4814 9,9371	172,31	0,088 0,03	0,077478	✓	Komb #223 [1] (1,000)
3,8476 1,1211	- 124,57	- 4,679 11,075	172,52	0,093 0,036	0,083104	✓	Komb #224 [1] (1,000)
3,9497 1,3579	- 124,35	- 2,3976 11,45	172,3	0,096 0,024	0,082462	✓	Komb #225 [1] (1,000)
2,81 1,4885	- 143,21	- 4,1906 9,0965	191,16	0,067 0,032	0,061875	✓	Komb #226 [1] (1,000)
3,0759 1,5146	- 143,02	- 4,2869 6,2964	190,97	0,054 0,033	0,052738	✓	Komb #227 [1] (1,000)

2,9072 1,3743	- 143,26	- 5,6848 7,5606	191,21	0,059 0,039	0,058937	✓	Komb #228 [1] (1,000)
3,0044 1,6342	- 143	- 2,9845 7,9234	190,95	0,062 0,027	0,056353	✓	Komb #229 [1] (1,000)
3,0415 1,496	- 144,38	- 4,2065 9,8036	192,33	0,072 0,032	0,065659	✓	Komb #234 [1] (1,000)
3,2995 1,5227	- 144,19	- 4,3051 6,9418	192,14	0,058 0,033	0,055609	✓	Komb #235 [1] (1,000)
3,1336 1,3805	- 144,43	- 5,712 8,2323	192,38	0,064 0,039	0,062456	✓	Komb #236 [1] (1,000)
3,2384 1,6469	- 144,17	- 3,0046 8,6232	192,12	0,067 0,027	0,060196	✓	Komb #237 [1] (1,000)
3,2821 1,8915	- 139,58	- 5,6406 10,744	187,53	0,08 0,043	0,075687	✓	Komb #242 [1] (1,000)
3,5288 1,9153	- 139,38	- 5,7282 7,975	187,33	0,067 0,044	0,066797	✓	Komb #243 [1] (1,000)
3,3692 1,7854	- 139,62	- 7,1133 9,2219	187,57	0,073 0,05	0,073735	✓	Komb #244 [1] (1,000)
3,4392 2,0101	- 139,35	- 4,3801 9,485	187,3	0,075 0,037	0,069692	✓	Komb #245 [1] (1,000)
3,4968 1,0695	- 144,26	- 2,6667 11,484	192,21	0,083 0,021	0,071346	✓	Komb #246 [1] (1,000)
3,7548 1,0964	- 144,06	- 2,7665 8,6286	192,01	0,07 0,022	0,061146	✓	Komb #247 [1] (1,000)
3,5512 0,92355	- 144,29	- 4,0562 9,7801	192,24	0,075 0,027	0,066427	✓	Komb #248 [1] (1,000)
3,663 1,2075	- 144,03	- 1,4186 10,19	191,98	0,078 0,016	0,066353	✓	Komb #249 [1] (1,000)

gdzie:

$$V_d = -F_z + (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{hf,k}) \cdot \gamma_{G,unfav}$$

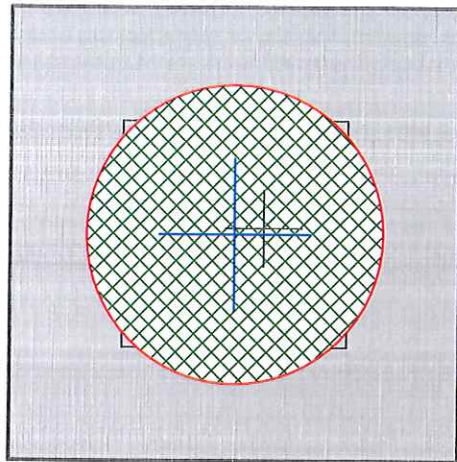
$$\gamma_{ecc} = \sqrt{\left(\frac{e_x}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b_y}\right)^2}$$

Wartości mimośrodów uwzględniają dodatkowy moment w poziomie

posadowienia od sił poziomych

 $\gamma_{G,unfav}$: Współczynnik częściowy ciężaru własnego fundamentu

$$\gamma_{ecc,max} = 0,087567 \leq \gamma_{ecc,lim} = 0,33 \quad \text{spełniony!}$$



5. Warunek stateczności

$$\gamma_{G,dst} = 1,1$$

$$\gamma_{G,stab} = 0,9$$

Wartość obliczeniowa ciężaru fundamentu: $G_{f,d} = G_{f,k} \cdot \gamma_{G,stab} = 21,19 \cdot 0,9 = 19,071 \text{ kN} (\downarrow)$

Wartość obliczeniowa ciężaru podbetonu: $G_{b,d} = G_{b,k} \cdot \gamma_{G,stab} = 3,1078 \cdot 0,9 = 2,797 \text{ kN} (\downarrow)$

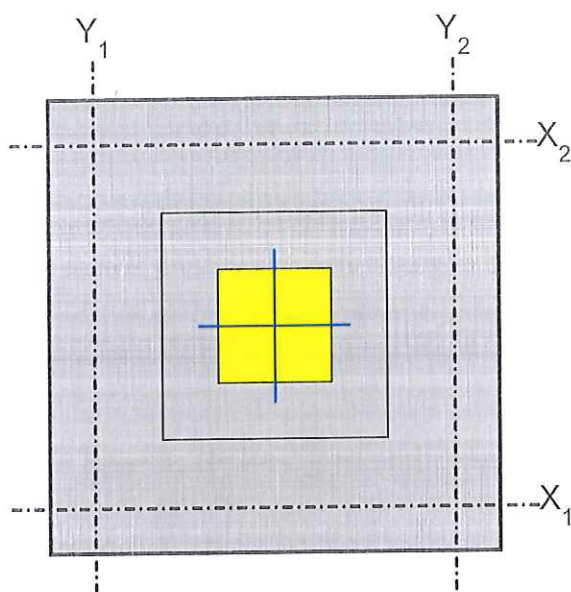
Wartość obliczeniowa ciężaru gruntu zasypowego: $G_{bf,d} = G_{bf,k} \cdot \gamma_{G,stab} = 23,653 \cdot 0,9 = 21,288 \text{ kN} (\downarrow)$

Wartość stosunku odległości między osią obrotu a krawędzią fundamentu do wymiaru fundamentu: $\gamma_{\omega} = 0,1$

Odległość między osią obrotu a środkiem podstawy fundamentu

$$e_{EQUx} = \frac{b_x \cdot (1 - \gamma_{\omega})}{2} = \frac{1,2 \cdot (1 - 0,1)}{2} = 0,54 \text{ m}$$

$$e_{EQUy} = \frac{b_y \cdot (1 - \gamma_{\omega})}{2} = \frac{1,2 \cdot (1 - 0,1)}{2} = 0,54 \text{ m}$$



5.1. Sprawdzenie obrotu wokół osi - x_1 -

Przypadek obciążenia: **Komb#145 [1] (1,000)** (SGN (a, b))

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = 0,26127 \text{ kN}$$

$$F_y = -0,45639 \text{ kN}$$

$$F_z = -15,702 \text{ kN}$$

$$M_x = 1,9636 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0,99525 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-15,702) = 15,702 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$M_{x1,stab} = F_y \cdot (h_1 + h_2) + (-V) \cdot e_{EQUy} + (-G_{fd}) \cdot e_{EQUy} + (-G_{bd}) \cdot e_{EQUy} + (-G_{bfd}) \cdot e_{EQUy} =$$

$$= (-0,45639) \cdot (0,4 + 0,8) + (-15,702) \cdot 0,54 + (-19,071) \cdot 0,54 + (-2,797) \cdot 0,54 + (-21,288) \cdot 0,54 = -32,331 \text{ kNm}$$

Moment wywracający

$$M_{x1,dst} = M_x = 1,9636 = 1,9636 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQUx1} = \left| \frac{M_{x1,dst}}{M_{x1,stab}} \right| = \left| \frac{1,9636}{(-32,331)} \right| = 0,060734 \leq \Lambda_{EQUlim} = 1,000 \quad \text{spełniony!}$$

5.2. Sprawdzenie obrotu wokół osi - x_2 -Przypadek obciążenia: **Komb#244 [1] (1,000)** (SGN (a, b))

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = 3,3692 \text{ kN}$$

$$F_y = 1,7854 \text{ kN}$$

$$F_z = -139,62 \text{ kN}$$

$$M_x = -7,1133 \text{ kNm}$$

$$M_y = 9,2219 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-139,62) = 139,62 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$\begin{aligned} M_{x2,stab} &= F_y \cdot (h_1 + h_2) + (-V) \cdot (-e_{EQUy}) + (-G_{fd}) \cdot (-e_{EQUy}) + (-G_{bd}) \cdot e_{EQUy} + (-G_{bf,d}) \cdot (-e_{EQUy}) = \\ &= 1,7854 \cdot (0,4 + 0,8) + (-139,62) \cdot (-0,54) + (-19,071) \cdot (-0,54) + (-2,797) \cdot -0,54 + (-21,288) \cdot (-0,54) = \\ &= 100,84 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Moment wywracający

$$M_{x2,dst} = M_x = (-7,1133) = -7,1133 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU,x2} = \left| \frac{M_{x2,dst}}{M_{x2,stab}} \right| = \left| \frac{(-7,1133)}{100,84} \right| = 0,070539 \leq \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \text{spełniony!}$$

5.3. Sprawdzenie obrotu wokół osi - y_1 -Przypadek obciążenia: **Komb#175 [1] (1,000)** (SGN (a, b))

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = -0,39661 \text{ kN}$$

$$F_y = 0,34799 \text{ kN}$$

$$F_z = -43,827 \text{ kN}$$

$$M_x = -1,0266 \text{ kNm}$$

$$M_y = -2,2314 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-43,827) = 43,827 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$\begin{aligned} M_{y1,stab} &= V \cdot e_{EQUx} + G_{fd} \cdot e_{EQUx} + G_{bd} \cdot e_{EQUx} + G_{bf,d} \cdot e_{EQUx} = \\ &= 43,827 \cdot 0,54 + 19,071 \cdot 0,54 + 2,797 \cdot 0,54 + 21,288 \cdot 0,54 = 46,97 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Moment wywracający

$$M_{y1,dst} = M_y + F_x \cdot (h_1 + h_2) = (-2,2314) + (-0,39661) \cdot (0,4 + 0,8) = -2,7073 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU,y1} = \left| \frac{M_{y1,dst}}{M_{y1,stb}} \right| = \left| \frac{(-2,7073)}{46,97} \right| = 0,057639 \leq \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \text{spełniony!}$$

5.4. Sprawdzenie obrotu wokół osi - y_2 -

Przypadek obciążenia: **Komb #222 [1] (1,000)** (SGN (a, b))

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = 3,7826 \text{ kN}$$

$$F_y = 1,2226 \text{ kN}$$

$$F_z = -124,53 \text{ kN}$$

$$M_x = -3,402 \text{ kNm}$$

$$M_y = 12,465 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-124,53) = 124,53 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$M_{y2,stb} = V \cdot (-e_{EQUx}) + G_{fd} \cdot (-e_{EQUx}) + G_{bd} \cdot (-e_{EQUx}) + G_{bfd} \cdot (-e_{EQUx}) =$$

$$= 124,53 \cdot (-0,54) + 19,071 \cdot (-0,54) + 2,797 \cdot (-0,54) + 21,288 \cdot (-0,54) = -90,553 \text{ kNm}$$

Moment wywracający

$$M_{y2,dst} = M_y + F_x \cdot (h_1 + h_2) = 12,465 + 3,7826 \cdot (0,4 + 0,8) = 17,004 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU,y2} = \left| \frac{M_{y2,dst}}{M_{y2,stb}} \right| = \left| \frac{17,004}{(-90,553)} \right| = 0,18779 \leq \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \text{spełniony!}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU,max} = 0,188 \leq \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \text{spełniony!}$$

6. Obliczenie przesunięcia (poślizgu)

6.1. Przesunięcie (poślizg) fundamentu na gruncie

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca) PN EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_{φ}	1
	Spójność efektywna	γ_c	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1
	Ciężar objętościowy	γ_{γ}	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1,1

6.1.1. Obliczeniowe wartości parametrów gruntu pod fundamentem

Gęstość warstwy gruntu: $\rho_s = 2050 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy:

$$\gamma' = \rho_s \cdot g \cdot \gamma_{\gamma} \cdot 10^{-3} = 2050 \cdot 9,810 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 20,11 \text{ kN/m}^3$$

Kąt tarcia wewn. $\varphi'_k = 14,00^\circ$

Efektywny kąt tarcia wewnętrznego:

$$\varphi' = \text{Arc tg} \frac{\tan \varphi'_k}{\gamma_{\varphi}} = \text{Arc tg} \frac{\tan 14,00^\circ}{1} = 14,00^\circ$$

Spójność: $c'_k = 15 \text{ kN/m}^2$

Spójność efektywna: $c' = \frac{c'_k}{\gamma_c} = \frac{15}{1} = 15 \text{ kN/m}^2$

Kąt tarcia wewnętrznego w stanie krytycznym: $\varphi_{cv} = 16,00^\circ$

6.1.2. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: Komb #225 [1] (1,000) (SGN (a, b))

Podpora węzłowa 3

$$F_x = 3,9497 \text{ kN}$$

$$F_y = 1,3579 \text{ kN}$$

$$F_z = -124,35 \text{ kN}$$

$$M_x = -2,3976 \text{ kNm}$$

$$M_y = 11,45 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-124,35) = 124,35 \text{ kN}$$

6.1.3. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = 3,9497 \text{ kN}$$

$$H_{dy} = F_y = 1,3579 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G, fav} = 124,35 + (21,19 + 3,1078 + 23,653) \cdot 1 = 172,3 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0x} + M_y + F_x \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{f,k} \cdot e_{fx} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G, fav}}{V_d} =$$

$$= \frac{124,35 \cdot 0 + 11,45 + 3,9497 \cdot (0,1 + 0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot 0 + 23,653 \cdot 0) \cdot 1}{172,3} = 0,096 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{f,k} \cdot e_{fy} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{G, fav}}{V_d} =$$

$$= \frac{124,35 \cdot 0 - (-2,3976) + 1,3579 \cdot (0,1 + 0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot 0 + 23,653 \cdot 0) \cdot 1}{172,3} = 0,024 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 1,2 - |0,096| \cdot 2 = 1,008 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 1,2 - |0,024| \cdot 2 = 1,152 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 1,008 \cdot 1,152 = 1,1612 \text{ m}^2$$

6.1.4. Nośność na przesunięcie (poślizg) z odpływem

$$\delta_k = \varphi_{cv} = 16,00^\circ$$

Obliczeniowa wartość kąta tarcia wewnętrznego na styku konstrukcji z gruntem:

$$\delta_d = \text{Arc tg} \left(\frac{\text{tg } \delta_k}{\gamma_\varphi} \right) = \text{Arc tg} \left(\frac{\text{tg } 16,00^\circ}{1} \right) = 16,00^\circ$$

Nośność na przesunięcie (poślizg): PN EN 1997-1 6.5.3 (8)P (6.3a)

$$R_{d, Hs} = V_d \cdot \text{tg } \delta_d = 172,3 \cdot \text{tg } 16,00^\circ = 49,407 \text{ kN}$$

$$\text{Wykorzystanie na przesunięcie (poślizg): } \Lambda_{R, hs} = \left| \frac{H_d}{R_{d, Hs}} \right| = \left| \frac{4,0704_d}{49,407} \right| = 0,085 \leq \Lambda_{R, hs, lim} = 1,000$$

spełniony!

6.2. Przesunięcie (poślizg) fundamentu na podbetonie

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" MI "+" R2} (Decydująca)

PN EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_{ϕ}	1
	Spójność efektywna	γ_c	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1
	Ciężar objętościowy	γ_{γ}	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1,1

6.2.1. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: Komb #225 [1] (1,000) (SGN (a, b))

Podpora węzłowa 3

$$F_x = 3,9497 \text{ kN}$$

$$F_y = 1,3579 \text{ kN}$$

$$F_z = -124,35 \text{ kN}$$

$$M_x = -2,3976 \text{ kNm}$$

$$M_y = 11,45 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-124,35) = 124,35 \text{ kN}$$

6.2.2. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu podbetonu

$$H_{dx} = F_x = 3,9497 \text{ kN}$$

$$H_{dy} = F_y = 1,3579 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G,fav} = 124,35 + (21,19 + 23,653) \cdot 1 = 169,2 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0x} + M_y + F_x \cdot (h_1 + h_2) + (G_{f,k} \cdot e_{fx} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G,fav}}{V_d} =$$

$$= \frac{124,35 \cdot 0 + 11,45 + 3,9497 \cdot (0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot 0 + 23,653 \cdot 0) \cdot 1}{169,2} = 0,096 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h_1 + h_2) + (G_{f,k} \cdot e_{fy} + G_{bf,k} \cdot e_{bfy}) \cdot \gamma_{G, fav}}{V_d} =$$

$$= \frac{124,35 \cdot 0 - (-2,3976) + 1,3579 \cdot (0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot 0 + 23,653 \cdot 0) \cdot 1}{169,2} = 0,024 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 1,2 - |0,096| \cdot 2 = 1,008 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 1,2 - |0,024| \cdot 2 = 1,152 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 1,008 \cdot 1,152 = 1,1612 \text{ m}^2$$

Współczynnik tarcia między fundamentem a podbetonem: $\mu_{cc} = 0,7$

Współczynnik częściowy dla tarcia między elementami: $\gamma_\mu = 1$

Nośność na przesunięcie (poślizg):

$$R_{d, Hb} = V_d \cdot \frac{\mu_{cc}}{\gamma_\mu} = 169,2 \cdot \frac{0,7}{1} = 118,44 \text{ kN}$$

Wykorzystanie na przesunięcie (poślizg): $\Lambda_{R, H, b} = \left| \frac{H_d}{R_{d, Hb}} \right| = \left| \frac{4,0704_d}{118,44} \right| = 0,035 \leq \Lambda_{R, H, b, lim} = 1,000$

spełniony!

7. Sprawdzenie fundamentu

7.1. Wymiarowanie zbrojenia

$$d_{x1} = h_1 + h_2 - u_{B,x} = 0,4 + 0,8 - 0,04 = 1,16 \text{ m}$$

$$d_{x2} = h_1 - u_{B,x} = 0,4 - 0,04 = 0,36 \text{ m}$$

$$d_{y1} = h_1 + h_2 - u_{B,y} = 0,4 + 0,8 - 0,06 = 1,14 \text{ m}$$

$$d_{y2} = h_1 - u_{B,y} = 0,4 - 0,06 = 0,34 \text{ m}$$

Zbrojenie podłużne

	X	Y
Górne	Ø 20 mm ($A_\varnothing = 314 \text{ mm}^2$)	Ø 20 mm ($A_\varnothing = 314 \text{ mm}^2$)
Dolne	Ø 20 mm ($A_\varnothing = 314 \text{ mm}^2$)	Ø 20 mm ($A_\varnothing = 314 \text{ mm}^2$)

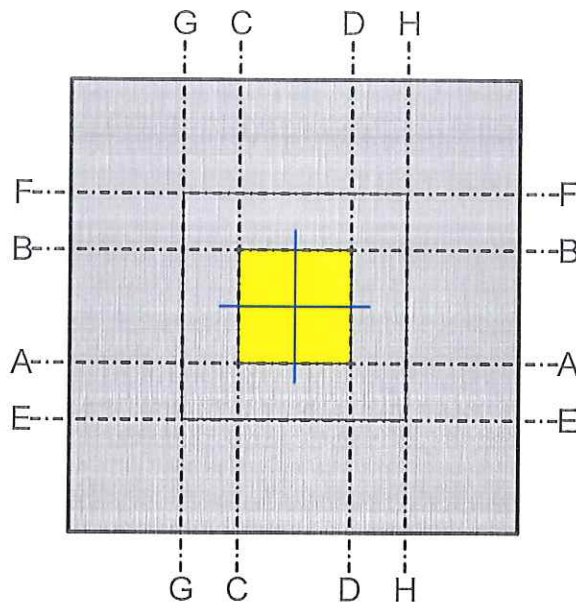
7.2. Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

Współczynnik określający efektywną wysokość strefy ściskanej:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{PN EN 1992-1-1 3.1.7 (3.19)}$$

Współczynnik określający efektywną wytrzymałość:

$$\eta = 1 \quad \text{PN EN 1992-1-1 3.1.7 (3.21)}$$



Momenty w analizowanych przekrojach poprzecznych:

	Analizowany przekrój poprzeczny	m_d [kNm/m]	Przypadek obciążenia
1.	A-A	16,046	Komb #249 [1] (1,000)
2.	B-B	19,15	Komb #218 [1] (1,000)
3.	C-C	10,853	Komb #227 [1] (1,000)
4.	D-D	19,15	Komb #218 [1] (1,000)
5.	E-E	6,6661	Komb #249 [1] (1,000)
6.	F-F	8,511	Komb #218 [1] (1,000)
7.	G-G	4,1509	Komb #176 [1] (1,000)
8.	H-H	8,511	Komb #218 [1] (1,000)

$$f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_c = 1,500 \quad f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_s} = 1 \cdot \frac{20}{1,150} = 13,333 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500,25 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_s = 1,150 \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,25}{1,150} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$\xi_0 = \frac{\varepsilon_{cu1}}{\varepsilon_{cu1} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot \lambda = \frac{(-3,500)}{(-3,500) - \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 0,8 = 0,49339$$

7.2.1. Wymiarowanie zbrojenia podłużnego na moment zginający M_y

7.2.1.1. Sprawdzenie na krawędzi podpieranego elementu - przekrój poprzeczny C-C i D-D

Zbrojenie rozciągane w kierunku x

$$m_d = \text{Max}(m_{dC-C} ; m_{dD-D}) = \text{Max}(10,853 ; 19,15) = 19,15 \text{ kNm/m}$$

$$m_d = 19,15 \text{ kNm/m}$$

$$d = h - u_{Bx} = 1,2 - 0,04 = 1,16 \text{ m}$$

$$d_2 = u_{Tx} = 0,04 \text{ m}$$

$$x_{c0} = d \cdot \xi_0 = 1,16 \cdot 0,49339 = 0,57233 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{\eta \cdot f_{cd}}} = 1,16 - \sqrt{1,16^2 - \frac{2 \cdot 19,15}{1 \cdot 13333}} = 0,0012388 \text{ m} \leq x_{c0} = 0,57233 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

$$a_{s1,c} = \frac{x_c \cdot b_w \cdot \eta \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,0012388 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 13333}{435000} = 3,79705 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m} = 38 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Minimalne zbrojenie

$$\rho_{l,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \geq 0,0013 = 0,26 \cdot \frac{2,2104}{500,25} \geq 0,0013 = 0,0013 \quad \text{PN EN 1992-1-1 9.2.1.1 (1)}$$

Minimalne rozciągane zbrojenie podłużne:

$$a_{s,min} = \rho_{l,min} \cdot d = 0,0013 \cdot 1,16 = 0,001508 \text{ m}^2/\text{m} = 1508 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$a_{s1} = a_{s1,c} = 38 \text{ mm}^2/\text{m} = 3,79705 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m}$$

Minimalne podłużne zbrojenie rozciągane nie jest uwzględnianie.

$$A_{\emptyset} = \frac{\emptyset_{Bx}^2}{4} \cdot \pi = \frac{20^2}{4} \cdot 3,1416 = 314 \text{ mm}^2 = 0,00031416 \text{ m}^2$$

$$s_{max,slabs} = \text{Min}(2 \cdot h = 2 \cdot 1,2 = 2,4 ; 0,25) = 0,25 \text{ m} \quad \text{EN-1992-1-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \text{Min} \left(\frac{A_{\varnothing}}{a_{s1}} = \frac{0,00031416}{3,79705 \cdot 10^{-5}} = 8,2738 ; s_{\max, \text{slabs}} = 0,25 \right) = 0,25 \text{ m} = 250 \text{ mm}$$

Zbrojenie podłużne:

$$a_{s, \text{prov}} = \frac{A_{\varnothing}}{s} = \frac{0,00031416}{0,25} = 0,0012566 \text{ m}^2/\text{m} = 1257 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 20 \text{ mm}/250 \text{ mm})$$

7.2.1.1.1. Sprawdzenie na krawędzi odsadzki - przekrój poprzeczny G-G i H-H

Zbrojenie rozciągane w kierunku x

$$m_d = \text{Max}(m_{dG-G} ; m_{dH-H}) = \text{Max}(4,1509 ; 8,511) = 8,511 \text{ kNm/m}$$

$$m_d = 8,511 \text{ kNm/m}$$

$$d = h - u_{Bx} = 0,4 - 0,04 = 0,36 \text{ m}$$

$$d_2 = u_{Tx} = 0,04 \text{ m}$$

$$x_{c0} = d \cdot \xi_0 = 0,36 \cdot 0,49339 = 0,17762 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{\eta \cdot f_{cd}}} = 0,36 - \sqrt{0,36^2 - \frac{2 \cdot 8,511}{1 \cdot 13333}} = 0,0017775 \text{ m} \leq x_{c0} = 0,17762 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

$$a_{s1,c} = \frac{x_c \cdot b_w \cdot \eta \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,0017775 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 13333}{435000} = 54 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Minimalne zbrojenie

$$\rho_{l, \min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \geq 0,0013 = 0,26 \cdot \frac{2,2104}{500,25} \geq 0,0013 = 0,0013 \quad \text{PN EN 1992-1-1 9.2.1.1 (1)}$$

Minimalne rozciągane zbrojenie podłużne:

$$a_{s, \min} = \rho_{l, \min} \cdot d = 0,0013 \cdot 0,36 = 468 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$a_{s1} = \text{Max}(a_{s1,c} ; a_{s, \min}) = \text{Max}(54 ; 468) = 0,000468 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$A_{\varnothing} = \frac{\varnothing_{Bx}^2}{4} \cdot \pi = \frac{20^2}{4} \cdot 3,1416 = 314 \text{ mm}^2 = 0,00031416 \text{ m}^2$$

$$s_{\max, \text{slabs}} = \text{Min}(2 \cdot h = 2 \cdot 0,4 = 0,8 ; 0,25) = 0,25 \text{ m} \quad \text{EN-1992-1-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \text{Min} \left(\frac{A_{\varnothing}}{a_{s1}} = \frac{0,00031416}{0,000468} = 0,67128 ; s_{\max, \text{slabs}} = 0,25 \right) = 0,25 \text{ m} = 250 \text{ mm}$$

Zbrojenie podłużne:

$$a_{s, \text{prov}} = \frac{A_{\varnothing}}{s} = \frac{0,00031416}{0,25} = 1257 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 20 \text{ mm}/250 \text{ mm})$$

7.2.2. Wymiarowanie zbrojenia podłużnego na moment zginający M_x

7.2.2.1. Sprawdzenie na krawędzi podpieranego elementu - przekrój poprzeczny A-A i B-B

Zbrojenie rozciągane w kierunku y

$$m_d = \max(m_{dA-A} ; m_{dB-B}) = \max(16,046 ; 19,15) = 19,15 \text{ kNm/m}$$

$$m_d = 19,15 \text{ kNm/m}$$

$$d = h - u_{By} = 1,2 - 0,06 = 1,14 \text{ m}$$

$$d_2 = u_{Ty} = 0,06 \text{ m}$$

$$x_{c0} = d \cdot \xi_0 = 1,14 \cdot 0,49339 = 0,56247 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{\eta \cdot f_{cd}}} = 1,14 - \sqrt{1,14^2 - \frac{2 \cdot 19,15}{1 \cdot 13333}} = 0,0012605 \text{ m} \leq x_{c0} = 0,56247 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

$$a_{s1,c} = \frac{x_c \cdot b_w \cdot \eta \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,0012605 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 13333}{435000} = 39 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Minimalne zbrojenie

$$\rho_{l,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \geq 0,0013 = 0,26 \cdot \frac{2,2104}{500,25} \geq 0,0013 = 0,0013 \quad \text{PN EN 1992-1-1 9.2.1.1 (1)}$$

Minimalne rozciągane zbrojenie podłużne:

$$a_{s,min} = \rho_{l,min} \cdot d = 0,0013 \cdot 1,14 = 1482 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$a_{s1} = a_{s1,c} = 39 \text{ mm}^2/\text{m} = 3,86374 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m}$$

Minimalne podłużne zbrojenie rozciągane nie jest uwzględniane.

$$A_{\varnothing} = \frac{\varnothing_{By}^2}{4} \cdot \pi = \frac{20^2}{4} \cdot 3,1416 = 314 \text{ mm}^2 = 0,00031416 \text{ m}^2$$

$$s_{max,slabs} = \min(2 \cdot h = 2 \cdot 1,2 = 2,4 ; 0,25) = 0,25 \text{ m} \quad \text{EN-1992-1-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \min\left(\frac{A_{\varnothing}}{a_{s1}} = \frac{0,00031416}{3,86374 \cdot 10^{-5}} = 8,131 ; s_{max,slabs} = 0,25\right) = 0,25 \text{ m} = 250 \text{ mm}$$

Zbrojenie podłużne:

$$a_{s,prov} = \frac{A_{\varnothing}}{s} = \frac{0,00031416}{0,25} = 1257 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 20 \text{ mm}/250 \text{ mm})$$

7.2.2.1.1. Sprawdzenie na krawędzi odsadki - przekrój poprzeczny E-E i F-F

Zbrojenie rozciągane w kierunku y

$$m_d = \max(m_{dE-E} ; m_{dF-F}) = \max(6,6661 ; 8,511) = 8,511 \text{ kNm/m}$$

$$m_d = 8,511 \text{ kNm/m}$$

$$d = h - u_{By} = 0,4 - 0,06 = 0,34 \text{ m}$$

$$d_2 = u_{Ty} = 0,06 \text{ m}$$

$$x_{c0} = d \cdot \xi_0 = 0,34 \cdot 0,49339 = 0,16775 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{\eta \cdot f_{cd}}} = 0,34 - \sqrt{0,34^2 - \frac{2 \cdot 8,511}{1 \cdot 13333}} = 0,0018826 \text{ m} \leq x_{c0} = 0,16775 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

$$a_{s1,c} = \frac{x_c \cdot b_w \cdot \eta \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,0018826 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 13333}{435000} = 58 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Minimalne zbrojenie

$$\rho_{l,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \geq 0,0013 = 0,26 \cdot \frac{2,2104}{500,25} \geq 0,0013 = 0,0013 \quad \text{PN EN 1992-1-1 9.2.1.1 (1)}$$

Minimalne rozciągane zbrojenie podłużne:

$$a_{s,min} = \rho_{l,min} \cdot d = 0,0013 \cdot 0,34 = 442 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$a_{s1} = \text{Max}(a_{s1,c} ; a_{s,min}) = \text{Max}(58 ; 442) = 0,000442 \text{ m}^2/\text{m}$$

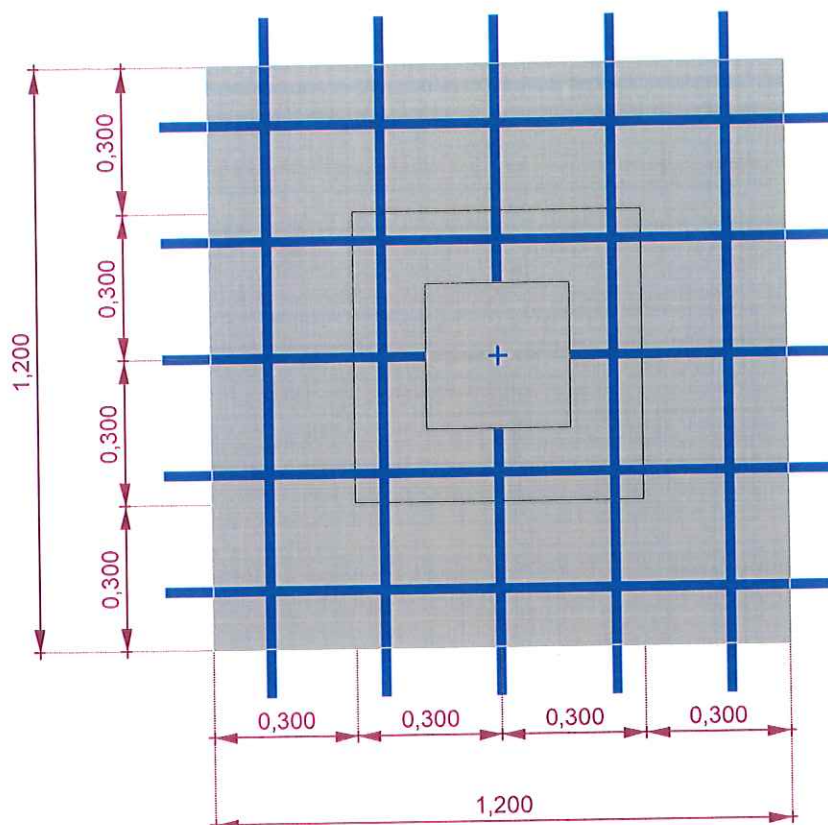
$$A_{\varnothing} = \frac{\varnothing_{By}^2}{4} \cdot \pi = \frac{20^2}{4} \cdot 3,1416 = 314 \text{ mm}^2 = 0,00031416 \text{ m}^2$$

$$s_{max,slabs} = \text{Min}(2 \cdot h = 2 \cdot 0,4 = 0,8 ; 0,25) = 0,25 \text{ m} \quad \text{EN-1992-1-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \text{Min}\left(\frac{A_{\varnothing}}{a_{s1}} = \frac{0,00031416}{0,000442} = 0,71077 ; s_{max,slabs} = 0,25\right) = 0,25 \text{ m} = 250 \text{ mm}$$

Zbrojenie podłużne:

$$a_{s,prov} = \frac{A_{\varnothing}}{s} = \frac{0,00031416}{0,25} = 1257 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 20 \text{ mm}/250 \text{ mm})$$



8. Wyznaczanie osiadania

8.1. Metoda sumowania odkształceń warstw podłoża

PN EN 1997-1 Załącznik F

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

PN EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0

M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_ϕ	1
	Spójność efektywna	γ_c	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1
	Ciężar objętościowy	γ_γ	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1,1

PN EN 1997-12.4.8 (2) Wartość współczynnika częściowego dla stanu granicznego użytkowości powinna normalnie wynosić 1.0.

8.2. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: Komb #220 [1] (1,000) (SGN (a, b))

Podpora węzłowa 3

$$F_x = 3,8864 \text{ kN}$$

$$F_y = 1,3514 \text{ kN}$$

$$F_z = -144,64 \text{ kN}$$

$$M_x = -5,6075 \text{ kNm}$$

$$M_y = 11,015 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-144,64) = 144,64 \text{ kN}$$

8.3. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = 3,8864 \text{ kN}$$

$$H_{dy} = F_y = 1,3514 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G,unfav} = 144,64 + (21,19 + 3,1078 + 23,653) \cdot 1,35 = 209,37 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0x} + M_y + F_x \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{f,k} \cdot e_{fx} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{144,64 \cdot 0 + 11,015 + 3,8864 \cdot (0,1 + 0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot 0 + 23,653 \cdot 0) \cdot 1,35}{209,37} = 0,077 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{f,k} \cdot e_{fy} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{144,64 \cdot 0 - (-5,6075) + 1,3514 \cdot (0,1 + 0,4 + 0,8) + (21,19 \cdot 0 + 23,653 \cdot 0) \cdot 1,35}{209,37} = 0,035 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 1,2 - |0,077| \cdot 2 = 1,046 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 1,2 - |0,035| \cdot 2 = 1,13 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 1,046 \cdot 1,13 = 1,182 \text{ m}^2$$

$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{209,37}{1,182} = 177,13 \text{ kN/m}^2$$

$$H_B = 3,8864 \text{ kN}$$

$$H_L = 1,3514 \text{ kN}$$

Naprężenie normalne pod narożnikiem prostokątnej powierzchni obciążenia na głębokości z wynosi:

$$\sigma_z = \frac{p}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\text{Arc tg} \left(\frac{b}{z} \cdot \frac{a \cdot (a^2 + b^2) - 2 \cdot a \cdot z \cdot (r - z)}{z \cdot (a^2 + b^2) \cdot (r - z) - z \cdot (r - z)^2} \right) \right] + \left[\frac{b \cdot z}{b^2 + z^2} \cdot \frac{a \cdot (r^2 + z^2)}{(a^2 + z^2) \cdot r} \right] \quad \text{za Steinbrennerem}$$

gdzie:

p jest obciążeniem równomiernie rozłożonym na powierzchni nacisku

a i b są długością i szerokością prostokątnej powierzchni nacisku

$$r = \sqrt{a^2 + b^2 + z^2}$$

Naprężenie w punkcie charakterystycznym:

$$\sigma_{z,a} = \sigma_{z,I} + \sigma_{z,II} + \sigma_{z,III} + \sigma_{z,IV}$$

	a	b
$\sigma_{z,I}$	$(0,5 - 0,37) \cdot L' = 0,1469$	$(0,5 - 0,37) \cdot B' = 0,13598$
$\sigma_{z,II}$	$(0,5 + 0,37) \cdot L' = 0,9831$	$(0,5 - 0,37) \cdot B' = 0,13598$
$\sigma_{z,III}$	$(0,5 + 0,37) \cdot L' = 0,9831$	$(0,5 + 0,37) \cdot B' = 0,91002$
$\sigma_{z,IV}$	$(0,5 + 0,37) \cdot B' = 0,91002$	$(0,5 - 0,37) \cdot L' = 0,1469$

Odległość punktu charakterystycznego do osi środkowych powierzchni obciążonej wynosi $0,37B'$ i $0,37L'$.

Efektywne naprężenie od nadkładu w podstawie fundamentu:

$$q' = \gamma_y \cdot \sum \gamma_i \cdot h_i = 1 \cdot \sum \gamma_i \cdot h_i = 32,177 \text{ kN/m}^2$$

Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem w poziomie posadowienia:

$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{209,37}{1,182} = 177,13 \text{ kN/m}^2$$

$$p = q_{E,d} - q' = 177,13 - 32,177 = 144,96 \text{ kN/m}^2$$

Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem na głębokości oddziaływania:

$$\sigma_{D,lim} = 14,711 \text{ kN/m}^2$$

Efektywne naprężenie od nadkładu na głębokości oddziaływania:

$$q_{D_{lim}} = 73,556 \text{ kN/m}^2$$

Głębokość oddziaływania:

$$D_{lim} = -3,6576 \text{ m}$$

Głębokość ta zwykle może być przyjęta jako głębokość, na której efektywne naprężenie pionowe od fundamentu stanowi 20% efektywnego naprężenia od nadkładu. PN EN 1997-1 6.6.2 (6)

Osiadanie:

$$s = \sum s_i = 4,042 \text{ mm} < s_{lim} = 50,000 \text{ mm} \text{ spełniony}$$

Referencyjna warstwa gruntu: IS5 - (Plastyczny pył ($e = 0,5$))

$$\text{Moduł ściśliwości referencyjnej warstwy gruntu } E_{s,ref} = 24231 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Gęstość referencyjnej warstwy gruntu } \rho_{s,ref} = 2050 \text{ kg/m}^3$$

i	z_0 [m]	h_i [m]	$h_{i,eq}$ [m]	σ_z [kN/m ²]	q' [kN/m ²]	σ_z/q' [%]	s_i [mm]	$\sum s_i$ [mm]
0.	0	0	0	0	0	-	0	0
1.	-0,1	0,1	0,1	0	2,0111	0	0	0
2.	-0,2	0,1	0,1	0	4,0221	0	0	0
3.	-0,3	0,1	0,1	0	6,0332	0	0	0
4.	-0,4	0,1	0,1	0	8,0442	0	0	0
5.	-0,5	0,1	0,1	0	10,055	0	0	0
6.	-0,6	0,1	0,1	0	12,066	0	0	0
7.	-0,7	0,1	0,1	0	14,077	0	0	0
8.	-0,8	0,1	0,1	0	16,088	0	0	0
9.	-0,9	0,1	0,1	0	18,099	0	0	0
10.	-1	0,1	0,1	0	20,111	0	0	0
11.	-1,1	0,1	0,1	0	22,122	0	0	0
12.	-1,2	0,1	0,1	0	24,133	0	0	0
13.	-1,3	0,1	0,1	0	26,144	0	0	0
14.	-1,4	0,1	0,1	0	28,155	0	0	0
15.	-1,5	0,1	0,1	0	30,166	0	0	0
16.	-1,6	0,1	0,1	144,96	32,177	5	0	0
17.	-1,7	0,1	0,1	132,01	34,188	4	0,572	0,572
18.	-1,8	0,1	0,1	103,64	36,199	3	0,486	1,058
19.	-1,9	0,1	0,1	83,5	38,21	2	0,386	1,444
20.	-2	0,1	0,1	70,609	40,221	2	0,318	1,762
21.	-2,1	0,1	0,1	61,64	42,232	1	0,273	2,035

22.	- 2,2	0,1	0,1	54,787	44,243	1	0,240	2,275
23.	- 2,3	0,1	0,1	49,175	46,254	1	0,215	2,490
24.	- 2,4	0,1	0,1	44,378	48,265	1	0,193	2,683
25.	- 2,5	0,1	0,1	40,179	50,276	1	0,174	2,857
26.	- 2,6	0,1	0,1	36,459	52,287	1	0,158	3,015
27.	- 2,7	0,1	0,1	33,145	54,298	1	0,144	3,159
28.	- 2,8	0,1	0,1	30,187	56,309	1	0,131	3,290
29.	- 2,9	0,1	0,1	27,543	58,32	0	0,119	3,409
30.	- 3	0,1	0,1	25,179	60,332	0	0,109	3,518
31.	- 3,1	0,1	0,1	23,064	62,343	0	0,100	3,617
32.	- 3,2	0,1	0,1	21,171	64,354	0	0,091	3,708
33.	- 3,3	0,1	0,1	19,474	66,365	0	0,084	3,792
34.	- 3,4	0,1	0,1	17,951	68,376	0	0,077	3,869
35.	- 3,5	0,1	0,1	16,583	70,387	0	0,071	3,941
36.	- 3,6	0,1	0,1	15,351	72,398	0	0,066	4,007
37.	- 3,6576	0,057615	0,057615	14,711	73,556	0	0,035	4,042
38.	- 3,7	0,042385	0,042385	14,24	74,409	0	0,026	4,068
39.	- 3,8	0,1	0,1	13,237	76,42	0	0,057	4,124
40.	- 3,9	0,1	0,1	12,328	78,431	0	0,053	4,177
41.	- 4	0,1	0,1	11,504	80,442	0	0,049	4,226
42.	- 4,1	0,1	0,1	10,754	82,453	0	0,046	4,272

z_0 : Głębokość

h_i : Grubość warstwy gruntu

$h_{i,eq}$: Równoważna grubość

$$h_{i,eq} = h_i \cdot \left(\frac{E_{s,i}}{E_{s,ref}} \cdot \frac{\rho_{s,ref}}{\rho_{s,i}} \right)^{\frac{1}{2,5}}$$

gdzie:

$\rho_{s,i}$: Gęstość warstwy gruntu

$E_{s,i}$: Moduł ściśliwości warstwy gruntu

$E_{s,ref}$: Moduł ściśliwości referencyjnej warstwy gruntu

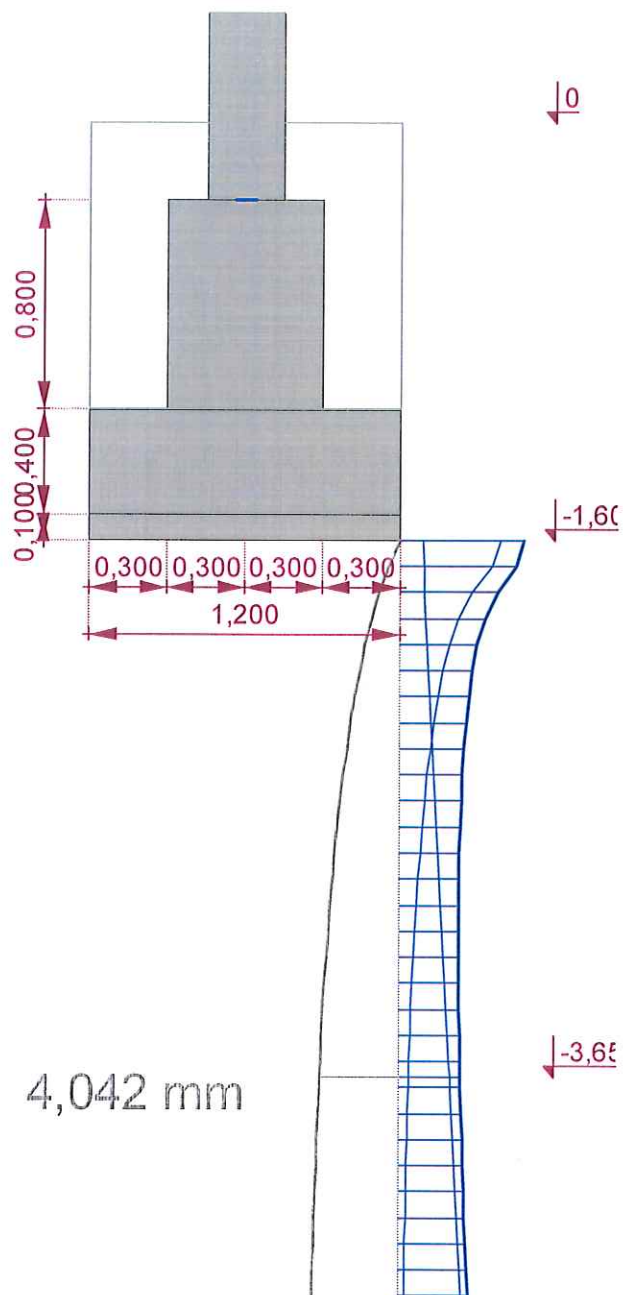
$\rho_{s,ref}$: Gęstość referencyjnej warstwy gruntu

σ_z : Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem

q' : Efektywne naprężenie od nadkładu

s_i : Osiadanie warstwy gruntu

Σs_i : Całkowite osiadanie na danej głębokości



8. Elementy drugorzędne

8.1 Płatwie

Zaprojektowano w układzie wieloprzesłowym. Płatwie zaprojektowano z dwuteownika IPE140 - stal S235.

8.2 Stężenie połaciowe

W płaszczyźnie pasów górnych dźwigarów dachowych zaprojektowano skręcany układ stężający kratowy przekazujący siły poziome na słupy główne hali. Stężenia zaprojektowano z układu prętów fi16 - stal S235.

8.3 Zastrzały

Do pasów dolnych dźwigarów dachowych zaprojektowano skręcany układ stężający składający się z rur kwadratowych RK50x4 - stal S235.

9. Uwagi ogólne

Przy wykonywaniu robót budowlanych należy stosować wyroby budowlane o właściwościach użytkowych spełniających wymagania podstawowe określone w art. 5 ust.1 ustawy „Prawo Budowlane” dopuszczone do obrotu powszechnego lub jednostkowego stosowania w budownictwie. Wszystkie stosowane materiały powinny być zgodne z odpowiednimi normami, posiadać aktualne atesty i aprobaty techniczne.

Właściwości wyrobów budowlanych, sposób ich przechowywania i transportowania, warunki dostawy i składowania oraz kontrola jakości powinny odpowiadać wymaganiom określonym w normach i wytycznych branżowych. Dodatkowo należy stosować zalecenia producentów zawartych w kartach technicznych

Całość robót budowlanych prowadzić pod stałym nadzorem technicznym i zgodnie z przepisami BHP. W przypadku napotkania w trakcie realizacji na problemy nie ujęte w dokumentacji należy wezwać projektanta celem ich wyjaśnienia.

Skoczów, dn. 01.12.2020 r.

mgr inż. Piotr Pudelko
uprawnienia budowlane
dział: projektowanie w specjalności
konstrukcyjno-budowlanej bez ograniczeń
Nr ewid. SLK/8101/PBKb/18

PROJEKTOWAŁ

mgr inż. bud. lądowego
ZBIGNIEW HYRNIK
nr upr. bud. UAN-VI/127/129/86 B-B
nr ewid. inż. bud. SIK/BO/0091/01
SPRAWDZIŁ

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY
LONDON
W.C.2

E

C