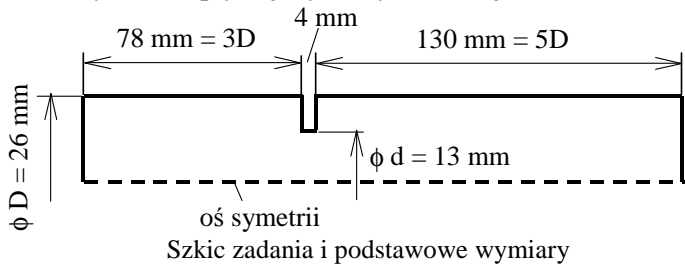


## ĆWICZENIE NR 1 Przepływ przez kryzę

### Opis problemu:

Zadanie stanowi wyznaczenie przepływu w rurze z zamontowaną kryzą. Przepływającym czynnikiem jest woda.

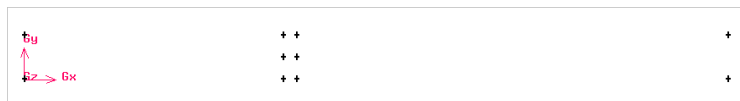


### Praca w programie GAMBIT

#### Tworzenie punktów

Z panelu **Operation** wybrać opcję **Geometry** a następnie opcję tworzenia punktów. Spowoduje to otwarcie się panelu roboczego **Vertex**. Należy wybrać opcję **Create from Coordinates**. W panelu **Create Real Vertex**, wpisać współrzędne pierwszego punktu  $x = 0$ ,  $y = 0$  oraz  $z = 0$ . Potwierdzić utworzenie punktu naciskając przycisk **Apply**. W podobny sposób utworzyć pozostałe punkty z poniższej tabeli:

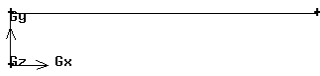
nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	0	0	78	78	78	82	82	82	212	212
y	0	13	0	6.5	13	0	6.5	13	0	13
z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Układ punktów do tworzonej geometrii

#### Tworzenie krawędzi

W panelu **Geometry** wybrać opcję **Edge** a następnie **Create Straight Edge**. Wybierając kolejno po dwa punkty (wybieranie do listy następuje po „najechnaniu” kursorem na punkt i naciśnięciu lewego przycisku myszy przy wciśniętym klawiszem **Shift**) utworzyć pierwszą krawędź (krawędzie mają kolor żółty).



Postępując w podobny sposób utworzyć wszystkie krawędzie jak na rysunku

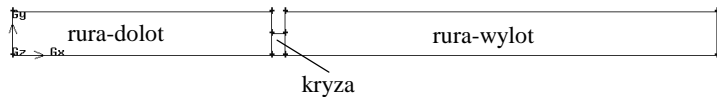


#### Tworzenie powierzchni

W panelu **Geometry** wybrać opcję **Face** a następnie **Wireframe** otworzyć panel **Create Face from Wireframe**. Zaznaczając kolejne krawędzie (wybieranie krawędzi do listy następuje jak poprzednio po „najechnaniu” kursorem na krawędź i naciśnięciu lewego przycisku myszy przy wciśniętym klawiszem **Shift**) utworzyć pierwszą powierzchnię (krawędzie tworzące powierzchnię zmieniają kolor na niebieski). Nadać jej nazwę „rura-dolot”.



Postępując w podobny sposób utworzyć pozostałe dwie powierzchnie, nadając im nazwy „kryza” oraz „rura-wylot”.



### Tworzenie siatki obliczeniowej:

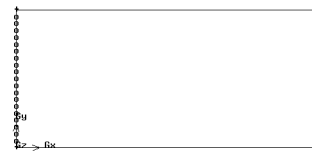
Tworzenie siatki odbywa się w dwóch etapach: siatkowanie krawędzi oraz tworzenie siatki na powierzchni.

#### Siatkowanie krawędzi

Z panelu **Operation** wybrać opcję **Mesh** a następnie opcję siatkowania krawędzi **Edge**. Spowoduje to otwarcie się panelu **Mesh Edges**.

W oknie **Edges** zaznaczyć lewą pinową krawędź (wybieranie krawędzi do listy następuje po „najechnaniu” kursorem na krawędź i naciśnięciu lewego przycisku myszy przy wciśniętym klawiszem **Shift**).

W polu **Type** pozostawić **Successive Ratio** oraz wartość 1 w oknie **Ratio**. W polu **Spacing** wybrać typ podziału **Interval count** i ustawić liczbę podziałów na 20. Potwierdzić wybór przyciskiem **Apply**. (**Uwaga:** na każdym etapie można sprawdzić, jak będzie wyglądał podział naciskając na klawisz **Enter**, a zatwierdzić (**Apply**) dopiero, gdy uznamy podział za zadowalający.)



Podział na krawędzi dolotowej (równomierny)

Dla obu krawędzi poziomych powierzchni „rura-dolot” zastosować podział po 120 a dla obu krawędzi pionowych po prawej stronie po 10.



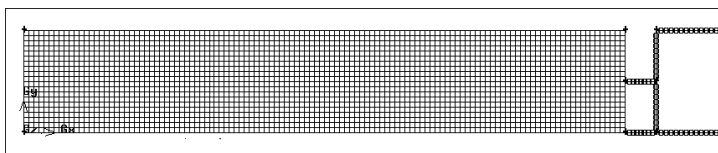
Podziały na krawędziach powierzchni „rura-dolot” (równomierne) Dla powierzchni „kryza” zastosować równomierne podziały po 8 na obu krawędziach poziomych oraz 10 na prawej krawędzi pionowej.

Dla powierzchni „rura-wylot” zastosować równomierne podziały po 200 na obu krawędziach poziomych, 10 na lewej górnej krawędzi pionowej oraz 20 na krawędzi pionowej po prawej stronie.



#### Siatkowanie powierzchni

Aby stworzyć siatkę powierzchniową należy z panelu **Mesh** wybrać opcję **Face** a następnie nacisnąć przycisk **Mesh Faces**, co spowoduje otwarcie się panelu **Mesh Faces**. Następnie należy wskazać powierzchnię do siatkowania. Sprawdzić, czy w oknie schematu (**Scheme:**) ustawione są elementy (**Elements**) czworokątne (**Quad**), a typ tworzenia siatki (**Type**) jest **Submap**. Potwierdzić wybór naciskając **Apply**.



Utworzona siatka na powierzchni „rura-dolot”

W identyczny sposób należy utworzyć siatki na powierzchniach „kryza” oraz „rura-wylot”.



Na tym dyskretyzacja obszaru została zakończona.

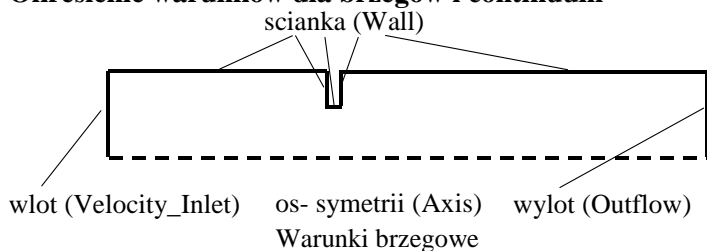
### Wybór solwera:

Z linii poleceń wybrać

**Solver > Fluent 5/6**

Typ solwera na pasku programu powinien zmienić się z **Generic** na **Fluent 5/6**.

### Określenie warunków dla brzegów i continuum



Z panelu **Operation** wybrać opcje **Zones** a następnie opcje zadawania warunków brzegowych **Specify Boundary Types**. Pod spodem otworzy się panel **Specify Boundary Types**. Zmienić rodzaj elementów **Entity**, na których zadawane będą warunki brzegowe z powierzchni (**Faces**) na krawędzie (**Edges**).

Wskazać 3 dolne, poziome krawędzie na modelu (z wciśniętym klawiszem **Shift**, nazwa krawędzi pojawi się w tabelce dolnej w kolumnie **Label**). Typ warunku brzegowego (**Type**) należy zmienić ze ścianki (**Wall**) na oś (**Axis**). Wpisać nazwę (**Name**) jako „os-symetrii” (bez polskich liter, rozdzielanie wyrazów myślnikiem lub podkreślnikiem). Potwierdzić wybór naciskając **Apply**. W tym momencie w górnej tabelce pojawi się nazwa utworzonego warunku brzegowego (**os symetrii**) oraz jego typ (**Axis**).

Wskazać lewą, pionową krawędź, zadać warunek brzegowy typu wlot prędkościowy (**Velocity\_Inlet**) oraz nadać nazwę „wlot”.

Wskazać prawą pionową krawędź, zadać warunek brzegowy typu wypływ (**Outflow**) oraz nazwę „wylot”.

Wskazać krawędzie tworzące zewnętrzne ścianki rury oraz krawędzie kryzy. Ustawić typ warunku brzegowego na ścianę (**Wall**) i wpisać nazwę „ścianka”

Wybrać opcje **Specify Continuum Types**. Otworzy się okno podobne jak w przypadku warunków brzegowych. Należy zmienić typ geometrii z objętości (**Volumes**) na powierzchnie (**Faces**). Zaznaczyć wszystkie 3 powierzchnie („rura-dolot”, „kryza” oraz „rura-wylot”). Typ ośrodka (**Type**) pozostawić jako płyn (**Fluid**). Wpisać nazwę obszaru np. „srodek” i potwierdzić (**Apply**) a następnie zamknąć okno (**Close**).

### Eksport siatki do pliku .msh

Z paska poleceń wybrać:

**File \_ Export \_ Mesh ...**

Wpisać nazwę pliku (np. kryza.msh), zaznaczyć opcje **Export 2d Mesh** a następnie potwierdzić (**Accept**). W okienku **Transcription** sprawdzić, czy pojawił się komunikat: „**Mesh was successfully written to kryza.msh**”.

Zamknąć **Gambita**.

## OBLICZENIA

### Uruchomienie programu Fluent ver. 12

Uruchomić program **Fluent**. Ustawić wymiary (**Options**) na **2d** i obliczenia w pojedynczej precyzji (pole **Double Precision** pozostaje niezaznaczone). W opcjach wyświetlania (**Display Options**) włączyć wyświetlanie siatki po wczytaniu (**Display Mesh After Reading**) oraz wyświetlanie okien graficznych (**Embed Graphics Windows**). W polu opcji procesów (**Processing Options**) zaznaczyć opcję **Serial** lub pozostawić opcję **Parallel**, jeśli w okienku **Number of Processes** jest liczba 2.

W zakładce **General Options** w polu **Working Directory** ustawić dostęp do własnego katalogu (jeśli nie istnieje należy go utworzyć). Pozostałe ustawienia pozostawić bez zmiany! Potwierdzić ustawienia (**OK**).

### Wczytanie siatki obliczeniowej:

#### Sposób 1 (z paska poleceń). File > Read > Mesh

Następnie należy w oknie **Select File** wybrać nazwę pliku (np. siatka .msh) i potwierdzić wybór (**OK**).

**Sposób 2.** nacisnąć ikonę **Read a file** wybierając opcję **Mesh** Po wczytaniu pliku Fluent pokaże siatkę w oknie graficznym oraz wypisze odpowiedni raport (**raport należy każdorazowo przeczytać, ponieważ zawiera ważne informacje dotyczące dalszego postępowania!**). Po wczytaniu siatki kryza.msh raport brzmi : **Warning! The use of axis boundary conditions is not appropriate for a 2D/3D problem. Please consider changing the zone type for symmetry or wall, or the problem to axisymmetric** i oznacza, że użyty warunek brzegowy axis nie pasuje do wybranego typu solwera. Należy zatem w zakładce **General** w polu **Solver** od razu zmienić opcję **2D Space Planar** na **Axisymmetric**, co rozwiązuje problem.

### Sprawdzenie własności geometrycznych siatki i jej poprawności:

W zakładce **General** w polu **Mesh** nacisnąć **Check** i poczekać, aż **Fluent** dokona sprawdzenia siatki. Wyświetlenie raportu **Done** bez dodatkowych komentarzy oznacza, że siatka jest poprawna. W innym przypadku (np. ujemne objętości elementów siatki) błędy w siatce zostaną podane w raporcie. Sprawdzenia siatki można dokonać także wybierając z paska poleceń opcję **Grid > Check**.

### Przeskalowanie siatki:

#### General > Mesh > Scale

Ponieważ siatka w **Gambicie** jest tworzona w jednostkach niemianowanych, dlatego do wykonania obliczeń oraz **Post-processingu** wymaga ona przeskalowania. W okienku **Scale Mesh** w polu **Scalling** należy zaznaczyć opcję **Convert Units** a w menu rozwijalnym **Mesh Was Created In** wybrać milimetry. Następnie należy dokonać skalowania naciskając **Scale**. Po przeskalowaniu siatki w polu **Domain Extents** ukażą się nowe rozmiary siatki (w metrach). Te jednostki będą później użyte przez **Fluenta** podczas **Postprocessingu** (wykresy

XY itd.). Można je zmienić na inne w rozwijalnym polu **View Length Unit In**.

### Wyświetlenie siatki

Ponieważ po przeskalowaniu rozmiary siatki są 1000 razy mniejsze, nie jest ona widoczna. Aby umożliwić jej obejrzenie, należy na pasku przycisków nacisnąć przycisk Fit to

Window .

Sprawdzenia, czy poszczególnym krawędziom zostały nadane poprawne warunki brzegowe można dokonać naciskając w polu **Mesh** przycisk **Display**

**Display > Mesh**

W oknie **Mesh Display** należy najpierw w polu **Options** wybrać **Edges**. Następnie w polu **Surfaces** można po kolei zaznaczać wcześniej zdefiniowane w GAMBICIE krawędzie: **os\_symetrii**, **ścianka**, **wlot**, **wylot**. Naciskając przycisk **Display** spowodujemy wyświetlenie tych krawędzi (kolor krawędzi zależy od użytego warunku brzegowego).

### Ustawienie solvera:

W polu **Solver** zaznaczyć: Typ solvera (**Type**) jako **Pressure-Based** (solver rozprężnięty), **Velocity Formulation - Absolute**, rodzaj przepływu (**Time**) jako ustalony (**Steady**). W polu **2d Space** jest już wybrany przepływ osiowoosymetryczny (**Axisymmetric**). Na tym kończą się ustawienia w zakładce **General**. Przechodzimy do zdefiniowania modelu fizycznego (**Models**).

### Definiowania modelu fizycznego (zakładka Models)

W zakładce i polu **Models** dokonujemy jedynie ustawienia modelu lepkości. Inne opcje pozostawiamy wyłączone (**Off**).

#### Ustawienia modelu lepkości:

**Models > Viscous > Edit**

W oknie **Viscous Models** ustawiamy model jednorównaniowego przepływu turbulentnego (opcję **Laminar** zmieniamy na **Spalart-Allmaras**). Potwierdzić wybór (**OK**).

### Definiowanie własności ośrodka (zakładka Materials):

W polu **Materials** wybieramy **Fluid** i przechodzimy do edycji naciskając **Create/Edit**, co powoduje otwarcie panelu **Create/Edit Materials**.

W oknie **Material Type** pozostawiamy **fluid**. W oknie **FLUENT Fluid Materials** widzimy ustawione powietrze (**air**) jako domyślny materiał. Aby zmienić go na wodę należy nacisnąć przycisk **FLUENT Database** i otworzyć okno **FLUENT Database Materials**. W polu **FLUENT Fluid Materials** wybrać z listy wodę (**water-liquid (<h2o<l>)**). W polu **Properties** zostaną wyświetlone własności tego ośrodka (gęstość = 998.2 kg/m<sup>3</sup> oraz współczynnik lepkości dynamicznej 0.001003 kg/m·s). Należy dodać nowy materiał do listy naciskając przycisk **Copy** i zamknąć okno (**Close**). Potwierdzić dokonane zmiany naciskając (**Change/Create**) i zamknąć okno (**Close**).

### Ustawienie materiału dla obszaru obliczeniowego (zakładka Cell Zone Conditions):

Zaznaczyć na liście obszar obliczeniowy o nazwie "srodek" i przejść do edycji (przycisk **Edit**).

W polu **Material Name** zmieniamy ośrodek z powietrza na wodę wybierając z listy **water-liquid**. Potwierdzić zmianę (**OK**).

### Ustawienie warunków operacyjnych

Naciskamy przycisk **Operating Conditions**.

W polu **Pressure** ustawiamy wartość ciśnienia odniesienia (**Operating Pressure**) na 100000 Pa (1 bar) i potwierdzamy wybór (**OK**).

### Określenie warunków brzegowych (zakładka Boundary Conditions):

W oknie **Zone** zakładki **Boundary Conditions** podane są nazwy krawędzi brzegowych i powierzchni (w naszym wypadku są to nazwy krawędzi zdefiniowane w GAMBICIE oraz na górze listy pozycja **Default-Interior** jako niezdefiniowana nazwa powierzchni). Wybierając dowolną pozycję z ramki **Zone**, w ramce **Type** pojawia się odpowiadający jej typ warunku brzegowego. (Na przykład wybierając w ramce **Zone** krawędź **wlot** powinien w ramce **Type** pojawić się typ wlotu prędkościowego (**Velocity-Inlet**)).

W celu zdefiniowania wartości prędkości na wlocie należy nacisnąć przycisk **Edit**, co spowoduje pojawienie się panelu **Velocity Inlet**. W zakładce **Momentum** w oknie **Velocity Magnitude (m/s)** należy wpisać wartość prędkości równą 1 m/s. Pozostałe ustawienia: **Velocity Specification Method (Magnitude, Normal to Boundary)** oraz **Reference Frame (Absolute)** pozostawiamy bez zmiany. Potwierdzamy ustawienia naciskając **OK**.

Pozostałe warunki brzegowe (**Outflow, Axis i Wall**) nie wymagają podawania żadnych dodatkowych danych.

W tym miejscu należy jeszcze sprawdzić, czy przy podanych wartościach będziemy mieli na pewno do czynienia z przepływem turbulentnym. Decyduje o tym liczba Reynoldsa określana jest zależnością:

$$Re = VD/v = VD\rho/\mu$$

gdzie:

V - prędkość przepływu [m/s]

v - lepkość kinematyczna [m<sup>2</sup>/s]

$\mu$  - lepkość dynamiczna [kg/m·s]

$\rho$  - masa właściwa (gęstość) [kg/m<sup>3</sup>]

D - średnica rury [m]

dla D=26 mm i V=1m/s otrzymamy dla wody ( $\rho=998.2$  kg/m<sup>3</sup> oraz  $\mu=0.001003$  kg/m·s) wartość Re=25922 co odpowiada przepływowi turbulentnemu w przewodzie.

### Definiowanie warunków odniesienia (zakładka Reference Values)

W polu **Compute From** wybieramy po rozwinięciu **wlot**. W polu **Reference Value** pokazują się wartości, które będą używane przez FLUENTA w trakcie **Postprocessingu**.

### Ustawienie parametrów numerycznych solvera cz.1 (zakładka Solution Methods):

W polu **Pressure-Velocity Coupling** podano aktualnie używany schemat sprzężenia prędkość – ciśnienie (schemat SIMPLE) a w polu **Spatial Discretization** schematy dyskretyzacji równań.

Pozostawić wartości domyślne.

## Ustawienie parametrów numerycznych solvera cz.2 (zakładka Solution Controls):

W polu **Under-Relaxation Factors** wpisane są wartości współczynników podrelaksacji. Pozostawić wartości domyślne.

## Ustawienie poziomu zbieżności, sposobu wyświetlania rezyduów oraz monitorowania sił i momentów (zakładka Monitors):

W oknie **Residuals, Statistics and Force Monitors** zaznaczamy **Residuals** i otwieramy okno edycji (**Edit**).

W oknie **Residual Monitors** w polu **Options** zaznaczamy wyświetlanie przebiegu rezyduów **Plot** a opcję **Print to Console** odznaczamy. W polu **Equations** zwiększamy kryterium zbieżności dla równania ciągłości oraz składowych prędkości do poziomu  $1e-4$  (domyślne wartości wynoszą 0,001). Potwierdzamy zmiany przyciskiem **Ok**.

## Ustalenie przybliżenia początkowego (zakładka Solution Initialization):

W menu rozwijalnym **Compute From** wybieramy "wlot". W ramce **Initial Values** pojawiają się wartości zadeklarowane dla tego warunku (**Gauge pressure = 0 Pa**, **Axial Velocity = 0.09999 m/s** oraz **Radial Velocity = 0 m/s**). W celu dokonania inicjalizacji naciskamy przycisk **Initialize**.

## Rozpoczęcie obliczeń (zakładka Run Calculation):

W okienku **Number of Iteration** wpisujemy liczbę iteracji równą 500 a następnie rozpoczynamy obliczenia naciskając przycisk **Calculate**.

**Uwaga: Obliczenia przerywane są w jednym z dwóch przypadków:**

- osiągnięta została zadana liczba iteracji bez osiągnięcia zadanej zbieżności (np. w powyższym przykładzie).
- osiągnięta została zbieżność na zadanym poziomie. Wówczas w oknie **Fluenta** pojawi się komunikat o osiągnięciu zbieżności (**solution is converged**)

## Wizualizacja wyników obliczeń (zakładka Graphics and Animations)

### 1. Wyświetlanie map konturowych:

W polu **Graphics** zaznaczamy opcję **Contours** i przechodzimy do szczegółowych ustawień (**Set Up...**). W polu **Options** okna **Contours** zaznaczamy opcje **Filled**, **Global Range** oraz **Auto Range**. W polu **Contours of** w górnym oknie wybieramy z menu **Pressure** a w oknie dolnym **Static Pressure**. Po naciśnięciu klawisza **Display** otrzymujemy mapę ciśnienia w przewodzie.

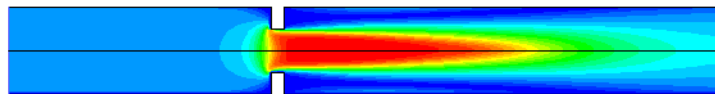


W celu wyświetlenia całego przewodu na pasku poleceń wybieramy **Display** i **Views**. W oknie **Mirror Planes** zaznaczamy os i naciskamy przycisk **Apply**.



Mapa konturowa ciśnienia statycznego

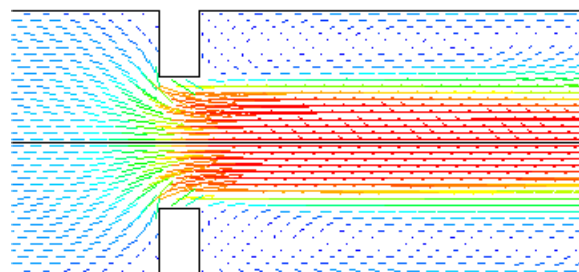
W celu wyświetlenia mapy konturowej prędkości w polu **Contours of** w górnym oknie wybieramy z menu zamiast **Pressure** opcję **Velocity** a w oknie dolnym **Velocity Magnitude**. Po naciśnięciu klawisza **Display** otrzymujemy mapę prędkości w przewodzie.



Mapa konturowa prędkości

### 2. Wyświetlanie map wektorowych:

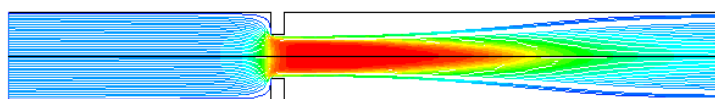
W polu **Graphics** zaznaczamy opcję **Vectors** i przechodzimy do szczegółowych ustawień (**Set Up...**). W polu **Options** zaznaczamy opcje **Global Range**, **Auto Range** oraz **Auto Scale**. W polu **Vectors of** w górnym oknie wybieramy z menu **Velocity** a w oknie **Color by** wybieramy **Velocity** w górnym oknie a w oknie dolnym **Velocity Magnitude**. Po naciśnięciu klawisza **Display** otrzymujemy mapę wektorową prędkości w przewodzie.



Przebieg wektorów prędkości (pokolorowanych modułem prędkości) w okolicy kryzy (Skale = 3, Skip = 2)

### 3. Wyświetlanie linii prądu:

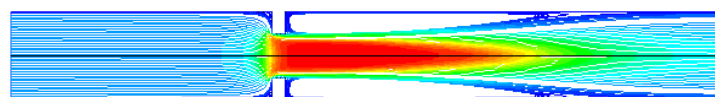
W polu **Graphics** zaznaczamy opcję **Pathlines** i przechodzimy do szczegółowych ustawień (**Set Up...**). W polu **Options** pozostawiamy włączone opcje **Node Values**, **Auto Range** oraz **Relative Pathlines**. W polu **Style** wybieramy z menu opcję **line**. W polu **Color by** wybieramy w górnym oknie opcję **Velocity** a w oknie dolnym **Velocity Magnitude**. Na koniec w polu **Release from Surfaces** zaznaczamy **wlot**. Po naciśnięciu klawisza **Display** otrzymujemy obraz linii prądu w przewodzie.



Obraz linii prądu wychodzących z wlotu do rury

W celu zobrazowania wiru, który powstał na uskoku za kryzą, można wykorzystać jeden z dwóch sposobów:

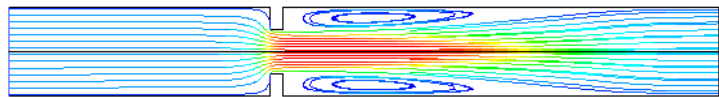
- zaznaczyć brzeg o nazwie "ściana\_rury". Po ponownym naciśnięciu klawisza **Display** otrzymujemy poprawiony obraz linii prądu w przewodzie, który jednak nadal jest niezadowolający.



Obraz linii prądu wychodzących z wlotu do rury przy zaznaczonej ścianie przewodu

- utworzyć dodatkową krawędź, będącą początkiem linii prądu. W tym celu naciskamy klawisz **New Surface** i wybieramy z listy opcję **Iso-Surface**. Po otwarciu się okna dia-

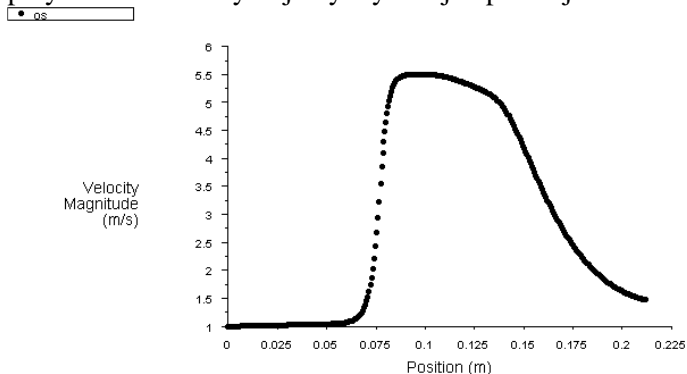
logowego **Iso-Surface** w zakładce **Surface of Constant** wybieramy **Mesh** w górnym polu i **X-Coordinate** w polu dolnym. W okienku **Iso-Values (m)** wpisujemy wartość 0.12 jako położenie nowej płaszczyzny. W oknie **New Surface Name** wpisujemy nazwę np.  $x=0.12\text{-m}$  i naciskamy przycisk **Create**. Sprawdzamy, czy w oknie **From Surfaces** pojawiła się nowa nazwa i zamykamy okno (**Close**). Teraz w polu **Release from Surfaces** zaznaczamy **wlot** oraz  $x=0.12\text{-m}$ . Po naciśnięciu klawisza **Display** otrzymujemy pełny obraz linii prądu w przewodzie.



Obraz linii prądu wychodzących z wlotu do rury oraz powierzchni  $x=0.12\text{ m}$

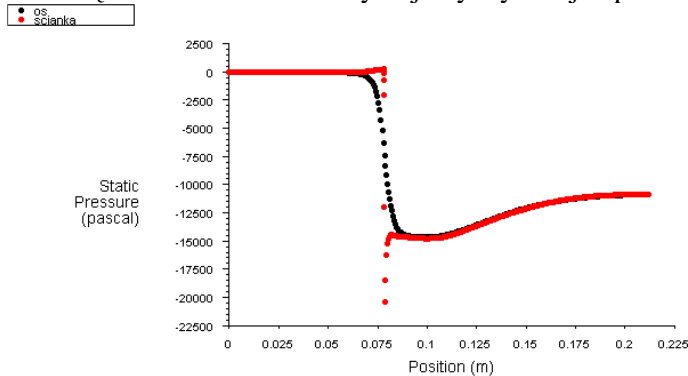
#### 4. Rozkład prędkości w osi przewodu

W polu **Plots** zaznaczamy opcję **XY Plots** i przechodzimy do szczegółowych ustawień (**Set Up...**). W polu **Options** pozostawiamy zaznaczone opcje **Node Values** i **Position on X Axis**. W ramce **Plot Direction** ustawiamy wartości na  $X=1$  oraz  $Y=0$ . W ramce **Y Axis Function** wybieramy z menu opcję **Velocity** w górnym polu oraz **Velocity Magnitude** w polu dolnym. W polu **Surfaces** zaznaczamy **os**. Po naciśnięciu przycisku **Plot** otrzymujemy wykres jak poniżej.



#### 5. Rozkład ciśnień w osi i na ściance przewodu

W celu otrzymania rozkładów ciśnień w osi oraz na ściance postępujemy podobnie jak w przypadku prędkości. W ramce **Y Axis Function** wybieramy z menu opcję **Pressure** w górnym polu (w polu dolnym pojawi się automatycznie **Static Pressure**). W polu **Surfaces** zaznaczamy **os** oraz **ścianka**. Po naciśnięciu klawisza **Plot** otrzymujemy wykres jak poniżej.

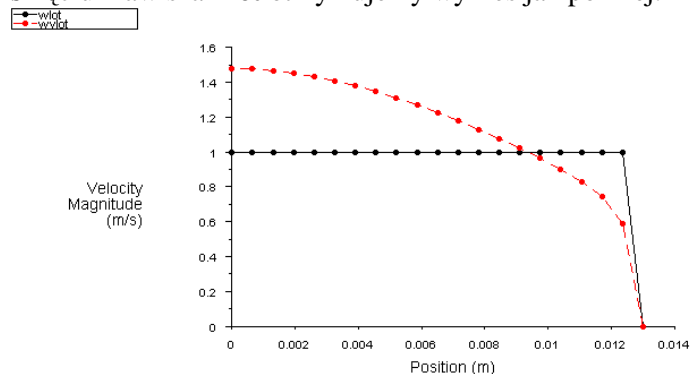


Rozkład ciśnień w osi i na ściance przewodu

#### 6. Profile prędkości w przekroju wlotowym i wylotowym (zakładka Plots)

W polu **Plots** zaznaczamy opcję **XY Plots** i przechodzimy do szczegółowych ustawień (**Set Up...**). W polu **Options** pozostawiamy zaznaczone opcje **Node Values** i **Position on X**

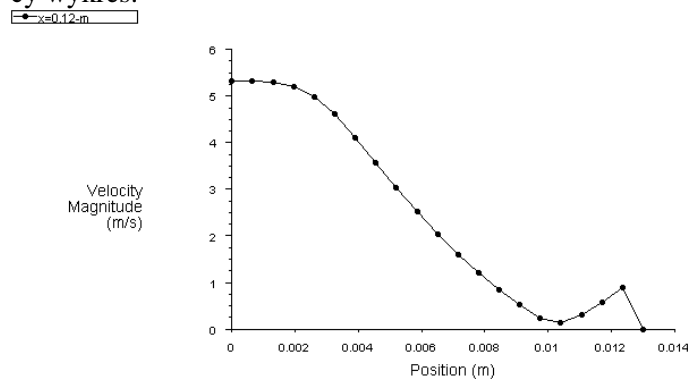
**Axis**. W ramce **Plot Direction** wpisujemy wartości  $X=0$  oraz  $Y=1$ . W ramce **Y Axis Function** wybieramy z menu opcję **Velocity** w górnym polu oraz **Velocity Magnitude** w polu dolnym. W polu **Surfaces** zaznaczamy **wlot** i **wylot**. Po naciśnięciu klawisza **Plot** otrzymujemy wykres jak poniżej.



Rozkłady prędkości w przekroju wlotowym i wylotowym przewodu

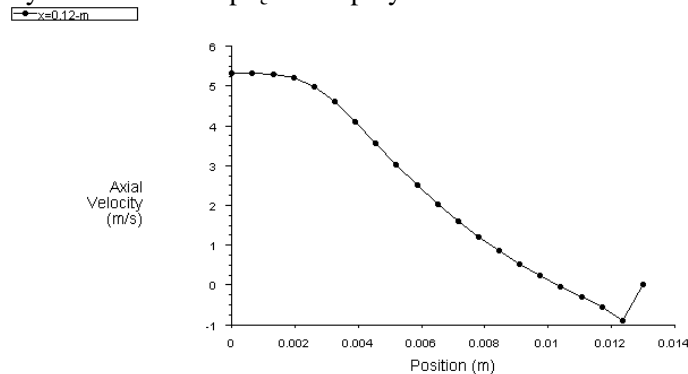
#### 7. Profil prędkości w obszarze wiru

Dla popkazania rozkładu prędkości w obszarze wiru wykorzystamy utworzoną wcześniej **Iso-Surface** dla  $x=0.120\text{ m}$ . W celu wykreślenia profilu prędkości postępujemy analogicznie jak w przypadku rozkładów prędkości w przekroju wlotu i wyloty. Po naciśnięciu klawisza **Plot** otrzymujemy następujący wykres.



Rozkład prędkości (Magnitude) dla  $x=0.120\text{ m}$

Z analizy tego wykresu wynika, że w całym przekroju przewodu prędkości przepływu są dodatnie, podczas gdy z obrazu linii prądu wyraźnie wynika, że w pobliżu ścianki mamy do czynienia z przepływem powrotnym. Aby to uwidocznić w ramce **Y Axis Function** w polu dolnym zamiast opcji **Velocity Magnitude** wybieramy opcję **Axial Velocity**. Po naciśnięciu klawisza **Plot** otrzymujemy prawidłowy wykres z ujemnymi wartościami prędkości przy ściance.



Rozkład prędkości (składowa w kier. x) dla  $x=0.120\text{ m}$

#### 8. Wyznaczenie strumienia masy przepływającego przez rurę (zakładka Reports):

W polu **Reports** podświetlamy opcję **Fluxes** i przechodzimy do szczegółowych ustawień (**Set Up...**). W polu **Options** zaznaczamy **Mass Flow Rate** a w ramce **Boundaries** zaznaczamy **wlot** i **wylot**. Po naciśnięciu klawisza **Compute** w polu **Results** odczytujemy strumień masy wpływającego przez **wlot (0.52997351 kg/s)** oraz strumień masy wypływający z rury (**-0.52997351 kg/s**). W polu **Net Results** odczytujemy wartość, która jest miarą dokładności dokonanych obliczeń.

#### **Zakończenie pracy z Fluentem:**

Należy zapisać model obliczeniowy wraz z wynikami pod wybraną nazwą a następnie zamknąć **Fluenta**. Jeśli wyniki nie zostały zapisane, Fluent przypomni o tym komunikatem (**Warning: OK. to quit?**).