



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

WYDZIAŁ BUDOWY MASZYN I ZARZĄDZANIA

Metoda Elementów Skończonych

PROJEKT

COMSOL Multiphysics 3.4

Prowadzący:

dr hab. inż. Tomasz Stręk prof. PP

Wykonali:



Spis treści

1. ROZKŁAD TEMPERATURY W PATELNI.....	3
A) WSTĘP.....	3
B) PRZEBIEG SYMULACJI.....	5
I. <i>Patelnia wykonana ze stali.....</i>	5
II. <i>Patelnia wykonana z aluminium.....</i>	8
C) WNIOSKI.....	10
2. ANALIZA UGIĘCIA TEOWNIKA ORAZ CEOWNIKA.....	10
A) WSTĘP.....	10
B) PRZEBIEG SYMULACJI.....	12
I. <i>Ceownik.....</i>	12
II. <i>Dwuteownik.....</i>	15
C) WNIOSKI.....	17
3. ANALIZA PRZEPŁYWU AEORDYNAMICZNEGO NA PRZYKŁADZIE SKRZYDŁA SAMOŁOTU.....	17
A) WSTĘP.....	17
B) PRZEBIEG SYMULACJI.....	17
I. <i>Model pierwszy.....</i>	18
II. <i>Model drugi.....</i>	18
III. <i>Model trzeci.....</i>	19
IV. <i>Model czwarty:.....</i>	19
C) WNIOSKI.....	24

1. Rozkład temperatury w patelni.

a) Wstęp

Do rozwiązania problemu program COMSOL używa następującego równania:

$$\delta_{ts}\rho C_p \partial T / \partial t + \nabla \cdot (-k \nabla T) = Q \cdot \rho C_p u \cdot \nabla T$$

gdzie:

δ_{ts} – współczynnik skalowania w czasie,

ρ – gęstość [$\frac{kg}{m^3}$],

C_p – pojemność cieplna,

t – czas [s]

k - tensor przewodności cieplnej [$\frac{W}{m} \cdot K$]

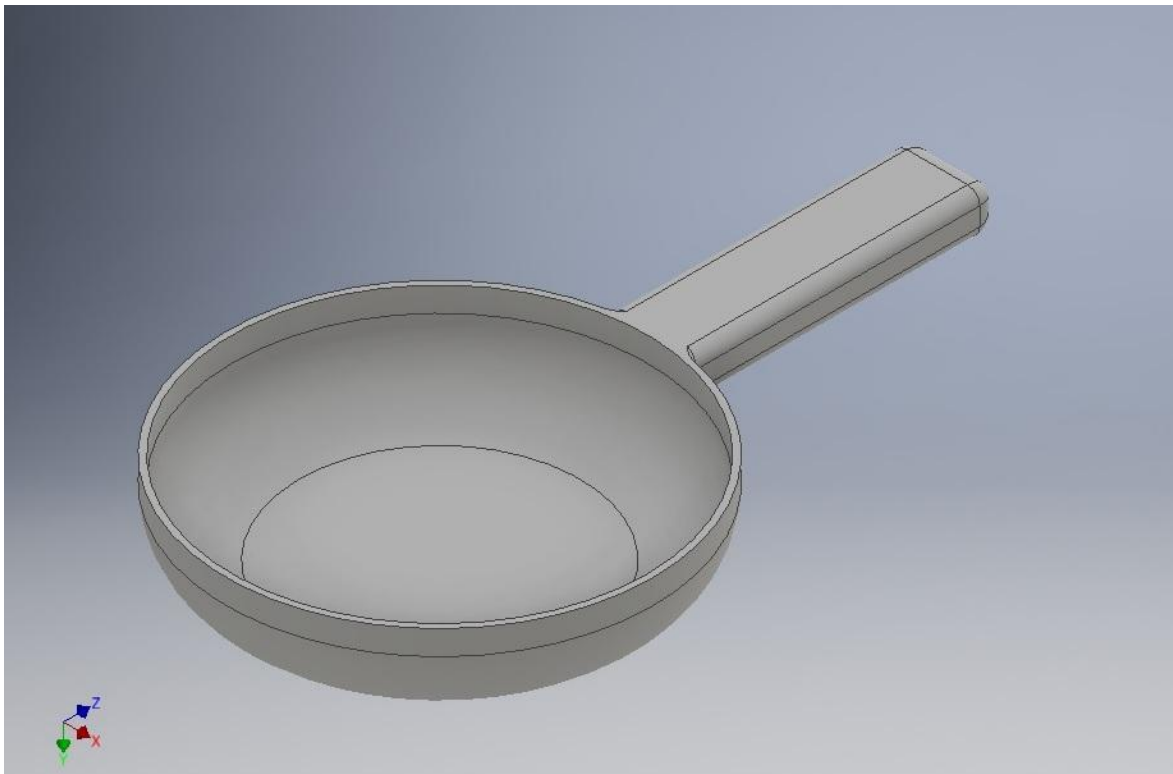
Q - źródło ciepła [J],

T – temperatura [K],

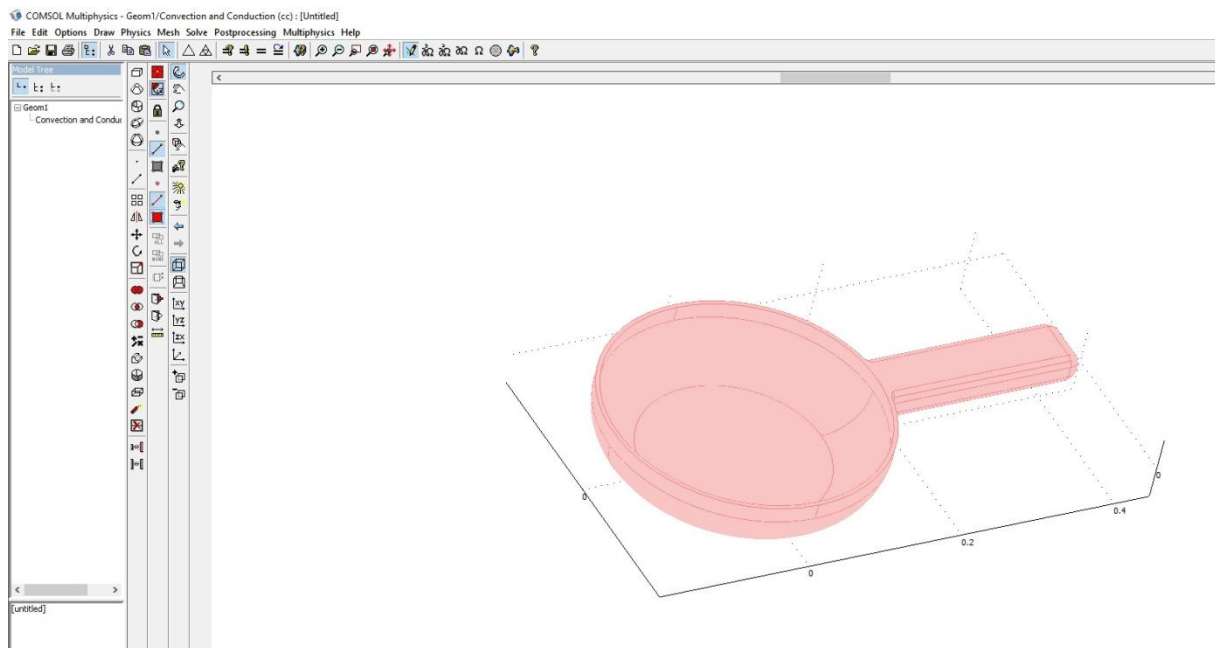
∇ – operator Nabla.

Analizie została poddana patelnia wykonana z dwóch różnych materiałów – stali oraz aluminium. Celem eksperymentu jest ustalenie rozkładu ciepła w naczyniu.

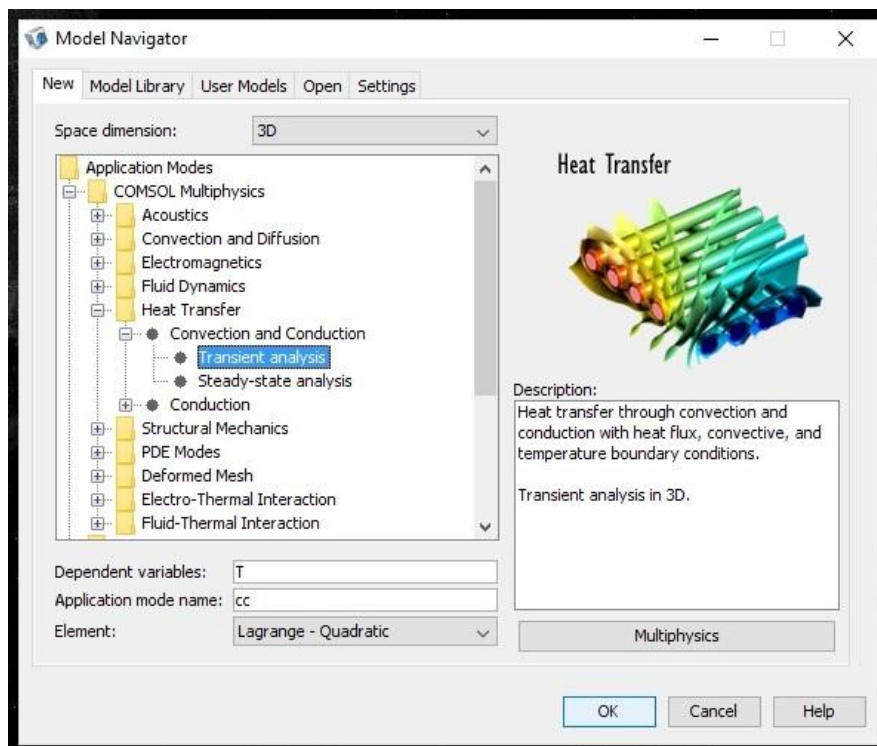
Model patelni został wykonany w programie Autodesk Inventor Professional 2016:



Po zapisaniu w formacie .stp została zaimportowana w programie COMSOL:



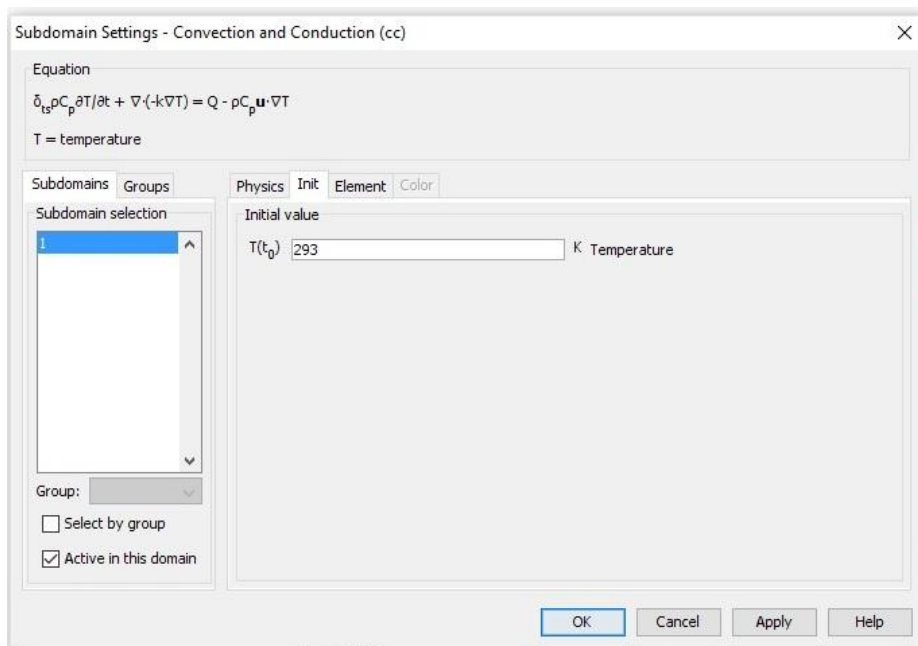
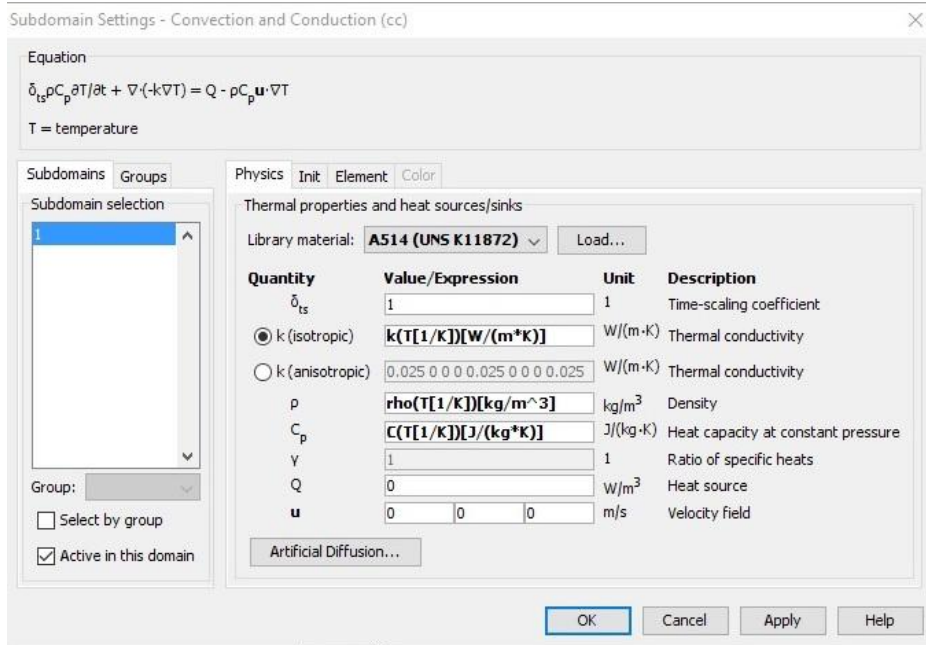
Symulacja została wykonana w module: Heat Transfer/Convection and Conduction/Transient analysis:



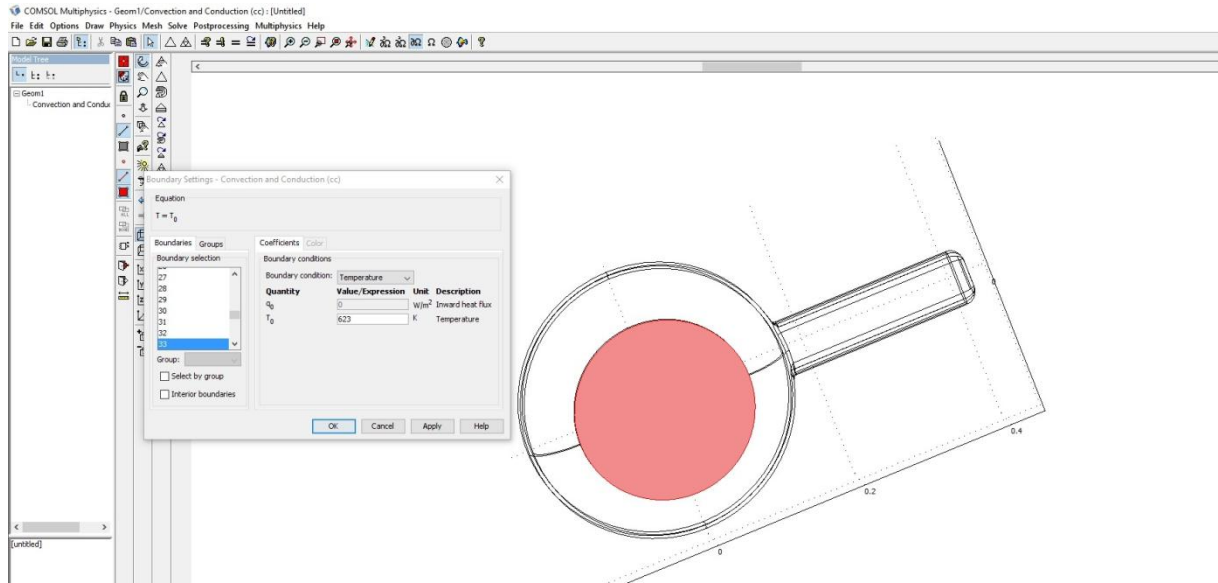
b) Przebieg symulacji.

I. Patelnia wykonana ze stali.

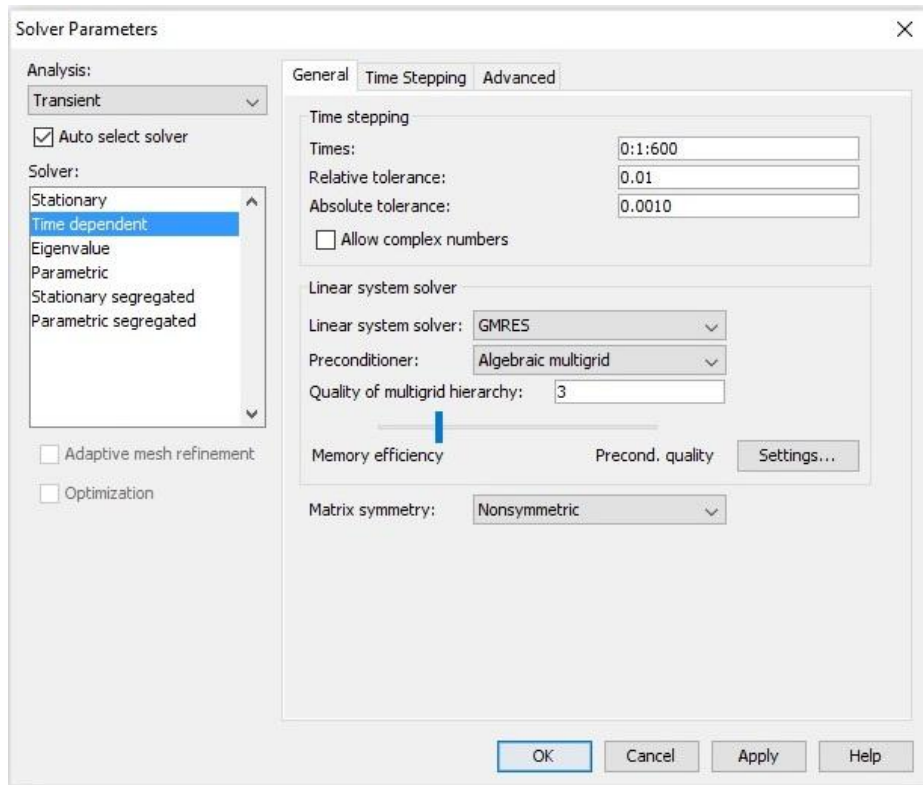
Pierwszą czynnością był wybór z bazy danych materiału oraz określenie temperatury początkowej modelu, tak jak to przedstawiają to dwa kolejne screeny:



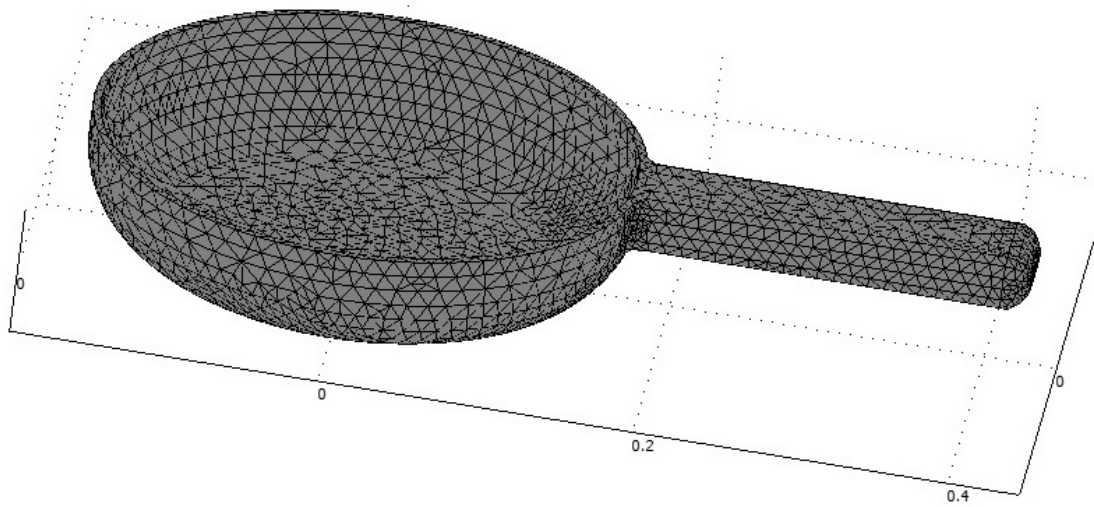
Kolejną czynnością było określenie warunków brzegowych, czyli zaznaczenie, które powierzchnie mają bezpośredni styk ze źródłem ciepła. W naszym przypadku jest to spód patelni:



Następnie został określony czas działania temperatury: 600 sekund, rejestrowany co 1 sekundę:

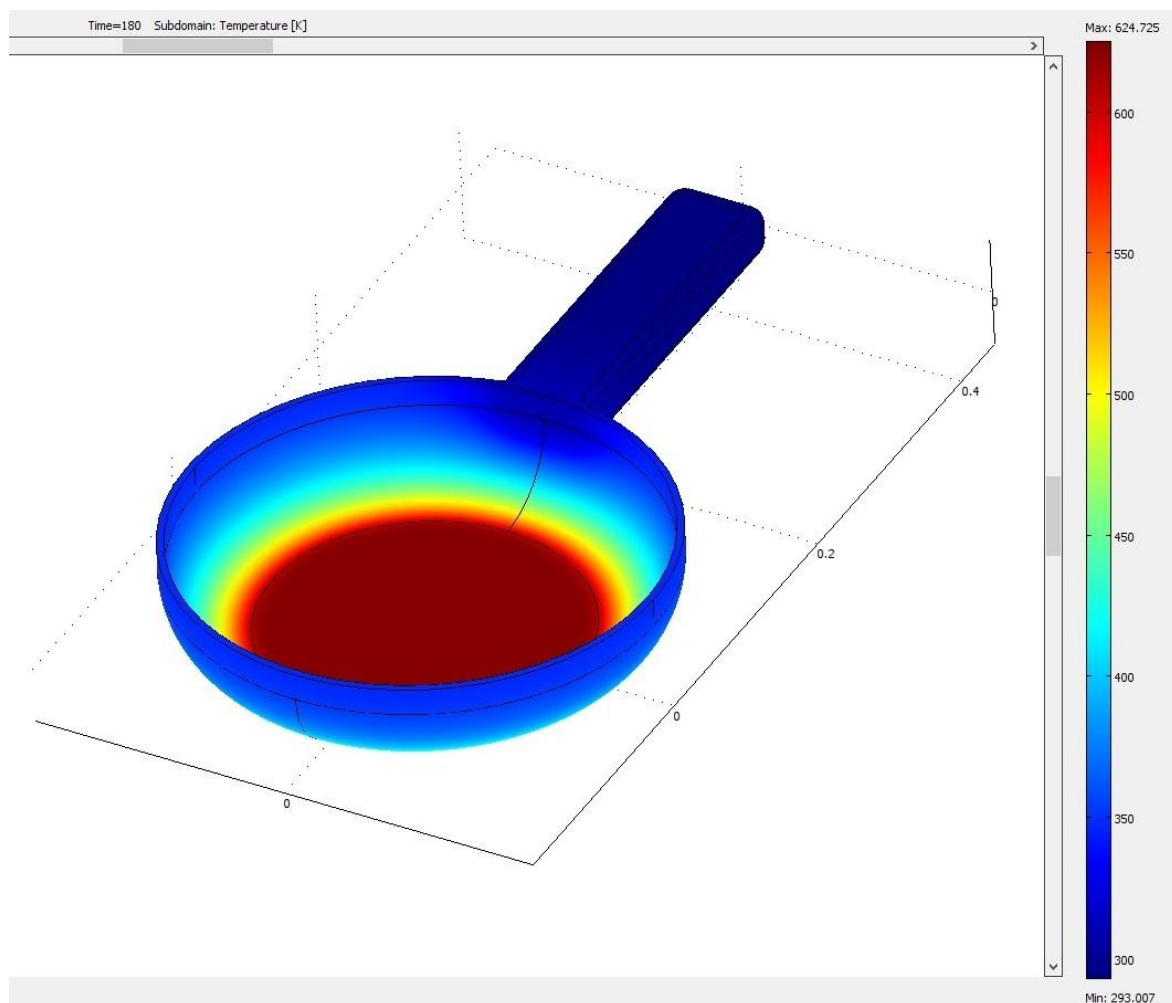


Kolejnym krokiem było wygenerowanie siatki składającej się z 13095 elementów:

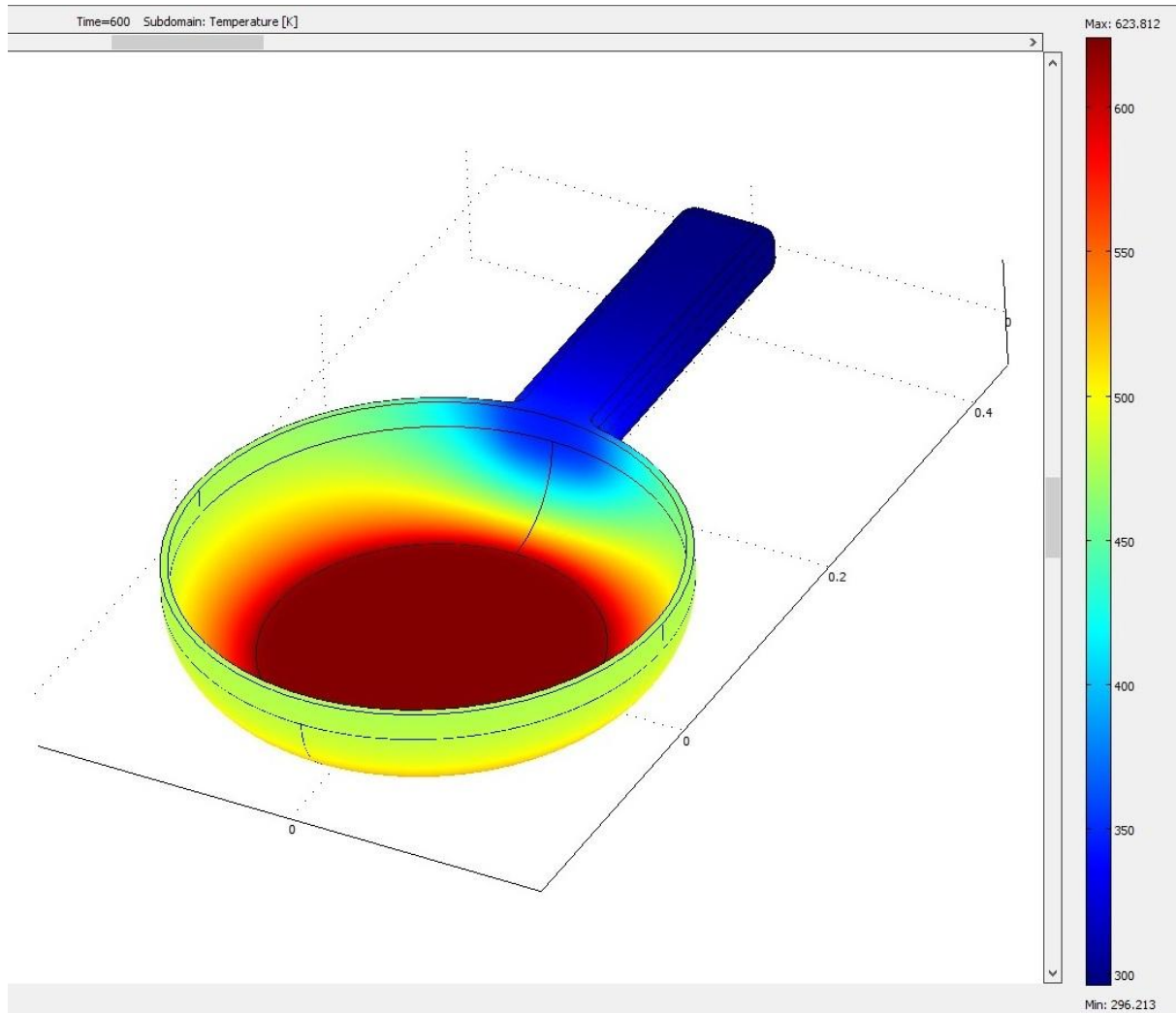


Wyniki analizy:

Rozkład temperatury w naczyniu po 3 minutach:



Rozkład temperatury w naczyniu po 10 minutach:



II. Patelnia wykonana z aluminium.

W programie został zmieniony materiał, pozostałe parametry pozostały bez zmian:

Subdomain Settings - Convection and Conduction (cc)

Equation

$$\delta_{ts} \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot (-k \nabla T) = Q - \rho C_p \mathbf{u} \cdot \nabla T$$

T = temperature

Subdomains Groups

Subdomain selection

Group: Select by group Active in this domain

Physics Inital Element Color

Thermal properties and heat sources/sinks

Library material: 2014 (UNS A92014) Load...

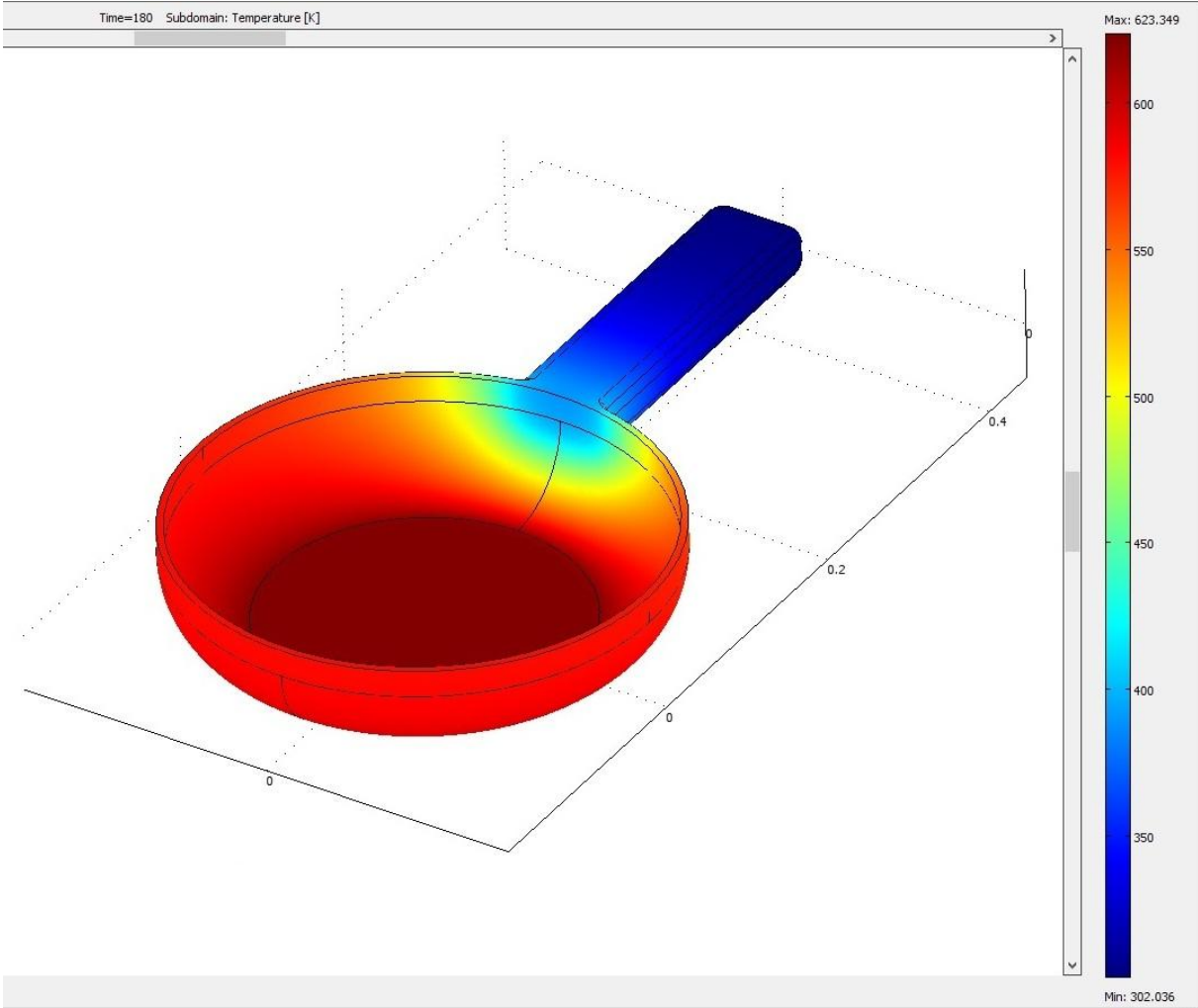
Quantity	Value/Expression	Unit	Description
δ_{ts}	1	1	Time-scaling coefficient
<input checked="" type="radio"/> k (isotropic)	$k(T[1/K])[W/(m \cdot K)]$	W/(m·K)	Thermal conductivity
<input type="radio"/> k (anisotropic)	0.025 0 0 0 0.025 0 0 0 0.025	W/(m·K)	Thermal conductivity
ρ	$\rho(T[1/K])[kg/m^3]$	kg/m ³	Density
C_p	$C(T[1/K])[J/(kg \cdot K)]$	J/(kg·K)	Heat capacity at constant pressure
γ	1	1	Ratio of specific heats
Q	0	W/m ³	Heat source
\mathbf{u}	0 0 0	m/s	Velocity field

Artificial Diffusion...

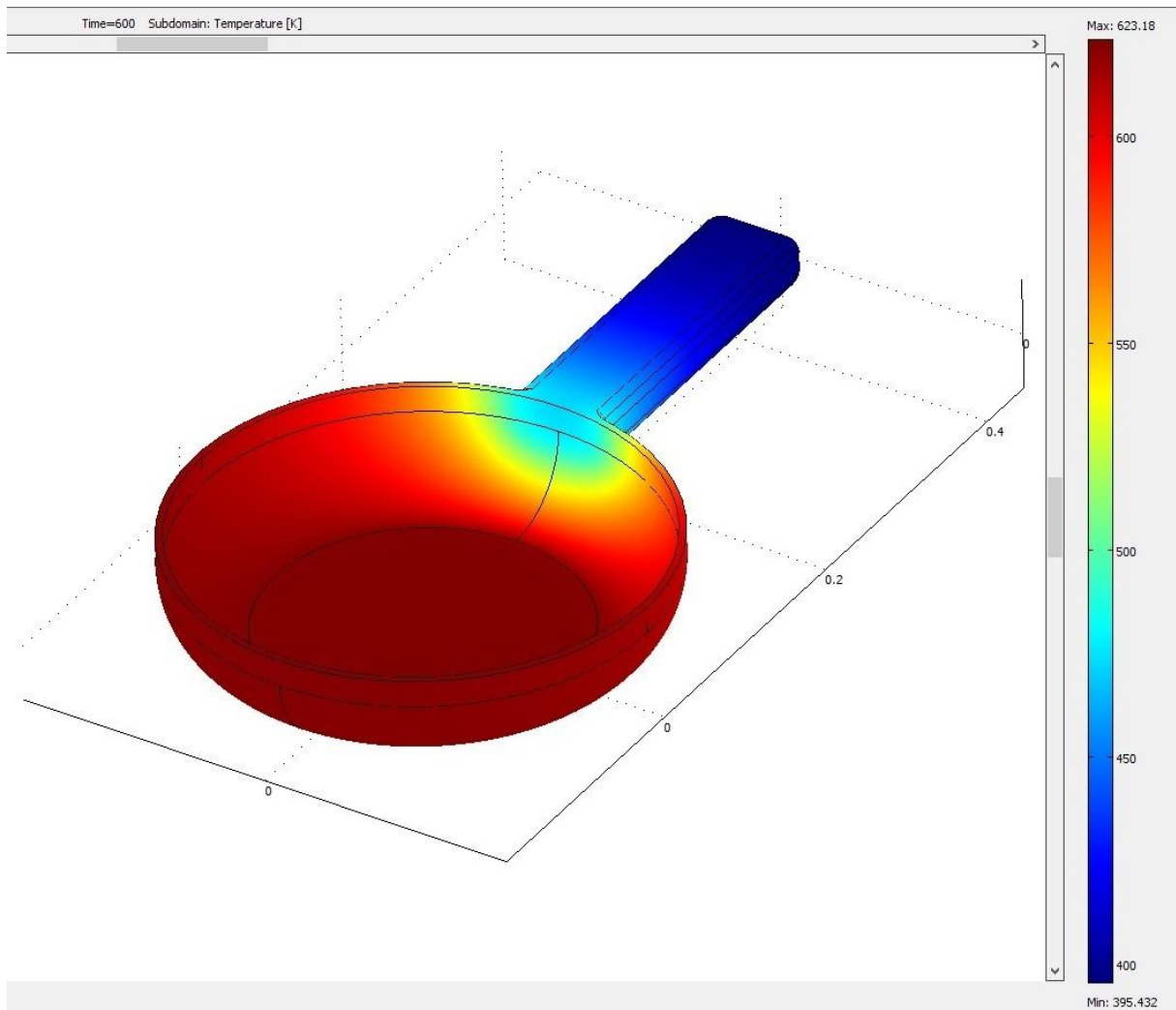
OK Cancel Apply Help

Wyniki analizy:

Rozkład temperatury w naczyniu po 3 minutach:



Rozkład temperatury w naczyniu po 10 minutach:



c) Wnioski

Jak wynika z przeprowadzonej analizy, patelnia wykonana ze stali nagrzewa się znacznie wolniej. Po 3 minutach nagrzany został jedynie spód naczynia. Wskutek dalszego nagrzewania wzrasta temperatura ścianek bocznych, natomiast temperatura rączki pozostaje bez zmian.

Patelnia aluminiowa nagrzewa się znacznie szybciej, gdyż już po 3 minutach nagrzana była bardziej, niż patelnia ze stali po 10 minutach. Temperatura rączki w przeciwieństwie do poprzedniego przypadku, zwiększyła się aż o 100K. Mogło to być niebezpieczne dla użytkownika takiego naczynia, dlatego zwykle stosuje się rączki wykonane z innych materiałów.

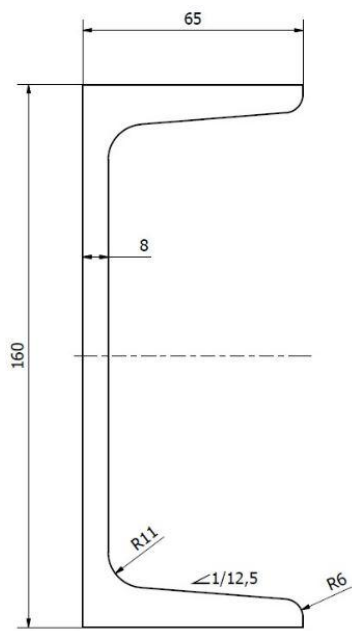
2. Analiza ugięcia teownika oraz ceownika.

a) Wstęp

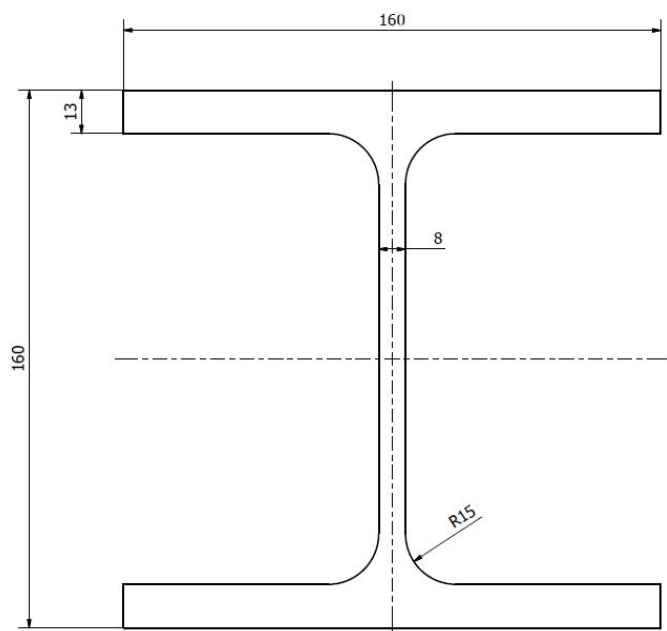
Przeprowadzona symulacja miała na celu porównanie dwóch belek: ceownika i dwuteownika zgodnych z normami DIN 1025 oraz DIN1026-1. Obie belki mają długość 60cm i są wykonane ze stali konstrukcyjnej. Elementy zostały obciążone na końcach obciążeniem stałym o wartości 1000N. Warunki dla obu belek są takie same:

- jednakowa długość równa 0,4m
- jednakowa wysokość równa 160mm
- jednostronne utwierdzenie

- obciążenie jednakową siłą: 1kN

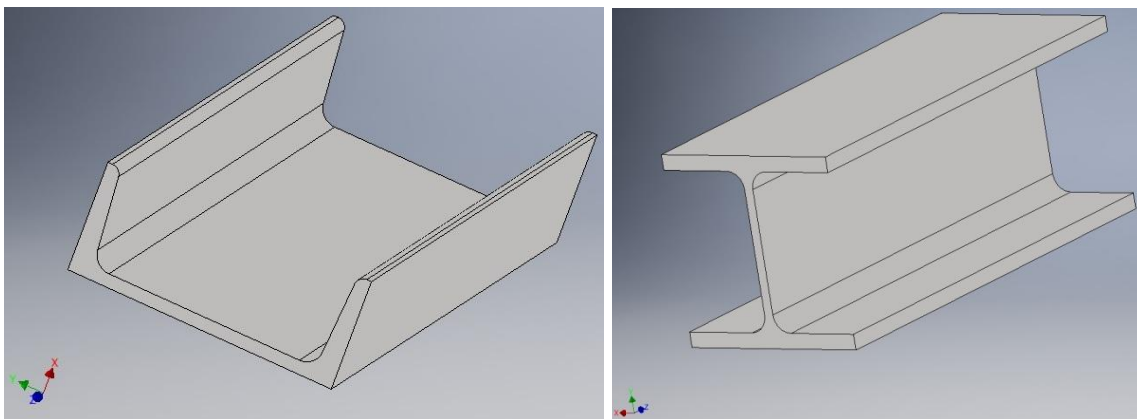


ceownik



dwuteownik

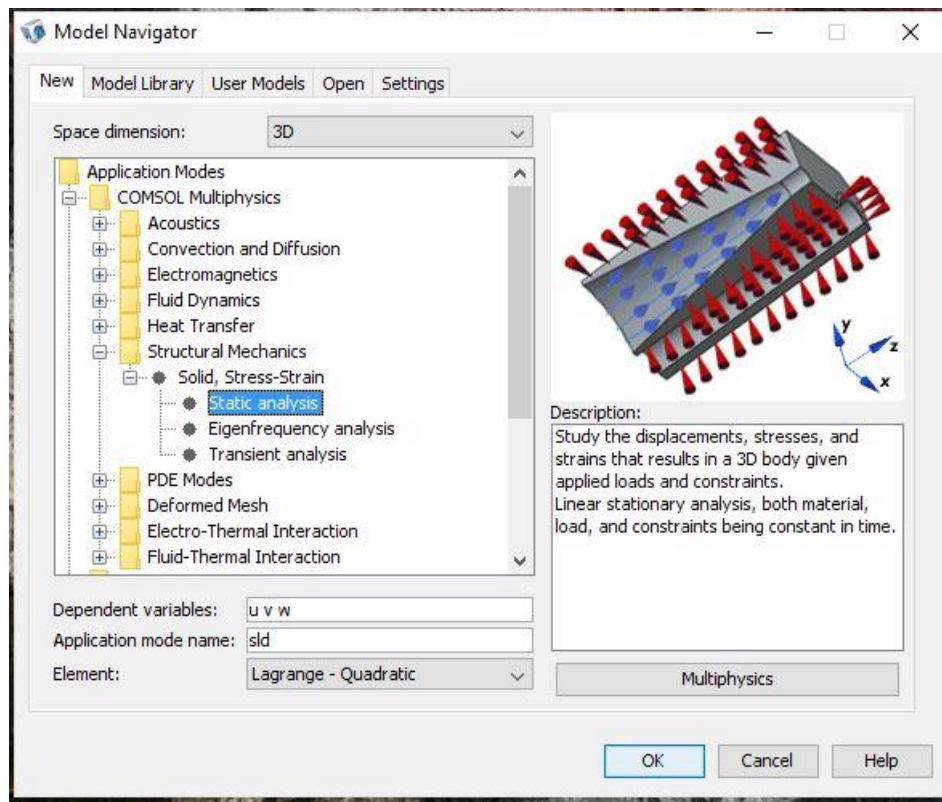
Modele zostały wykonane w programie Autodesk Inventor Professional 2016:



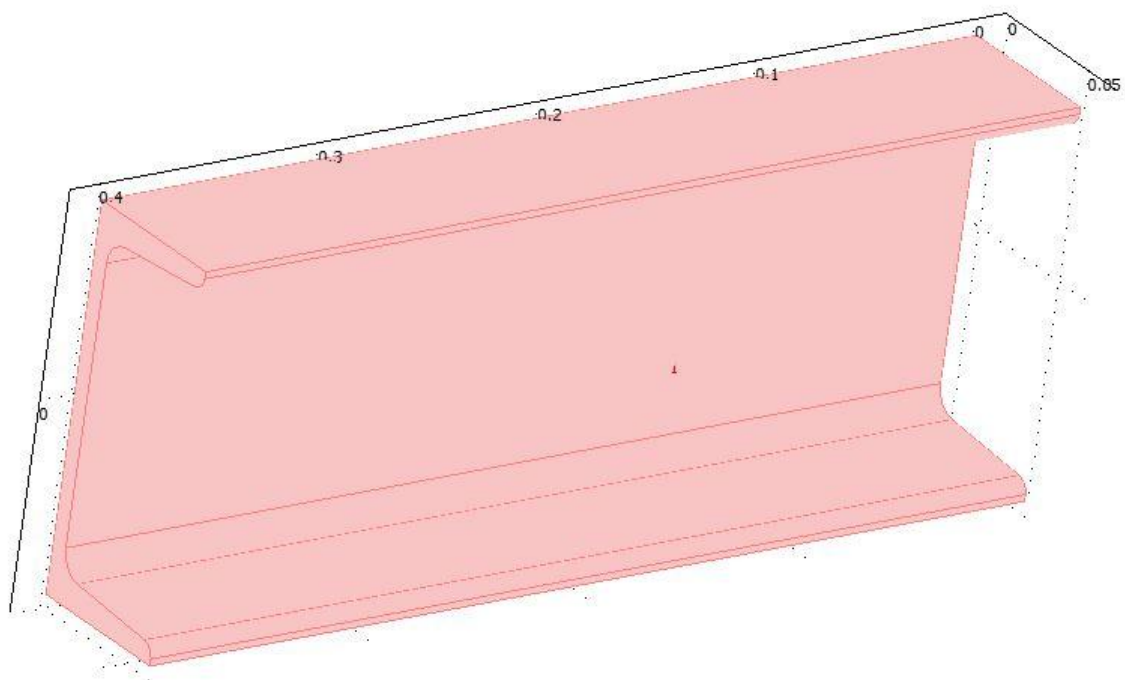
b) Przebieg symulacji

I. Ceownik.

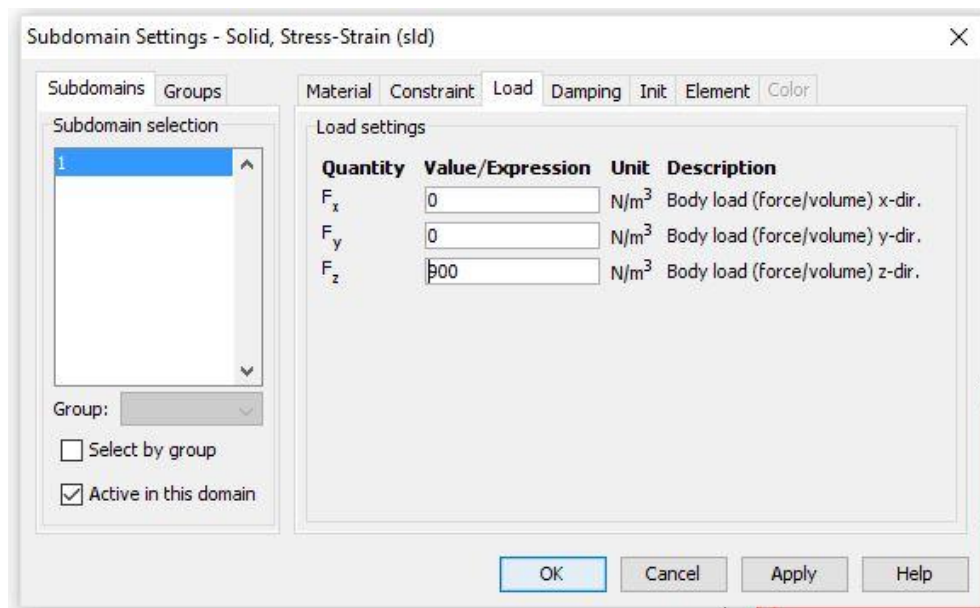
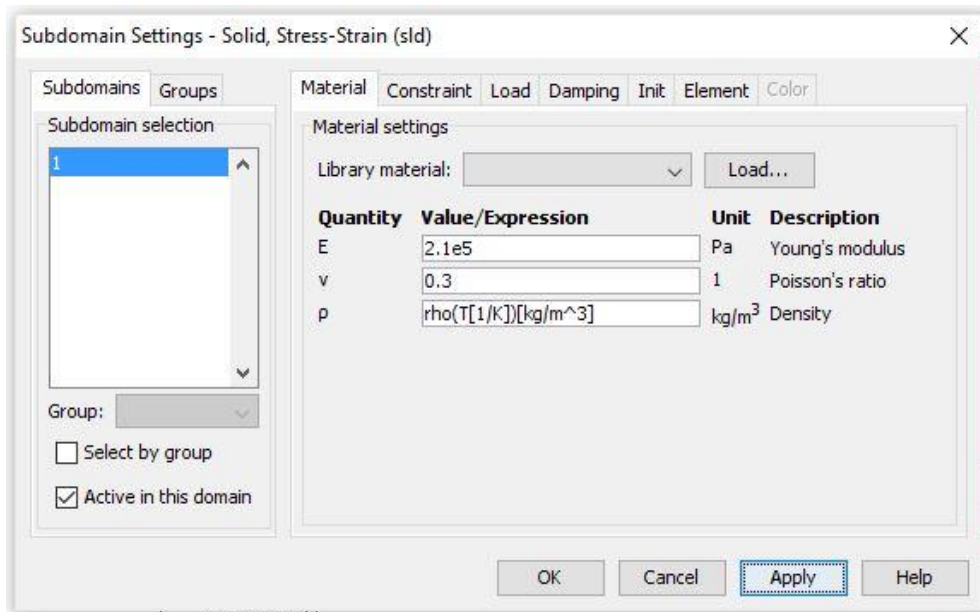
Symulacja została wykonana w module: Structural Mechanics/Solid, Stress-Strain/Static analysis:



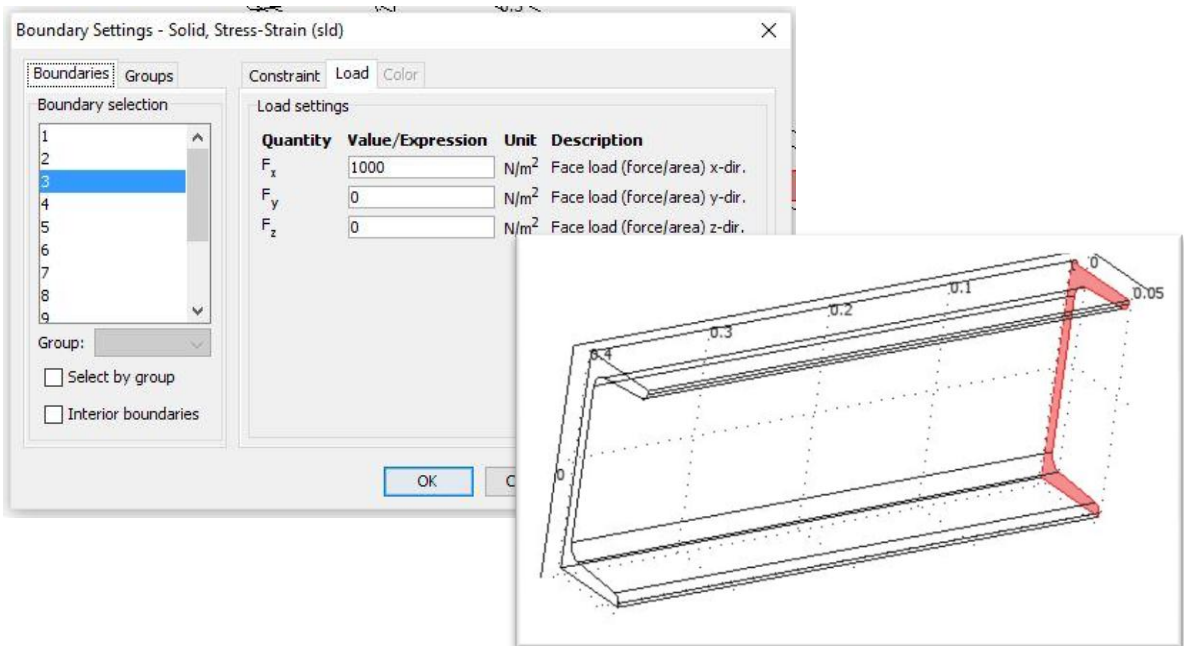
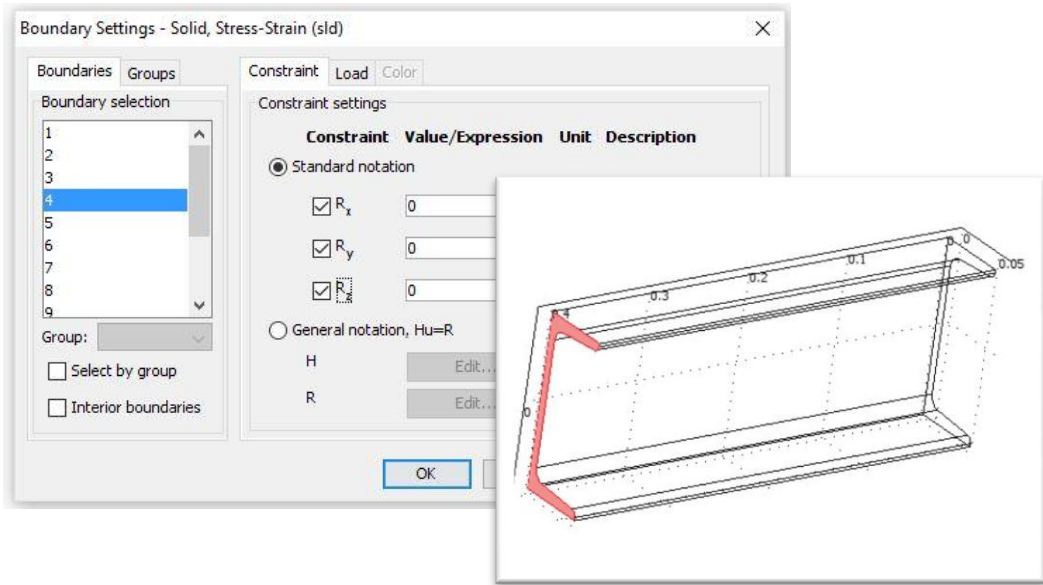
Model po zaimportowaniu do programu COMSOL:



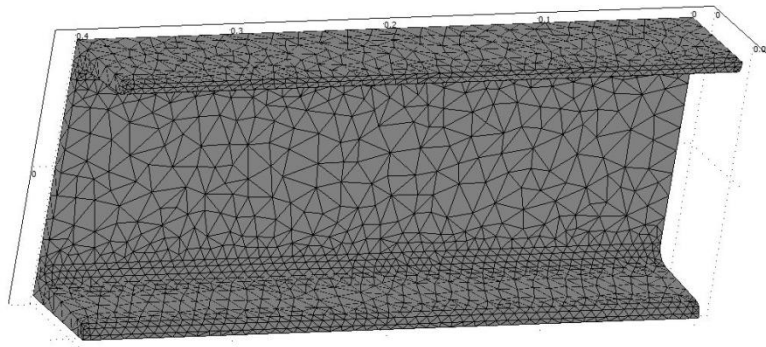
Dobór materiału, z którego został wykonany ceownik:



Po przypisaniu stali do modelu zdefiniowano warunki brzegowe. Ściana nr 4 została utwierdzona, a ściana nr 3 obciążona siłą zginającą o wartości 1kN, działającą w osi x:

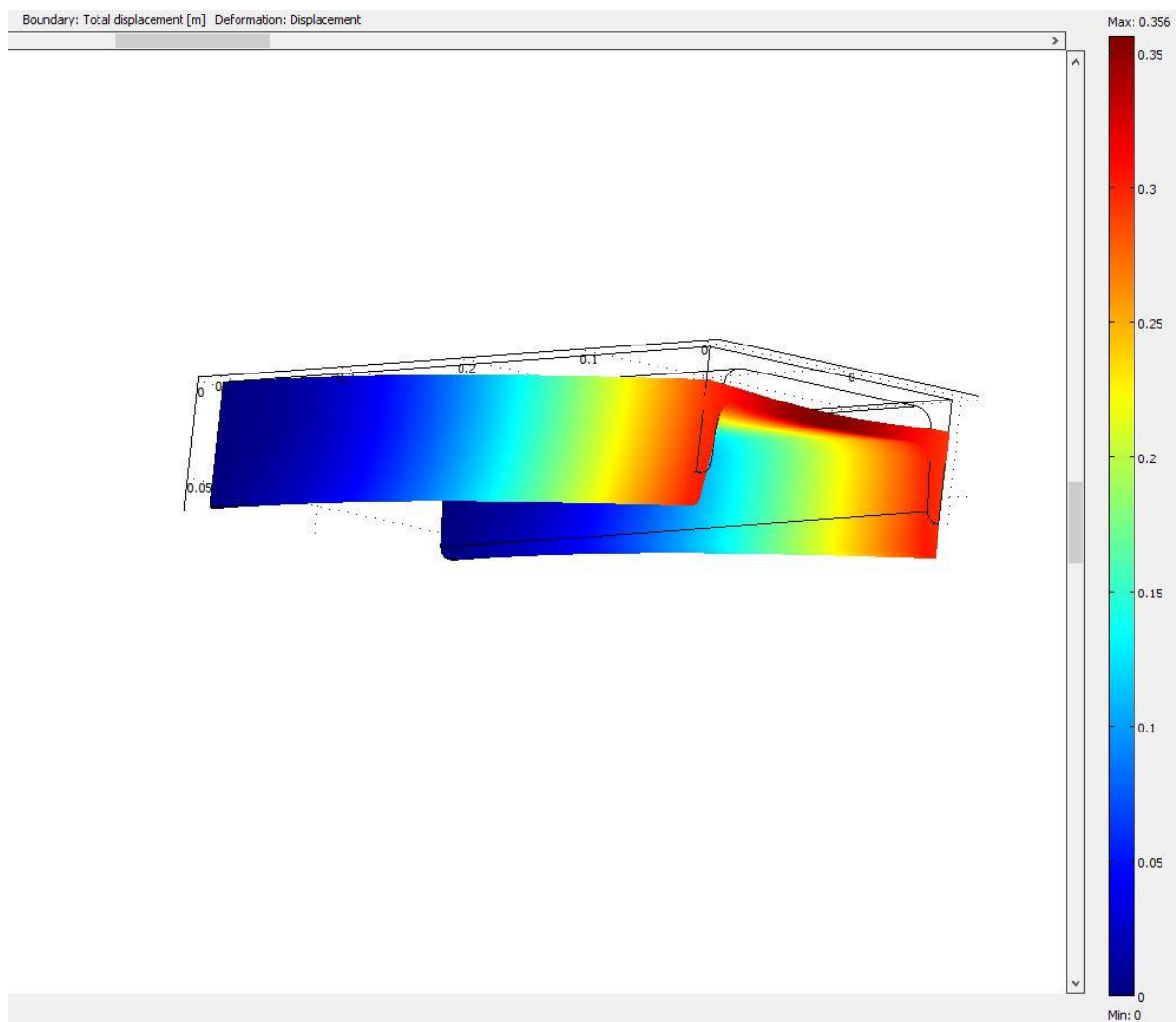


Kolejnym krokiem jest wygenerowanie siatki składającej się z 10050 elementów:



Wyniki analizy:

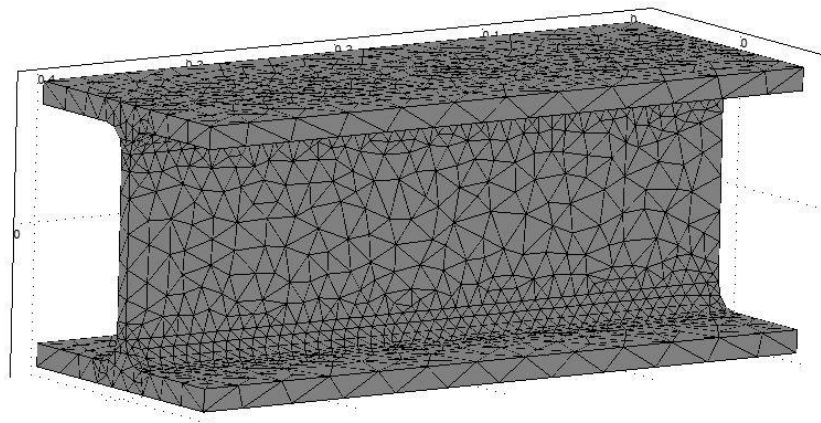
Odształcenie końcowe ceownika [mm]:



II. Dwuteownik

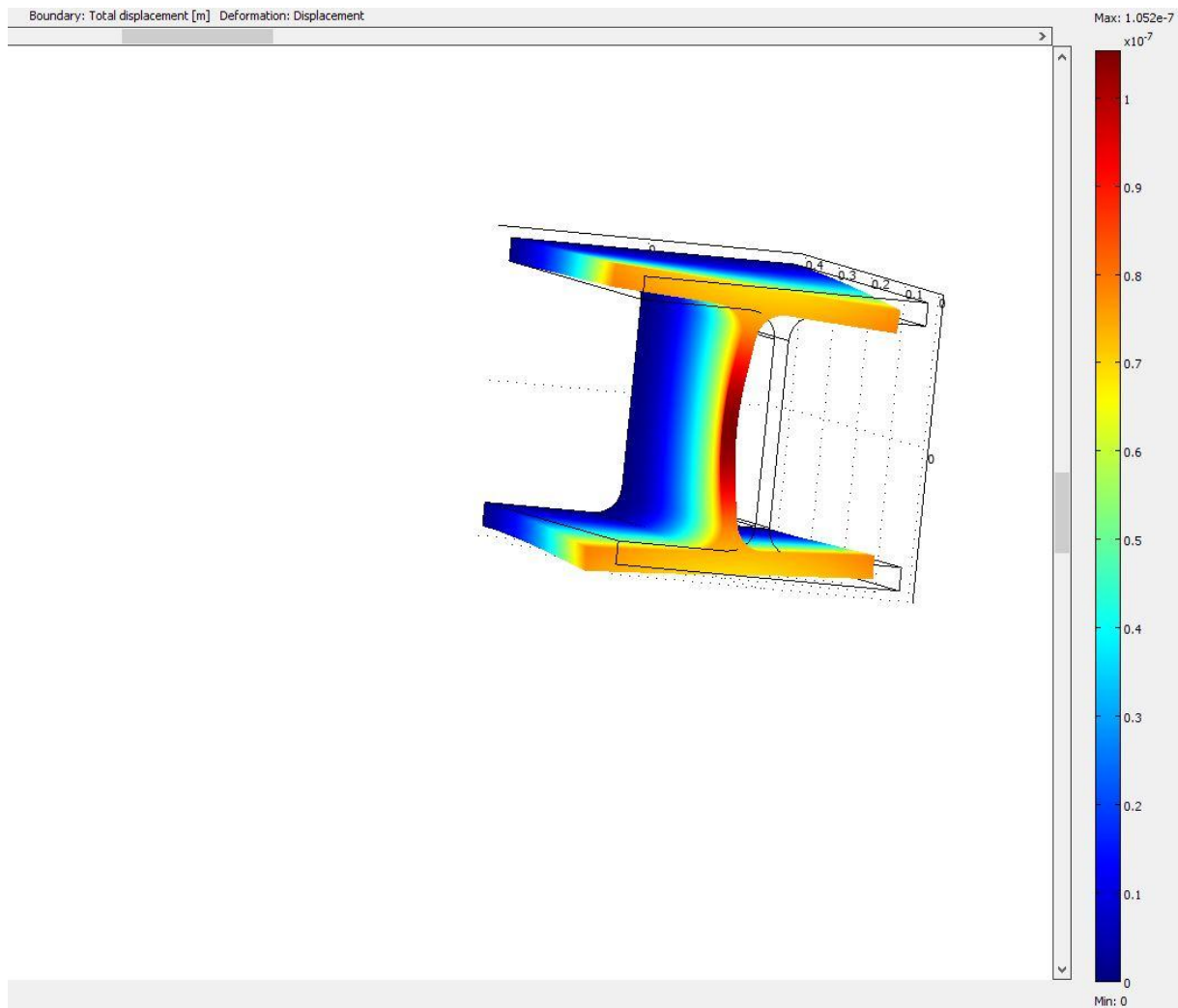
Do programu został zaimportowany dwuteownik. Wszystkie czynności zostały powtórzone, jak w wypadku ceownika.

Element po wygenerowaniu siatki składającej się z 10798 elementów:



Wyniki analizy:

Odształcenie końcowe dwuteownika [mm]:



c) **Wnioski.**

Z porównania ugięcia ceownika oraz dwuteownika wynika, zgodnie z oczekiwaniami, iż ugięcie tego pierwszego, przy jednakowych parametrach jest zdecydowanie większe. Maksymalne ugięcie ceownika wyniosło 0,356 mm, natomiast dwuteownika 1×10^{-7} mm, czyli ponad dwukrotnie większe.

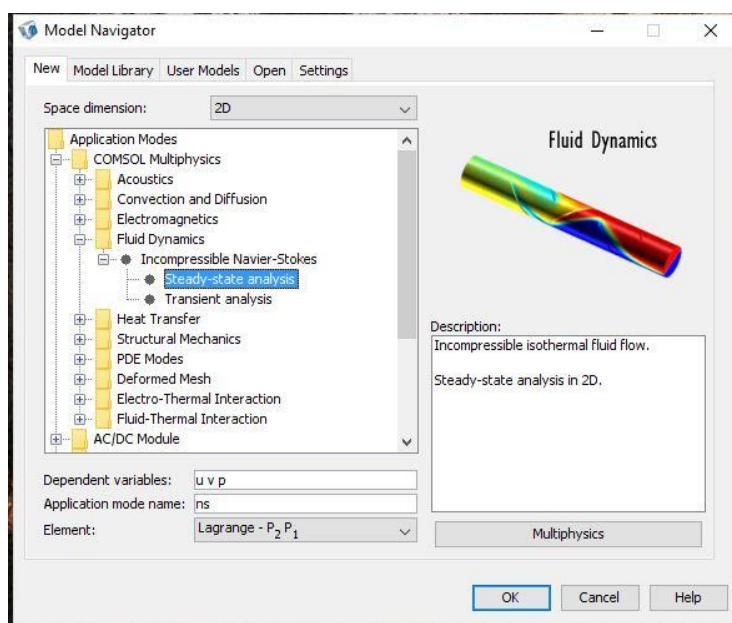
3. Analiza przepływu Aeodynamicznego na przykładzie skrzydła samolotu.

a) **Wstęp.**

Przy badaniu przepływu powietrza rozpatrywaliśmy elementy występujące w życiu codziennym, wykorzystywane do badanie aerodynamiczności przepływu powietrza wokół skrzydła samolotu. Skupiliśmy się na czterech różnych kształtach skrzydła: podczas lotu w linii prostej, podczas wznoszenia się i opadania samolotu, a także konstrukcja, która nie jest stosowana.

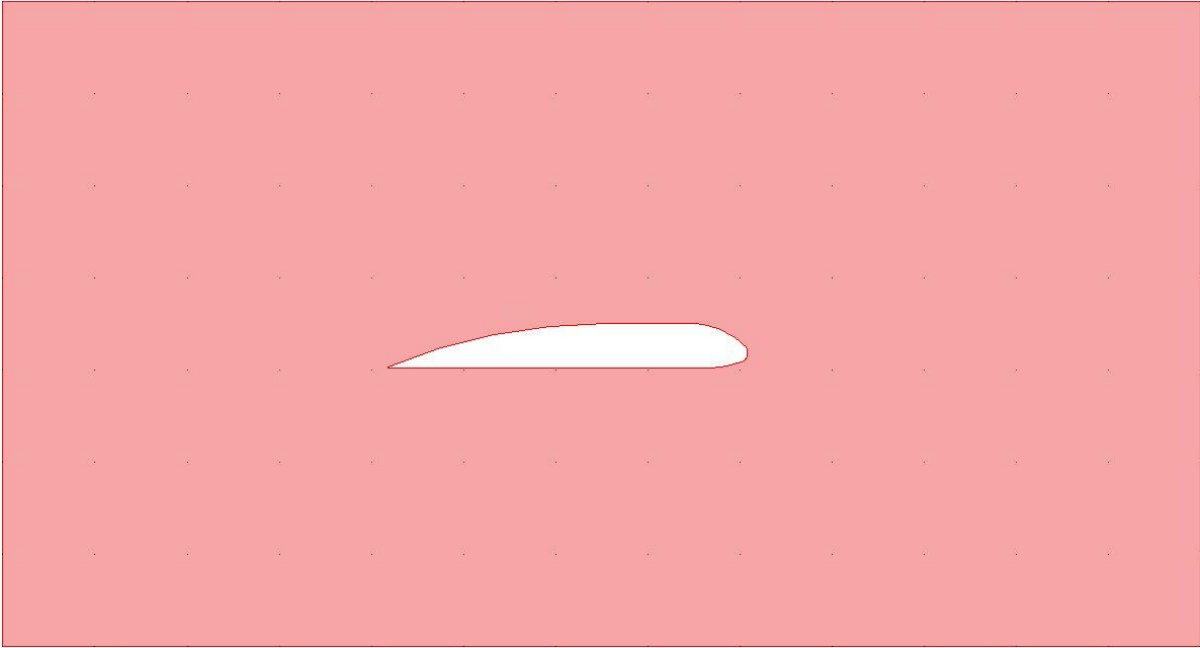
b) **Przebieg symulacji.**

Analizy dokonaliśmy w module Fluid Dynamics/Incompressible Navier-Stokes/Steady-state analysis:

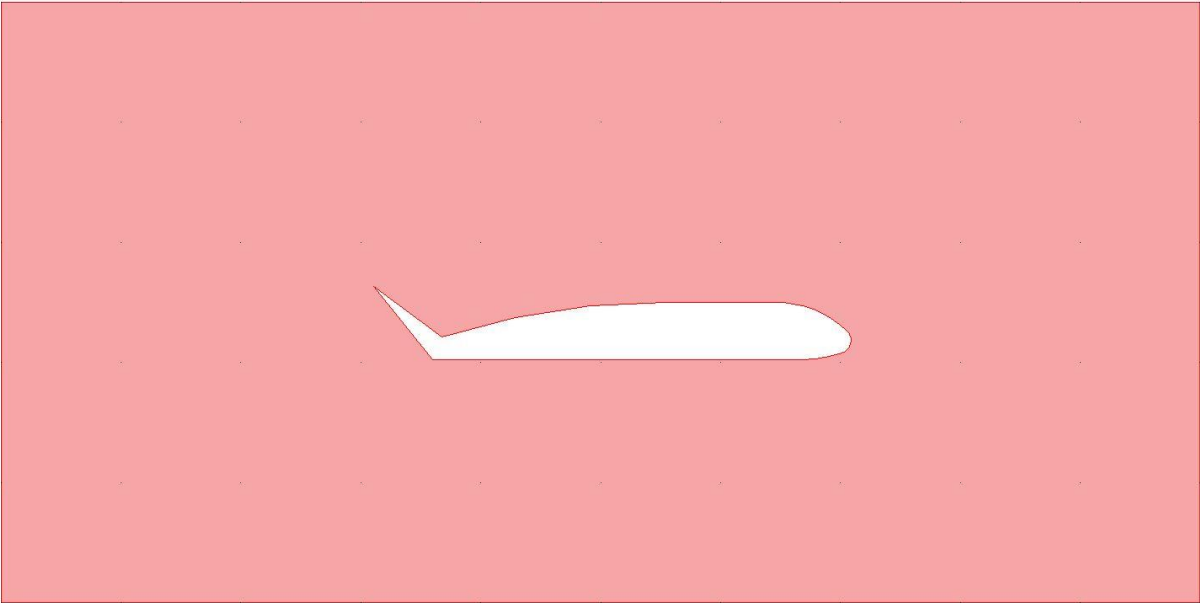


Ze względu na trudność uzyskania szczegółowych informacji odnośnie wymiarów od producentów, zamodelowaliśmy w programie COMSOL elementy, które odwierciedlają kształt zewnętrzny bez zachowania wielkości wymiarowych.

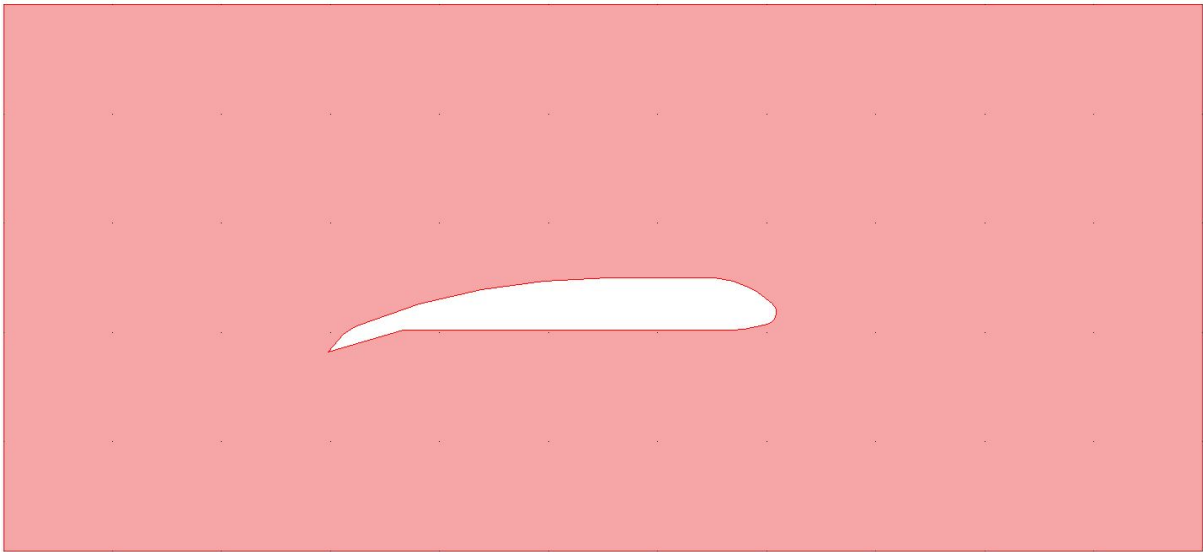
I. Model pierwszy.



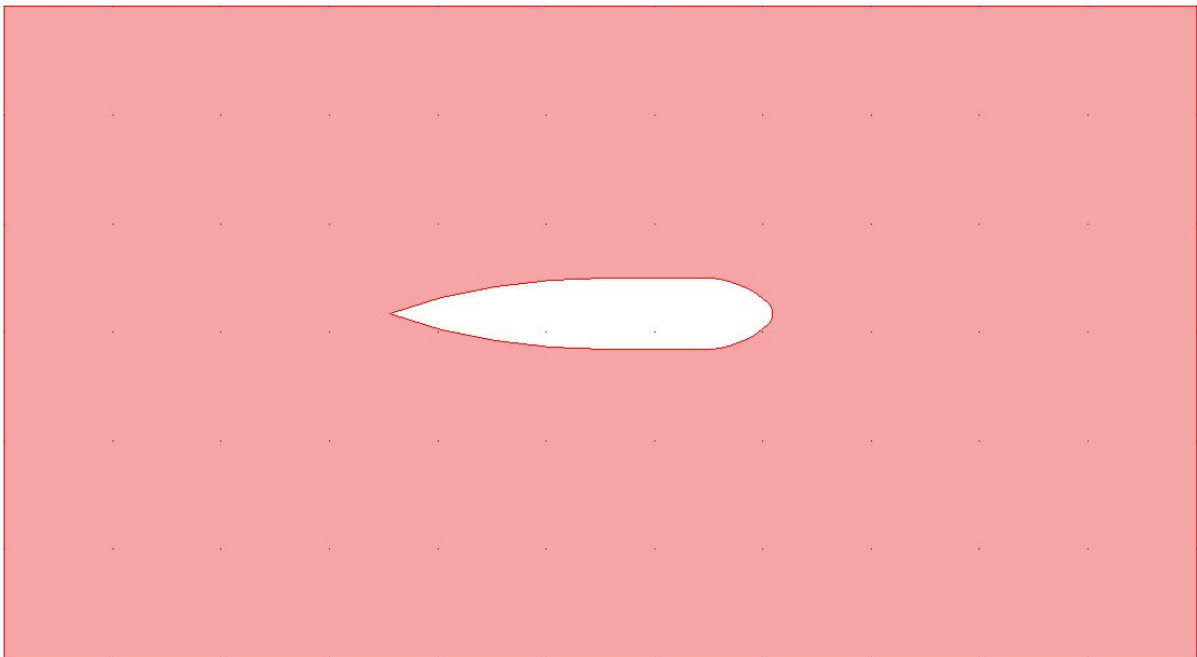
II. Model drugi.



III. Model trzeci.



IV. Model czwarty:

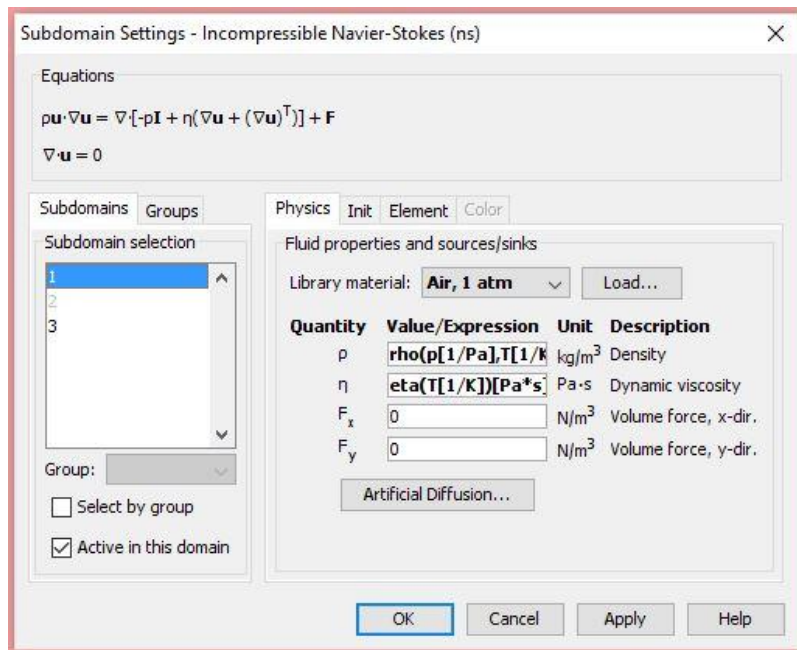


Parametry są takie same dla wszystkich przypadków:

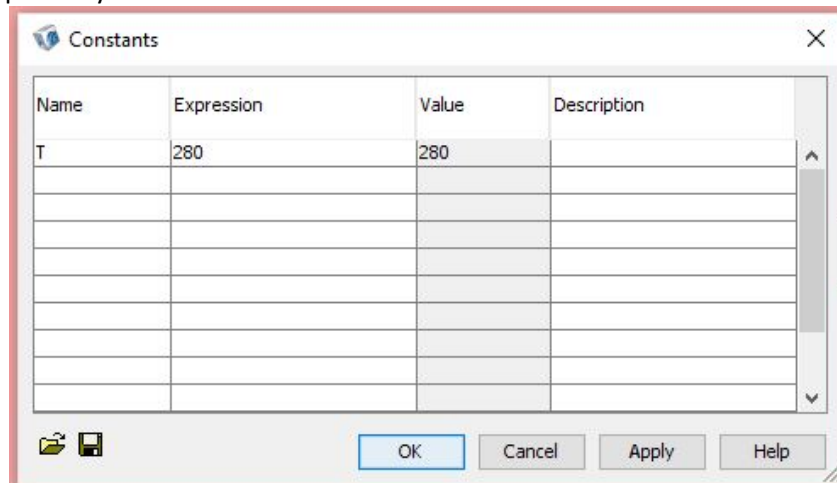
- Prędkość poruszania się samolotu: 270 m/s
- Temperatura otoczenia: 280 K
- Ciśnienie powietrza: 1 atm
- Kierunek lotu w prawo

Kolejne zdjęcia pokazują ustawienia symulacji.

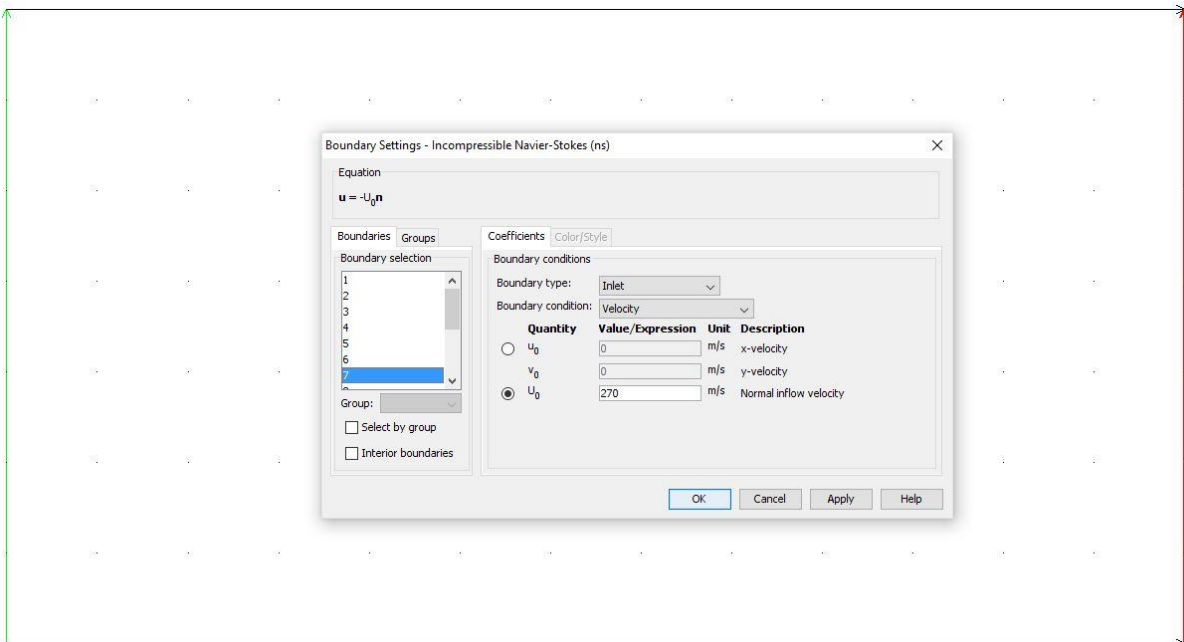
Określenie gazu optywowego:



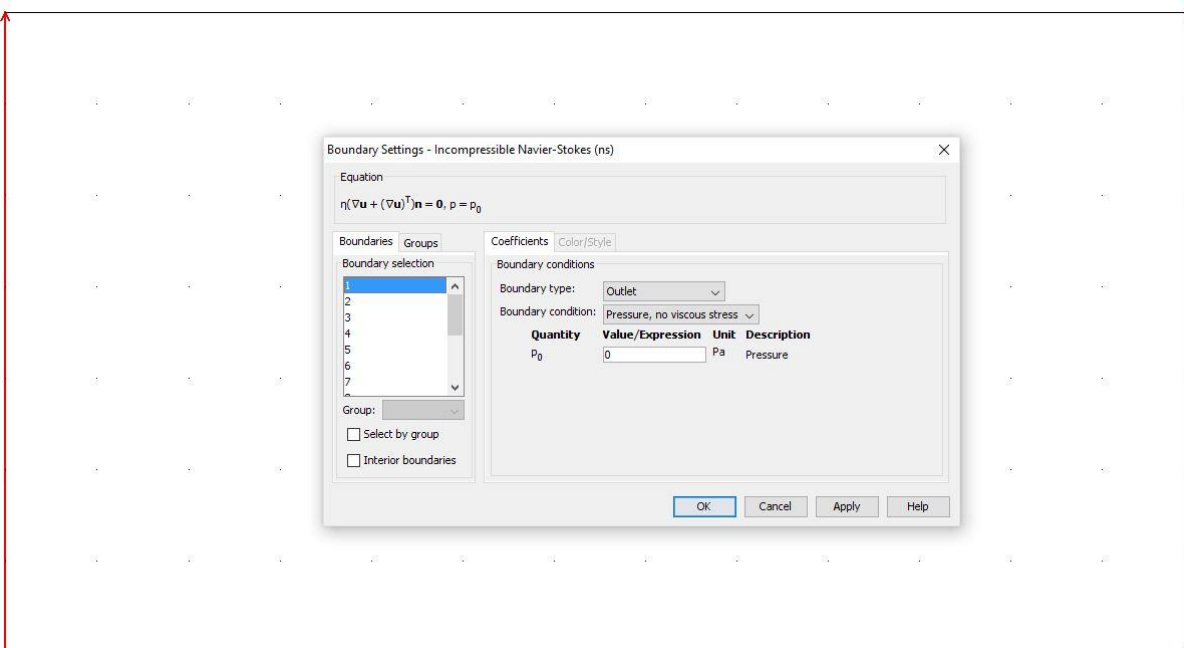
Określenie temperatury otoczenia:



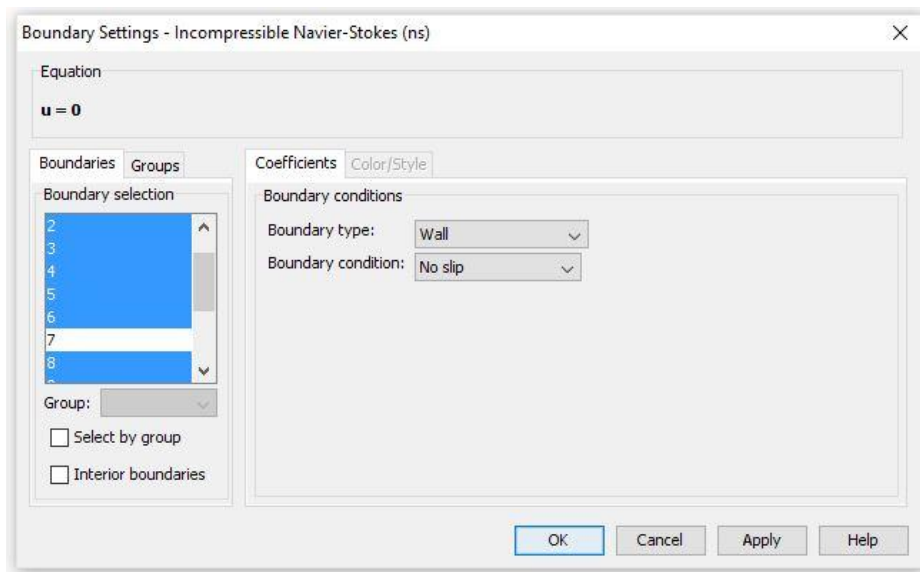
Ustawienie wejścia (Inlet) i prędkości powietrza:



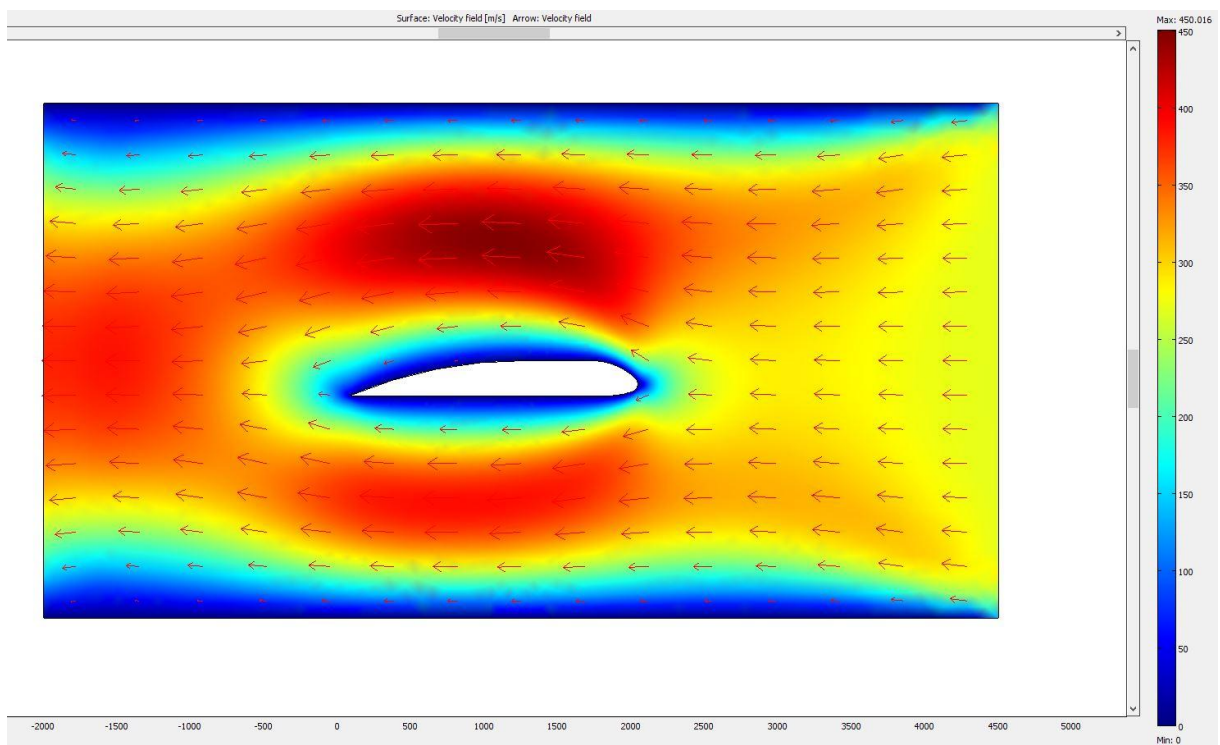
Ustawienie wyjścia (Outlet):

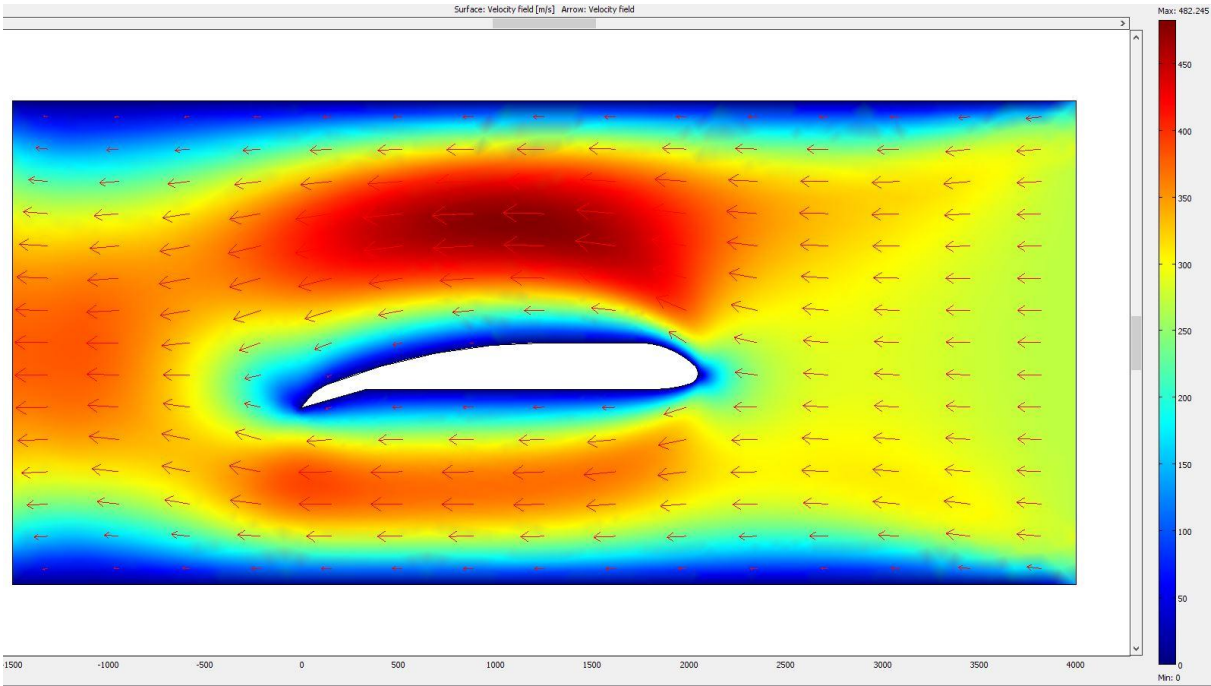
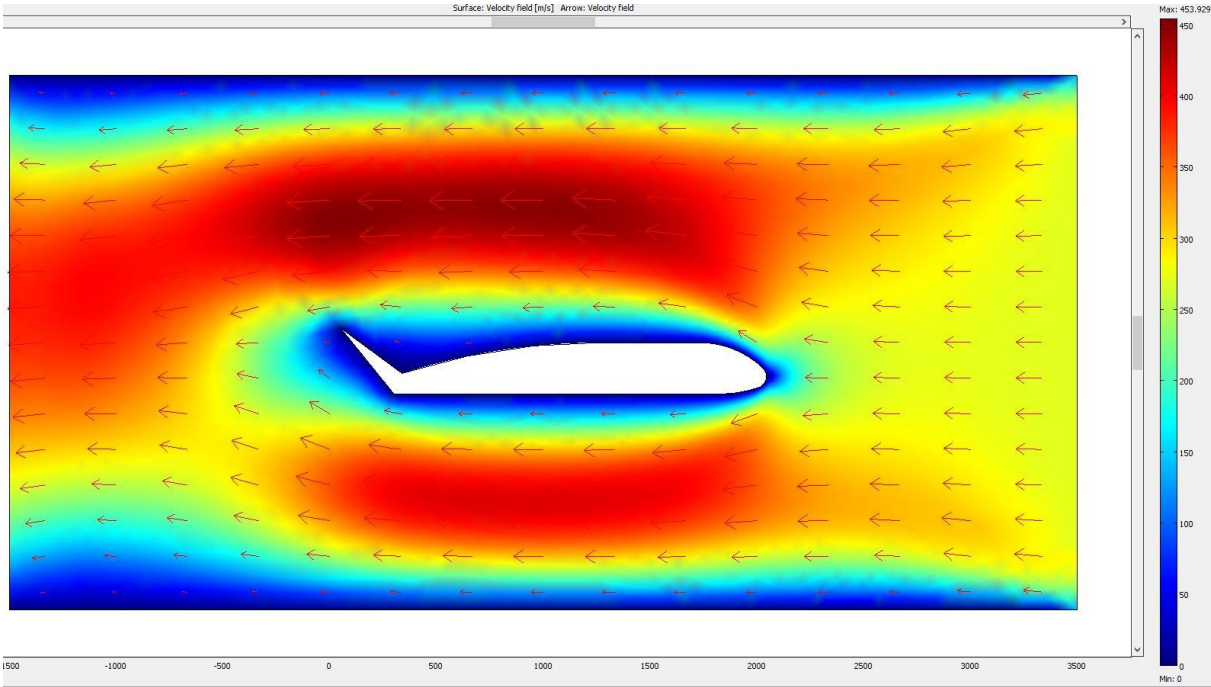


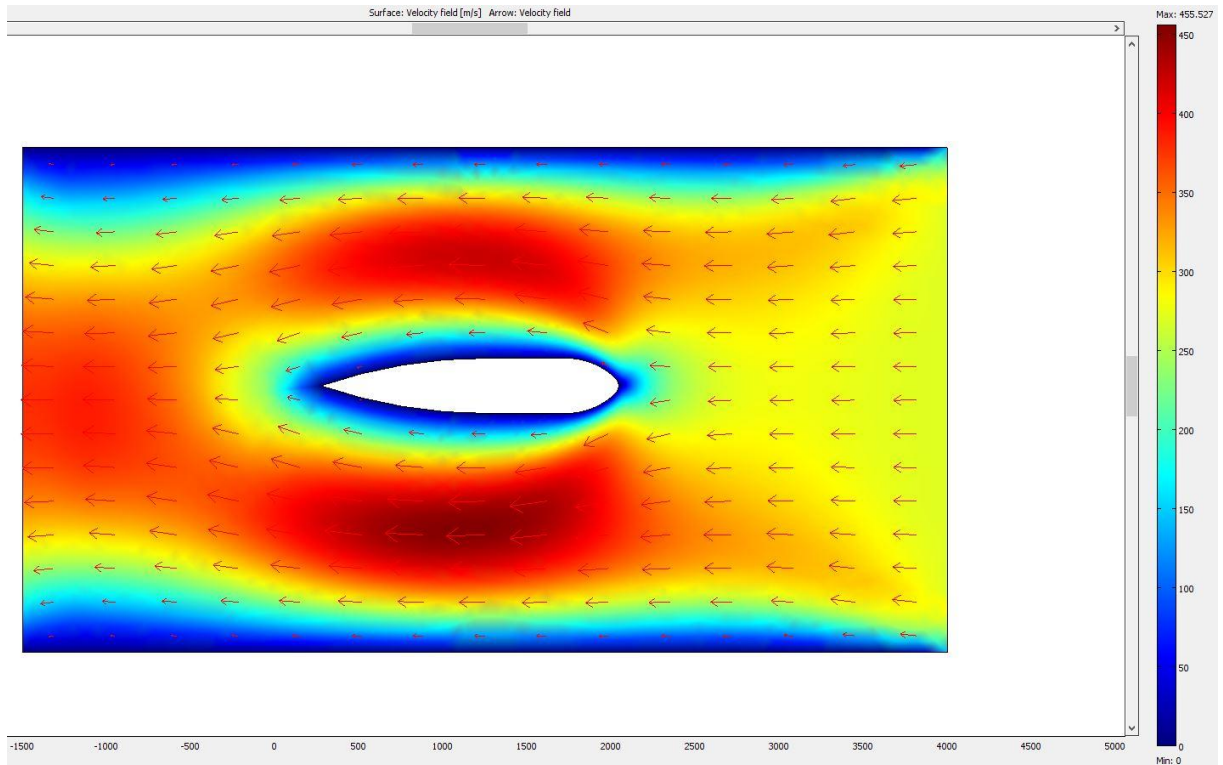
Ustawienie pozostałych krawędzi jako ścian (Wall):



Wyniki analizy:







c) **Wnioski.**

Powietrz opływając skrzydło, przemieszcza się po jego górnej oraz dolnej powierzchni. Górna linia prądu pokonuje znacznie dłuższą drogę, niż strumień pod skrzydłem. Nad skrzydłem tworzy się strefa niskiego ciśnienia, a pod – strefa ciśnienia wysokiego. Różnica ciśnień powoduje powstanie siły nośnej, utrzymującej skrzydło w powietrzu. Zamykając i otwierając klapy, sterujemy przepływem powietrza w taki sposób, że samolot opada, bądź wznosi się.

Czwarty model skrzydła nie może być stosowany w samolotach, gdyż w tym przypadku strefa niskiego ciśnienia tworzy się pod skrzydłem, a siła działająca na skrzydło skierowana jest ku dołowi. Samolot nie mógłby w takim przypadku wznieść się w powietrze. Takie rozwiązanie znajduje jednak zastosowanie w spojlerach samochodów sportowych, mających na celu dociśnięcie tylnych kół do ziemi, dzięki czemu samochód nie traci przyczepności. Zapobiega to wpadaniu w poślizg przy dużej prędkości.