

# PROJEKT IMPLANTU TYPU CAGE

Metody numeryczne w inżynierii biomedycznej

## Spis treści

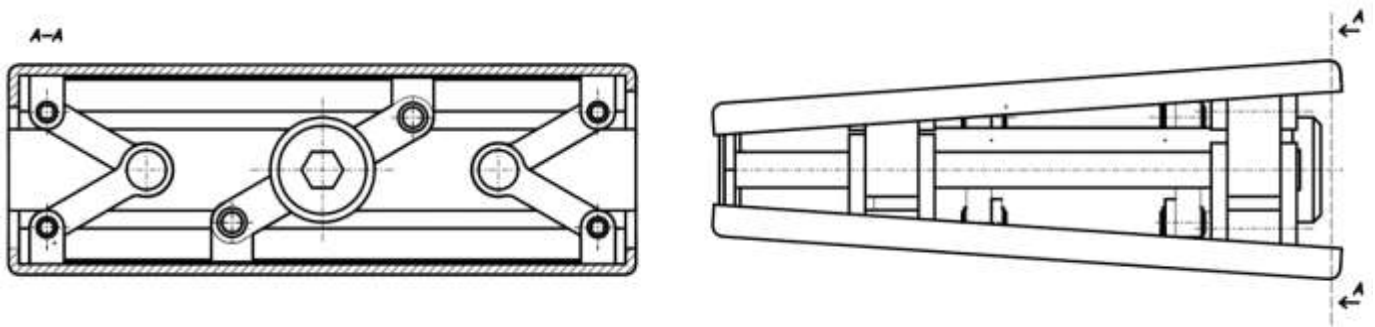
|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Model geometryczny .....</b>           | <b>2</b>  |
| 1.1. Odwzorowanie analizowanego obiektu..... | 2         |
| 1.2. Zastosowane uproszczenia .....          | 2         |
| 1.3. Proces tworzenia geometrii.....         | 3         |
| <b>2. Model dyskretny .....</b>              | <b>5</b>  |
| 2.1. Elementy skończone .....                | 5         |
| <b>3. Warunki brzegowe .....</b>             | <b>7</b>  |
| 3.1. Materiał .....                          | 7         |
| 3.2. Model obciążeniowy.....                 | 7         |
| <b>4. Wyniki: .....</b>                      | <b>9</b>  |
| 4.1. Obciążenie równomierne: .....           | 9         |
| 4.2. Obciążenie przedniej części .....       | 10        |
| 4.3. Obciążenie bocznej części.....          | 11        |
| <b>5. Analiza i wnioski: .....</b>           | <b>12</b> |
| 5.1. Odkształcenia.....                      | 12        |
| 5.2. Naprężenia.....                         | 12        |

# 1. Model geometryczny

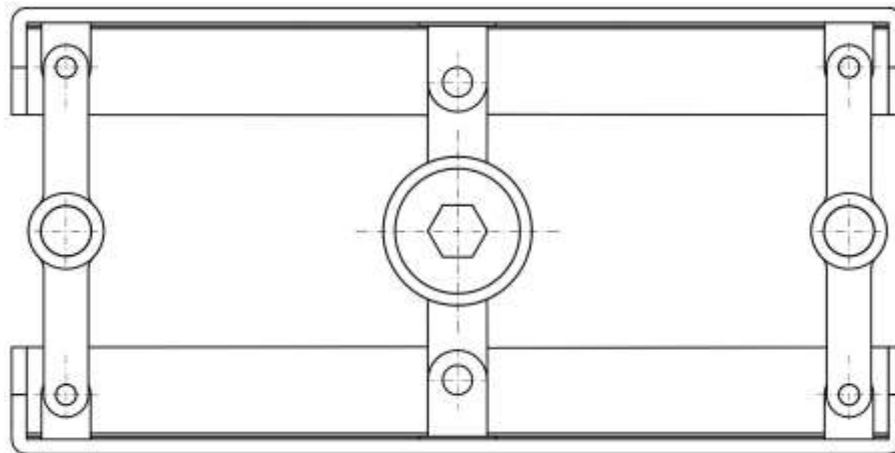
## 1.1. Odzworowanie analizowanego obiektu

Do analizy geometrycznej wybrano model implantu typu cage, który został wykonany przez studentów w ramach kursu projektowego „Implanty i sztuczne narządy”. Celem projektu jest sprawdzenie, czy policzony w ramach projektu implant wytrzyma założone obciążenia, kiedy implant obciążony jest równomiernie, obciążona jest przednia część implantu i obciążona jest tylko lewa strona implantu.

Implant zostanie przeanalizowany w pozycji maksymalnego rozstawienia, gdzie wszystkie podpory są ustawione do siebie równoległe.



Rys.1.1.1. Rysunek projektowanego elementu.



Rys.1.1.2. Rysunek implantu w pozycji maksymalnego rozłożenia.

## 1.2. Zastosowane uproszczenia

Geometria implantu jest na tyle skomplikowana, że zdecydowano się na kilka uproszczeń, dzięki którym przeprowadzona symulacja będzie łatwiejsza do przeprowadzenia, a model prostszy do stworzenia.

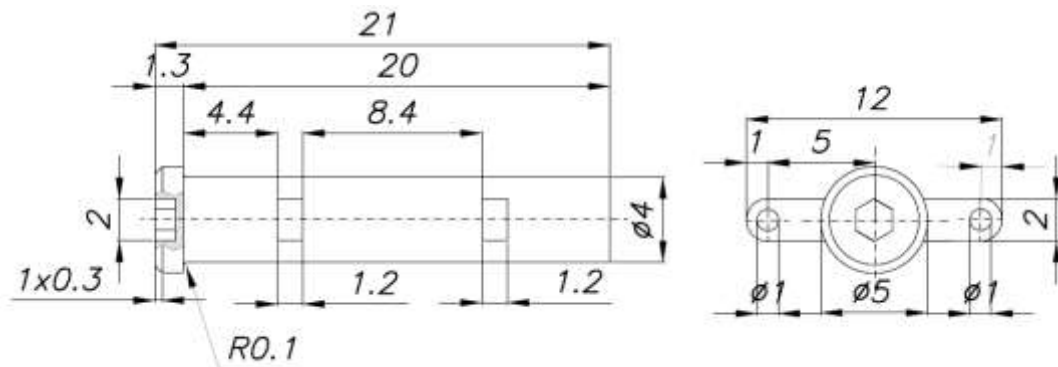
- W miejscach połączeń między poszczególnymi elementami uproszczono geometrię sworzni, usuwając skokowe zmiany geometrii.
- Model „wyprostowano” – podstawowy model jest dopasowany do przestrzeni międzykręgowej. Z tego powodu jego podstawy są ustawione pod odpowiednim kątem. W analizie założono, że podstawy będą do siebie równoległe.

- Zdecydowano się na pominięcie wypustek znajdujących się na podstawach, które mają zapobiegać wysuwaniu się implantu z jego pozycji
- Geometria podstaw została uproszczona do prostokątów.

### 1.3. Proces tworzenia geometrii

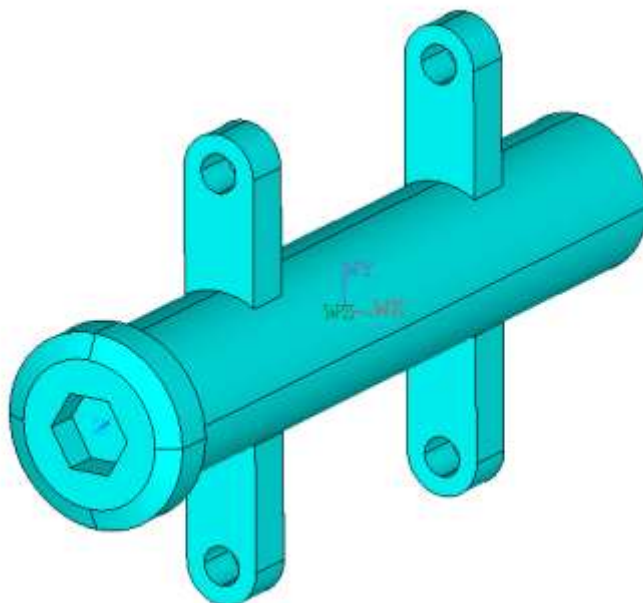
#### I. Element środkowy

Projekt modelu rozpoczęto od najważniejszego elementu konstrukcji czyli jego środkowego elementu.



Rys.1.4.1. Wymiary elementu środkowego.

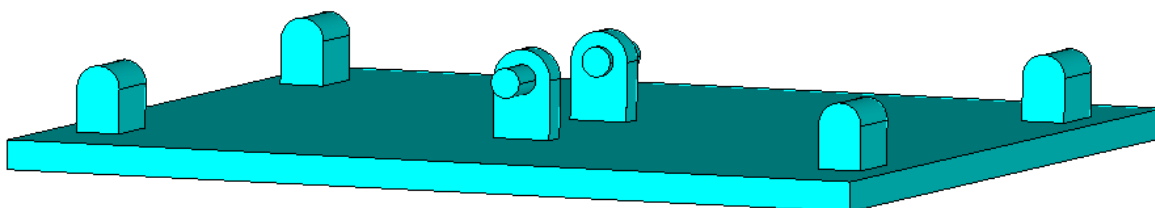
Model środkowego elementu powstał za pomocą prostych funkcji, dzięki którym z koła wyciągnięto bryłę o wymiarach odpowiadającym tym na rys .1.3.1. Kolejne etapy tworzenia geometrii elementu polegały stworzeniu mniejszego okręgu, który pozwolił na osiągnięcie efektu fazowania powierzchni. W uzyskanej geometrii wykonano otwór odejmując od niej bryłę o podstawie sześciokąta. Następnie utworzony za pomocą wyciągnięcia płaszczyzny został trzpień. Ostatnim etapem procesu było stworzenie elementów łączących element z pozostałymi elementami implantu. Zrobiono to za pomocą stworzenia płaszczyzny złożonej z prostokąta i półokręgu (zbędne linie zostały usunięte), który następnie wyciągnięto, a następnie wykonano otwór. W celu przyspieszenia procedury takie same elementu odwzorowano za pomocą odbicia.



*Rys.1.4.2. Gotowy model elementu środkowego.*

## II. Podstawy

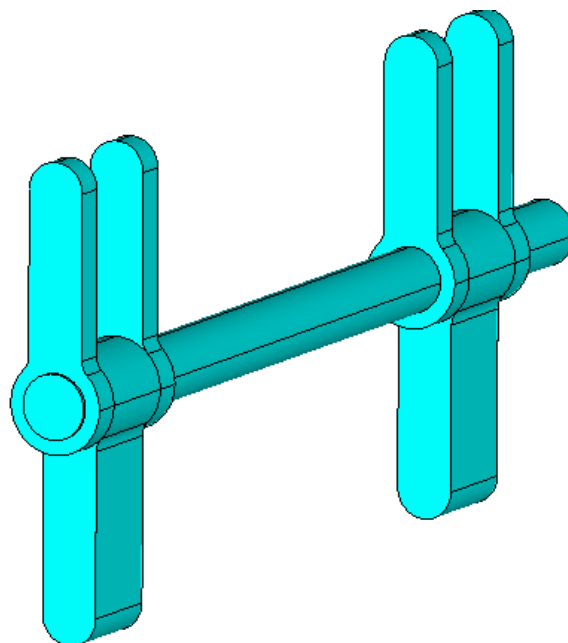
Podstawę zbudowano za pomocą wyciągnięcia płaszczyzny prostokątnej o wcześniej określonych wymiarach. Na podporze stworzono 6 mocowań, które służą do dołączenia pozostałych komponentów. Ich geometrię stworzono w sposób identyczny co ramiona w elemencie środkowym. Stworzono dwie płaszczyzny, jedną prostokątną, drugą okrągłą, a następnie usunięto niepotrzebne linie i wyciągnięto tworząc bryłę. W każdym mocowaniu utworzony zostanie otwór, w który włożone zostaną sworznie. Te same elementy odbito symetrycznie. Przykładowe mocowanie sworznia w podstawie widoczne w środkowej części rys. 1.3.3.



*Rys.1.4.3. Gotowy model podstawy.*

## III. Podpory boczne

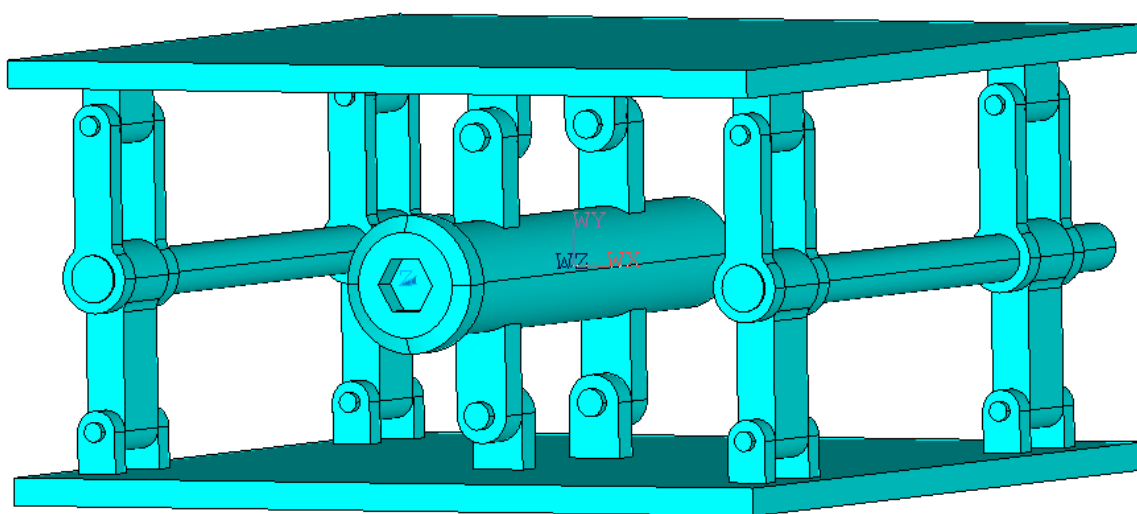
Podpory boczne geometrią przypominają ramiona elementu środkowego. Ich geometrię odtworzono tworząc płaszczyznę o pasującej geometrii. Płaszczyzna złożona jest z półkola, prostokąta oraz koła, które w odpowiedni sposób połączono ze sobą, usuwając niepotrzebne linie i zaokrąglając połączenia. Następnie płaszczyznę wyciągnięto tworząc bryłę o odpowiednich wymiarach. W odpowiednich miejscach za pomocą odjęcia bryły stworzono otwory, w których znajdować będą się sworznie. Na każdą stronę implantów przypada 6 elementów w tym kształcie, które połączono sworzniem.



Rys.1.4.4. Gotowy model podstawy.

#### IV. Wykończenia elementu

Ostatnim etapem tworzenia geometrii było połączenie ze sobą wszystkich elementów za pomocą małych sworzni. Sworznie o odpowiednich wymiarach dopasowano do przygotowanych wcześniej otworów. Cały model sklejono i zakończono odtwarzanie geometrii.



Rys.1.4.5. Gotowy model geometryczny.

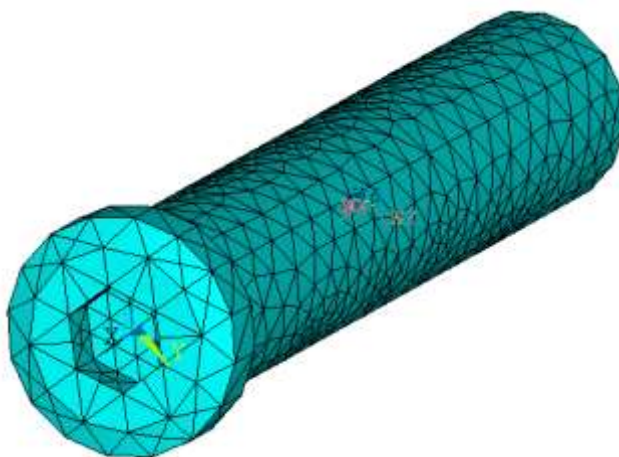
## 2. Model dyskretny

### 2.1. Elementy skończone

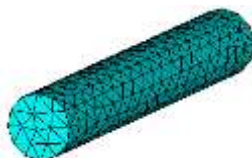
Do modelu dyskretnego zostały wykorzystane elementy typu solid92. Solid92 jest przeznaczony do modelowania trójwymiarowych struktur stałych o kształcie czworościanów. Ten element jest często używany do analizy naprężeń i odkształceń w elementach konstrukcyjnych. Posiada on osiem węzłów, co oznacza, że jest zdefiniowany przez osiem punktów w przestrzeni trójwymiarowej. Te węzły są rozmieszczone wokół czworościanu, a każdy węzeł ma sześć stopni swobody (trzy przesunięcia i trzy

obrotu). To umożliwia reprezentację złożonych odkształceń i ruchów elementu. W analizie numerycznej Solid92 jest zwykle używany do modelowania materiałów stałych, takich jak metal, ceramika, drewno itp. Element ten uwzględnia efekty nieliniowe, takie jak nieliniowa deformacja geometryczna i duże odkształcenia. Może być stosowany do badania zachowania elementów pod wpływem różnych obciążeń, takich jak siły, momenty, temperatury itp. W przypadku analizy naprężeń i odkształceń, Solid92 uwzględnia różne modele materiałowe, takie jak sprężystość liniowa, plastyczność, sprężysto-plastyczność, anizotropia itp. Pozwala to na dokładne modelowanie rzeczywistych właściwości materiałów. Elementy skończone Solid92 są wygodne w użyciu i oferują doskonałą precyzję przy stosunkowo niewielkim koszcie obliczeniowym. Jednak dokładność i efektywność analizy w dużej mierze zależą od odpowiedniego doboru parametrów siatki oraz odpowiednich uwarunkowań granicznych i warunków brzegowych.

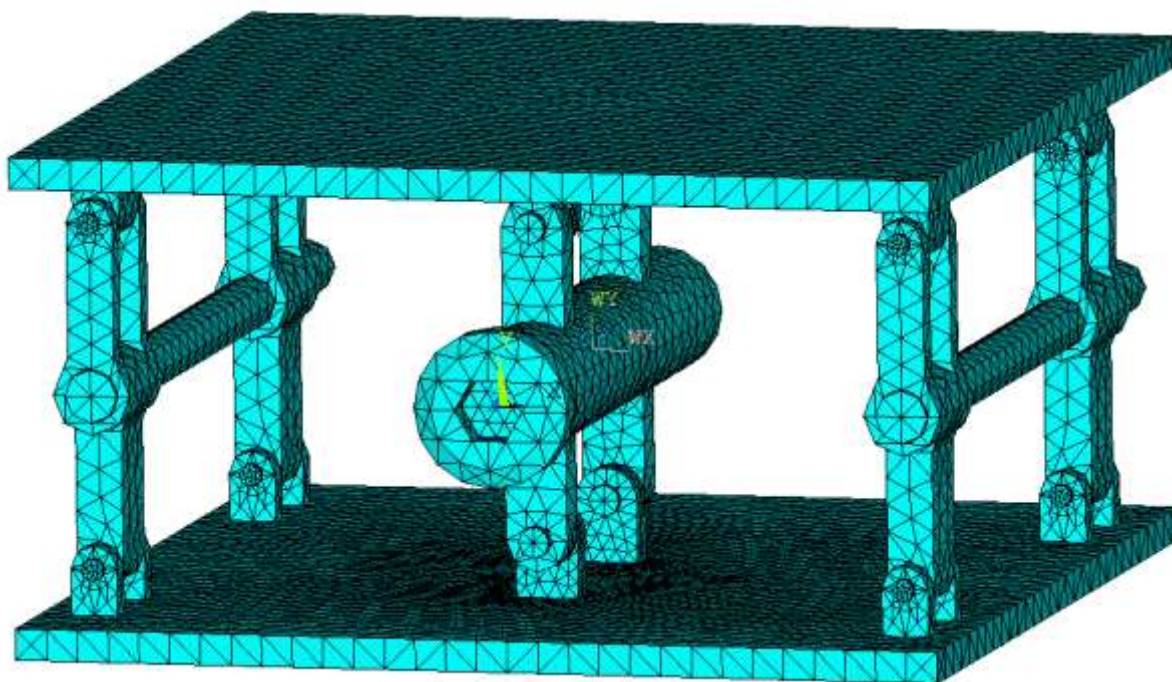
W zależności od rozmiaru elementów oraz ich wpływu na wytrzymałość konstrukcji wybrano trzy rozmiary siatki. Największe elementy zastosowano w elemencie środkowym (esize,1), którego rozmiar jest większy w stosunku do pozostałych elementów i jego wytrzymałość jest najwyższa, oraz w podstawach i podporach. Najbardziej zagęszczoną siatkę (esize,0.25) zastosowano do dyskretyzacji małych elementów, czyli sworzni, które łączą ze sobą poszczególne elementy. Jako najmniejsze elementy w całej konstrukcji są one narażone na nadmierne obciążenia, a ich działanie jest kluczowe do utrzymania całego implantu. Mocowania elementów do podstaw zdyskretyzowano siatką o średnim rozmiarze (esize,0.5).



*Rys.2.1. Model dyskretny elementu środkowego.*



*Rys.2.2. Model dyskretny sworznia.*



Rys.2.3. Gotowa siatka modelu.

### 3. Warunki brzegowe

#### 3.1. Materiał

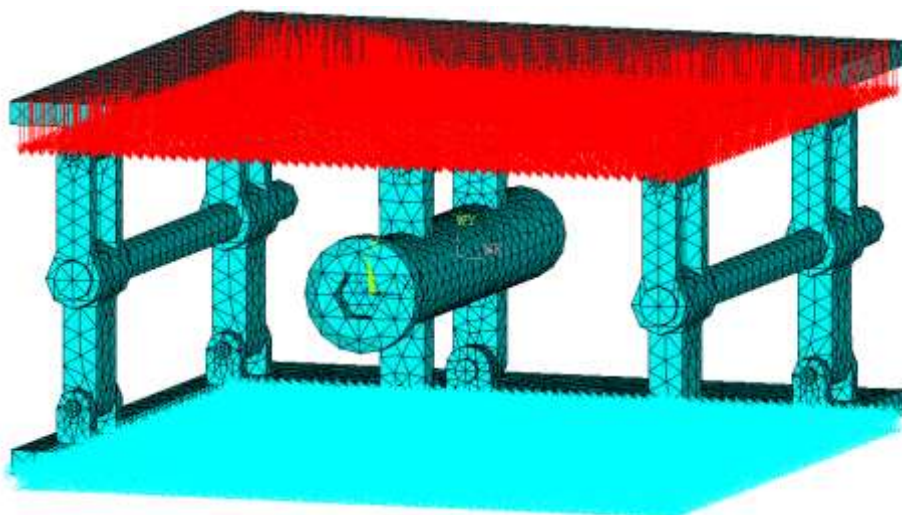
Jako materiał do wykonania implantu wybrano stop tytanu o module Younga równym  $E = 110000 \text{ MPa}$  i ułamku Poissona  $\nu = 0,34$ .

#### 3.2. Model obciążeniowy

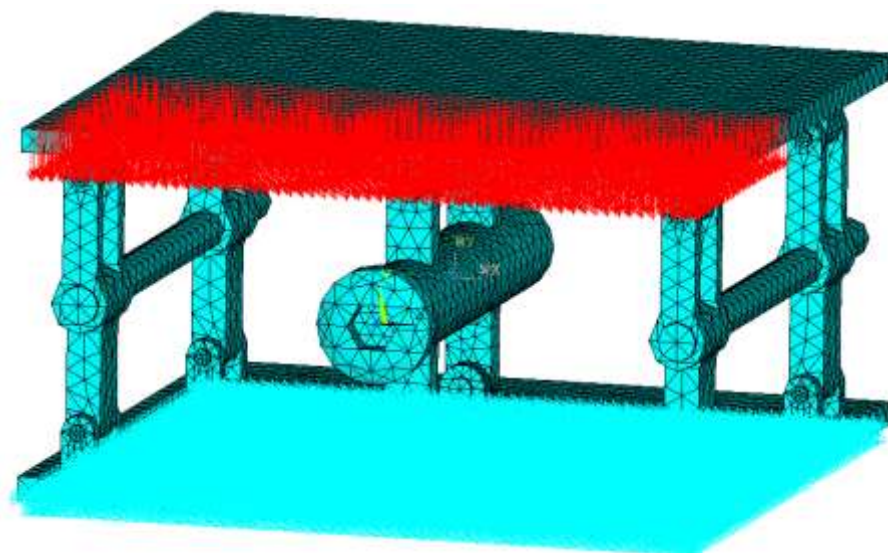
Przyjęto obciążenie stałe, przyłożone bezpośrednio do górnej podstawy implantu w sposób równomierny. W projekcie analizowane będą trzy stany obciążenia, które wypisano w punkcie 1.1. Wartość siły wybranej do analizy jest wartością maksymalną, która może wystąpić podczas nieprawidłowej postawy podczas podnoszenia przedmiotu i wynosi około 4500 N. Siłę przyłożono prostopadle do górnej podstawy, a następnie podzielono ją na ilość elementów skończonych, które się na niej znajdują.

Jako miejsce zamocowania implantu wybrano dolną podstawę implantu.

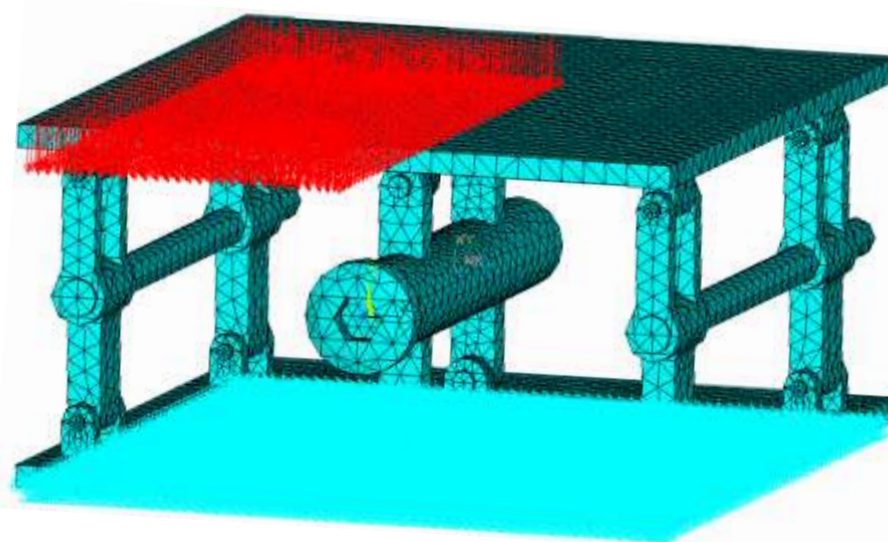




*Rys.3.2.1. Model zamocowany i obciążony równomiernie.*



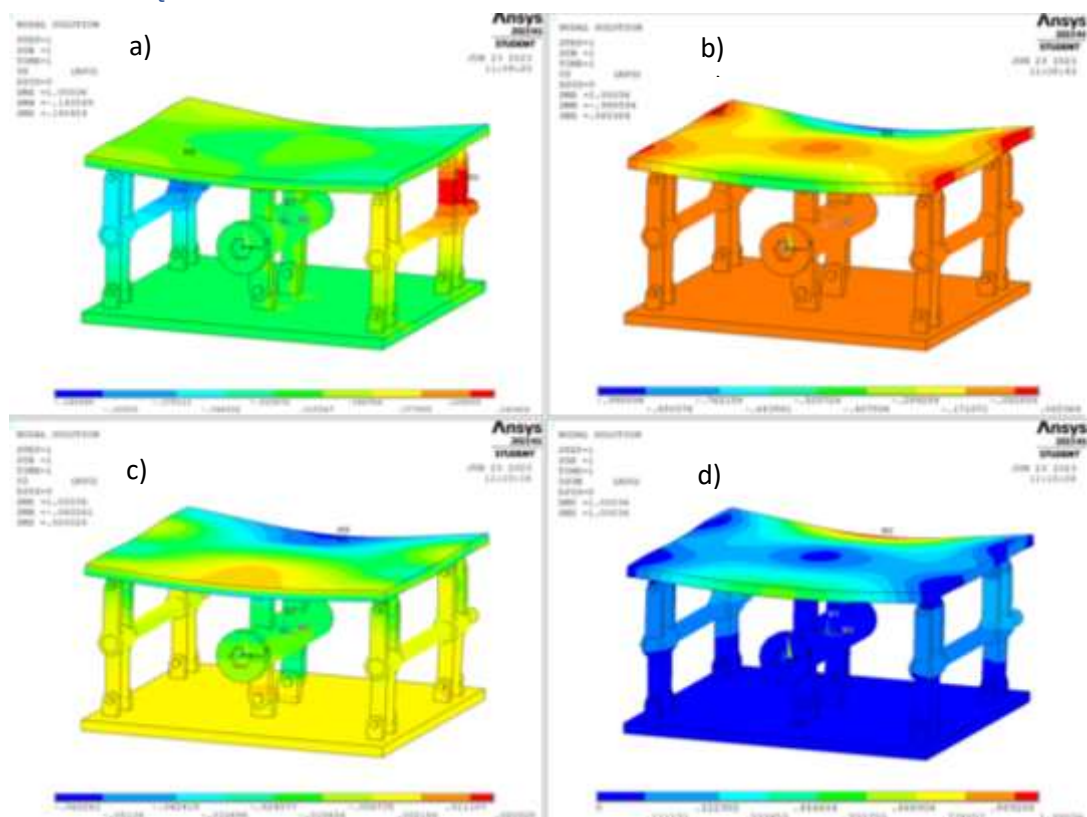
*Rys.3.2.1. Model zamocowany i obciążony z przodu.*



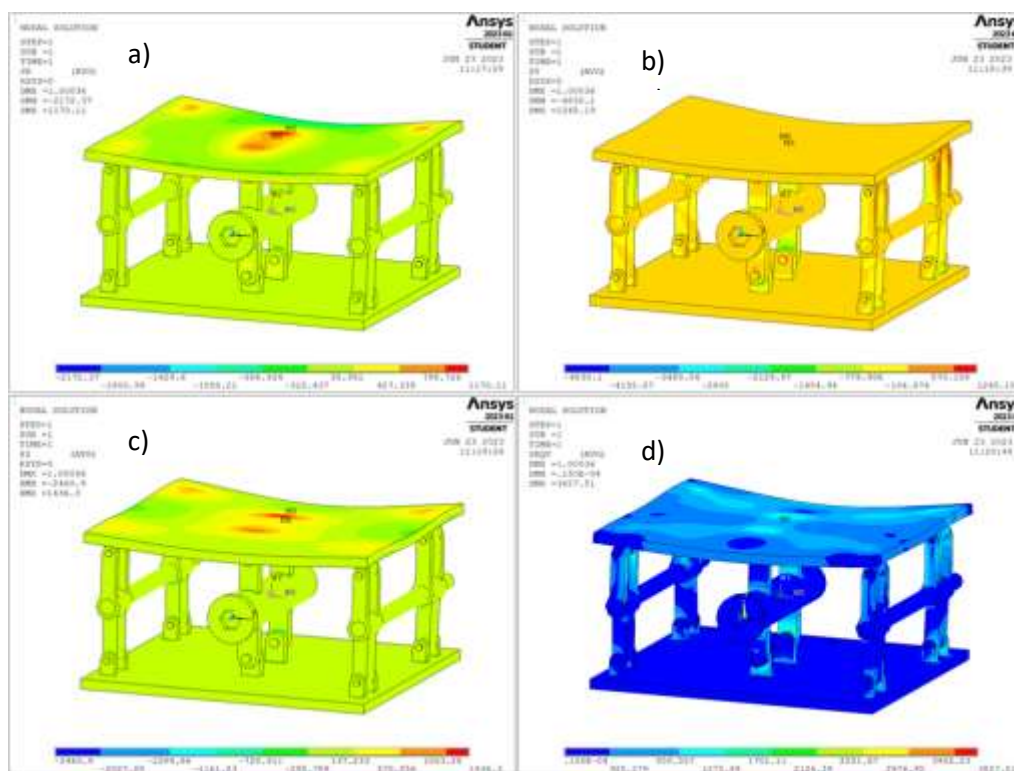
*Rys.3.2.3. Model zamocowany i obciążony z boku.*

## 4. Wyniki:

### 4.1. Obciążenie równomierne:

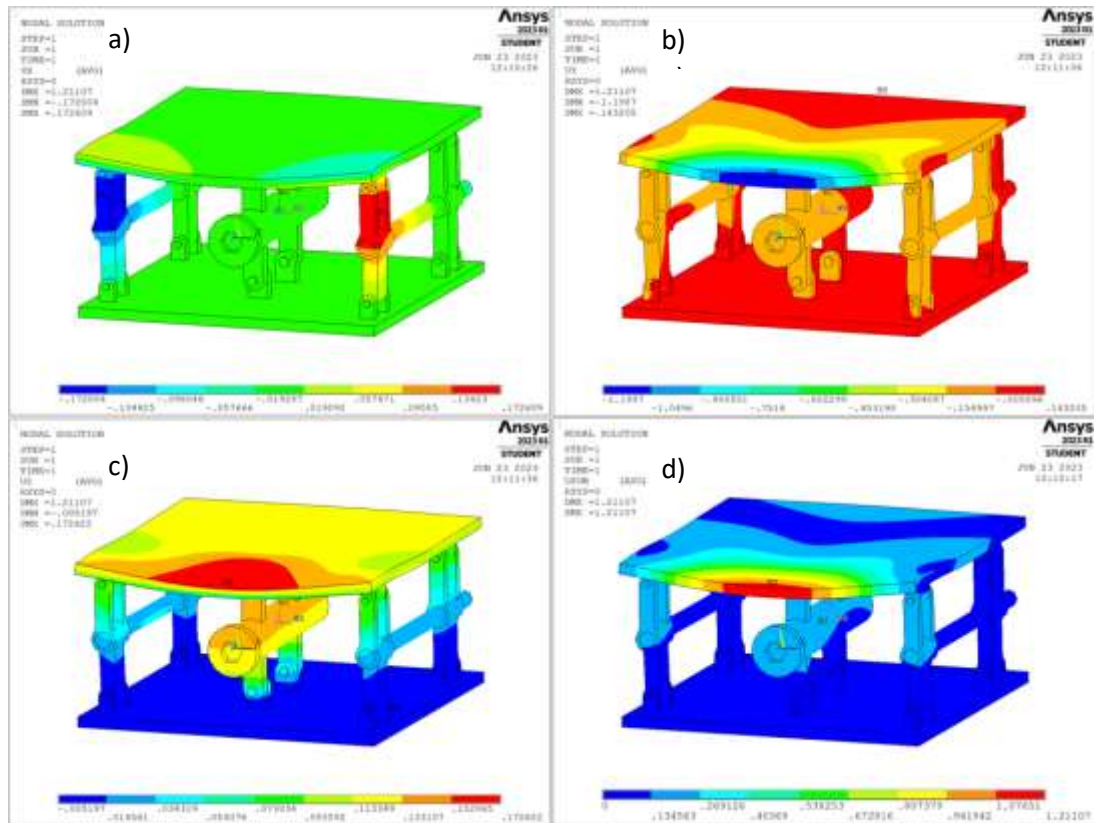


Rys.4.1.1.1. Prezentacja odkształceń w obciążonym równomiernie modelu: a) w osi x b) w osi y c) w osi z d) całkowite odkształcenie

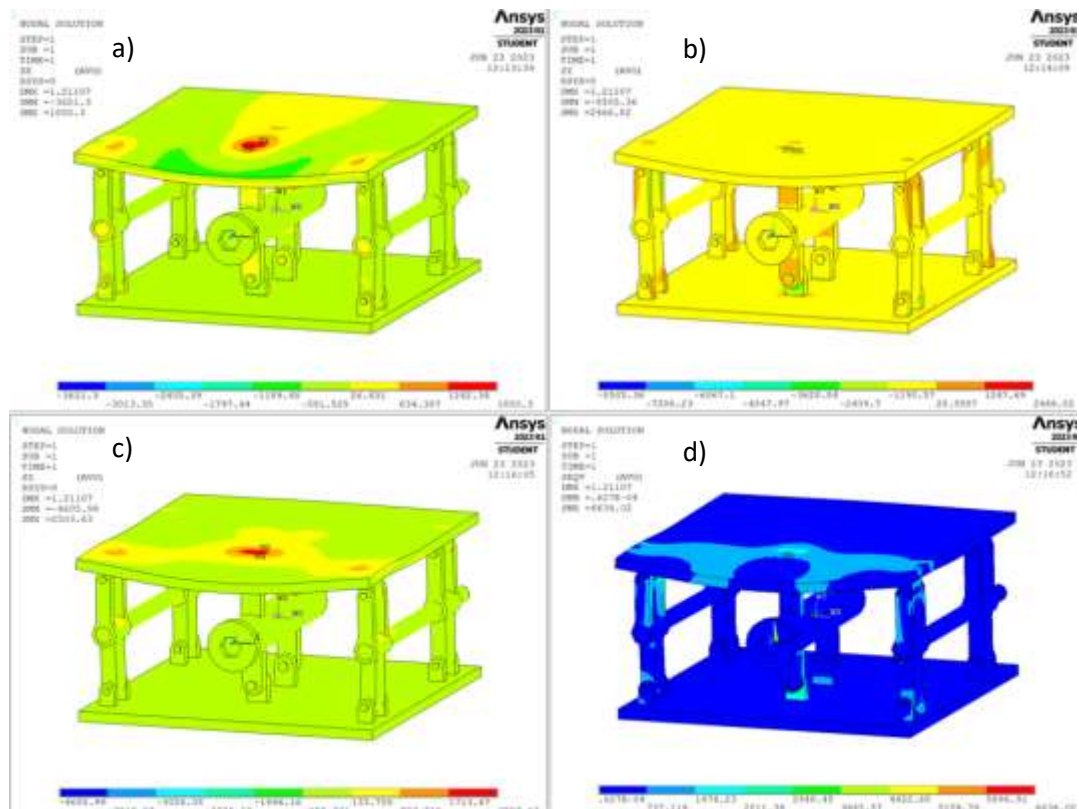


Rys.4.1.1.2. Prezentacja naprężeń w obciążonym równomiernie modelu: a) w osi x b) w osi y c) w osi z d) zredukowane von Misesa.

#### 4.2. Obciążenie przedniej części



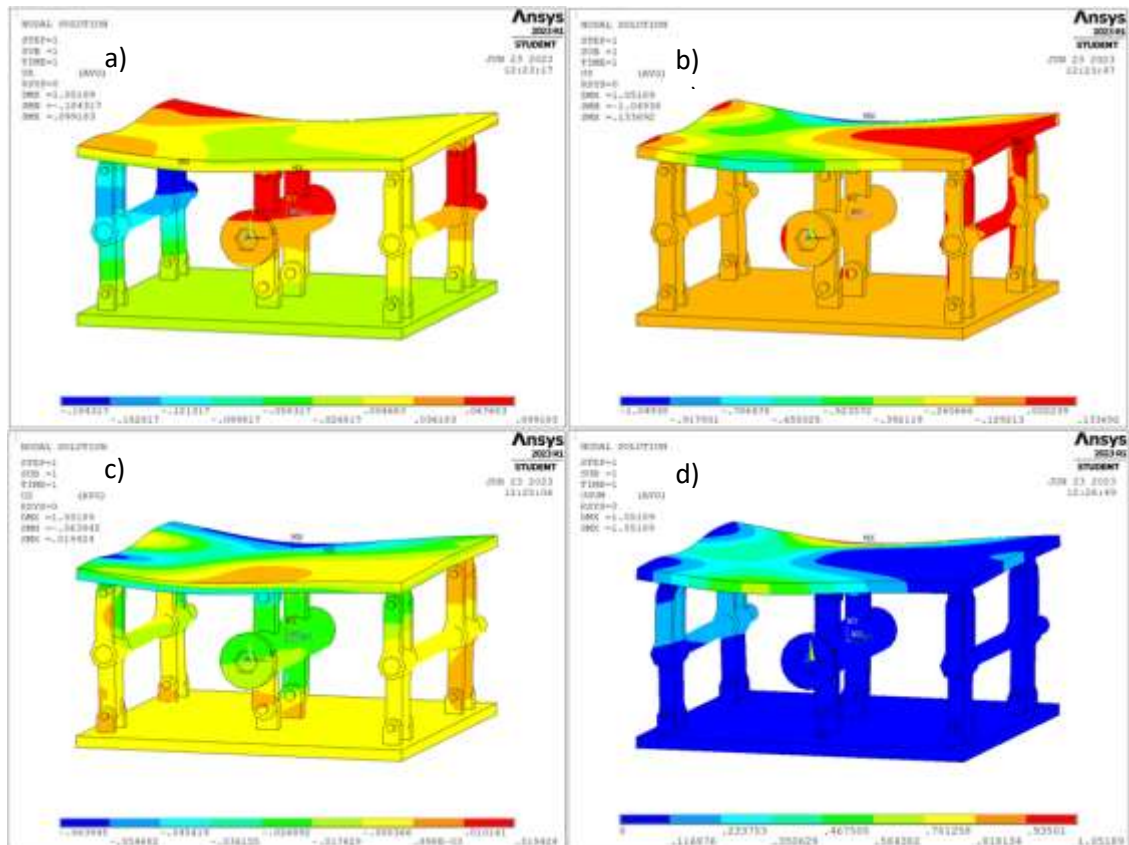
Rys.4.2.1. Prezentacja odkształceń w obciążonym z przodu modelu: a) w osi x b) w osi y c) w osi z d) całkowite odkształcenie



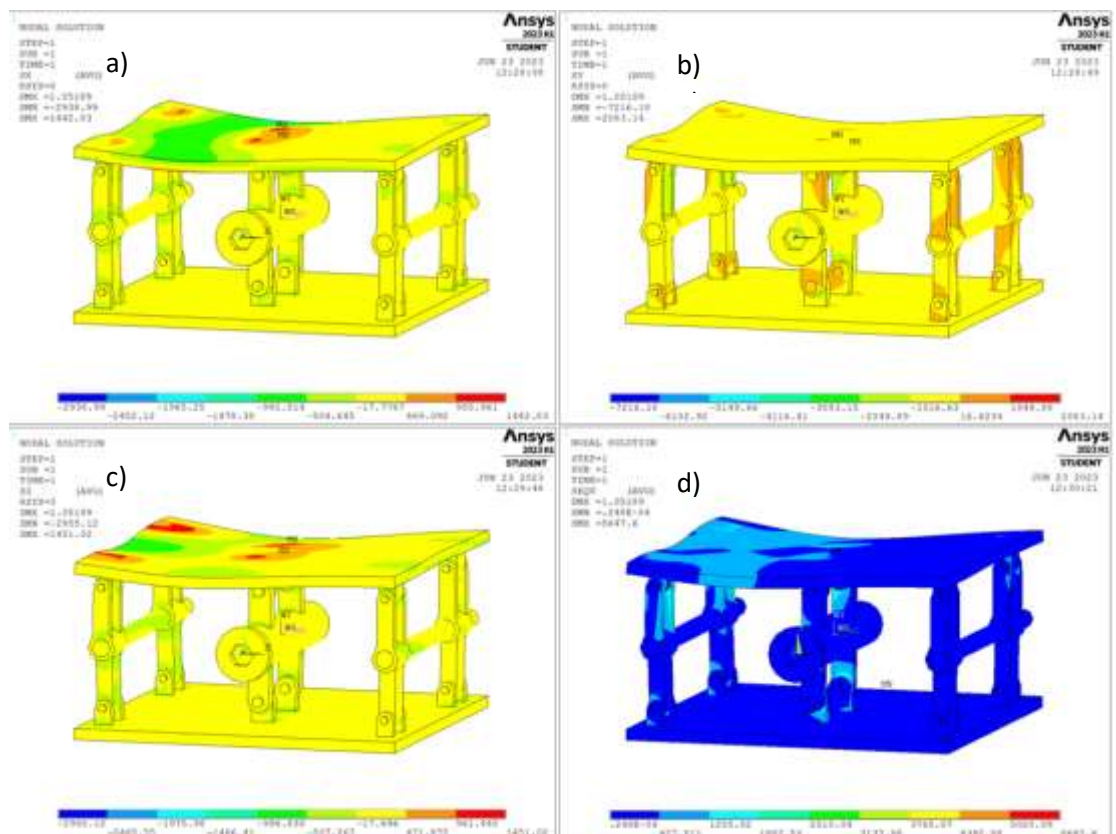
Rys.4.2.2. Prezentacja naprężeń w obciążonym z przodu modelu: a) w osi x b) w osi y c) w osi z d) zredukowane von Misesa.



#### 4.3. Obciążenie bocznej części



Rys.4.3.1. Prezentacja odkształceń w obciążonym z boku modelu: a) w osi x b) w osi y c) w osi z d) całkowite odkształcenie



Rys.4.3.2. Prezentacja naprężeń w obciążonym z boku modelu: a) w osi x b) w osi y c) w osi z d) zredukowane von Misesa.

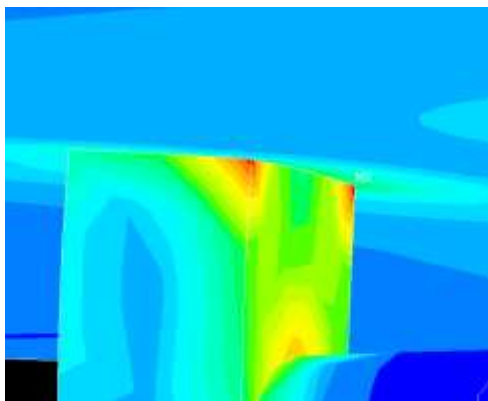
## 5. Analiza i wnioski:

### 5.1. Odształcenia

Na podstawie wyników zaprezentowanych na rysunkach 4.1.1., 4.2.1. i 4.3.1. można zaobserwować, że największe odkształcenia występują na podstawie, w miejscu, w którym nie występuje podpora. W projekcie wykonanym przez studentów wymiary podstawy nie były obliczane. Symulacja pozwala nam stwierdzić, że to podstawa jest najsłabszym elementem konstrukcji. Tak duże odkształcenia można zredukować przez zwiększenie grubości podstawy lub dodanie dodatkowego wzmocnienia w postaci kolejnej podpory. Innym rozwiązaniem, które rozwiązałoby problem jest zmiana rozstawu podpór na elemencie środkowym.

### 5.2. Naprężenia

W przypadku naprężeń można zauważyć, że wartości osiągają nawet 6000 MPa. Miejsce występowania tych naprężeń jest niewidoczne na rysunkach 4.1.2., 4.2.2. i 4.3.2. Opisywane naprężenia maksymalne występują w miejscu połączenia mocowania z podstawą. Rozwiązaniem tego problemu jest zmiana ostrego przejścia między podstawą a mocowaniem na zaokrąglenie.



Rys. 5.2.1. Miejsce występowania maksymalnych naprężeń.

Patrząc na obciążenia w poszczególnych osiach można zauważyć, że bardzo duże naprężenia występują również na podstawach w miejscach, gdzie mocowania podtrzymują podstawę. Ten problem podobnie jak w przypadku odkształceń może zostać poprawiony przez zwiększenie grubości podstawy. Poza tymi miejscami, duże naprężenia pojawiają się również na bocznych podporach, co zagraża bezpieczeństwu użytkowania implantu. W celu poprawienia wytrzymałości podpory powinny zostać pogrubione lub przeprojektowane.