

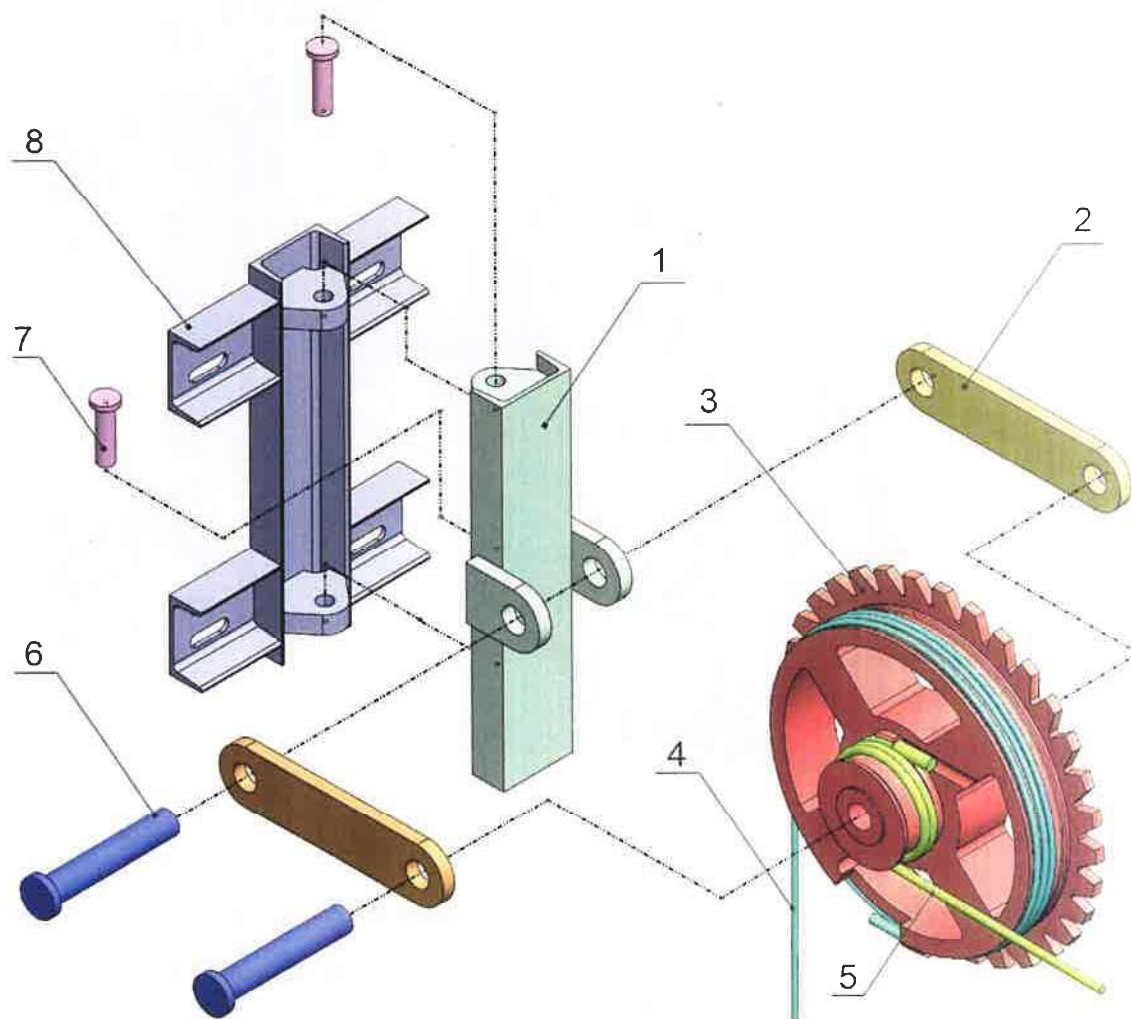
5. Opracowanie modeli CAD podzespołów urządzeń stało-siłowych wykorzystujących siłę grawitacji

Tytuł zadania:

Opracowanie modeli CAD podzespołów urządzeń stało-siłowych wykorzystujących siłę grawitacji

5.1. Opracowanie postaci konstrukcyjnej poszczególnych części składowych urządzeń stało siłowych wykorzystujących siłę grawitacji w systemie przestrzennego modelowania (CAD).

Na podstawie wymagań sformułowanych przez Zleceniodawcę opracowano modele CAD podzespołów urządzeń stało-siłowych wykorzystujących siłę grawitacji. Na Rys. 12 przedstawiono podstawowe części urządzenia (w widoku rozstrzelonym).

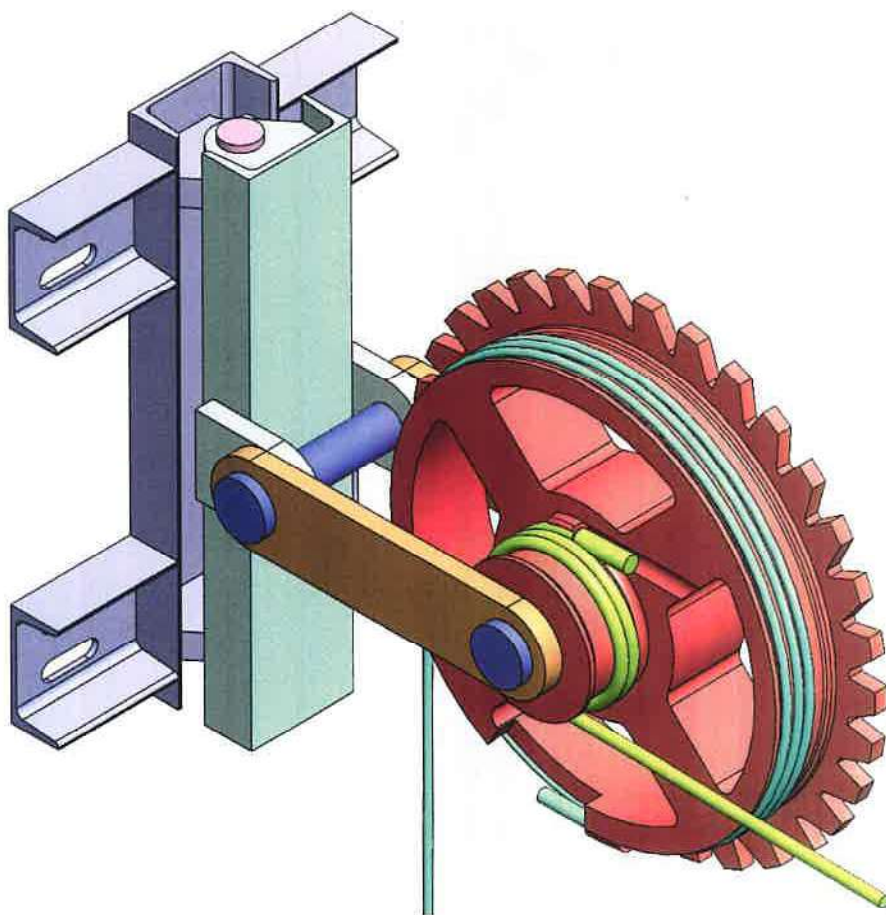


Rys. 12 Podstawowe części urządzenia stało-siłowego wykorzystującego siłę grawitacji
(opis w tekście)

Głównymi elementami urządzenia są: 1 - wspornik pionowy ruchomy, 2 - wspornik koła linowego, koło linowe, 4 - lina ciężarów, 5 - lina naprężająca, 6 – sworzeń wspornika koła linowego, 7 – sworzeń wspornika pionowego, 8 – wspornik pionowy stały. Na rysunku Rys. 12 linią punktową zaznaczono sposób połączenia poszczególnych elementów urządzenia.

5.2. Opracowanie konstrukcji złożów podzespołów urządzeń stało siłowych wykorzystujących siłę grawitacji w systemie przestrzennego modelowania (CAD).

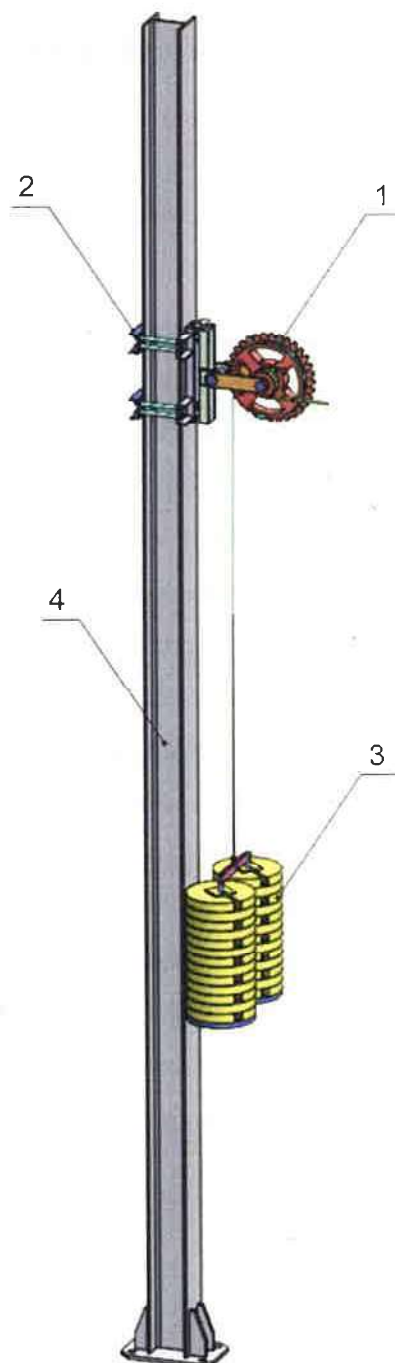
Po opracowaniu postaci konstrukcyjnej poszczególnych części składowych urządzenia złożono je w całość konstrukcji, co pokazano na rysunku Rys. 13.



Rys. 13 Konstrukcja urządzenia stało-siłowego wykorzystującego siłę grawitacji

Na Rys. 14 przedstawiono konstrukcję urządzenia stało-siłowego wykorzystującego siłę grawitacji zamontowaną na przykładowym słupie trakcyjnym, na rysunku tym pominięto elementy prowadzenia ruchu podzespołów ciężarowych wzdłuż wysokości słupa oraz podzespołu awaryjnego zabezpieczenia na wypadek zerwania kompensowanej liny. Pominięte

podzespoły nie są istotne z punktu widzenia przeprowadzanej analizy obliczeniowej. Na Rys. 14 przedstawiono poglądowo urządzenie stało-siłowe wykorzystujące siłę grawitacji zamontowane na słupie trakcyjnym. Jak można zauważyć na Rys. 14 w urządzeniu zastosowano podwojony układ obciążników w celu zwiększenia wartości siły naprężającej linie trakcyjnej.



Rys. 14 Urządzenie stało-siłowe wykorzystujące siłę grawitacji zamontowane z słupie trakcyjnym (opis w tekście)

Opis elementów na Rys. 14: 1 - urządzenia stało-siłowe wykorzystujące siłę grawitacji, 2 – układ mocowania urządzenia do słupa trakcyjnego, 3 – podwójny zespół obciążników grawitacyjnych, 4 – słup trakcyjny.

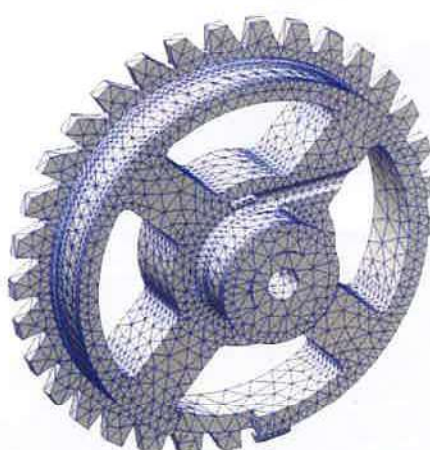
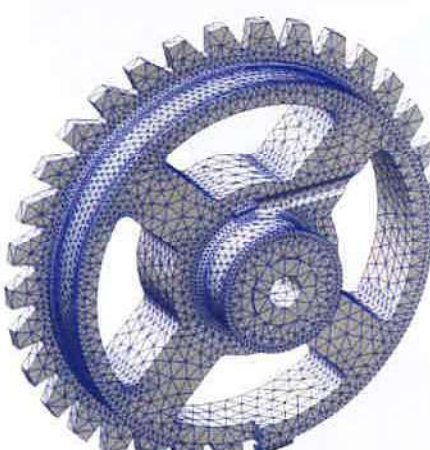
6. Opracowanie modeli MES podzespołów urządzeń stało-siłowych wykorzystujących siłę grawitacji

Tytuł zadania:

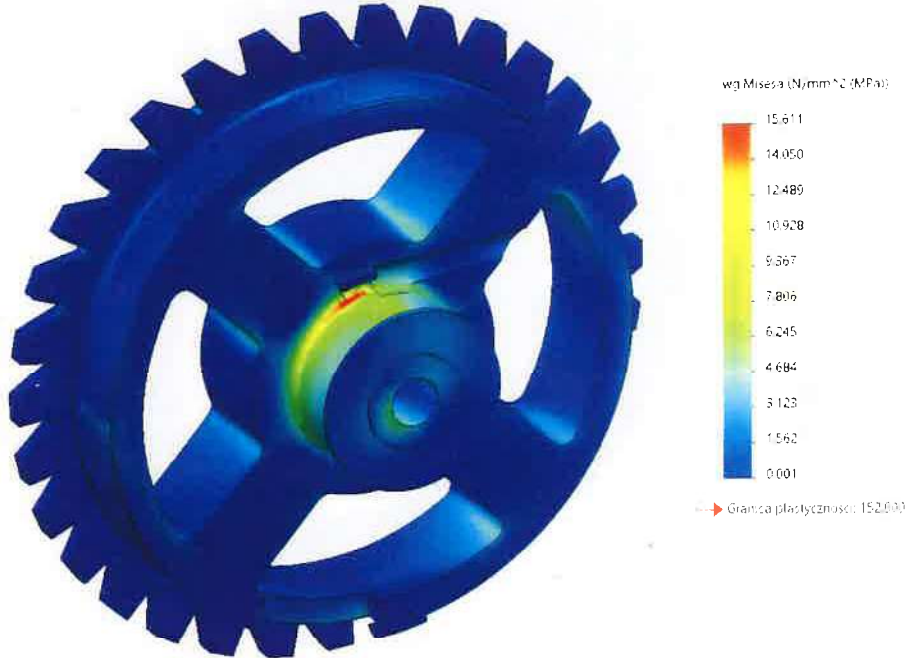
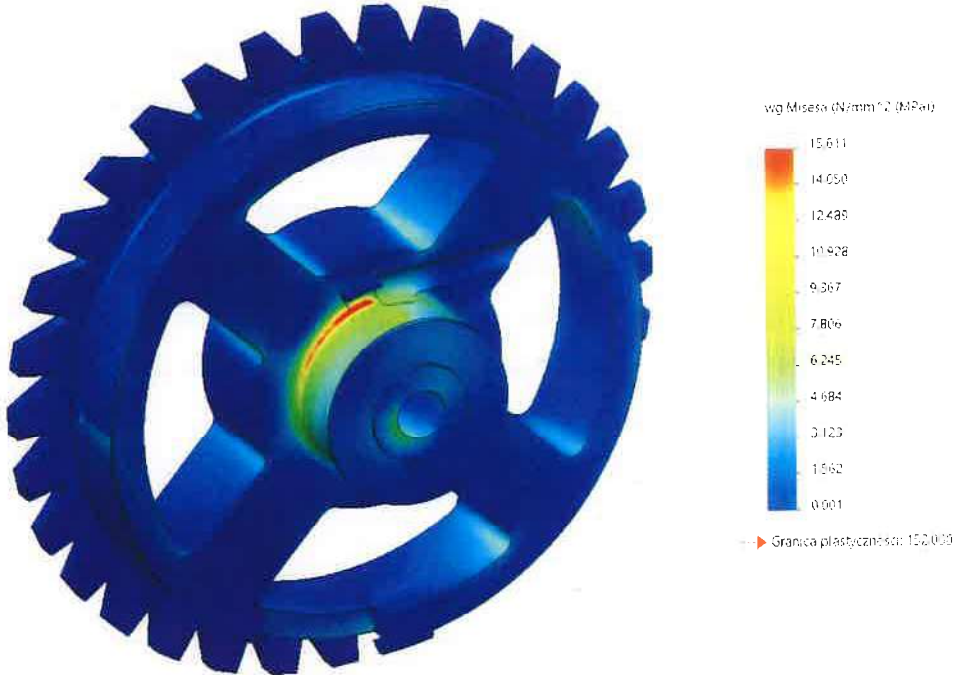
Opracowanie modeli MES podzespołów urządzeń stało-siłowych wykorzystujących siłę grawitacji

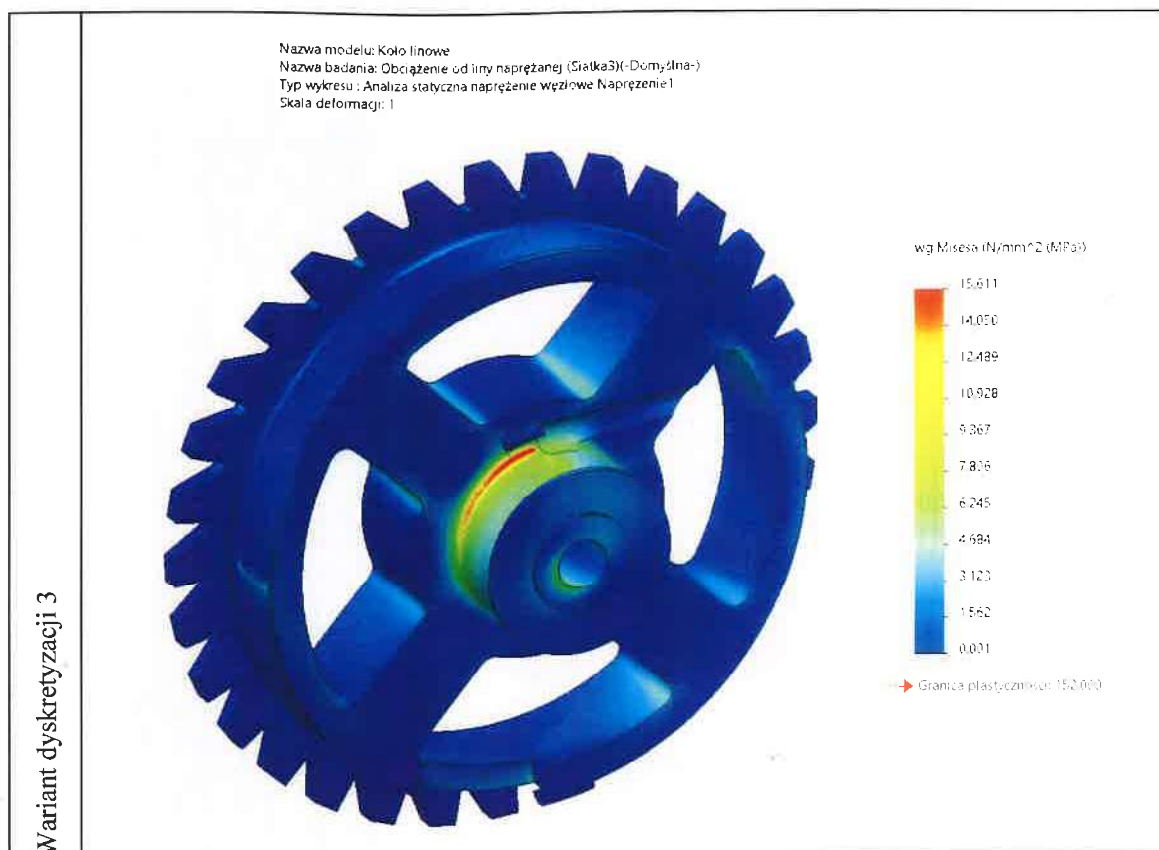
6.1. Analiza wrażliwości wyników obliczeń na stosowane techniki modelowania
Przed rozpoczęciem analiz MES należy odpowiednio dobrać technikę modelowania oraz parametry i warunki analizy, takie jak: sposób modelowania kontaktów, rodzaj i gęstość zastosowanej siatki podziału, czy sposób modelowania warunków brzegowych oraz obciążeń. W celu wyznaczenia istotnych parametrów modelowania układu przeprowadzono analizę wrażliwości wyznaczanych w obliczenia wartości naprężeń na parametry dyskretyzacji struktury bryłowej modelu, w modelowaniu użyto siatki bryłowej. Przeprowadzono obliczenia wstępne dla co najmniej trzech rozmiarów elementów skończonych. W procesie dyskretyzacji zastosowano automatyczny generator siatki, przy czym ze względu na geometryczną złożoność kształtu analizowanych części użyto siatki opartej na krzywiźnie. Badaniu wrażliwości poddano najistotniejsze części analizowanego obiektu. W Tab. 3 zestawiono przykładowe dane przyjęte w tym badaniu dla koła linowego. W Tab. 4 zestawiono przykładowe wyniki badań dla naprężeń zredukowanych wg hipotezy Hubera-Misesa dla trzech analizowanych wariantów dyskretyzacji. Na podstawie zestawionych wyników (Tab. 4) można stwierdzić brak istotnych zmian w zarówno wartościach jak i charakterze rozkładów porównywanych naprężeń, pozwala to na akceptację przyjętych parametrów modelowania.

Tab. 3 Zestawienie parametrów dyskretyzacji kola linowego

	Wygląd siatki	Parametry dyskretyzacji																																
Wariant dyskretyzacji 1		Siatka Szczegóły <table><tr><td>Nazwa badania</td><td>Obciążenie od liny naprężonej (-Domyślne-)</td></tr><tr><td>Typ siatki</td><td>Siatka bryłowa</td></tr><tr><td>Użyty generator siatki</td><td>Siatka oparta na mieszanej krzywiznie</td></tr><tr><td>Punkty Jakobiana siatki wysokiej jakości</td><td>16 punktów</td></tr><tr><td>Maks. rozmiar elementu</td><td>42 2636 mm</td></tr><tr><td>Min. rozmiar elementu</td><td>8 45272 mm</td></tr><tr><td>Jakość siatki</td><td>Wysoka</td></tr><tr><td>Całkowita liczba węzłów</td><td>56392</td></tr><tr><td>Całkowita liczba elementów</td><td>35648</td></tr><tr><td>Maksymalny współczynnik kształtu</td><td>10.163</td></tr><tr><td>Procent elementów o współczynniku kształtu <3</td><td>95.4</td></tr><tr><td>Procent elementów o współczynniku kształtu >10</td><td>0.00261</td></tr><tr><td>Procent zniekształconych elementów</td><td>0</td></tr><tr><td>Liczba zniekształconych elementów</td><td>0</td></tr><tr><td>Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss)</td><td>00:00:13</td></tr><tr><td>Nazwa komputera</td><td>EG10</td></tr></table>	Nazwa badania	Obciążenie od liny naprężonej (-Domyślne-)	Typ siatki	Siatka bryłowa	Użyty generator siatki	Siatka oparta na mieszanej krzywiznie	Punkty Jakobiana siatki wysokiej jakości	16 punktów	Maks. rozmiar elementu	42 2636 mm	Min. rozmiar elementu	8 45272 mm	Jakość siatki	Wysoka	Całkowita liczba węzłów	56392	Całkowita liczba elementów	35648	Maksymalny współczynnik kształtu	10.163	Procent elementów o współczynniku kształtu <3	95.4	Procent elementów o współczynniku kształtu >10	0.00261	Procent zniekształconych elementów	0	Liczba zniekształconych elementów	0	Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss)	00:00:13	Nazwa komputera	EG10
Nazwa badania	Obciążenie od liny naprężonej (-Domyślne-)																																	
Typ siatki	Siatka bryłowa																																	
Użyty generator siatki	Siatka oparta na mieszanej krzywiznie																																	
Punkty Jakobiana siatki wysokiej jakości	16 punktów																																	
Maks. rozmiar elementu	42 2636 mm																																	
Min. rozmiar elementu	8 45272 mm																																	
Jakość siatki	Wysoka																																	
Całkowita liczba węzłów	56392																																	
Całkowita liczba elementów	35648																																	
Maksymalny współczynnik kształtu	10.163																																	
Procent elementów o współczynniku kształtu <3	95.4																																	
Procent elementów o współczynniku kształtu >10	0.00261																																	
Procent zniekształconych elementów	0																																	
Liczba zniekształconych elementów	0																																	
Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss)	00:00:13																																	
Nazwa komputera	EG10																																	
Wariant dyskretyzacji 2		Siatka Szczegóły <table><tr><td>Nazwa badania</td><td>Obciążenie od liny naprężonej (Siatka2) (-Domyślne-)</td></tr><tr><td>Typ siatki</td><td>Siatka bryłowa</td></tr><tr><td>Użyty generator siatki</td><td>Siatka oparta na mieszanej krzywiznie</td></tr><tr><td>Punkty Jakobiana siatki wysokiej jakości</td><td>16 punktów</td></tr><tr><td>Maks. rozmiar elementu</td><td>21 1318 mm</td></tr><tr><td>Min. rozmiar elementu</td><td>4 22636 mm</td></tr><tr><td>Jakość siatki</td><td>Wysoka</td></tr><tr><td>Całkowita liczba węzłów</td><td>99395</td></tr><tr><td>Całkowita liczba elementów</td><td>62472</td></tr><tr><td>Maksymalny współczynnik kształtu</td><td>97.119</td></tr><tr><td>Procent elementów o współczynniku kształtu <3</td><td>97.5</td></tr><tr><td>Procent elementów o współczynniku kształtu >10</td><td>0.0048</td></tr><tr><td>Procent zniekształconych elementów</td><td>0</td></tr><tr><td>Liczba zniekształconych elementów</td><td>0</td></tr><tr><td>Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss)</td><td>00:00:17</td></tr><tr><td>Nazwa komputera</td><td>EG10</td></tr></table>	Nazwa badania	Obciążenie od liny naprężonej (Siatka2) (-Domyślne-)	Typ siatki	Siatka bryłowa	Użyty generator siatki	Siatka oparta na mieszanej krzywiznie	Punkty Jakobiana siatki wysokiej jakości	16 punktów	Maks. rozmiar elementu	21 1318 mm	Min. rozmiar elementu	4 22636 mm	Jakość siatki	Wysoka	Całkowita liczba węzłów	99395	Całkowita liczba elementów	62472	Maksymalny współczynnik kształtu	97.119	Procent elementów o współczynniku kształtu <3	97.5	Procent elementów o współczynniku kształtu >10	0.0048	Procent zniekształconych elementów	0	Liczba zniekształconych elementów	0	Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss)	00:00:17	Nazwa komputera	EG10
Nazwa badania	Obciążenie od liny naprężonej (Siatka2) (-Domyślne-)																																	
Typ siatki	Siatka bryłowa																																	
Użyty generator siatki	Siatka oparta na mieszanej krzywiznie																																	
Punkty Jakobiana siatki wysokiej jakości	16 punktów																																	
Maks. rozmiar elementu	21 1318 mm																																	
Min. rozmiar elementu	4 22636 mm																																	
Jakość siatki	Wysoka																																	
Całkowita liczba węzłów	99395																																	
Całkowita liczba elementów	62472																																	
Maksymalny współczynnik kształtu	97.119																																	
Procent elementów o współczynniku kształtu <3	97.5																																	
Procent elementów o współczynniku kształtu >10	0.0048																																	
Procent zniekształconych elementów	0																																	
Liczba zniekształconych elementów	0																																	
Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss)	00:00:17																																	
Nazwa komputera	EG10																																	
Wariant dyskretyzacji 3		Siatka Szczegóły <table><tr><td>Nazwa badania</td><td>Obciążenie od liny naprężonej (Siatka3) (-Domyślne-)</td></tr><tr><td>Typ siatki</td><td>Siatka bryłowa</td></tr><tr><td>Użyty generator siatki</td><td>Siatka oparta na mieszanej krzywiznie</td></tr><tr><td>Punkty Jakobiana siatki wysokiej jakości</td><td>16 punktów</td></tr><tr><td>Maks. rozmiar elementu</td><td>10 5659 mm</td></tr><tr><td>Min. rozmiar elementu</td><td>2 11318 mm</td></tr><tr><td>Jakość siatki</td><td>Wysoka</td></tr><tr><td>Całkowita liczba węzłów</td><td>191289</td></tr><tr><td>Całkowita liczba elementów</td><td>125786</td></tr><tr><td>Maksymalny współczynnik kształtu</td><td>39.359</td></tr><tr><td>Procent elementów o współczynniku kształtu <3</td><td>99.5</td></tr><tr><td>Procent elementów o współczynniku kształtu >10</td><td>0.00318</td></tr><tr><td>Procent zniekształconych elementów</td><td>0</td></tr><tr><td>Liczba zniekształconych elementów</td><td>0</td></tr><tr><td>Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss)</td><td>00:00:21</td></tr><tr><td>Nazwa komputera</td><td>EG10</td></tr></table>	Nazwa badania	Obciążenie od liny naprężonej (Siatka3) (-Domyślne-)	Typ siatki	Siatka bryłowa	Użyty generator siatki	Siatka oparta na mieszanej krzywiznie	Punkty Jakobiana siatki wysokiej jakości	16 punktów	Maks. rozmiar elementu	10 5659 mm	Min. rozmiar elementu	2 11318 mm	Jakość siatki	Wysoka	Całkowita liczba węzłów	191289	Całkowita liczba elementów	125786	Maksymalny współczynnik kształtu	39.359	Procent elementów o współczynniku kształtu <3	99.5	Procent elementów o współczynniku kształtu >10	0.00318	Procent zniekształconych elementów	0	Liczba zniekształconych elementów	0	Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss)	00:00:21	Nazwa komputera	EG10
Nazwa badania	Obciążenie od liny naprężonej (Siatka3) (-Domyślne-)																																	
Typ siatki	Siatka bryłowa																																	
Użyty generator siatki	Siatka oparta na mieszanej krzywiznie																																	
Punkty Jakobiana siatki wysokiej jakości	16 punktów																																	
Maks. rozmiar elementu	10 5659 mm																																	
Min. rozmiar elementu	2 11318 mm																																	
Jakość siatki	Wysoka																																	
Całkowita liczba węzłów	191289																																	
Całkowita liczba elementów	125786																																	
Maksymalny współczynnik kształtu	39.359																																	
Procent elementów o współczynniku kształtu <3	99.5																																	
Procent elementów o współczynniku kształtu >10	0.00318																																	
Procent zniekształconych elementów	0																																	
Liczba zniekształconych elementów	0																																	
Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss)	00:00:21																																	
Nazwa komputera	EG10																																	

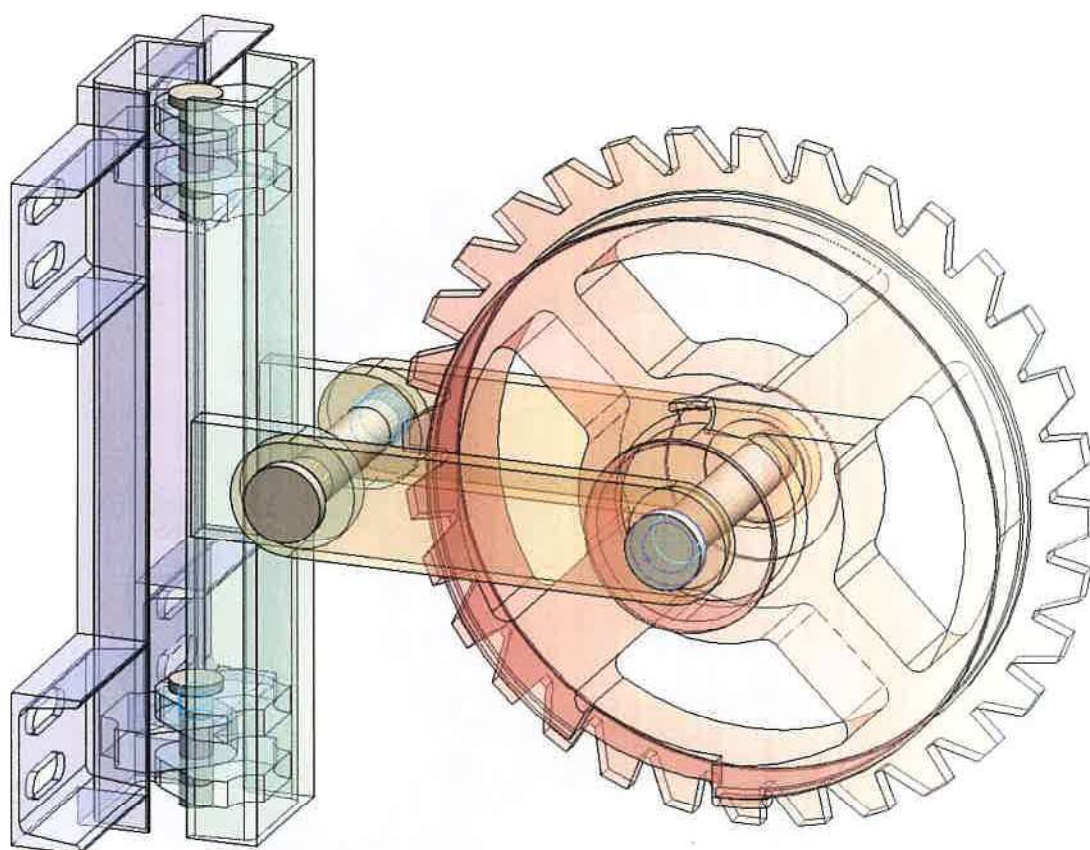
Tab. 4 Zestawienie rozkładów naprężeń dla wariantów dyskretyzacji koła linowego

	Rozkład naprężeń zredukowanych (wg Hubera-Misesa)
Wariant dyskretyzacji 1	Nazwa modelu: Koło linowe Nazwa badania: Obciążenie od liny naprężanej (-Domyślna-) Typ wykresu: Analiza statyczna naprężenie węzłowe Naprężenie I Skala deformacji: 1  wg Misesa (N/mm² (MPa)) 15.611 14.050 12.489 10.928 9.367 7.806 6.245 4.684 3.123 1.562 0.001 → Granica plastyczności: 152.000
Wariant dyskretyzacji 2	Nazwa modelu: Koło linowe Nazwa badania: Obciążenie od liny naprężanej (Siarka2) (-Domyślna-) Typ wykresu: Analiza statyczna naprężenie węzłowe Naprężenie I Skala deformacji: 1  wg Misesa (N/mm² (MPa)) 15.611 14.050 12.489 10.928 9.367 7.806 6.245 4.684 3.123 1.562 0.001 → Granica plastyczności: 152.000



6.2. Opracowanie wiarygodnego modelu

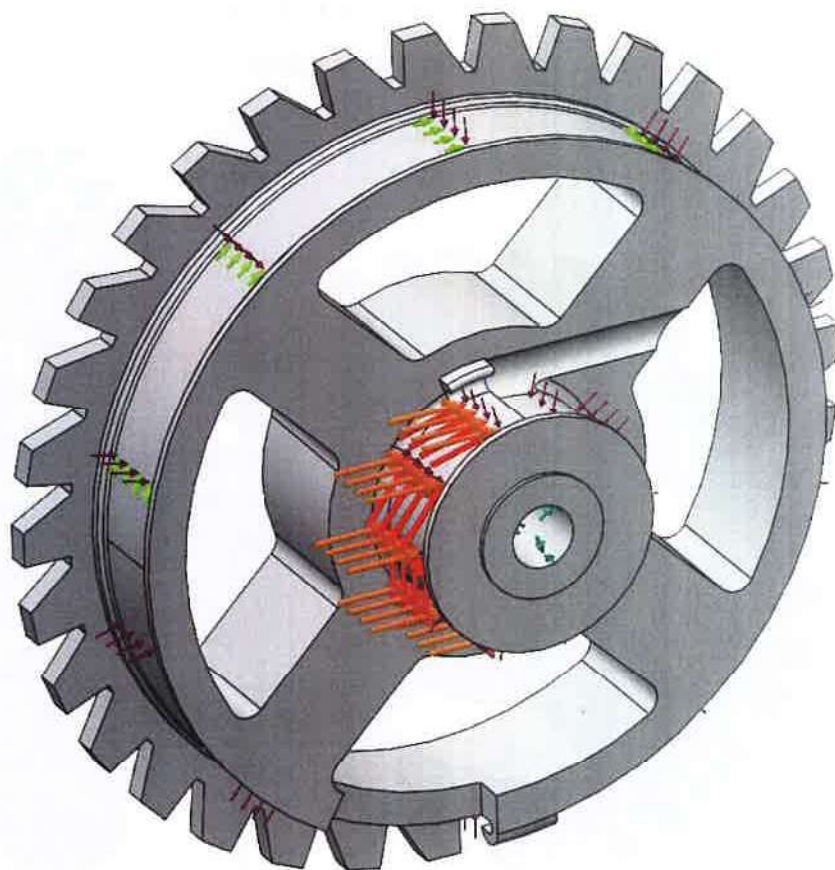
Do dalszych obliczeń przyjęto parametry dyskretyzacji jak w wariantcie 1, który charakteryzuje się stosunkowo małą wymiarowością modelu (liczbą węzłów). Dążenie do zmniejszenia wymiarowości modelu wynika ze złożoności konstrukcyjnej modelu całego analizowanego urządzenia oraz konieczności uwzględnienia licznych połączeń kontaktowych pomiędzy poszczególnymi częściami a także skomplikowanego układu obciążenia i ustalenia. Na Rys. 15 pokazano postać konstrukcyjną urządzenia stało-siłowego wykorzystującego siłę grawitacji, która posłużyła do opracowania modelu obliczeniowego. Wygląd o charakterze przeźroczystym elementów bryłowych pozwala zauważyć liczne połączenia kontaktowe (zaznaczone kolorem niebieskim) występujące pomiędzy poszczególnymi częściami urządzenia. Połączenia te zamodelowano jako kontakt bez penetracji z uwzględnieniem sił tarcia.



Rys. 15 Postać konstrukcyjna urządzenia stało-siłowego wykorzystującego siłę grawitacji poddana modelowaniu

6.3. Opracowanie planu badań analitycznych

Dla zapewnienia odpowiedniego poziomu wiarygodności wyników w modelu całego urządzenia uwzględniono ruchowe połączenia kontaktowe, podejście takie wymaga zastosowania statycznej analizy nieliniowej. Opracowując zestaw obciążeń czynnych działających na urządzenie zasymulowano oddziaływania liny napężającej pochodzącej od trakcji sieciowej oraz liny obciążającej ciężary napinające. Przy czym uwzględniono zarówno siły liniowe oraz powstający moment obrotowy a także obciążenia zaciskające liny na powierzchniach cylindrycznych bębna linowego. W modelowaniu zastosowano siłę pochodzącą od naciągu liny trakcyjnej wynoszącą 17 217 N przyłożoną do hipotetycznego punktu końca tej liny (fragmentu olinowania trakcji w obszarze rozpatrywanego modelu). Ze względu na zastosowanie bloczka linowego wartość tej siły jest dwukrotnie mniejsza od nominalnej wartości siły naciągu sieci (w rozpatrywanym modelu nie uwzględniono samego bloczka linowego). Na Rys. 16 przedstawiono schematycznie przyjęty układ obciążenia zastosowany do czynnego elementu urządzenia, czyli koła linowego.



Rys. 16 Przyjęty schemat układu obciążenia koła linowego

6.4. Przeprowadzenie badań analitycznych

Opracowany model urządzenia stało-siłowego wykorzystującego siłę grawitacji poddano procedurze obliczeniowej statycznej analizy nieliniowej, w celu wyznaczenia poziomów wartości naprężeń występujących w warunkach normalnej eksploatacji urządzenia.

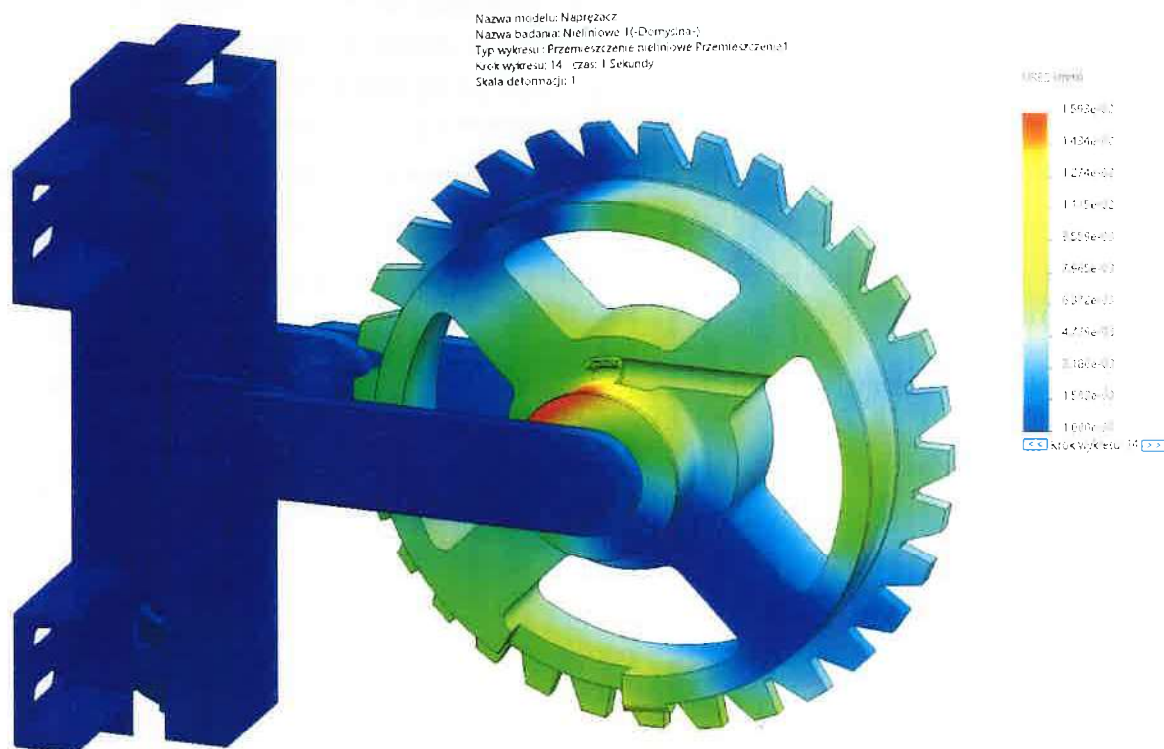
6.5. Opracowanie wyników badań analitycznych.

W efekcie przeprowadzonych obliczeń uzyskano zbiór wyników umożliwiających ocenę właściwości statycznych analizowanego urządzenia. Z punktu widzenia oceny wytrzymałości całego urządzenia jak i poszczególnych części składowych najistotniejszy jest poziom naprężeń występujących podczas normalnych warunków eksploatacji. Na Rys. 17 przedstawiono rozkład naprężeń zredukowanych (wg hipotezy Hubera-Misesa) występujących w analizowanym obiekcie.

Oceniając konstrukcję urządzenia stało-siłowego wykorzystującego siłę grawitacji z punktu widzenia wytrzymałości można stwierdzić, że poziom naprężeń wywołanych obciążeniem eksploatacyjnym nie powinien powodować uszkodzeń elementów konstrukcji. Maksymalny poziom naprężeń zredukowanych (ok. 130 MPa) jest odpowiednio niski w stosunku do granicy wytrzymałości materiałów zastosowanych do modelowania poszczególnych części urządzenia.



Rys. 17 Symulacja warunków eksploatacji napinacza – rozkład naprężeń zredukowanych (wg hipotezy Hubera-Misesa)



Rys. 18 Symulacja warunków eksploatacji napinacza – wykres przemieszczeń wypadkowych

Prognozowany poziom deformacji elementów analizowanego urządzenia, przedstawiony na Rys. 18, jako rozkład przemieszczeń wypadkowych, także należy uznać za odpowiednio niski.

Zaprezentowane wyniki przeprowadzonych badań modelowych pozwalają na stwierdzenie, że zarówno wartości naprężeń występujących w elementach konstrukcji jak i poziomy ich deformacji są odpowiednio niskie. Pozwala to prognozować prawidłowe funkcjonowanie analizowanego urządzenia stało-siłowego w normalnych warunkach jego eksploatacji.

7. Opracowanie modeli CAD podzespołów urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano innowacyjne materiały sprężyste

Tytuł zadania:

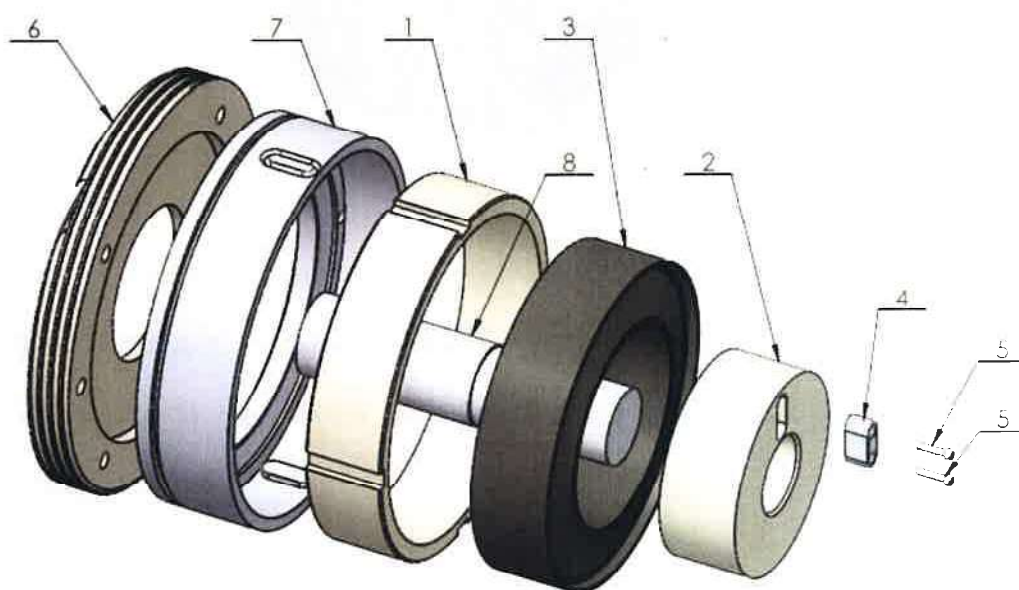
Opracowanie modeli CAD podzespołów urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano innowacyjne materiały sprężyste

7.1. Opracowanie postaci konstrukcyjnej poszczególnych części składowych urządzeń stało siłowych, w których zastosowano innowacyjne materiały sprężyste w systemie przestrzennego modelowania (CAD)

Zadanie obejmowało wykonanie geometrycznych modeli CAD podzespołów urządzeń stało-siłowych, w których zostały zastosowane innowacyjne materiały sprężyste. Modele elementów oraz podzespołów zostały wykonane na podstawie danych i plików dostarczonych przez Zleceniodawcę. Pliki zostały odpowiednio zaadoptowane i przygotowane do przeprowadzenia na nich dalszych badań.

Wśród opracowanych plików można wyróżnić następujące główne elementy podzespołów:

- Pierścień gumowy
- Pierścienie mocujące
- Wał
- Oprawy

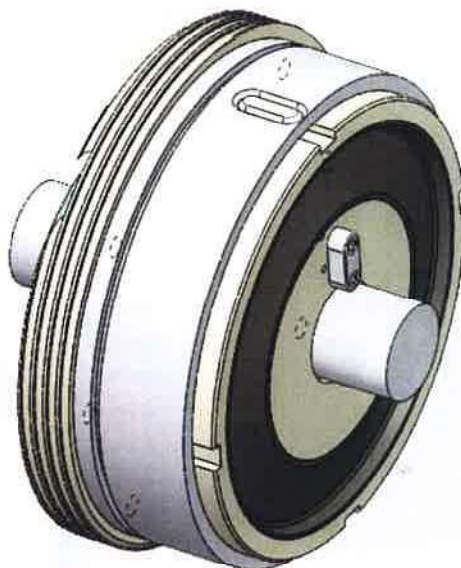


Rys. 19 Elementy napinacza, w którym jako element napinający zastosowano materiał gumowy (opis w tekście)

Elementy napinacza z Rys. 19: 1 – pierścień mocujący gumy zewnętrzny, 2 – pierścień mocujący gumy wewnętrzny, 3 – materiał sprężysty, 4 – klin zabieraka, 5 – śruby mocujące klin, 6 – koło naciągowe, 7 – tarcza zabieraka zewnętrznego, 8 - wał osi.

7.2. Opracowanie konstrukcji złożów podzespołów urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano innowacyjne materiały sprężyste w systemie przestrzennego modelowania (CAD)

Z zaprezentowanych elementów wykonano konstrukcję złożenia w formie modelu CAD, którą przedstawiono na Rys. 20.



Rys. 20 Model złożeniowy podzespołu napinacza, w którym zastosowano nowoczesne materiały sprężyste

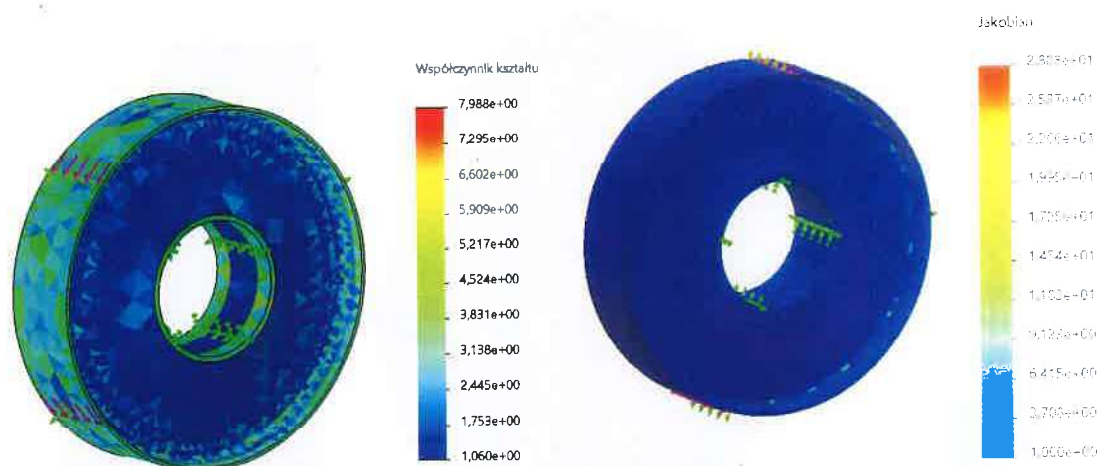
8. Opracowanie modeli MES podzespołów urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano innowacyjne materiały sprężyste

Tytuł zadania:

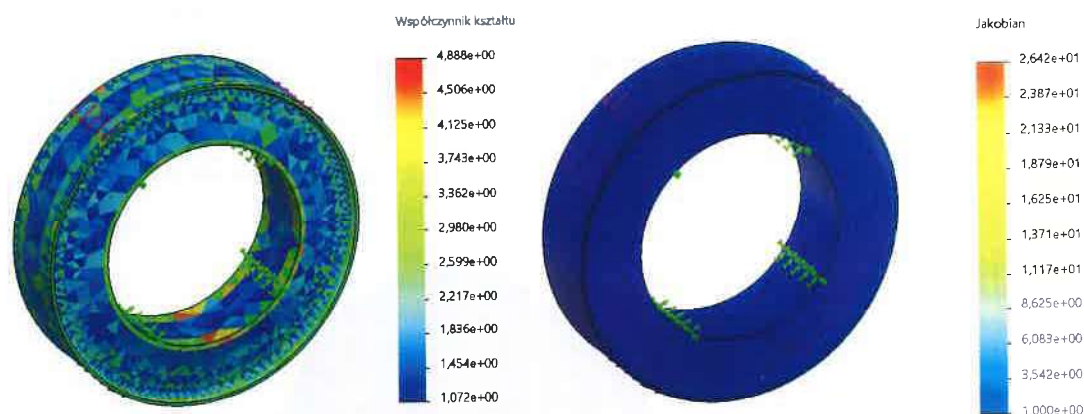
Opracowanie modeli MES podzespołów urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano innowacyjne materiały sprężyste

8.1. Analiza wrażliwości wyników obliczeń na stosowane techniki modelowania
Przed rozpoczęciem analiz MES należy odpowiednio dobrać technikę modelowania oraz parametry i warunki analizy, takie jak: sposób modelowania kontaktów, rodzaj i gęstość zastosowanej siatki podziału, czy sposób modelowania warunków brzegowych oraz obciążeń. Pierwszym podstawowym krokiem jest dostosowanie siatki w postaci doboru rodzaju elementów oraz ich gęstości i rozkładu. W rozważanym modelu siatka składa się z bryłowych

elementów czworościennych parabolicznych, czyli o ścianach zakrzywionych. W celu określenia jakości siatki definiuje się wykres współczynnika kształtu. Dla idealnego elementu czworościennego współczynnik ten wynosi 1, w związku z tym jak widać na Rys. 21 oraz Rys. 22 na podstawie współczynnika kształtu siatka jest dobrej jakości, ponieważ znaczna większość elementów ma współczynnik zbliżony do 1, natomiast maksymalna jego wartość to niecałe 8. Natomiast drugi z parametrów – Jakobian powinien dla znaczącej większości elementów zawierać się pomiędzy 1 a 10. Analizując wykresy z Rys. 21 oraz Rys. 22 można zauważyć, że warunek ten jest spełniony.



Rys. 21 Parametry jakości siatki dla pierścienia wewnętrznego typ. 1

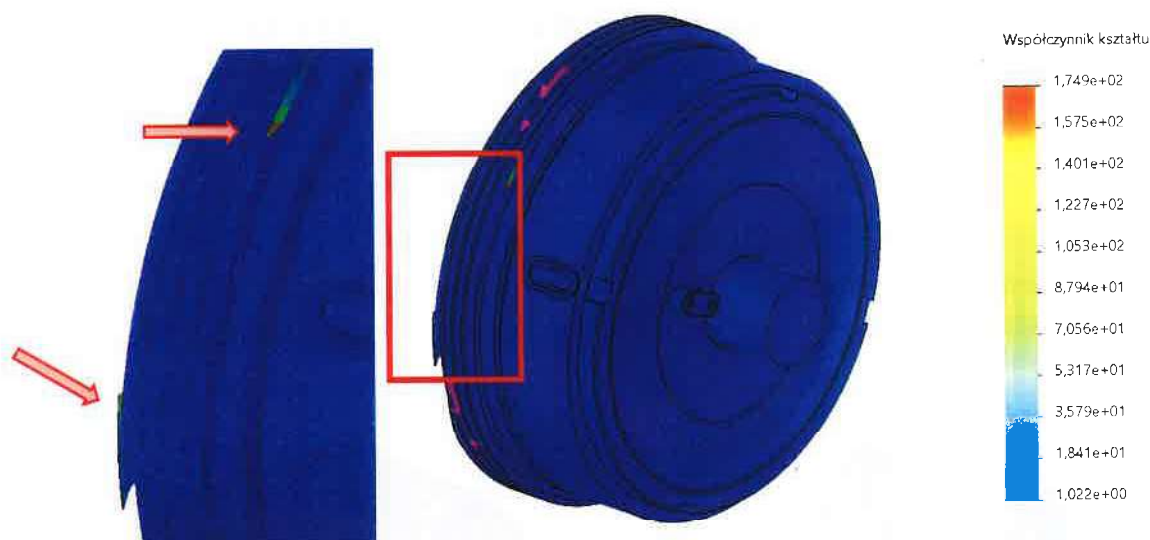


Rys. 22 Parametry jakości siatki dla pierścienia wewnętrznego typ. 2

Ostatecznie na podstawie współczynnika kształtu oraz wartości Jakobianu można stwierdzić że utworzone siatki są dobrej jakości i nie powinny generować dodatkowych błędów obliczeń. Podobne analizy przeprowadzono dla pozostałych elementów złożenia.

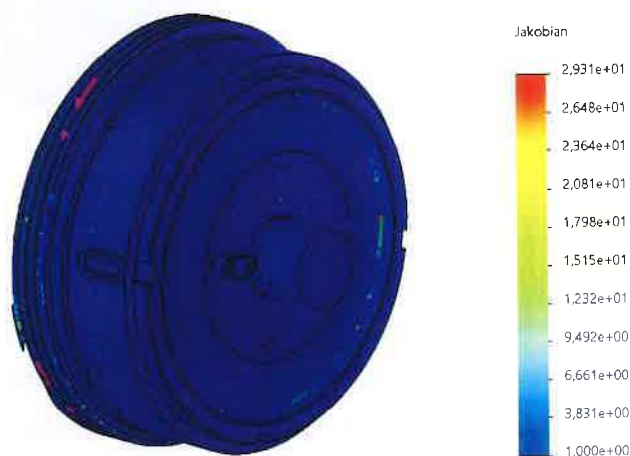
8.2. Opracowanie wiarygodnego modelu

W celu uwiarygodnienia zastosowanego modelu przeprowadzono również analizę gęstości siatki w celu uzyskania progu nasycenia wykresu wartości naprężeń w zależności od gęstości siatki. Następnie na podstawie analizy jakości siatki poszczególnych podzespołów złożenia utworzono siatkę podziału dla całego podzespołu głównego urządzenia. Jak pokazano na Rys. 23 wykres jakości siatki dla całego złożenia jest niemiernorodny, ponieważ jest zakłócony przez dwa elementy siatki koła naciągowego, jednak ze względu na to, że elementy te występują w miejscach nieznaczących dla przeprowadzanych analiz, siatki już więcej nie modyfikowano.



Rys. 23 Wykres współczynnika kształtu dla złożenia głównego

Podobnie w przypadku Jakobianu wykres (Rys. 24) zakłócony jest przez pojedyncze elementy, które mają wysoką wartość, jednak jednoznacznie widać że wartość tego współczynnika dla ponad 90% elementów zawiera się pomiędzy 1 a 10. Oznacza to, że siatka dla złożenia jest dobrej jakości.



Rys. 24 Wykres Jakobianu dla złożenia głównego

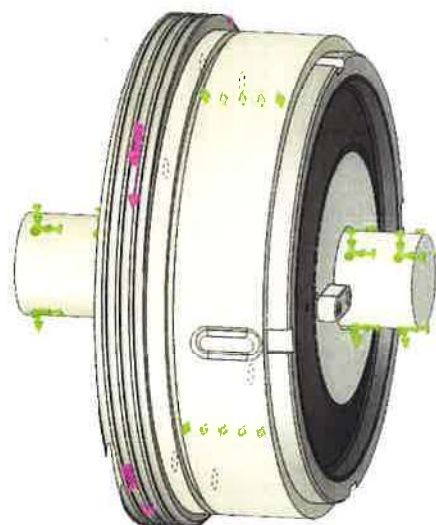
8.3. Opracowanie planu badań analitycznych

Badania analityczne przeprowadzono dla wskazanych przez Zleceniodawcę wariantów geometrii konstrukcyjnej. W związku z tym zostały wykonane analizy statyczne wyizolowanych elementów gumowych wykonanych z materiałów sprężystych w dwóch konfiguracjach – jeden o większej drugi o mniejszej średnicy wewnętrznej pierścienia. Najtrudniejszym zadaniem tego etapu było dobranie parametrów materiałowych elementu sprężystego. Parametry te zostały dobrane na podstawie wyników wstępnych badań doświadczalnych, jakie zostały dostarczone przez Zleceniodawcę. Ponadto została również przeprowadzona analiza statyczna złożeń napinacza składającego się z elementu sprężystego, obudów oraz wału (jak na Rys. 19). W obydwu przypadkach zastosowano moment obciążający na obwodzie (Rys. 25) odpowiednio pierścienia gumowego oraz tarczy zabierakowej o wartości 5000 Nm. Wartość ta była wybrana na podstawie danych dostarczonych przez Zleceniodawcę. Ponadto w celu najlepszego odwzorowania rzeczywistych warunków pracy zastosowano umocowanie stałe na wale oraz odebrano możliwość ruchu promieniowego pierścienia zewnętrznego obudowy.

a)



b)



Rys. 25 Przyjęty układ obciążenia i umocowania pierścienia gumowego (a) oraz złożeń (b)

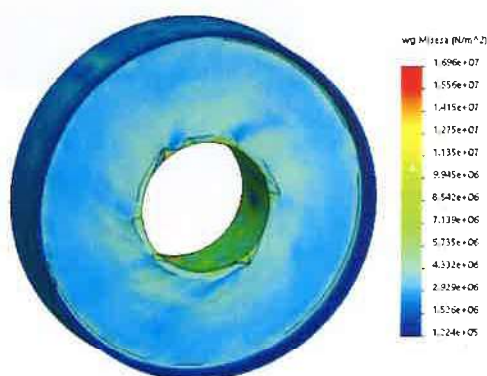
8.4. Przeprowadzenie badań analitycznych

Dla przyjętych warunków obciążenia i umocowania wykonano nieliniowe analizy statyczne. Konieczność zastosowania analizy nieliniowej wynikała z zastosowania sprężystego materiału o właściwościach nieliniowych oraz w przypadku złożeń – ruchomych połączeń kontaktowych.

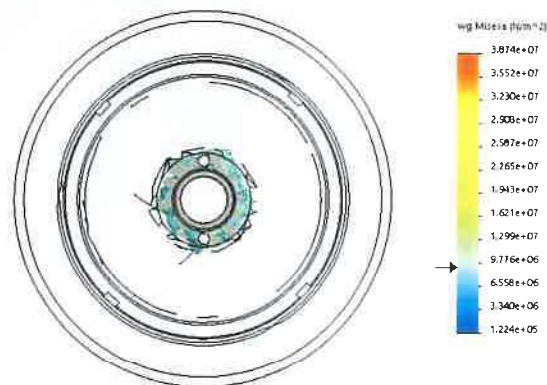
8.5. Opracowanie wyników badań analitycznych.

Na kolejnych rysunkach przedstawiono wyniki przeprowadzonych analiz.

a)

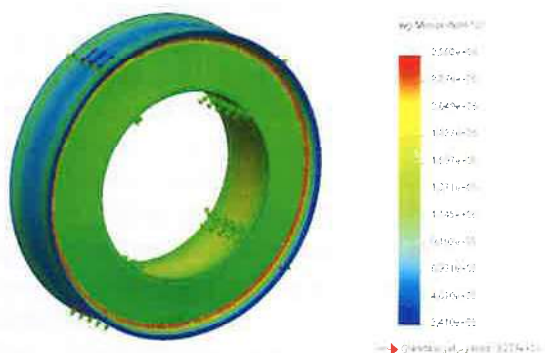


b)

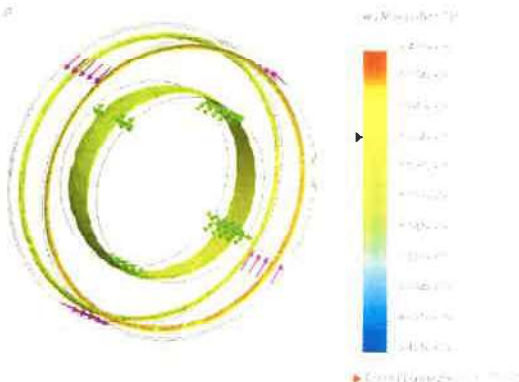


Rys. 26 Wykres naprężeń przy obciążeniu pierścienia gumowego o mniejszej średnicy wewnętrznej złożonego z pierścieniami (b)

a)

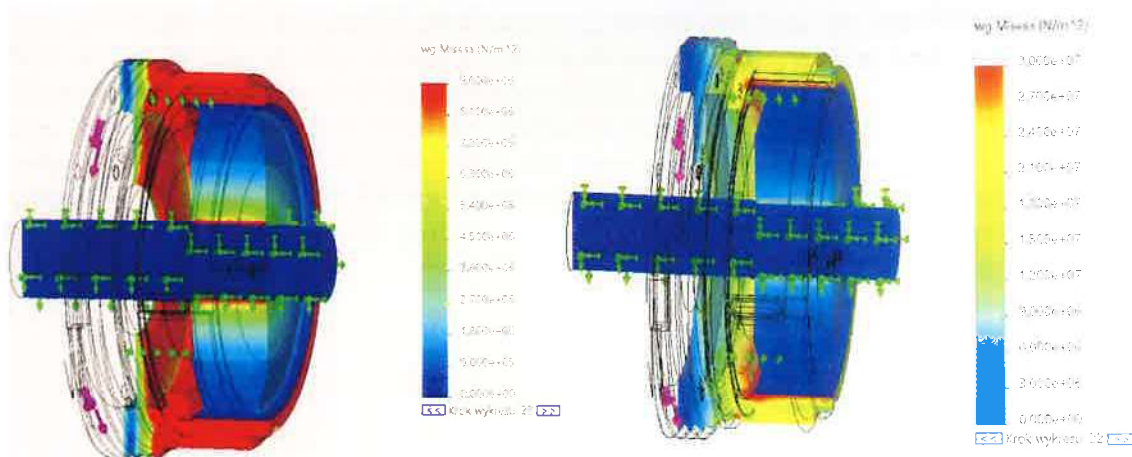


b)



Rys. 27 Wykres naprężeń przy obciążeniu pierścienia gumowego o większej średnicy wewnętrznej – pełny wykres przekrój izometryczny (b)

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można wnioskować, że zastosowane materiały w zaproponowanej konfiguracji prawdopodobnie nie wytrzymają zakładanych obciążeń. Na Rys. 26 i Rys. 27 widoczne są skupiska naprężeń o wartościach rzędu granicy plastyczności. W związku z tym przy pracy cyklicznej mogą one powodować zniszczenie materiału. Podobne wnioski można wysunąć na podstawie analizy złożenia. Również na tym wykresie (Rys. 28) w elemencie sprężystym pojawiają się naprężenia o wartościach rzędu granicy plastyczności tego materiału, natomiast o jeden rząd niższe od granicy plastyczności pozostałych materiałów. Należy jednak zwrócić uwagę, że analiza została przeprowadzona tylko do 75% wartości obciążenia, dla której program wykrył duże przemieszczenia, co może oznaczać, że przy większej wartości obciążenia konstrukcja może ulec zniszczeniu.



Rys. 28 Wykres naprężeń von Misesa dla złożenia napinacza z pierścieniem wykonanym z materiału sprężystego

9. Spis ilustracji

Rys. 1 Model całego zespołu Trakcyjnego Urządzenia Napinającego (TUN).....	5
Rys. 2 Podzespół krzywki	5
Rys. 3 Model sprężyny – siatka podziału	6
Rys. 4 Wykres jakości siatki - współczynnik kształtu.....	7
Rys. 5 Wykres jakości siatki - Jakobian.....	8
Rys. 6 Model sprężyny wraz z warunkami jej utwierdzenia a) widok utwierdzenia końca A ruchomego i obciążanego b) widok utwierdzenia końca B zamocowanego na stałe,	9
Rys. 7 Wykres naprężeń wg Misesa dla sprężyny 40x20 obciążonej momentem 7000Nm	10
Rys. 8 Wykres naprężeń wg Misesa dla sprężyny 40x20 zwiniętej o około 230°	11
Rys. 9 Kąt skręcenia sprężyny 30x15 w zależności od przyłożonego momentu	12
Rys. 10 Wykres zależności naprężeń od zadanego momentu skręcającego dla sprężyny 30x15	13
Rys. 11 Rozkład naprężeń dla sprężyny 30x15 obciążonej momentem 3000Nm generującemu obrót o około 300°	13
Rys. 12 Podstawowe części urządzenia stało-siłowego wykorzystującego siłę grawitacji (opis w tekście)	14
Rys. 13 Konstrukcja urządzenia stało-siłowego wykorzystującego siłę grawitacji	15
Rys. 14 Urządzenie stało-siłowe wykorzystujące siłę grawitacji zamontowane z słupie trakcyjnym (opis w tekście).....	16
Rys. 15 Postać konstrukcyjna urządzenia stało-siłowego wykorzystującego siłę grawitacji poddana modelowaniu	21
Rys. 16 Przyjęty schemat układu obciążenia koła linowego.....	22
Rys. 17 Symulacja warunków eksploatacji napinacza – rozkład naprężeń zredukowanych (wg hipotezy Hubera-Misesa)	23
Rys. 18 Symulacja warunków eksploatacji napinacza – wykres przemieszczeń wypadkowych.....	24
Rys. 19 Elementy napinacza, w którym jako element napinający zastosowano materiał gumowy (opis w tekście).....	25
Rys. 20 Model złożeniowy podzespołu napinacza, w którym zastosowano nowoczesne materiały sprężyste	26
Rys. 21 Parametry jakości siatki dla pierścienia wewnętrznego typ. 1	27
Rys. 22 Parametry jakości siatki dla pierścienia wewnętrznego typ. 2	27
Rys. 23 Wykres współczynnika kształtu dla złożenia głównego	28
Rys. 24 Wykres Jakobianu dla złożenia głównego	28

Rys. 25 Przyjęty układ obciążenia i umocowania pierścienia gumowego (a) oraz złożenia (b).....	29
Rys. 26 Wykres naprężeń przy obciążeniu pierścienia gumowego o mniejszej średnicy wewnętrznej wyizolowanego (a) oraz w złożeniu z pierścieniami (b)	30
Rys. 27 Wykres naprężeń przy obciążeniu pierścienia gumowego o większej średnicy wewnętrznej – pełny wykres (a) oraz przekrój izometryczny (b).....	30
Rys. 28 Wykres naprężeń von Misesa dla złożenia napinacza z pierścieniem wykonanym z materiału sprężystego	31