

OBLICZENIA STATYCZNE do projektu remontu sufitu w Hali sportowej w Pile przy ul. Podchorążych 10

1. PODSTAWA OPRACOWANIA

1. Umowa o prace projektowe nr 9/2020/ZP z dn. 06.04.2020r.
2. Wytyczne Inwestora,
3. Projekt budowlany hali,
4. Wizja lokalna i inwentaryzacja częściowa do celu niniejszej ekspertyzy
5. Obowiązujące przepisy w zakresie projektowania i wykonawstwa.

2. DANE O OBIEKCIE

- | | |
|----------------------------------|--|
| 2.1. Nazwa obiektu: | Hala sportowa |
| 2.2. Adres: | 64-920 Piła, ul. Podchorążych 10 |
| 2.3. Numery ewidencyjne działek: | 319, obręb ewidencyjny 0015 Piła
jednostka ewid. 301901_1 Piła |
| 2.4. Inwestor: | Państwowa Uczelnia Stanisława Staszica w Pile
64-920 Piła, ul. Podchorążych 10 |
| 2.5. Biuro Projektów: | Spółdzielnia Obsługi Inwestycyjnej
„DOMPIL” w Pile
64-920 Piła, ul. Sikorskiego 33 |

3. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA KONSTRUKCJI

Budynek Hali sportowej wykonany został o konstrukcji szkieletowej w układzie konstrukcyjnym poprzecznym. Główne elementy nośne stanowią słupy żelbetowe w ścianach zewnętrznych oraz dźwigary dachowe stalowe kratownicowe. Układ konstrukcyjny budynku typu halowego, ilość naw – jedna. Rozstaw układów poprzecznych – od 6.84m do 7.63m. Rozpiętość dźwigarów dachowych w osiach modułarnych: 29.3m.

4. OBCIĄŻENIA

Obciążenia budynku ustalono na podstawie obowiązujących norm dotyczących obliczania konstrukcji, a w szczególności:

1. PN-82/B-02000 Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości.
2. PN-82/B-02001 Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.
3. PN-82/B-02003 Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe
4. PN-80/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenia śniegiem.
5. PN-77/B-02011 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenia wiatrem.

Przyjęto następujące podstawowe obciążenia dla budynku:

1. Obciążenia pionowe stałe – uwzględniające ciężary materiałów przewidzianych do wbudowania na podstawie norm określonych w punkcie 1 i 2.
2. Obciążenie dachu śniegiem o kierunku pionowym – obciążenia dla III strefy na podstawie normy PN-80/B-02010.
3. Obciążenia dachu i ścian wiatrem o kierunku normalnym – obciążenia dla I strefy na podstawie normy PN-77/B-02011.

Schematy i wartości obciążeń dla poszczególnych elementów konstrukcyjnych przedstawiono w dalszej części przy obliczeniach tych elementów konstrukcyjnych.

Przyjęte wartości obciążeń dla podstawowych elementów nośnych:

1. Konstrukcja nośna dachu – uwzględniono ciężar własny konstrukcji, poszycia nośnego z blach faldowych, warstw izolacyjnych według projektu, obciążenie śniegiem dla I strefy wg PN-80/B-02010 (wartość charakterystyczna obciążenia – 0.72kN/m^2), obciążenie wiatrem dla I strefy wg PN-87/B-02011, obciążenie użytkowe o wartości średniej 0.15kN/m^2 , uwzględniające ciężar podwieszanych od spodu elementów budowlanych (instalacja sanitarna, kanały wentylacyjne, instalacja oświetleniowa) oraz wyposażenia (reklamy, podwieszane ekspozycje). Uwzględniono także obciążeniu użytkowe pomostu o wartości rewizyjnego na poddaszu o wartości 0.50kN/m^2 .

5. SCHEMATY STATYCZNE, WYNIKI OBLICZEŃ

Obliczenia statyczne poszczególnych elementów konstrukcyjnych przedstawiono w dalszej części niniejszego opracowania. W obliczeniach tych zawarto:

- zestawienia obciążeń elementów,
- schematy statyczne i schematy obciążeń poszczególnych elementów nośnych,
- wyniki obliczeń, w tym wyznaczenie sił wewnętrznych i reakcji oddziaływujących na inne elementy,
- wymiarowanie elementów nośnych, w tym dobór przekroji nośnych, wyznaczenie zbrojenia dla elementów żelbetowych, dobór materiałów pod względem konstrukcyjnym, sprawdzenie nośności zgodnie z obowiązującymi przepisami.

Obliczenia te przeprowadzono na podstawie obowiązujących norm dotyczących projektowania konstrukcji budynków, a w szczególności:

1. PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
2. PN-B-03200:1990 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
3. PN-B-03150 Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie.

ZESTAWIENIA OBCIĄŻEŃ JEDNOSTKOWYCH

1. Dach główny

Geometria dachu:

1. Kształt dachu – dach półstromy

2. Spadek dachu – 36%

$$\alpha = 20^\circ$$

$$\cos \alpha = 0.940$$

Zestawienie obciążeń dla dachu w stanie istniejącym:

	Obciążenie charakterystyczne	Współcz. obciążenia	Obciążenie obliczeniowe
A. Obciążenia pionowe w przeliczeniu na 1m^2 rzutu dachu na płaszczyznę poziomą:			
1/ Sufit płyt akustycznych Ecophone na ruszcie metalowym	0.11kN/m ²	1.2	0.13kN/m ²
2/ Wełna mineralna, grubość 20cm 0.20 × 0.6	0.12kN/m ²	1.2	0.14kN/m ²
3/ Paroizolacja z folii	0.02kN/m ²	1.2	0.02kN/m ²
4/ Blacha trapezowa TR50 0.10 / 0.940 =	0.11kN/m ²	1.2	0.13kN/m ²
5/ Ciężar płatwi dachowych	0.13kN/m ²	1.2	0.16kN/m ²
6/ Ciężar łożysk dachowych	0.03kN/m ²	1.2	0.04kN/m ²
Razem obciążenie stałe	$g = 0.52\text{kN/m}^2$		0.62kN/m ²
7/ Obciążenie podwieszane od spodu	0.15kN/m ²	1.2	0.18kN/m ²
8/ Obciążenie śniegiem dla strefy 1 – wg PN-B-02010			
8a/ Połac mniej zaśnieżona $C_1 = 0.8$ 0.8 × 0.9 =	$s = 0.72\text{kN/m}^2$	1.5	1.08kN/m ²
8b/ Połac bardziej zaśnieżona $C_2 = 0.93$ 0.93 × 0.9 =	$s = 0.84\text{kN/m}^2$	1.5	1.26kN/m ²
Razem obciążenie pionowe			
9a/ Suma obciążeń 1 – 7 + 8a	$q = 1.39\text{kN/m}^2$	1.35	1.88kN/m ²
9a/ Suma obciążeń 1 – 7 + 8b	$q = 1.51\text{kN/m}^2$	1.36	2.06kN/m ²

B. Obciążenia normalne w przeliczeniu na 1m^2 połaci dachowej – obciążenie wiatrem dla I strefy

10. Obciążenie wiatrem

Rodzaj terenu B $z = 13.5\text{m}$

$p_k = 0.30\text{kN/m}^2$ $C = 0.82$

$\beta = 1.8$ $\gamma_f = 1.5$

$f / B = 0.23$

a/ połac nawietrzna

$C_e = +0.1$

$$0.30 \times 0.82 \times 0.10 \times 1.8 = w_1 = 0.04\text{kN/m}^2 \quad 1.5 \quad 0.08\text{kN/m}^2$$

b/ połac zawietrzna

$C_z = -0.40$

$$0.30 \times 0.82 \times (-0.40) \times 1.8 = w_3 = -0.18\text{kN/m}^2 \quad 1.5 \quad -0.27\text{kN/m}^2$$

W dalszych obliczeniach pominięto wpływ obciążenia wiatrem na dźwigary dachowe z racji tej, że obciążenia odciążające (o znaku ujemnym) przeważają nad obciążeniami dociążającymi o znaku dodatnim. Ogólny wpływ obciążeń wiatrem jest dla dźwigarów powoduje ich odciążenia.

POZ.1. DŹWIGARY DACHOWE – STAN ISTNIEJACY

Rozstaw wiązarów $a = 6.84\text{m}$

Zestawienie obciążeń w przeliczeniu na 1mb dźwigara:

		Obciążenie charakt.	Współcz. obciążenia	Obciążenie obliczeniowe
1/ Ciężar wiaźara		1.2 kN/m	1.1	1.3 kN/m
2/ Obciążenie stałe z dachu				
0.52×6.84		3.6 kN/m	1.2	4.3 kN/m
A. Razem obciążenie stałe	$g =$	4.8 kN/m		5.6 kN/m
3/ Obciążenie podwieszona do sufitu (oświetlenie, wentylacja, sufit podwieszony itp.)				
$0.15 \times 6.84 =$		1.0 kN/m	1.2	1.2 kN/m
4/ Obciążenie śniegiem dla strefy 1,				
a/ połac bardziej naśnieżona				
$0.84 \times 6.84 =$		5.7 kN/m	1.5	8.6 kN/m
b/ połac mniej naśnieżona				
$0.72 \times 6.84 =$		4.9 kN/m	1.5	7.4 kN/m
B. Razem obciążenie całkowite				
a/ poz. 1 – 3 + poz.4a	$q_1 =$	11.5 kN/m		15.4kN/m
b/ poz. 1 – 3 + poz.4b	$q_2 =$	10.7 kN/m		14.2kN/m

1. Schemat kraty

Schemat statyczny – kratownica swobodnie podparta rozpiętość $L = 29.3\text{m}$

Kratownica o kształcie trójkątnym ze ściągami

Wysokość kratownicy w osiach pasów w kalenicy – $H = 5.33\text{m}$

Rozstaw węzłów kratownicy pasa górnego – $a = 2.44\text{m}$

Obciążenia węzłów kratownicy:

$$P_A = 0.5 \times 15.4 \times 2.44 = 18.8\text{kN}$$

$$P_1 = P_2 = \dots = P_5 = 15.4 \times 2.44 = 37.6\text{ kN}$$

$$P_6 = 0.5 \times (15.4 + 14.2) \times 2.44 = 36.1\text{kN}$$

$$P_{1'} = P_{2'} = \dots = P_{5'} = 14.2 \times 2.44 = 34.6\text{ kN}$$

$$P_B = 0.5 \times 14.2 \times 2.44 = 17.3\text{kN}$$

2. Siły wewnętrzne w prętach kratownicy

Wyniki – patrz zestawienie w tabeli

3. Sprawdzenie nośności elementów

3.1. Pasy górne – sprawdzenie nośności

Dotyczy prętów A – 1, 1 – 2, 2 – 3, 3 – 4, 4 – 5, 5 – C oraz B – 1', 1' – 2', 2' – 3', 3' – 4', 4' – 5', 5' – C.

Maksymalna siła ściskająca występuje w pręcie A – 1

$$N = 591.5\text{kN}$$

Przekrój pręta – dwuteownik HEA200

Gatunek stali – St3SX (S23JR), $f_d = 215\text{ MPa}$

$$A = 53.8\text{ cm}^2$$

$$N_R = 1\,157\text{ kN}$$

$$L_{0x} = 2.60\text{m}$$

$$L_{0y} = 2.60\text{m}$$

$$i_x = 8.28\text{cm}$$

$$i_y = 4.98\text{cm}$$

$$\lambda_x = 31$$

$$\lambda_y = 51$$

$$\lambda_p = 84$$

$$\lambda' = 51 / 84 = 0.61 \quad \rightarrow \quad \varphi_x = 0.890$$

$$N / \varphi_y \cdot N_R = 591.5 / (0.890 \times 1098) = 0.61 < 1$$

Wniosek – Pasy górne spełniają warunek nośności

3.2. Pasy dolny – sprawdzenie nośności

Dotyczy prętów A – 6, 6 – 7, 7 – 8, 8 – 11, 11 – 12, 12 – 13 oraz 13 – 12', 12' – 11', 11' – 8', 8' – 7', 7' – 6', 6' – B.

Maksymalna siła rozciągająca występuje w pręcie A – 6

$$N = 555.8 \text{ kN}$$

Przekrój pręta – dwuteownik HEA160

Gatunek stali – St3SX (S23JR), $f_d = 215 \text{ MPa}$

$$A = 38.8 \text{ cm}^2 \quad N_R = 834 \text{ kN}$$

$$N / N_R = 555.8 / 834 = 0.67 < 1$$

Wniosek – Pasy dolne spełniają warunek nośności

3.3. Pasy dolny – sprawdzenie nośności

Dotyczy prętów 8 – 9, 9 – 10, 10 – C oraz C – 10', 10' – 9', 9' – 8.

Maksymalna siła rozciągająca występuje w pręcie 10 – C

$$N = 258.3 \text{ kN}$$

Przekrój pręta – dwuteownik HEA100

Gatunek stali – St3SX (S23JR), $f_d = 215 \text{ MPa}$

$$A = 21.1 \text{ cm}^2 \quad N_R = 454 \text{ kN}$$

$$N / N_R = 258.3 / 454 = 0.56 < 1$$

Wniosek – Pasy dolne spełniają warunek nośności

3.4. Słupki 3 – 8 i 3' – 8' – sprawdzenie nośności

Maksymalna siła ściskająca występuje w pręcie 3 – 8

$$N = 106 \text{ kN} \quad \text{siła ściskająca w pręcie}$$

Przyjęto przekrój pręta – rura kwadratowa $90 \times 90 \times 4$

Gatunek stali – St3SX (S235JR), $f_d = 215 \text{ MPa}$

$$A = 13.06 \text{ cm}^2 \quad N_R = 281 \text{ kN}$$

$$L_{0x} = L_{0y} = 2.84 \text{ m}$$

$$i_x = i_y = 3.46 \text{ cm} \quad \lambda = 82 \quad \lambda_p = 84$$

$$\lambda = 82 / 84 = 0.98 \quad \rightarrow \quad \varphi = 0.661$$

$$N / \varphi \cdot N_R = 106 / (0.661 \times 281) = 0.57 < 1$$

Wniosek – Słupki spełniają warunek nośności.

3.5. Pozostałe słupki – sprawdzenie nośności

Dotyczy prętów 1 – 6, 2 – 7, 4 – 9, 5 – 10 oraz 1' – 6', 2' – 7', 4' – 9', 5' – 10'.

Maksymalna siła ściskająca występuje w pręcie 2 – 7 i 4 – 9.

$$N = 53.0 \text{ kN} \quad \text{siła ściskająca w pręcie}$$

Przekrój pręta – rura kwadratowa $60 \times 60 \times 4$

Gatunek stali – St3SX (S235JR), $f_d = 215 \text{ MPa}$

$$A = 8.26 \text{ cm}^2 \quad N_R = 178 \text{ kN}$$

$$L_{0x} = L_{0y} = 1.89 \text{ m}$$

$$i_x = i_y = 2.24 \text{ cm} \quad \lambda = 84 \quad \lambda_p = 84$$

$$\lambda = 84 / 84 = 1.00 \quad \rightarrow \quad \varphi = 0.648$$

$$N / \varphi \cdot N_R = 53.0 / (0.648 \times 178) = 0.46 < 1$$

Wniosek – Słupki spełniają warunek nośności.

3.6. Krzyżulce – sprawdzenie nośności

Dotyczy prętów 6 – 2, 7 – 3, 3 – 9, 4 – 10 oraz 6' – 2', 7' – 3', 3' – 9', 4' – 10'.

Maksymalna siła rozciągająca występuje w pręcie 7 – 3 i 3 – 9.

$$N = 60.0 \text{ kN} \quad \text{- siła rozciągająca w pręcie}$$

Przekrój pręta – rura kwadratowa $60 \times 60 \times 4$

Gatunek stali – St3S (S235JR), $f_d = 215 \text{ MPa}$

$$A = 8.26 \text{ cm}^2 \quad N_R = 178 \text{ kN}$$

$$N / N_R = 60.0 / 178 = 0.34 < 1$$

POZ.2. BELKI SUFITOWE

POZ.2.1. Belki sufitowe o rozpiętości 6.8m

Zestawienie obciążeń dla konstrukcji sufitu podwieszanego w przeliczeniu na 1m² powierzchni.:

	Obciążenie charakterystyczne	Współcz. obciążenia	Obciążenie obliczeniowe
1/ Podłoga z desek OSB 3, grubość 22mm $0.022 \times 6.5 =$	0.14kN/m ²	1.2	0.17kN/m ²
2/ Belkowanie sufitu z drewna $0.26 \times 0.10 \times 5.5 / 1.0 =$	0.14kN/m ²	1.2	0.17kN/m ²
3/ Wełna mineralna pierwsza warstwa między belkami, grubość 20cm, wypełnienie 90% $0.20 \times 0.6 \times 0.9 =$	0.11kN/m ²	1.2	0.13kN/m ²
4/ Wełna mineralna druga warstwa między rusztem sufitu, grubość 8cm, $0.08 \times 0.6 =$	0.05kN/m ²	1.2	0.06kN/m ²
5/ Paroizolacja z folii	0.02kN/m ²	1.2	0.02kN/m ²
6/ Izolacja p-poż z płyt gipsowych,	0.23kN/m ²	1.2	0.28kN/m ²
7/ Sufit z płyt akustycznych Ecophone	0.05kN/m ²	1.2	0.06kN/m ²
A. Razem obciążenia stałe	0.74kN/m ²	1.2	0.89kN/m ²
8/ Obciążenie podwieszane od spodu (oświetlenie, wentylacja, itp.)	0.15kN/m ²	1.2	0.18kN/m ²
9/ Obciążenie użytkowe podłogi poddasza	0.50kN/m ²	1.4	0.70kN/m ²
B. Razem obciążenie pionowe q =	1.39kN/m ²	1.27	1.77kN/m ²

Rozstaw belek – a = 1.0m

Obciążenie na 1mb płatwi:

$$q = 1.77 \times 1.0 = 1.77\text{kN/mb}$$

Schemat statyczny – belka swobodnie podparta na dźwigarach dachowych.

Rozpiętość obliczeniowa – L₀ = 6.8m

Moment zginający belkę:

$$M = 0.125 \times 1.77 \times 6.8^2 = 10.2\text{kNm}$$

Przyjęto belkę o przekroju 100×260mm z tarcicy klasy C24

$$A = 10 \times 26 = 260\text{cm}^2$$

$$W_x = 10 \times 26^2 / 6 = 1\,127\text{cm}^3$$

$$I_x = 10 \times 26^3 / 12 = 14\,650\text{cm}^4$$

Sprawdzenie nośności belki

$$\sigma = 10.2 \cdot 10^{-3} / 1.127 \cdot 10^{-3} = 9.1\text{Mpa}$$

Sprawdzenie warunku normowego :

$$\sigma = 8.9\text{MPa} < f_{dm} = 16.6\text{MPa}$$

Sprawdzenie ugięcia belki

Obciążenia na 1mb krokwi od obciążeń charakterystycznych:

$$g = 0.74 \times 1.0 = 0.74\text{kN/mb} \quad \text{- obciążenie długotrwałe}$$

$$q = 0.65 \times 1.0 = 0.65\text{kN/mb} \quad \text{- obciążenie zmienne}$$

Moment zginający belkę:

$$M(g) = 0.125 \times 0.74 \times 6.8^2 = 4.27\text{kNm}$$

$$M(p) = 0.125 \times 0.65 \times 6.8^2 = 3.76\text{kNm}$$

Sztywność belki:

$$EI_x = 11\,000 \times 14\,650 \cdot 10^{-8} = 1.61\text{MNm}^2$$

Ugięcie początkowe belki:

$$u_{inst,g} = 0.104 \times 4.27 \times 6.8^2 / 1.61 = 12.8\text{mm}$$

$$u_{inst,p} = 0.104 \times 3.76 \times 6.8^2 / 1.61 = 11.2\text{mm}$$

$$k_{def,g} = 0.6$$

– dla ugięcia długotrwałego

$$k_{def,p} = 0.0$$

– dla ugięcia krótkotrwałego

Ugięcie końcowe

$$u_{fin} = 12.8 \times (1 + 0.6) + 11.2 \times (1 + 0) = 31.7\text{mm} \approx 32\text{mm}$$

Sprawdzenie warunku normowego:

$$u_{fin} = 32 < u_{fin,net} = L / 200 = 6800 / 200 = 34\text{mm}$$

POZ.2.2. Belki sufitowe o rozpiętości 7.6m

Obciążenia jednostkowe przyjęto jak w poz.2.1.

Rozstaw belek – a = 0.85m

Obciążenie na 1mb płatwi:

$$q = 1.77 \times 0.85 = 1.50\text{kN/mb}$$

Schemat statyczny – belka swobodnie podparta na dźwigarach dachowych.

Rozpiętość obliczeniowa – $L_0 = 7.6\text{m}$

Moment zginający belkę:

$$M = 0.125 \times 1.50 \times 7.6^2 = 10.9\text{kNm}$$

Przyjęto belkę o przekroju 120×260mm z tarcicy klasy C24

$$A = 12 \times 26 = 312\text{cm}^2$$

$$W_x = 12 \times 26^2 / 6 = 1\,352\text{cm}^3$$

$$I_x = 10 \times 26^3 / 12 = 17\,580\text{cm}^4$$

Sprawdzenie nośności belki

$$\sigma = 10.9 \cdot 10^{-3} / 1.352 \cdot 10^{-3} = 8.0\text{MPa}$$

Sprawdzenie warunku normowego :

$$\sigma = 8.0\text{MPa} < f_{dm} = 16.6\text{MPa}$$

Sprawdzenie ugięcia belki

Obciążenia na 1mb krokwi od obciążeń charakterystycznych:

$$g = 0.74 \times 0.85 = 0.63\text{kN/mb} \quad - \text{ obciążenie długotrwałe}$$

$$q = 0.65 \times 0.85 = 0.55\text{kN/mb} \quad - \text{ obciążenie zmienne}$$

Moment zginający belkę:

$$M(g) = 0.125 \times 0.63 \times 7.6^2 = 4.54\text{kNm}$$

$$M(p) = 0.125 \times 0.55 \times 7.6^2 = 3.99\text{kNm}$$

Sztywność belki:

$$EI_x = 11\,000 \times 17\,580 \cdot 10^{-8} = 1.93\text{MNm}^2$$

Ugięcie początkowe belki:

$$u_{inst,g} = 0.104 \times 4.54 \times 7.6^2 / 1.93 = 14.1\text{mm}$$

$$u_{inst,p} = 0.104 \times 3.99 \times 7.6^2 / 1.93 = 12.4\text{mm}$$

$$k_{def,g} = 0.6$$

– dla ugięcia długotrwałego

$$k_{def,p} = 0.0$$

– dla ugięcia krótkotrwałego

Ugięcie końcowe

$$u_{fin} = 14.1 \times (1 + 0.6) + 12.4 \times (1 + 0) = 35.0\text{mm}$$

Sprawdzenie warunku normowego:

$$u_{fin} = 35 < u_{fin,net} = L / 200 = 7600 / 200 = 38\text{mm}$$

POZ.3. DŹWIGARY DACHOWE – STAN PROJEKTOWANY

Rozstaw wiązarów $a = 6.84\text{m}$

Zestawienie obciążeń w przeliczeniu na 1mb dźwigara:

	Obciążenie charakt.	Współcz. obciążenia	Obciążenie obliczeniowe
1/ Ciężar wiązara	1.2 kN/m	1.1	1.3 kN/m
2/ Obciążenie stałe z dachu – pokrycie z blachy, ciężar płatwi i stężeń ($0.11 / 0.940 + 0.13 + 0.3$) $\times 6.84$	1.9 kN/m	1.2	2.3 kN/m
3/ Obciążenie stałe z sufitu z poz.2 $0.74 \times 6.84 =$	5.1 kN/m	1.2	6.1 kN/m
Razem obciążenie stałe $g =$	8.2 kN/m		9.7 kN/m
4/ Obciążenie podwieszane do sufitu (oświetlenie, wentylacja itp.) $0.15 \times 6.84 =$	1.0 kN/m	1.2	1.2 kN/m
5/ Obciążenie użytkowe pomostów nad sufitem, Wypełnienie podestów 35%, współczynnik redukcji z uwagi na powierzchnię $\psi_1 = 0.85$, współczynnik jednoczesności $\psi_2 = 0.9$ $0.50 \times 0.35 \times 0.85 \times 0.9 \times 6.84 =$	0.9 kN/m	1.4	1.3 kN/m
6/ Obciążenie śniegiem dla strefy 1, a/ połac bardziej naśnieżona $0.84 \times 6.84 =$	5.7 kN/m	1.5	8.6 kN/m
b/ połac mniej naśnieżona $0.72 \times 6.84 =$	4.9 kN/m	1.5	7.4 kN/m
Razem obciążenie całkowite			
a/ poz. 1 – 5 + poz.6a $q_1 =$	15.8 kN/m		20.8 kN/m
b/ poz. 1 – 3 + poz.4b $q_2 =$	15.0 kN/m		19.6 kN/m

1. Schemat kraty

Schemat statyczny – kratownica swobodnie podparta rozpiętość $L = 29.3\text{m}$

Kratownica trójprzegubowa o kształcie trójkątnym ze ściągami

Wysokość kratownicy w osiach pasów w kalenicy – $H = 5.33\text{m}$

Rozstaw węzłów kratownicy pasa górnego – $a = 2.44\text{m}$

Obciążenia węzłów kratownicy:

$$P_A = 0.5 \times 20.8 \times 2.44 = 25.9\text{kN}$$

$$P_1 = P_2 = \dots = P_5 = 20.8 \times 2.44 = 50.8\text{ kN}$$

$$P_6 = 0.5 \times (20.8 + 19.6) \times 2.44 = 49.3\text{kN}$$

$$P_{1'} = P_{2'} = \dots = P_{5'} = 19.6 \times 2.44 = 47.8\text{ kN}$$

$$P_B = 0.5 \times 19.6 \times 2.44 = 23.9\text{kN}$$

2. Siły wewnętrzne w prętach kratownicy

Wyniki – patrz zestawienie w tabeli

3. Pas dolny – schemat belki

Schemat statyczny – belka ciągła wieloprzęsłowa

Obciążenie ciągłe pasa dolnego (ciężar własny + obciążenie przekazywane z sufitu)

$$q = (0.30 \times 1.1 + 0.74 \times 1.2 + 0.15 \times 1.2 + 0.50 \times 1.4) \times 6.84 = 14.4\text{ kN/m}$$

Momenty zginające:

- dla pasa dolnego przęsło drugie

$$M = 0.075 \times 14.4 \times 2.76^2 = 8.2\text{ kNm}$$

- dla pasa dolnego przęsło trzecie, skrajne

$$M = 0.100 \times 14.4 \times 2.76^2 = 11.0\text{ kNm}$$

4. Sprawdzenie nośności elementów

4.1. Pasy górne – sprawdzenie nośności

Dotyczy prętów A – 1, 1 – 2, 2 – 3, 3 – 4, 4 – 5, 5 – C oraz B – 1', 1' – 2', 2' – 3', 3' – 4', 4' – 5', 5' – C.
Maksymalna siła ściskająca występuje w przęciu A – 1

$$N = 803.8 \text{ kN} \approx 804 \text{ kN}$$

Przekrój pręta – dwuteownik HEA200

Gatunek stali – St3SX (S23JR), $f_d = 215 \text{ MPa}$

$$A = 53.8 \text{ cm}^2$$

$$N_R = 1157 \text{ kN}$$

$$L_{0x} = 2.60 \text{ m}$$

$$L_{0y} = 2.60 \text{ m}$$

$$i_x = 8.28 \text{ cm}$$

$$i_y = 4.98 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = 31$$

$$\lambda_y = 51$$

$$\lambda_p = 84$$

$$\lambda' = 51 / 84 = 0.61 \quad \rightarrow \quad \varphi_x = 0.89$$

$$N / \varphi_y \cdot N_R = 804 / (0.89 \times 1098) = 0.82 < 1$$

Wniosek – Pasy górne spełniają warunek nośności

4.2. Pasy dolny – sprawdzenie nośności

Dotyczy prętów A – 6, 6 – 7, 7 – 8, 8 – 11, 11 – 12, 12 – 13 oraz 13 – 12', 12' – 11', 11' – 8', 8' – 7', 7' – 6', 6' – B.

Sprawdzenie dla przęsła skrajnego przy węźle podporowym

Maksymalna siła rozciągająca występuje w przęciu A – 6

$$N = 755.3 \text{ kN} \approx 755 \text{ kN}$$

Przekrój pręta – dwuteownik HEA160

Gatunek stali – St3SX (S23JR), $f_d = 215 \text{ MPa}$

$$A = 38.8 \text{ cm}^2$$

$$N_R = 834 \text{ kN}$$

$$W_x = 220 \text{ cm}^3$$

$$M_R = 47.3 \text{ kNm}$$

$$N / N_R = 755 / 834 = 0.91 < 1$$

Sprawdzenie dla przęsła pośredniego

$$N = 685.5 \text{ kN} \approx 686 \text{ kN}$$

$$M_x = 8.2 \text{ kNm}$$

$$N / N_R + M / M_R = 686 / 834 + 8.2 / 47.3 = 0.82 + 0.17 = 0.99 < 1$$

Sprawdzenie dla przęsła skrajnego przy węźle 8

$$N = 615.7 \text{ kN} \approx 616 \text{ kN}$$

$$M_x = 11.0 \text{ kNm}$$

$$N / N_R + M / M_R = 616 / 834 + 11.0 / 47.3 = 0.74 + 0.23 = 0.97 < 1$$

Wniosek – Pasy dolne spełniają warunek nośności

4.3. Pasy dolny – sprawdzenie nośności

Dotyczy prętów 8 – 9, 9 – 10, 10 – C oraz C – 10', 10' – 9', 9' – 8.

Maksymalna siła rozciągająca występuje w przęciu 10 – C

$$N = 348.9 \text{ kN} \approx 349 \text{ kN}$$

Przekrój pręta – dwuteownik HEA100

Gatunek stali – St3SX (S23JR), $f_d = 215 \text{ MPa}$

$$A = 21.1 \text{ cm}^2$$

$$N_R = 454 \text{ kN}$$

$$N / N_R = 349 / 454 = 0.77 < 1$$

Wniosek – Pasy dolne spełniają warunek nośności

4.4. Słupki 3 – 8 i 3' – 8' – sprawdzenie nośności

Maksymalna siła ściskająca występuje w przęciu 3 – 8

$$N = 143.2 \text{ kN}$$

siła ściskająca w przęciu

Przyjęto przekrój pręta – rura kwadratowa $90 \times 90 \times 4$

Gatunek stali – St3SX (S235JR), $f_d = 215 \text{ MPa}$

$$A = 13.06 \text{ cm}^2$$

$$N_R = 281 \text{ kN}$$

$$L_{0x} = L_{0y} = 2.84 \text{ m}$$

$$i_x = i_y = 3.46 \text{ cm}$$

$$\lambda = 82$$

$$\lambda_p = 84$$

$$\lambda = 82 / 84 = 0.98 \quad \rightarrow \quad \varphi = 0.661$$

$N / \varphi \cdot N_R = 143.2 / (0.661 \times 281) = 0.77 < 1$
Wniosek – Słupki spełniają warunek nośności.

4.5. Pozostałe słupki – sprawdzenie nośności

Dotyczy prętów 1 – 6, 2 – 7, 4 – 9, 5 – 10 oraz 1' – 6', 2' – 7', 4' – 9', 5' – 10'.

Maksymalna siła ściskająca występuje w pręcie 2 – 7 i 4 – 9.

$N = 71.6 \text{ kN}$ siła ściskająca w pręcie

Przekrój pręta – rura kwadratowa $60 \times 60 \times 4$

Gatunek stali – St3SX (S235JR), $f_d = 215 \text{ MPa}$

$A = 8.26 \text{ cm}^2$ $N_R = 178 \text{ kN}$

$L_{0x} = L_{0y} = 1.89 \text{ m}$

$i_x = i_y = 2.24 \text{ cm}$

$\lambda = 84$

$\lambda_p = 84$

$\lambda = 84 / 84 = 1.00 \rightarrow \varphi = 0.648$

$N / \varphi \cdot N_R = 71.6 / (0.648 \times 178) = 0.62 < 1$

Wniosek – Słupki spełniają warunek nośności.

4.6. Krzyżulce – sprawdzenie nośności

Dotyczy prętów 6 – 2, 7 – 3, 3 – 9, 4 – 10 oraz 6' – 2', 7' – 3', 3' – 9', 4' – 10'.

Maksymalna siła rozciągająca występuje w pręcie 7 – 3 i 3 – 9.

$N = 81.1 \text{ kN}$ - siła rozciągająca w pręcie

Przekrój pręta – rura kwadratowa $60 \times 60 \times 4$

Gatunek stali – St3S (S235JR), $f_d = 215 \text{ MPa}$

$A = 8.26 \text{ cm}^2$ $N_R = 178 \text{ kN}$

$N / N_R = 81.1 / 178 = 0.46 < 1$

Obliczenia sporządził:

mgr inż. Tomasz Zasada