

Projekt z przedmiotu Metoda Elementów Skończonych

Prowadzący:

dr hab. Tomasz Stręka

Wykonali:

Frank Szymon

Kuchta Mariusz

IM, MiBM, WBMiZ

semestr 7, rok akademicki 2011/2012

Spis treści

1. Analiza naprężeń.....	3
1.1. Opis badanego elementu	3
1.2. Przedmiot i jego analiza.....	3
1.3. Wnioski	6
2. Przepływ strumienia powietrza	7
2.1. Analiza problemu.....	7
2.2. Opis badanego elementu	7
2.3. Przedmiot i jego analiza.....	7
2.4. Wnioski	11
3. Przepływ ciepła.....	12
3.1. Analiza problemu.....	12
3.2. Opis badanego elementu	12
2.3. Przedmiot i jego analiza.....	13
2.4. Wnioski	16

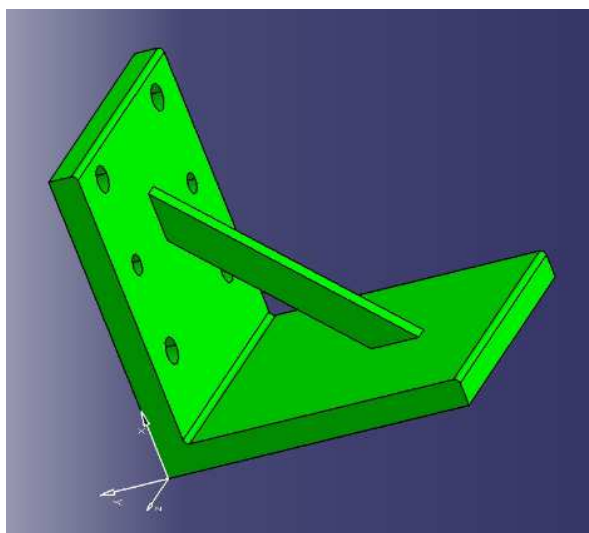
1. Analiza naprężeń

1.1. Opis badanego elementu

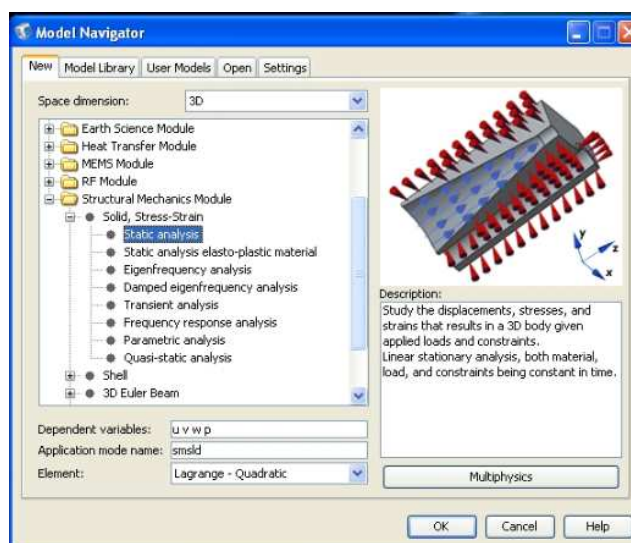
Do przeprowadzenia analizy naprężeń został wybrany kątownik montażowy. Elementy tego rodzaju są często stosowane, jako bezpośrednie, boczne mocowanie do podciągów i łączników z betonu lub drewna i w innych podobnych sytuacjach. Kątownik ten o wymiarach 121x121x110 mm i grubości 11 mm jest elementem łączącym w konstrukcjach ramowych z profili.

1.2. Przedmiot i jego analiza

Model 3D został zaprojektowany w CATIA V5 (rys. 1.1), a następnie zaimportowany do odpowiedniego modułu systemu COMSOL (rys. 1.2).



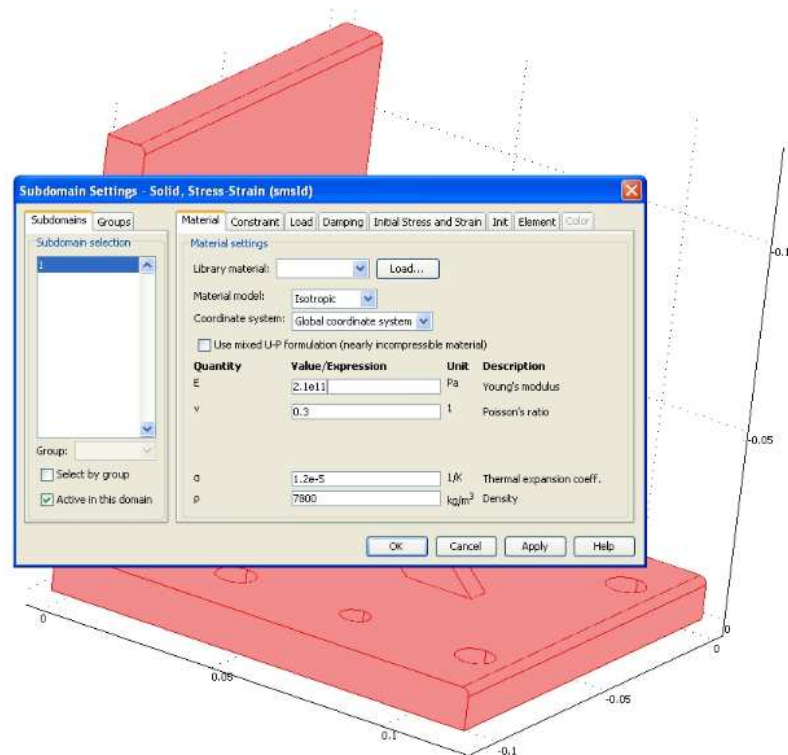
Rys. 1.1. Model kątownika montażowego w programie CATIA V5



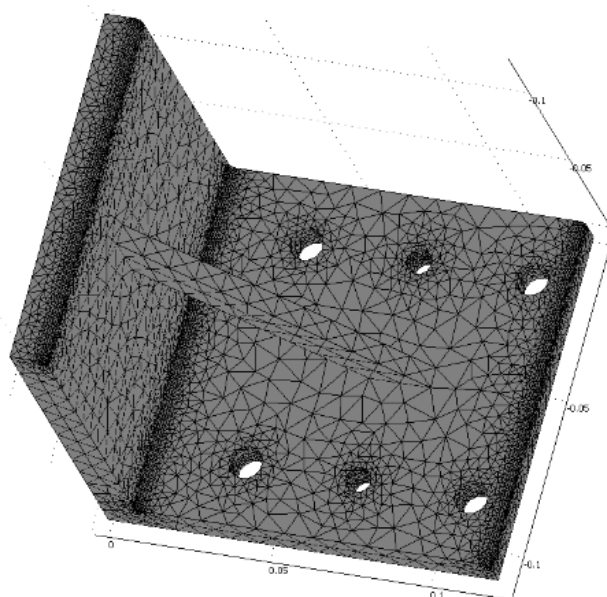
Rys. 1.2. Wybrany moduł programu COMSOL

Kątownik został wykonany z stali St3S, której właściwości zostały przedstawione poniżej i wpisane w programie (materiał jednorodny, o gładkich powierzchniach):

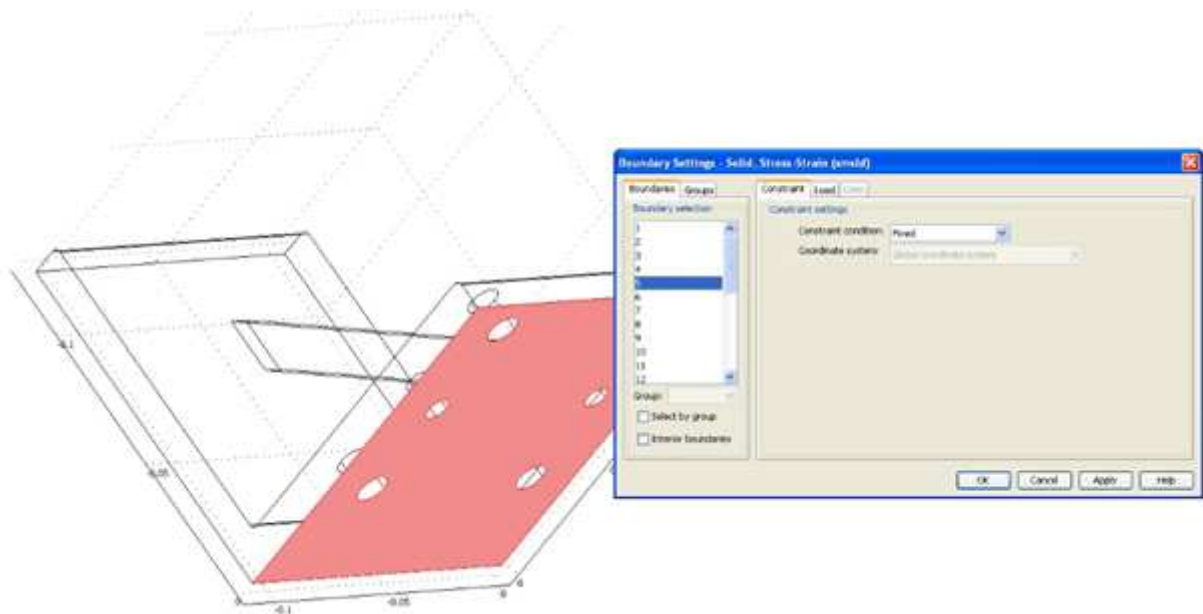
- Gęstość 7800 [kg/m³]
- Moduł sprężystości wzdłużnej Younga $E=2,1 \times 10^9$ [Pa]
- Współczynnik Poisson`a $\nu=0,3$
- Obciążenie 1000 [N]



Rys. 1.3. Wpisanie parametrów materiału

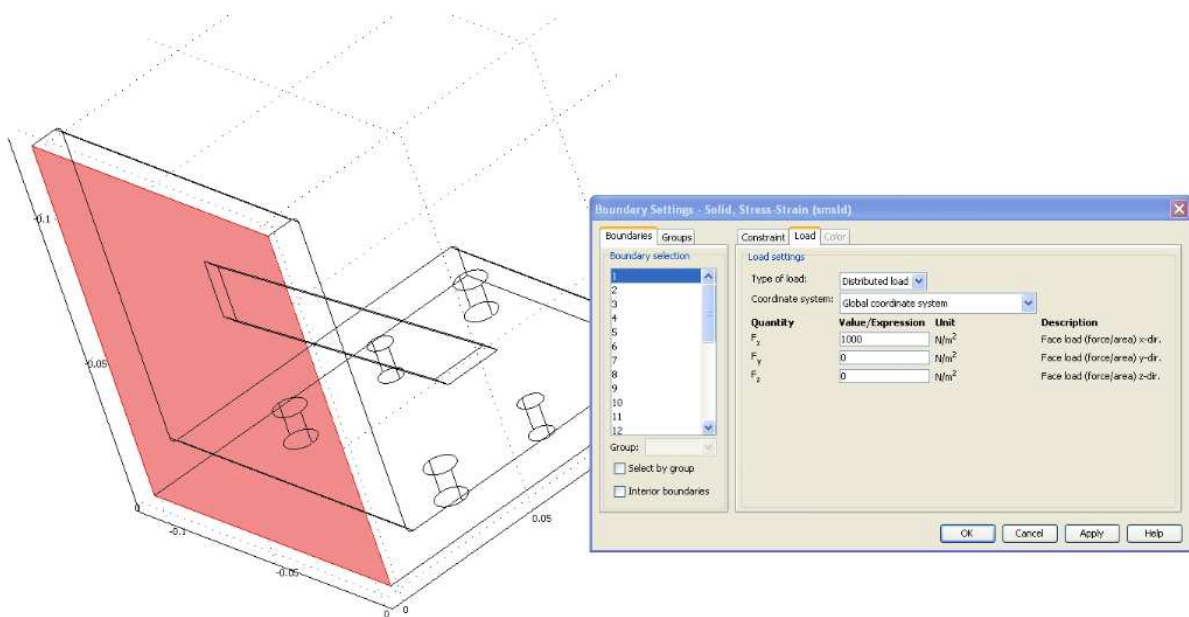


Rys. 1.4. Wygenerowana siatka kątownika składająca się z 44331 elementów

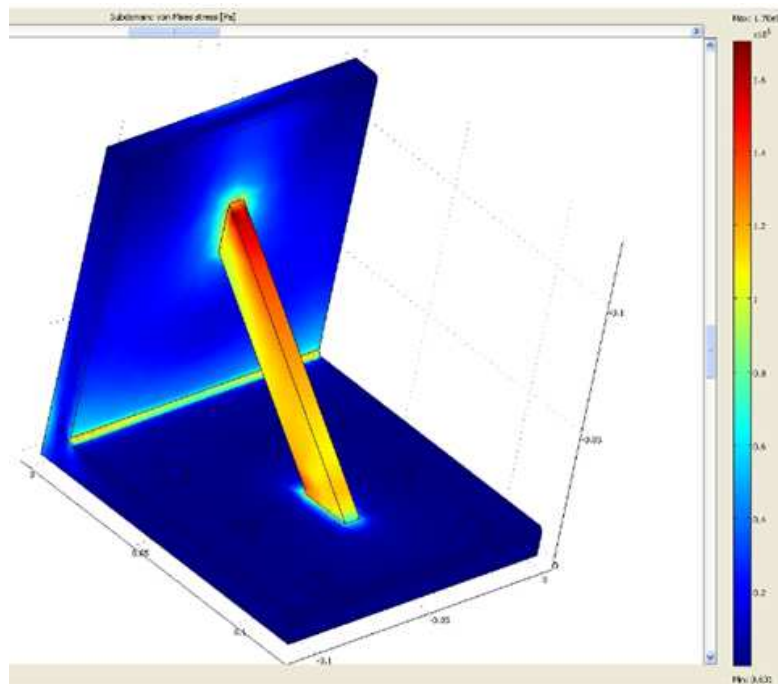


Rys.1.5. Ustawienie płaszczyzny utwierdzenia modelu

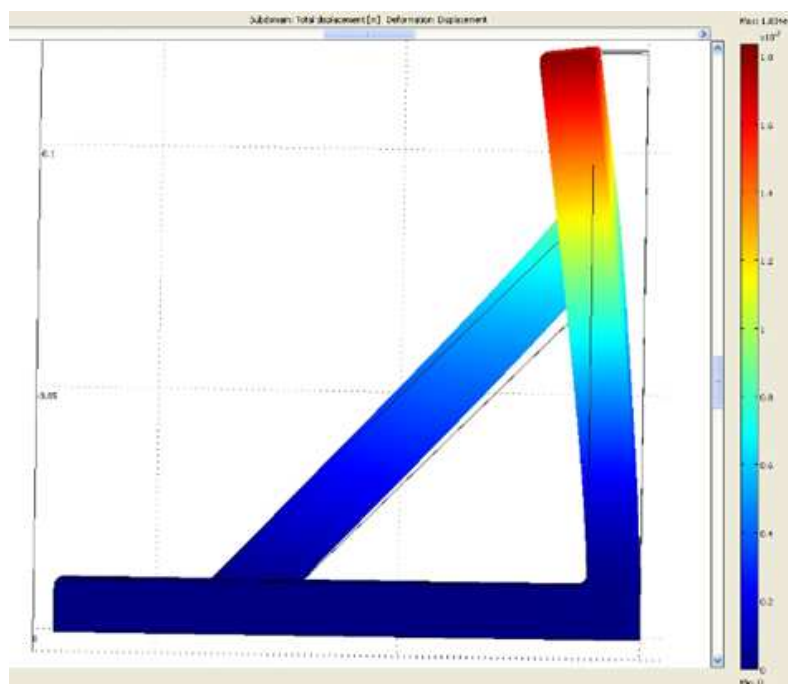
Następnie w kierunku osi z został kątownik obciążony siłą 1000 N.



Rys.1.6. Ustawienie płaszczyzny obciążenia modelu



Rys. 1.7. Naprężenia w badanym przedmiocie



Rys. 1.8. Naprężenia i ugięcie badanego przedmiotu

1.3 Wnioski

Jak można zauważyć największe naprężenia występują w „belce” kątownika wynoszą $1,7 \times 10^5$ Pa. Natomiast największe odkształcenie wyniosło $0,1834 \mu\text{m}$ i wystąpiło na samym końcu kątowniki na powierzchni obciążanej. Na podstawie analizy obliczeń, można stwierdzić że kątownik ten wytrzymałby większe obciążenia.

2. Przepływ strumienia powietrza

2.1. Analiza problemu

Badaniom w wirtualnym tunelu aerodynamicznym poddano piłkę golfową, aby sprawdzić czy zagłębienia na jej powierzchni mają wpływ na uzyskiwane osiągi. Mechanizm lotu polega na tym, że powierzchnię uderzonej piłki owiewa w locie pęd powietrza. Piłka przecina powietrze, które za nią znów się łączy. Przy dużej prędkości z tyłu piłeczki tworzą się zawirowania. Gładkie warstwy powietrza odrywają się, niweczą również próbę ponownego zejścia się powietrza, przez co lecąca piłka o gładkiej powierzchni stawia znaczny opór. Dzięki porowatej strukturze, na powierzchni piłeczki tworzą się niewielkie zawirowania powietrza. Po uderzeniu nie szybuje już gładka piłka, tylko "zanurzona" w zawirowaniach kula, która stawia znacznie mniejszy opór. Strumień powietrza nie rozdziela się tak silnie i łatwiej jak mu połączyć się na nowo.

2.2. Opis badanego elementu

Do analizy wykorzystano piłkę golfową jednoczęściową, z 500 wgłębieniami. Jej wymiary to 42,67 mm średnicy, i 45,93 grama wagi.



Rys. 2.1. Piłka golfowa

2.3. Przedmiot i jego analiza

Do wykonania analizy program COMSOL Multiphysics używa następującego równania:

$$\frac{\rho \delta u}{\delta t} + \rho u \times \nabla u = \nabla[-p\mathbf{l} + \eta(\nabla u + (\nabla u)^T)] + F$$

gdzie:

ρ - gęstość

u – pole prędkości

p – ciśnienie

η – współczynnik lepkości dynamicznej

F – siła objętościowa

Do symulacji posłużył moduł Fluid Dynamics, rodzaj analizy Incompressible Navier-Stokes.

Przyjęte dane

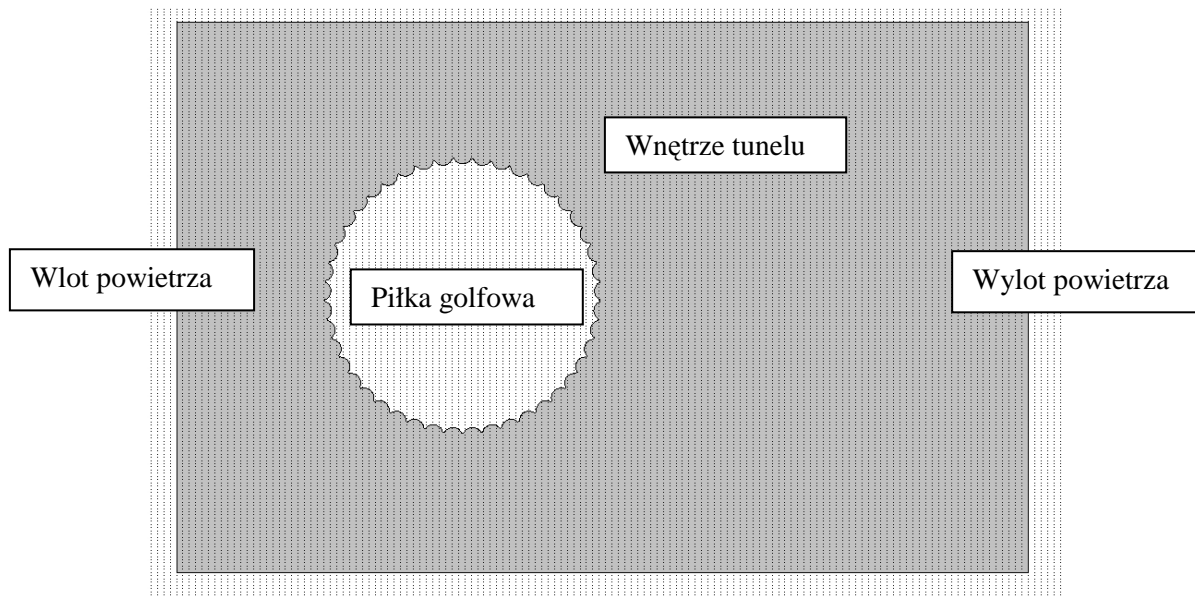
Gęstość powietrza: 1,2

Lepkość dynamiczna: 17×10^{-6}

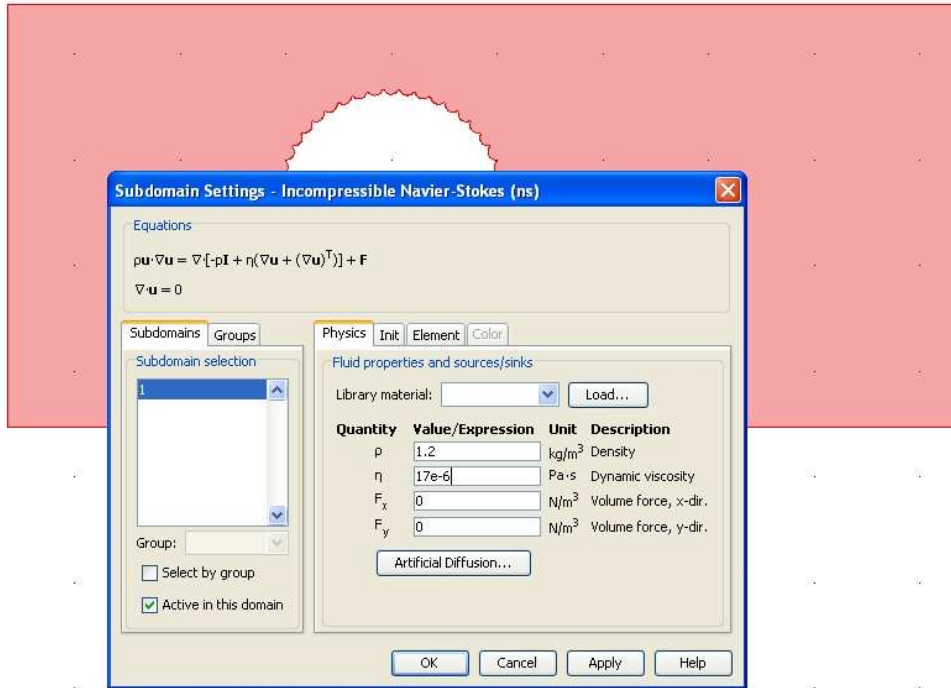
Prędkość powietrza: 75 m/s

Wymiary piłki: 42,76 mm

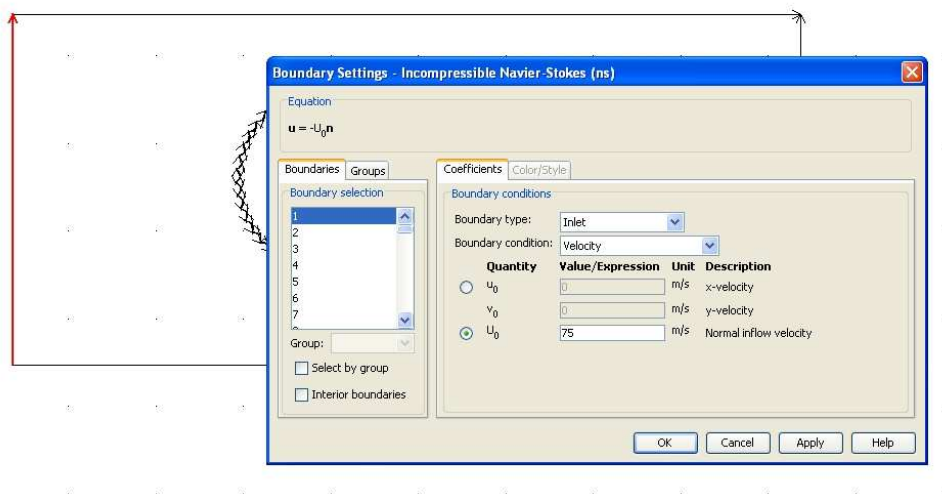
Rysunek 2.2 obrazuje zamodelowany tunel aerodynamiczny, z umieszczoną w nim piłką jako przeszkodą



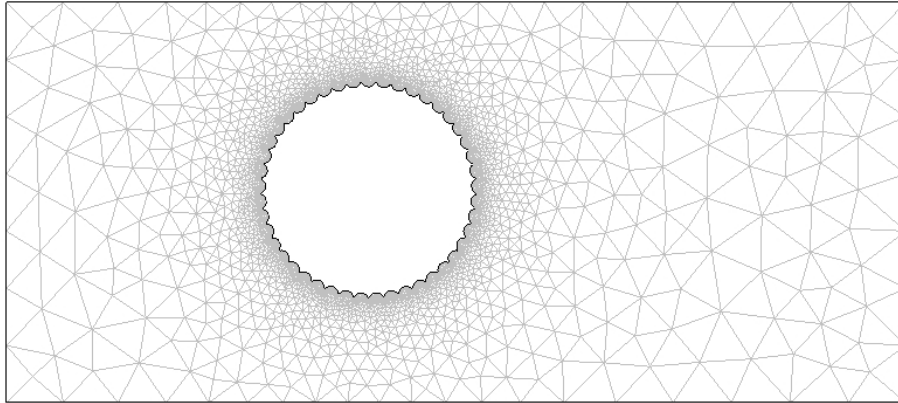
Rys. 1.2. Model doświadczenia



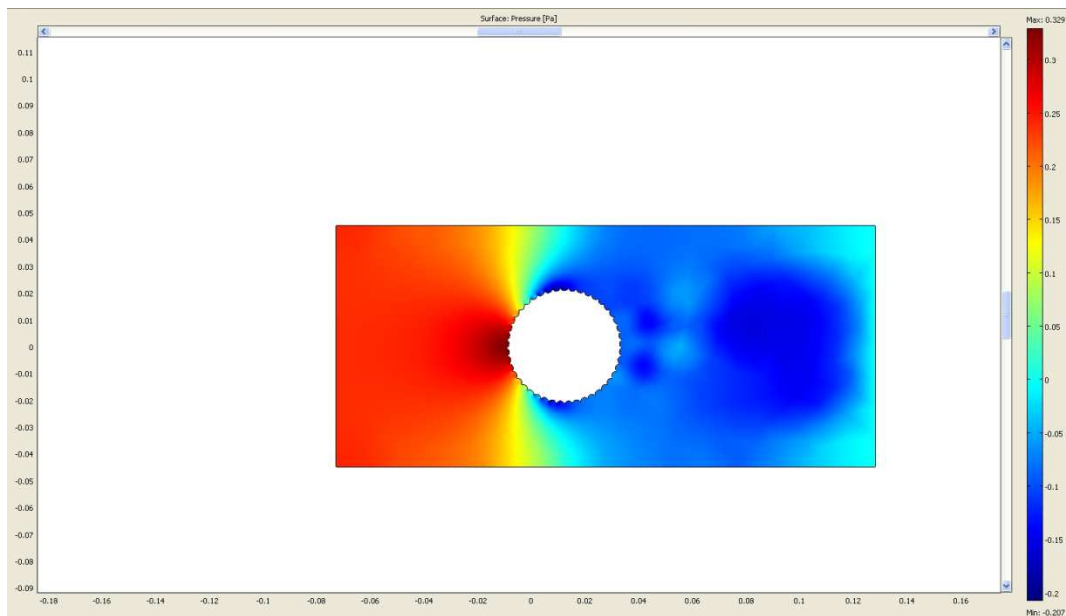
Rys. 2.2. Warunki początkowe



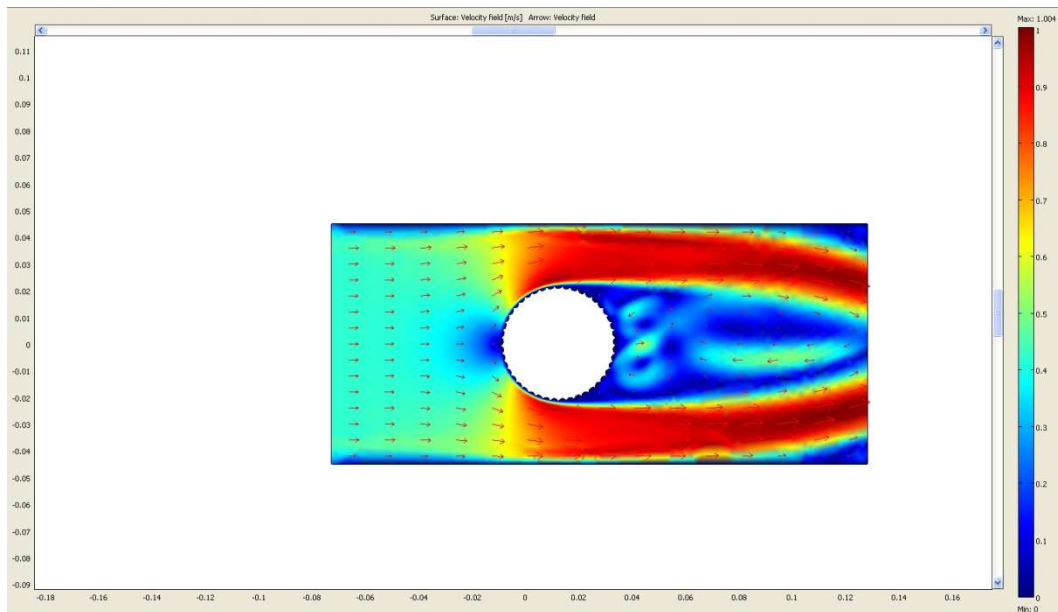
Rys. 2.3. Warunki brzegowe



Rys. 2.4. Podział na elementy skończone



Rys. 2.5. Rozkład ciśnienia przepływającego powietrza



Rysunek 6. Rozkład prędkości powietrza

2.4. Wnioski

Na rysunku 2.7 widzimy rozdwojenie się strugi powietrza, nad i pod piłką, oraz charakterystyczne dla piłki o płaskiej powierzchni zawirowania powietrza za piłką. Dodatkowo nie zauważono mikrozawirowań powietrza wewnątrz wgłębień na piłce. Można z tego wnioskować, że model matematyczny jest niedokładny i program nie uwzględnia nieregularnej powierzchni piłki traktując ją jako kulę.

3. Przepływ ciepła

3.1. Analiza problemu

Zostanie przeprowadzona symulacja przedstawiająca przepływ ciepła w grillu. Przewodzenie ciepła jest to proces wymiany ciepła między ciałami o różnej temperaturze pozostającymi ze sobą w bezpośrednim kontakcie. W tym przypadku między dnem grilla, a żarem węgla

3.2. Opis badanego elementu

Do analizy wykorzystano grill o prostej budowie celem zapoznania się z przepływem ciepła w tym obiekcie. Jako materiał z którego wykonano grill wybrano stal nierdzewną. Do przeprowadzonej analizy przyjęto temperaturę żaru węgla w grillu równą 700 °C.

Dane obiektu:

- wysokość: 1100 mm
- średnica dna grilla (wewnętrzna): 360 mm
- średnica zewnętrzna: 500 mm

Nasz obiekt wstępnie zamodelowaliśmy w programie CATIA V5R16, a następnie został on zaimportowany do programu COMSOL.



Rys. 2.1. Model grilla w programie CATIA V5

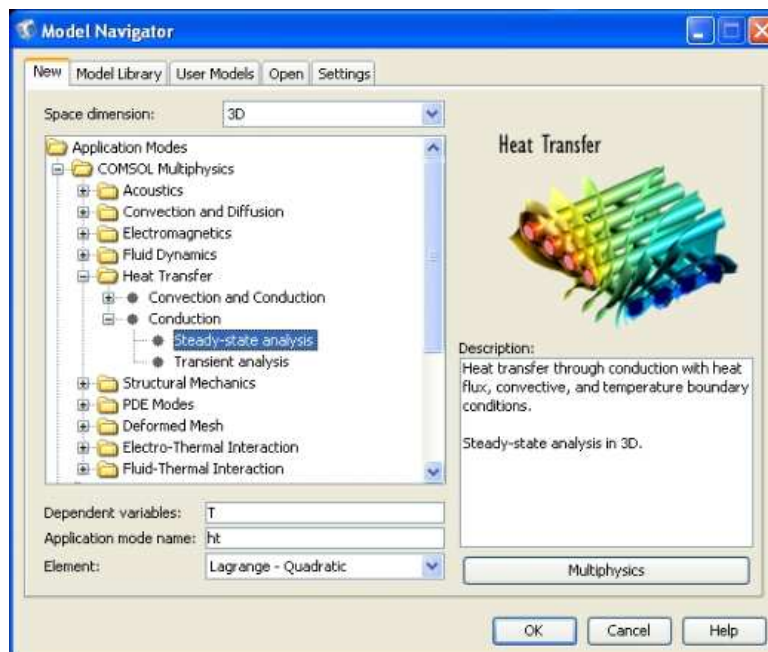
2.3. Przedmiot i jego analiza

Przewodnictwo ciepłe opiera się na prawie Furiera i na prawie zachowania energii. Gdy temperatura w danym ciele stałym nie jest równa w różnych obszarach, to energia cieplna jest wewnątrz transportowana tak długo, aż nie nastąpi wyrównanie temperatury w całym obszarze. Szybkość przewodzenia ciepłego zależy przede wszystkim od materiału z jakiego jest utworzone ciało badane. Równanie przewodnictwa ciepła wygenerowane w programie ma następującą postać:

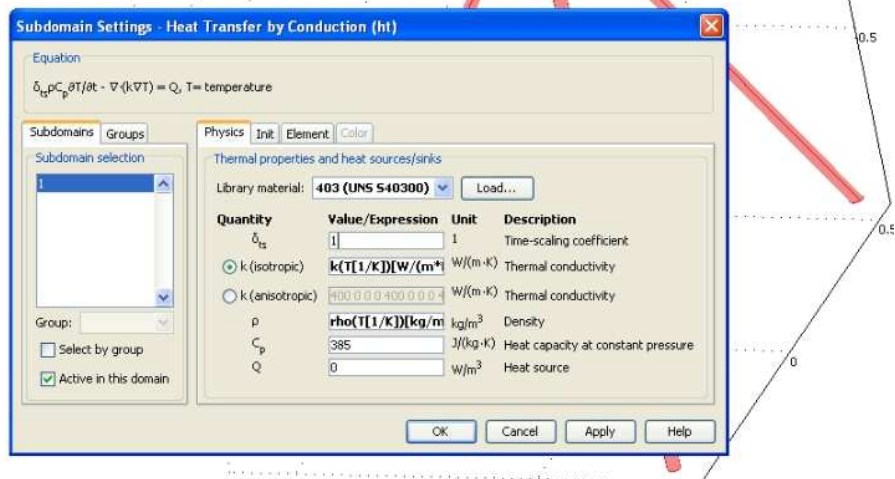
$$\delta_{ts} \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla * (k \nabla T) = Q$$

gdzie:

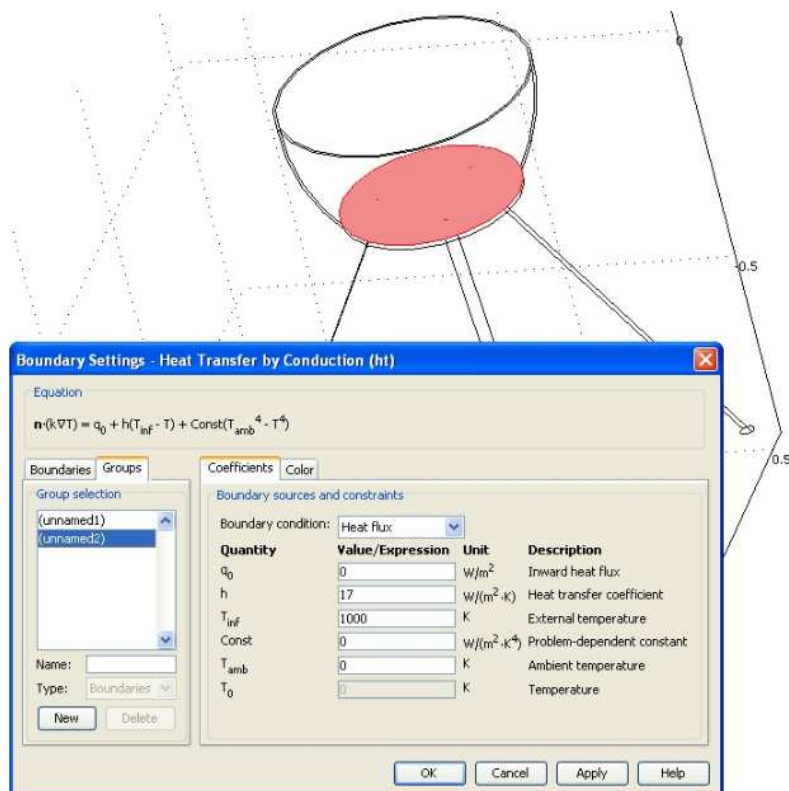
- δ_{ts} – współczynnik czasowego skalowania,
- ρ – gęstość,
- C_p – pojemność cieplna,
- k – tensor przewodności cieplnej,
- Q – źródło ciepła



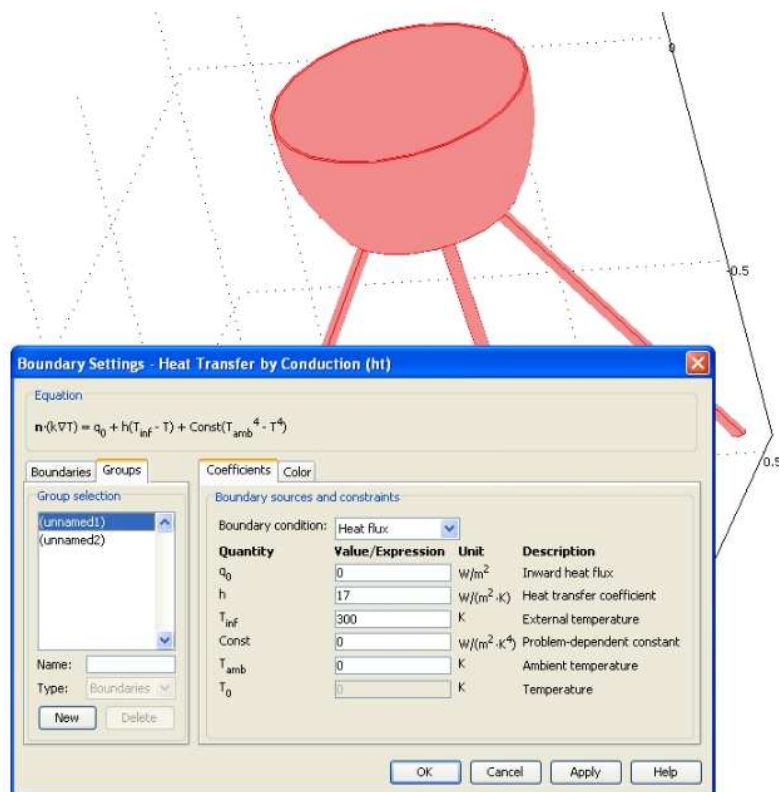
Rys. 2.2. Wybrany moduł programu COMSOL



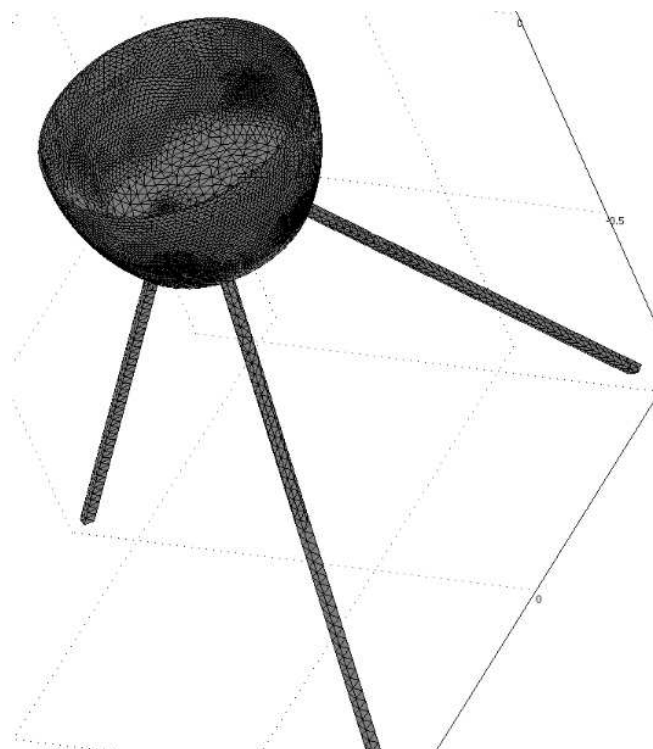
Rys. 2.3. Wybór materiału- stal nierdzewna



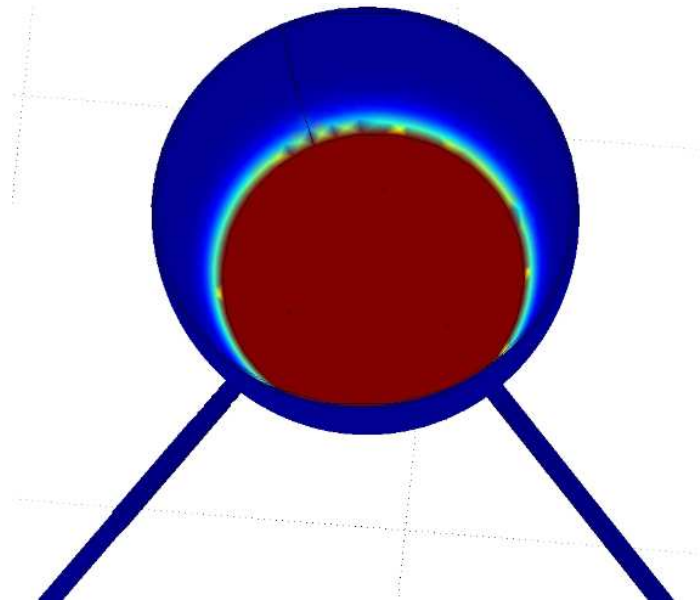
Rys. 2.4. Warunki brzegowe dla powierzchni nagrzewanej grilla



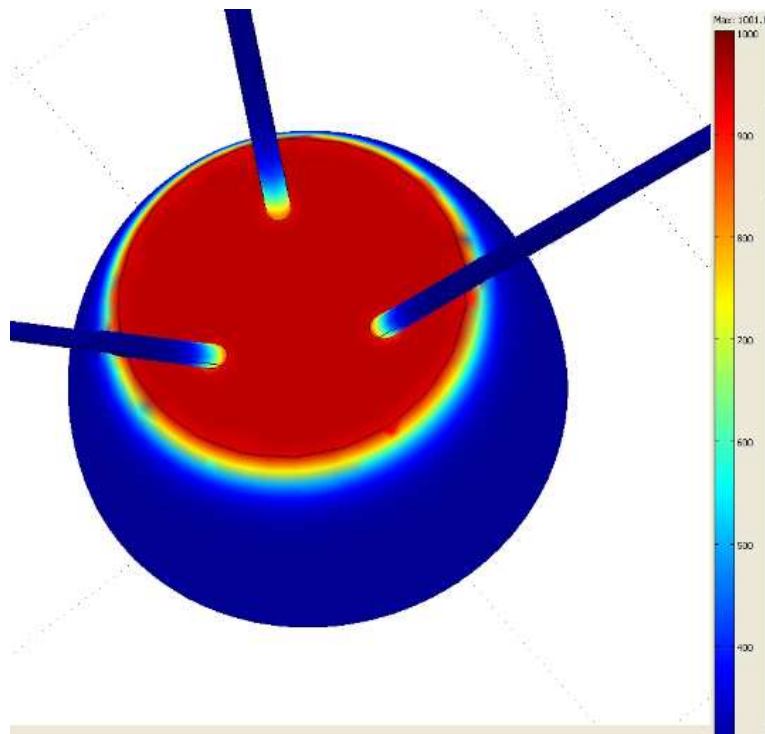
Rys. 2.5. Warunki brzegowe dla pozostałej powierzchni grilla



Rys. 2.6. Wygenerowana siatka kątownika składająca się z 41109 elementów



Rys. 2.7. Przepływ ciepła w grillu



Rys. 2.8. Przepływ ciepła w grillu

2.4. Wnioski

Po przeprowadzeniu symulacji można dojść do wniosku, że nóżki grilla pozostały zimne, nieznacznie nagrzały się w miejscu styku z jego dnem. Natomiast dno grilla nagrzało się do temperatury żaru, ścianka boczna grilla nagrzała się nieznacznie od jego dna.