

Poznań 25.06.2013

POLITECHNIKA POZNAŃSKA



COMSOL Multiphysics MES

Wydział: Elektryczny

Kierunek: Matematyka

Rok akademicki: 2012/13

Stopień: II, Rok studiów: I, Semestr: II

Prowadzący:

Dr hab. T. Stręk, prof. PP

Wykonali:

Arkadiusz Żukowski

Damian Śmieczak

Juliusz Stochmal

Spis treści

1. Analiza odkształcenia modelu aluminiowej felgi samochodowej pod wpływem działania siły hamowania.

- 1.1. Cel analizy;
- 1.2. Obiekt analizy;
- 1.3. Wnioski;

2. Analiza opływowości lotki do badmintona.

- 2.1. Cel analizy;
- 2.2. Obiekt analizy;
- 2.3. Przygotowanie modelu do analizy;
- 2.4. Wnioski;

3. Analiza odkształceń i naprężeń w barierze drogowej.

- 3.1. Cel analizy;
- 3.2. Obiekt analizy;
- 3.3. Przygotowanie modelu do analizy;
- 3.4. Wnioski;

4. Analiza przepływu ciepła we włączonej lampce biurkowej

- 4.1. Cel analizy;
- 4.2. Obiekt analizy;
- 4.3. Przygotowanie modelu do analizy;
- 4.4. Wnioski.

Projekt I

Analiza odkształcenia modelu aluminiowej felgi samochodowej pod wpływem działania siły hamowania.



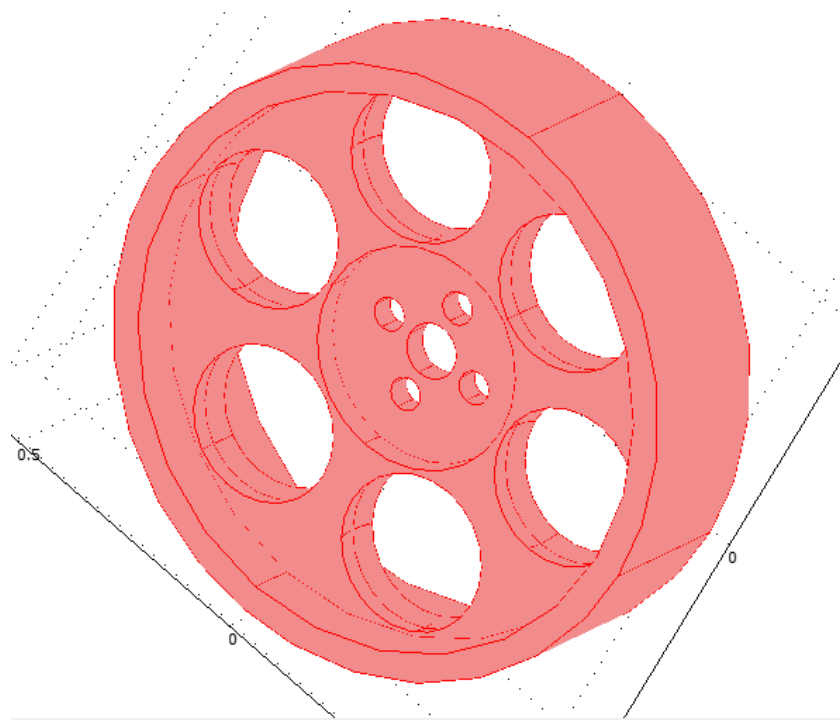
1.1. Cel analizy:

Przeprowadzenie poniższej symulacji ma na celu wyznaczenie odkształceń w feldze aluminiowej powstałych w wyniku zblokowania kół podczas hamowania.

1.2. Obiekt analizy

Badanym obiektem będzie uproszczony model felgi stosowanej w samochodach osobowych. Analiza odkształceń zostanie przeprowadzona w programie COMSOL Multiphysics 3.4 przy pomocy modułu: Solid, Stress-Strain Application Mode.

Na felgę mogą działać obciążenia w postaci sił powstałych w wyniku hamowania, przyspieszania lub też skręcania samochodu osobowego. Symulowany przypadek prezentuje zblokowanie kół pojazdu na nawierzchni bitumicznej. W takiej sytuacji powstaje moment skręcający spowodowany zblokowaniem piasty koła i siłą tarcia opony która usiłuje wyhamować pęd rozpędzonego auta.



Rys 1 Model felgi wykonany w programie COMSOL Multiphysics 3.4

Szerokość obręczy: 30cm

Wysokość całkowita felgi: 100cm

Grubość obręczy: 5cm

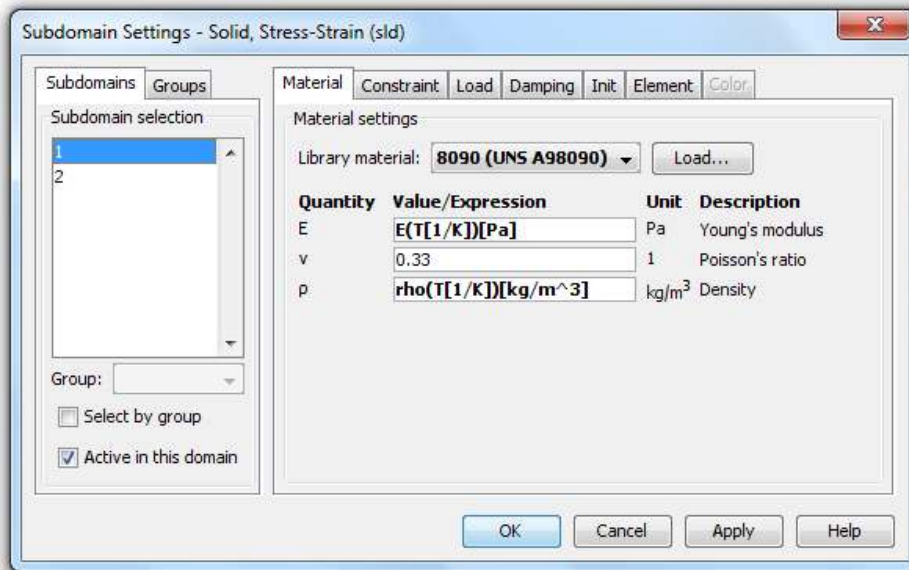
Otwór piasty: 10cm

Otwory na śruby mocujące: 4cm

Okrągłe otwory w feldze o średnicy 24cm

Szerokość wewnętrzne części felgi 10cm (umieszczona centralnie)

Wycięcie przylegające do piasty o średnicy 30cm i głębokości 5cm



Rys 2 Parametry materiału

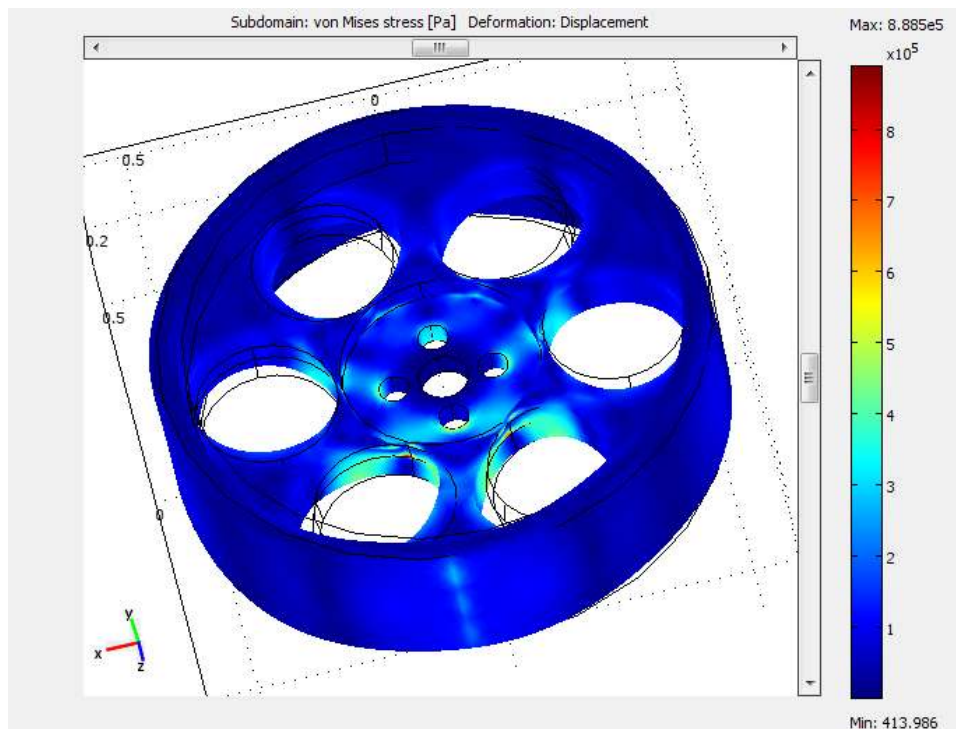
Parametry symulacji:

Temperatura: 20 stopni Celcjusza

Podział na 42047 elementów

Felga umocowana nieruchomo na ścianach przeznaczonych do wprowadzenia mocujących felgę do piasty koła.

Działająca siła została umieszczona na krawędzi znajdującej się najbliżej miejsca styku opony z podłożem:



Rys 3 Siły działające na felgę

1.4. Wnioski

Po wykonaniu obliczeń bardzo łatwo zauważyć że felga uległa odkształceniu. Na rysunku przedstawiającym rezultaty symulacji widać miejsce przyłożenia siły oraz odkształcenia pozostałych elementów pozwalające stwierdzić w którą stronę ona działała. Dość zaskakującą jest fakt, iż mimo przyłożenia siły działającej w jednym kierunku felga nie uległa rozciągnięciu czy też spłaszczeniu. Łatwo natomiast zauważyć że zewnętrzna obręcz spowodowała jak gdyby rozłożenie siły niemal symetrycznie względem środka koła wzdłuż całego obwodu zewnętrznej krawędzi felgi. Kolejnym zaskoczeniem jest iż największe odkształcenia materiału usiłują powstać bliżej środka felgi niż na jej zewnętrznych częściach. Daje nam to podstawy sądzić iż bardziej odkształcających się częściach felgi byłoby uzasadnione używanie wytrzymalszych i sztywniejszych stopów aluminium niż na ich zewnętrznych częściach.

Projekt II

Analiza opływowości lotki do badmintona

2.1. Cel analizy:

Celem tej symulacji jest zbadanie opływowości lotki do badmintona podczas lotu.

2.1. Obiekt analizy:

Badminton jest jedną z najszybszych gier na świecie. Lotka podczas ataku może osiągać prędkości ponad 400 km/h. Aktualny rekord ustanowiony w listopadzie 2009 roku należy do Malezyjskiego badmintonisty Tan Boon Heong'a i wynosi 421 km/h. Lotka o masie od 4,74 g do 5,50 g

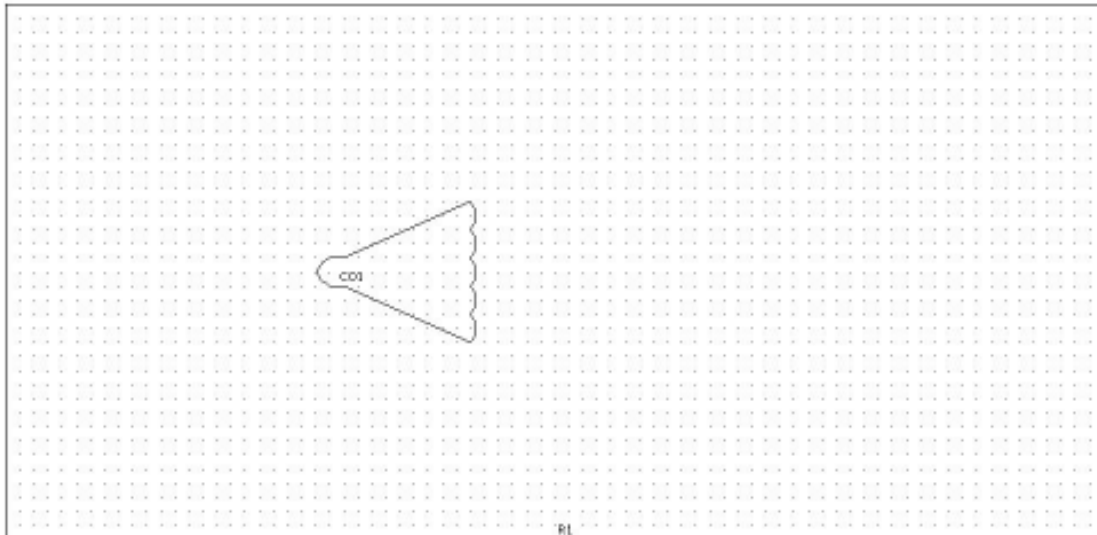


wykonana jest z 16 piórek (naturalnych lub syntetycznych)

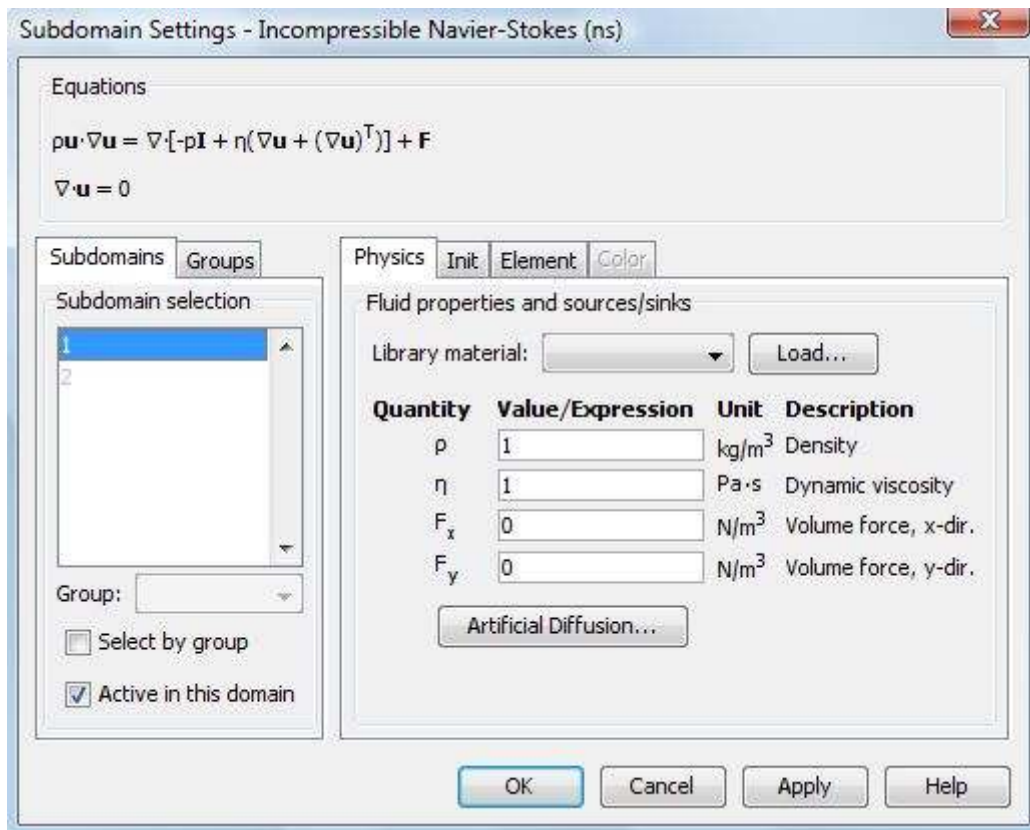
2.3. Przygotowanie modelu do analizy

Analizę opływowości lotki dokonano w programie COMSOL Multiphysics przy pomocy modułu Fluid Dynamics - Incompressible Navier Stokes - Steady State Analysis . W tym celu narysowany został przybliżony kształt lotki.

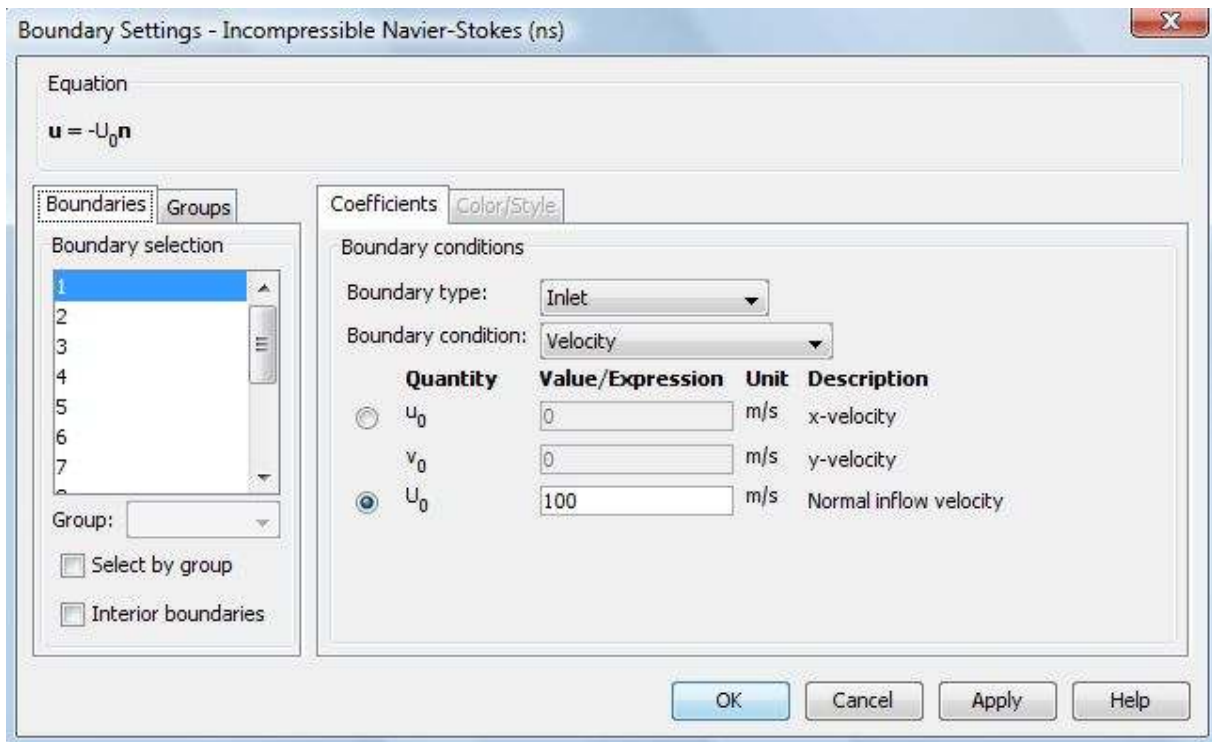
Następnie ustawiamy warunki początkowe i brzegowe. Symulacja przeprowadzona zostanie dla prędkości 100 m/s czyli ok. 360 km/h.



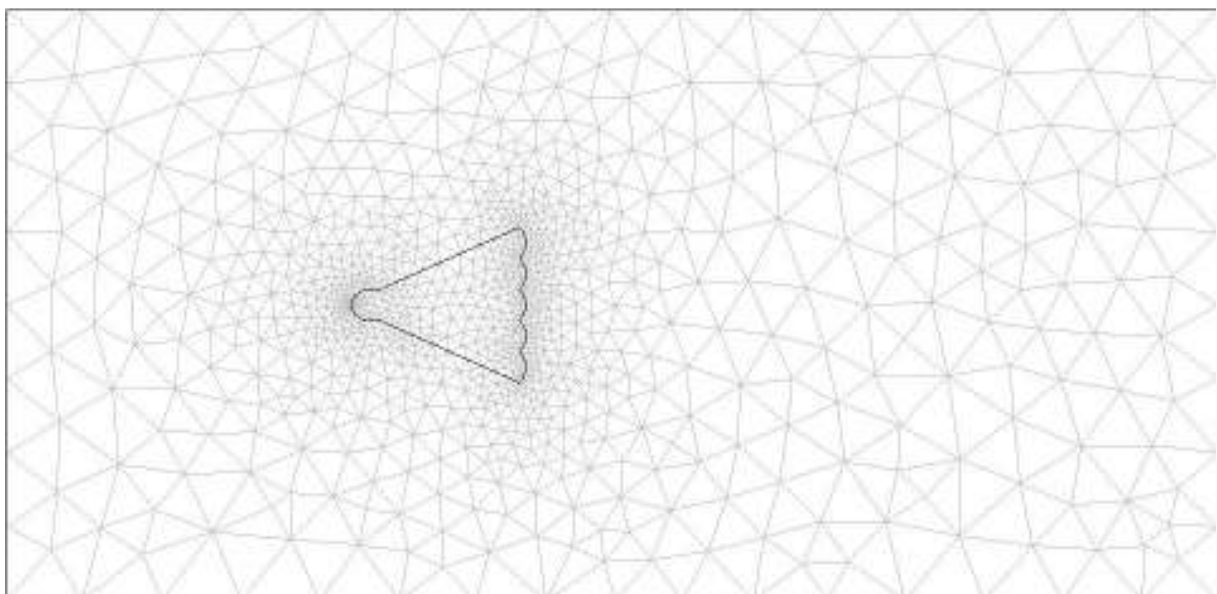
Rys 4 Model lotki wykonany w programie COMSOL Multiphysics 3.4



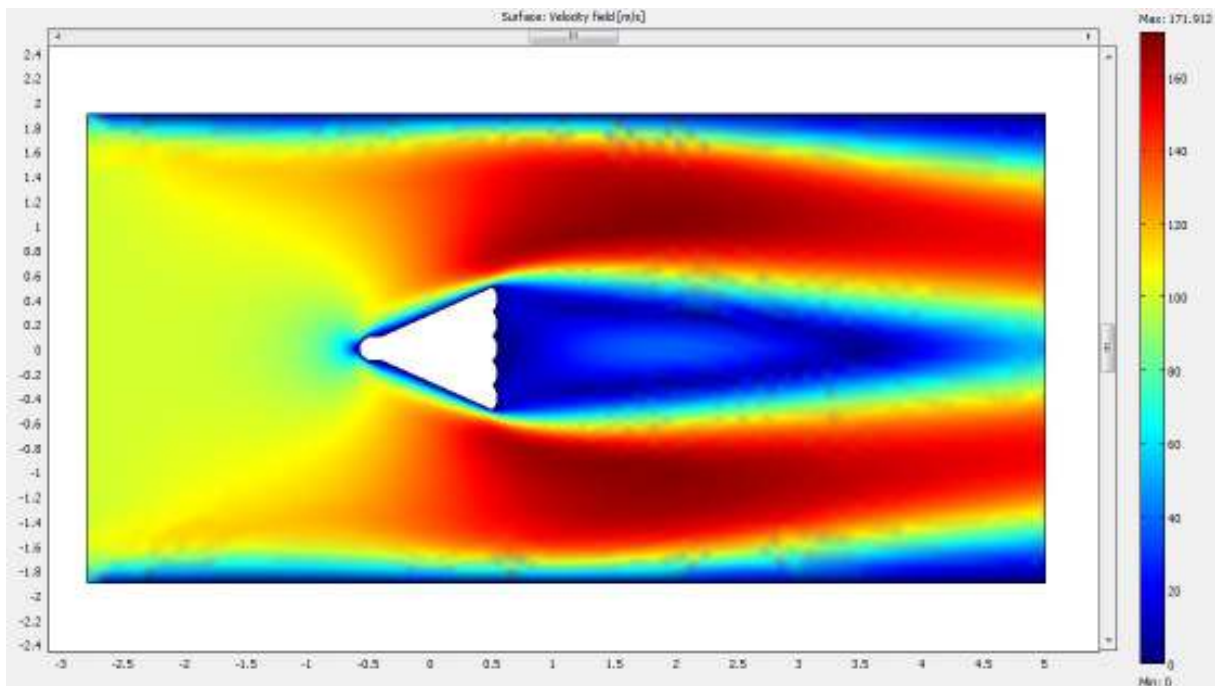
Rys 5 Ustalenie warunków początkowych



Rys 6 Wprowadzenie warunków brzegowych



Rys 7 Siatka na badanym obiekcie



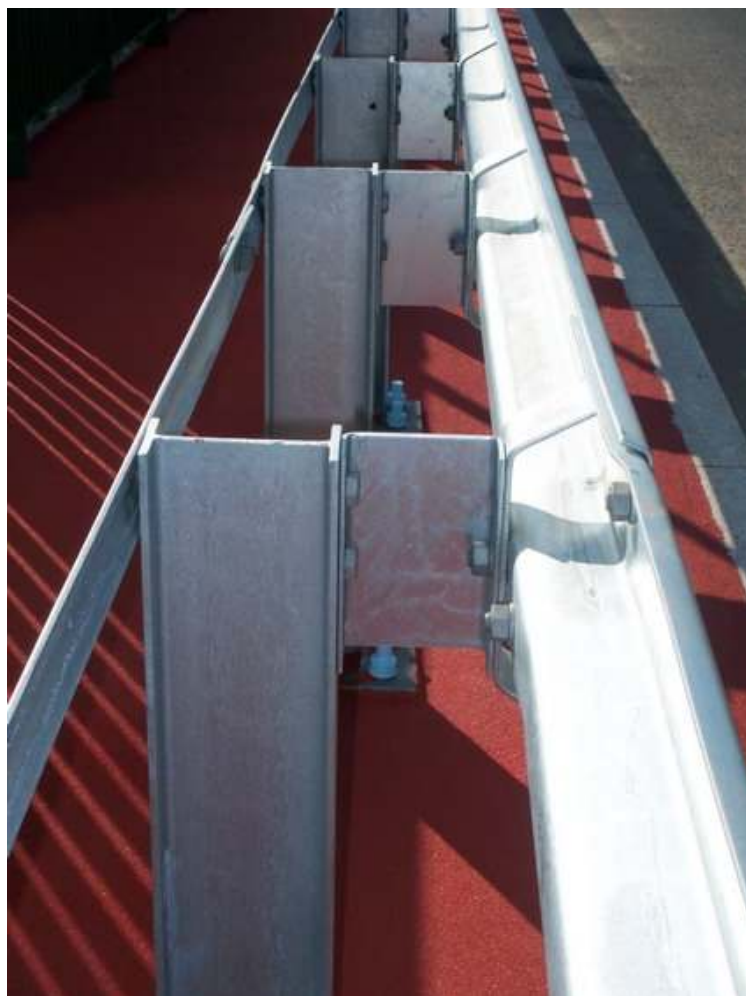
Rys 8 Zmiany prędkości powietrza opływającego lotkę

3.4. Wnioski:

Na rysunku przedstawiającym zmiany prędkości powietrza opływającego lotkę widzimy, że powietrze opływające lotkę ma prędkość ponad 170 m/s. Odpowiedni kształt, waga i materiały z których wykonane są lotki do badmintonu sprawiają że prędkości osiągnane przez lecącą lotkę wynoszą ponad 400 km/h co sprawia, że badminton jest jednym z najszybszych sportów na świecie.

Projekt III

Analiza odkształceń i naprężeń w barierze drogowej.



3.1. Cel analizy:

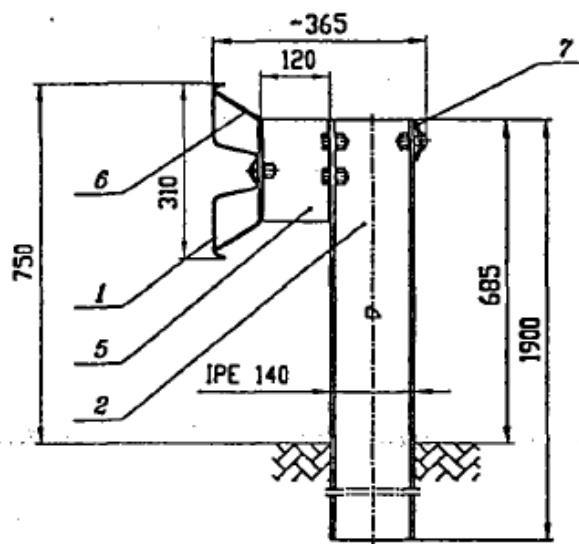
Bariery drogowe posiadają różnego typu budowę, dlatego celem tego projektu jest sprawdzenia zachowania się bariery najczęściej spotykanego typu pod względem powstałych odkształceń i naprężeń przy przyłożonej czołowo stałej sile.

3.2. Obiekt analizy:

Bariera przekładkowa SP-06 z prowadnicą typu B wg Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2003-04-0346 o następujących wymiarach [mm]:

1. prowadnica $80 \times 6 \times 300$;
2. słupek (dwuteownik) $73(4.7) \times 140 \times 685$;
5. przekładka (ceownik) $55(7.8) \times 120 \times 220$;

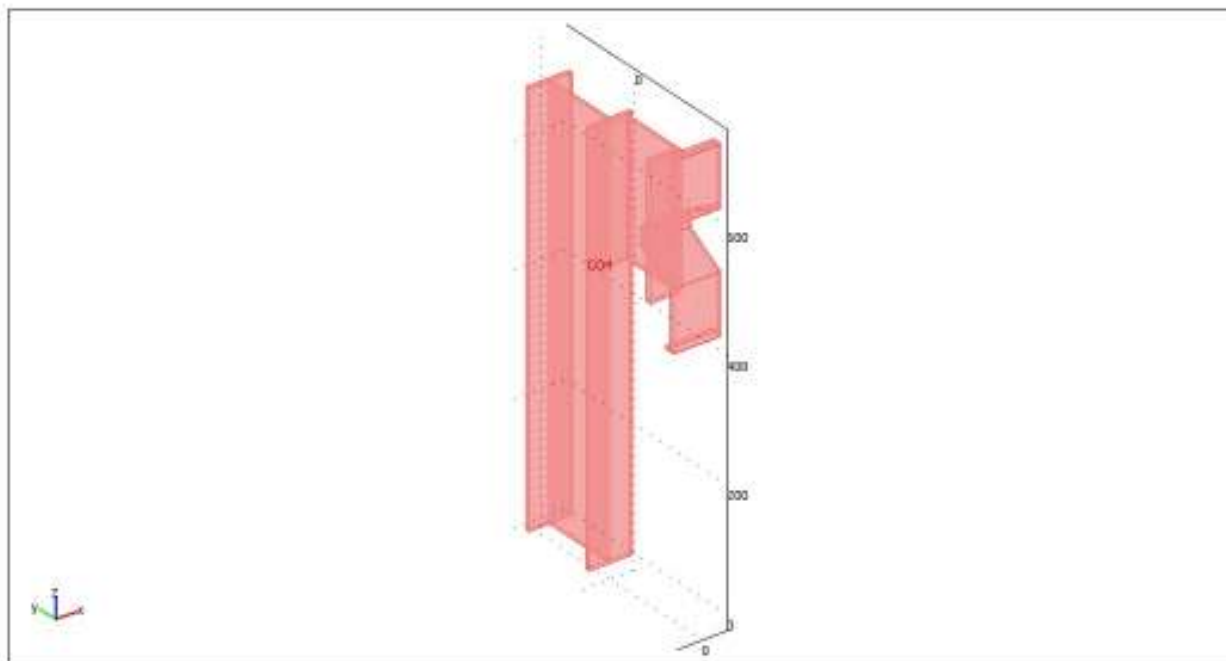
Bariera przekładkowa SP-06



Rys. 1 Opis techniczny bariery.

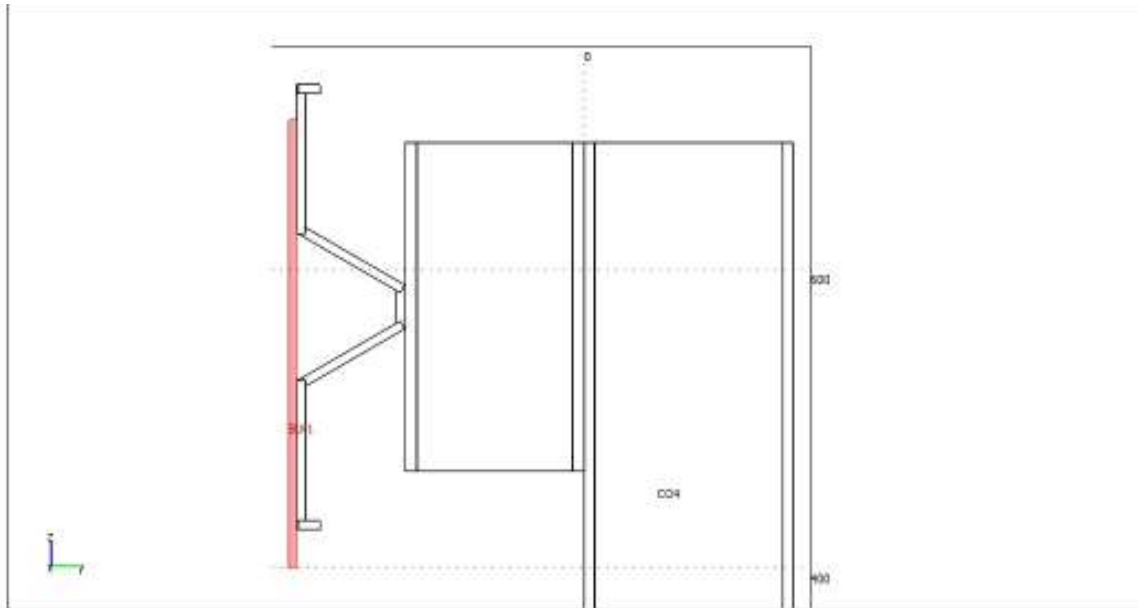
3.3. Przygotowanie modelu do analizy:

Analizę przeprowadzono w programie COMSOL Multiphysics 3.4 przy pomocy modułu Structural Mechanics, Solid Stress-Strain w 3D, statycznie. Ze względu na dość ograniczone możliwości rysowania obiektów o bardziej złożonej krzywiznie, elementy o okrągłych krawędziach zostały zastąpione prostopadłościanami.



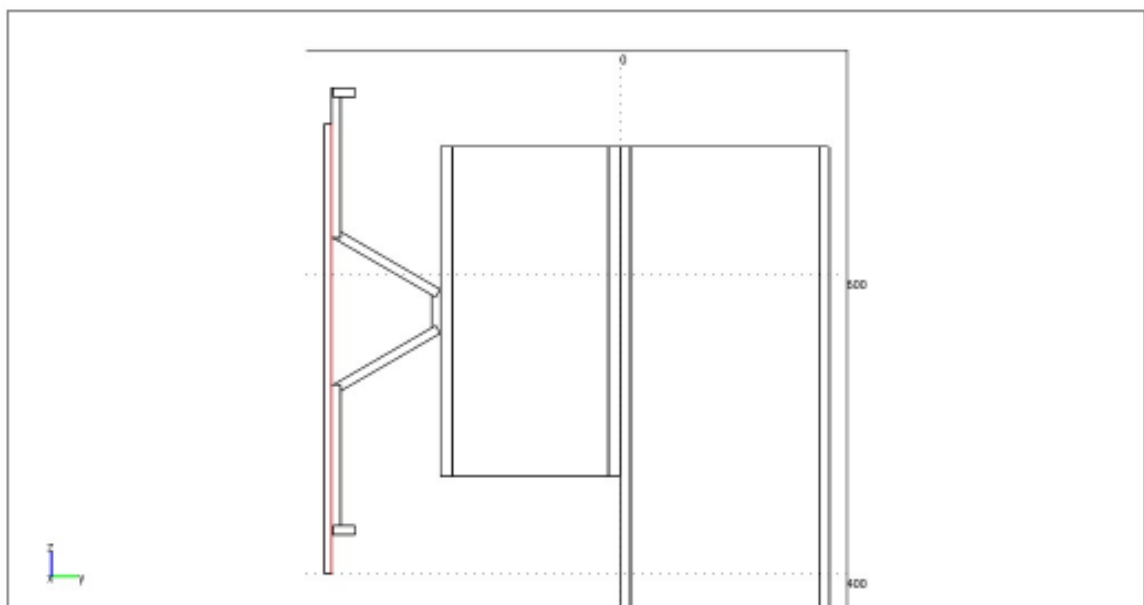
Rys. 2 Model bariery stworzony w programie COMSOL

Aby siła działała równomiernie na całą prowadnicę przyłożono do niej dodatkowy element o wymiarach $80 \times 5 \times 300$, tak jak pokazano na rysunku.



Rys. 3 Dołączony dodatkowy element

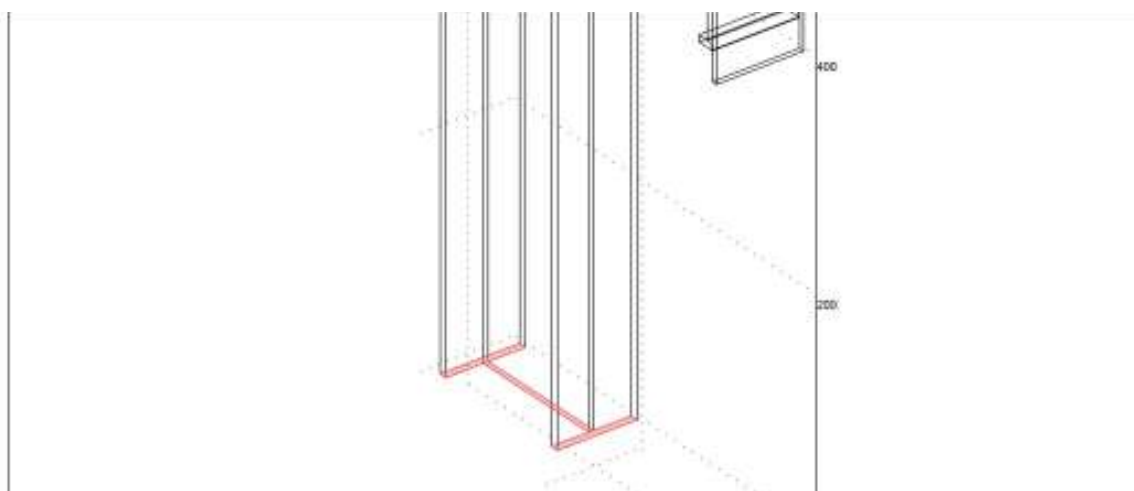
Następnie ustalamy warunki brzegowe, tj. dodatkowy element musi na całą barierę działać z pewną siłą (w projekcie jest to $3\,000\text{ N/m}^2$) oraz podstawa słupka musi być nieruchoma (przytwierdzona do podłoża).



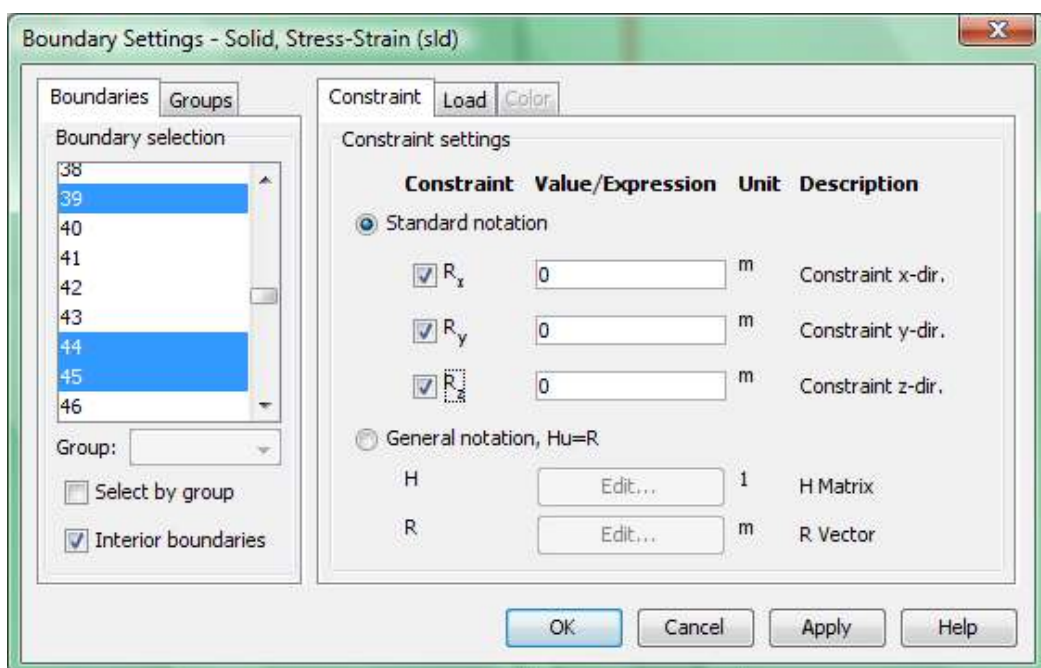
Rys. 4 Zaznaczone krawędzie, na których określona jest siła



Rys. 5 Wprowadzenie warunku brzegowego dla krawędzi dodatkowego elementu

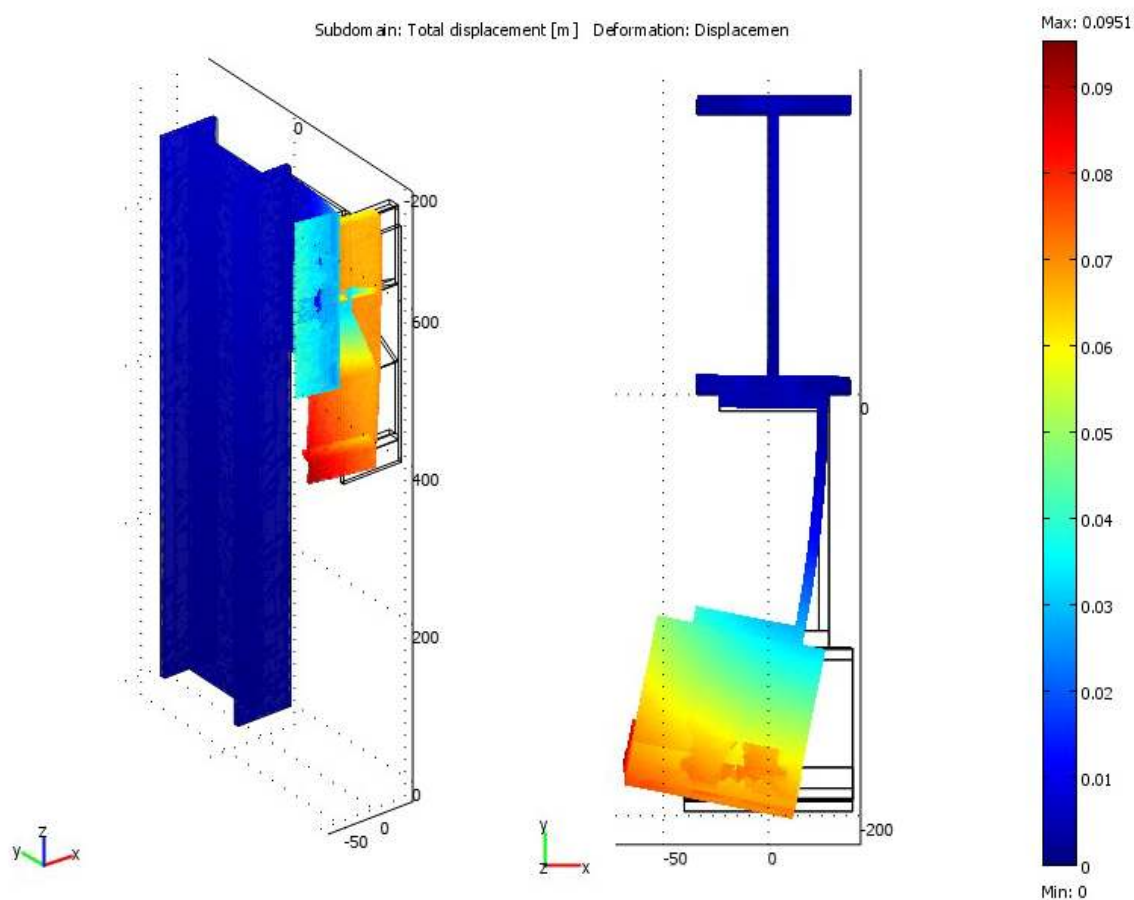


Rys. 6 Zaznaczone ściany, które są utwierdzone

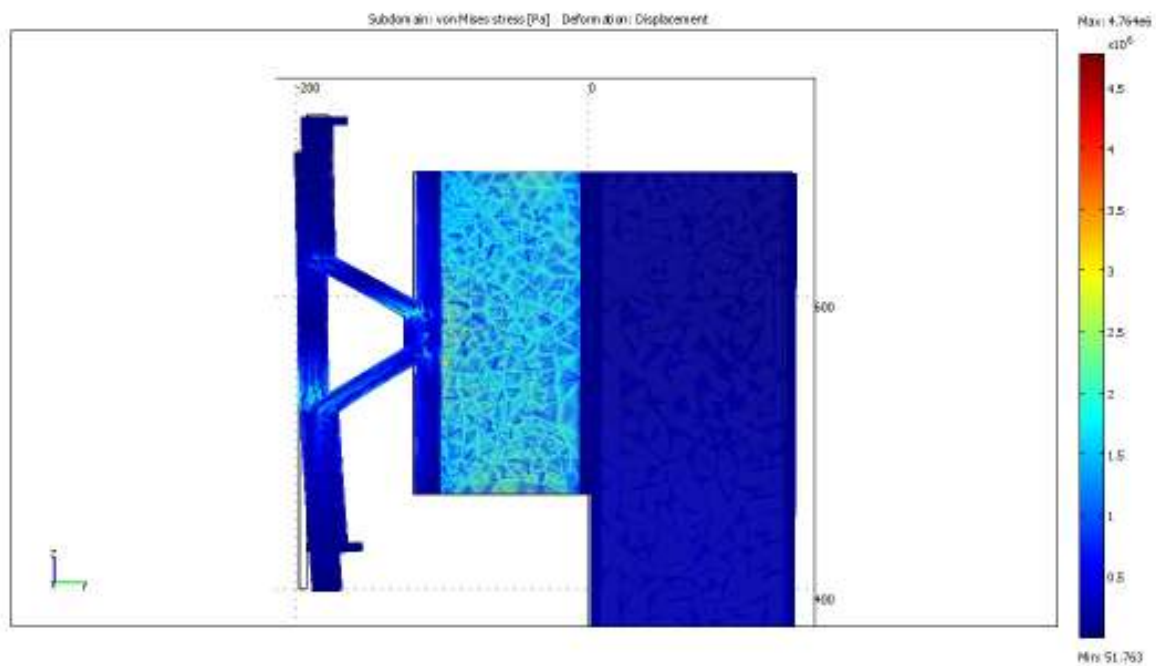


Rys. 7 Wprowadzenie warunku brzegowego dla ścian słupka

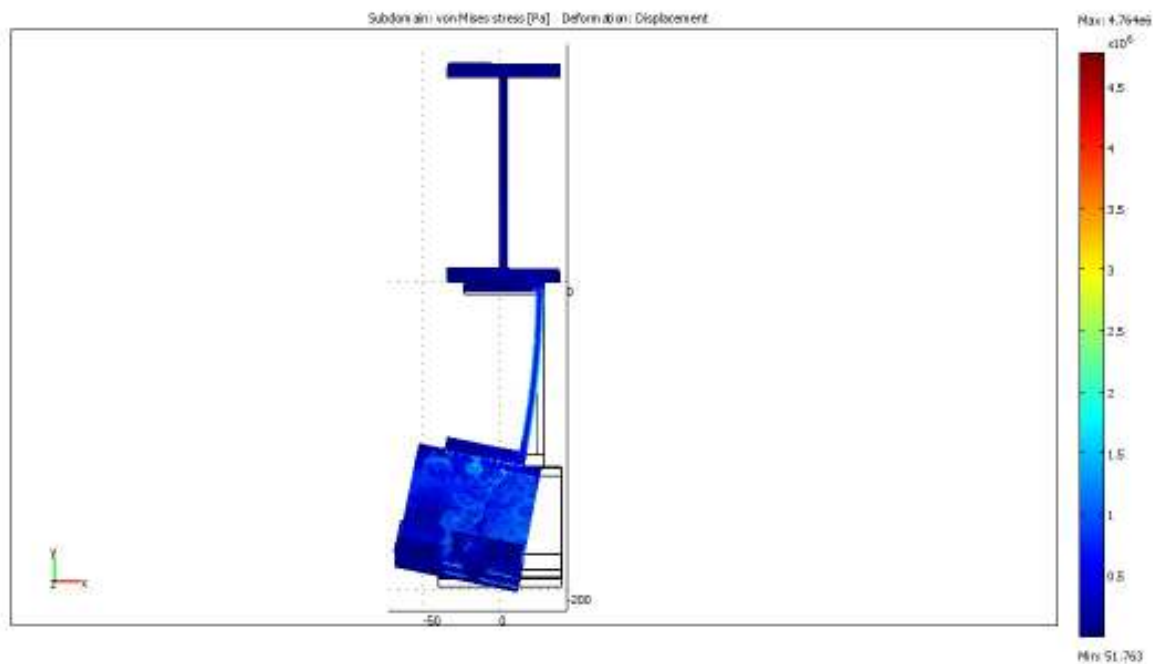
Po podzieleniu całego modelu na 23 tys. elementów i wykonaniu odpowiednich obliczeń w programie COMSOL, uzyskano następujące wykresy odkształceń i naprężeń:



Rys. 8 Wykresy odkształceń barierki [m] w rzucie odpowiednio 3D i na płaszczyznę XY



Rys. 9 Wykres naprężeń w górnych częściach barierki [Pa] w rzucie na płaszczyznę YZ



Rys. 10 Wykres naprężeń barierki [Pa] w rzucie na płaszczyznę XY

3.4. Wnioski:

Na podstawie otrzymanych wyników wnioskujemy, że największemu odkształceniu ulegają przednie części barierki, przekładka i prowadnica, natomiast słupek w niewielkim stopniu odchyła się w kierunku osi Y (na chodnik itp.). Co świadczy o tym, że bariera dobrze pochłania energię powstałą w skutek działającej siły.

Widać też największą wadę tego typu konstrukcji, a mianowicie: ceownik ulega dużemu skręceniu i przy dużej sile może pęknąć. Często powoduje to, że samochód wbija się w elementy bariery. Dlatego zgodnie z normą PN-EN 1317 na polskich drogach powinno instalować się nowszego typu bariery.

Projekt IV

Analiza przepływu ciepła we włączonej halogenowej lampce biurkowej.



4.1. Cel analizy:

Standardowa lampka biurkowa jest wyposażona w 20W żarówkę halogenową, której niestety bardzo się nagrzewa. Za pomocą programu COMSOL chcemy sprawdzić jak z upływem czasu zmienia się temperatura poszczególnych elementów główki w przekroju poprzecznym.

4.2. Obiekt analizy:

Główka halogenowej lampki biurkowej, która w przekroju poprzecznym jest połową koła o promieniu 4 [cm].

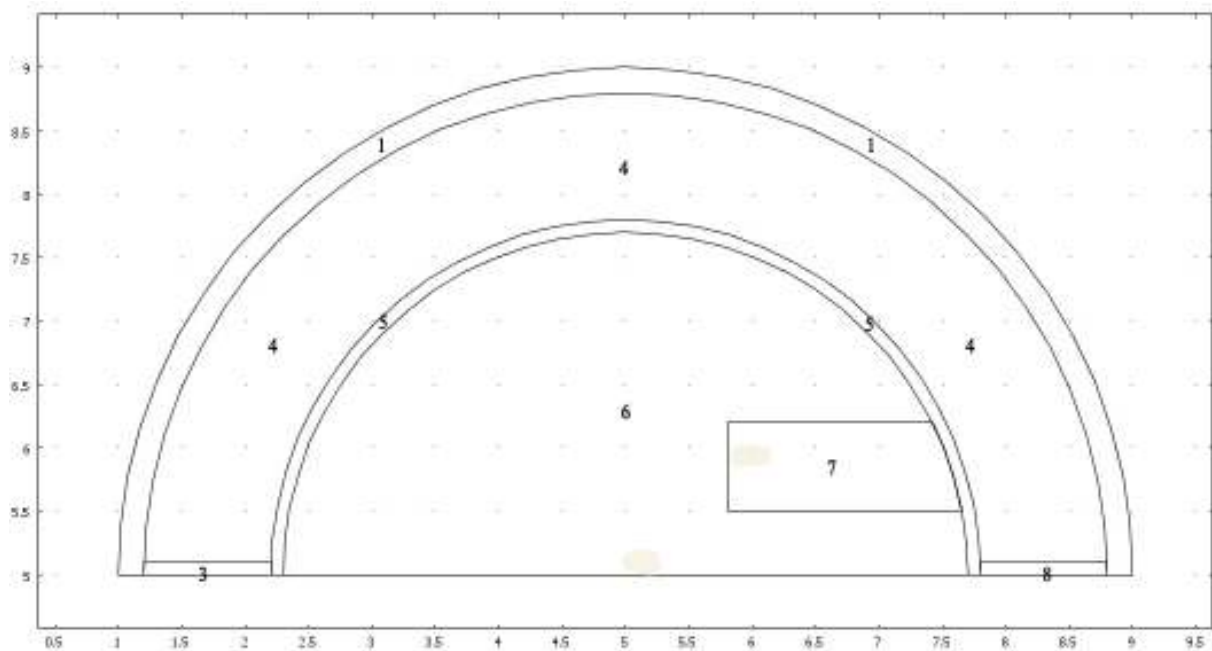
4.3. Przygotowanie modelu do analizy:

Analizę przeprowadzono w programie COMSOL Multiphysics 3.4 przy pomocy modułu Heat Transfer, Conduction w 2D, niestacycznie. Obszar modelu składa się z części o następujących wymiarach i właściwościach, gdzie:

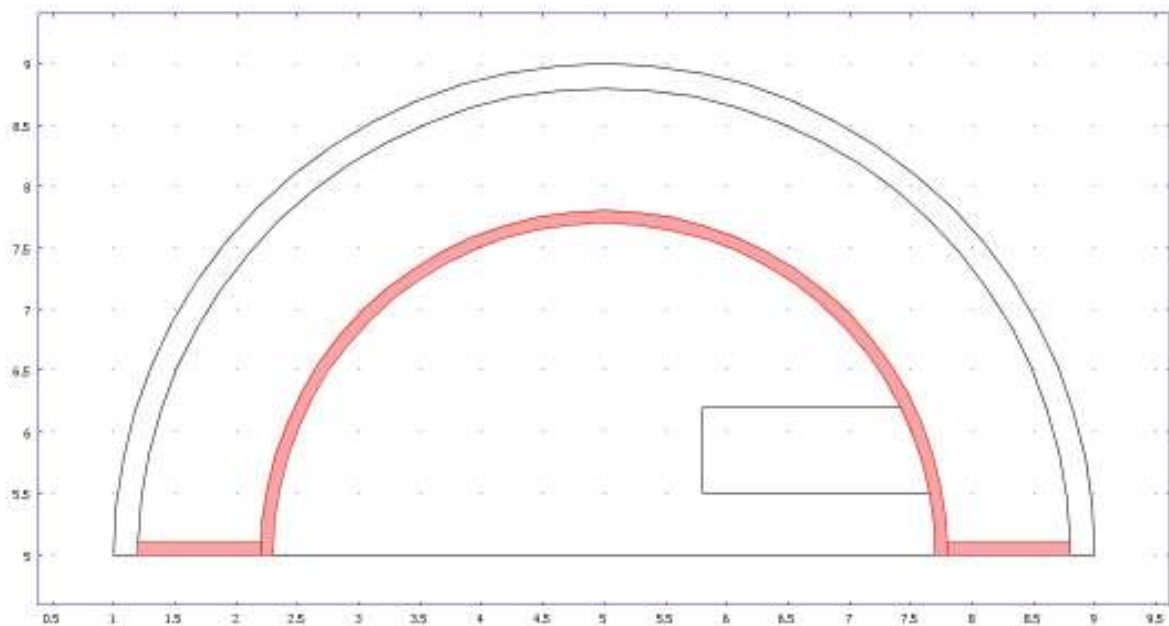
k – współczynnik przewodnictwa cieplnego; ρ – gęstość;

C_p – ciepło właściwe; T_0 – temperatura początkowa;

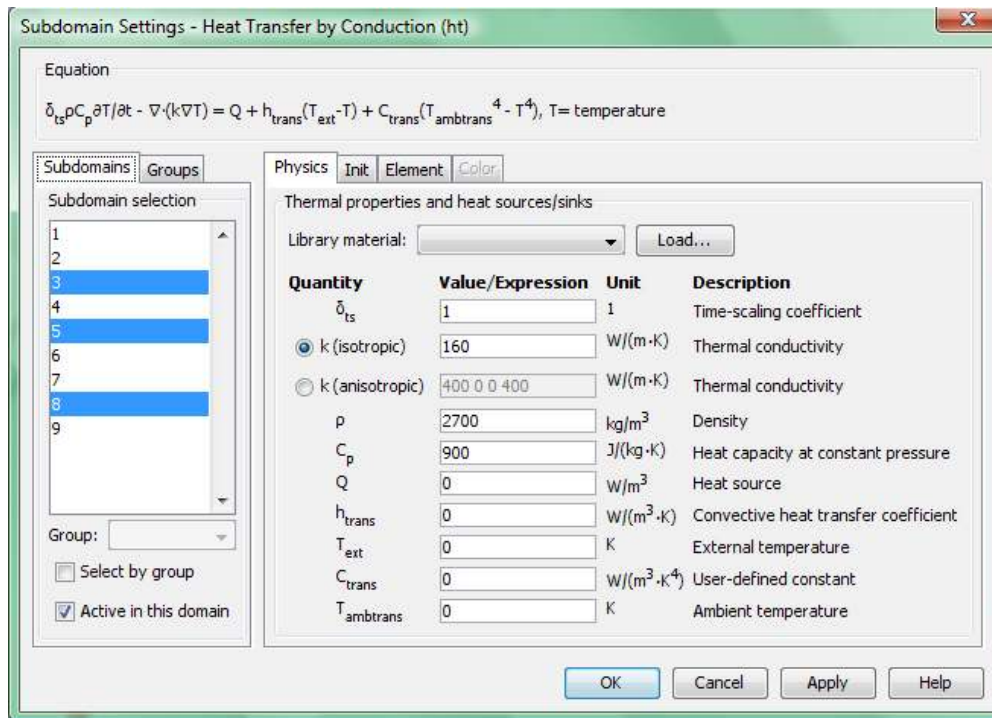
numer	materiał	wymiary [mm]	k [W/(m·K)]	ρ [kg/m ³]	Cp [J/(kg·K)]	T0 [K]
1	tworzywo sztuczne	2	5	1000	1800	293
3,5,8	aluminium	1	160	2700	900	293
4	powietrze wewnętrzne	10	2	1.22	1005	293
6	powietrze zewnętrzne	54	5	1.22	1005	293
7	żarówka halogenowa	16.2;18.5 ×7	4000	8700	385	293



Rys. 1 Model główki lampki z numeracją elementów



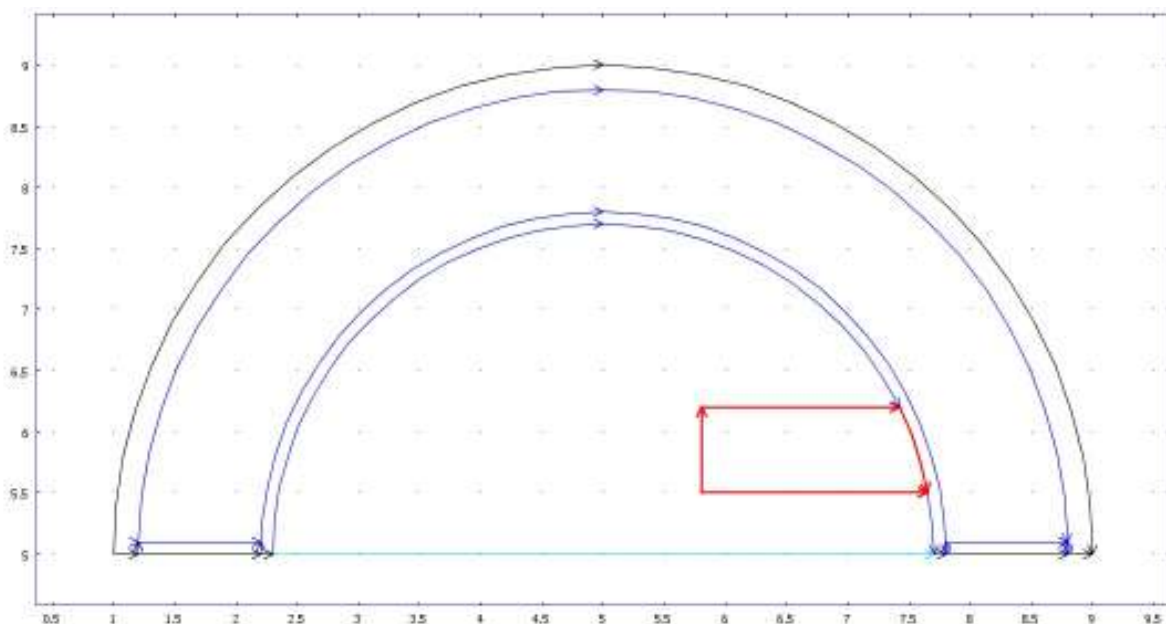
Rys. 2 Zaznaczone elementy 3,5,8 o jednakowej strukturze



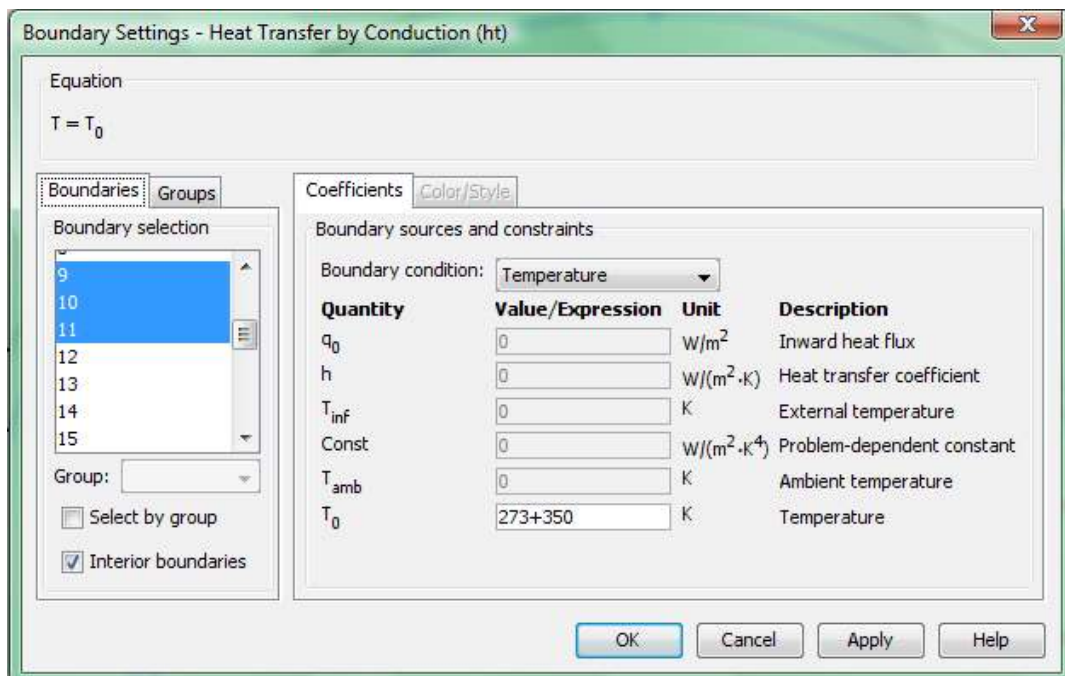
Rys. 3 Przykładowe wprowadzenie właściwości elementów 3,5,8

Wszystkim elementom ustawiamy taką samą temperaturą początkową tj. pokojową. Powietrze co prawda ma o wiele mniejszy współczynnik k (0.025) niż ustawiony w tym modelu, ale tutaj nie uwzględniamy konwekcji. Różnica między powietrzem wewnętrznym a zewnętrznym wynika z tego, że ten pierwszy ma utrudniony przepływ.

Kolejnym krokiem jest ustawienie warunków brzegowych: na krawędziach żarówki określamy temperaturę 623 K, na krawędzi dolnej powietrza zewnętrznego 293 K (wymiana ciepła z otoczeniem).

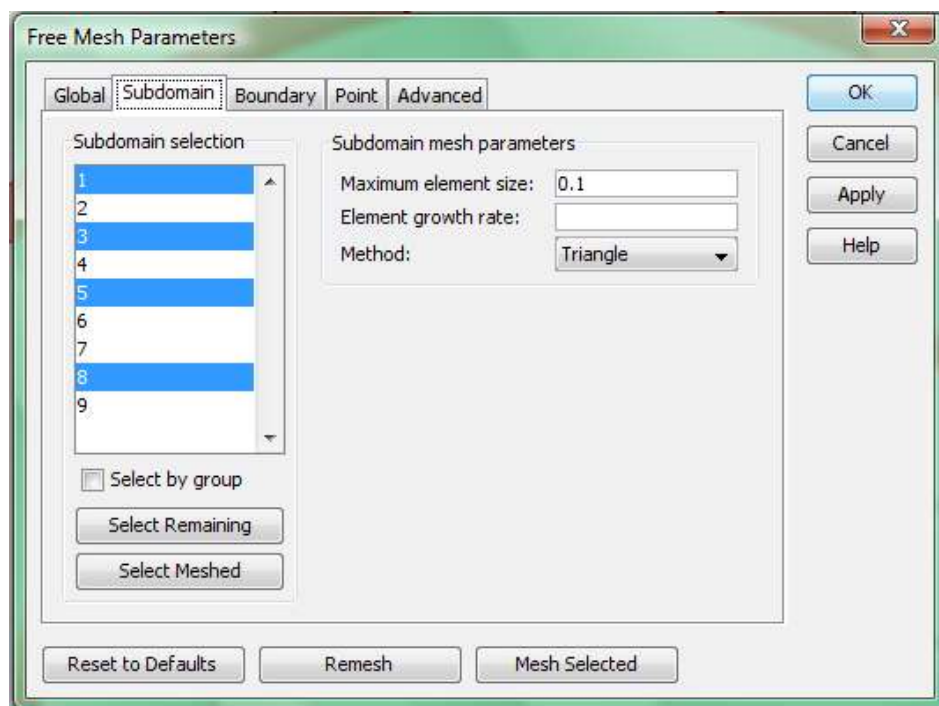


Rys. 4 Zaznaczone krawędzie żarówki halogenowej, na których jest temp. 623 K

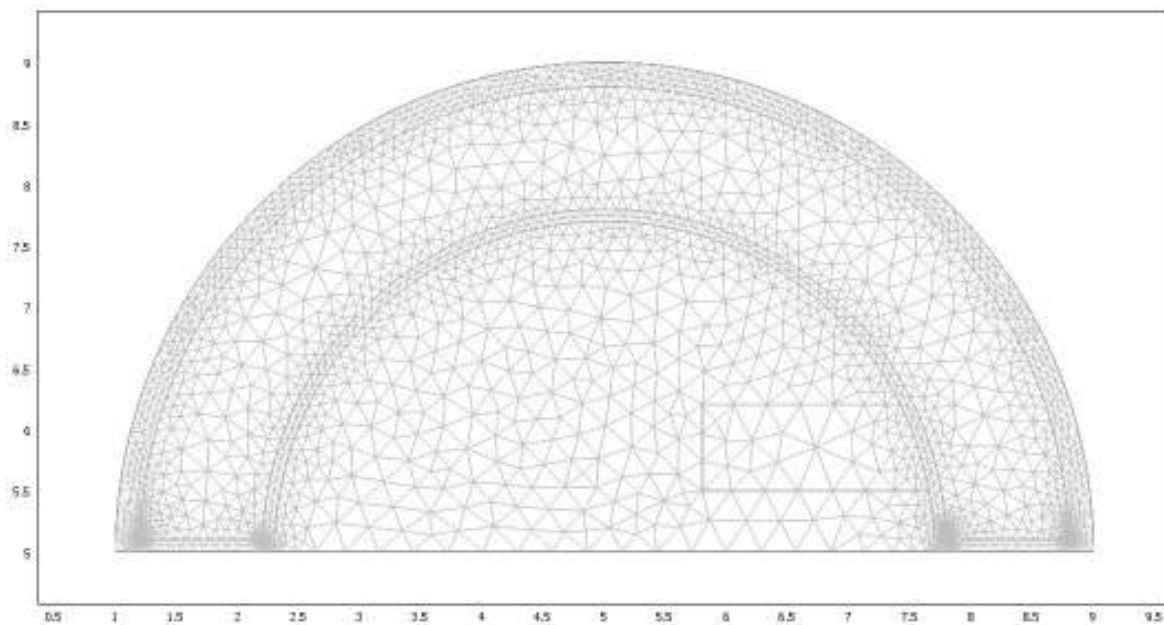


Rys. 5 Wprowadzenie warunku brzegowego na krawędziach żarówki

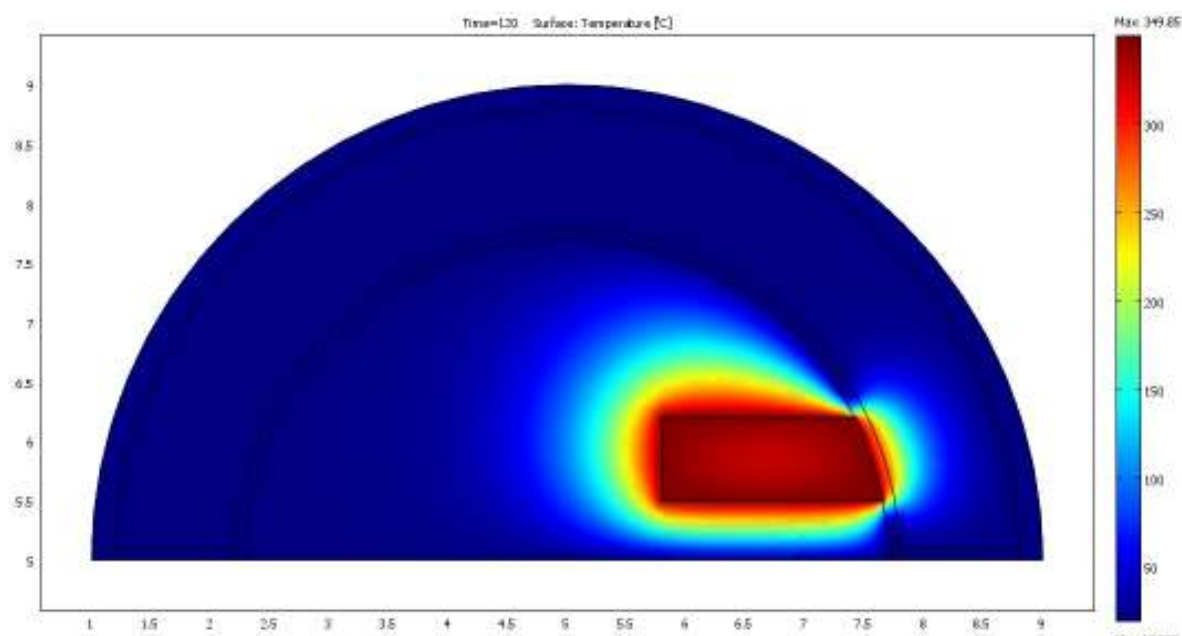
Następnie dzielimy cały obiekt na elementy trójkątne, z tym że w obszarach 3,5,8 dajemy ograniczenie 0.1 a w 6 ograniczenie 0.3, maksymalnego rozmiaru pojedynczego elementu, tak by uzyskać dokładniejsze wyniki.



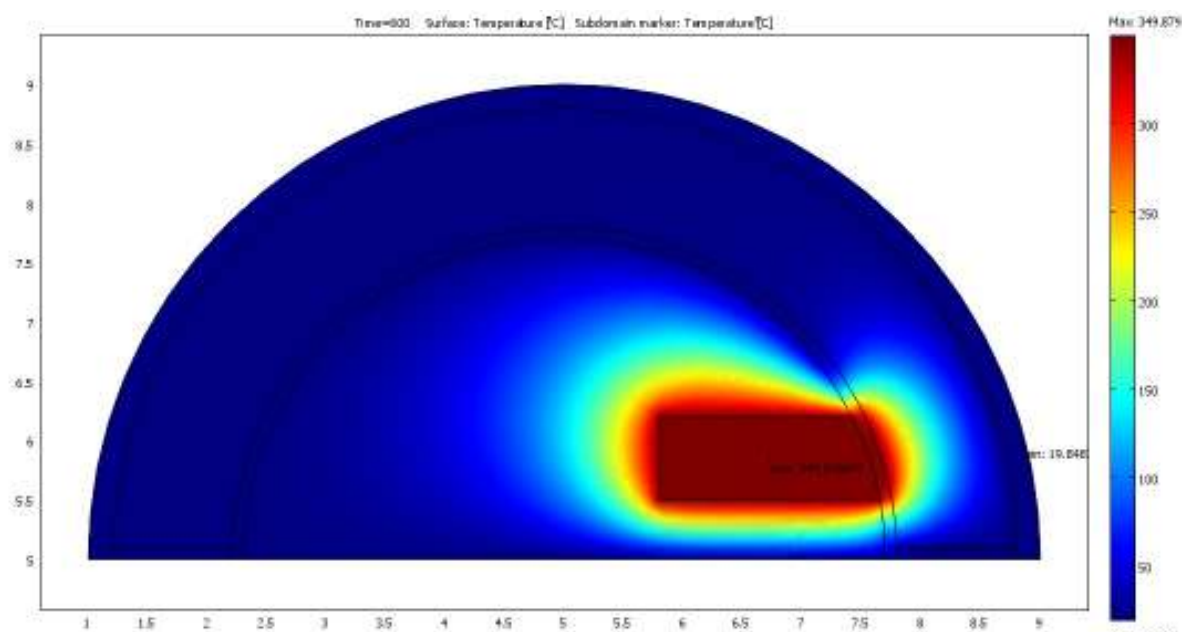
Rys. 6 Zmiana ustawień rozmiaru elementu skończonego w wybranych obszarach



Rys. 7 Wygenerowana siatka



Rys. 12 Wykres temperatury w °C po upływie 120 s



Rys. 9 Wykres temperatury w °C po upływie 600 s

4.4. Wnioski:

Na podstawie wykresów widać, że już po upływie 2 min w otoczeniu żarówki halogenowej panują wysokie temperatury. Gdyby uwzględniono obieg powietrza zapewne ten proces trwałby dłużej.

Szybko także nagrzewają się tylne części główki, tzn. znajdujące się za żarówką, z tym że sama plastikowa osłona w niewielkim stopniu. Zależy to od wielkości współczynnika przewodnictwa cieplnego tworzywa z jakiego została wykonana.

W celu uzyskania jeszcze bardziej realistycznych wyników, należało by uwzględnić przewody i inne elementy znajdujące się za żarówką, które także mogą dodatkowo powodować zwiększenie temperatury plastikowej osłony.