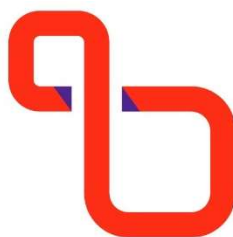




**Politechnika  
Śląska**



**UCZELNIA  
BADAWCZA**  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI  
Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego



**Wydział  
Budownictwa**

## **PROJEKT INŻYNIERSKI**

---

---

# **Projekt budynku o konstrukcji ścianowej przekrytego kopułą żelbetową**

---

---

### **Wykonujący projekt inżynierski**

Jan Skrok

Specjalność: KBI - Konstrukcje Budowlane i Inżynierskie

Numer albumu: 302001

### **Kierujący projektem inżynierskim**

prof. dr hab. inż. Jacek Hulimka

Ocena pracy: .....

Kat. arch. pracy: .....



## Spis treści

<b>1</b>	<b>WSTĘP .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>INFORMACJE OGÓLNE .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>WYKONANIE MODELU .....</b>	<b>9</b>
3.1	DANE PODSTAWOWE .....	9
3.2	MATERIAŁY .....	11
3.2.1	Stal zbrojeniowa .....	11
3.2.2	Beton .....	11
3.2.3	Szkło.....	12
3.3	MODELOWANIE .....	12
3.3.1	Posadowienie .....	12
3.3.2	Ściany.....	13
3.3.3	Kopuła.....	14
3.3.4	Świetlik .....	16
3.3.5	Wieńce.....	18
3.4	MODYFIKACJE .....	19
<b>4</b>	<b>ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....</b>	<b>21</b>
4.1	OBCIĄŻENIE CIĘŻAREM WŁASNYM .....	21
4.2	OBCIĄŻENIE WARSTWAMI WYKOŃCZENIOWYMI .....	21
4.3	OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM .....	23
4.4	OBCIĄŻENIE WIATREM .....	27
4.5	INNE OBCIĄŻENIA .....	36
<b>5</b>	<b>WYNIKI Z PROGRAMU.....</b>	<b>37</b>
5.1	KOMBINACJE.....	37
5.2	ODKSZTAŁCENIA.....	37
5.2.1	Kombinacja SGN .....	37
5.2.2	Kombinacja SGU Charakterystyczna.....	39
5.3	SIŁY WEWNĘTRZNE.....	40
5.4	PRZEKROJE I ZBROJENIE .....	42
5.4.1	Ściany.....	44
5.4.2	Kopuła.....	44
5.4.3	Słupy świetlika .....	44
5.4.4	Dach świetlika.....	44
5.4.5	Wieńce.....	44
5.5	WARUNKI KONSTRUKCYJNE .....	45
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>46</b>



# 1 Wstęp

Zakres pracy dotyczyć będzie zaprojektowania zamkniętej konstrukcji żelbetowej przykrytego kopułą żelbetową o rozpiętości rzędu 50 metrów. Konstrukcja będzie pełniła funkcje obiektu użyteczności publicznej. W zakres pracy wchodzić będzie zamodelowanie konstrukcji, zestawienie obciążeń, wykonanie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych oraz opracowanie dokumentacji rysunkowej.

Do wykonania modelu konstrukcji będącej przedmiotem projektu zostało wykorzystane oprogramowanie RFEM wersji 6.10 autorstwa Dlubal Software, udostępnionego na licencji w wersji studenckiej. Do wykonania dokumentacji rysunkowej zostanie wykorzystane oprogramowanie AutoCAD wersji 2025 autorstwa Autodesk'u, udostępnionego na licencji w wersji studenckiej.

Podczas wykonywania pracy wykorzystywane zostaną normy zestawu Eurokod obowiązujące w państwach Unii Europejskiej, wykorzystywany będzie przekład sporządzony na potrzeby polskiego rynku zawierający załączniki krajowe wykorzystywane w Polsce.

Podczas projektowania zastosowane będą normy dotyczące:

- Podstaw projektowania konstrukcji [1]
- Ciężaru objętościowego [2]
- Oddziaływanie śniegu [3]
- Oddziaływanie wiatru [4]
- Projektowania konstrukcji betonowych [5]



## 2 Informacje ogólne

Omawiana konstrukcja zlokalizowana jest w Katowicach. W zakres projektu nie będzie wchodziło zaprojektowanie posadowienia. Założono że konstrukcja jest utwierdzona na sztywno w gruncie i nie będą na nią działać wpływy związane z posadowieniem. Do wykonania obiektu zostanie wykorzystany beton klasy C30/37 oraz stal zbrojeniowa B500S(C). Konstrukcja będzie osiągała rozpiętość 56,4 metra w osi ścian; ściany będą posiadały grubość 40 cm osiągną wysokość 7,2 metra; kopuła o grubości ogólnej 15 cm, zostanie ona pogrubiona na krawędziach na potrzeby spełnienia warunków konstrukcyjnych, osiągnie wysokość 10 metrów i będzie biegła po promieniu 37,5 metra, do świetlika o średnicy 6 metrów; jego ściany zostaną przeszklone, aby zapewnić dopływ naturalnego światła, dach świetlika stanowić będzie kolejna mniejsza kopuła o promieniu 12 metrów o grubości wyznaczonej na podstawie warunków konstrukcyjnych; dach świetlika będzie oparty na 4 słupach, o przekroju spełniającym warunki konstrukcyjne, opartych na kopule. W konstrukcji wykonane zostaną 3 wieńce, na łączeniu ścian z kopułą, na łączeniu kopuły i słupów oraz na łączeniu słupów z dachem świetlika.

Konstrukcja będzie ocieplona styropianem. Obiekt będzie posiadał wejścia z dwóch prostopadłych stron, oraz nie będzie posiadał innych otworów w konstrukcji. Światło będzie dostarczane przez świetlik oraz sztuczne oświetlenie wewnętrzne. Obciążenie użytkowe rozkładane będzie na płytę która będzie przenosić obciążenie bezpośrednio do gruntu, płyta ta nie będzie wchodziła w skład opracowania projektu.



### 3 Wykonanie modelu

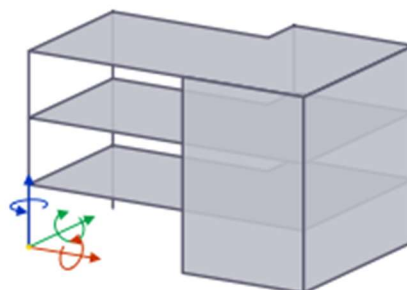
Poniższe informacje zostały podane po zakończeniu procesu projektowania i posiadają ostateczne dane i wartości według których konstrukcja spełniła warunki konstrukcyjne.

#### 3.1 Dane podstawowe

Do programu Dlubal RFEM należy podać wstępne założenia na podstawie których będzie wykonywana praca w programie.

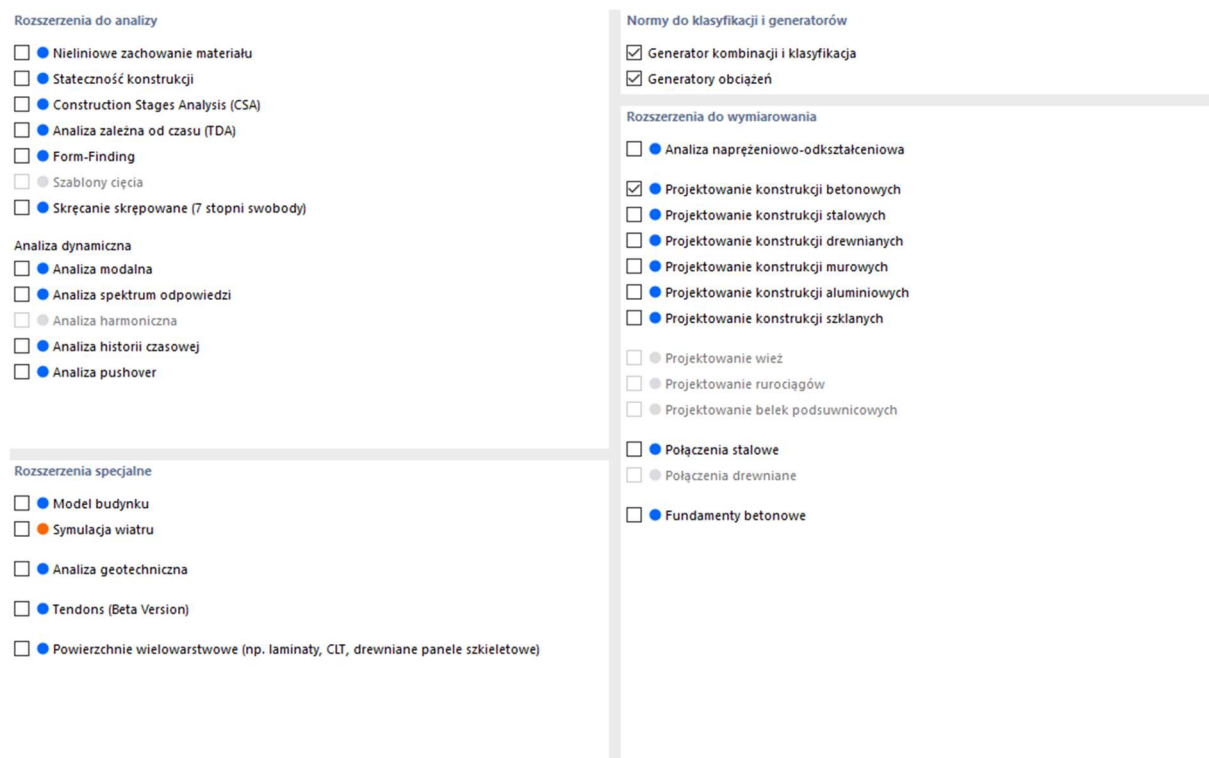
##### Typ modelu

- 3D
- 2D | XZ | Płaski stan naprężeń
- 2D | XZ | Płaski stan odkształceń
- 2D | XZ | 3D
- 2D | XY | Płyta
- 2D | XY | 3D
- 1D | X | Osiowy
- 1D | X | 3D



Rys. 3-1 Wybór typu modelu

Założono że model będzie wykonywany w 3D dla dokładnego symulowania pracy konstrukcji. Aktywujemy również rozszerzenie do wymiarowania konstrukcji betonowych dzięki któremu będziemy mogli obliczać od razu w programie warunki konstrukcyjne na podstawie których będzie wymiarować poszczególne elementy konstrukcji. Program posiada również inne rozszerzenia jednak na potrzeby projektu użyjemy tylko wymienionego.



Rys. 3-2 Wybrane rozszerzenia

W programie wybieramy również według jakich norm mają być wykonywane obliczenia związane m.in. z wymiarowaniem



Rys. 3-3 Wybrane normy

## 3.2 Materiały

### 3.2.1 Stal zbrojeniowa

W modelu wybrano z katalogu odpowiednią stal, w tym przypadku zastosowano stal zbrojeniową B500S(C) posiadającą następujące właściwości

Opis	Symbol	Wartość	Jednostka
<b>Właściwości podstawowe</b>			
Moduł sprężystości	E	200000.0	N/mm <sup>2</sup>
Moduł ścinania	G	76923.1	N/mm <sup>2</sup>
Współczynnik Poissona	$\nu$	0.300	--
Gęstość objętościowa	$\rho$	7850.00	kg/m <sup>3</sup>
Ciężar właściwy	$\gamma$	78.50	kN/m <sup>3</sup>
Współczynnik rozszerzalności termicznej	$\alpha$	0.000010	1/°C
<b>Wytrzymałości</b>			
Charakterystyczna wytrzymałość na rozciąganie	$f_{tk}$	575.000	N/mm <sup>2</sup>
Charakterystyczna granica plastyczności	$f_{yk}$	500.000	N/mm <sup>2</sup>
<b>Odształcenia</b>			
Odształcenie graniczne	$\epsilon_{uk}$	75.0	%o
<b>Moduły</b>			
Moduł sprężystości	$E_s$	200000.0	N/mm <sup>2</sup>

Rys. 3-4 Właściwości stali w programie

### 3.2.2 Beton

Zastosowano beton klasy C30/37 wybrany z katalogu programu z następującymi właściwościami

Opis	Symbol	Wartość	Jednostka
<b>Właściwości podstawowe</b>			
Moduł sprężystości	E	33000.0	N/mm <sup>2</sup>
Moduł ścinania	G	13750.0	N/mm <sup>2</sup>
Współczynnik Poissona	$\nu$	0.200	--
Gęstość objętościowa	$\rho$	2500.00	kg/m <sup>3</sup>
Ciężar właściwy	$\gamma$	25.00	kN/m <sup>3</sup>
Współczynnik rozszerzalności termicznej	$\alpha$	0.000010	1/°C
<b>Wytrzymałości</b>			
Charakterystyczna wytrzymałość walcowa	$f_{ck}$	30.000	N/mm <sup>2</sup>
Charakterystyczna wytrzymałość kostkowa	$f_{cu,k}$	37.000	N/mm <sup>2</sup>
Średnia wytrzymałość walcowa na ściskanie	$f_{cm}$	38.000	N/mm <sup>2</sup>
Średnia wytrzymałość na rozciąganie osiowe	$f_{ctm}$	2.900	N/mm <sup>2</sup>
5% kwantyl wytrzymałości na rozciąganie	$f_{ctk,0.05}$	2.000	N/mm <sup>2</sup>
95% kwantyl wytrzymałości na rozciąganie	$f_{ctk,0.95}$	3.800	N/mm <sup>2</sup>
<b>Odształcenia</b>			
Odształcenie graniczne przy czystym ściskaniu	$\epsilon_{c1}$	-2.2	%o
Odształcenie graniczne przy zniszczeniu	$\epsilon_{cu1}$	-3.5	%o
Wykładnik paraboli	n	2.000	--
Odształcenie graniczne przy czystym ściskaniu	$\epsilon_{c2}$	-2.0	%o
Odształcenie graniczne przy zniszczeniu	$\epsilon_{cu2}$	-3.5	%o
Odształcenie graniczne przy czystym ściskaniu	$\epsilon_{c3}$	-1.8	%o
Odształcenie graniczne przy zniszczeniu	$\epsilon_{cu3}$	-3.5	%o
<b>Moduły</b>			
Średni sieczny moduł sprężystości	$E_{cm}$	33000.0	N/mm <sup>2</sup>

Rys. 3-5 Właściwości betonu w programie

Program uwzględni działanie skurczu dla następujących parametrów

Wilgotność względna środowiska

RH  [%]

Wiek betonu w dniu zakończenia pielęgnacji

$t_s$   [dni]

Wiek betonu w chwili obciążenia / wbudowania w konstrukcję

$t_0$   [dni]

Rys. 3-6 Parametry skurczu

Założono zastosowanie maksymalnego wymiaru ziaren kruszywa wielkości 16 mm.

### 3.2.3 Szkło

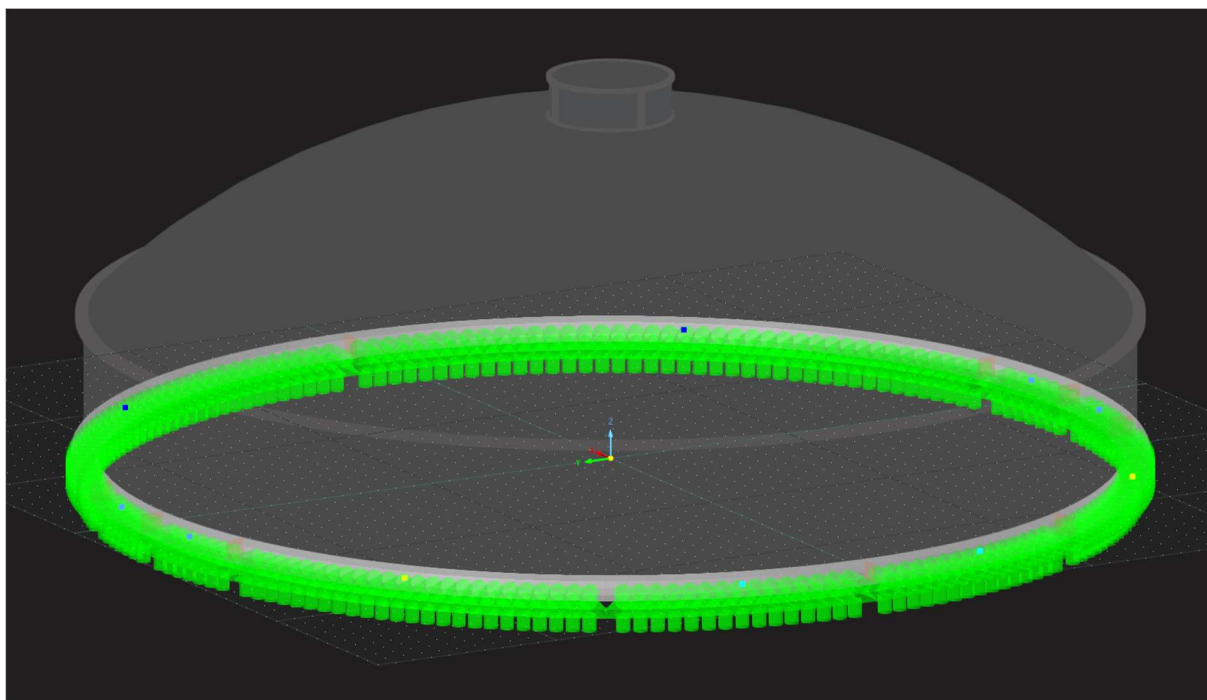
Zdefiniowano również szkło jednak zostanie ono wykorzystane tylko jako powierzchnia która zostanie obciążona wiatrem i przeniesie obciążenie na pozostałe elementy konstrukcji. Ciężar właściwy materiału zdefiniowano na  $25 \text{ kN/m}^3$

## 3.3 Modelowanie

Modelowanie w programie RFEM zaczynamy od wstawienia węzłów, następnie linie które definiujemy na podstawie przede wszystkim węzłów, po czym wstawiamy nasze powierzchnie oraz pręty na podstawie wcześniej wstawionych linii, nasze elementy możemy wstawiać graficznie rysując linie w czasie rzeczywistym jednak często prowadzi to do niezauważalnych przesunięć węzłów rzędu milimetrów które mogą powodować znaczące błędy m.in. niepołączenie powierzchni.

### 3.3.1 Posadowienie

Pierwszym elementem który zamodelujemy będzie pręt który będzie stanowił u nas podparcie, z racji że fundament nie wchodzi w zakres projektu definiujemy go jako całkowicie usztywniony. Jest wstawiony po promieniu równym 25,7 metra na wysokości 0. W rzeczywistości fundamenty będą się znajdować pod tym poziomem, jednak w modelu poziom gruntu uznamy jako miejsca posadowienia. Z racji, że pod posadzką będzie znajdować się grunt wpływ parcia gruntu z obu stron ściany będzie się równoważył.



Rys. 3-7 Posadowienie modelu

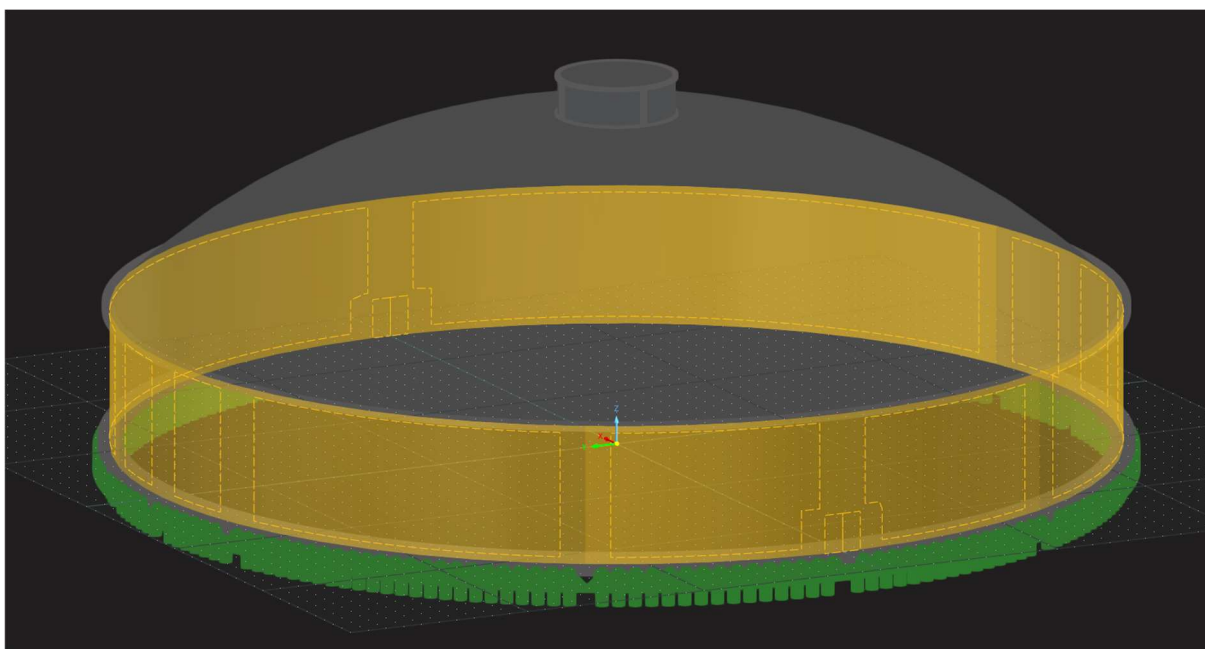
**Warunki podparcia**

<b>Przesuw</b>	<b>Stała sprężystości</b>	<b>Nieliniowość/fikcyjne sztywności</b>
<input checked="" type="checkbox"/> $u_x$	$C_{u,x}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	
<input checked="" type="checkbox"/> $u_y$	$C_{u,y}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	
<input checked="" type="checkbox"/> $u_z$	$C_{u,z}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	
<b>Ścinanie</b>	<b>Stała sprężystości</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> $s_x$	$C_{s,x}$ [kN]	
<input checked="" type="checkbox"/> $s_y$	$C_{s,y}$ [kN]	
<input checked="" type="checkbox"/> $s_z$	$C_{s,z}$ [kN]	
<b>Obrót</b>	<b>Stała sprężystości</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> $\phi_x$	$C_{\phi,x}$ [kNm·rad <sup>-1</sup> ·m <sup>-1</sup> ]	
		Brak

Rys. 3-8 Podatności pręta - całkowite usztywnienie

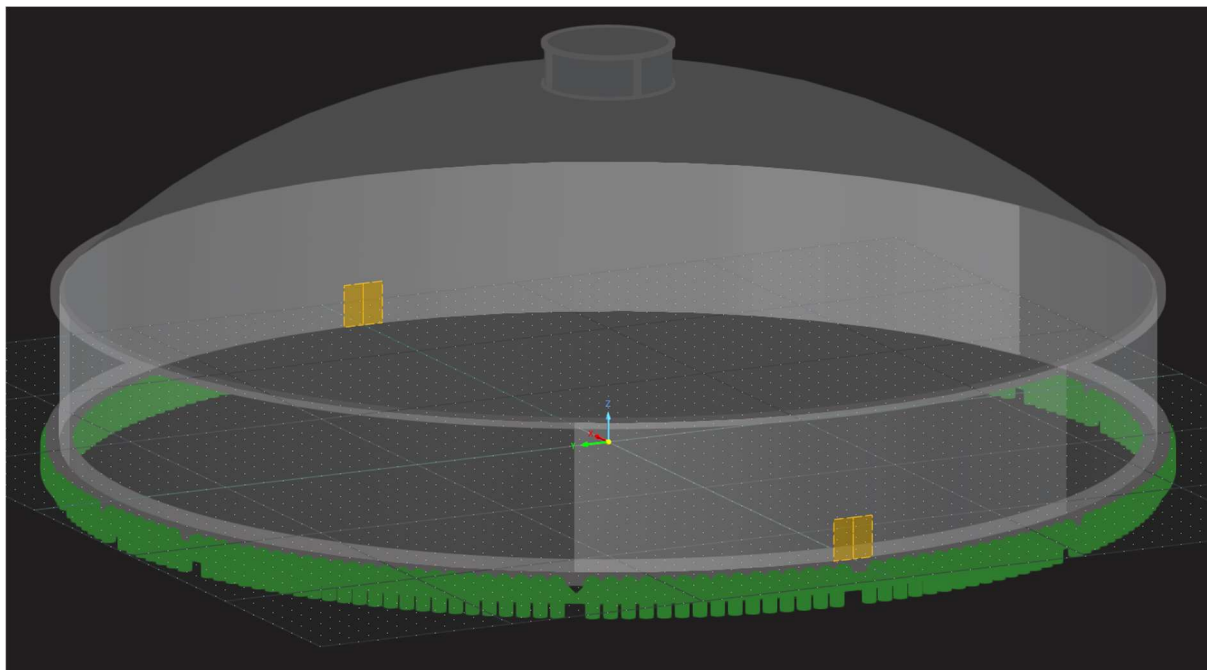
### 3.3.2 Ściany

Następnie przechodzimy do zamodelowania ścian podpierających kopułę, zamodelujemy ją jako powierzchnie której dobierzemy odpowiednią grubość. Grubość naszej ściany została definiowana z grubością wielkości 40 cm. Znajduje się bezpośrednio nad posadowieniem po promieniu 25,7 metra do sięga wysokości 7,2 metra.



Rys. 3-9 Widok zamodelowanych ścian

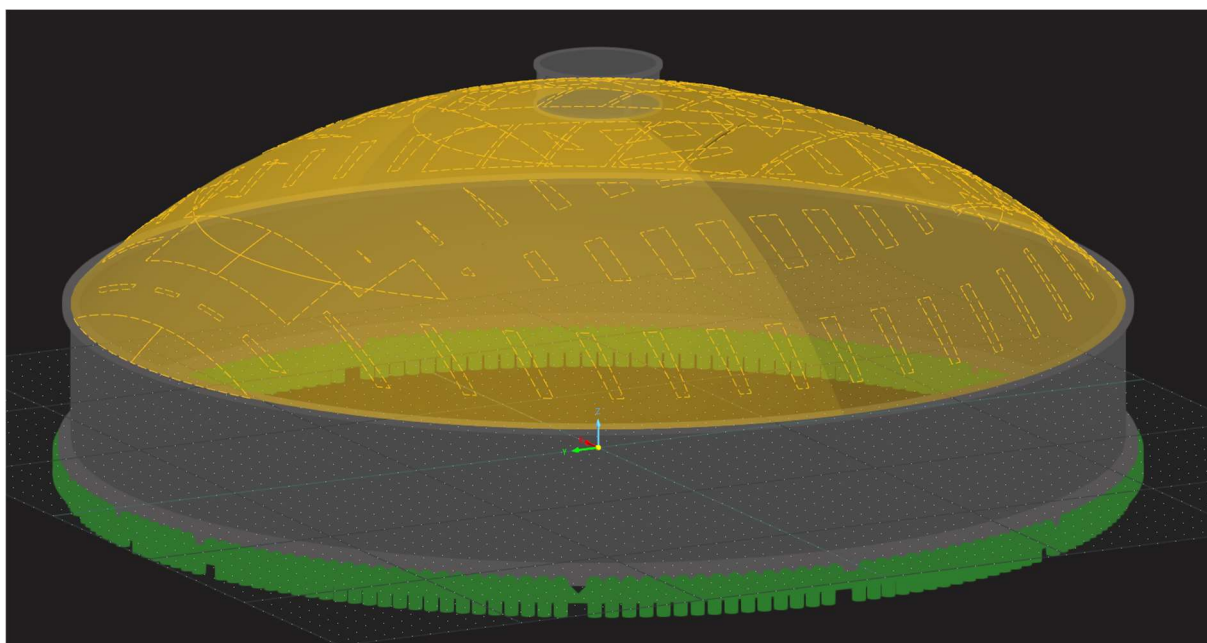
Ściany zawierają powierzchnie który mają reprezentować drzwi, posiadają one grubość równą niemalże 0 w będą wykorzystywane do oparcia obciążenia wiatrem i przeniesienia je na inne elementy. Ich wymiary to łącznie 2x2 metry po obu stronach konstrukcji.



Rys. 3-10 Położenie drzwi na modelu

### 3.3.3 Kopuła

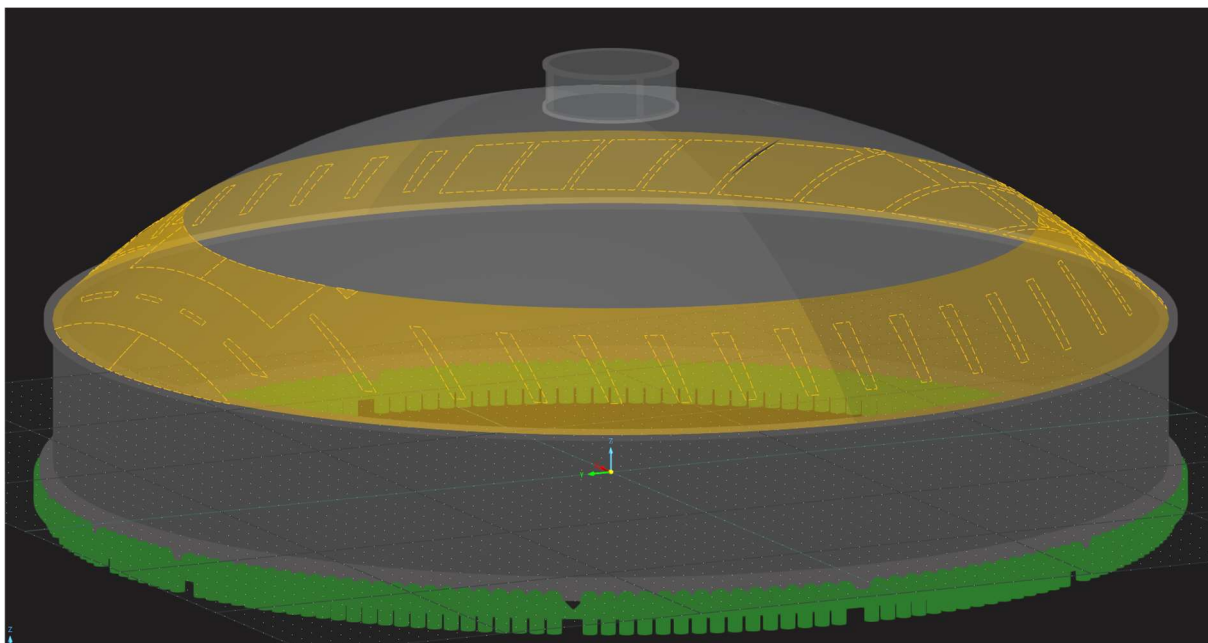
Kolejnym elementem będzie kopuła, zostanie zamodelowana poprzez utworzenie linii w postaci łuku z odpowiednim promieniem i utworzenie powierzchni obrotowej wokół środka modelu. Jej zdefiniowana grubość to 15 cm. Wysokość kopuły jest równa 2 metry i w układzie współrzędnych modelu będzie to wysokość 7,2-17,2 metra



Rys. 3-11 Widok kopuły

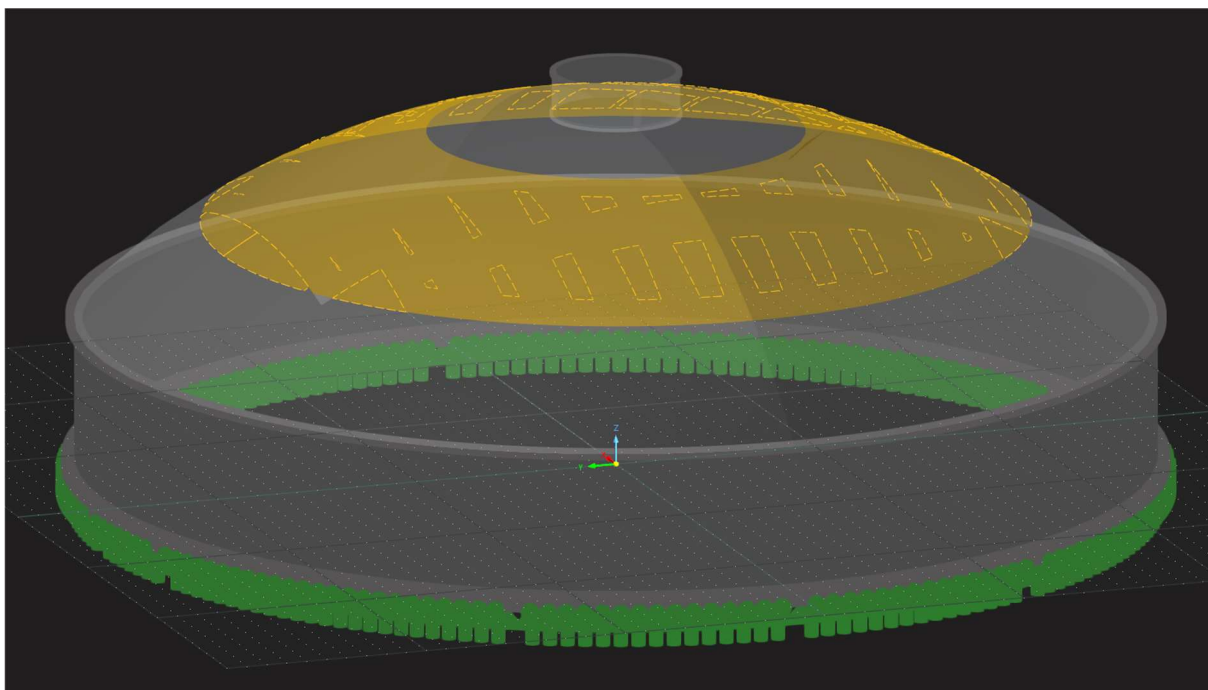
Kopuła została podzielona na 3 segmenty:

- Segment nr 1: przy wieńcu nad ścianami, ma szerokość 6 metrów i jego grubość to 30 cm, w rzeczywistości segment ten będzie się płynnie łączył z kolejnym segmentem o innej grubości, z względu na uproszczenie modelu. Zabieg ten został podjęty w celu spełnienia warunku nośności na ścianie na krawędzi kopuły, warto jednak podkreślić, że zabieg ten znacznie zwiększa ciężar własny konstrukcji co może wpłynąć na pozostałe warunki nośności;



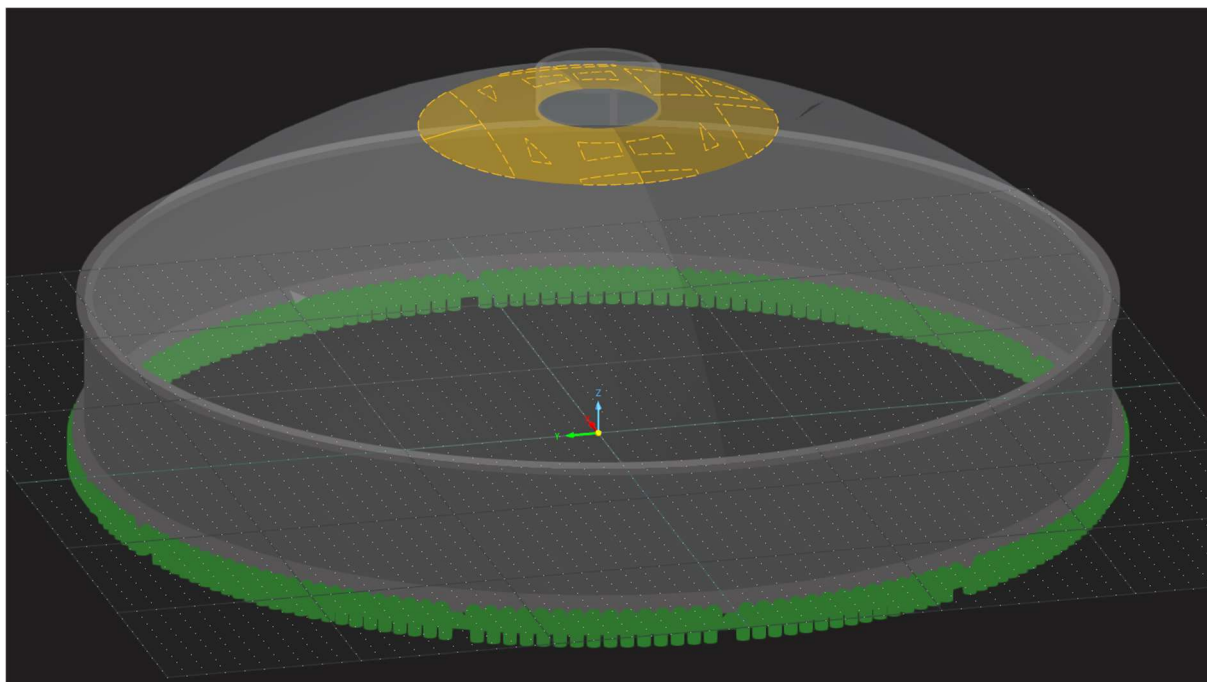
Rys. 3-12 Segment kopuły nr 1

- Segment nr 2: środkowy znajdujący się między pozostałymi segmentami, ma szerokość 10,7 metra i grubość 15 cm;



Rys. 3-13 Segment kopuły nr 2

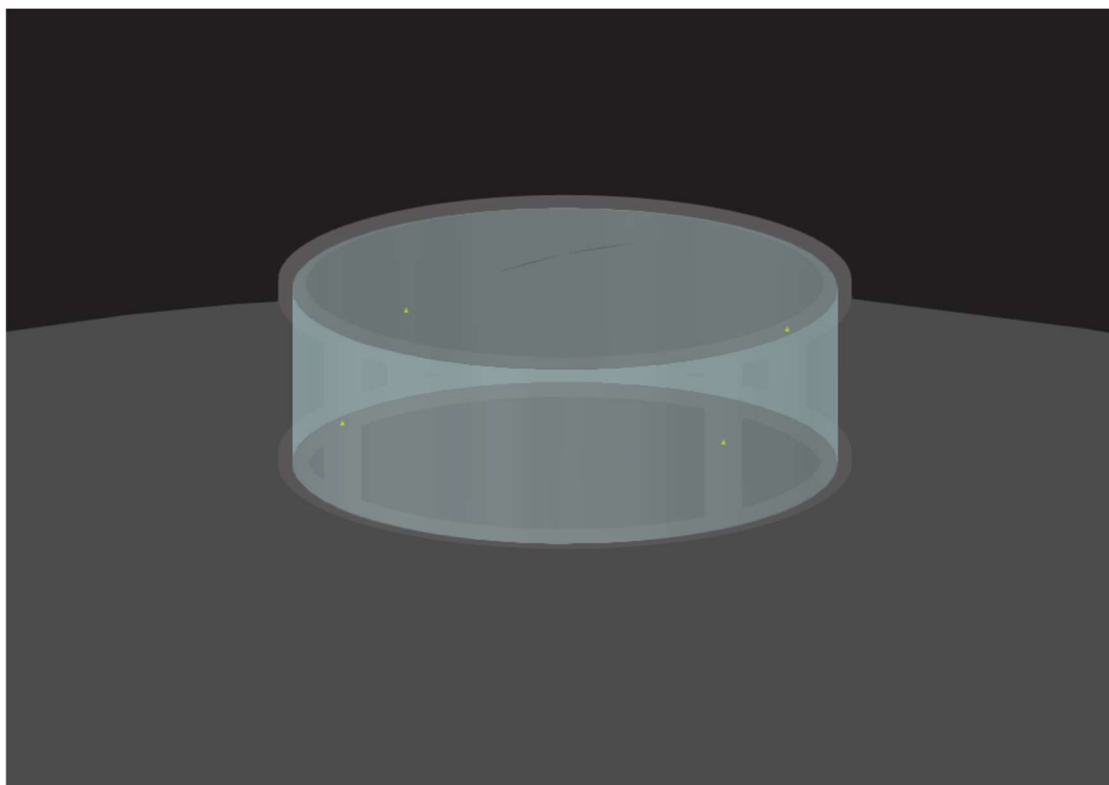
- Segment nr 3: wewnętrzny, znajdujący się przy świetliku, ma szerokość 6 metrów i grubość 25 cm, również został odpowiednio pogrubiony ze względu na warunki nośności.



Rys. 3-14 Segment kopuły nr 3

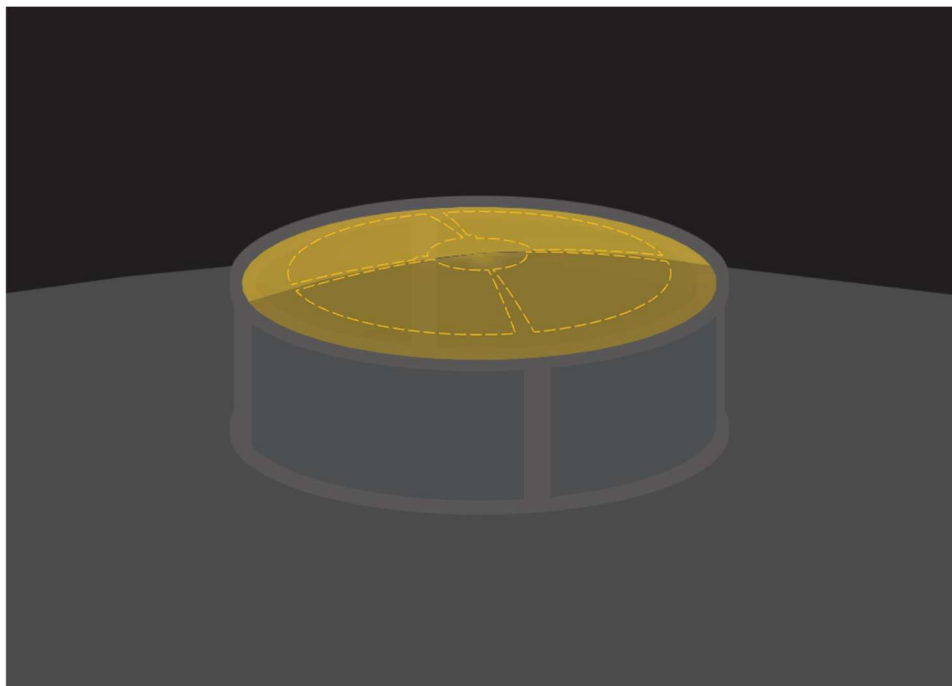
### 3.3.4 Świetlik

Kolejnym elementem będą powierzchnie przewidziane jako szkło wprowadzające światło naturalne do środka, wstawiane są na wysokości 17,2-19,2 metra, po promieniu równym 3 metry.



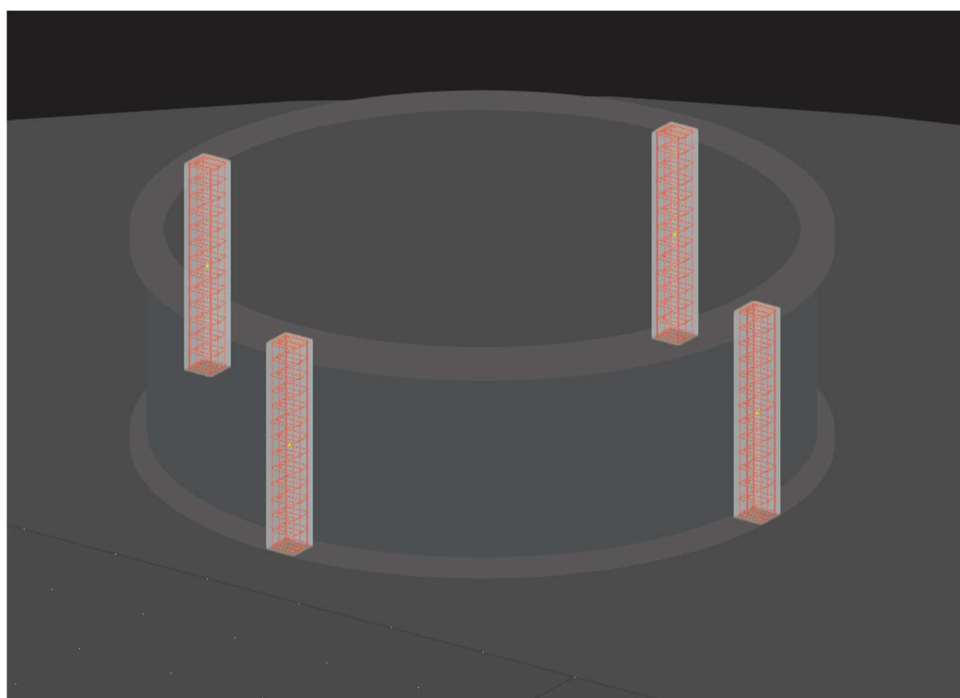
Rys. 3-15 Przeszklenie świetlika

Następnie zamodelujemy dach świetlika, będzie on miał grubość równą 15 cm, stanowić go będzie również kopuła, tym razem o promieniu 12 metrów, a jego wysokość to 0,4 metra. Jego szczyt będzie jednocześnie szczytem całej konstrukcji, w modelu ten punkt znajduje się na wysokości 19,6 metra,



Rys. 3-16 Dach świetlika

Założono że przeszklenie świetlika nie przeniesie obciążenia z dachu świetlika, w tym celu zamodelujemy 4 słupy które przeniosą to obciążenie na kopułę. Słupy te będą posiadały przekrój o wymiarach 30x30 cm. Będą one rozmieszczone i równym rozstawie, w przedziałach po 90 stopni po okręgu świetlika.

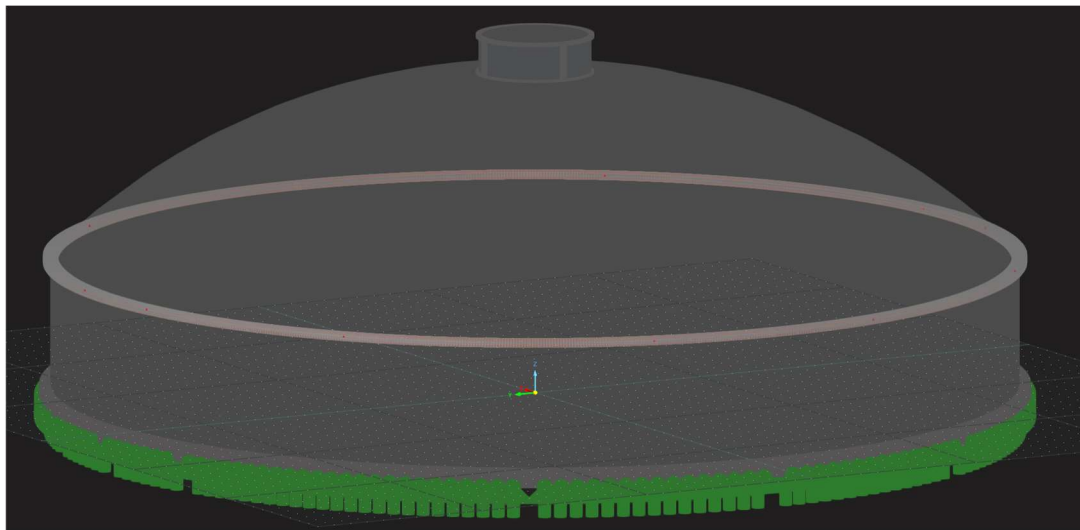


Rys. 3-17 Słupy świetlika

### 3.3.5 Wieńce

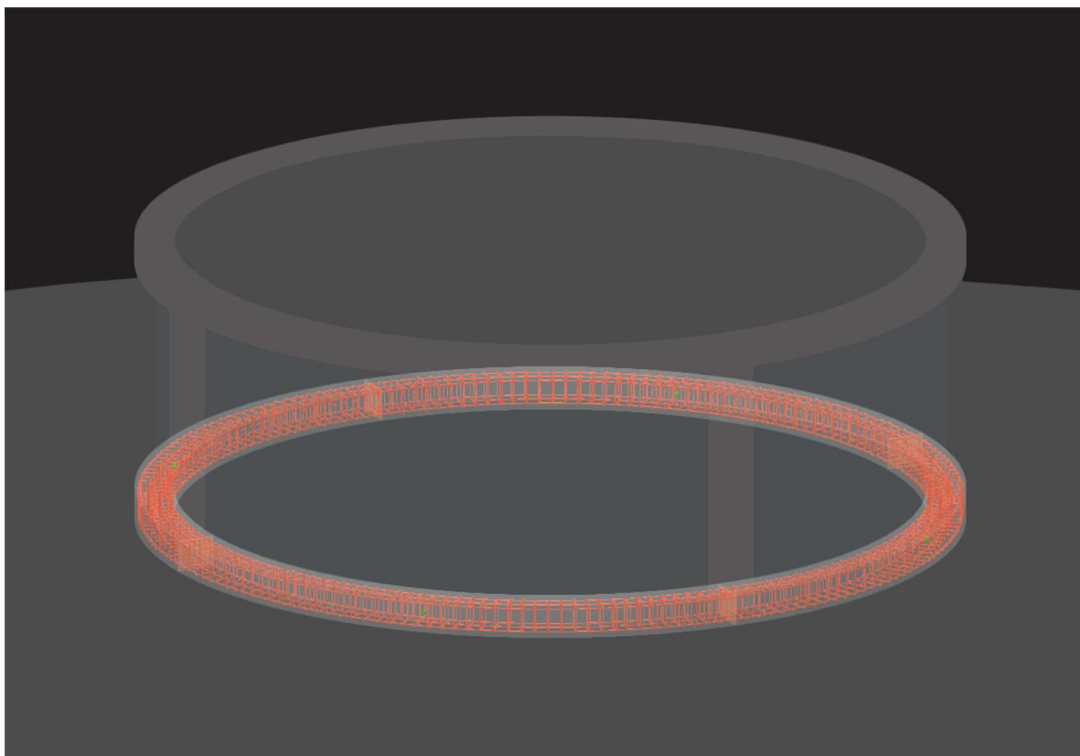
Na koniec wstawiamy pręty które będą odpowiadały naszym wieńcom. Umiejscawiamy je między ścianami a kopułą, między kopułą a słupami oraz między słupami a dachem świetlika. Każdy ma przewidziany inne przekrój:

- Wieniec nr 1: Największy, znajdujący się między ścianami a kopułą, będzie on zapobiegał rozporowi kopuły, posiada przekrój wielkości 80x40 cm;



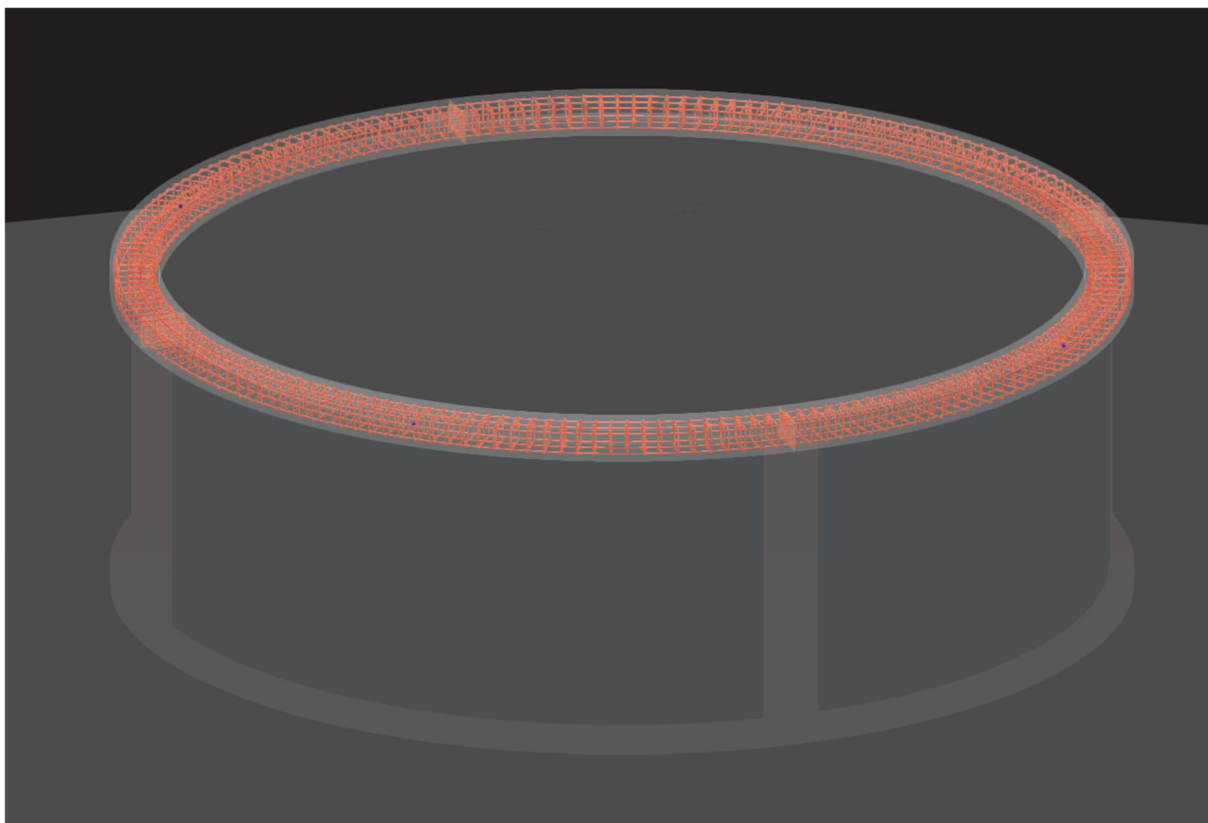
Rys. 3-18 Wieniec nr 1

- Wieniec nr 2: Dolny wieniec świetlika, będzie on przekierowywał siły z słupów na kopułę, jego przekrój to 30x25 cm;



Rys. 3-19 Wieniec nr 2

- Wieniec nr 3: Górny wieniec świetlika, będzie on przekazywał obciążenie dachu kopuły na słupy, posiadać będzie przekrój 30x20 cm.



*Rys. 3-20 Wieniec nr 3*

### **3.4 Modyfikacje**

Dalsze modyfikacje modelu zostaną wprowadzane na bieżąco na potrzeby umieszczania obciążeń ze względu na m.in. ograniczenie wstawiania obciążenia liniowego, patrz program umożliwia rozłożenie obciążenia liniowego z dwóch punktów, więc kiedy potrzebujemy umiejscowić obciążenie np. 3 punktowe musimy powierzchnie podzielić na dwie powierzchnie gdzie ich granice będą punktami zmiany obciążenia. Zabieg ten jednak wydłuża obliczenia programu, dlatego należy zwiększać ilość elementów tylko gdy jest to konieczne.



## 4 Zestawienie obciążeń

Obliczone w tym rozdziale obciążenia będą wprowadzane do naszego modelu w programie RFEM. Program posiada generatory obciążeń jednak nie radzi sobie z geometrią naszego obiektu który jest konstrukcją z ścianami biegnącymi po okręgu i kopułą. W przypadku konstrukcji prostokątnych z dachami z stałym spadkiem program mógłby wygenerować automatycznie obciążenia wiatrem i śniegiem, jednak w naszym przypadku obliczenia będą musiały być wykonane i wprowadzone ręcznie.

### 4.1 Obciążenie ciężarem własnym

Obciążenie własne będzie uwzględniane automatycznie na podstawie zdefiniowanych materiałów oraz ich przekrojów

### 4.2 Obciążenie warstwami wykończeniowymi

W skład obciążenia wykończeniowego będzie wchodzić obciążenie tynkami i ociepleniem w postaci styropianu. W rzeczywistości wystąpią jeszcze warstwy hydroizolacyjne jednak z racji na ich mały wpływ na ciężar konstrukcji zostaną pominięte. Warstwy na ścianach uznamy za identyczne z wyjątkiem tego że z racji na bardziej niekorzystne przenikanie ciepła w kierunku pionowym, kopuły ocieplimy grubszą warstwą styropianu. Ciężar objętościowy dobierany będzie na podstawie wytycznych Eurokod podanych w normie dotyczącej ciężaru objętościowego [2]. Do wykonania izolacji termicznej wykorzysta się styropian marki Swisspor [6], dla którego dobrano ciężar objętościowy.

Tab. 4-1 Obciążenie warstwami wykończeniowymi ścian

Lp.	Warstwa	Grubość [m]	Ciężar objętościowy [kN/m <sup>3</sup> ]	Obciążenie [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Silikonowa warstwa tynkarska	0,01	19,0	0,19
2	Styropian	0,20	0,18	0,036
3	Ściana żelbetowa	0,40	25,0	Uwzględnione
4	Tynk cementowo-wapienny	0,01	19,0	0,19
				Σ 0,416

Tab. 4-2 Obciążenie warstwami wykończeniowymi kopuły

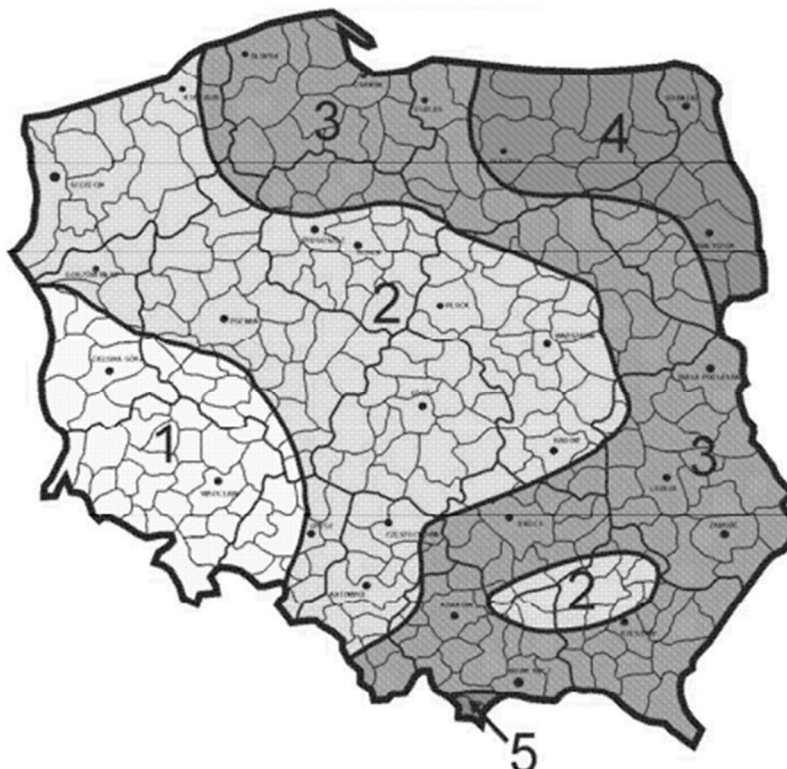
Lp.	Warstwa	Grubość [m]	Ciężar objętościowy [kN/m <sup>3</sup> ]	Obciążenie [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Hydroizolacja	0,0015	-	0,018
2	Styropian	0,30	0,18	0,054
3	Warstwa wyrównawcza	0,015	17,0	0,255
4	Kopuła żelbetowa	0,15-0,30	25,0	Uwzględnione
5	Tynk cementowo-wapienny	0,01	19,0	0,19
				Σ 0,517



### 4.3 Obciążenie śniegiem

Wyznaczanie obciążenia śniegiem będziemy wykonywać na podstawie wytycznych Eurokod zawartych w normie dotyczącej obciążenia śniegiem [3].

Zaczynamy od wyznaczenia wartości charakterystycznej obciążenia śniegiem gruntu  $s_{k,}$ , wartość tą wyznaczamy na podstawie załącznika krajowego NB. Wartość ta jest zależna od lokalizacji, definiuje ona strefy Polski na których występuje dane obciążenie, może ono być również zależne od wysokości nad poziomem morza. Lokalizacja naszego obiektu to Katowice, więc nasz obiekt należy według poniższego podziału do strefy 2.



Rys. 4-1 Podział Polski na strefy obciążenia śniegiem

Na podstawie tablicy możemy odczytać charakterystyczne obciążenie śniegiem dla naszej strefy, w naszym przypadku obciążenie to wyniesie  $s_k=0,9 \text{ kN/m}^2$ .

Tab. 4-3 Wartości charakterystyczne obciążenia śniegiem według strefy

Strefa	$s_k, \text{ kN/m}^2$
1	$0,007A - 1,4; \quad s_k \geq 0,70$
2	0,9
3	$0,006A - 0,6; \quad s_k \geq 1,2$
4	1,6
5	$0,93\exp(0,00134A); \quad s_k \geq 2,0$
UWAGA: A = Wysokość nad poziomem morza (m)	

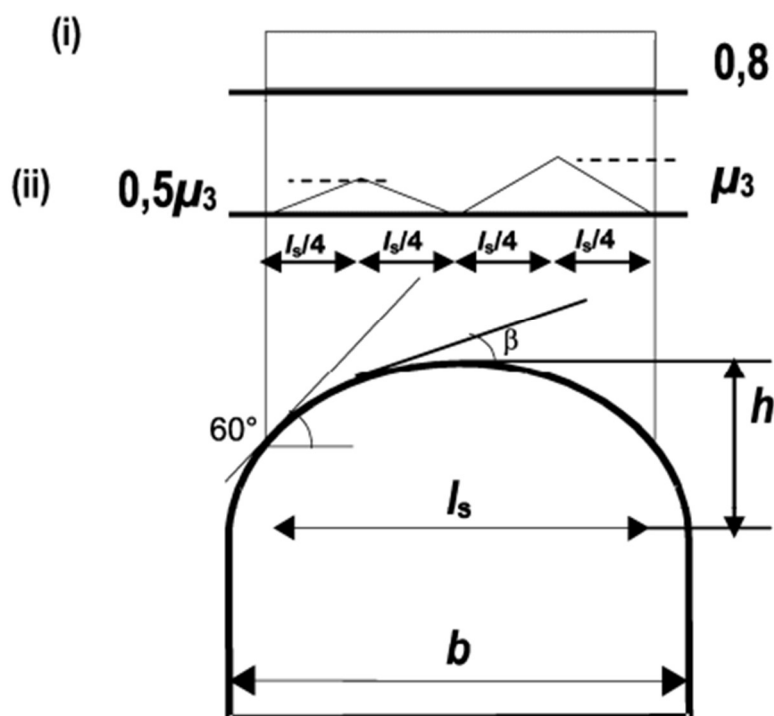
Obciążenie śniegiem rozpatrujemy dla dachów o określonym kącie spadku który wpływa w jakim stopniu śnieg będzie na nim osiadał. W naszym przypadku, dach nie ma stałego spadku gdyż jest kopułą, więc nie można go uwzględniać bezpośrednio jak dla dachów spadkowych, nie posiada on też swojego własnego rozdziału w normie jak w przypadku obciążenia wiatrem. Najbliższe rozwiązanie z którego możemy skorzystać to rozwiązanie dla dachu walcowego. W celu odpowiedniej implementacji tego przypadku musimy podzielić naszą kopułę na powierzchnie o pewnej szerokości dla których obliczymy uśrednione szerokości i wysokości dla których będziemy obliczać obciążenie śniegiem dla dachu walcowego.

Eurokod rozróżnia dwa przypadki obciążenia śniegiem: równomierne i nierównomierne. Dla śniegu rozłożonego równomiernie współczynnik kształtu dachu który służy do obliczenia końcowego obciążenia śniegiem jest stały niezależnie od wysokości i szerokości walca jednak dla nierównomiernego będziemy musieli podzielić naszą kopułę na umowne przedziały do których będziemy liczyć z osobna wartość współczynników kształtu dachu. Według schematu obciążenie śniegiem zaczyna się od miejsca w którym krzywizna walca jest mniejsza niż  $\beta=60^\circ$ , ma to służyć uwzględnieniu zsuwania się śniegu przy dużych spadkach, jednak w celu uproszczenia oraz ponieważ uwzględnienia że wieniec kopuły będzie w pewnym stopniu wystawać poza obrys kopuły, co może ograniczyć zsuwanie się śniegu.

Dla pierwszego przypadku czyli śniegu równomiernego, współczynnik kształtu dachu dla dachu walcowego będzie równy, niezależnie od wysokości i szerokości 0,8. Czyli w naszym przypadku obciążenie równomierne na dachu osiągnie wartość  $0,72 \text{ kN/m}^2$

Drugi przypadek wskazuje nam, że powinniśmy na dachu walcowym wyznaczyć dwa obciążenia liniowe, w których jedno będzie osiągało wartość  $0,5\mu_3$ , a drugie  $\mu_3$ .

## Przypadek



Rys. 4-2 Współczynniki kształtu dachu dla dachów walcowych

W przypadku zwykłego dachu walcowego wartość współczynnika była by stała zakładając, że dach ten nie zmieniał by szerokości i wysokości. Nasz podział wprowadzimy wpierw przez podzielenie kopuły na pół a później w symetryczny sposób na walce o szerokości 3 metrów. Wartości wysokości i szerokości będą odczytywane graficznie po wcześniejszym narysowaniu w programie AutoCAD, w środkach podzielonych stref.

Wartość współczynnika  $\mu_3$  będziemy liczyć według wzoru podanego w normie, jednak uwaga wskazuje że górna wartość współczynnika nie powinna przekraczać 2,0.

$$\mu_3 = 0,2 + 10 \frac{h}{b} \quad (5.5)$$

Dobre wartości użyte w wzorze wraz z wynikami oraz otrzymanymi na podstawie współczynników obciążeniami zostaną podane tabelarycznie.

Tab. 4-4 Wartości współczynnika kształtu dachu oraz otrzymanego obciążenia śniegiem

Lp.	b [m]	h [m]	h/b	$\mu_3$	s [kN/m <sup>2</sup> ]	0,5 $\mu_3$	s [kN/m <sup>2</sup> ]
1	51,32	9,97	0,194	2	1,8	1	0,9
2	50,60	9,73	0,192	2	1,8	1	0,9
3	49,16	9,24	0,188	2	1,8	1	0,9
4	46,92	8,50	0,181	2	1,8	1	0,9
5	43,74	7,49	0,171	1,912	1,721	0,956	0,861
6	39,40	6,18	0,157	1,769	1,592	0,884	0,796
7	33,48	4,53	0,135	1,553	1,398	0,777	0,699
8	24,84	2,50	0,101	1,206	1,086	0,603	0,543
9	13,08	0,676	0,052	0,717	0,645	0,358	0,323
10	4,60	0,28	0,147	1,671	1,504	0,835	0,752

Lp. 1-9 odpowiadają za kolejne powierzchnie kopuły przekształcone na walec, a Lp. 10 odpowiada za dach świetlika

Dodatkowo w obu przypadkach musimy uwzględnić, że przy wyżej konstrukcji, w tym przypadku świetlika, może wystąpić zasp. Jej maksymalną wartość definiuje współczynnik  $\mu_2$ , w skład którego wchodzi współczynnik kształtu dachu uwzględniający efekt ześlizgu śniegu z dachu wyższego  $\mu_s$ , oraz współczynnik kształtu dachu uwzględniający wpływ wiatru  $\mu_w$ .

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w \quad (5.7)$$

Współczynnik  $\mu_s$  zależy od nachylenia wyższego dachu, w tym przypadku świetlika. Norma rozróżnia przypadek w którym wyższy dach jest nachylony mniej, lub więcej niż 15°. Biorąc pod uwagę, że dach świetlika jest niemalże płaski, zastosujemy wariant jakby dach był o mniejszym nachyleniu niż wspomniane 15°. W tym przypadku wartość współczynnika  $\mu_s$  jest równa 0, czyli nie uwzględniamy zsuwu śniegu z wyższego dachu.

Współczynnik  $\mu_w$  zależny jest od szerokości obu dachów, oraz wysokości między oboma dachami. Obliczany jest z wzoru:

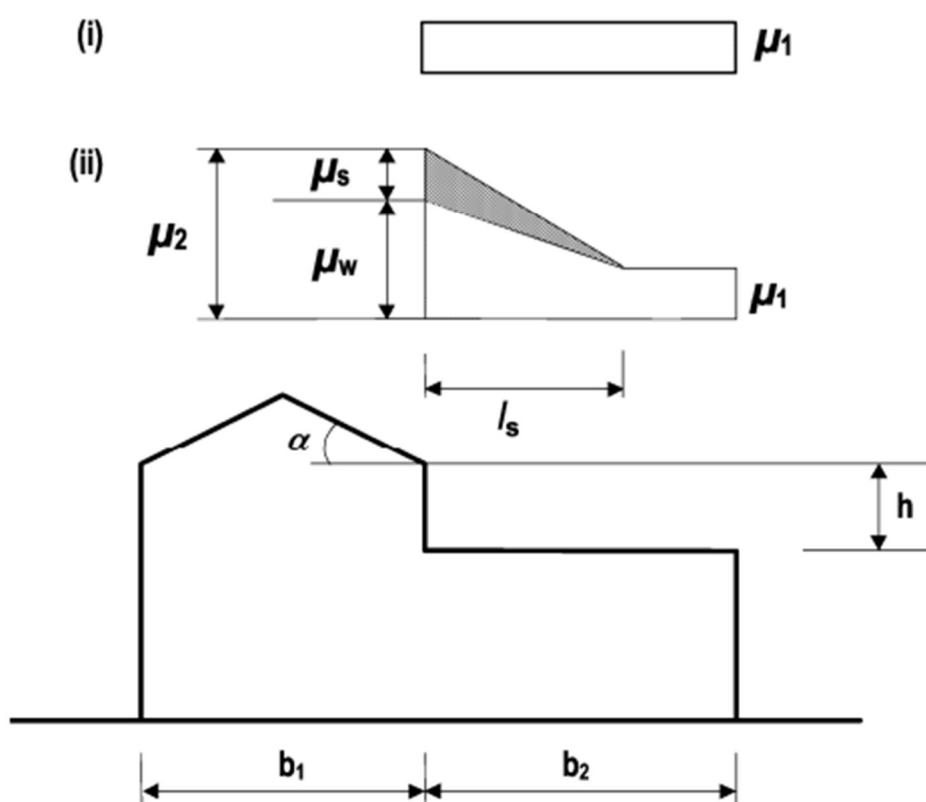
$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h} \leq \gamma \frac{h}{s_k} \quad (5.8)$$

gdzie:

$\gamma$ - ciężar objętościowy śniegu (należy przyjąć wartość  $2 \text{ kN/m}^3$ )

Wartość współczynnika nie może być mniejsza od 0,8 oraz nie może być większa od 4,0.

### Przypadek



Rys. 4-3 Schemat obciążenia śniegiem przy obciążeniu zaspom

Podstawiając do wzoru 5.8 otrzymujemy:

$$\mu_w = \frac{6 + 26,66}{2 * 2} = 7,91 \leq 2 \frac{2}{0,9} = 4,44$$

Ze wzoru otrzymujemy wartość współczynnika równą 4,44 jednak wartość ta nie może przekraczać 4,0 dlatego przyjmujemy  $\mu_w=4,0$ .

Więc współczynnik  $\mu_2$  będzie równy 4,0, a co za tym idzie maksymalne obciążenie zaspą będzie równe  $3,60 \text{ kN/m}^2$ .

Teraz pozostaje nam wyznaczyć długość zasy. Wyznaczamy ją według wzoru:

$$l_s = 2h \quad (5.9)$$

Długość ta nie może być mniejsza od 5 metrów, oraz nie może być większa od 15 metrów. Po podstawieniu otrzymujemy:

$$l_s = 2 * 2 = 4 \text{ m}$$

Wartość ta jest mniejsza od 5 metrów więc przyjmujemy  $l_s = 5 \text{ m}$ .

#### 4.4 Obciążenie wiatrem

Wyznaczanie obciążenia wiatrem będziemy wykonywać na podstawie wytycznych Eurokod zawartych w normie dotyczącej obciążenia wiatrem [4].

Podobnie jak w przypadku obciążenia śniegiem zaczynamy od wyznaczenia naszej strefy oddziaływania wiatru. Naszą strefę wyznaczamy na podstawie załącznika krajowego NR.



Rys. 4-4 Podział Polski na strefy obciążenia wiatrem

Na podstawie załącznika możemy określić że nasza konstrukcja znajduje się w pierwszej strefie obciążenia wiatrem.

Możemy teraz przejść do wyznaczenia wartości podstawowej bazowej prędkości wiatru i ciśnienia prędkości wiatru. Do wyznaczenia tych wartości będziemy potrzebowali naszą wysokość nad poziomem morza, w przypadku Katowic przyjmujemy wartość  $A=284$  m n.p.m.

Tab. 4-5 Wartości podstawowej bazowej prędkości wiatru i ciśnienia prędkości wiatru w strefach

Strefa	$v_{b,0}$ (m/s)	$v_{b,0}$ (m/s)	$q_{b,0}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$q_{b,0}$ (kN/m <sup>2</sup> )
	$A \leq 300$ m	$A > 300$ m	$A \leq 300$ m	$A > 300$ m
1	22	$22 \cdot [1 + 0,0006 (A - 300)]$	0,30	$0,30 \cdot [1 + 0,0006(A - 300)]^2$
2	26	26	0,42	0,42
3	22	$22 \cdot [1 + 0,0006 (A - 300)]$	0,30	$0,30 \cdot [1 + 0,0006(A - 300)]^2 \cdot \left[ \frac{20000 - A}{20000 + A} \right]$

Na podstawie tablicy możemy odczytać że nasza wartość prędkości bazowej wiatru to  $v_{b,0}=22$  m/s, a ciśnienie prędkości wiatru to  $q_{b,0}=0,30$  kN/m<sup>2</sup>.

Następnie na podstawie załącznika A, dobieramy kategorie terenu która będzie nam potrzebna do wyznaczania szczytowego ciśnienia prędkości  $q_p(z)$ , w naszym przypadku będzie to kategoria terenu II. Szczytowe ciśnienie prędkości  $q_p(z)$  wyznaczamy z wzoru:

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2(z) = c_e(z) * q_b \quad (4.8)$$

Do wyznaczenia szczytowego ciśnienia prędkości będziemy jeszcze potrzebować jeszcze współczynnik ekspozycji  $c_e(z)$ , oraz wartość bazową ciśnienia prędkości  $q_b$ . Współczynnik ekspozycji wyznaczamy na podstawie tabeli zawartej w załączniku krajowym NA:

Tab. 4-6 Współczynniki chropowatości i współczynniki ekspozycji oraz  $z_{min}$  i  $z_{max}$

Kategoria terenu	$c_s(z)$	$c_e(z)$	$z_{min}$ , m	$z_{max}$ , m
0	$1,3 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,11}$	$3,0 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,17}$	1	200
I	$1,2 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,13}$	$2,8 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,19}$	1	200
II	$1,0 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,17}$	$2,3 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,24}$	2	300
III	$0,8 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,19}$	$1,9 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,26}$	5	400
IV	$0,6 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,24}$	$1,5 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,29}$	10	500

Wartość współczynnika ekspozycji jest zależna od wysokości, dla większej dokładności podzielimy naszą konstrukcję na dwa segmenty: ściany i kopułę oraz świetlik. Wartość wysokości dla ściany i kopuły będzie równa  $z=17,2$  m; a dla świetlika  $z=19,6$  m.

Dla ściany i świetlika:

$$c_e(z = 17,2) = 2,3 * \left(\frac{17,2}{10}\right)^{0,24} = 2,62$$

Dla świetlika:

$$c_e(z = 19,6) = 2,3 * \left(\frac{19,6}{10}\right)^{0,24} = 2,70$$

Wartość bazową ciśnienia prędkości obliczamy z wzoru:

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 \quad (4.10)$$

gdzie:

$\rho$  – gęstość powietrza (wartość zalecana przez Eurokod to  $1,25 \text{ kg/m}^3$ )

$v_b$  – bazowa prędkość wiatru

Bazową prędkość wiatru obliczamy z wzoru:

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1,0 * 1,0 * 0,30 = 0,30 \quad (4.1)$$

gdzie:

$c_{dir}$  – współczynnik kierunkowy (wartość zalecana przez Eurokod to 1,0)

$c_{season}$  – współczynnik sezonowy (wartość zalecana przez Eurokod to 1,0)

Możemy teraz obliczyć wartość bazową ciśnienia prędkości:

$$q_b = \frac{1}{2} * 1,25 * 10^{-3} * 30^2 = 0,303 \text{ kN/m}^2$$

Teraz gdy posiadamy wartość bazową ciśnienia prędkości oraz współczynnik ekspozycji możemy obliczyć szczytowe ciśnienie prędkości dla ściany i kopuły oraz świetlika.

Dla ściany i świetlika:

$$q_p(z = 17,2) = 2,62 * 0,303 = 0,79 \text{ kN/m}^2$$

Dla świetlika:

$$q_p(z = 19,6) = 2,70 * 0,303 = 0,81 \text{ kN/m}^2$$

Przejdziemy teraz do obliczania wartości współczynników ciśnienia zewnętrznego, w kolejności: ściany, oraz przeszklenie świetlika, potem kopuła, oraz dach świetlika. Ściany i przeszklenie świetlika obliczymy według schematu „walce kołowe”, a kopułę oraz dach świetlika według schematu kopuły. W przypadku kopuły i świetlika wartości współczynnika ciśnienia zewnętrznego będą wyznaczone na podstawie interpolacji między dwoma wartościami znajdującymi się w tabeli.

Przy obliczaniu ciśnienia zewnętrznego według rozdziału walce kołowe będziemy musieli obliczyć liczbę Reynoldsa  $Re$  dla naszej ściany, oraz kopuły po czym na jej podstawie odczytamy wartości współczynników ciśnienia wewnętrznego, oraz skrajne kąty na których będą znajdowały się ekstrema ciśnienia oraz punkt zerowy. Liczbę Reynoldsa obliczamy według wzoru:

$$Re = \frac{b * v(z_e)}{\nu} \quad (7.15)$$

gdzie:

$b$  – średnica

$\nu$  – lepkość kinematyczna powietrza ( $\nu = 15 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ )

$v(z_e)$  – prędkość wiatru liczona z wzoru:

$$v(z_e) = \sqrt{\frac{2 * q_p}{\rho}}$$

Dla ścian:

$$v(z_e) = \sqrt{\frac{2 * 0,79}{1,25 * 10^{-3}}} = 35,55 \text{ m/s}$$

Dla przeszklenia świetlika:

$$v(z_e) = \sqrt{\frac{2 * 0,81}{1,25 * 10^{-3}}} = 36,00 \text{ m/s}$$

Liczba Reynoldsa

Dla ścian:

$$Re = \frac{51,4 * 35,55}{15 * 10^{-6}} = 1,22 * 10^8$$

Dla przeszklenia świetlika:

$$Re = \frac{6 * 36,00}{15 * 10^{-6}} = 1,44 * 10^7$$

Następnie będziemy przechodzić do obliczania współczynników ciśnienia zewnętrznego. Wartość tego współczynnika będziemy liczyć według wzoru:

$$c_{pe} = c_{p,0} * \psi_{\lambda\alpha} \quad (7.16)$$

gdzie:

$c_{p,0}$  – współczynnik ciśnienia zewnętrznego walca kołowego bez wpływu swobodnego końca

$\psi_{\lambda\alpha}$  – współczynnik wpływu swobodnego końca

Współczynnik wpływu swobodnego końca  $\psi_{\lambda\alpha}$  wyznaczamy na podstawie wzorów:

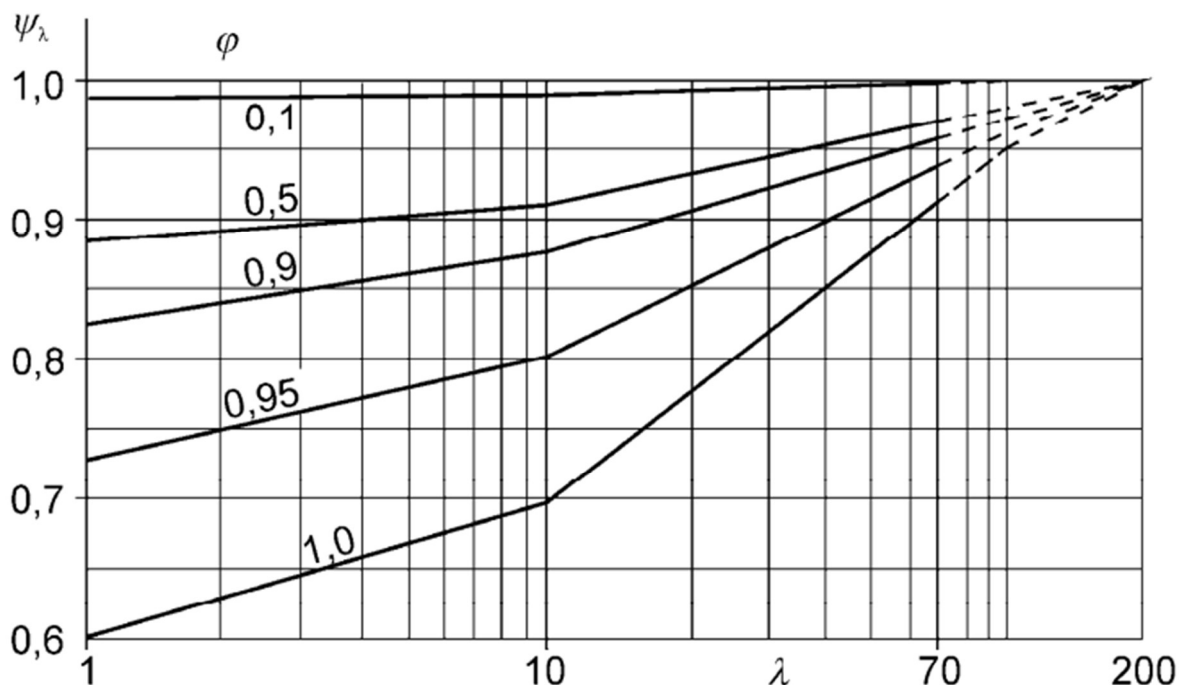
$$\psi_{\lambda\alpha} = 1 \quad \text{dla } 0^\circ \leq \alpha \leq \alpha_{min}$$

$$\psi_{\lambda\alpha} = \psi_\lambda + (1 - \psi_\lambda) * \cos\left(\frac{\pi}{2} * \left(\frac{\alpha - \alpha_{min}}{\alpha_A - \alpha_{min}}\right)\right) \quad \text{dla } \alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_A \quad (7.17)$$

$$\psi_{\lambda\alpha} = \psi_\lambda \quad \text{dla } 0^\circ \leq \alpha \leq \alpha_{mi}$$

Nas będą interesować pierwszy i trzeci przedział, drugi jest do obliczania dokładnej wartości dla kąta, a my nałożymy to obciążenie w uproszczony sposób. Założymy, że jest to obciążenie liniowe biegnące po obwodzie w symetryczny sposób, jednak najpierw musimy wyznaczyć kąty na których będą znajdować się punkty w których będziemy definiować nasze obciążenie liniowe.

Zacniemy od wyznaczenia współczynnika  $\psi_\lambda$ . Jego przybliżoną wartość wyznaczamy na podstawie poniższego rysunku:



Rys. 4-5 Orientacyjne wartości współczynnika wpływu swobodnego końca  $\psi_\lambda$

W którym  $\phi$  to współczynnik wypełnienia liczony z wzoru:

$$\phi = \frac{A}{A_c} \quad (7.28)$$

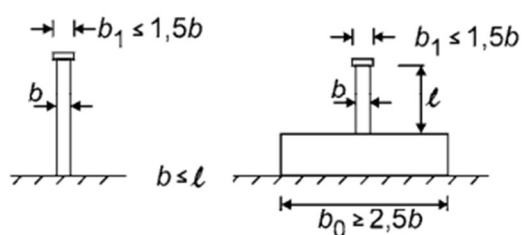
gdzie:

A – suma pól powierzchni rzutu prętów

$A_c$  – pole obrysu ściany

Biorąc pod uwagę, że nasze ściany nie posiadają żadnych otworów współczynnik wypełnienia  $\phi$  jest równy 1

A  $\lambda$  to smukłość efektywna wyznaczana według:



Dla walców kołowych:

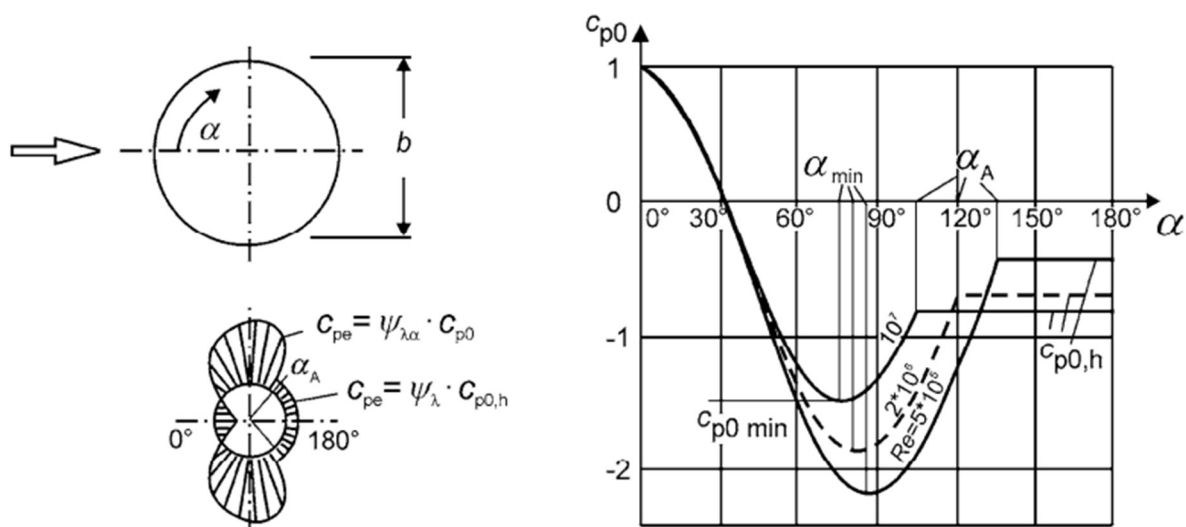
– dla  $\ell \geq 50$  m, wymiar mniejszy z dwóch:  $\lambda = 0,7 \ell/b$  albo  $\lambda = 70$ ;

– dla  $\ell < 15$  m, wymiar mniejszy z dwóch:  $\lambda = \ell/b$  albo  $\lambda = 70$ .

Rys. 4-6 Zalecane wartości  $\lambda$  dla walców kołowych

Bez obliczeń możemy stwierdzić, że smukłość naszych ścian oraz przeszklenia świetlika będzie poniżej 1, możemy przyjąć wartość współczynnika swobodnego końca dla najmniejszej wartości smukłości efektywnej, przypisanej do współczynnika wypełnienia równego 1,0. Otrzymujemy w ten sposób  $\psi_\lambda = 0,6$ .

Gdy znamy już wartości współczynnika wpływu swobodnego końca  $\psi_{\lambda\alpha}$  dla naszych punktów, możemy przejść do wyznaczenia punktów definiujących nasze obciążenia liniowe oraz samych współczynników ciśnienia zewnętrznego. Wykorzystamy do tego poniższy rysunek oraz tablicę:



Rys. 4-7 Rozkład ciśnienia na walcu kołowym, przy różnych wartościach liczby Reynoldsa i bez wpływu swobodnych końców

Tab. 4-7 Typowe wartości charakteryzujące rozkład ciśnienia na walcu kołowym przy różnych wartościach liczby Reynoldsa i bez wpływu swobodnych końców

$Re$	$\alpha_{min}$	$C_{p0,min}$	$\alpha_A$	$C_{p0,h}$
$5 \cdot 10^5$	85	-2,2	135	-0,4
$2 \cdot 10^6$	80	-1,9	120	-0,7
$10^7$	75	-1,5	105	-0,8

Obie nasze wartości liczby Reynoldsa są najbardziej zbliżone do wartości z tablicy 10<sup>7</sup> więc przyjmujemy wartości kątów i bazowych ciśnień zewnętrznych właśnie dla tej wartości. Dla ścian i przeszklenia świetlika wartości te będą identyczne. Punkty definiujące i odpowiadające wartości ciśnienia zewnętrznego będą przedstawione tabelarycznie.

Tab. 4-8 Kąty definiujące punkty obciążenia wiatrem i odpowiadające wartości ciśnienia zewnętrznego

Kąt $\alpha$ definiujący obciążenie	Wartość współczynnika $c_{pi}$
0°	1,0
30°	0
75°	-1,5
105°	-0,8

Wartości obciążeń wiatrem w powyższych punktach będą się składały z ciśnienia zewnętrznego oraz ciśnienia wewnętrznego. Norma wskazuje że w przypadku braku informacji o ciśnieniu wewnętrznym należy przyjąć mniej korzystną wartość z 0,2 bądź -0,3. Z racji, że ściany będą przenosić siły rozporowe kopuły, obciążenie ssące będzie bardziej niekorzystne i przyjmujemy wartość ciśnienia wewnętrznego równe -0,3. Przypadek obciążenia wiatrem będzie stanowić sumę obciążenia ciśnieniem wewnętrznego i zewnętrznego wiatru.

Obciążenie zewnątrz wyznaczymy z wzoru:

$$w_e = q_p(z_e) * c_{pe} \quad (5.1)$$

A obciążenie wewnętrzne:

$$w_i = q_p(z_e) * c_{pi} \quad (5.2)$$

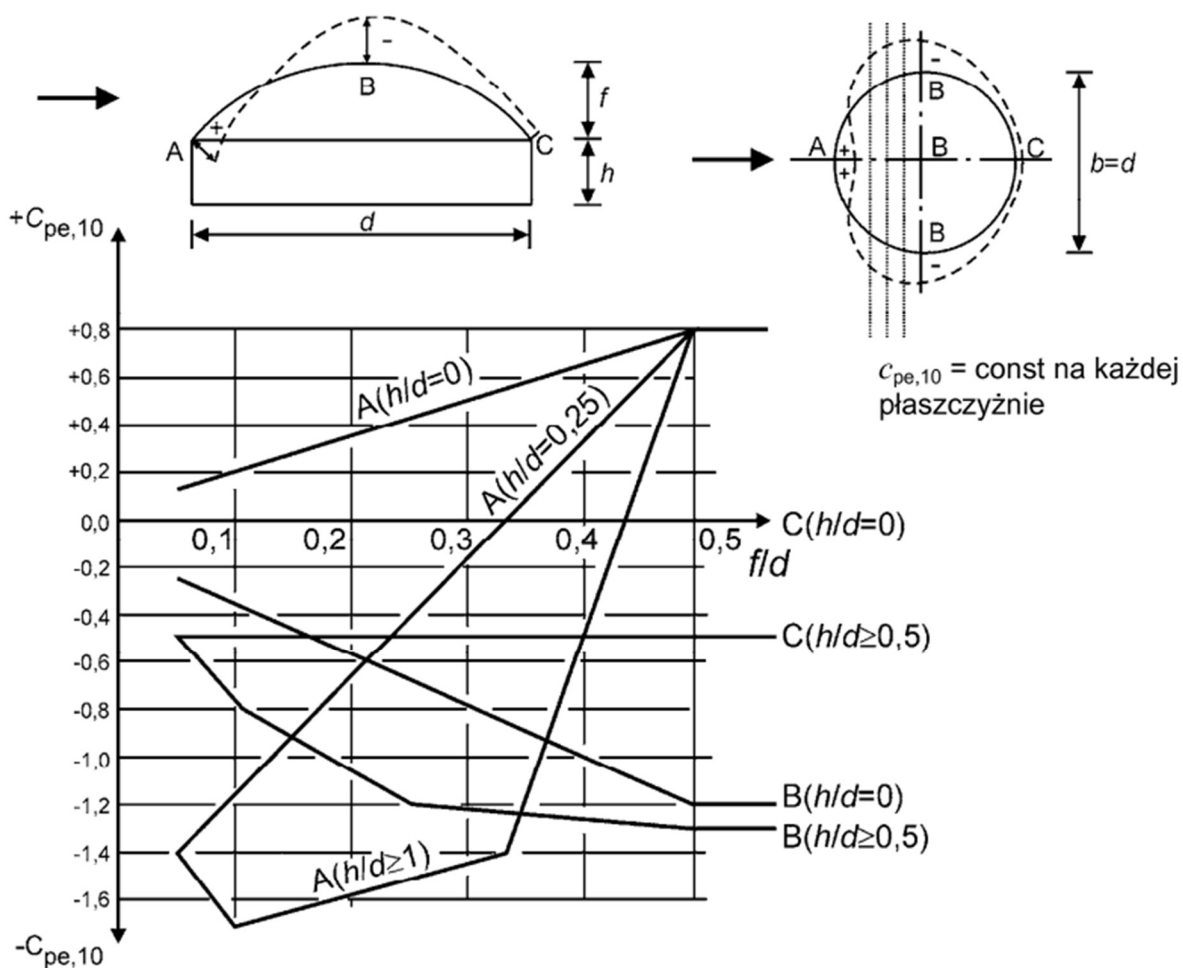
Wartości obciążeń dla ścian i przeszklenia świetlika zostaną przedstawione tabelarycznie

Tab. 4-9 Zestawienie obciążeń wiatrem ścian i przeszklenia świetlika

Kąt	$c_{pe}$	$c_{pi}$	$q_p(z_e)$	Ściany			$q_p(z_e)$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Przeszklenie świetlika		
				$w_e$	$w_i$	$\Sigma w$		$w_e$	$w_i$	$\Sigma w$
0°	1,0	-0,3	0,79	0,79	-0,24	0,55	0,81	0,81	-0,24	0,57
75°	-1,5	-0,3		-1,19	-0,24	-1,42		-1,22	-0,24	-1,46
105°	-0,48	-0,3		-0,38	-0,24	-0,62		-0,39	-0,24	-0,63

Powyższe obciążenia zostaną wprowadzone na ściany i przeszklenie świetlika jako obciążenie wiatrem. Następnym krokiem będzie obliczenie obciążenia wiatrem dla kopuły i dachu świetlika.

Eurokod przewiduje przypadek obciążenie wiatrem kopuły więc możemy zastosować je dla naszej kopuły i dachu świetlika. Wartość dla odpowiednich sfer wyznacza się z zależności  $f/d$  oraz  $h/d$ , gdzie  $f$  to wysokość kopuły.



Rys. 4-8 Zalecane wartości współczynnika ciśnienia zewnętrznego  $c_{pe}$  dla kopuł o rzucie kołowym

Wartości współczynników  $C_{pe}$  zostaną przedstawione tabelarycznie, wyniki zostały uzyskane przez interpolacje między podanymi w rysunku wartościami

Tab. 4-10 Wartości współczynników ciśnienia zewnętrznego dla kopuły i dachu świetlika

Element	$h/d$	$f/d$	$C_{pe,,A}$	$C_{pe,,B}$	$C_{pe,,C}$
Kopuła	0,14	0,19	-0,23	-0,68	-0,14
Dach świetlika	0,33	0,10	-1,22	-0,62	-0,33

Podobnie jak w przypadku obciążenia wiatrem ścian i przeszklenia świetlika trzeba uwzględnić ciśnienie wewnętrzne. Wszystkie wartości współczynnika ciśnienia zewnętrznego mają wartość ujemną, dlatego uwzględnimy tylko wartość ciśnienia wewnętrznego również ujemną, dzięki czemu otrzymamy tylko jeden przypadek obciążenia. W sytuacjach w których obciążenie to będzie korzystne program je ominiemy aby otrzymać najmniej korzystny przypadek obciążenia.

Wartości obciążenia wiatrem dla kopuły:

Ciśnienie wewnętrzne:

$$w_i = 0,79 * (-0,3) = -0,24 \text{ kN/m}^2$$

Ciśnienie zewnętrzne stref:

$$w_{e,A} = 0,79 * (-0,23) = -0,18 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,B} = 0,79 * (-0,68) = -0,53 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,A} = 0,79 * (-0,14) = -0,11 \text{ kN/m}^2$$

Ciśnienie sumaryczne stref:

$$w_A = -0,24 + (-0,18) = -0,42 \text{ kN/m}^2$$

$$w_B = -0,24 + (-0,53) = -0,77 \text{ kN/m}^2$$

$$w_C = -0,24 + (-0,11) = -0,35 \text{ kN/m}^2$$

Wartości obciążenia wiatrem dla dachu świetlika:

Ciśnienie wewnętrzne:

$$w_i = 0,81 * (-0,3) = -0,24 \text{ kN/m}^2$$

Ciśnienie zewnętrzne stref:

$$w_{e,A} = 0,81 * (-1,22) = -0,99 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,B} = 0,81 * (-0,62) = -0,50 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,A} = 0,81 * (-0,33) = -0,27 \text{ kN/m}^2$$

Ciśnienie sumaryczne stref:

$$w_A = -0,24 + (-0,99) = -1,23 \text{ kN/m}^2$$

$$w_B = -0,24 + (-0,50) = -0,73 \text{ kN/m}^2$$

$$w_C = -0,24 + (-0,27) = -0,51 \text{ kN/m}^2$$

## 4.5 Inne obciążenia

W modelu pominięto obciążenie instalacyjne, gdyż nie będzie ono powodować znaczących obciążeń, jedyne które się pojawią to nieokreślone instalacje generujące światło. Pominięto również obciążenie temperaturą z racji że budynek jest izolowany i będzie posiadał stałą temperaturę wewnętrzną. Obciążenie które będzie uwzględnione, lecz nie będzie posiadać swojego przypadku obciążenia to skurcz, jest on uwzględniany automatycznie dzięki wybraniu odpowiedniej opcji przy definiowaniu materiału, patrz: Rys. 3-6 Parametry skurczu.

## 5 Wyniki z programu

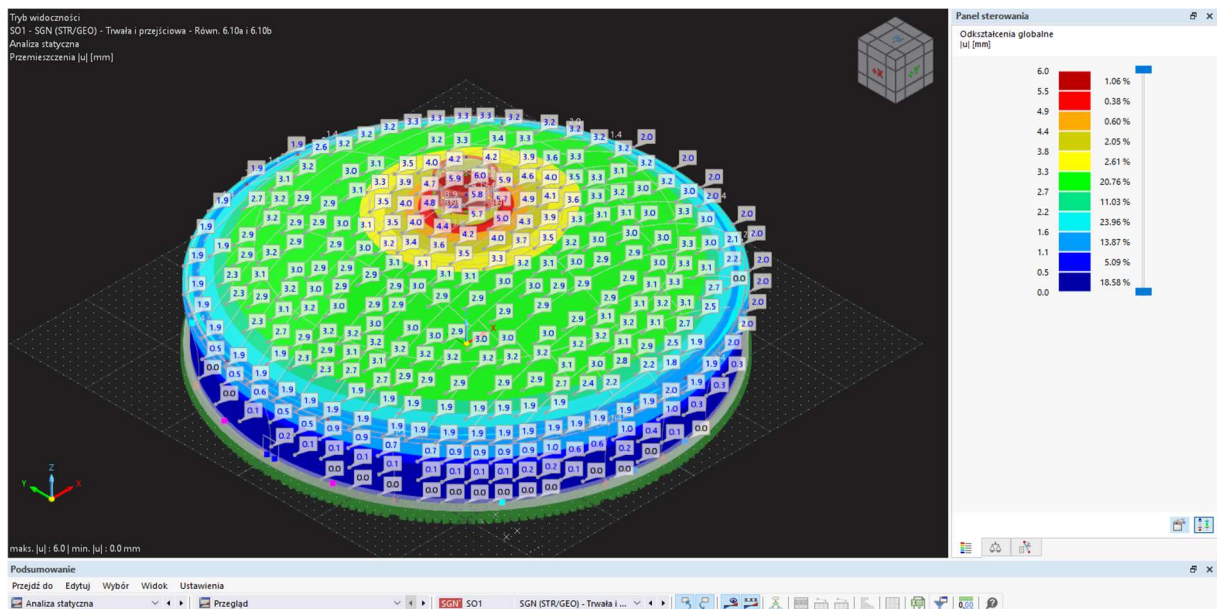
### 5.1 Kombinacje

Program RFEM automatycznie utworzył odpowiednie kombinacje SGN, SGU. Wyznacza je na podstawie ilości kombinacji i jest w stanie wygenerować najmniej korzystne z kategorii SGN, SGU charakterystyczna, SGU częsta, oraz SGU quasi-stała.

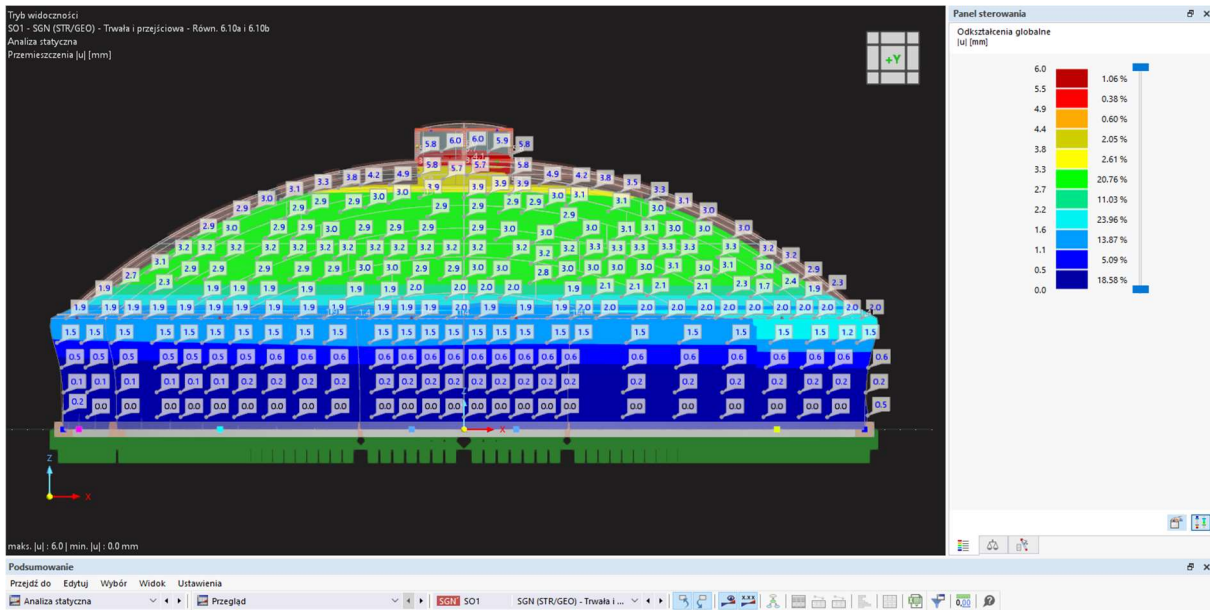
### 5.2 Odkształcenia

Poniżej przedstawione zostaną zrzuty ekranu z odpowiednich kombinacji w widokach całościowych, widoku w płaszczyźnie pionowej i widoku w płaszczyźnie poziomej.

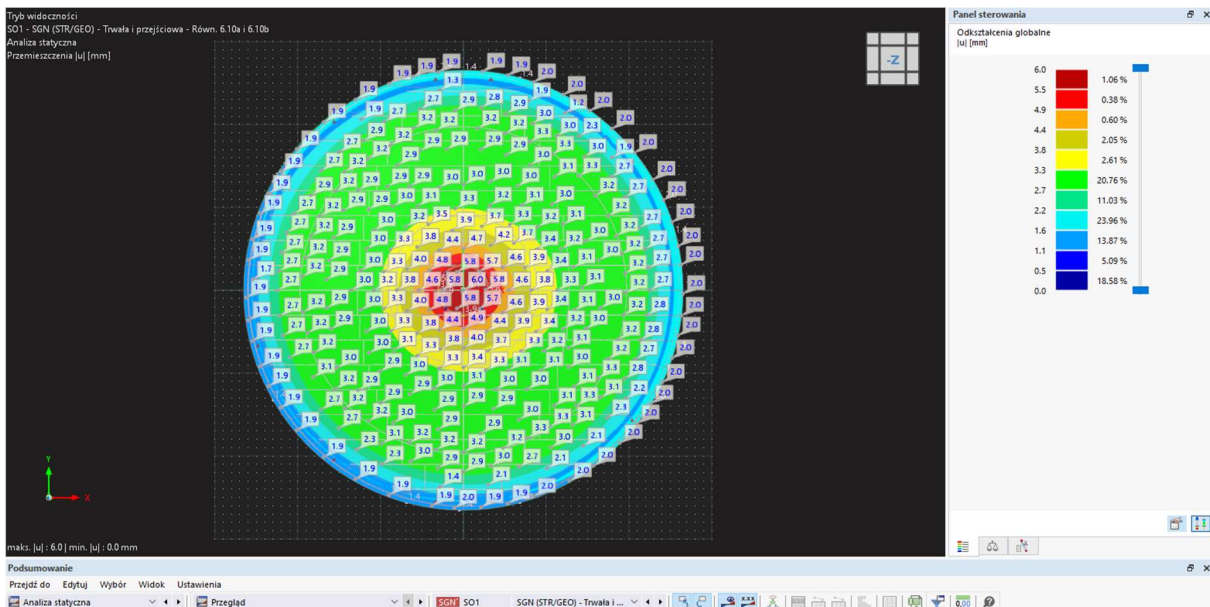
#### 5.2.1 Kombinacja SGN



Rys. 5-1 Odkształcenia kombinacji SGN w widoku całościowym

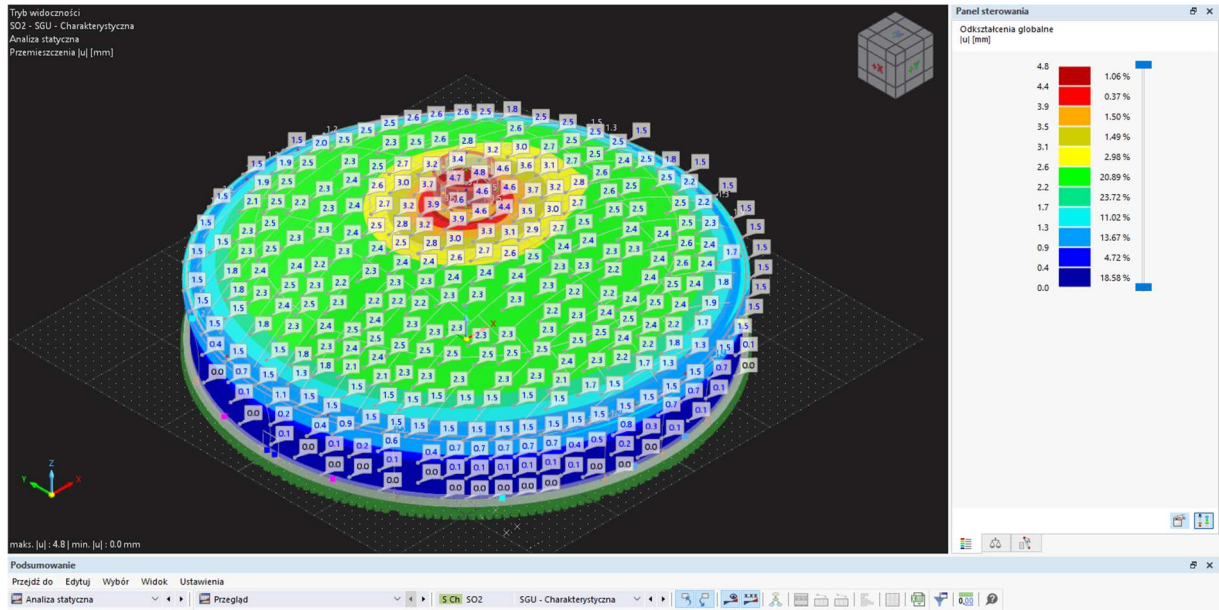


Rys. 5-2 Odształcenia kombinacji SGN w widoku płaszczyzny pionowej

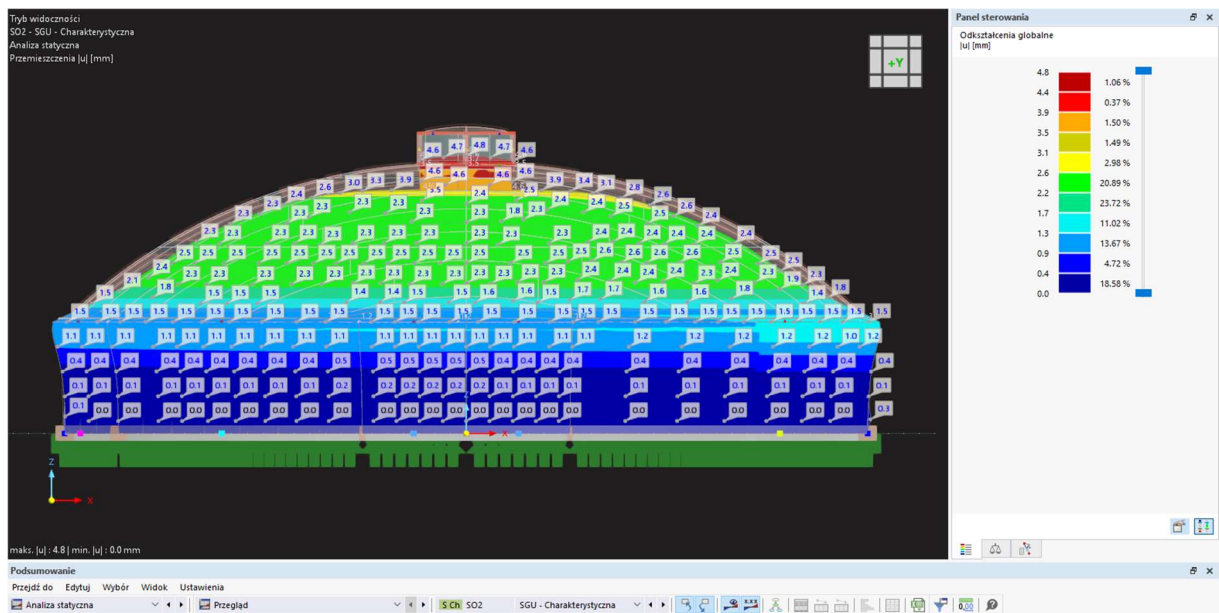


Rys. 5-3 Odształcenia kombinacji SGN w widoku płaszczyzny poziomej

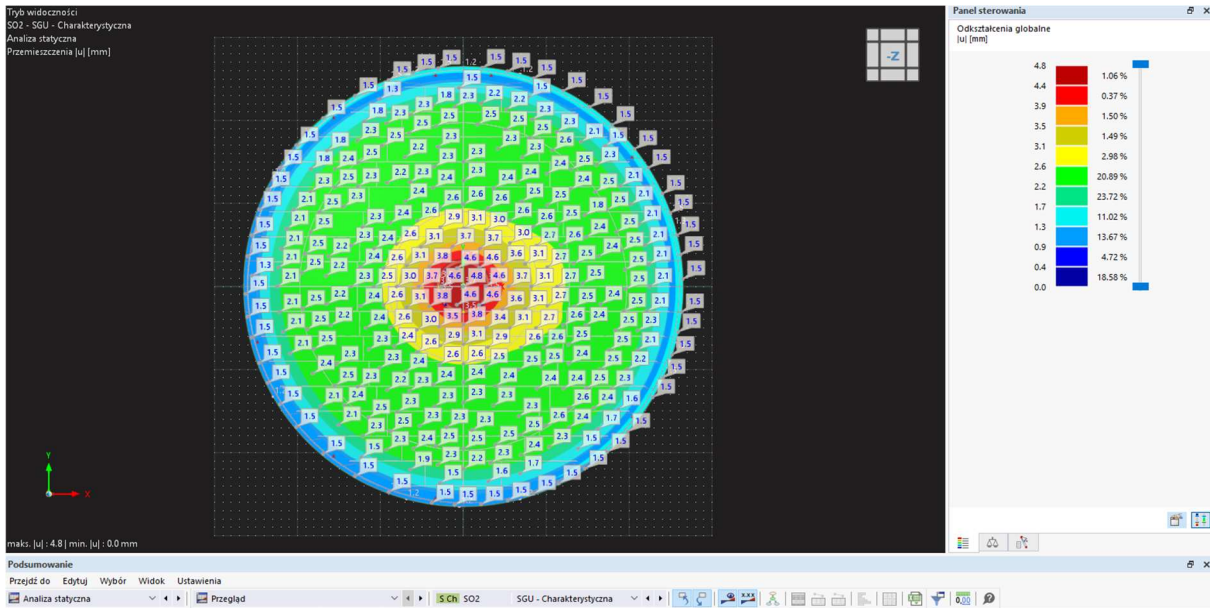
### 5.2.2 Kombinacja SGU Charakterystyczna



Rys. 5-4 Odształcenia kombinacji charakterystycznej w widoku całościowym



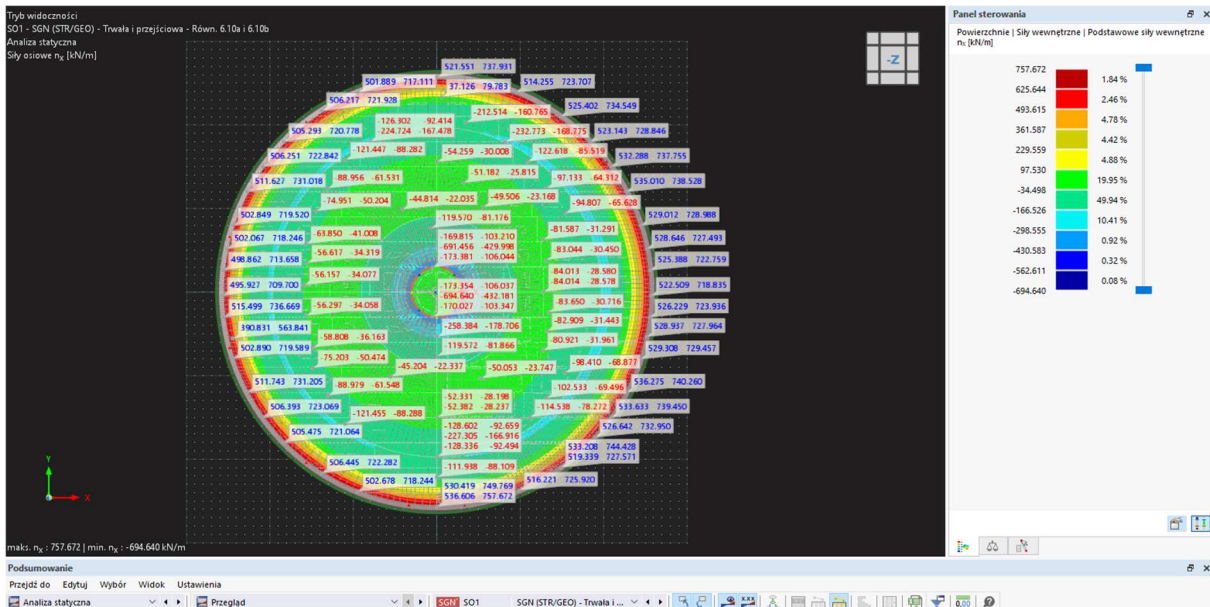
Rys. 5-5 Odształcenia kombinacji charakterystycznej w widoku płaszczyzny pionowej



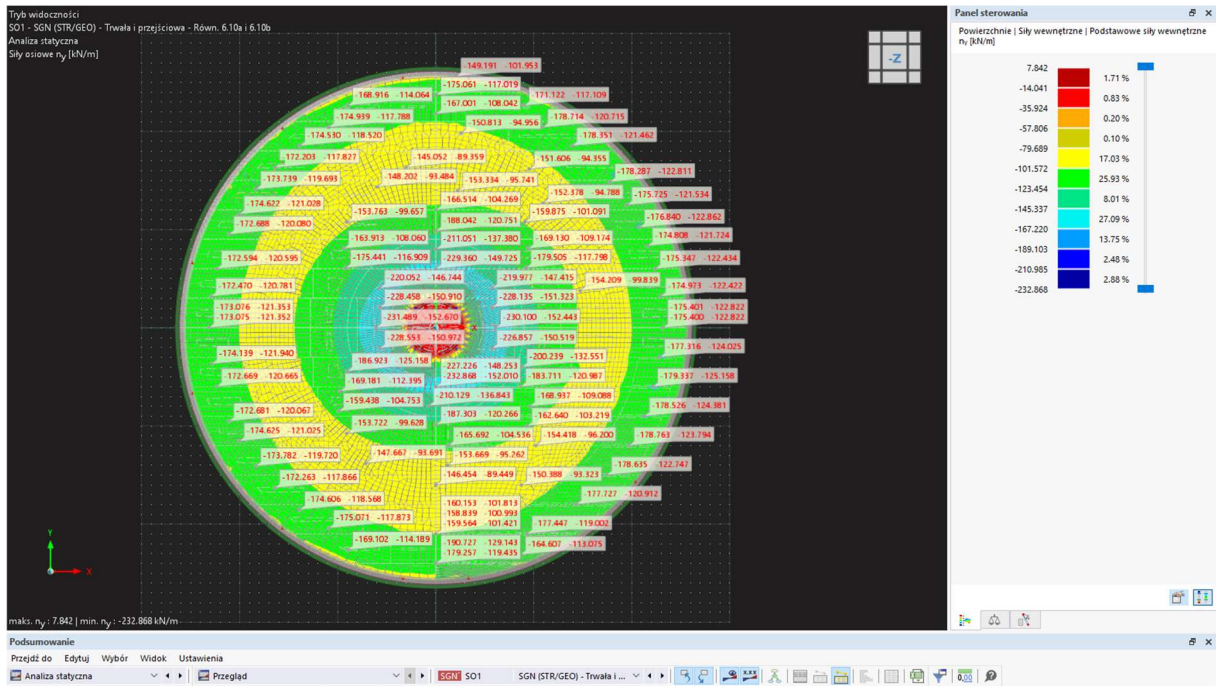
Rys. 5-6 Odkształcenia kombinacji charakterystycznej w widoku płaszczyzny poziomej

### 5.3 Siły wewnętrzne

Poniżej przedstawione zostaną zrzuty ekranu z mapami odpowiednich sił w rzutach poziomych. Siły będą podane dla kombinacji SGN. Siły rozciągające są oznaczone znakiem dodatnim a rozciągające (odcień czerwony), a ściskające (odcień niebieski) znakiem ujemnym.



Rys. 5-7 Siły równoleżnikowe  $n_x$  kopuły kombinacji SGN w widoku płaszczyzny poziomej

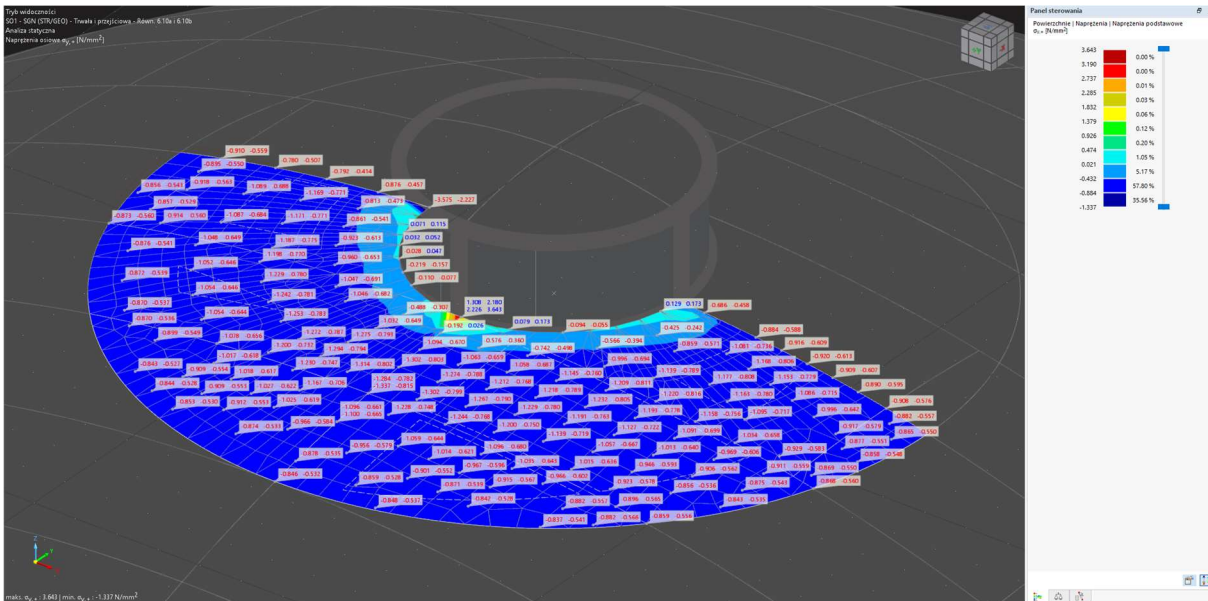


Rys. 5-8 Sity południkowe  $n_y$  kopuły kombinacji SGN w widoku płaszczyzny poziomej

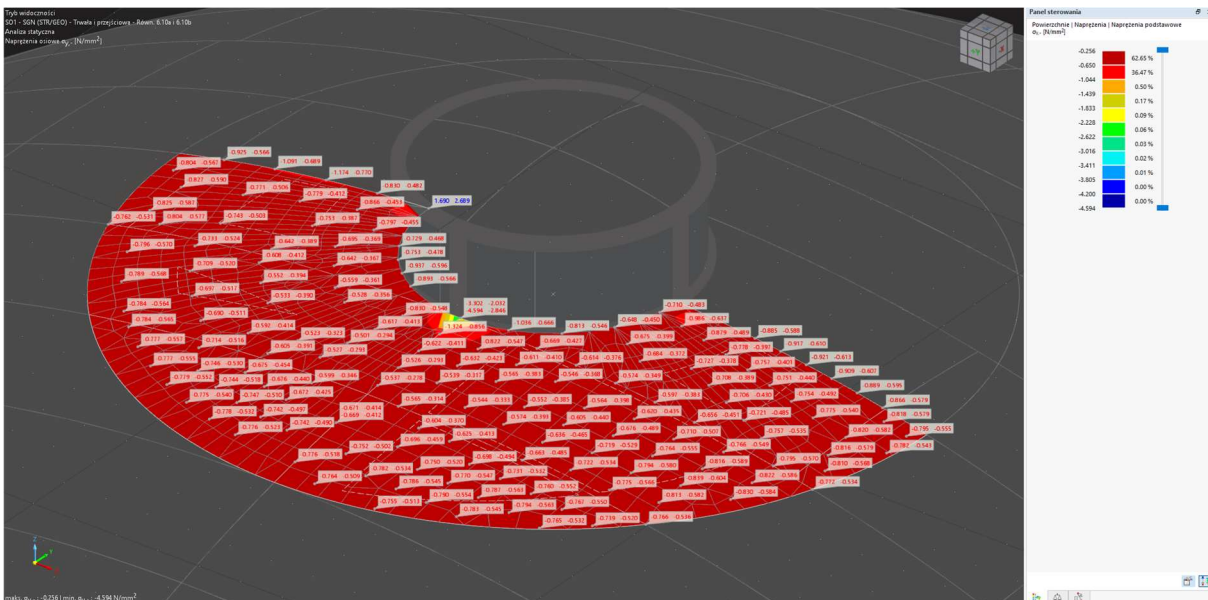
## 5.4 Naprężenia w strefach podporowych

Poniżej przedstawione zostaną zrzuty ekranu z mapami odpowiednich sił w widokach całościowych. Naprężenia będą podane dla kombinacji SGN. Naprężenia rozciągające (odcień czerwony) są oznaczone znakiem dodatnim a rozciągające, a ściskające (odcień niebieski) znakiem ujemnym. Oznaczenie „+” przy  $\sigma$  oznacza że jest to płaszczyzna po stronie zwrotu osi lokalnej z, oznaczenie „-” oznacza płaszczyznę przeciwną do zwrotu osi lokalnej z.

### 5.4.1 Strefa przypodporowa przy świetliku

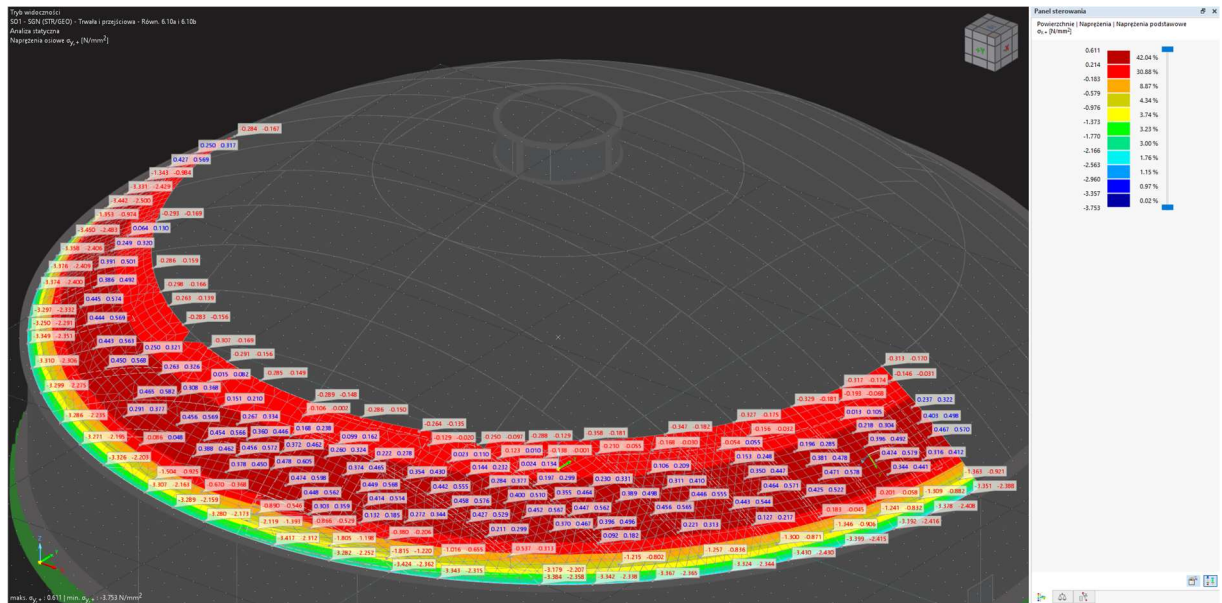


Rys. 5-9 Naprężenia strefy przypodporowej kopuły przy świetliku na dolnej powierzchni

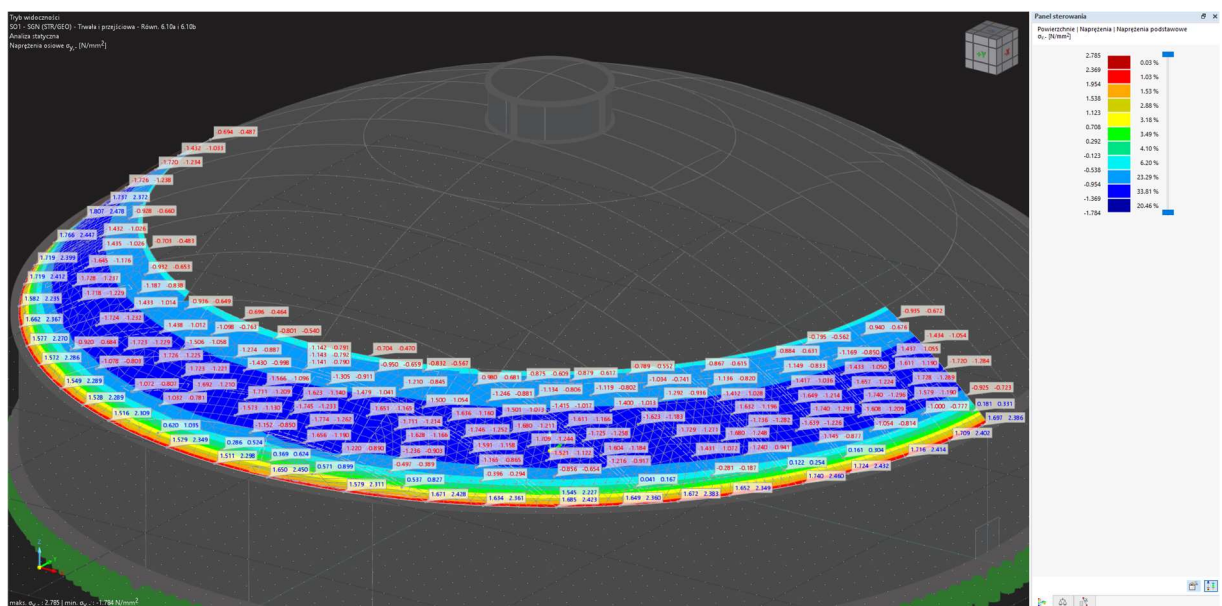


Rys. 5-10 Naprężenia strefy przypodporowej kopuły przy świetliku na górnej powierzchni

### 5.4.2 Strefa przypodporowa przy ścianie



Rys. 5-11 Naprężenia strefy przypodporowej kopuły przy ścianie na dolnej powierzchni



Rys. 5-12 Naprężenia strefy przypodporowej kopuły przy ścianie na górnej powierzchni

## 5.5 Przekroje i zbrojenie

Przekroje, grubości powierzchni, oraz zbrojenie były wymiarowane w programie RFEM metodą iteracyjną, na podstawie warunków konstrukcyjnych które były automatycznie sprawdzane według zaleceń Eurokodu. Poniżej zostaną rozpisane zwymiarowane parametry elementy konstrukcji na podstawie których została wykonana dokumentacja rysunkowa.

### 5.5.1 Ściany

Ściany posiadają grubość 40 cm, zostaną zazbrojone dwoma siatkami w postaci prętów  $\phi 20$  w rozstawie co 25 cm w kierunku pionowym, oraz zbrojeniem obwodowym  $\phi 20$  w rozstawie co 14 cm w strefie największych naprężeń przy wieńcu która przypada na 3 metry wysokości od góry ściany, poza tą strefą w rozstawie 25 cm. Dodatkowo siatki będą z sobą połączone strzemionami  $\phi 8$ .

### 5.5.2 Kopuła

Kopuła jest podzielona na 3 segmenty jak w 3.3.3. Segment nr 1 (Rys. 3-12 Segment kopuły nr 1) będzie posiadał grubość 30 cm, która będzie się zaczynała od wieńca między ścianą a kopułą i będzie płynnie przechodziła do segmentu nr 2 z grubością 15 cm. Segment ten będzie zazbrojony prętami równoleżnikowymi  $\phi 20$  w rozstawie co 15 cm oraz prętami południkowymi  $\phi 20$  w rozstawie co 20 cm na górnej powierzchni gdzie występują naprężenia rozciągające oraz zbrojeniem konstrukcyjnym na górnej powierzchni, w postaci siatki prętów  $\phi 8$  co 25 cm, w celu powstrzymania wpływu skurczu. Segment nr 2 (Rys. 3-13 Segment kopuły nr 2) będzie miał stałą grubość 15 cm i zostanie zazbrojony prętami równoleżnikowymi  $\phi 20$  w rozstawie co 20 cm oraz prętami południkowymi  $\phi 20$  w rozstawie co 20 cm. Segment nr 3 zacznie się przy segmencie nr 2 z grubością 15 cm i będzie bieć w stronę dolnego wieńca świetlika gdzie osiągnie grubość 25 cm, zostanie zazbrojony prętami równoleżnikowymi  $\phi 20$  w rozstawie co 25 cm oraz prętami południkowymi  $\phi 20$  w rozstawie co 20 cm na dolnej powierzchni, oraz zbrojeniem konstrukcyjnym, w postaci siatki prętów  $\phi 8$  co 25 cm, na górnej w celu powstrzymania wpływu skurczu.

### 5.5.3 Słupy świetlika

Słupy świetlika będą posiadały przekrój 30x30 cm, oraz będą zazbrojone prętami podłużnymi 4 $\phi 20$  oraz strzemionami  $\phi 10$  w rozstawie co 15 cm.

### 5.5.4 Dach świetlika

Dach świetlika będzie posiadał stałą grubość 15 cm i będzie zazbrojony prętami równoleżnikowymi  $\phi 12$  co 20 cm oraz prętami południkowymi  $\phi 12$  co 40 cm.

### 5.5.5 Wieńce

Wieniec między ścianą a kopułą będzie posiadał przekrój 80x40 cm i będzie zazbrojony prętami podłużnymi 10 $\phi 20$  oraz strzemionami  $\phi 10$  co 15 cm. Dolny wieniec świetlika będzie posiadał przekrój 30x25 cm i będzie zazbrojony prętami podłużnymi 6 $\phi 12$  oraz strzemionami  $\phi 10$  co 10 cm. Górny wieniec świetlika będzie posiadał przekrój 30x20 cm i będzie zazbrojony prętami podłużnymi 6 $\phi 12$  oraz strzemionami  $\phi 10$  w rozstawie co 10 cm

## 5.6 Warunki konstrukcyjne

Stopnie wyiężenia zostaną przedstawione w postaci raportu wygenerowanego w programie.

Jedynym niepełnionym warunkiem jest przekroczenie maksymalnych ugięć. Jest to spowodowane tym, że na potrzeby wprowadzenia obciążenia śniegiem i wiatrem musieliśmy podzielić kopułę na małe powierzchnie przez co każda ma obliczany swoje własne graniczne ugięcie  $u_{lim}$ . Jak możemy odczytać z Rys. 5-1 Odształcenia kombinacji SGN w widoku całościowym maksymalne ugięcie kopuły wynosi 6,0 mm, gdy ręcznie policzymy:  $u_{lim} = L/250 = 22,7/250 = 0,0908 \text{ m} = 90,8 \text{ mm}$ . Na podstawie wyliczonego maksymalnego dopuszczającego ugięcia możemy stwierdzić że warunek użytkowalności dotyczący granicznego ugięcia jest jak najbardziej spełniony.

## 6 Bibliografia

- [1] PN-EN 1990:2004, Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji
- [2] PN-EN 1991-1-1:2004, Eurokod 1. Oddziaływanie na konstrukcje, część 1-1: Oddziaływanie ogólne – Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynku
- [3] PN-EN 1991-1-3:2005, Eurokod 1. Oddziaływanie na konstrukcje, część 1-3: Oddziaływanie ogólne – Obciążenie śniegiem
- [4] PN-EN 1991-1-4:2008, Eurokod 1. Oddziaływanie na konstrukcje, część 1-4: Oddziaływanie ogólne – Oddziaływania wiatru
- [5] PN-EN 1992-1-1:2008, Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu – Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [6] Swisspor. Styropian – materiały informacyjne, <https://www.swisspor.pl/> (2025-06-17)



## SPIS TREŚCI

1	Projektowanie konstrukcji betonowych	2	przekroju	
1.1	Wyniki	2	Stopnie wykorzystania na powierzchniach według	4
1.1.1	Stopnie wykorzystania na prętach według	2	grubości	

# 1 Projektowanie konstrukcji betonowych

## 1.1 Wyniki

### 1.1.1 STOPNIE WYKORZYSTANIA NA PRĘTACH WEDŁUG PRZEKROJU

### Projektowanie konstrukcji betonowych

Przekrój nr	Pręt nr	Położenie x [m]	Sytuacja oblicz.	Obciążenie	Sprawdzenie warunku projektowego	Typ	Opis
1	R_M1 400/800   5 - C30/37	18.905	SO1	KO2	0.361 ✓	UL0100.00	Stan graniczny nośności   Nośność przekroju wg 6.1
		0.891	SO1	KO2	0.028 ✓	UL0200.02	Stan graniczny nośności   Nośność na ścinanie - Nośność zbrojenia na ścinanie wg 6.2
	0.000	SO1	KO2	0.346 ✓	UL0300.00	Stan graniczny nośności   Nośność na skręcanie - Wykorzystanie obliczeniowej nośności na skręcanie przy czystym skręcaniu wg 6.3	
	16	6.728	SO1	KO2	0.105 ✓	UL0301.00	Stan graniczny nośności   Nośność interakcyjna - Wykorzystanie nachylonych krzyżulców ściskanych przy skręcaniu i ścinaniu wg 6.3.2(4)
		6.728	SO1	KO2	0.348 ✓	UL0302.00	Stan graniczny nośności   Nośność na interakcję - Wykorzystanie strzemion na skręcanie przy skręcaniu i ścinaniu wg 6.3.2(3)
	6.247	SO1	KO2	0.378 ✓	UL0303.00	Stan graniczny nośności   Nośność interakcyjna - Wykorzystanie zbrojenia podłużnego na skręcanie ze względu na skręcanie, zginanie, siłę normalną i ścinanie wg 6.3.2(3)	
	20	10.449	SO3	KO23	0.343 ✓	SE0300.00	Użytkowność   Sprawdzanie rys - Minimalne pole przekroju zbrojenia wg 7.3.2(2)
		0.000	SO3	KO22	0.000 ✓	SE0303.00	Użytkowność   Sprawdzanie rys - Obliczanie szerokości rys wg 7.3.4
	12	6.728	SO4	KO26	0.070 ✓	SE0400.00	Użytkowność   Kontrola ugięć   Sprawdzanie ugięć przez obliczanie wg 7.4.3(3)
	11	18.905	SO2	KO15	0.285 ✓	SE0204.00	Użytkowność   Ograniczenie naprężeń w zbrojeniu wg 7.2(5)
		0.000	SO1	KO1	1.000 ✓	DC0400.00	Trwałość i otulina zbrojenia   Otulenie betonem wg 4.4.1
	0.000	SO1	KO1	0.099 ✓	DM0200.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie powierzchni rozciąganych wg 9.2.1.1(1)	
	0.000	SO1	KO1	0.344 ✓	DM0201.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie powierzchni rozciąganych wg 9.2.1.1(3)	
	0.000	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0202.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie powierzchni ściskanych wg 9.2.1.1(3)	
	18.905	SO1	KO2	0.688 ✓	DM0205.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Reguła przesuwania dla rozciąganego zbrojenia podłużnego wg 9.2.1.3(2)	
	14	29.600	SO1	KO7	0.433 ✓	DM0209.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie wg 9.2.2(5)
	11	0.000	SO1	KO1	0.278 ✓	DM0210.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny rozstaw podłużny zestawów zbrojenia na ścinanie wg 9.2.2(6)
	15	7.236	SO1	KO11	0.463 ✓	DM0211.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemion wg 9.2.2(8)
	11	0.000	SO1	KO1	0.500 ✓	DM0212.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny rozstaw podłużny zestawów zbrojenia na ścinanie wg 9.2.3(3)
		0.000	SO1	KO1	1.000 ✓	DM0219.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Zakotwienie strzemion na skręcanie wg 9.2.3(1)
0.000	SO1	KO1	0.686 ✓	DM0220.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Rozmieszczenie prętów zbrojenia podłużnego wg 9.2.3(4)		
0.000	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0221.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Zdefiniowane przez użytkownika minimalne zbrojenie podłużne		
0.000	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0222.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Zdefiniowany przez użytkownika minimalny stopień zbrojenia podłużnego		
0.000	SO1	KO1	1.000 ✓	DR0500.00	Detalowanie zbrojenia   Długość zakotwienia strzemion i zbrojenia na ścinanie wg 8.5(2)		
0.000	SO1	KO1	0.625 ✓	DR0800.00	Detalowanie zbrojenia   Dodatkowe reguły dotyczące prętów o dużych średnicach $d_{s,large}$ wg 8.8(1)		
0.000	SO1	KO1	0.333 ✓	MA0100.00	Material Validity   Maksymalna wartość klasy wytrzymałości betonu ( $C_{max}$ ) wg 3.1.2(2)		
0.000	SO1	KO1	Nieemożliwe do obliczenia ✖	DR0200.00	Detalowanie zbrojenia   Rozstaw prętów wg 8.2(2)		

4	R_M1 300/200   5 - C30/37	0.000	SO1	KO8	0.040 ✓	UL0100.00	Stan graniczny nośności   Nośność przekroju wg 6.1
		0.000	SO1	KO7	0.033 ✓	UL0200.02	Stan graniczny nośności   Nośność na ścinanie - Nośność zbrojenia na ścinanie wg 6.2
	26	4.709	SO1	KO8	0.153 ✓	UL0300.00	Stan graniczny nośności   Nośność na skręcanie - Wykorzystanie obliczeniowej nośności na skręcanie przy czystym skręcaniu wg 6.3
		4.709	SO1	KO8	0.155 ✓	UL0301.00	Stan graniczny nośności   Nośność interakcyjna - Wykorzystanie nachylonych krzyżulców ściskanych przy skręcaniu i ścinaniu wg 6.3.2(4)
	4.709	SO1	KO8	0.176 ✓	UL0302.00	Stan graniczny nośności   Nośność na interakcję - Wykorzystanie strzemion na skręcanie przy skręcaniu i ścinaniu wg 6.3.2(3)	
	27	0.000	SO1	KO8	0.110 ✓	UL0303.00	Stan graniczny nośności   Nośność interakcyjna - Wykorzystanie zbrojenia podłużnego na skręcanie ze względu na skręcanie, zginanie, siłę normalną i ścinanie wg 6.3.2(3)
	25	4.184	SO3	KO22	0.479 ✓	SE0300.00	Użytkowność   Sprawdzanie rys - Minimalne pole przekroju zbrojenia wg 7.3.2(2)
		0.000	SO3	KO22	0.000 ✓	SE0303.00	Użytkowność   Sprawdzanie rys - Obliczanie szerokości rys wg 7.3.4
	27	2.703	SO4	KO26	0.207 ✓	SE0400.00	Użytkowność   Kontrola ugięć   Sprawdzanie ugięć przez obliczanie wg 7.4.3(3)
	0.000	SO2	KO16	0.038 ✓	SE0204.00	Użytkowność   Ograniczenie naprężeń w zbrojeniu wg 7.2(5)	
	25	0.000	SO1	KO1	1.000 ✓	DC0400.00	Trwałość i otulina zbrojenia   Otulenie betonem wg 4.4.1

1.1.1 STOPNIE WYKORZYSTANIA NA PRĘTACH WEDŁUG PRZEKROJU

Projektowanie konstrukcji betonowych

Przekrój nr	Pręt nr	Położenie x [m]	Sytuacja oblicz.	Obciążenie n	Sprawdzenie warunku projektowego	Typ	Opis
4	27	0.000	SO1	KO11	0.074 ✓	DM0200.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie powierzchni rozciąganych wg 9.2.1.1(1)
		0.000	SO1	KO1	0.565 ✓	DM0201.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie powierzchni rozciąganych wg 9.2.1.1(3)
	0.000	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0202.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie powierzchni ściskanych wg 9.2.1.1(3)	
	26	3.313	SO1	KO8	0.068 ✓	DM0205.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Reguła przesuwania dla rozciąganego zbrojenia podłużnego wg 9.2.1.3(2)
		2.093	SO1	KO1	0.099 ✓	DM0209.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie wg 9.2.2(5)
	25	2.354	SO1	KO11	0.813 ✓	DM0210.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny rozstaw podłużny zestawów zbrojenia na ścinanie wg 9.2.2(6)
		2.267	SO1	KO13	0.674 ✓	DM0211.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny poprzeczny rozstaw ramion strzemion wg 9.2.2(8)
	25	2.354	SO1	KO11	0.813 ✓	DM0212.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny rozstaw podłużny zestawów zbrojenia na ścinanie wg 9.2.3(3)
		0.000	SO1	KO1	1.000 ✓	DM0219.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Zakotwienie strzemion na skręcanie wg 9.2.3(1)
	0.000	SO1	KO1	0.500 ✓	DM0220.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Rozmieszczenie prętów zbrojenia podłużnego wg 9.2.3(4)	
		SO1	KO1	0.000 ✓	DM0221.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Zdefiniowane przez użytkownika minimalne zbrojenie podłużne	
	0.000	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0222.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Zdefiniowany przez użytkownika minimalny stopień zbrojenia podłużnego	
	0.000	SO1	KO1	1.000 ✓	DR0500.00	Detalowanie zbrojenia   Długość zakotwienia strzemion i zbrojenia na ścinanie wg 8.5(2)	
	0.000	SO1	KO1	0.375 ✓	DR0800.00	Detalowanie zbrojenia   Dodatkowe reguły dotyczące prętów o dużych średnicach $d_{s,large}$ wg 8.8(1)	
	0.000	SO1	KO1	0.333 ✓	MA0100.00	Material Validity   Maksymalna wartość klasy wytrzymałości betonu ( $C_{max}$ ) wg to 3.1.2(2)	
0.000	SO1	KO1	Nieosiągalne do obliczenia ✖	DR0200.00	Detalowanie zbrojenia   Rozstaw prętów wg 8.2(2)		
5	30	2.000	SO1	KO8	0.313 ✓	UL0100.00	Stan graniczny nośności   Nośność przekroju wg 6.1
		2.000	SO1	KO8	0.108 ✓	UL0200.02	Stan graniczny nośności   Nośność na ścinanie - Nośność zbrojenia na ścinanie wg 6.2
	0.000	SO1	KO10	0.002 ✓	UL0300.00	Stan graniczny nośności   Nośność na skręcanie - Wykorzystanie obliczeniowej nośności na skręcanie przy czystym skręcaniu wg 6.3	
	2.000	SO1	KO8	0.073 ✓	UL0301.00	Stan graniczny nośności   Nośność interakcyjna - Wykorzystanie nachylonych krzyżulców ściskanych przy skręcaniu i ścinaniu wg 6.3.2(4)	
	2.000	SO1	KO8	0.055 ✓	UL0302.00	Stan graniczny nośności   Nośność na interakcję - Wykorzystanie strzemion na skręcanie przy skręcaniu i ścinaniu wg 6.3.2(3)	
	2.000	SO1	KO8	0.329 ✓	UL0303.00	Stan graniczny nośności   Nośność interakcyjna - Wykorzystanie zbrojenia podłużnego na skręcanie ze względu na skręcanie, zginanie, siłę normalną i ścinanie wg 6.3.2(3)	
	2.000	SO3	KO25	0.257 ✓	SE0300.00	Użyteczność   Sprawdzenie rys - Minimalne pole przekroju zbrojenia wg 7.3.2(2)	
	2.000	SO3	KO24	0.099 ✓	SE0303.00	Użyteczność   Sprawdzenie rys - Obliczanie szerokości rys wg 7.3.4	
	29	1.500	SO4	KO26	0.043 ✓	SE0400.00	Użyteczność   Kontrola ugięć   Sprawdzenie ugięć przez obliczanie wg 7.4.3(3)
	30	2.000	SO2	KO16	0.270 ✓	SE0204.00	Użyteczność   Ograniczenie naprężeń w zbrojeniu wg 7.2(5)
	29	0.000	SO1	KO1	1.000 ✓	DC0400.00	Trwałość i otulina zbrojenia   Otulenie betonem wg 4.4.1
		0.000	SO1	KO1	0.500 ✓	DM0213.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalna średnica zbrojenia podłużnego wg 9.5.2(1)
	0.000	SO1	KO1	0.133 ✓	DM0214.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne pole przekroju zbrojenia podłużnego w prętach ściskanych wg 9.5.2(2)	
	0.000	SO1	KO1	0.377 ✓	DM0215.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne pole przekroju zbrojenia podłużnego wg 9.5.2(3)	
	0.000	SO1	KO1	0.500 ✓	DM0216.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalna liczba prętów podłużnych rozmieszczonych w przekroju wg 9.5.2(4)	
	0.000	SO1	KO1	0.600 ✓	DM0217.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalna średnica zbrojenia poprzecznego wg 9.5.3(1)	
	0.000	SO1	KO1	0.625 ✓	DM0218.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny rozstaw zbrojenia poprzecznego wg 9.5.3(3)	
	0.000	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0221.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Zdefiniowane przez użytkownika minimalne zbrojenie podłużne	
	0.000	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0222.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Zdefiniowany przez użytkownika minimalny stopień zbrojenia podłużnego	
	0.000	SO1	KO1	1.000 ✓	DR0500.00	Detalowanie zbrojenia   Długość zakotwienia strzemion i zbrojenia na ścinanie wg 8.5(2)	
0.000	SO1	KO1	0.375 ✓	DR0800.00	Detalowanie zbrojenia   Dodatkowe reguły dotyczące prętów o dużych średnicach $d_{s,large}$ wg 8.8(1)		
0.000	SO1	KO1	0.333 ✓	MA0100.00	Material Validity   Maksymalna wartość klasy wytrzymałości betonu ( $C_{max}$ ) wg to 3.1.2(2)		
0.000	SO1	KO1	Nieosiągalne do obliczenia ✖	DR0200.00	Detalowanie zbrojenia   Rozstaw prętów wg 8.2(2)		

R\_M1 300/250 | 5 - C30/37

1.1.1 STOPNIE WYKORZYSTANIA NA PRĘTACH WEDŁUG PRZEKROJU

Projektowanie konstrukcji betonowych

Przekrój nr	Pręt nr	Położenie x [m]	Sytuacja oblicz.	Obciążenie n	Sprawdzenie warunku projektowegc	Typ	Opis
6	24	3.922	SO1	KO8	0.098 ✓	UL0100.00	Stan graniczny nośności   Nośność przekroju wg 6.1
	23	4.709	SO1	KO2	0.025 ✓	UL0200.02	Stan graniczny nośności   Nośność na ścinanie - Nośność zbrojenia na ścinanie wg 6.2
	22	0.000	SO1	KO2	0.152 ✓	UL0300.00	Stan graniczny nośności   Nośność na skręcanie - Wykorzystanie obliczeniowej nośności na skręcanie przy czystym skręcaniu wg 6.3
		0.000	SO1	KO2	0.147 ✓	UL0301.00	Stan graniczny nośności   Nośność interakcyjna - Wykorzystanie nachylonych krzywulców ściskanych przy skręcaniu i ścinaniu wg 6.3.2(4)
		0.000	SO1	KO2	0.172 ✓	UL0302.00	Stan graniczny nośności   Nośność na interakcję - Wykorzystanie strzemion na skręcanie przy skręcaniu i ścinaniu wg 6.3.2(3)
		0.000	SO1	KO2	0.073 ✓	UL0303.00	Stan graniczny nośności   Nośność interakcyjna - Wykorzystanie zbrojenia podłużnego na skręcanie ze względu na skręcanie, zginanie, siłę normalną i ścinanie wg 6.3.2(3)
	23	2.267	SO3	KO23	0.173 ✓	SE0300.00	Użytkownalność   Sprawdzanie rys - Minimalne pole przekroju zbrojenia wg 7.3.2(2)
	21	0.000	SO3	KO22	0.000 ✓	SE0303.00	Użytkownalność   Sprawdzanie rys - Obliczanie szerokości rys wg 7.3.4
	23	3.139	SO4	KO26	0.207 ✓	SE0400.00	Użytkownalność   Kontrola ugięć   Sprawdzanie ugięć przez obliczanie wg 7.4.3(3)
	21	0.000	SO2	KO14	0.000 ✓	SE0204.00	Użytkownalność   Ograniczenie naprężeń w zbrojeniu wg 7.2(5)
		0.000	SO1	KO1	1.000 ✓	DC0400.00	Trwałość i otulina zbrojenia   Otulenie betonem wg 4.4.1
		0.000	SO1	KO1	0.500 ✓	DM0213.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalna średnica zbrojenia podłużnego wg 9.5.2(1)
		0.000	SO1	KO1	0.111 ✓	DM0214.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne pole przekroju zbrojenia podłużnego w prętach ściskanych wg 9.5.2(2)
		0.000	SO1	KO1	0.452 ✓	DM0215.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne pole przekroju zbrojenia podłużnego wg 9.5.2(3)
		0.000	SO1	KO1	0.500 ✓	DM0216.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalna liczba prętów podłużnych rozmieszczonych w przekroju wg 9.5.2(4)
		0.000	SO1	KO1	0.600 ✓	DM0217.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalna średnica zbrojenia poprzecznego wg 9.5.3(1)
		0.000	SO1	KO1	0.417 ✓	DM0218.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny rozstaw zbrojenia poprzecznego wg 9.5.3(3)
		0.000	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0221.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Zdefiniowane przez użytkownika minimalne zbrojenie podłużne
		0.000	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0222.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Zdefiniowany przez użytkownika minimalny stopień zbrojenia podłużnego
		0.000	SO1	KO1	1.000 ✓	DR0500.00	Detalowanie zbrojenia   Długość zakotwienia strzemion i zbrojenia na ścinanie wg 8.5(2)
	0.000	SO1	KO1	0.375 ✓	DR0800.00	Detalowanie zbrojenia   Dodatkwe reguły dotyczące prętów o dużych średnicach d <sub>s,large</sub> wg 8.8(1)	
	0.000	SO1	KO1	0.333 ✓	MA0100.00	Material Validity   Maksymalna wartość klasy wytrzymałości betonu (C <sub>max</sub> ) wg to 3.1.2(2)	
	0.000	SO1	KO1	Nieemożliwe do obliczenia	DR0200.00	Detalowanie zbrojenia   Rozstaw prętów wg 8.2(2)	

1.1.2 STOPNIE WYKORZYSTANIA NA POWIERZCHNIACH WEDŁUG GRUBOŚCI

Projektowanie konstrukcji betonowych

Grub. nr	Powierzchnia nr	Punkt nr	Współrzędne punktu [m]	Sytuacja oblicz.	Obciążenie n	Sprawdzenie warunku projektowegc	Typ	Opis		
3	Stala   d : 400.0 mm   5 - C30/37	5	25.700	0.000	7.200	SO1	KO2	0.456 ✓	UL0101.01	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 1. kierunku na górnej stronie (+z) wg 6.1
			25.700	0.000	7.200	SO1	KO2	0.646 ✓	UL0101.02	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 2. kierunku na górnej stronie (+z) wg 6.1
			25.700	0.000	7.200	SO1	KO3	0.266 ✓	UL0101.03	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 6.1
		1	25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	0.000 ✓	UL0101.04	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 2. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 6.1
			25.700	0.000	7.200	SO1	KO2	0.111 ✓	UL0102.01	Stan graniczny nośności   Nośność krzywulca betonowego na górnej stronie (+z) wg 6.1
		5	25.700	0.000	7.200	SO1	KO2	0.187 ✓	UL0102.02	Stan graniczny nośności   Nośność krzywulca betonowego na dolnej stronie (-z) wg 6.1
			2698	7.080	24.705	7.200	SO1	KO2	0.389 ✓	UL0203.02
		5	25.700	0.000	7.200	SO3	KO23	0.844 ✓	SE0304.00	Użytkownalność   Sprawdzanie rys - Obliczanie szerokości rys wg 7.3.4
			2978	8.094	24.392	1.543	SO3	KO23	0.987 ✓	SE0307.00
		2770	25.700	0.000	6.686	SO4	KO26	0.041 ✓	SE0400.00	Użytkownalność   Kontrola ugięć   Sprawdzanie ugięć przez obliczanie wg 7.4.3(3)
			5	25.700	0.000	7.200	SO2	KO15	0.535 ✓	SE0204.00
		1	25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	1.000 ✓	DC0401.00	Trwałość i otulina zbrojenia   Otulenie betonem wg 4.4.1

1.1.2 STOPNIE WYKORZYSTANIA NA POWIERZCHNIACH WEDŁUG GRUBOŚCI

Projektowanie konstrukcji betonowych

Grub. nr	Powierzchnia nr	Punkt nr	Współrzędne punktu [m]			Sytuacja oblicz.	Obciążenie n	Sprawdzenie warunku projektowego		Typ	Opis								
			X	Y	Z			σ	τ										
3	12	5	25.700	0.000	7.200	SO1	KO1	0.242	✓	DM0300.01	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 1. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)								
			25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	0.000	✓	DM0300.02	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 2. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)								
		25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	0.242	✓	DM0300.03	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)									
		25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	0.000	✓	DM0300.04	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 2. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)									
		25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	0.000	✓	DM0301.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie na ścianie wg 9.3.2(2), 9.2.2(5)									
		25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	0.000	✓	DM0302.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny rozstaw podłużny zestawów zbrojenia na ścianie wg 9.3.2(4)									
		25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	0.000	✓	DM0303.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny rozstaw podłużny zestawów zbrojenia na ścianie wg 9.3.2(5)									
		25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	0.000	✓	DM0304.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalna grubość płyty ze zbrojeniem na ścianie wg 9.3.2(1)									
		25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	0.280	✓	DM0307.01	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 1. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)									
		25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	0.157	✓	DM0307.02	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 2. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)									
		25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	0.280	✓	DM0307.03	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)									
		25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	0.157	✓	DM0307.04	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 2. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)									
		25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	0.357	✓	DM0308.01	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Drugorzędne zbrojenie poprzeczne płyt w kierunku górnej strony wg 9.3.1.1.(2)									
		25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	0.357	✓	DM0308.02	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Drugorzędne zbrojenie poprzeczne płyt na dolnej stronie wg 9.3.1.1.(2)									
		25.700	0.000	0.000	SO1	KO1	0.333	✓	MA0100.00	Material Validity   Maksymalna wartość klasy wytrzymałości betonu (C <sub>max</sub> ) wg to 3.1.2(2)									
4	Stala   d : 150.0 mm   5 - C30/37		0.000	3.000	19.200	SO1	KO8	0.136	✓	UL0101.01	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 1. kierunku na górnej stronie (+z) wg 6.1								
	8	18									0.000	-3.000	19.200	SO1	KO8	0.363	✓	UL0101.02	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 2. kierunku na górnej stronie (+z) wg 6.1
	19	20									0.000	-3.000	19.200	SO1	KO8	0.180	✓	UL0101.03	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 6.1
	18	20									0.000	-3.000	19.200	SO1	KO8	0.452	✓	UL0101.04	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 2. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 6.1
											0.000	-3.000	19.200	SO1	KO8	0.145	✓	UL0102.01	Stan graniczny nośności   Nośność krzyżulca betonowego na górnej stronie (+z) wg 6.1
	8	18									0.000	3.000	19.200	SO1	KO8	0.116	✓	UL0102.02	Stan graniczny nośności   Nośność krzyżulca betonowego na dolnej stronie (-z) wg 6.1
	18	20									0.000	-3.000	19.200	SO1	KO8	0.762	✓	UL0203.02	Stan graniczny nośności   Nośność na ścianie - Nośność zbrojenia na ścianie wg 6.2
	7	107									-12.495	-6.000	14.824	SO3	KO22	0.000	✓	SE0304.00	Użytkowność   Sprawdzanie rys - Obliczanie szerokości rys wg 7.3.4
	8	307									1.500	2.598	19.200	SO3	KO22	0.865	✓	SE0307.00	Użytkowność   Sprawdzanie rys - Minimalne pole przekroju zbrojenia wg 7.3.2(2)
	49	324									-8.485	-3.000	16.332	SO4	KO26	2.283	!	SE0400.00	Użytkowność   Kontrola ugięć   Sprawdzanie ugięć przez obliczanie wg 7.4.3(3)
	18	20									0.000	-3.000	19.200	SO2	KO16	0.322	✓	SE0204.00	Użytkowność   Ograniczenie naprężeń w zbrojeniu wg 7.2(5)
	7	107									-12.495	-6.000	14.824	SO1	KO1	1.000	✓	DC0401.00	Trwałość i otulina zbrojenia   Otulenie betonem wg 4.4.1
	8	2017									0.776	2.898	19.200	SO1	KO1	0.106	✓	DM0300.01	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 1. kierunku

1.1.2 STOPNIE WYKORZYSTANIA NA POWIERZCHNIACH WEDŁUG GRUBOŚCI

Projektowanie konstrukcji betonowych

Grub. nr	Powierzchnia nr	Punkt nr	Współrzędne punktu [m]			Sytuacja oblicz.	Obciążenie n	Sprawdzenie warunku projektowego		Typ	Opis
			X	Y	Z			σ	✓		
4		18	0.000	3.000	19.200	SO1	KO1	0.173	✓	DM0300.02	na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)   Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 2. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)
		307	1.500	2.598	19.200	SO1	KO1	0.106	✓	DM0300.03	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)
	17	18	0.000	3.000	19.200	SO1	KO1	0.173	✓	DM0300.04	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 2. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)
											Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie na ścinanie wg 9.3.2(2), 9.2.2(5)
	7	107	-12.495	-6.000	14.824	SO1	KO1	0.000	✓	DM0301.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny rozstaw podłużny zestawów zbrojenia na ścinanie wg 9.3.2(4)
											Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny rozstaw podłużny zestawów zbrojenia na ścinanie wg 9.3.2(5)
											Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalna grubość płyty ze zbrojeniem na ścinanie wg 9.3.2(1)
											Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 1. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)
											Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 2. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)
											Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)
											Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 2. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)
											Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Drugorzędne zbrojenie poprzeczne płyt na dolnej stronie wg 9.3.1.1.(2)
	8	307	1.500	2.598	19.200	SO1	KO1	0.400	✓	DM0308.01	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Drugorzędne zbrojenie poprzeczne płyt w kierunku górnej strony wg 9.3.1.1.(2)
											Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Drugorzędne zbrojenie poprzeczne płyt na dolnej stronie wg 9.3.1.1.(2)
7	107	-12.495	-6.000	14.824	SO1	KO1	0.333	✓	MA0100.00	Material Validity   Maksymalna wartość klasy wytrzymałości betonu (C <sub>max</sub> ) wg to 3.1.2(2)	
5	Stala   d : 200.0 mm   5 - C30/37										
	4	252	6.651	24.824	7.200	SO1	KO2	0.278	✓	UL0101.01	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 1. kierunku na górnej stronie (+z) wg 6.1
											UL0101.02
	4	9306	6.651	24.824	6.686	SO1	KO2	0.208	✓	UL0101.03	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 6.1
											UL0101.04
	4	252	6.651	24.824	7.200	SO1	KO3	0.107	✓	UL0102.01	Stan graniczny nośności   Nośność krzyżulca betonowego na górnej stronie (+z) wg 6.1
											UL0102.02
	11	46	-20.868	-15.000	7.200	SO1	KO2	0.397	✓	UL0203.02	Stan graniczny nośności   Nośność na ścinanie - Nośność zbrojenia na ścinanie wg 6.2
											SE0304.00
	83	2780	25.700	0.000	1.543	SO3	KO25	0.643	✓	SE0307.00	Użytkowność   Sprawdzanie rys - Minimalne pole przekroju zbrojenia wg 7.3.2(2)
											SE0400.00
	3	15859	-6.651	-24.824	6.686	SO4	KO26	0.072	✓	SE0204.00	Użytkowność   Ograniczenie naprężeń w zbrojeniu wg 7.2(5)
											DC0401.00
	11	46	-20.868	-15.000	7.200	SO1	KO1	1.000	✓	DM0300.01	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 1. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)
DM0300.02											Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)
2	73	-20.868	15.000	7.200	SO1	KO1	0.108	✓	DM0300.01	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)	
										DM0300.02	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 1. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)
		-20.868	15.000	7.200	SO1	KO1	0.000	✓	DM0300.02	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)	
										DM0300.01	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 1. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)

1.1.2 STOPNIE WYKORZYSTANIA NA POWIERZCHNIACH WEDŁUG GRUBOŚCI

Projektowanie konstrukcji betonowych

Grub. nr	Powierzchnia nr	Punkt nr	Współrzędne punktu [m]			Sytuacja oblicz.	Obciążenie nwarunku projektowego	Sprawdzenie warunku projektowego	Typ	Opis
			X	Y	Z					
5	2	73								Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 2. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)
		232	-22.257	12.850	2.571	SO1	KO1	0.108 ✓	DM0300.03	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)
		73	-20.868	15.000	7.200	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0300.04	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 2. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)
			-20.868	15.000	7.200	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0301.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie na ścinanie wg 9.3.2(2), 9.2.2(5)
			-20.868	15.000	7.200	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0302.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny rozstaw podłużny zestawów zbrojenia na ścinanie wg 9.3.2(4)
			-20.868	15.000	7.200	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0303.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny rozstaw podłużny zestawów zbrojenia na ścinanie wg 9.3.2(5)
			-20.868	15.000	7.200	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0304.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalna grubość płyty ze zbrojeniem na ścinanie wg 9.3.2(1)
			-20.868	15.000	7.200	SO1	KO1	0.561 ✓	DM0307.01	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 1. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)
			-20.868	15.000	7.200	SO1	KO1	0.314 ✓	DM0307.02	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 2. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)
			-20.868	15.000	7.200	SO1	KO1	0.561 ✓	DM0307.03	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)
			-20.868	15.000	7.200	SO1	KO1	0.314 ✓	DM0307.04	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 2. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)
			-20.868	15.000	7.200	SO1	KO1	0.357 ✓	DM0308.01	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Drugorzędne zbrojenie poprzeczne płyt w kierunku górnej strony wg 9.3.1.1(2)
			-20.868	15.000	7.200	SO1	KO1	0.357 ✓	DM0308.02	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Drugorzędne zbrojenie poprzeczne płyt na dolnej stronie wg 9.3.1.1(2)
			-20.868	15.000	7.200	SO1	KO1	0.333 ✓	MA0100.00	Material Validity   Maksymalna wartość klasy wytrzymałości betonu (C <sub>max</sub> ) wg to 3.1.2(2)
10	Stala   d : 250.0 mm   5 - C30/37	15	0.000	3.000	17.200	SO1	KO8	0.191 ✓	UL0101.01	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 1. kierunku na górnej stronie (+z) wg 6.1
		22	0.000	-3.000	17.200	SO1	KO8	0.508 ✓	UL0101.02	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 2. kierunku na górnej stronie (+z) wg 6.1
			0.000	-3.000	17.200	SO1	KO8	0.259 ✓	UL0101.03	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 6.1
		1	0.000	3.000	17.200	SO1	KO8	0.440 ✓	UL0101.04	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 2. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 6.1
			0.000	3.000	17.200	SO1	KO8	0.460 ✓	UL0102.01	Stan graniczny nośności   Nośność krzywulca betonowego na górnej stronie (+z) wg 6.1
		22	0.000	-3.000	17.200	SO1	KO8	0.499 ✓	UL0102.02	Stan graniczny nośności   Nośność krzywulca betonowego na dolnej stronie (-z) wg 6.1
		6	0.000	-3.000	17.200	SO1	KO8	0.789 ✓	UL0203.02	Stan graniczny nośności   Nośność na ścinanie - Nośność zbrojenia na ścinanie wg 6.2
		22	0.000	-3.000	17.200	SO3	KO24	0.460 ✓	SE0304.00	Użytkowność   Sprawdzanie rys - Obliczanie szerokości rys wg 7.3.4
		20	0.000	3.000	17.200	SO3	KO25	0.753 ✓	SE0307.00	Użytkowność   Sprawdzanie rys - Minimalne pole przekroju zbrojenia wg 7.3.2(2)
		52	0.000	-3.000	17.200	SO4	KO26	1.943 !	SE0400.00	Użytkowność   Kontrola ugięć   Sprawdzanie ugięć przez obliczanie wg 7.4.3(3)
		22	0.000	-3.000	17.200	SO2	KO16	0.551 ✓	SE0204.00	Użytkowność   Ograniczenie naprężeń w zbrojeniu wg 7.2(5)
		1	-4.007	0.000	17.127	SO1	KO1	1.000 ✓	DC0401.00	Trwałość i otulina zbrojenia   Otulenie betonem wg 4.4.1
			-4.007	0.000	17.127	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0300.01	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 1. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)
		6	0.000	-3.000	17.200	SO1	KO1	0.182 ✓	DM0300.02	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 2. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)

1.1.2 STOPNIE WYKORZYSTANIA NA POWIERZCHNIACH WEDŁUG GRUBOŚCI

Projektowanie konstrukcji betonowych

Grub. nr	Powierzchnia nr	Punkt nr	Współrzędne punktu [m]			Sytuacja oblicz.	Obciążenia	Sprawdzenie warunku projektowego	Typ	Opis
			X	Y	Z					
10	1	9	-4.007	0.000	17.127	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0300.03	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)
		10	-3.504	0.000	17.167	SO1	KO3	0.182 ✓	DM0300.04	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 2. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)
		9	-4.007	0.000	17.127	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0301.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie na ścianie wg 9.3.2(2), 9.2.2(5)
			-4.007	0.000	17.127	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0302.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny rozstaw podłużny zestawów zbrojenia na ścianie wg 9.3.2(4)
			-4.007	0.000	17.127	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0303.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny rozstaw podłużny zestawów zbrojenia na ścianie wg 9.3.2(5)
			-4.007	0.000	17.127	SO1	KO1	0.000 ✓	DM0304.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalna grubość płyty ze zbrojeniem na ścianie wg 9.3.2(1)
			-4.007	0.000	17.127	SO1	KO1	0.251 ✓	DM0307.01	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 1. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)
			-4.007	0.000	17.127	SO1	KO1	0.314 ✓	DM0307.02	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 2. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)
			-4.007	0.000	17.127	SO1	KO1	0.251 ✓	DM0307.03	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)
			-4.007	0.000	17.127	SO1	KO1	0.314 ✓	DM0307.04	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 2. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)
			-4.007	0.000	17.127	SO1	KO1	0.250 ✓	DM0308.01	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Drugorzędne zbrojenie poprzeczne płyt w kierunku górnej strony wg 9.3.1.1.(2)
			-4.007	0.000	17.127	SO1	KO1	0.250 ✓	DM0308.02	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Drugorzędne zbrojenie poprzeczne płyt na dolnej stronie wg 9.3.1.1.(2)
			-4.007	0.000	17.127	SO1	KO1	0.333 ✓	MA0100.00	Material Validity   Maksymalna wartość klasy wytrzymałości betonu (C <sub>max</sub> ) wg to 3.1.2(2)
11	Stała   d : 300.0 mm   5 - C30/37									
	164	213 / 14044 14044	-22.257	12.850	7.200	SO1	KO2	0.370 ✓	UL0101.01	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 1. kierunku na górnej stronie (+z) wg 6.1
	122	2768	25.695	0.501	7.200	SO1	KO2	0.416 ✓	UL0101.02	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 2. kierunku na górnej stronie (+z) wg 6.1
	98	8	0.000	-25.700	7.200	SO1	KO2	0.388 ✓	UL0101.03	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 1. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 6.1
	201	5	25.700	0.000	7.200	SO1	KO2	0.371 ✓	UL0101.04	Stan graniczny nośności   Nośność zbrojenia podłużnego w 2. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 6.1
			25.700	0.000	7.200	SO1	KO2	0.182 ✓	UL0102.01	Stan graniczny nośności   Nośność krzywulca betonowego na górnej stronie (+z) wg 6.1
	122	2768	25.695	0.501	7.200	SO1	KO2	0.225 ✓	UL0102.02	Stan graniczny nośności   Nośność krzywulca betonowego na dolnej stronie (-z) wg 6.1
	127	216 / 11210 11210	-22.257	-12.850	7.200	SO1	KO2	0.525 ✓	UL0203.02	Stan graniczny nośności   Nośność na ścianie - Nośność zbrojenia na ścianie wg 6.2
	25	51	0.000	-21.000	11.048	SO3	KO22	0.000 ✓	SE0304.00	Użytkowność   Sprawdzanie rys - Obliczanie szerokości rys wg 7.3.4
	98	9034	0.000	-24.578	8.246	SO3	KO22	0.882 ✓	SE0307.00	Użytkowność   Sprawdzanie rys - Minimalne pole przekroju zbrojenia wg 7.3.2(2)
	107	9380	-19.597	-6.000	11.388	SO4	KO26	1.055 !	SE0400.00	Użytkowność   Kontrola ugięć   Sprawdzanie ugięć przez obliczanie wg 7.4.3(3)
	122	2768	25.695	0.501	7.200	SO2	KO15	0.422 ✓	SE0204.00	Użytkowność   Ograniczenie naprężeń w zbrojeniu wg 7.2(5)
	25	51	0.000	-21.000	11.048	SO1	KO1	1.000 ✓	DC0401.00	Trwałość i otulina zbrojenia   Otulenie betonem wg 4.4.1
		54	0.000	-24.000	8.750	SO1	KO1	0.187 ✓	DM0300.01	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 1. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)
		365	0.000	-22.531	9.939	SO1	KO10	0.288 ✓	DM0300.02	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 2. kierunku na górnej stronie (+z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)
41	81	0.000	24.000	8.750	SO1	KO1	0.187 ✓	DM0300.03	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 1. kierunku	

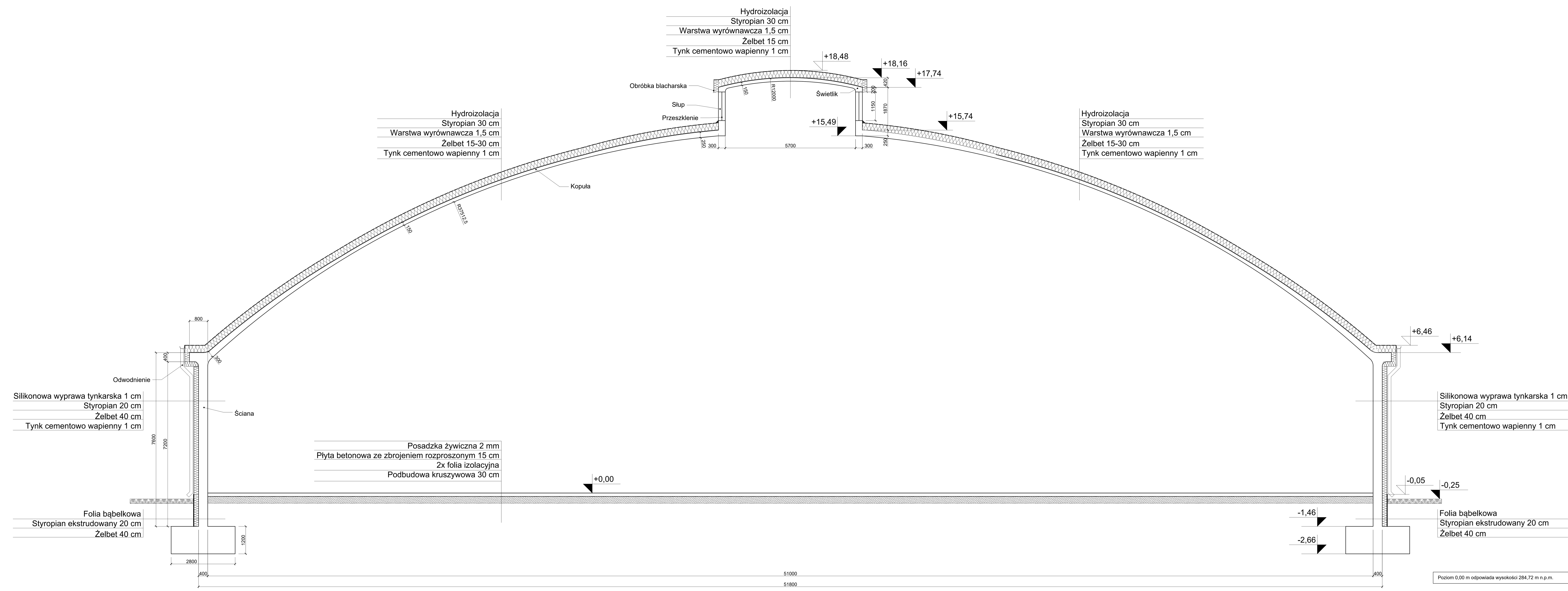


BETON

1.1.2 STOPNIE WYKORZYSTANIA NA POWIERZCHNIACH WEDŁUG GRUBOŚCI

Projektowanie konstrukcji betonowych

Grub. nr	Powierzchnia nr	Punkt nr	Współrzędne punktu [m]			Sytuacja oblicz.	Obciążenie n	Sprawdzenie warunku projektowego		Typ	Opis								
			X	Y	Z			σ	✓										
11	67	7490	-3.078	22.531	9.777	SO1	KO11	0.288	✓	DM0300.04	na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)								
											Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie stref rozciąganych w 2. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(1) z 9.3.1.1(1)								
	25	51	0.000	-21.000	11.048	SO1	KO1	0.000	✓	DM0301.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Minimalne zbrojenie na ścinanie wg 9.3.2(2), 9.2.2(5)								
											0.000	-21.000	11.048	SO1	KO1	0.000	✓	DM0302.00	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalny rozstaw podłużny zestawów zbrojenia na ścinanie wg 9.3.2(4)
																			0.000
											0.000	-21.000	11.048	SO1	KO1	0.000	✓	DM0304.00	
																			0.000
											0.000	-21.000	11.048	SO1	KO1	0.209	✓	DM0307.02	
																			0.000
	0.000	-21.000	11.048	SO1	KO1	0.209	✓	DM0307.04	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Maksymalne zbrojenie w 2. kierunku na dolnej stronie (-z) wg 9.2.1.1(3) z 9.3.1.1(1)										
									54	0.000	-24.000	8.750	SO1	KO1	0.333	✓	DM0308.01	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Drugorzędne zbrojenie poprzeczne płyt w kierunku górnej strony wg 9.3.1.1(2)	
	51	0.000	-21.000	11.048	SO1	KO2	0.333	✓										DM0308.02	Konstruowanie elementów i reguły szczególne   Drugorzędne zbrojenie poprzeczne płyt na dolnej stronie wg 9.3.1.1(2)
									0.000	-21.000	11.048	SO1	KO1	0.333	✓	MA0100.00	Material Validity   Maksymalna wartość klasy wytrzymałości betonu (C <sub>max</sub> ) wg to 3.1.2(2)		



Poziom 0,00 m odpowiada wysokości 284,72 m n.p.m.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA WYDZIAŁ BUDOWNICTWA		
PROJEKT INŻYNIERSKI		
TYTUŁ PROJ.: PROJEKT BUDYNKU O KONSTRUKCJI ŚCIANOWEJ PRZEKRYTEGO KOPUŁĄ ŻELBETOWĄ		
TYTUŁ RYS.: PROJEKT WSTĘPNY		
PROJEKTOWAŁ:	Jan SKROK	SKALA: 1:50
KONSULTOWAŁ:	Prof. dr. hab. inż. Jacek HULIMKA	NR RYS.: 1
STUDIA INŻYNIERSKIE - sem.8, rok ak. 2024/2025		

