

Politechnika Poznańska
Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania

Modelowanie i symulacje zagadnień biomedycznych
Analiza wytrzymałościowa modelu podnośnika pacjenta



Opracowały:

Smólkowska Ewelina

Gembara Paulina

Majchrzak Maria

Praca wykonana pod kierunkiem dr hab. inż. Tomasza Stręka

Poznań 2017

Spis treści

1.	WSTĘP.....	3
2.	MES (Metoda elementów skończonych)	4
2.1.	Metoda Elementów Skończonych (MES)	4
2.2.	COMSOL Multiphysics®	5
3.	PRZEGLĄD DOSTĘPNYCH ROZWIĄZAŃ	6
3.1.	SOLARIS 175 firmy ERGOLET	7
3.2.	TENOR firmy ARJOHUNTLEIGH.....	8
3.3.	AKS- MICRO FOLDY (ROZMIAR XS) firmy LEVICARE.....	9
4.	ZAŁOŻENIA PROJEKTU	10
4.1.	Pierwotny model podnośnika.	11
4.2.	Uproszczony model podnośnika.....	12
4.3.	Dobór profilu do podnośnika.....	14
5.	PRZEPROWADZENIE ANALIZY	15
5.1.	Wybór wykonywanej analizy	15
5.2.	Załadowanie pliku	16
6.	WYNIKI ANALIZ.....	20
6.1.	Profil 5mm	20
6.1.1.	Podnośnik w położeniu najwyższym	20
6.1.2.	Podnośnik w położeniu horyzontalnym	21
6.1.3.	Podnośnik w położeniu najniższym	22
6.2.	Profil 8mm	23
6.2.1.	Podnośnik w położeniu najwyższym	23
6.2.2.	Podnośnik w położeniu horyzontalnym	26
6.2.3.	Podnośnik w położeniu najniższym	29
7.	PODSUMOWANIE.....	33
8.	BIBLIOGRAFIA.....	34

1. WSTĘP

Mając na względzie komfort osób chorych oraz bezpieczeństwo osób, które pełnią opiekę nad nimi w szpitalach, placówkach rehabilitacyjnych lub w domach prywatnych wyposażonych w podnośniki, stworzono niniejszą pracę. Służą one np. do transportu pacjenta z podłogi na łóżko, czy do odbioru pensjonariusza z pozycji siedzącej. Ułatwiają one w pełnieniu podstawowych czynności dnia codziennego jak mycie, karmienie czy ubieranie. Zapotrzebowanie na podnośniki rośnie wraz ze wzrostem liczby osób starszych, ludzi z otyłością, czy osób z utrudnionym poruszaniem się, czy niepełnosprawnościami.

Na rynku dostępne są podnośniki sufitowe, ściennie oraz jezdne.

Tematem naszej pracy będzie analiza wytrzymałościowa zaprojektowanego podnośnika jezdnego.

2. MES (Metoda elementów skończonych)

2.1. Metoda Elementów Skończonych (MES)

Metoda Elementów Skończonych (MES) jest narzędziem matematycznym coraz powszechniej stosowanym do obliczeń inżynierskich które pozwala przekształcić zbiór równań różniczkowych opisujących zachowanie, czy właściwości jakiegoś ciągłego medium na układ równań nieliniowych. Taki układ równań może być rozwiązany przy pomocy komputera. W 1946 roku powstał pierwszy komputer ENIAC i od tego momentu zaczęły pojawiać się prace oparte na metodzie elementów skończonych. Pierwsze obliczenia przy użyciu metod elementów skończonych dotyczyły obiektów o nieskomplikowanych kształtach i zjawisk opisanych liniowymi równaniami różniczkowymi. Rozwój technik informatycznych i wzrost mocy obliczeniowych użytkowanych komputerów spowodował, że metodę elementów skończonych zaczęto stosować do rozwiązywania problemów nieliniowych dla obiektów o prostych kształtach jedno i dwuwymiarowych. Od lat osiemdziesiątych MES można z powodzeniem stosować do rozwiązywania problemów nieliniowych dla obiektów o dowolnych kształtach trójwymiarowych.

Jest to metoda często stosowana przez inżynierów z racji faktu, iż pozwala uniknąć błędów po zmontowaniu urządzenia czy przeprowadzenia procesu. Ilość dziedzin, w których można zastosować metody obliczeniowe jest ograniczona, głównie przez możliwości oprogramowania, komputera i samego operatora. Należy jednak pamiętać podczas wykonywania analiz, że wszystkie wyniki obarczone są błędem z powodu zastosowanych przybliżeń oraz założeń.

Na rynku istnieje wiele różnych programów obliczeniowych:

- ABAQUS
- ANSYS
- LSTC- LSDYNA
- NASTRAN
- PAM- CASH
- COMSOL Multiphysics

W projekcie zastosowano program COMSOL Multiphysics 5.1.

2.2. COMSOL Multiphysics®

COMSOL Multiphysics® to oprogramowanie, które służy do analizy elementów skończonych, do modelowania i symulacji problemów fizycznych i inżynierskich. Program ten pozwala na uwzględnienie wielu zjawisk i problemów powiązanych z badanym modelem dzięki dedykowanym interfejsom do różnych zastosowań.

Program jest przyjazny dla użytkownika z powodu możliwości automatycznego generowania elementów sprzężonych przez oprogramowanie w czasie rozwiązywania problemu. Metoda ta („on-the-fly”) pozwala na przeprowadzenie nieograniczonych kombinacji problemów.

Dzięki tworzonej sekwencji rejestrowania wszystkich wykonanych kroków tworzenia geometrii, ustawienia warunków, siatki oraz uzyskanych wyników możliwa jest szybka parametryzacja dowolnego węzła. Ponadto Comsol umożliwia eksport wyników w kilku popularnych formatach tekstowych oraz graficznych. Możliwe jest również wygenerowanie całego lub części raportu. Wyniki te mogą być zwizualizowane na różne sposoby i dla różnych części modelu.

COMSOL Multiphysics jest zatem elastyczną platformą umożliwiającą użytkownikowi modelowanie wszystkich istotnych aspektów swoich projektów. [13]

3. PRZEGLĄD DOSTĘPNYCH ROZWIĄZAŃ

W celu stworzenia projektu jeźdźnego podnośnika pacjenta na wstępie dokonano przeglądu dostępnych rozwiązań na rynku.

Firm produkujących jeźdźne podnośniki elektryczne jest wiele. Oto kilka z nich:

- Sunrise- Medical <http://www.sunrise-medical.pl/>
- ArjoHuntleigh <http://www.arjohuntleigh.pl/pl/default.asp>
- LeviCare <http://levicare.com/>
- LIFT PLUS <http://www.liftplus.pl/>
- Rehmedis <http://www.rehmedis.eu/>
- Ergolet <http://www.ergolet.com/pl/>

Różnice jakie można zauważyć pomiędzy modelami proponującymi przez wyżej wymienione firmy można zauważyć w:

- Wartości udźwigu,
- Przedziały podnoszenia,
- Masie zestawu,
- Cenie produktu.

Specyfikacje techniczne poszczególnych modeli:

3.1. SOLARIS 175 firmy ERGOLET

Główne zastosowanie

- Opieka domowa,
- Opieka szpitalna,
- Opieka instytucjonalna.

Maksymalny udźwig: 175 kg.

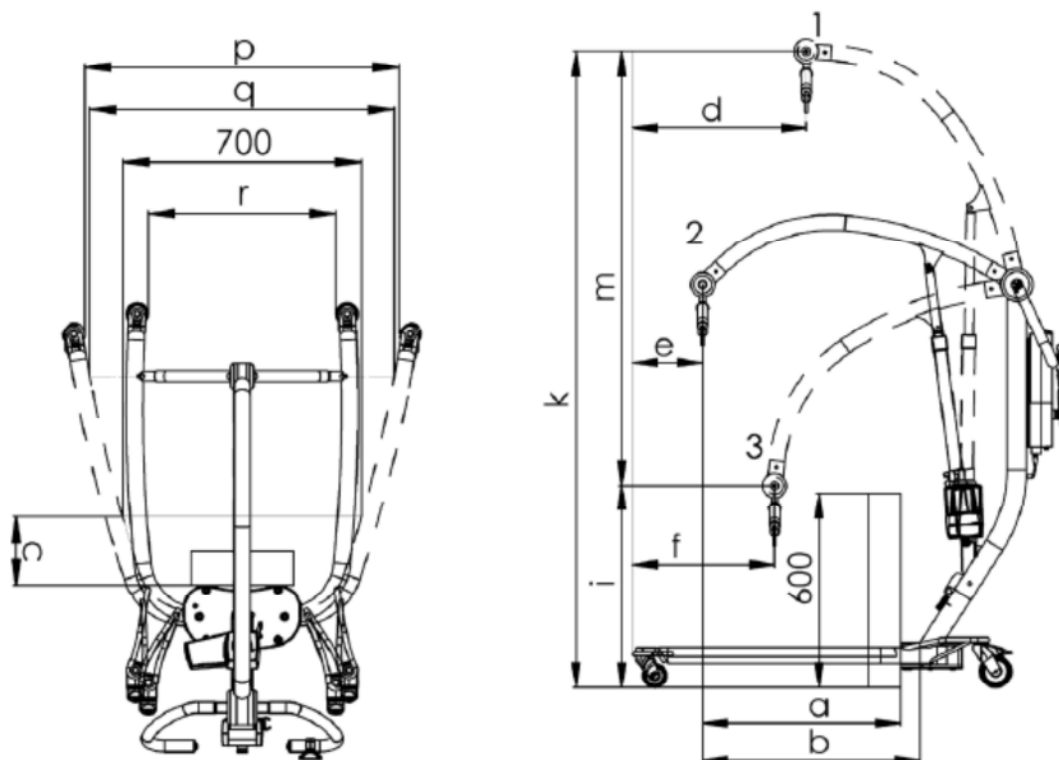
Sposób podnoszenia: elektryczny.

Masa urządzenia: 50 kg.

Pojemność akumulatora: 40-60 podniesień (80 kg. 0,5 m).

Waga najcięższej części: 24 kg.

A	614 mm	i	636 mm
B	674 mm	K	1970 mm
C	200 mm	M	1342 mm
D	538 mm	P	920 mm
E	217 mm	R	550 mm
F	439 mm	q	893 mm



3.2. TENOR firmy ARJOHUNTLEIGH

Jest to podnośnik przystosowany dla osób bariatrycznych.

Maksymalny udźwig to 320 kg.

Maksymalna wysokość: 2010 mm.

Minimalna wysokość: 720 mm.

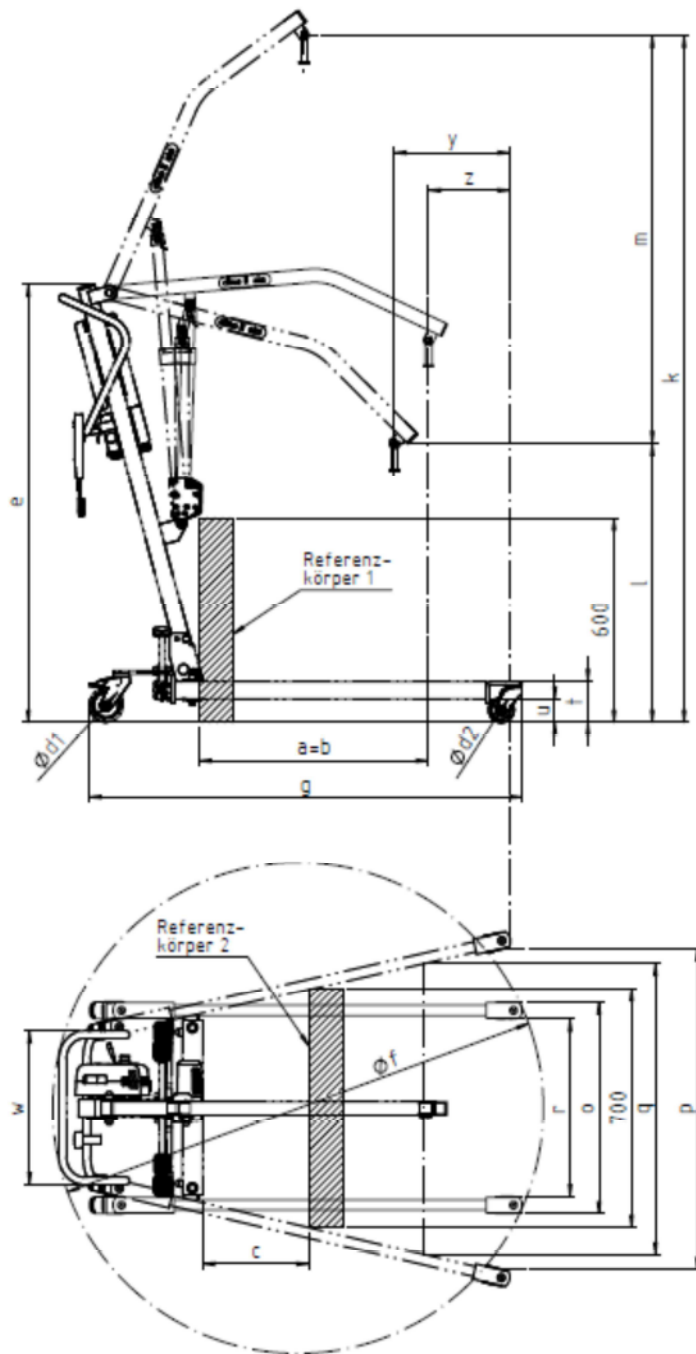


3.3. AKS- MICRO FOLDY (ROZMIAR XS) firmy LEVICARE

Zastosowanie: dla małych osób i dzieci o maksymalnej masie 130 kg.

k-maksymalna wysokość wysięgnika: 1713 mm.

l-minimalna wysokość wysięgnika: 561 mm.



4. ZAŁOŻENIA PROJEKTU

Założeniami naszego projektu było zaprojektowanie podnośnika jezdnego elektrycznego oraz jego analiza wytrzymałościowa. W tym celu wykonano symulacje dla 3 różnych położeń górnej części podnośnika. Podnośnik musiał udźwignąć 130 kg obciążenie (tj. Pacjenta). W celu wykonania analizy skorzystano z uproszczonego modelu podnośnika, który został wykonany w programie Autodesk Inventor®.

Model jeźdźnego podnośnika pacjenta.

Na załączonych poniżej rycinach zamieszczono zaprojektowany podnośnik. Nie został on użyty do analizy z racji złożoności modelu, występowania zbyt wielu elementów i połączeń.

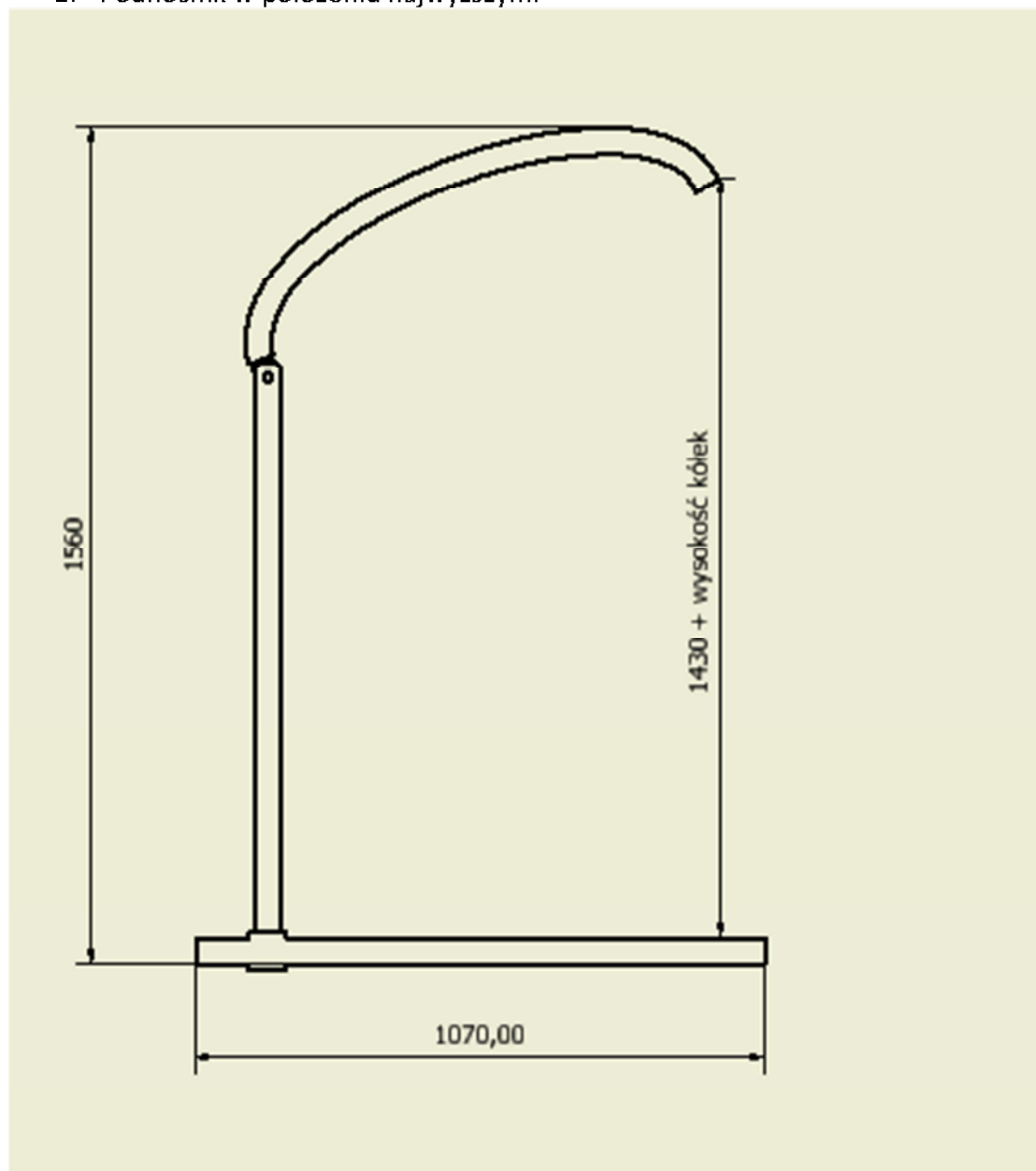
4.1. Pierwotny model podnośnika.



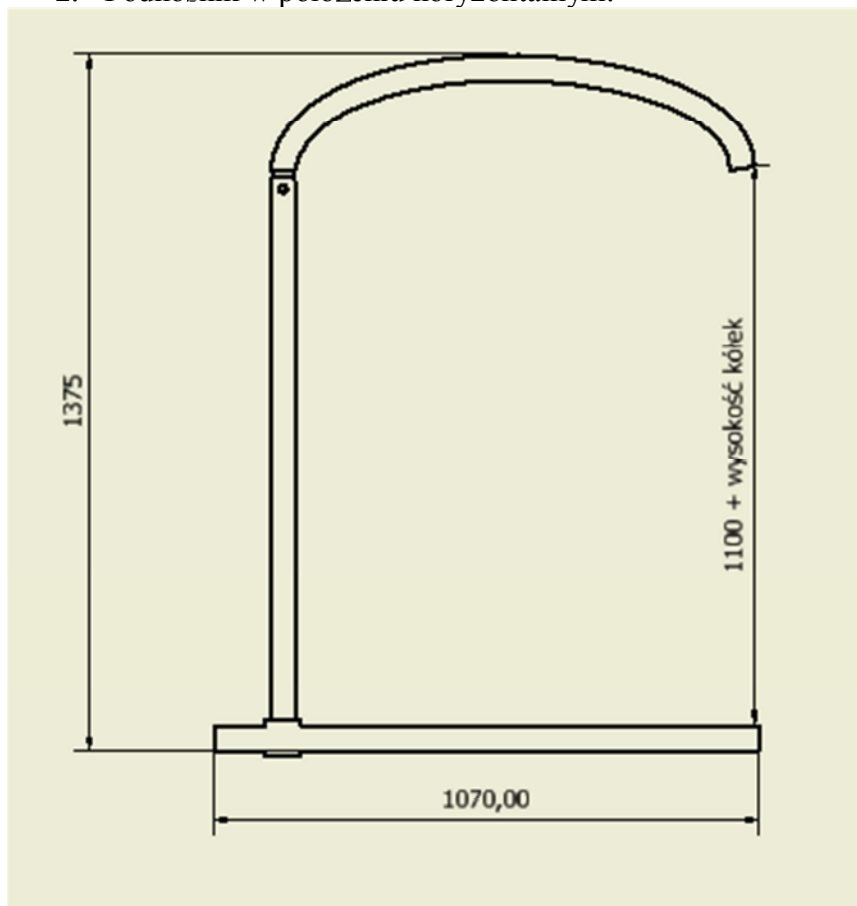
Do celów przeprowadzenia analizy wytrzymałościowej stworzono powyższy model podnośnika. Z powodu złożoności modelu oraz ograniczeń programowych model należało uprościć. Poniższe rysunki przedstawiają uproszczony model podnośnika jeźdźnego pacjenta w trzech położeniach, które poddano analizie.

4.2. Uproszczony model podnośnika.

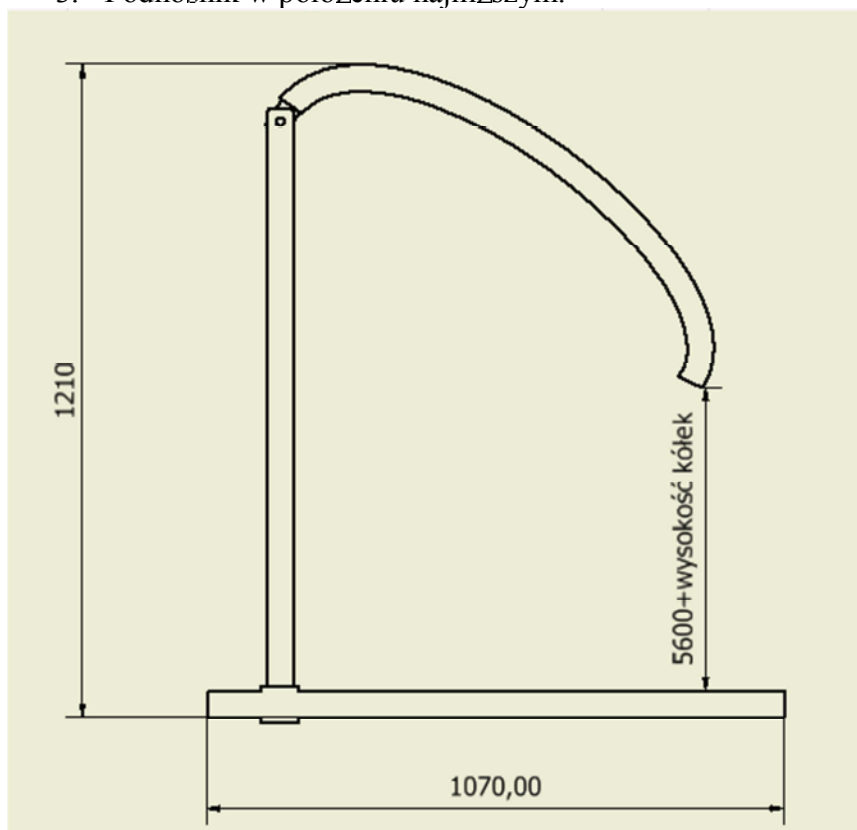
1. Podnośnik w położeniu najwyższym.



2. Podnośnik w położeniu horyzontalnym.

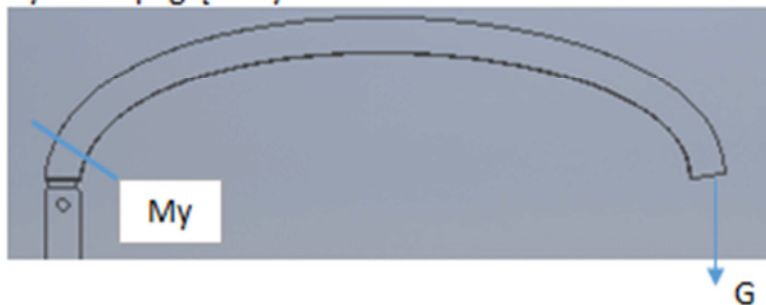


3. Podnośnik w położeniu najniższym.

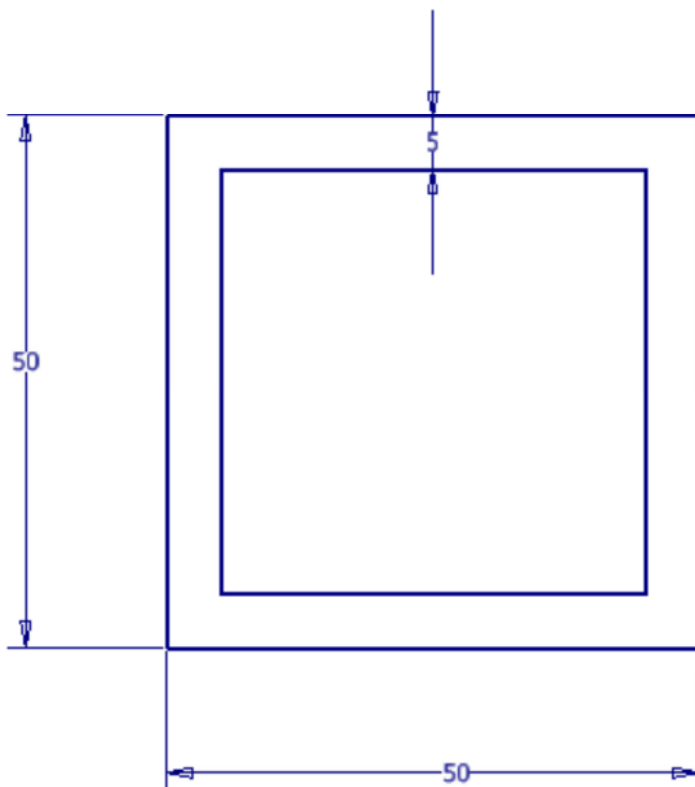


4.3. Dobór profilu do podnośnika.

Rysunek poglądowy



$$M_g = G \times 0,9 == 1575 [Nmm]$$



$$W_x = \frac{H * B^3 - h * b^3}{6B} = \frac{50^4 - 40^4}{300} = 1230 [mm^3]$$

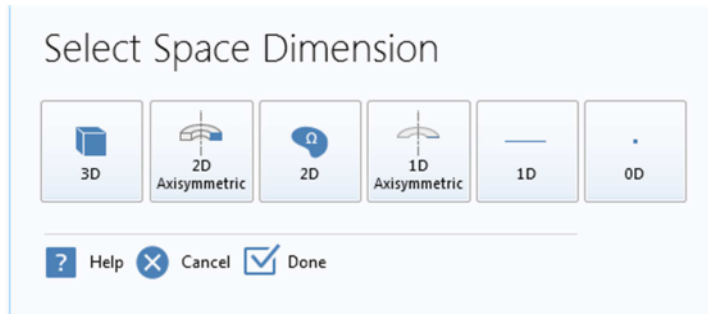
$$\sigma_g = \frac{M_g}{W_x} = \frac{1575}{12300} = 0,12 [MPa]$$

Napężenie dopuszczalne dla stopu aluminium 6061 wynoszą 2076MPa. Zatem dobrany profil przeniesie przewidziane obciążenia.

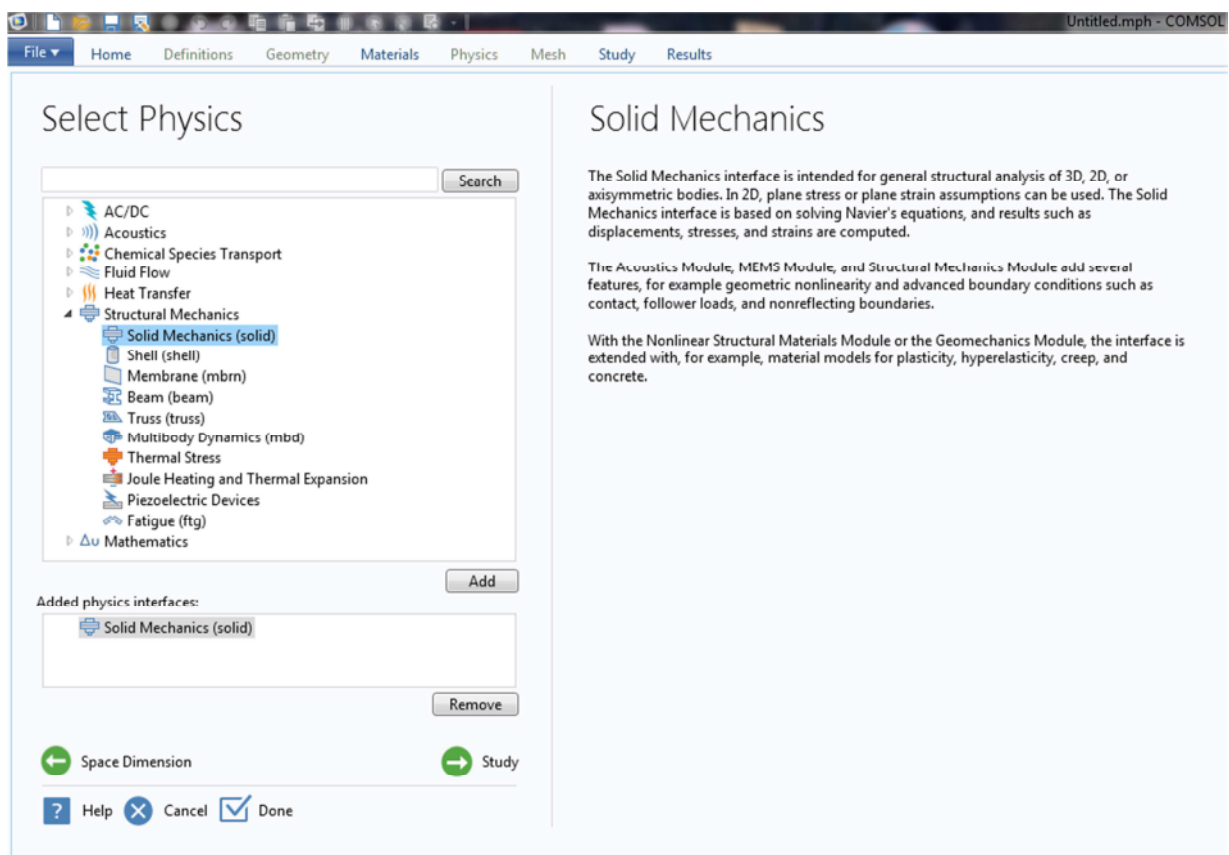
5. PRZEPROWADZENIE ANALIZY

Rozpoczęcie pracy w programie Comsol Multiphysics®

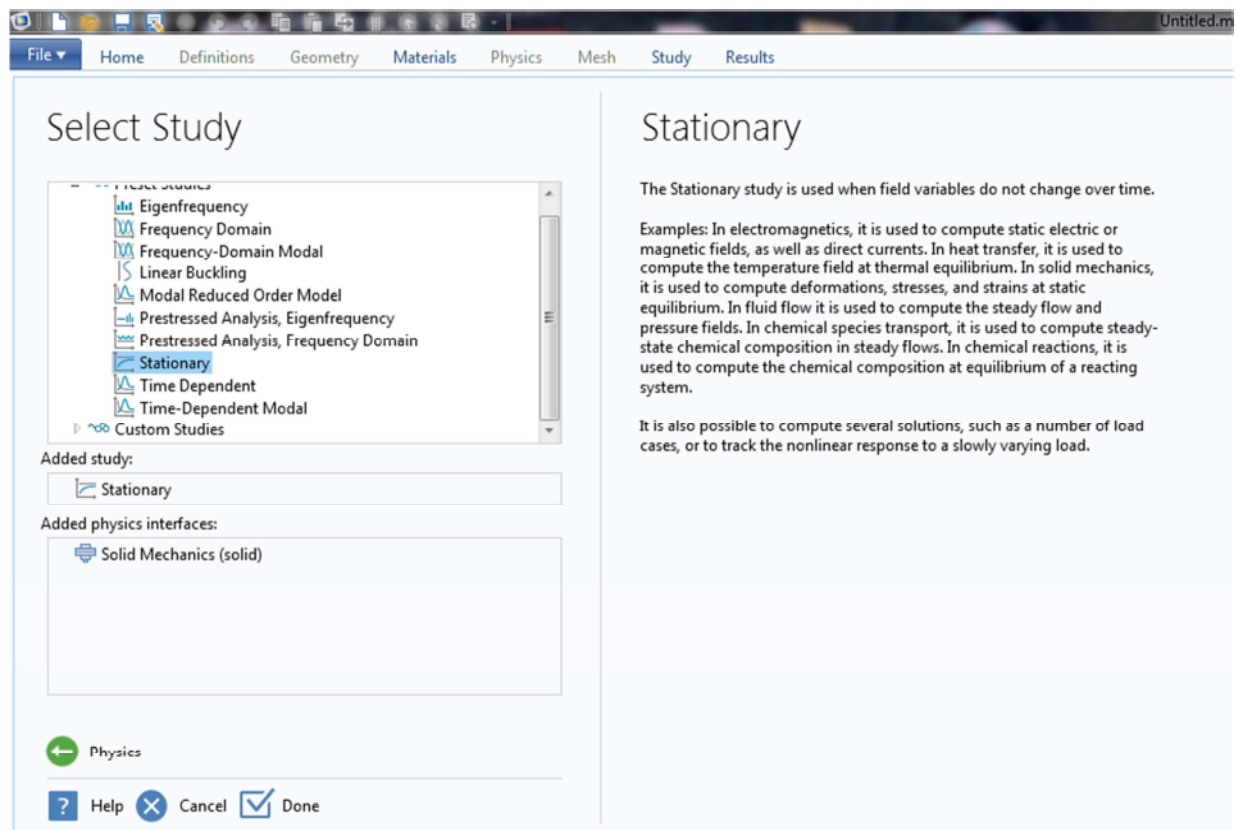
5.1. Wybór wykonywanej analizy



Wybrano analizę Solid Mechanics, która jest odpowiednia do przeprowadzenia ogólnej analizy strukturalnej ciał 3D. Analiza ta jest oparta na rozwiązywaniu równania Navier'a i otrzymaniu wyników w postaci przemieszczenia, naprężeń i odkształceń badanego modelu. Wyniki te są odpowiednie i wystarczające do analizy wytrzymałościowej badanego modelu podnośnika.

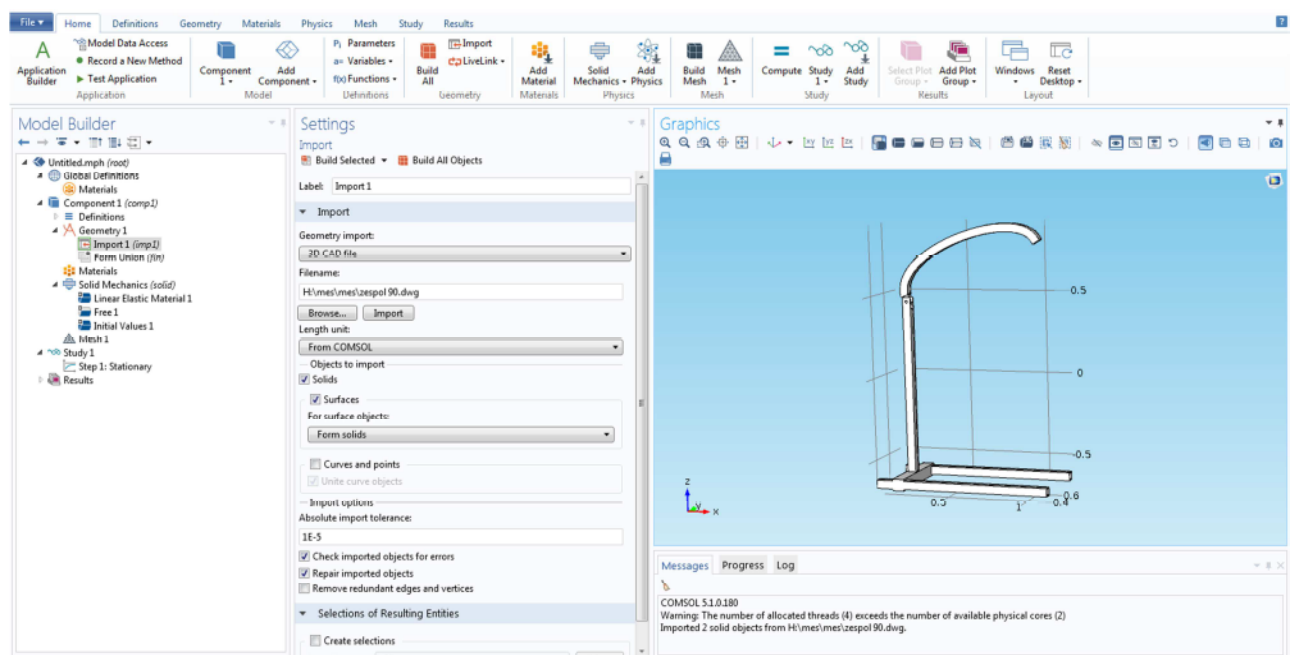


W kolejnym kroku dla wszystkich trzech położeń wybrano analizę statyczną (stacjonarną), czyli dla warunków niezmiennych w czasie. Wybrana analiza umożliwia obliczenie odkształceń oraz naprężeń dla obiektu znajdującego się w statycznej równowadze.



5.2. Załadowanie pliku

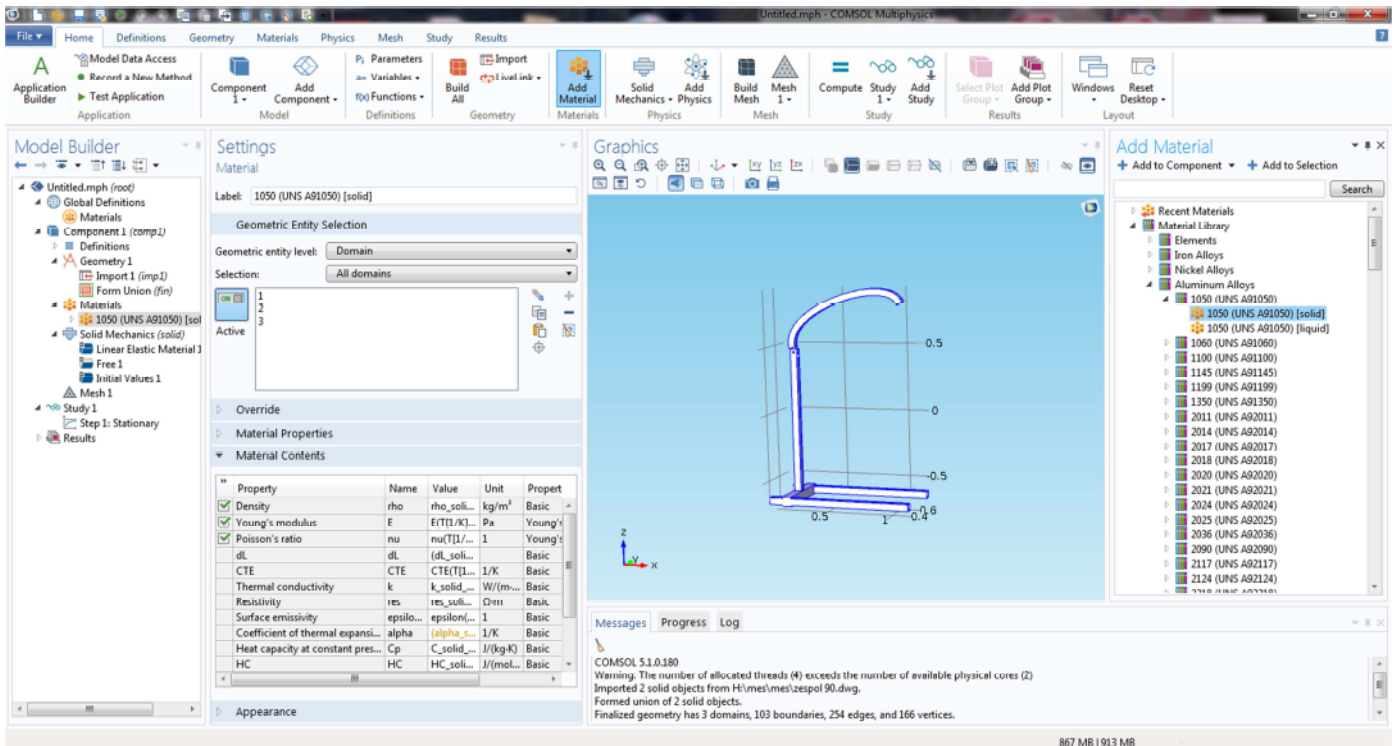
Plik został załadowany w rozszerzeniu dwg ze względu na możliwości odczytu pliku przez program Comsol.



Następnie wykonano kolejne kroki, przedstawione poniżej, w celu określenia warunków początkowych dla badanego modelu podnośnika. Poniższe kroki zostały zrealizowane dla wszystkich wykonanych symulacji.

5.2.1. Wybór materiału

Podnośnik wykonany został ze stopu aluminium: 1050 (UNS A91050) solid.

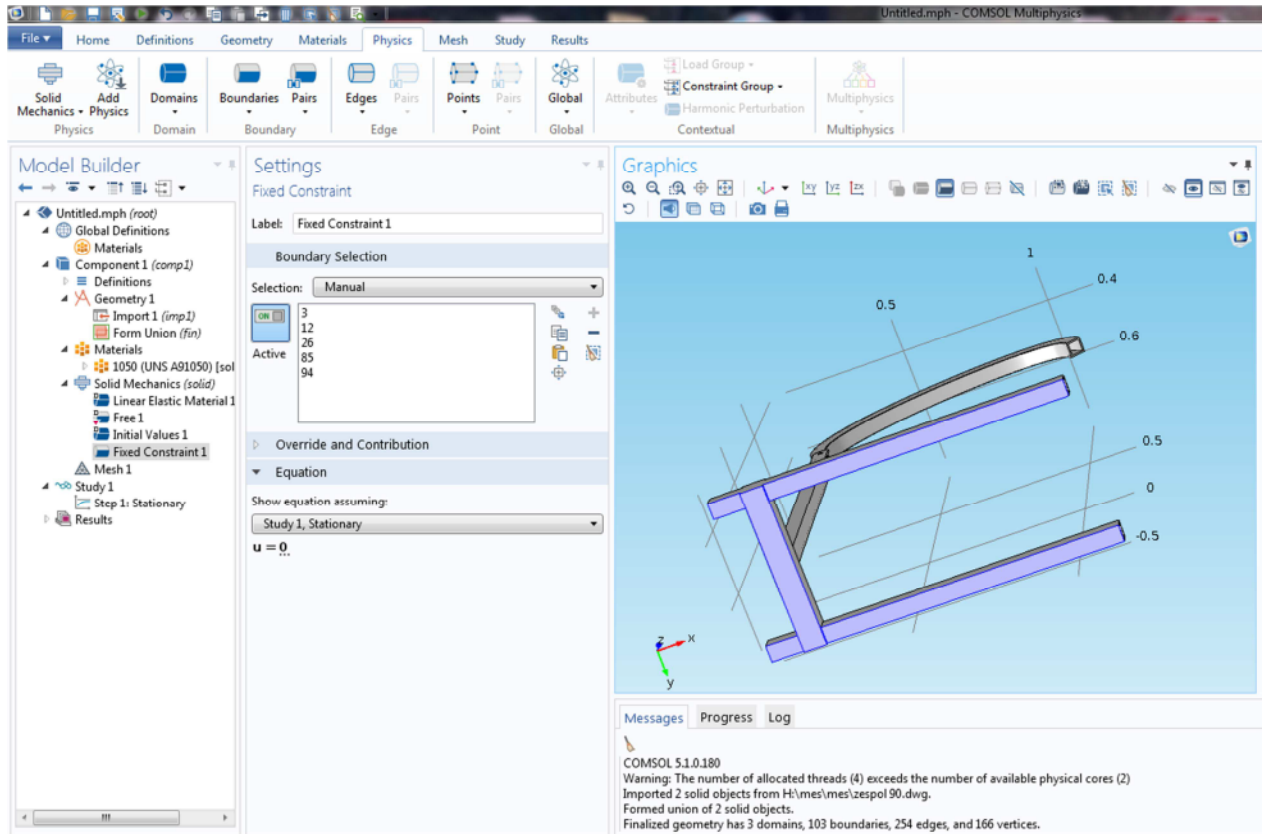


Uzyskano następujące wyniki właściwości fizycznych modelu:

Property	Name	Value	Unit	Property group
Density	rho	rho_solid_1(T[1/...	kg/m ³	Basic
Young's modulus	E	E(T[1/K])[Pa]	Pa	Young's modulus and Poisson's ratio
Poisson's ratio	nu	nu(T[1/K])	1	Young's modulus and Poisson's ratio
dL	dL	(dL_solid_1(T[1/...		Basic
CTE	CTE	CTE(T[1/K])[1/K]	1/K	Basic
Thermal conductivity	k	k_solid_1(T[1/K])...	W/(m·K)	Basic
Resistivity	res	res_solid_1(T[1/K]...	Ω·m	Basic
Surface emissivity	epsilon_rad	epsilon(T[1/K])	1	Basic
Coefficient of thermal expansion	alpha	(alpha_solid_1(T[...	1/K	Basic
Heat capacity at constant pressure	Cp	C_solid_1(T[1/K])...	J/(kg·K)	Basic
HC	HC	HC_solid_1(T[1/...	J/(mol·K)	Basic
Electrical conductivity	sigma	sigma_solid_1(T[...	S/m	Basic
VP	VP	VP_solid_1(T[1/K]...	Pa	Basic
Bulk modulus	K	kappa(T[1/K])[Pa]	N/m ²	Bulk modulus and shear modulus
Shear modulus	G	mu(T[1/K])[Pa]	N/m ²	Bulk modulus and shear modulus

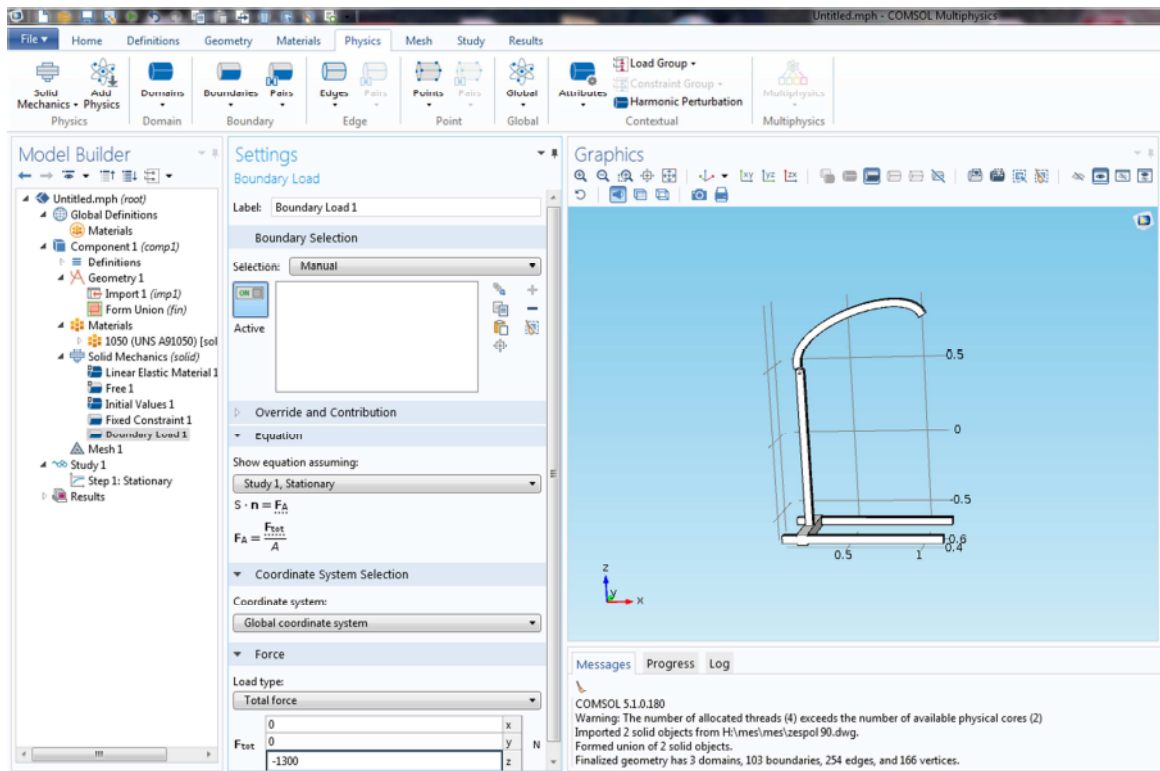
5.2.2. Wybór miejsca utwierdzenia

Wyboru miejsca utwierdzenia dokonano zgodnie z poniższą ilustracją- zakładka Fixed Constraint.



5.2.3. Wybór miejsca przyłożenia obciążenie

Obciążenie przyłożono do przekroju ramienia podnośnika w skrajnym jego prawym punkcie o wartości -1300N w osi pionowej (skierowanej w dół). Miejsce przyłożenia obciążenia jest tożsame z miejscem zamocowania osprzętu do przenoszenia pacjenta (orczyka wraz z kamizelką).



5.2.4. Utworzenie siatki modelu

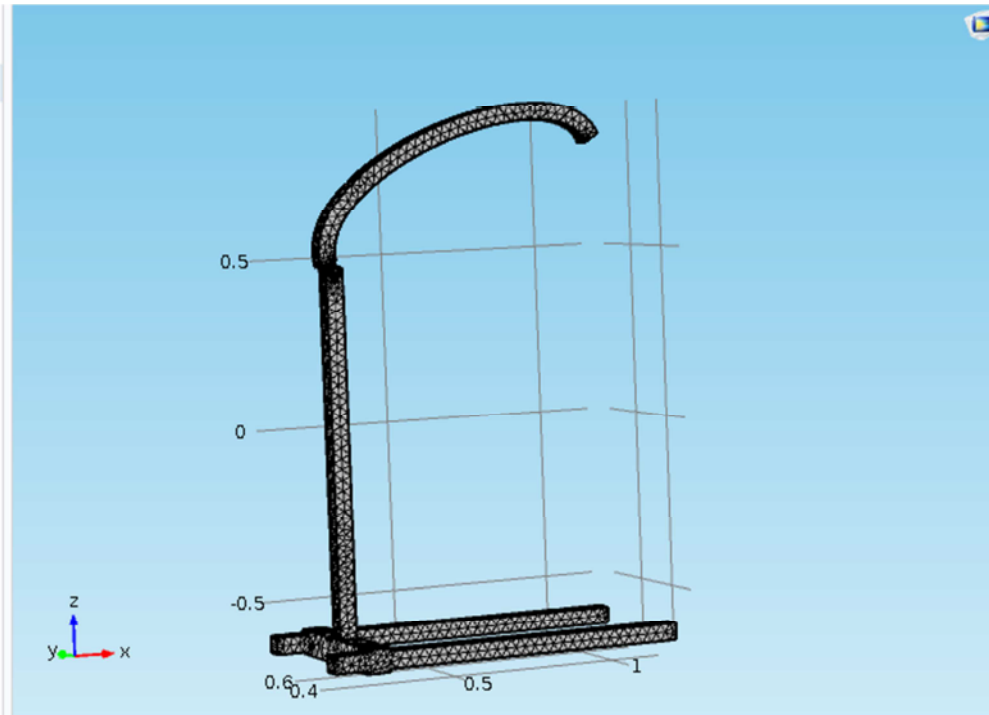
Za pomocą programu dla każdego z badanych modeli wygenerowana została automatyczna ilość elementów skończonych, z automatycznym ustawieniem parametrów siatki, na podstawie geometrii i złożoności modelu.

5.2.5. Przeprowadzenie analizy MES

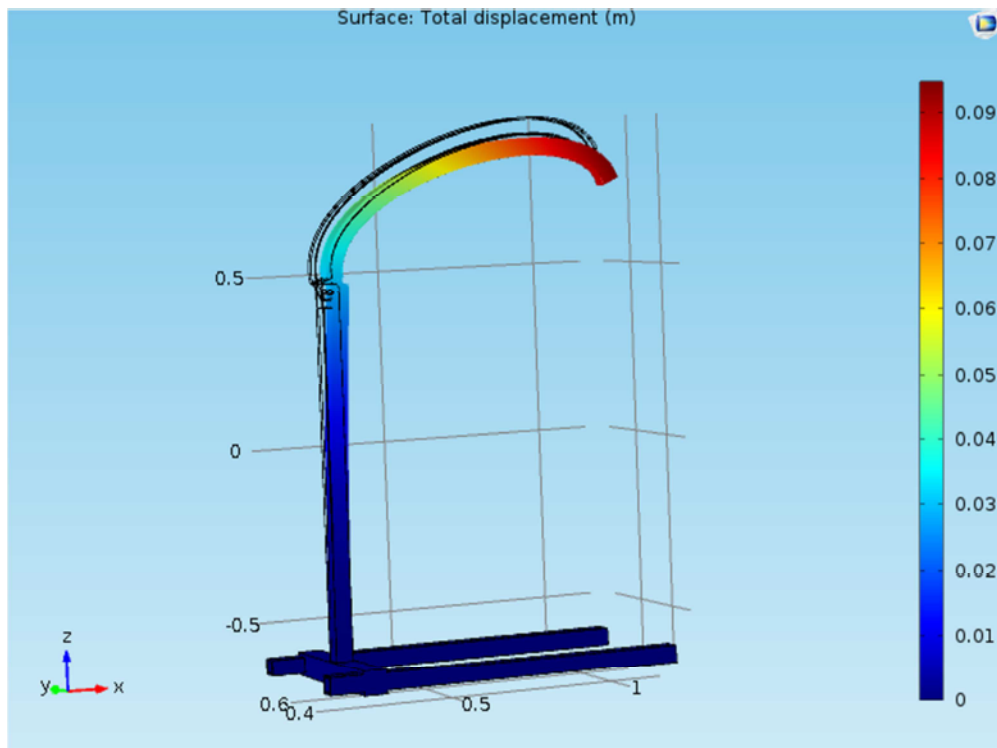
6. WYNIKI ANALIZ

6.1. Profil 5mm

6.1.1. Podnośnik w położeniu najwyższym



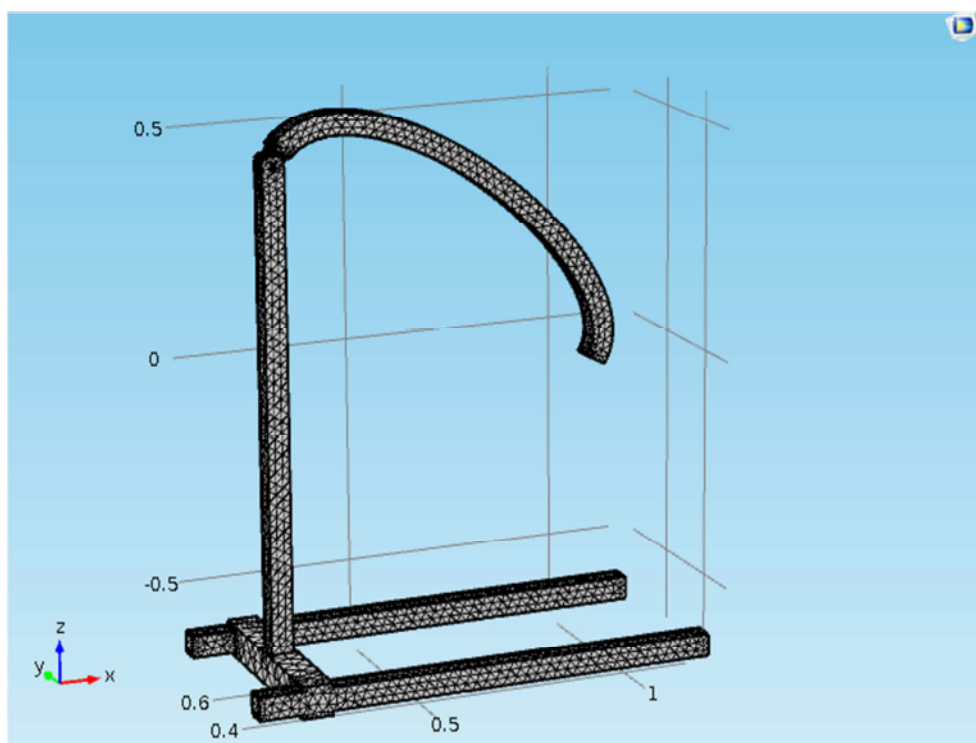
Rys. Wygenerowana siatka MES.



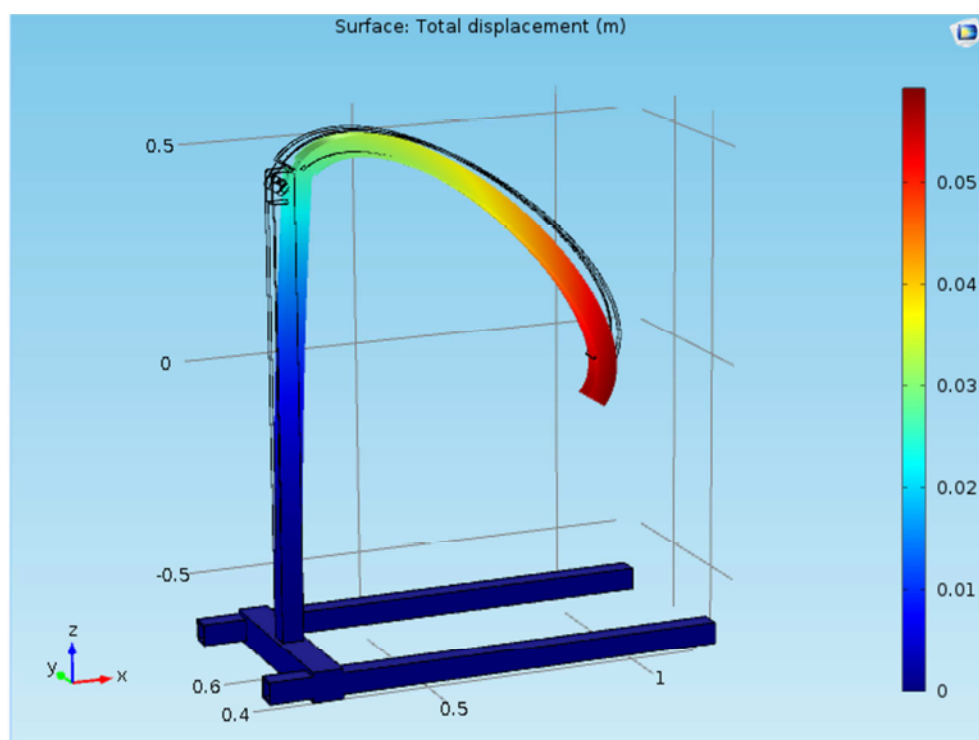
Rys. Przesunięcie w kierunku osi OZ (m).

Maksymalna wartość przemieszczenia wyniosła 9 cm.

6.1.3. Podnośnik w położeniu najniższym



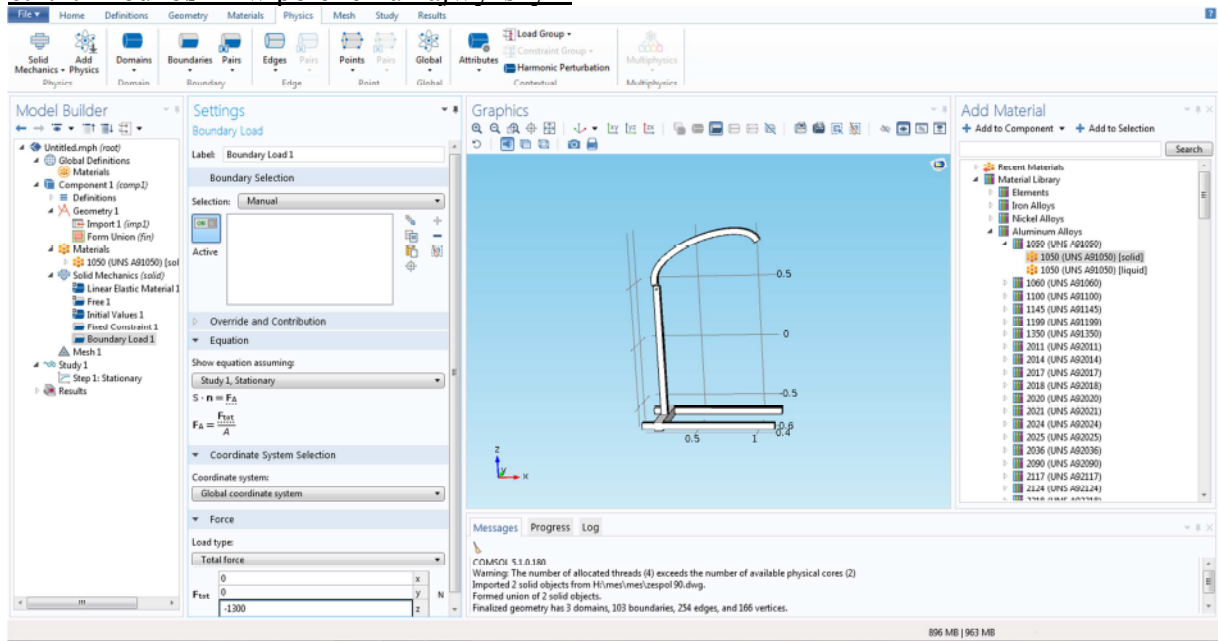
Rys. Wygenerowana siatka MES.
Zagęszczenie siatki 14014.



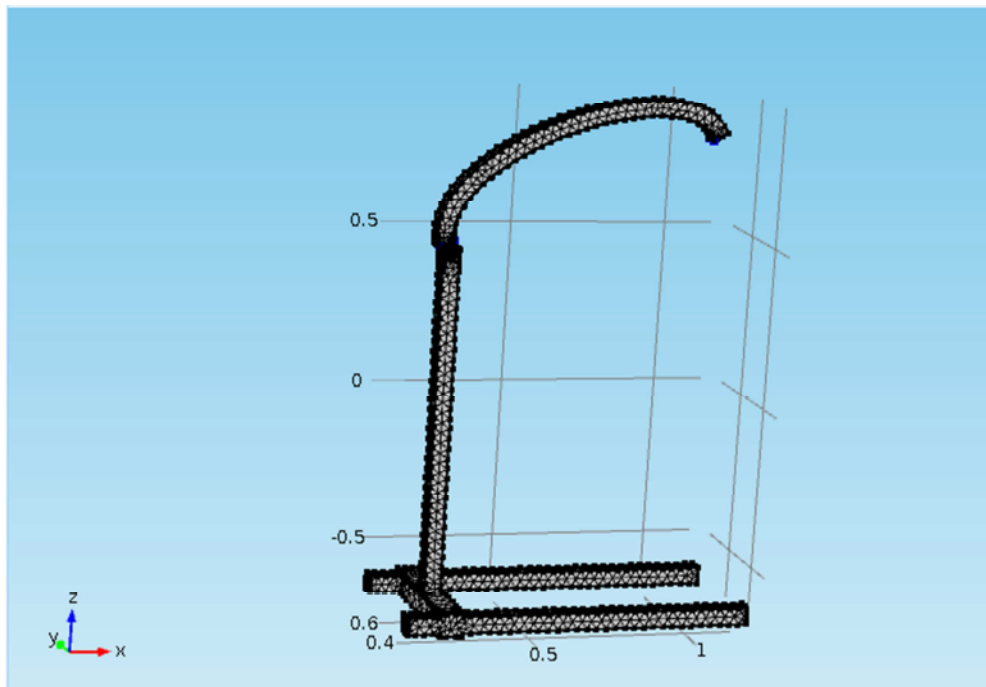
Rys. Przesunięcie w kierunku osi OZ (m).
Maksymalna wartość przesunięcia wyniosła 5cm.

6.2. Profil 8mm

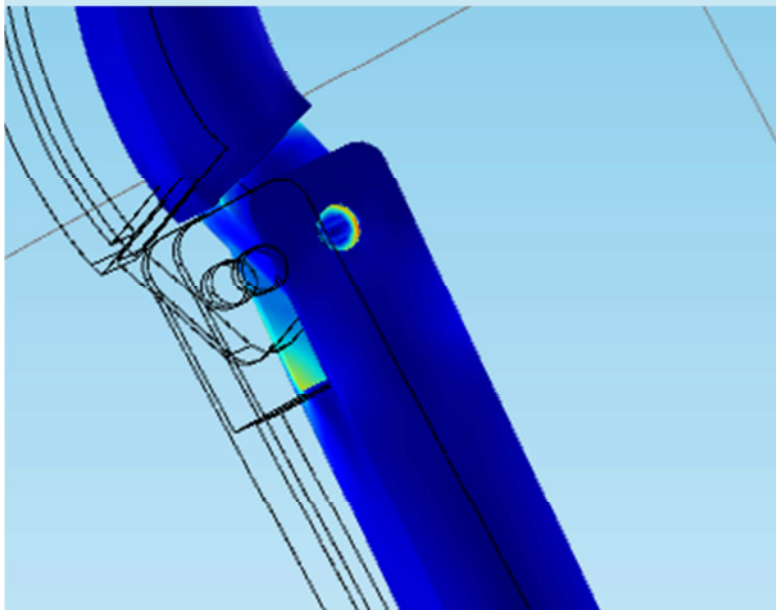
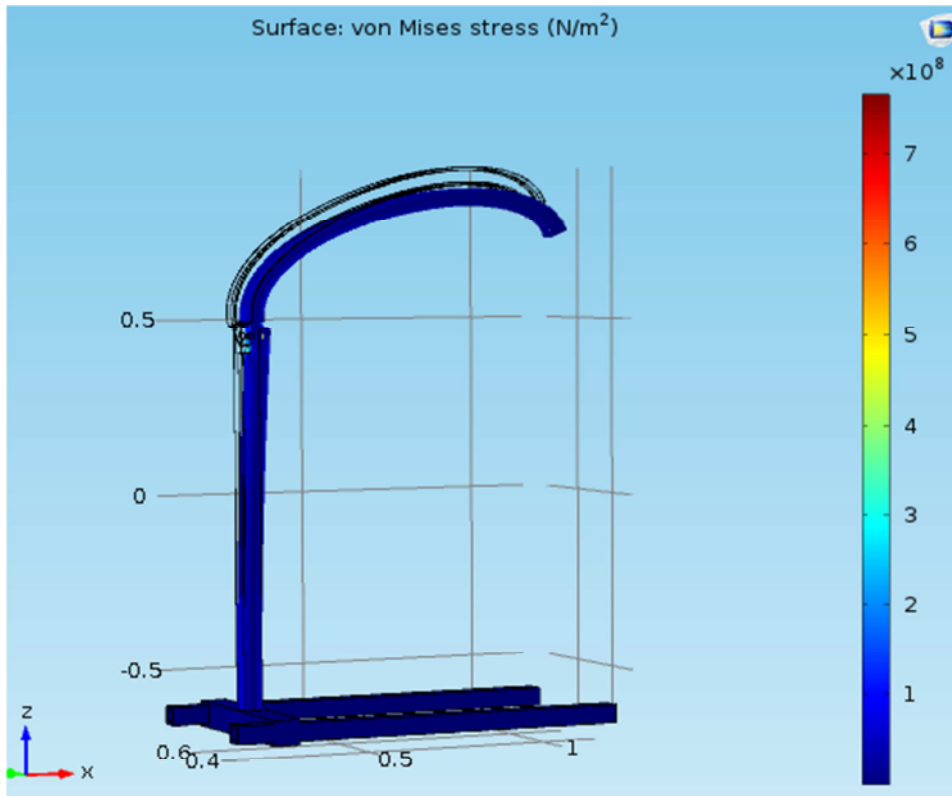
6.2.1. Podnośnik w położeniu najwyższym



Rys. Ustawienia zatasowane do obliczeń modelu w najwyższym położeniu

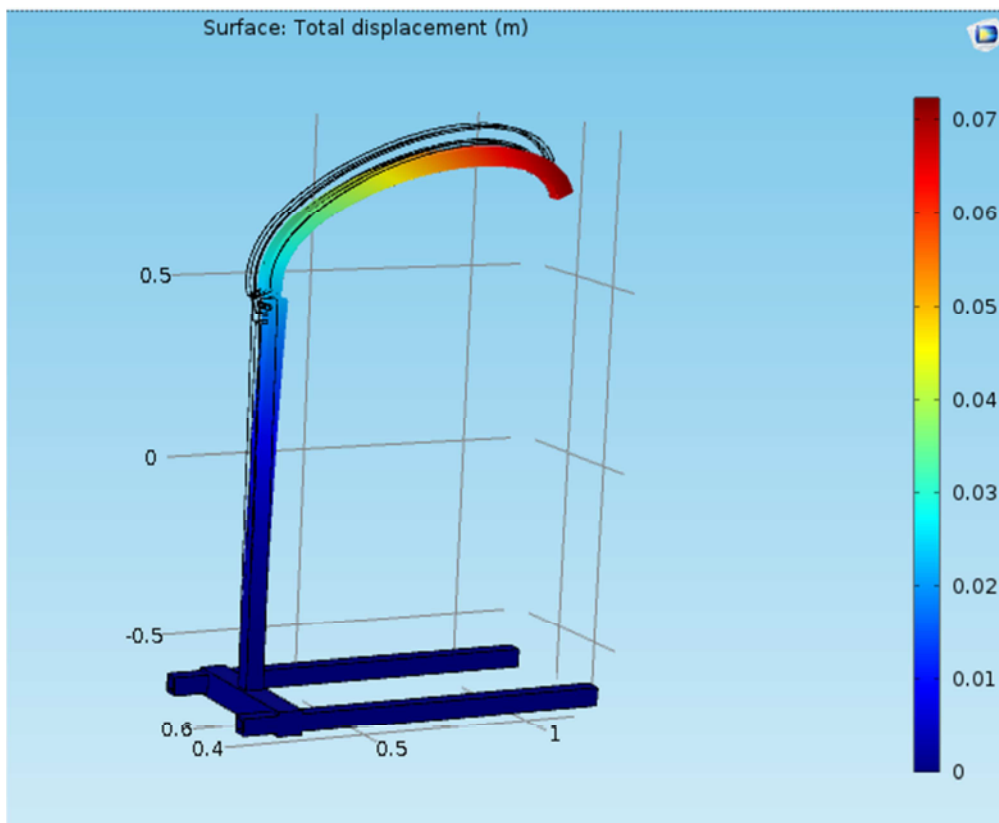


Rys. Wygenerowana siatka MES.
Zagęszczenie siatki 10905.



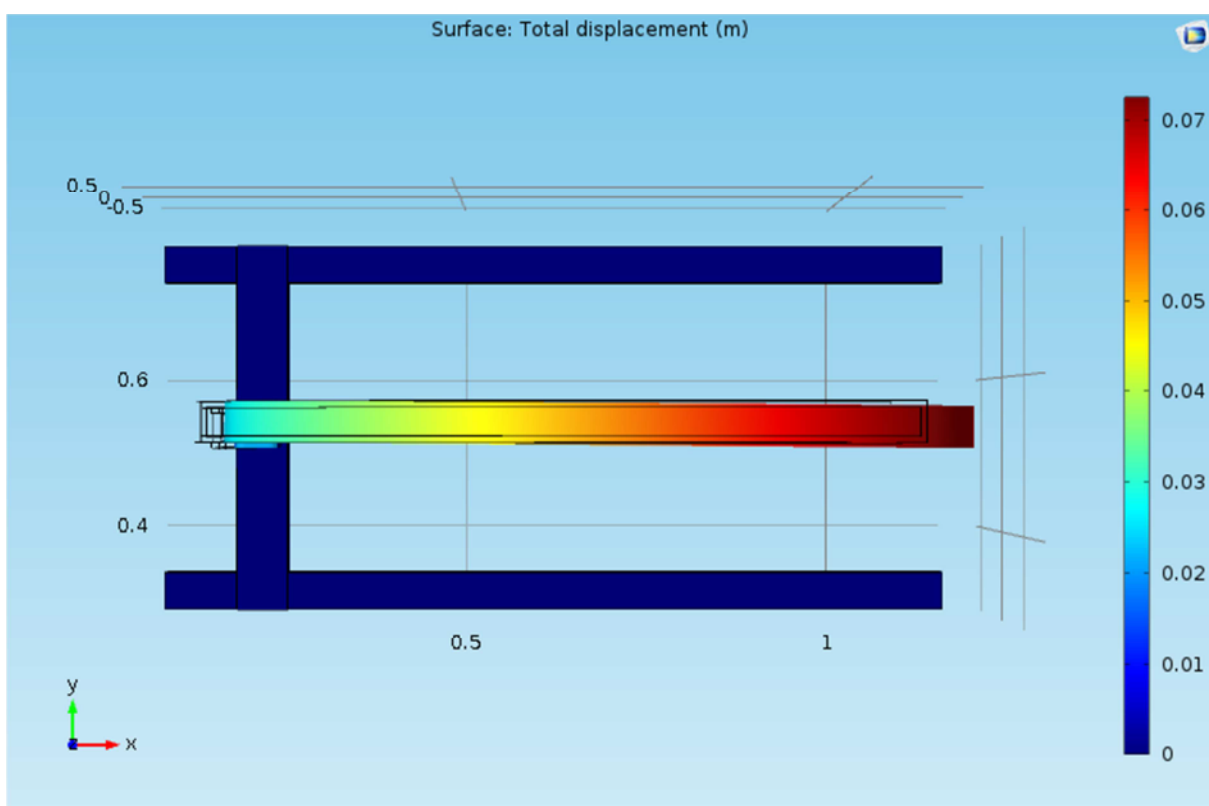
Rys. Rozkład naprężeń (N/m²).

Maksymalna wartość naprężeń wynosi $7 \cdot 10^8$ N/m².



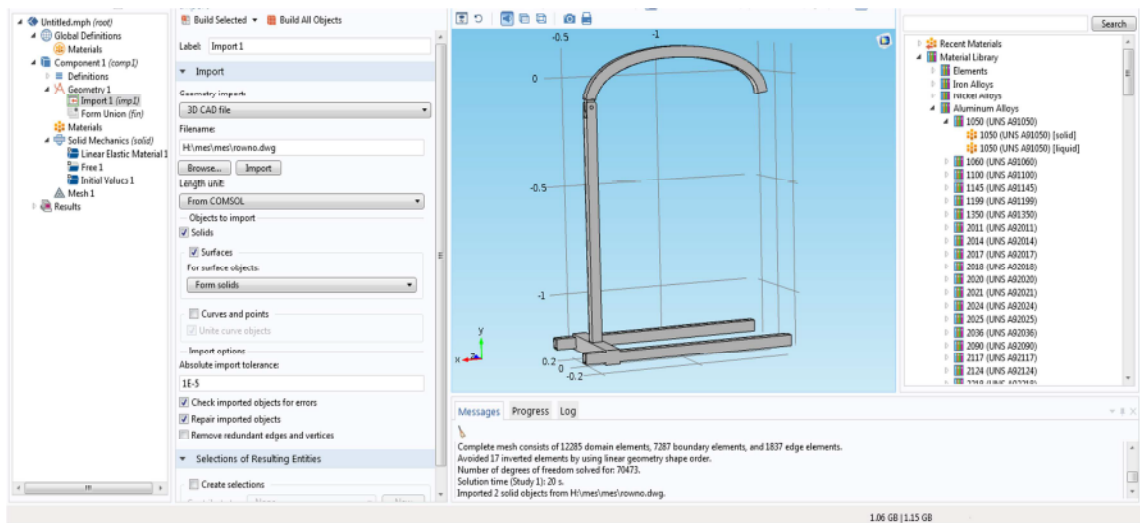
Rys. Przeszczenie w kierunku osi OZ (m).

Maksymalna wartość przeszczenia wyniosła 7 cm.

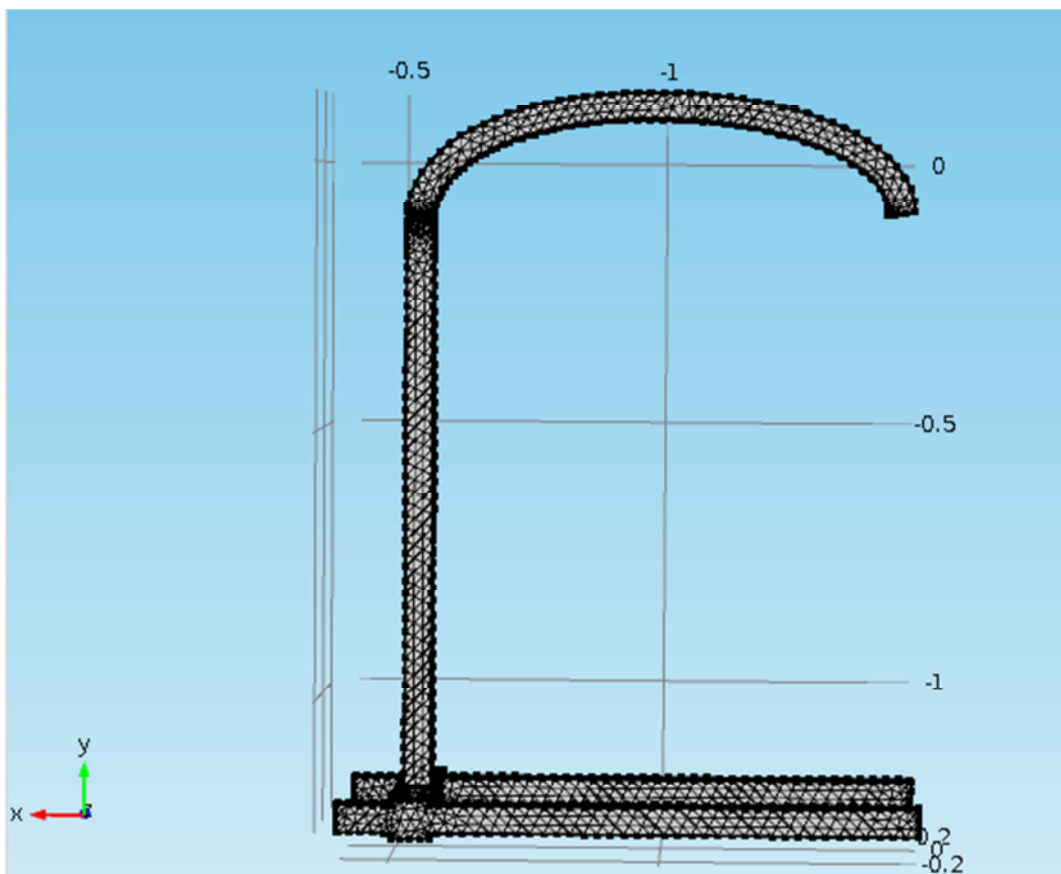


Rys. Przeszczenie w kierunku osi XY (m).

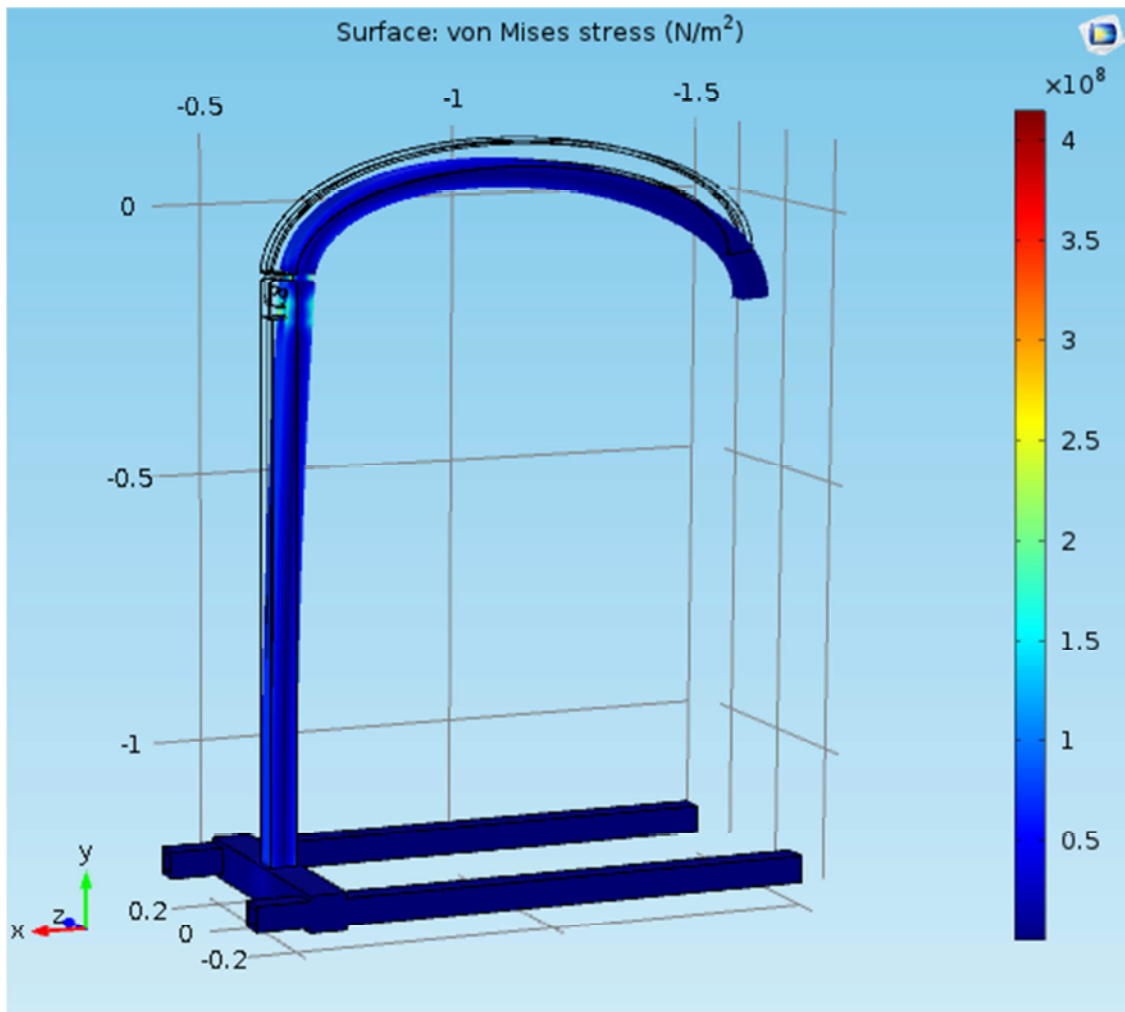
6.2.2. Podnośnik w położeniu horyzontalnym



Rys. Ustawienia zatasowane do obliczeń modelu w położeniu horyzontalnym.

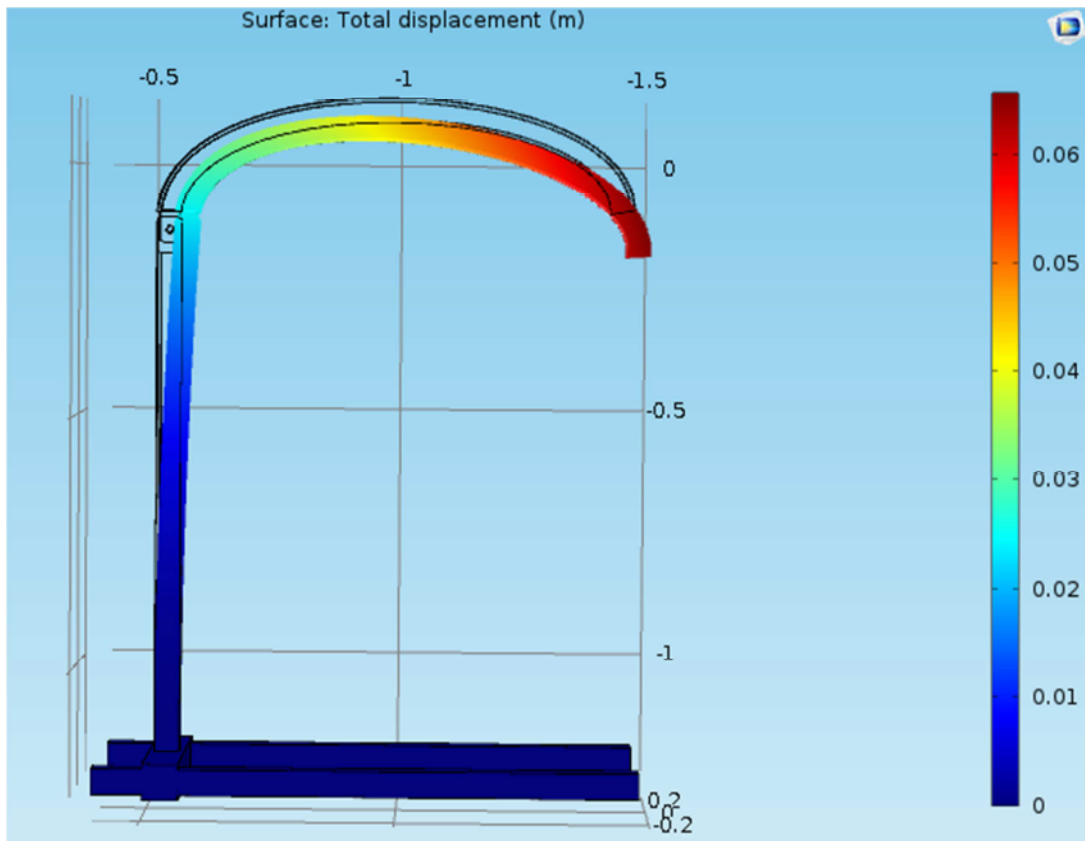


Rys. Wygenerowana siatka MES.
Zagęszczenie siatki 13988.



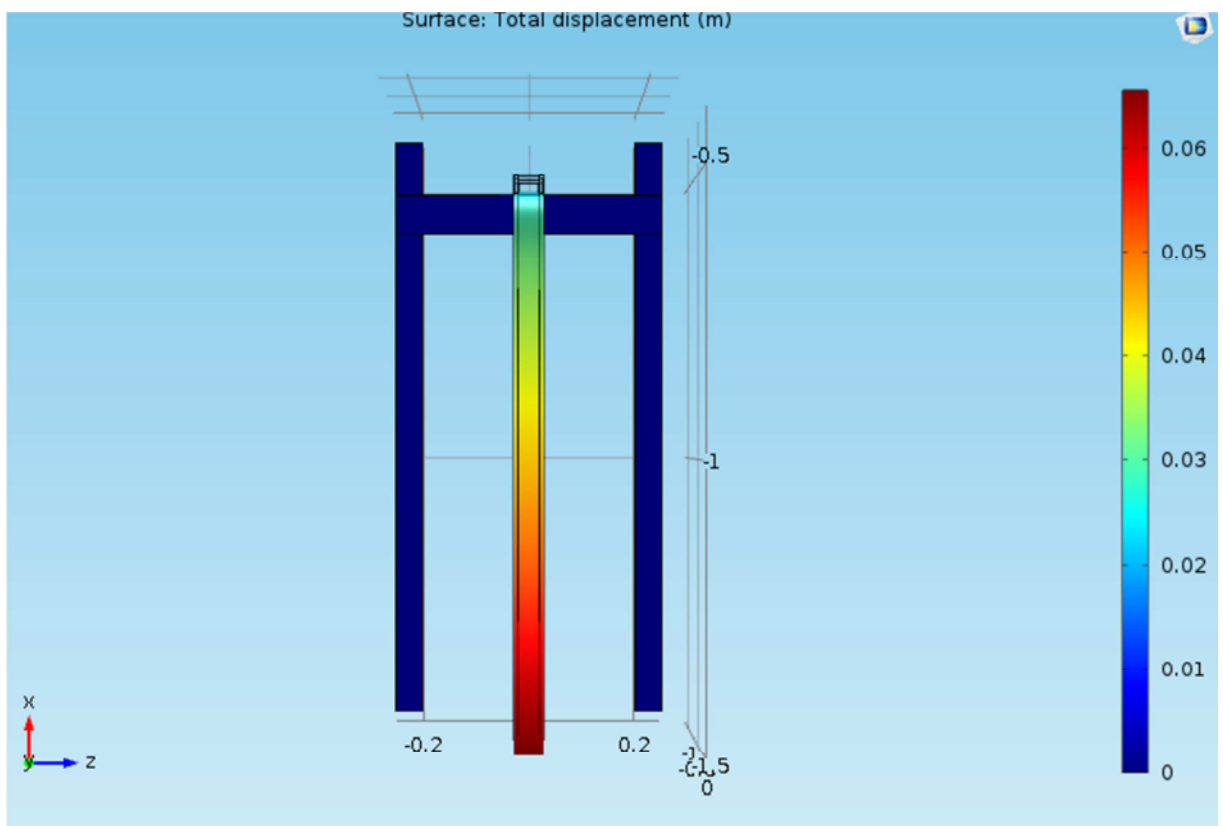
Rys. Rozkład naprężeń (N/m²).

Maksymalna wartość naprężeń wynosi $4 \cdot 10^8$ N/m².



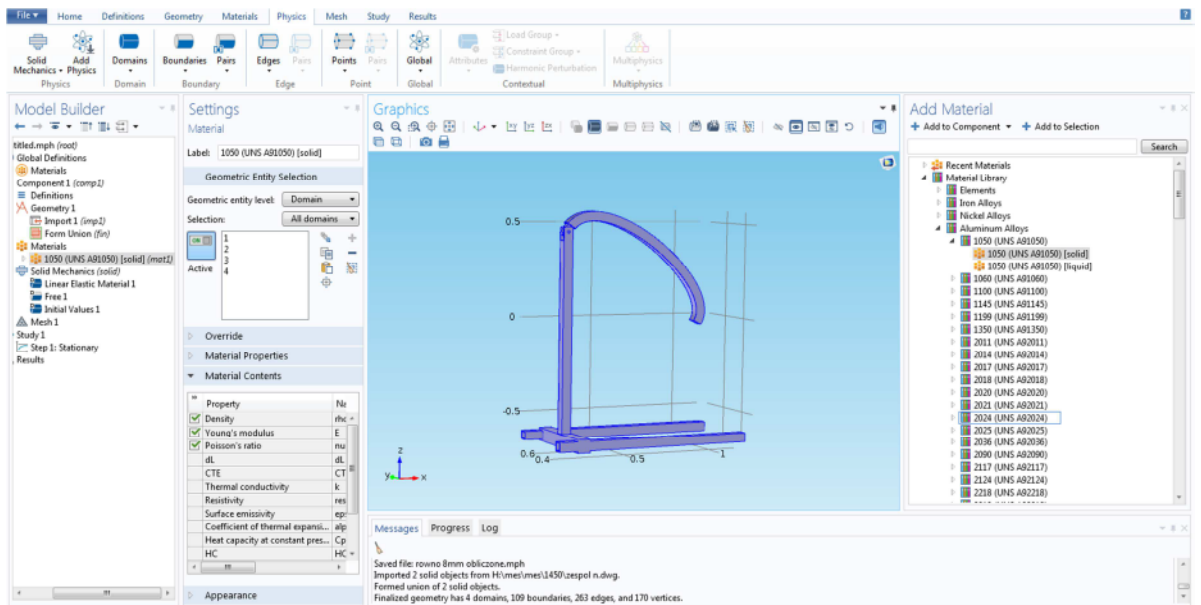
Rys. Przeszyczenie w kierunku osi OY (m).

Maksymalna wartość przeszczenia wyniosła 6cm.

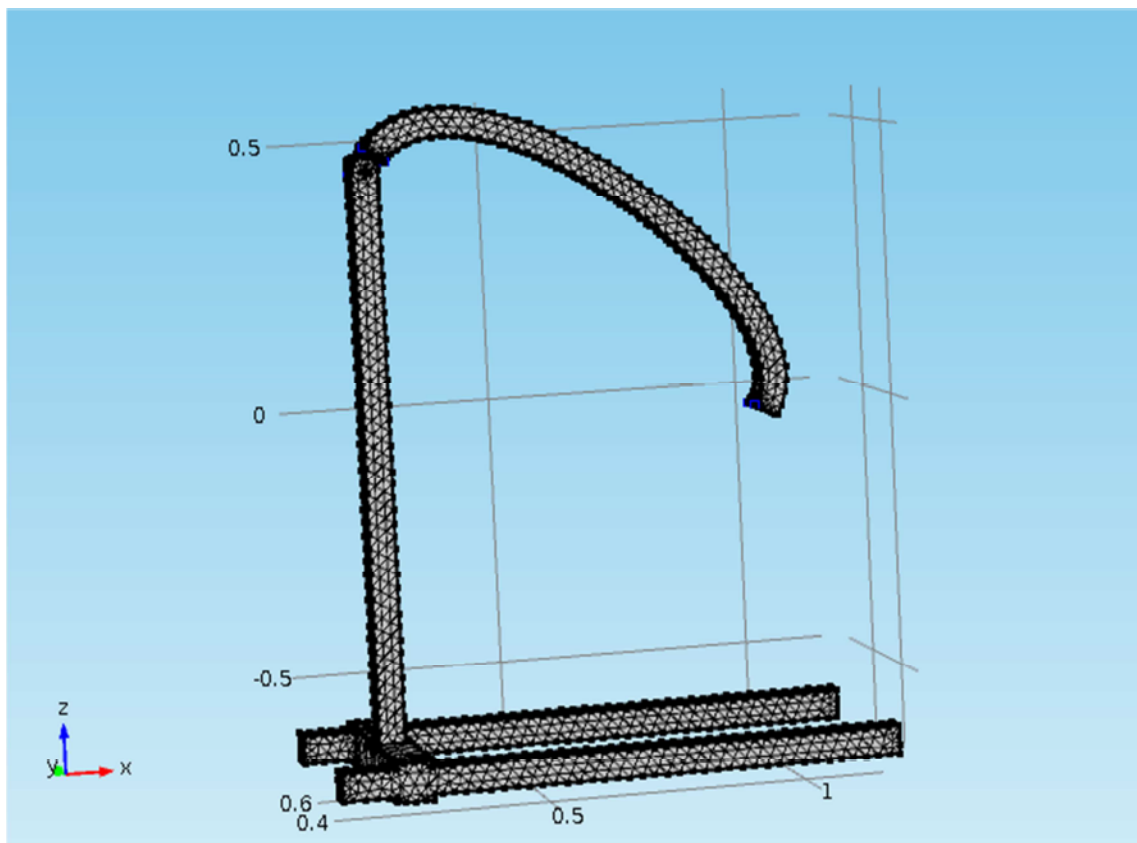


Rys. Przeszyczenie w kierunku osi XY (m).

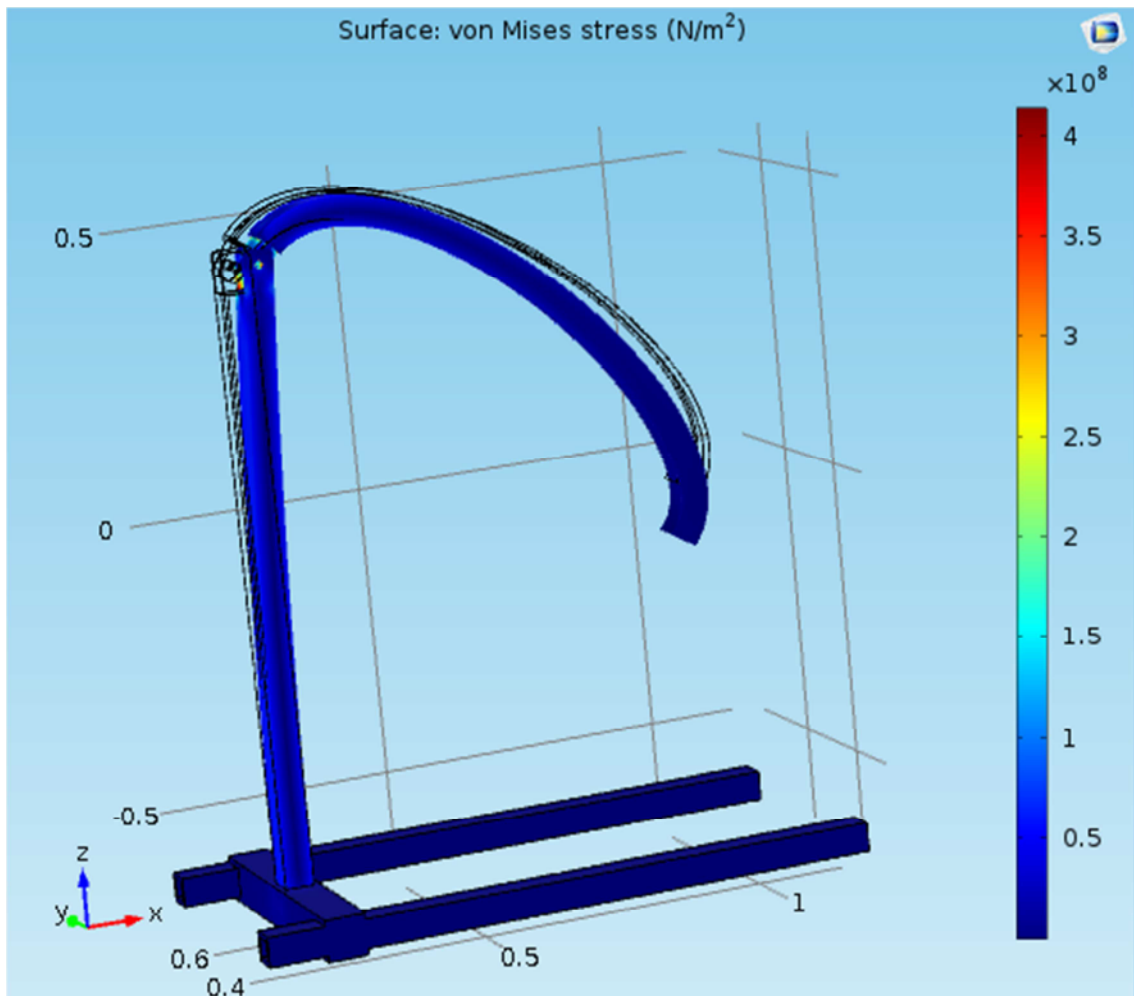
6.2.3. Podnośnik w położeniu najniższym



Rys. Ustawienia zatasowane do obliczeń modelu w najniższym położeniu.

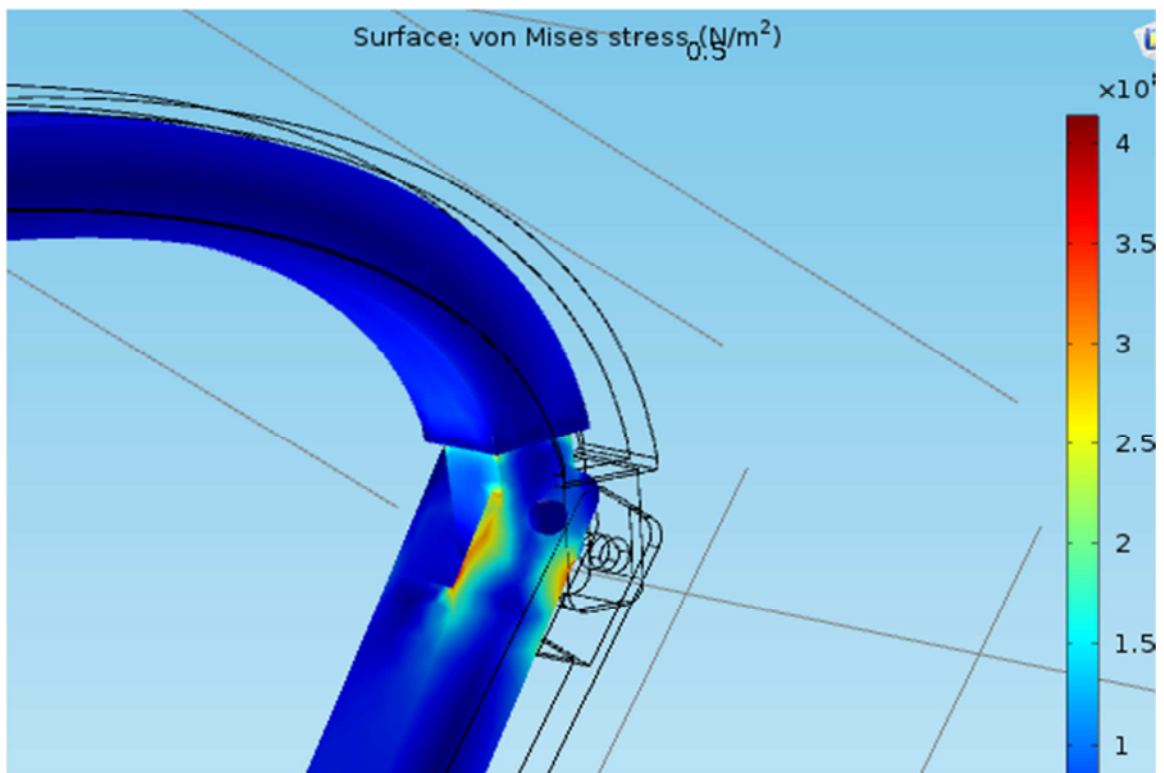


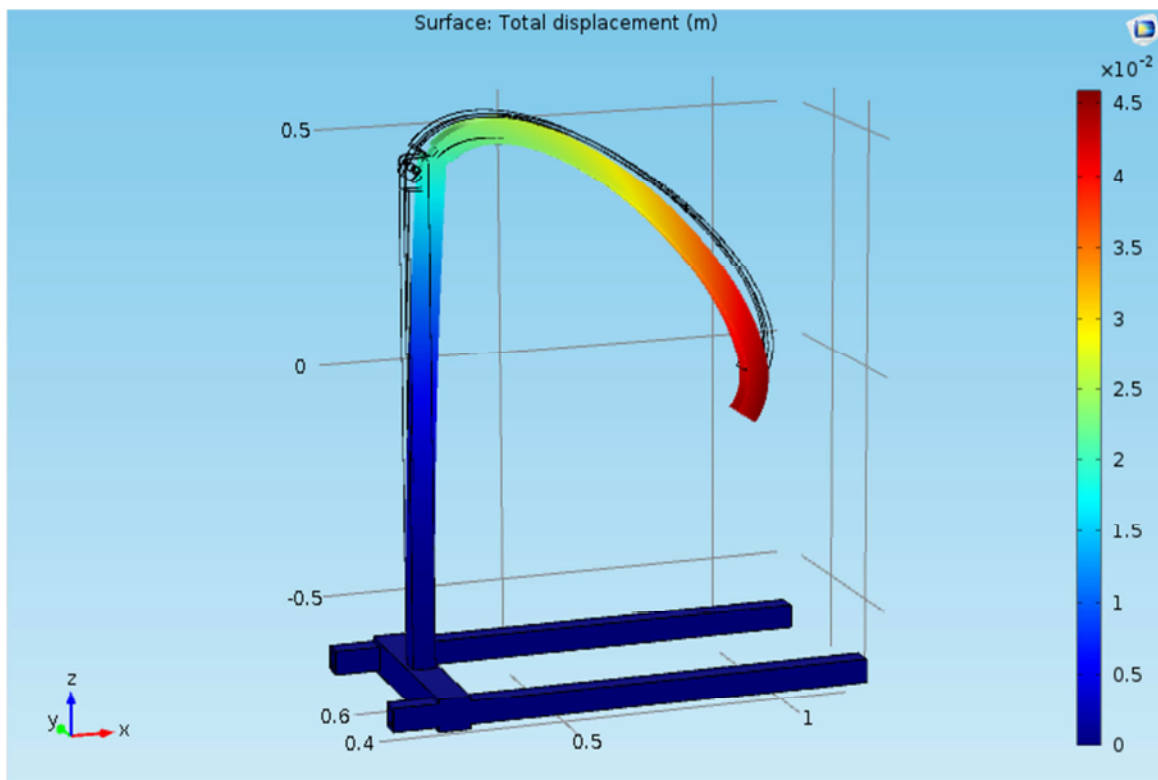
Rys. Wygenerowana siatka MES.
Zagęszczenie siatki 18686.



Rys. Rozkład naprężeń (N/m²).

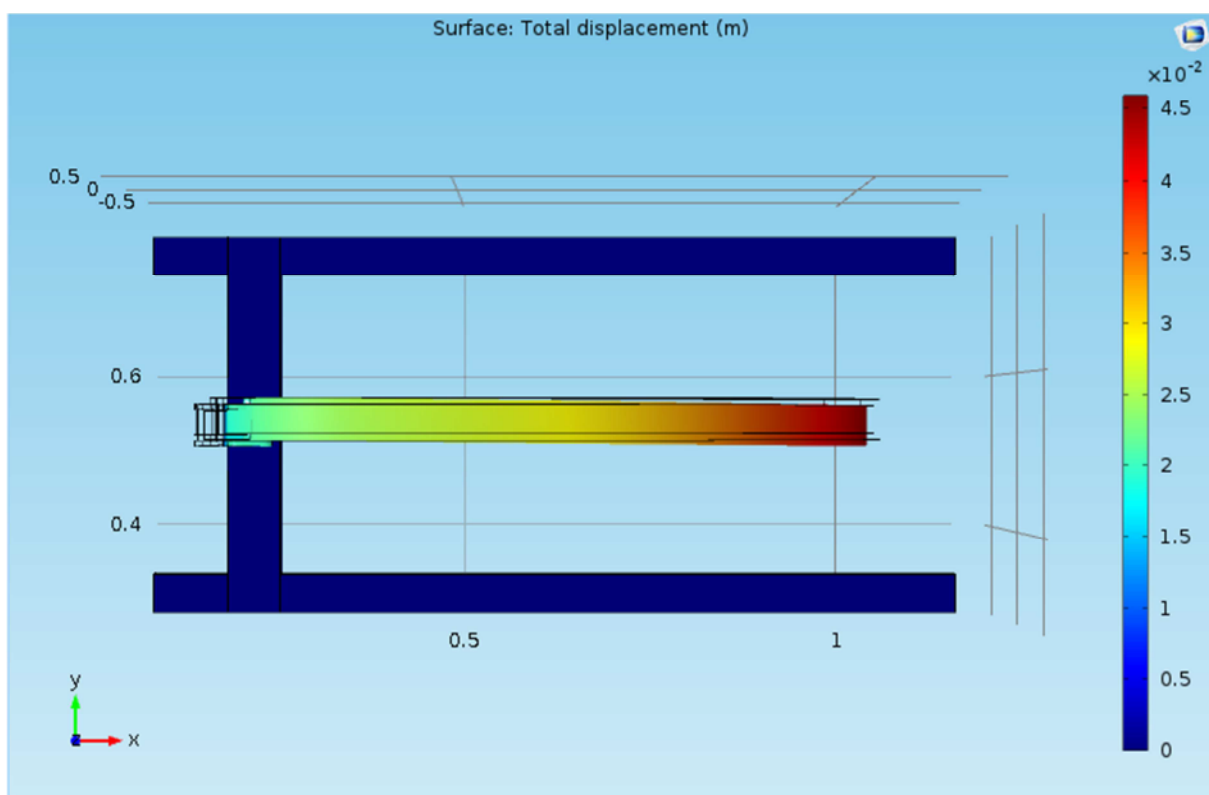
Maksymalna wartość naprężeń wynosi $4 \cdot 10^8$ N/m².





Rys. Przeszyczenie w kierunku osi OZ (m).

Maksymalna wartość przeszczenia wynioła 4,5cm.



Rys. Przeszczenie w kierunku osi XY (m).

6. ANALIZA OTRZYMANYCH WYNIKÓW DLA KAŻDEGO Z MODELI

Położenie	Profil o grubości 5mm	Profil o grubości 8mm
Najwyższe	90 mm	70 mm
Horyzontalne	80 mm	60 mm
Najniższe	50 mm	45 mm

Analizując wyniki zaobserwowano, że zwiększenie grubości profilu z 5 mm na 8 mm zmniejszyło odkształcenia podnośnika. Profil o grubości 5mm został dobrany po wcześniejszych obliczeniach wytrzymałościowych dla wybranego materiału. Jednakże po wykonaniu analizy MES okazało się, że wartość przemieszczenia pod wpływem przyłożonego obciążenia była większa niż przypuszczaliśmy. W związku z tym został zastosowany profil o grubości ścianki 8 mm. Dzięki temu uzyskano mniejszą wartość przemieszczenia, co w przyszłości wpłynie na komfort pacjenta.

Największe przemieszczenie oraz naprężenia występują dla najwyższego położenia podnośnika a najmniejsze dla najniższego.

Największe naprężenia dla każdego przypadku występują w punkcie łączenia łuku z dolną częścią podnośnika. Jest to zgodne z wcześniejszymi założeniami do obliczeń.

7. PODSUMOWANIE

Wyniki analizy wytrzymałościowej jeźdźnego podnośnika pacjenta są zadowalające i zgodne z założeniami.

Ponieważ badaniu, ze względu na możliwości obliczeniowe programu, poddany został tylko uproszczony model podnośnika, możemy zatem przypuszczać, że również pierwotny model uzyska pozytywne wyniki analizy wytrzymałościowej. Twierdzimy tak ze względu na złożoność pierwotnego modelu, a przede wszystkim ze względu na miejsce przymocowania górnego siłownika, który podtrzymuje górne ramie, a także umożliwia zmianę wysokości ramienia. Ponadto zapewniona zostaje stabilność podstawy w wyniku zastosowania siłowników do rozstawu przednich nóg podnośnika.

Program COMSOL Multiphysics® stał się przydatnym narzędziem do wykonania sprawdzenia przemieszczeń oraz powstałych naprężeń w modelu pod wpływem przyłożonej siły. Nie odnotowano również dużych trudności w poruszaniu się po interfejsie programu, jest on przyjazny dla użytkownika (wersja 5.1.).

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://www.linak.pl/>
- [2] <http://www.sunrise-medical.pl/>
- [3] <http://www.arjohuntleigh.pl/pl/default.asp>
- [4] <http://levicare.com/>
- [5] <http://www.liftplus.pl/>
- [6] <http://www.rehmedis.eu/>
- [7] <http://www.ergolet.com/pl/>
- [8] <http://www.arjohuntleigh.com/products/patient-transfer-solutions/passive-floor-lifters/tenor/>
- [9] <http://www.blickle.pl/produkt/LEXR-PATH-80KD-FI-FK-754536>
- [10] <http://www.linak.pl/products/linear-actuators.aspx?product=LA23>
- [11] <https://www.effector.com.pl/pl/kontakt/>
- [12] <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=ma6061t6>
- [13] <https://www.comsol.com>