

POLITECHNIKA POZNAŃSKA  
WYDZIAŁ BUDOWY MASZYN I ZARZĄDZANIA

METODY  
ELEMENTÓW  
SKOŃCZONYCH  
PROJEKT

PROWADZĄCY: PROF. NADZW. TOMASZ STRĘK

WYKONALI: TOMASZ IZYDORCZYK, MICHAŁ DYMEK

GRUPA: TPM2

SEMESTR: VII

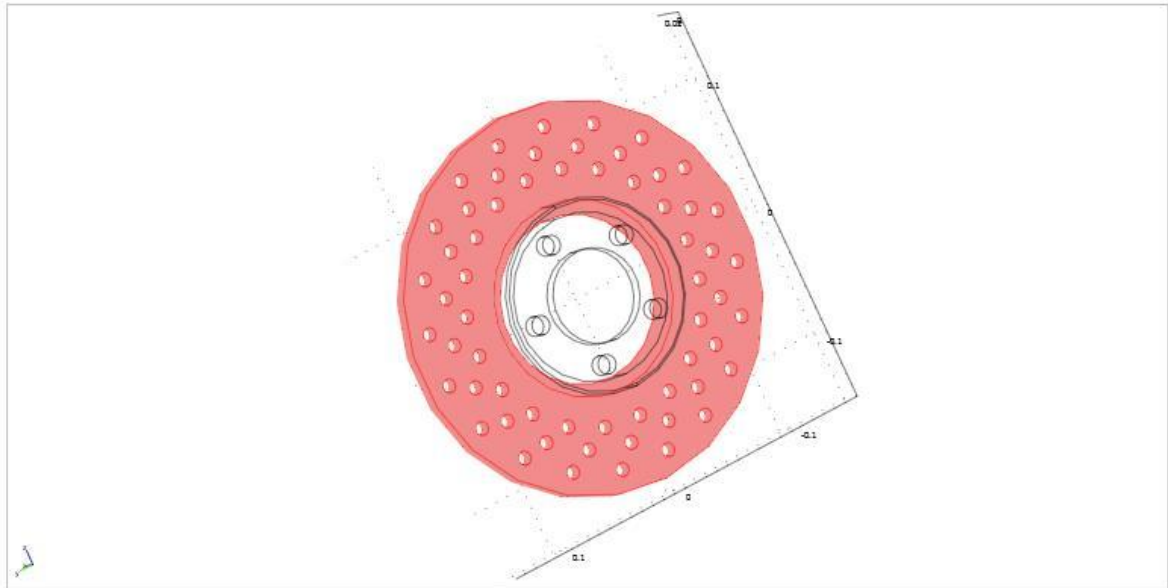
## Spis treści

Spis treści.....	- 2 -
1. Przepływ ciepła.....	- 3 -
1.1 Opis modelu .....	- 3 -
1.2 Opis analizy.....	- 4 -
1.3 Podsumowanie .....	- 5 -
2. Rozkład ciśnień oraz opływ powietrza wokół przekroju profilu skrzydła.....	- 8 -
2.1 Opis modelu .....	- 8 -
2.2 Opis analizy.....	- 9 -
2.3 Podsumowanie .....	- 10 -
3. Odształcenia pod wpływem obciążenia.....	- 13 -
3.1 Opis modelu .....	- 13 -
3.2 Opis analizy.....	- 14 -
3.3 Podsumowanie .....	- 15 -

# 1. Przepływ ciepła

## 1.1 Opis modelu

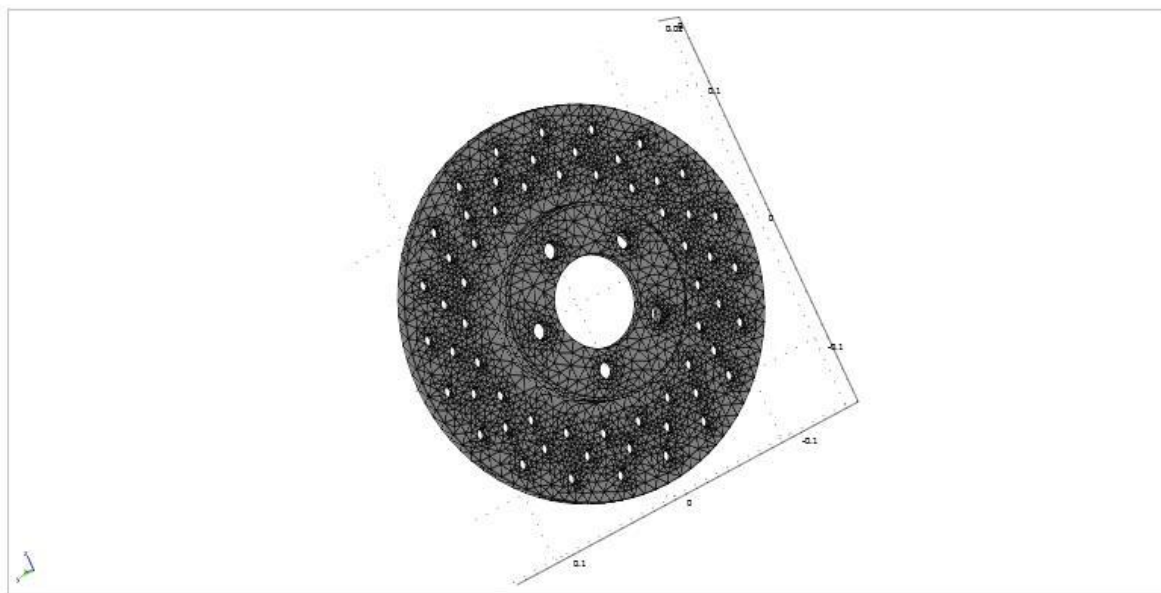
Za przedmiot analizy przepływu ciepła wybraliśmy tarczę hamulcową. Materiałem, z którego została ona wykonana jest stal o oznaczeniu 9 Ni steel (UNS K81340). Na poniższym rysunku zaznaczony został obszar tarczy, który podlega *głównemu* nagrzewaniu podczas hamowania.



Rysunek 1.1 Projekt tarczy hamulcowej z programu SOLIDWORKS

## 1.2 Opis analizy

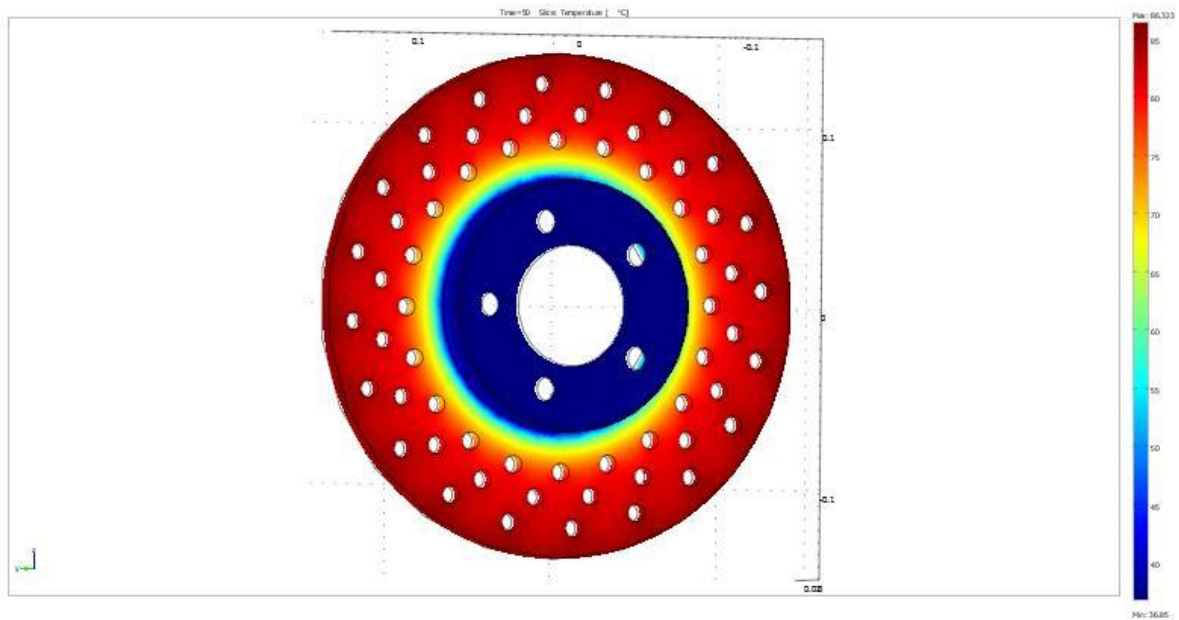
Do procesu analizy skorzystaliśmy z zakładki *Heat Transfer -> Conduction -> Transient Analysis*. Temperatura otoczenia jaką przyjęliśmy to 20°C. Przy analizie *metodą elementów skończonych* komputer obliczył 52955 elementów.



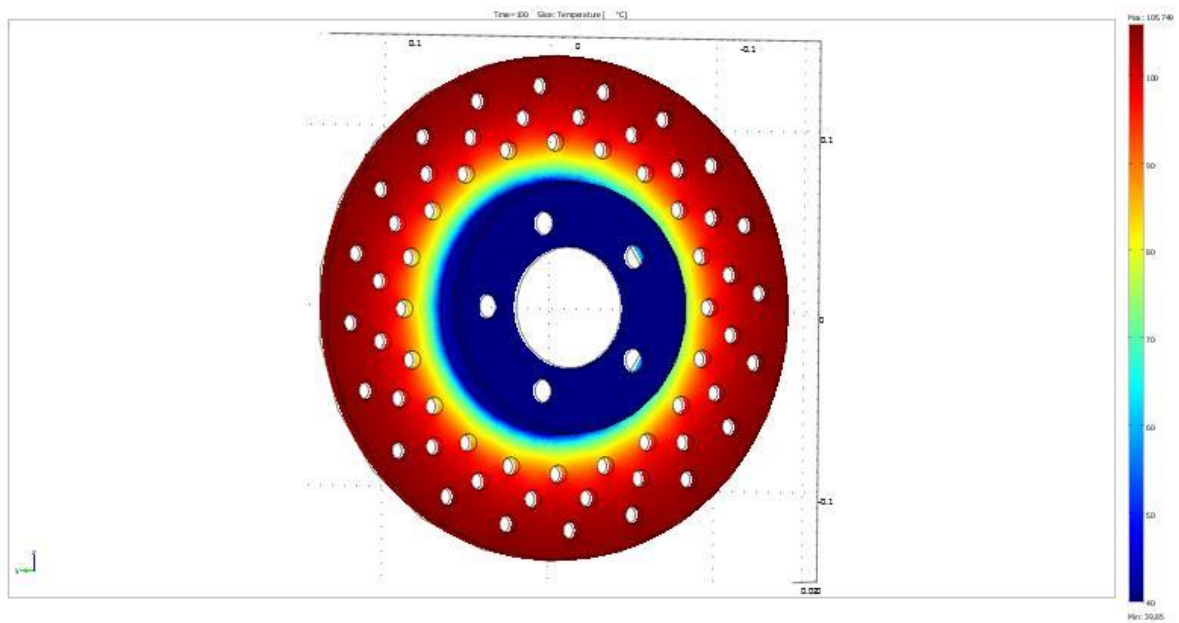
Rysunek 1.2 Zobrazowanie siatki skończonych elementów

### 1.3 Podsumowanie

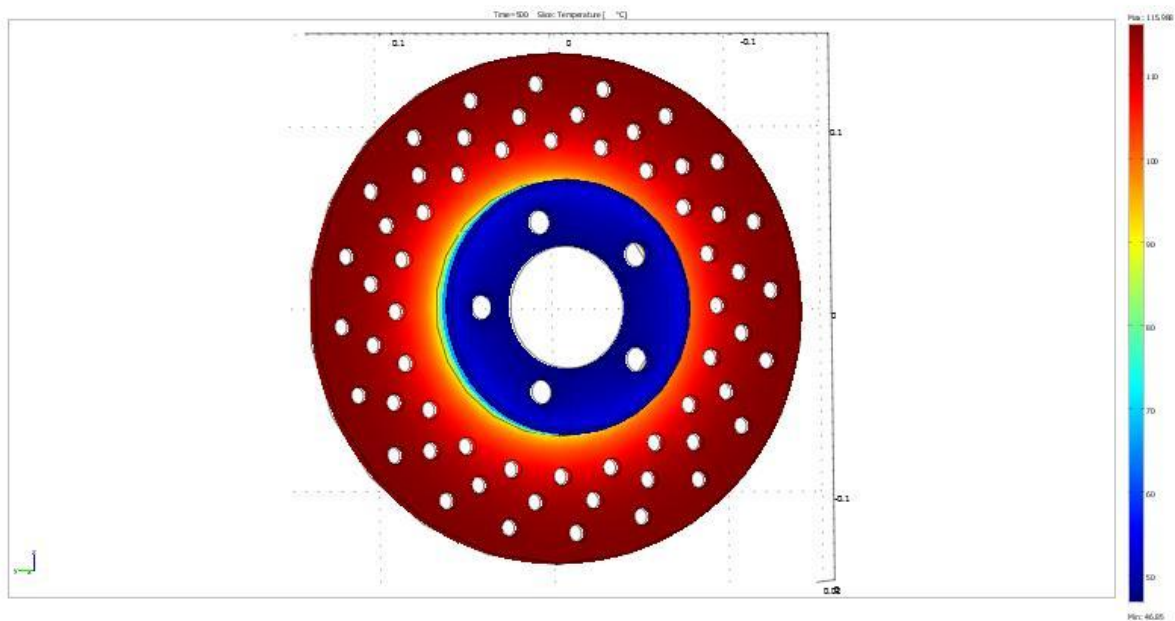
Wyniki przeprowadzonych symulacji:



Rysunek 1.3 Wizualizacja rozkładu ciepła na tarczy w czasie  $t = 50$  s



Rysunek 1.4 Wizualizacja rozkładu ciepła na tarczy w czasie  $t = 100$  s



Rysunek 1.5 Wizualizacja rozkładu ciepła na tarczy w czasie  $t = 500$  s

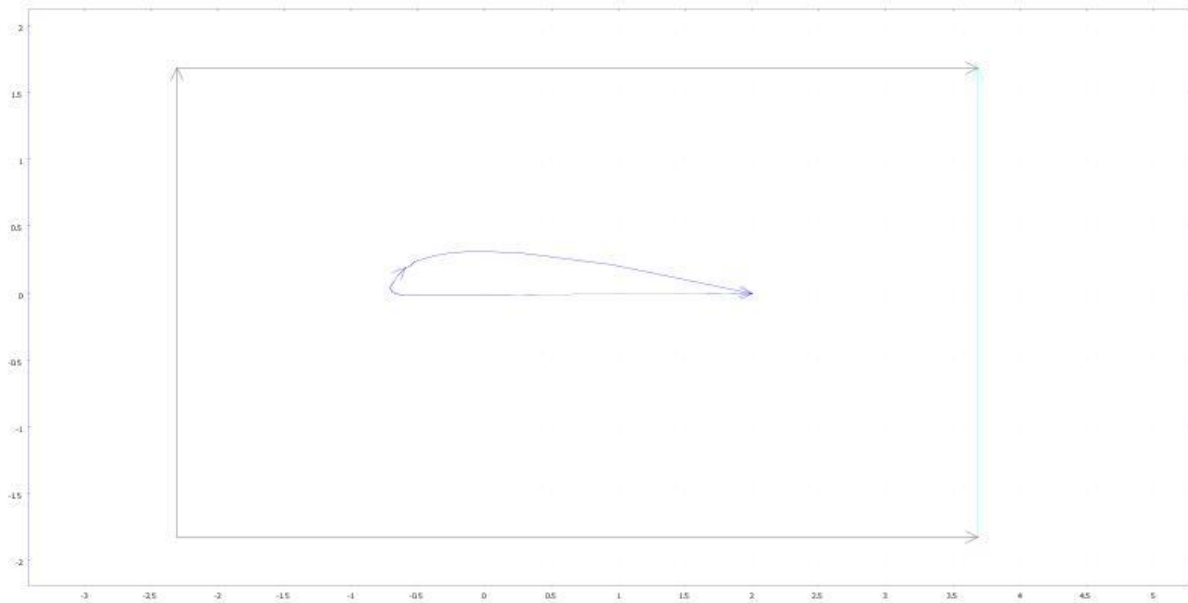
#### WNIOSKI Z PRZEPROWADZONYCH SYMULACJI:

Na podstawie symulacji wyraźnie widać, że tarcza najbardziej nagrzewa się na powierzchni styku z okładzinami hamulcowymi. Otwory wentylacyjne zapewniają delikatne chłodzenie tarczy, co niestety nie jest do końca widoczne na zdjęciach. Część mocująca tarczę do piasty koła samochodowego pozostaje stosunkowo chłodna, aczkolwiek jej temperatura także powoli wzrasta wraz z czasem nagrzewania - bardziej niż za pomocą kolorów widoczne jest to na skali, gdzie dolna granica się stale podnosi).

## 2. Rozkład ciśnień oraz opływ powietrza wokół przekroju profilu skrzydła

### 2.1 Opis modelu

Przedmiotem, który został poddany analizie rozkładu ciśnień oraz opływu powietrza jest przekrój profilu skrzydła szybowca. Profil skrzydła został celowo możliwie najbardziej uproszczony, aby zagwarantować pewną *uniwersalność* analizy. Założyliśmy, że przedmiot porusza się z prędkością 40 m/s. Poniżej znajduje się rysunek z naniesionymi warunkami brzegowymi, gdzie wlot znajduje się z lewej strony (INLET), wylot z prawej (OUTLET), a reszta potraktowana została jako WALL.

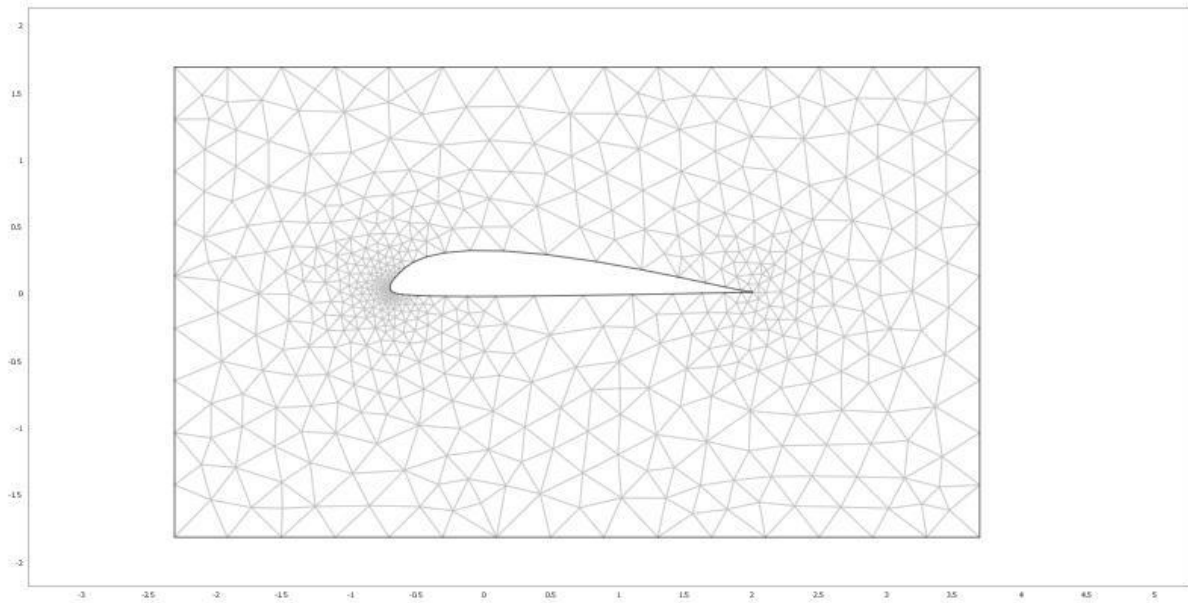


Rysunek 2.1 Profil skrzydła wykonany w programie COMSOL 3.4



## 2.2 Opis analizy

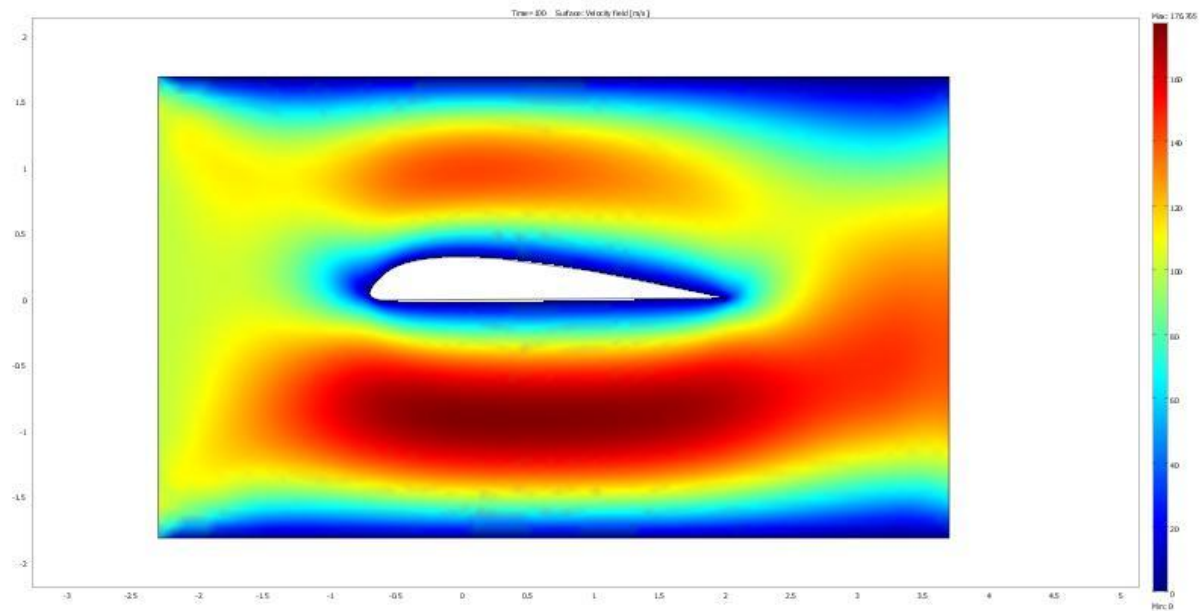
Do przeprowadzenia symulacji rozkładu ciśnienia oraz opływu powietrza wykorzystaliśmy zakładkę *Fluid Dynamics* -> *Incompressible Navier-Stokes* -> *Transient Analysis*. Za środowisko wokół profilu skrzydło przyjęliśmy powietrze (Air z programu COMSOL). Finalnie siatka elementów skończonych składała się z 1134 elementów.



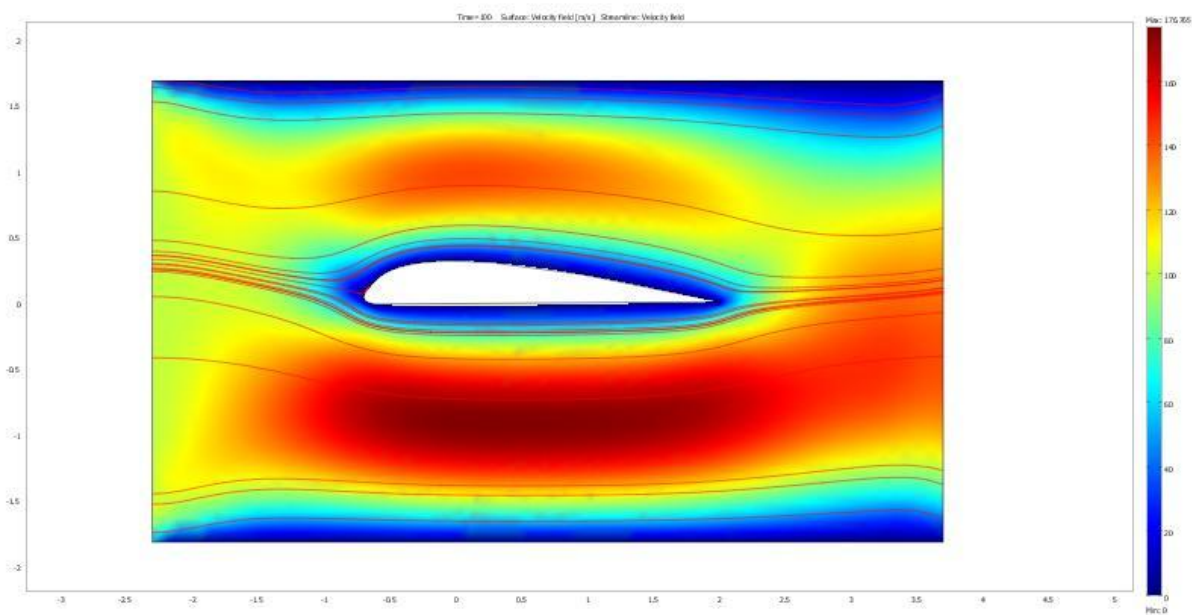
Rysunek 2.2 Wygenerowana siatka elementów skończonych

## 2.3 Podsumowanie

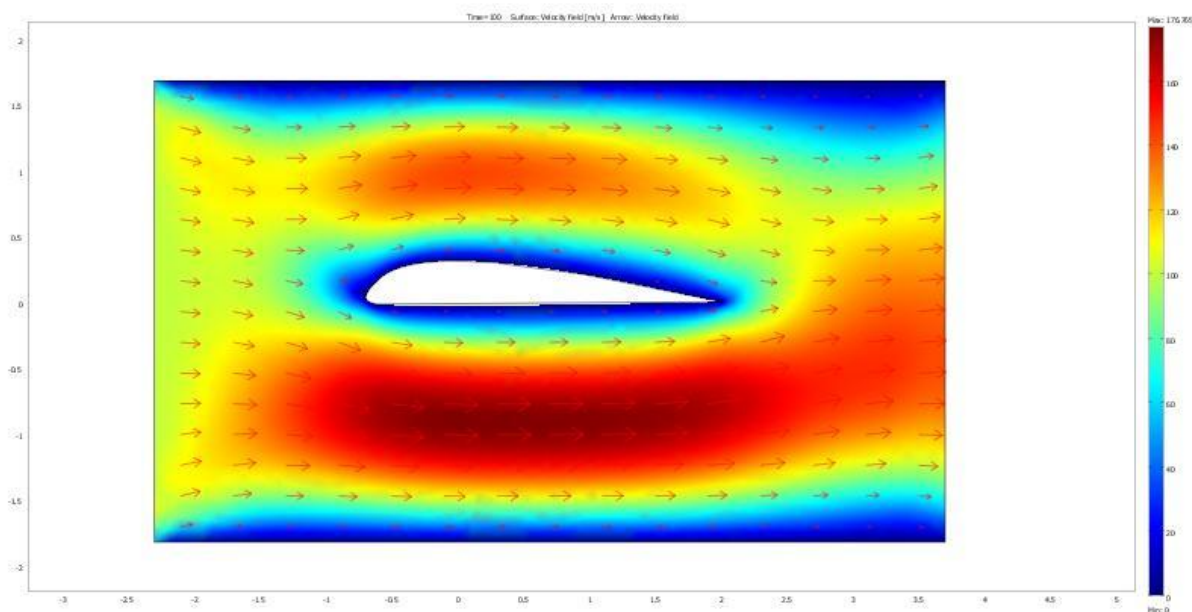
Wyniki przeprowadzonych symulacji:



Rysunek 2.3 Wizualizacja rozkładu ciśnień panujących wokół profilu skrzydła



Rysunek 2.4 Naniesienie linii przepływu powietrza na wizualizację rozkładu ciśnień



Rysunek 2.5 Naniesienie kierunku przepływu powietrza w sposób wektorowy na wizualizację rozkładu ciśnień

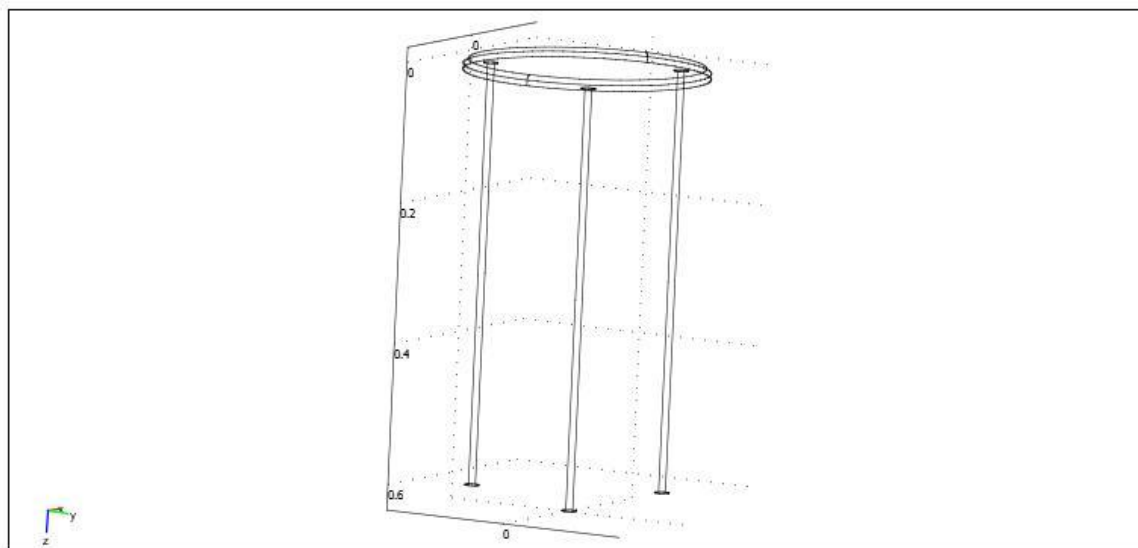
#### WNIOSKI Z PRZEPROWADZONYCH SYMULACJI:

Na podstawie symulacji widać, że powietrze poruszając się zgodnie z grottem wektorów bardzo delikatnie "opływa" profil i nie występują żadne ze spodziewanych przez nas zawirowań tuż za końcem skrzydła (z prawej strony). Największe ciśnienia, tak jak prognozowaliśmy, znajdują się pod profilem, co związane jest z bardziej "płaską" powierzchnią. Nieco mniejsze ciśnienie wytworzyło się ponad przedmiotem, gdzie ten profil jest bardziej zaokrąglony oraz w pewnej odległości za nim kiedy powietrze "ominęło" już przeszkodę.

### 3. Odształcenia pod wpływem obciążenia

#### 3.1 Opis modelu

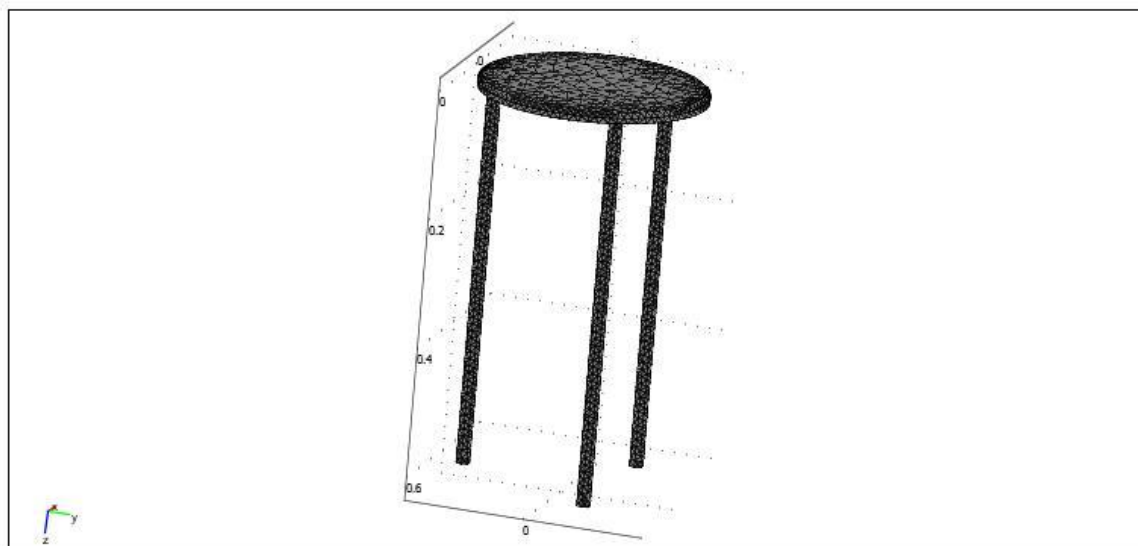
Przedmiotem analizy odkształcenia pod wpływem obciążenia został prosty taboret z trzema nogami. Projekt taboretu wykonano w programie SOLIDWORKS. Założyliśmy, że na taboret od góry działa obciążenie o wartości 750 N/m.



Rysunek 3.1 Projekt taboretu wykonany w programie SOLIDWORKS

### 3.2 Opis analizy

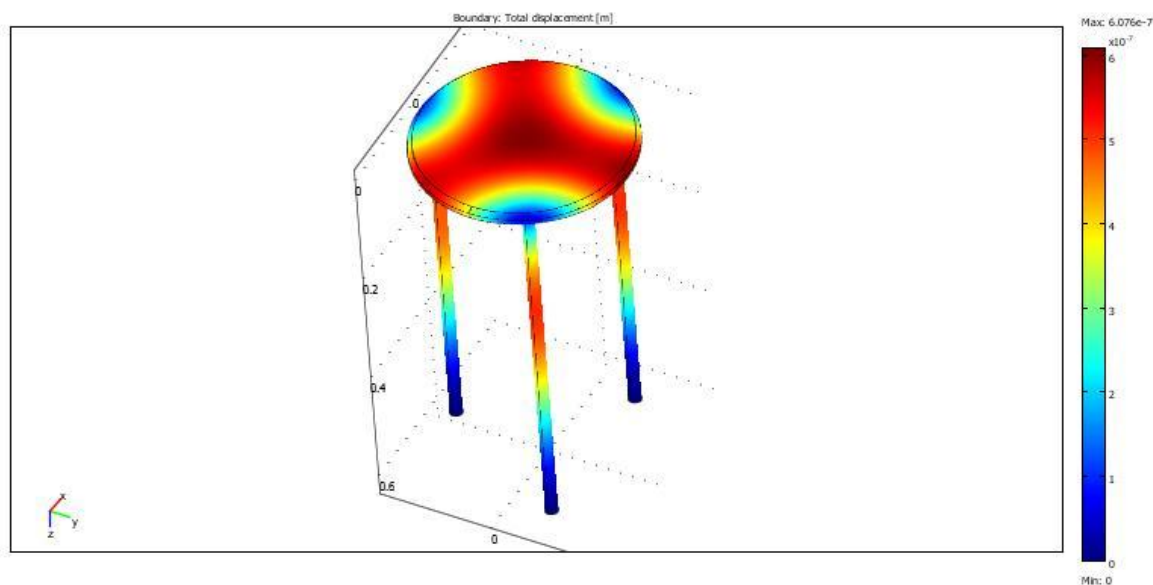
Do przeprowadzenia tej analizy wykorzystaliśmy moduł *Solid, Stress-Strain*. Za materiał przyjęliśmy tworzywo PP/PE (Appryl 3120 MU 5), obciążenie 750 N/m. Moduł Younga  $2,1^{11}$  Pa, a współczynnik Poissona 0,33. Komputer wyliczył w tym przypadku 43210 elementów siatki.



Rysunek 3.2 Siatka elementów skończonych naniesiona na taboret

### 3.3 Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych symulacji:



Rysunek 3.3 Rozkład naprężeń w taborecie po obciążeniu w kierunku podłoża

#### WNIOSKI Z PRZEPROWADZONYCH SYMULACJI:

Zgodnie z rysunkami największe "widoczne" odkształcenia mieszczą się w części środkowej taboretu - w miejscu, w którym brak jakichkolwiek podpór (nóg). Odkształcenie jakie powstało w wyniku obciążenia siłą 750 N/m wyniosło 0,46 mm w kierunku do podłoża. Odkształcenie to jest zdecydowanie pomijalne, aczkolwiek w razie potrzeby pozbycia się go, za rozwiązanie mogłaby posłużyć kolejna podpora - np. jako czwarta noga, aby wszystkie były usytuowane na wzór kwadratu, a nie jak dotychczas trójkąta, opcjonalnie można zastosować nogę po środku.