

# Raport Elmer Thermal flow in curved pipe

Mikołaj Wielebnowski Krzysztof Kubień

9 stycznia 2021

## 1 Wstęp

W niniejszym raporcie znajduje się opis prac przeprowadzonych w celu sporządzenia symulacji przepływu cieplej cieczy poprzez zagiętą rurę. Projekt został oparty o poradnik podręcznik i został stworzony w celu zaliczenia projektu na przedmiot *"Wstęp do modelowania komputerowego"*.

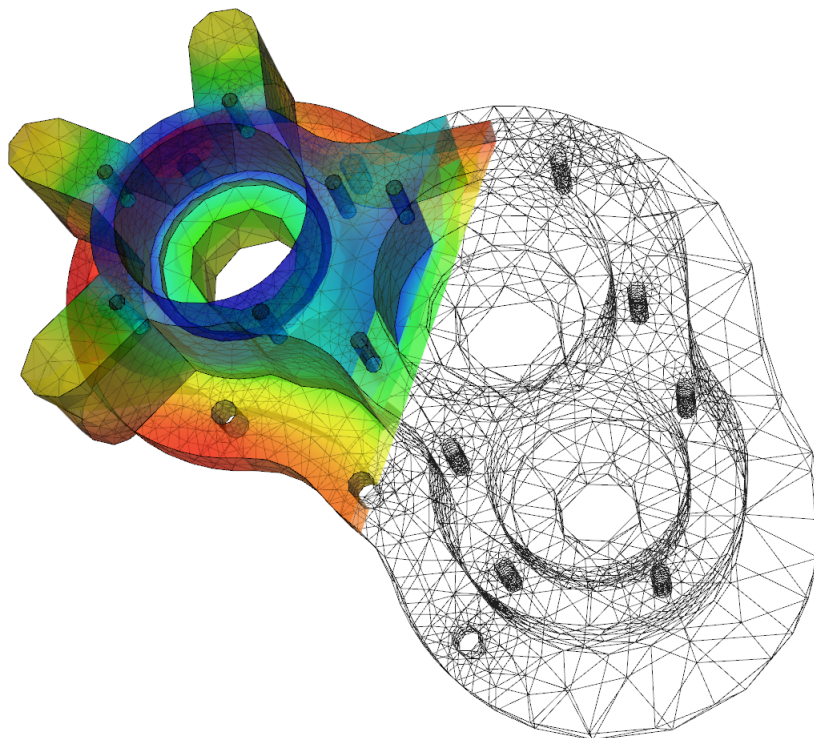
## 2 Opis projektu

Etapy prac:

1. Wstęp i opis programu.
2. Przykładowe zagadnienie - przygotowanie.
3. Postprocesor- Elmer VTK.
4. Zmiana parametrów- Złoto i powietrze.
5. Zmiana parametrów- Złoto i olej.
6. Podsumowanie.

## 2.1 Wstęp i opis programu.

Elmer to środowisko pozwalające na obliczanie oraz wizualizacje zjawisk fizycznych, które jest na licencji open source i powstało w wyniku współpracy fińskich uniwersytetów oraz firmy CIC. Program posiada wersję wyposażoną w GUI, oraz wersję w której bezpośrednio opisujemy zadane zjawisko w pliku SIF (Solver Input File). Program również występuje z interfejsem MPI, który pozwala komunikować się komputerom, w celu wspólnego wykonania pracy np. w klasterze.



Rysunek 1: Przykładowy obraz wykonany w Elmerze.

Zespół próbował wykonać pracę na systemie OS X, jednak wymagało to komplikacji oraz samodzielnego przygotowania poszczególnych modułów (jak np. ElmerVTK, ParaView), co spowodowało, że ostatecznie wykorzystano wersję Win64 z GUI, która nie wymaga nawet instalacji.

## 2.2 Przykładowe zagadnienie - przygotowanie.

Zespół wybrał poradnik, w którym przygotowuje się sumlującą przepływu cieplej cieczy przez zakrzywioną rurę. W tym wykorzystano plik przykładowy, w którym znajdował się model rury, następnie określono warunki brzegowe dla wybranych równań i wybrano materiał dla odpowiednio cieczy jak i rury oraz warunki początkowe jak np. temperatura gazu.



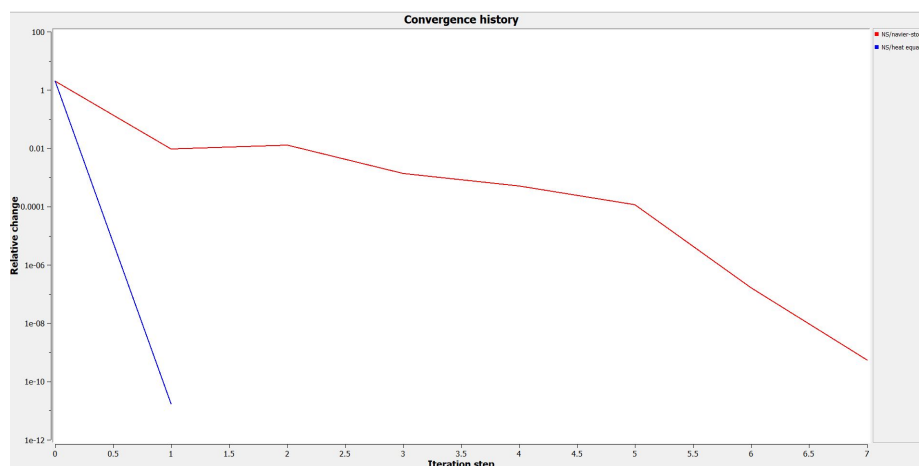
Rysunek 2: Model zakrzywionej rury wykorzystany w symulacji.

```
Material 1
Name = "Water (room temperature)"
Viscosity = 1.002e-3
Heat expansion Coefficient = 0.207e-3
Heat Capacity = 4183.0
Heat Conductivity = 0.58
Sound speed = 1497.0
Density = 998.3
End

Material 2
Name = "Iron (generic)"
Sound speed = 5000.0
Youngs modulus = 193.053e9
Heat expansion Coefficient = 11.8e-6
Density = 7870.0
Mesh Poisson ratio = 0.29
Poisson ratio = 0.29
Heat Conductivity = 80.2
Heat Capacity = 449.0
End
```

Rysunek 3: Materiały zaproponowane przez poradnik.

Po ustawieniu w GUI parametrów, wygenerowano plik SIF i uruchomiono Solver, który w trakcie przeliczania wyświetlił poniższy wykres:

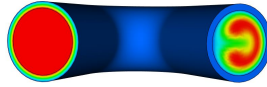


Rysunek 4: Otrzymany wykres w trakcie działania Solvera.

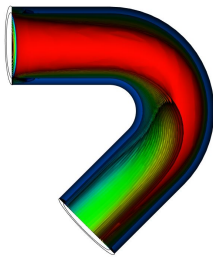
Kolejnym krokiem było wybranie środowiska graficznego do wizualizacji otrzymanych wyników.

### 2.3 Postprocesor- Elmer VTK.

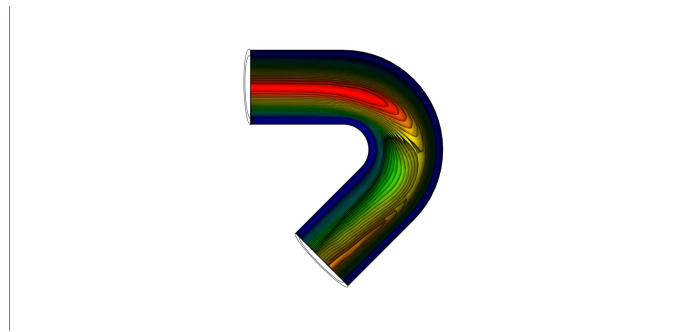
Zespół postanowił użyć środowiska Elmer VTK w celu wizualizacji podanego zagadnienia. Decyzje podjęto ze względu na łatwość w obsłudze oraz brak potrzeby instalacji zewnętrznego oprogramowania tak jak w przypadku Paraiew. Jak podano na poniższym obrazku, większość użytkowników decyduje się jednak na środowisko Paraview. Aby zwizualizować zagadnienie wykorzystano funkcję surface, przy pomocy której przedstawiono rozkład temperatury oraz prędkości bezwzględnej cieczy oraz funkcję IsoSurface, która pokazuje płaszczyzny wewnątrz rury. Całość została podzielona przy pomocy clip plane w poprzek rury.



Rysunek 5: Funkcja Surface pozwala zwizualizować zjawisko na powierzchniach rury- wizualizacja temperatury cieczy.

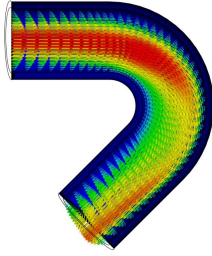


Rysunek 6: Funkcja IsoSurface pozwala zwizualizować powierzchnie o stałym parametrze wewnątrz rury- wizualizacja temperatury cieczy.



Rysunek 7: Wizualizacja prędkości przepływu cieczy w rurze.

Pozostałymi funkcjami, które zespół poznał przez tzw. przeklikanie, były streamline, czyli funkcja pozwalająca wypuścić strugę w danym miejscu i pokazać jak ona przepływa, colorbar pozwalającą przypisywać kolorom na obrazkach wartości w postaci linii z gradientem oraz vector, która pozwala pokazywać daną zmienną na wektorach oraz odpowiednio ją kolorować:



Rysunek 8: Funkcja vector- Wizualizacja prędkości przepływu cieczy w rurze.

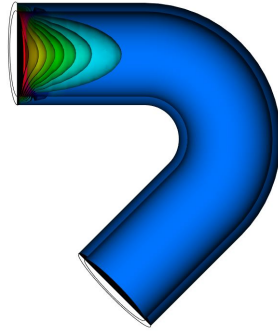
## 2.4 Zmiana parametrów- Złoto i powietrze.

Po udanej symulacji warunków które były podane w pliku ElmerTutorials.pdf zespół postanowił sprawdzić jak zachowa się symulacja jeśli jako materiał z którego wykonana została rurka zamiast żelaza zastąpić złotem a przepływającą ciecz zamiast wody zastąpić powietrzem.

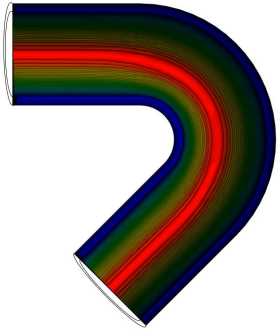
```
Material 1
Name = "Air (room temperature)"
Heat expansion Coefficient = 3.43e-3
Relative Permittivity = 1.00059
Viscosity = 1.983e-5
Sound speed = 343.0
Density = 1.205
Heat Capacity = 1005.0
Heat Conductivity = 0.0257
End

Material 2
Name = "Gold (generic)"
Heat expansion Coefficient = 14.2e-6
Poisson ratio = 0.44
Youngs modulus = 78.0e9
Heat Conductivity = 318.0
Density = 19300.0
Heat Capacity = 129.0
Mesh Poisson ratio = 0.44
Sound speed = 2030.0
End
```

Rysunek 9: Materiały wybrane przez zespół.



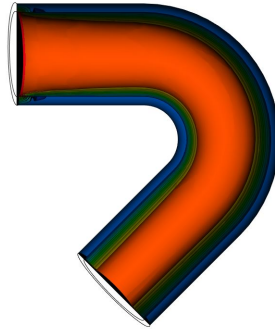
Rysunek 10: Wizualizacja temperatury przepływającego powietrza.



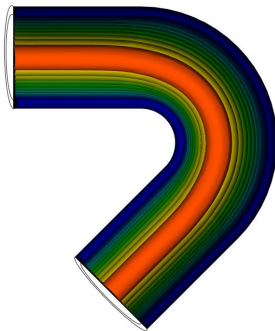
Rysunek 11: Wizualizacja prędkości przepływającego powietrza.

## 2.5 Zmiana parametrów- Złoto i olej.

Ze względu na uzyskany wynik w poprzedniej symulacji zespół postanowił sprawdzić jak duże znaczenie ma gęstość cieczy oraz jej pojemność cieplna, pozostawiono materiał rury na złocie, jednak zmieniono ciecz na olej:



Rysunek 12: Wizualizacja temperatury przepływającego oleju.



Rysunek 13: Wizualizacja prędkości przepływającego oleju



### 3 Podsumowanie

Podsumowując trzy powyższe symulacje można stwierdzić, że największy wpływ na prędkość przepływu cieczy miały warunki ustawione w symulacji pierwszej (woda i żelazo). Dla powietrza i oleju wlewanego do słotej rury prędkość przepływu płynu wygląda podobnie z różnicą w powietrzu, gdzie płyn przepływa szybciej. Jeśli chodzi o rozkład temperatury widać, że największe zmiany zachodzą w wodzie, powietrze bardzo szybko wytraciło swoją temperaturę, zaś olej miał praktycznie jednakowy rozkład temperatury na wejściu jak i wyjściu. Program ten może być w przyszłości użyty przez zespół w celu symulacji przepływu dowolnej cieczy przez rurę wykonaną z określonego materiału zmieniając warunki początkowe takie jak temperatura oraz prędkość przepływu.

## Literatura

- [1] *ElmerTutorials.pdf*
- [2] *[https://pl.wikipedia.org/wiki/Message\\_Passing\\_Interface](https://pl.wikipedia.org/wiki/Message_Passing_Interface)*
- [3] *[https://en.wikipedia.org/wiki/Elmer\\_FEM\\_solver](https://en.wikipedia.org/wiki/Elmer_FEM_solver)*