

Politechnika Poznańska
Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania
Studia: Mechanika i Budowa Maszyn
Specjalność: Konstrukcja Maszyn i Urządzeń
Semestr: 6

Metoda Elementów Skończonych

Projekt

Prowadzący:

dr hab. inż. Tomasz Stręk

AUTORZY:

Piotr Powiertowski

Piotr Bączyk

Adam Dziewiałtowski - Gintowt

Poznań, czerwiec 2010

Spis treści

1. Odształcenia pod wpływem obciążenia	3
1.1 Opis modelu	3
1.2. Przedmiot analizy	6
2. Trójwymiarowy przepływ ciepła	9
2.1 Opis modelu	9
3.Przepływ gazu.....	11

1. Odształcenia pod wpływem obciążenia

1.1 Opis modelu

Przedmiotem poddanym analizie jest belka - kątownik. Kątownik jest to wyrób hutniczy, walcowany lub gięty z metalu. Wytwarzany w postaci prostych odcinków. Rozróżniamy kątowniki równoramienne i kątowniki nierównoramienne. Jego przekrój poprzeczny (profil) przypomina literę L.



Rysunek 1. Przykładowy kątownik.

Do analizy wybrano kątownik zwany kątownikiem ekonomicznym (odznaczający się brakiem pochylenia dolnej części tzn. grubość tych części na całej długości się nie zmienia). Kątowniki te walcowane są na gorąco. Ich powierzchnia jest gładka, lekko chropowata. Całość trawiona i wyżarzana w temperaturze około 1050 stopni Celsjusza. Ten rodzaj obróbki cieplnej jest przeznaczony dla w zakresie wymiarów długość od 20 – 120 mm i grubości od 4 – 12 mm. Jest to zgodne z atestem DIN EN 10204 (50049) 3.1B.

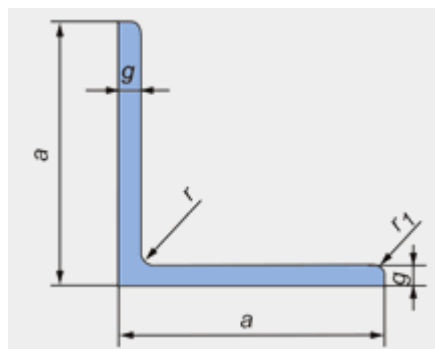
W poniższej tabeli znajdują się podstawowe informacje odnoszące się do danych wytrzymałościowych.

Oznaczenia z tabeli:

- **A** - przekrój poprzeczny w cm^2
- **G** - masa 1m w kg
- **U**- powierzchnia boczna w m^2/m
- **I_x** - moment bezwładności względem osi w cm^4
- **W_x** - wskaźnik wytrzymałości przy zginaniu w cm^3
- **$i_x = \sqrt{I_x/A}$** - promień bezwładności w cm
- **I_y** - moment bezwładności względem osi w cm^4
- **W_y** - wskaźnik wytrzymałości przy zginaniu w cm^3
- **$i_y = \sqrt{I_y/A}$** - promień bezwładności w cm

wyróżnik oznaczenia	A	G	U	I_x	W_x	i_x	I_y	W_y	i_y	e_x	e_y
	cm^2	kg/m	m^2/m	cm^4	cm^3	cm	cm^4	cm^3	cm		
kątownik 120x80x8	15,5	12,2	0,391	226	27,6	3,82	80,8	13,2	2,28	3,83	1,87
kątownik 120x80x10	19,1	15,0	0,391	276	34,1	3,80	98,1	16,2	2,26	3,92	1,95
kątownik 120x80x12	22,7	17,8	0,391	323	40,4	3,77	114	19,1	2,24	4,00	2,03
kątownik 125x75x8	15,5	12,2	0,391	247	29,6	4,00	67,6	11,6	2,09	4,14	1,68
kątownik 125x75x9	17,3	13,6	0,391	275	33,0	3,98	75,0	13,0	2,08	4,18	1,72
kątownik 125x75x10	19,1	15,0	0,391	302	36,5	3,97	82,1	14,3	2,07	4,23	1,76
kątownik 125x75x12	22,7	17,8	0,391	354	43,2	3,95	95,5	16,9	2,05	4,31	1,84

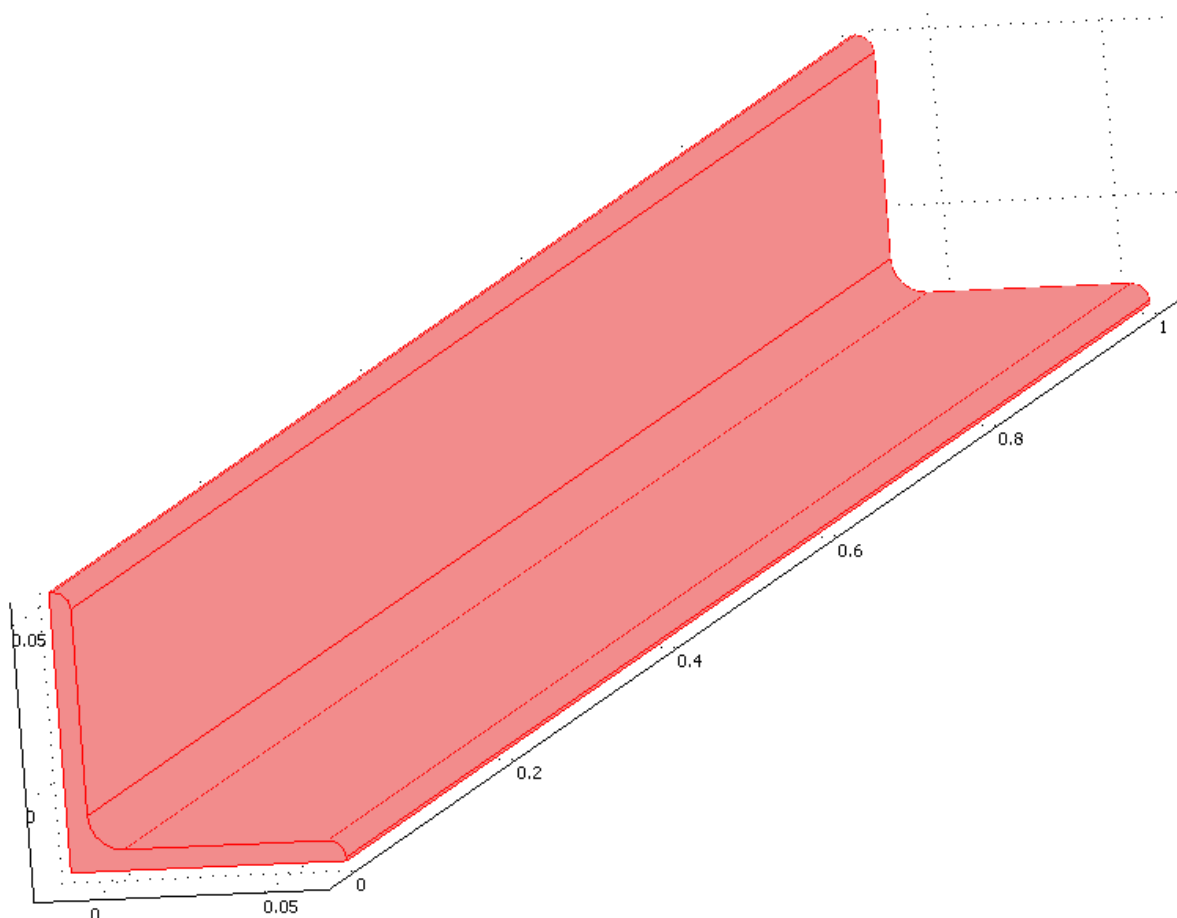
Kątownik wykorzystany podczas analizy posiada następujące wymiary:



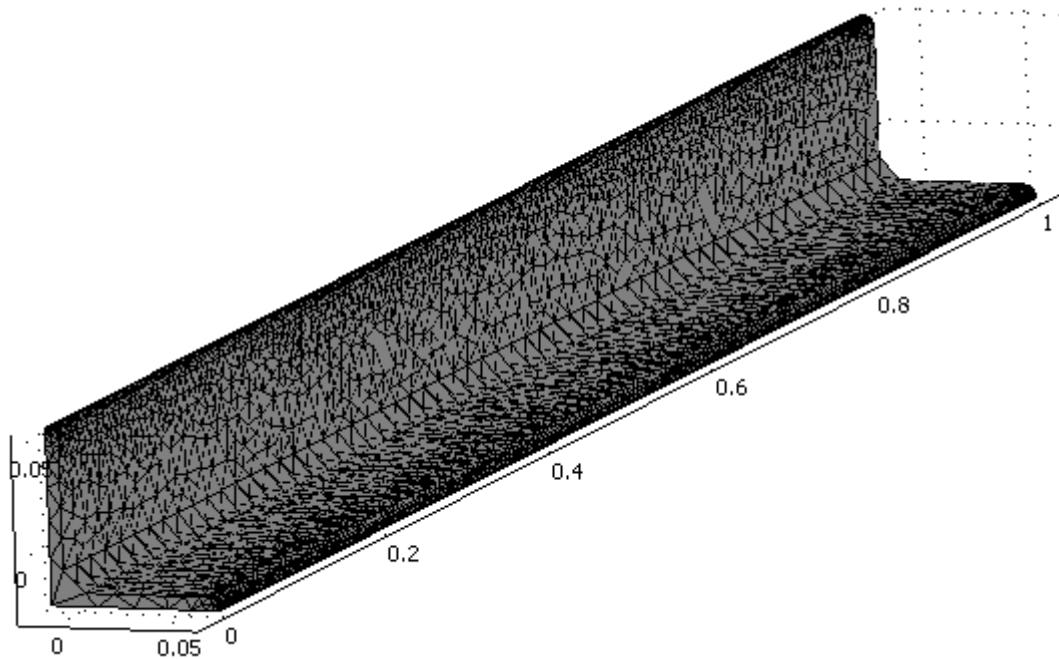
Rysunek 2. Wymiary kątownika

- $a = 50 \text{ mm}$
- $g = 6 \text{ mm}$
- $r = 3,5 \text{ mm}$
- $r1 = 1200 \text{ mm}$

Kątownik wykonany jest ze stali klasy St3 o współczynniku Younga $E = 2.1 \cdot 10^{11}$ Pa, współczynniku Poissona $\nu = 0.33$ oraz gęstość $\rho = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.



Rysunek 3. Model kątownika wykonany w programie COMSOL Multiphysics



Rysunek 4. Siatka (mesh) badanego kątownika.

1.2. Przedmiot analizy

Analizie poddano kątownik o długości 1200 mm, który jest utwierdzony w ścianie na obydwu końcach. Z każdej strony jest wmurowany w ścianę na długości 100 mm. Dolną płaszczyznę (od długości 1000 mm) podano obciążeniu równomiernemu o wartości 1600 N/m^2 działającemu wzdłuż osi z (ze znakiem minus ponieważ zwrot działania obciążenia jest przeciwny do zwrotu osi).

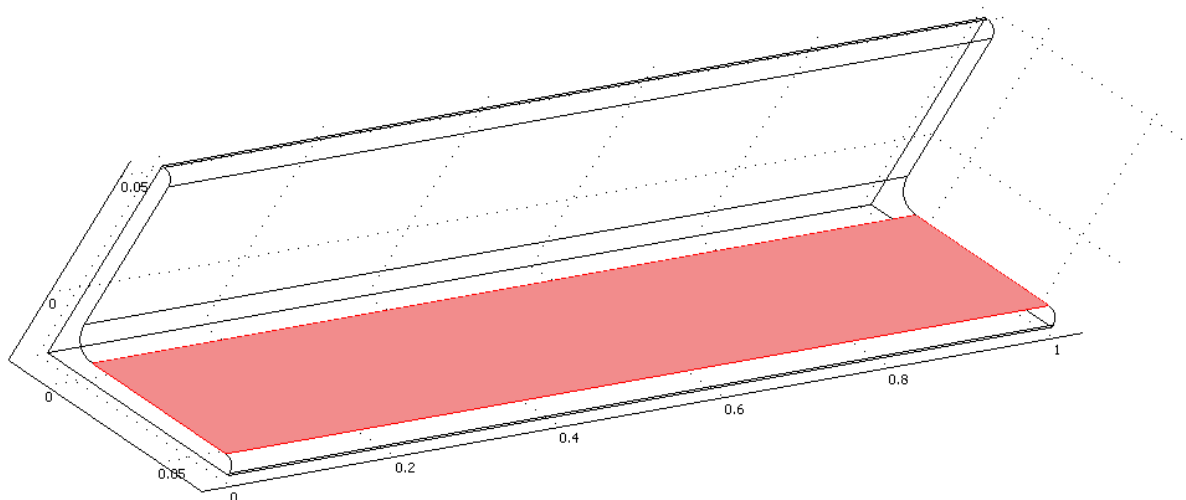
Do rozwiązania problemu w programie COMSOL posłużono się następującym równaniem:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \nabla \cdot c \nabla u = F$$

Gdzie: F - wartość obciążenia, ρ - gęstości stali.

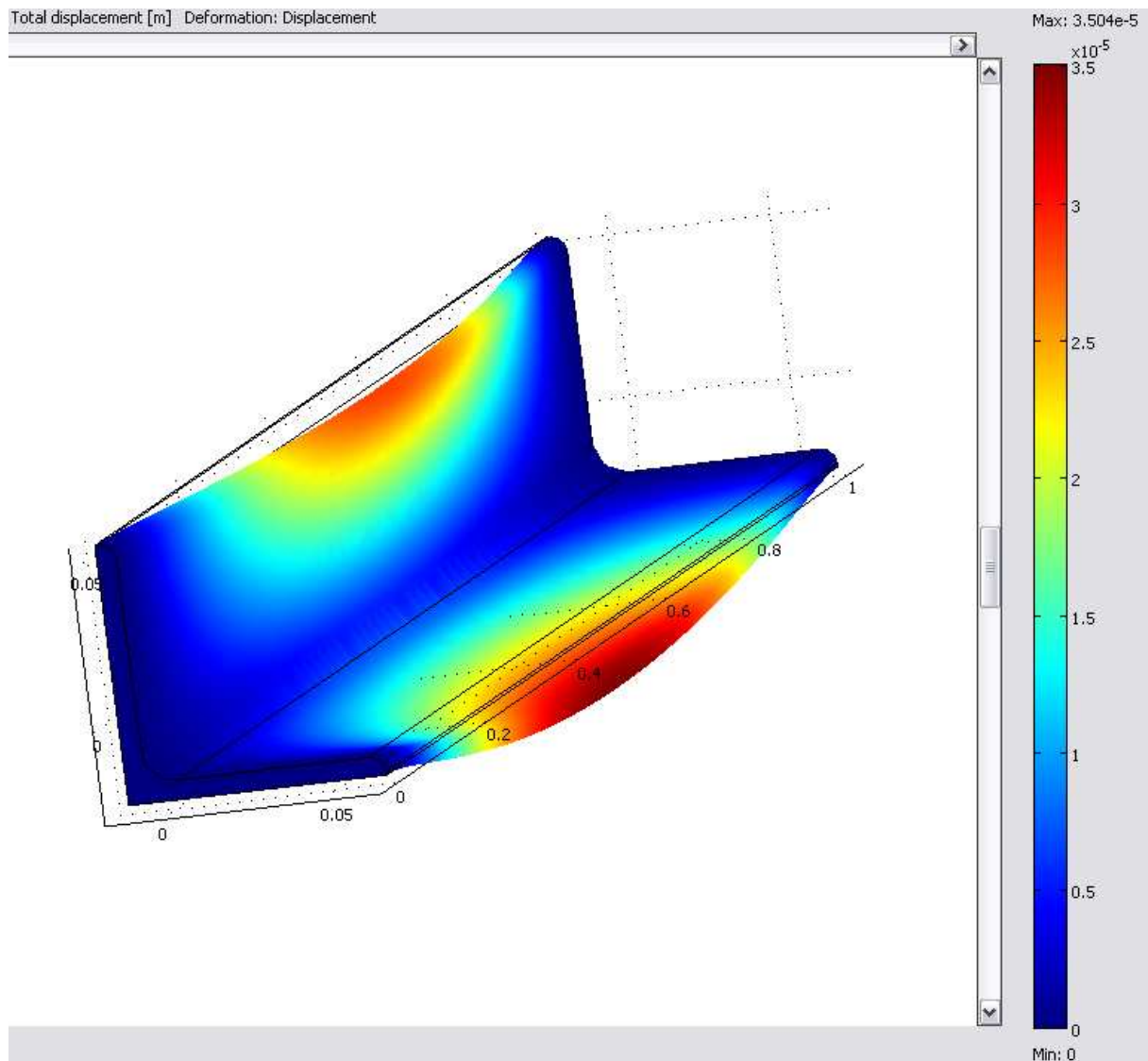
PODSTAWOWE INFORMACJE	
Materiał	Stal węglowa (1030 (UNS G10300)) $\nu = 0.33$, $\rho = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ Skład: Fe, 0.28-0.34% C, 0.6-0.9% Mn, 0.04% P max, 0.05% S max
Rodzaj analizy	Structural Mechanics: Solid, Stress-Strain – Static Analysis
Ilość wymiarów (<i>Space dimension</i>)	3D (analiza trójwymiarowa)
Wartości początkowe T(t ₀)	293,15K (temperatura pokojowa)
Ilość elementów w siatce (<i>Mesh</i>)	19569 elementów

Na rysunku 5 pokazano płaszczyznę, która została obciążona



Rysunek 5. Płaszczyzna na której znajduje się obciążenie.

W wyniku działającego obciążenia belka - kształtownik uległa odkształceniu, co widoczne jest na rysunku 6. Do ukazania odkształcenia posłużono się funkcją *Total displacement*, której wartość wyrażono w metrach. Dodatkowo w celu uwidocznienia geometrii odkształceń uruchomiono funkcję *Deformed shape plot*.



Rysunek 6. Odkształcenia pod wpływem obciążenia.

Wnioski:

Z przeprowadzonej przy pomocy programu COMSOL Multiphysics analizy można wywnioskować, że kątownik podany obciążeniu wynoszącemu 1600 N/m^2 ulegnie odkształceniu, którego maksymalna wartość wyniesie około $35 \text{ }\mu\text{m}$. Maksymalne ugięcie belki znajduje się w połowie jej długości na zewnętrznej krawędzi.

Można również zauważyć, że odkształcenia przebiegają równocześnie w płaszczyznach x , y oraz z . Podowdem tego jest fakt, że miejsce przyłożenia obciążenia znajduje się równomiernie na całej płaszczyźnie, a jego wypadkowa jest oddalona od punktu zwanego środkiem ścinania.

2. Trójwymiarowy przepływ ciepła

2.1 Opis modelu

Analizie przepływu ciepła została poddana chochła kuchenna wykonana z aluminium. Na chochlę działa ciepło oddane przez gorącą ciecz (zupę), której temperatura wynosi 80°C, czas pomiaru do 360 sekund. Chochła wykonana jest z materiału o gęstości 2700kg/m³.

Wymiary chochli:

Wysokość: 500 mm

Średnica: 150 mm

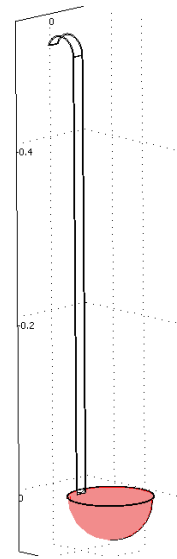
Grubość ścianki: 2mm

Program COMSOL do analizy wykorzystuje następujące równanie:

$$\delta_{t,z} \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot (k \nabla T) = Q$$

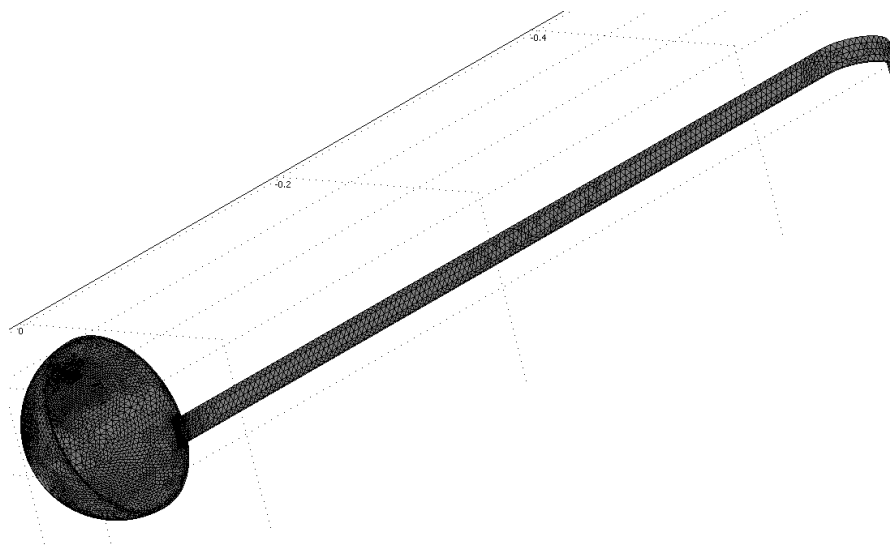


Rysunek 7. Chochła kuchenna.



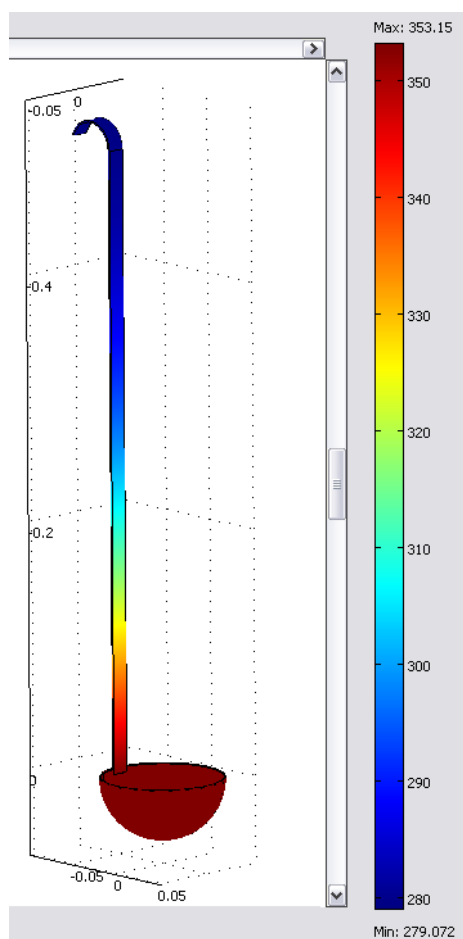
Rysunek 8. Model chochli

Powierzchnią do której przyłożone jest ciepło jest wnętrze chochli, gdzie znajduje się gorąca ciecz.



Rysunek 9. Siatka (mesh) badanej chochli.

Program wygenerował następujące rozwiązanie:



Rysunek 10. Wyniki przeprowadzonej analizy.

Wnioski:

Temperatura chochli znacznie wzrosła, a sama rączka podgrzała się do 37°C na długości 200mm . Koniec rączki nie zmienił swojej temperatury w czasie nagrzewania. Doświadczenie obnażyło zmianę temperatury chochli wywołaną przez gorącą ciecz, która nie zmieniała swojej temperatury.

3.Przepływ gazu

Analiza przepływu przeprowadzona została w rurze o zmiennej średnicy. Średnica zmienia się z 5 mm w części wlotowej na 10 mm w części wylotowej. Gazem przepływającym jest azot o gęstości 1.25 kg/m^3 . Celem owego badania było sprawdzenie zachowania strumienia przepływu gazu. Prędkość przepływu zmniejsza się pod wpływem zmiany średnicy rury.



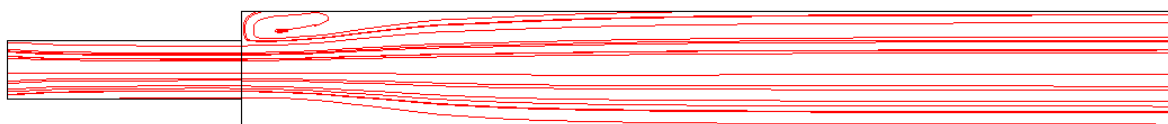
Rysunek. 11 Siatka (mesh) modelu rury.

Na rysunku 12 widzimy zmianę przepływu, gaz wlatując w rurę o większej średnicy na początku zachowuje się dość chaotycznie po czym jego przepływ staje się ponownie niezakłócony. Największe zagęszczenie siatki występuje w miejscu zwężenia rury. Do wykonania analizy program COMSOL używa następującego równania:

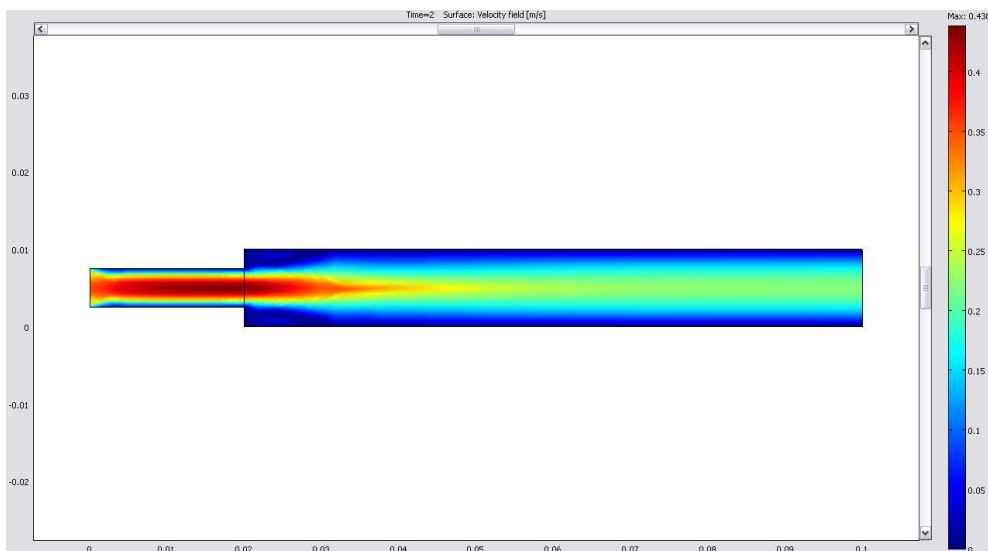
$$\frac{\rho \partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla) = \nabla \cdot [p\mathbf{I} + \eta(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T)] + \mathbf{F}$$

- η is the dynamic viscosity (współczynnik lepkości dynamicznej),
- ρ is the density (gęstość),
- \mathbf{u} is the velocity field (pole prędkości),
- p is the pressure (ciśnienie),
- \mathbf{F} is a volume force field such as gravity (siła objętościowa).

PODSTAWOWE INFORMACJE	
Rodzaj gazu	Azot
Rodzaj analizy	Incompressible Navier-Stokes
Ilość wymiarów (<i>Space dimension</i>)	2D (analiza dwuwymiarowa)
Wartości początkowe:	
Gęstość ρ_0	1,25[kg/m ³]
Lepkość dynamiczna η_0	1,79*10 ⁻⁵ [Pa*s]
Max. prędkość płynu U_{\max}	0,354 [m/s]
Liczba Reynoldsa Re	123,6
Średnica na wejściu d	0,005 [m]
Ilość elementów w siatce (<i>Mesh</i>)	97 elementów
Zależność czasowa (<i>Time dependent</i>)	0:0.1:2



Rysunek 12. Linie przepływu



Rysunek 13. Wynik analizy

Wnioski:

Prędkość przepływu zmniejszyła się z 0.3 m/s (początek wlotu) na 0.2 m/s (koniec wylotu). Największą prędkość gaz osiągał na końcu fragmentu wlotowego rury, a prędkość ta wynosiła 0.4 m/s.

Na rysunku 12 można zauważyć kołowy wir położony w lewym górnym narożniku przekroju rury o większej średnicy. Dane zjawisko powinno zostać wyeliminowane przez zastosowanie np. odpowiednio dobranej płetwy rozdzielającej i separującej strumień gazu.