



Politechnika Wrocławska

Wydział Mechaniczno-Energetyczny
Studia stacjonarne

Wybrane zagadnienia procesów ciepłno-przepływowych

Ćwiczenie nr 5

**Modelowanie przepływu zawierającego cząstki
ciała stałego**

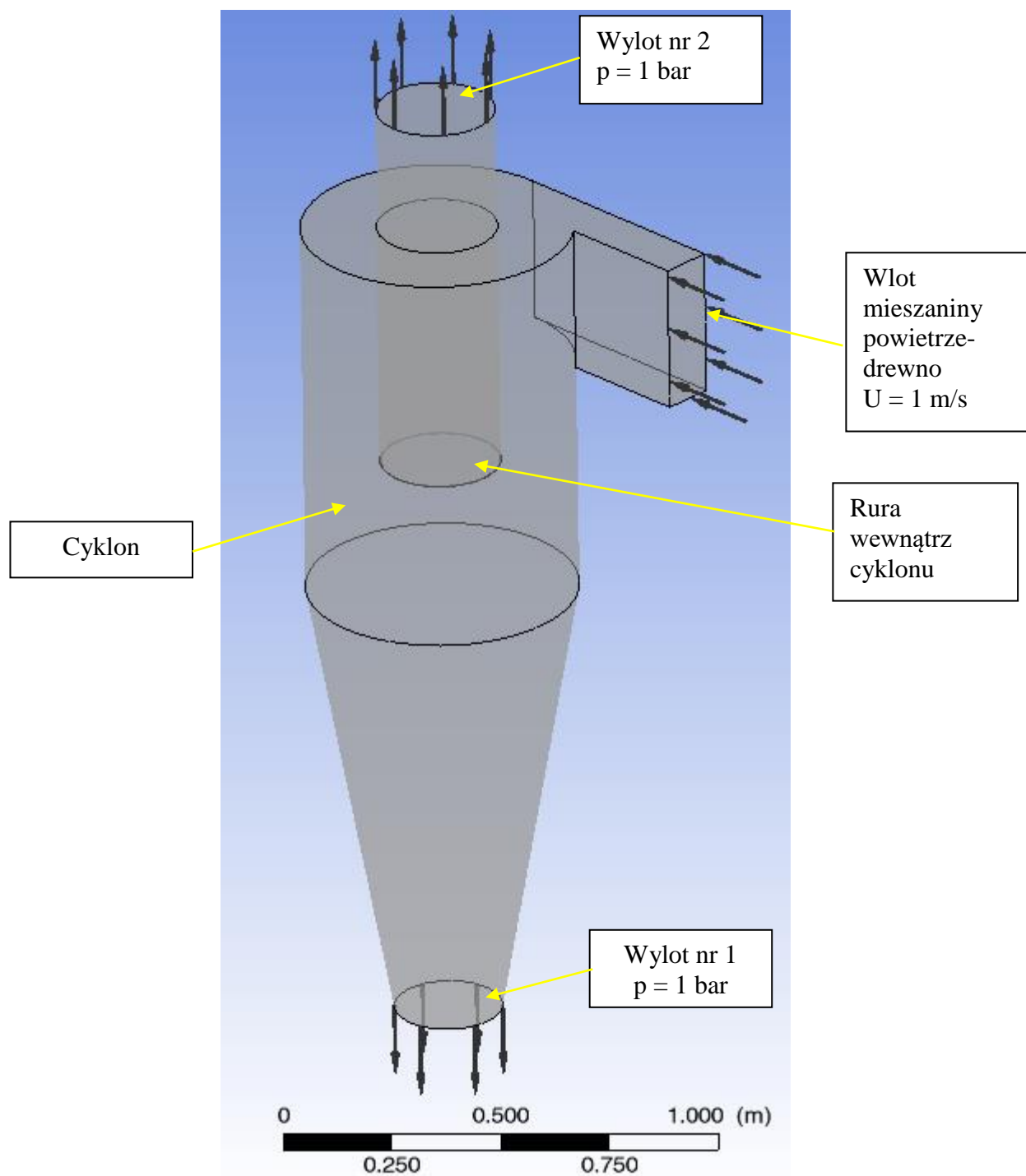
Wrocław 2020

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	2
2. Przepływ przez cyklon.....	3
2.1. Przygotowanie geometrii	3
2.2. Przygotowania siatki numerycznej	20
2.3. Przygotowanie modelu numerycznego	27
2.4. Obliczenia	46
2.5. Opracowanie wyników	49
3. Wyniki jakie należy umieścić w raporcie	57
4. Zadania nieobowiązkowe	58
5. Literatura	58

1. WPROWADZENIE

W ćwiczeniu zostanie zaprezentowany sposób modelowania przepływu płynu zawierającego cząstki stałe. Zagadnienie zostanie zaprezentowane na przykładzie prostego cyklonu. Do prostokątnego otworu cyklonu wpływa mieszanina powietrza oraz cząstek drewna z prędkością 1 m/s. Cząstki drewna są opisane rozkładem normalnym o średniej średnicy cząstki 0,5 mm. Mieszanina cząstek i powietrza wpływa stycznie do części cylindrycznej cyklonu. Dzięki sile odśrodkowej cząstki pyłu przemieszczają się w pobliżu ścianek ruchem spiralnym i wypływają u dołu cyklonu otworem 1. Powietrze oczyszczone z cząstek wypływa górnym otworem 2. Przepływ mieszaniny jest bez wymiany ciepła z otoczeniem. Schemat analizowanego przypadku przedstawiony jest na rys. 1.



Rys. 1. Schemat zagadnienia przepływu powietrza zawierającego cząstki drewna w cyklonie

2. PRZEPŁYW PRZEZ CYKLON

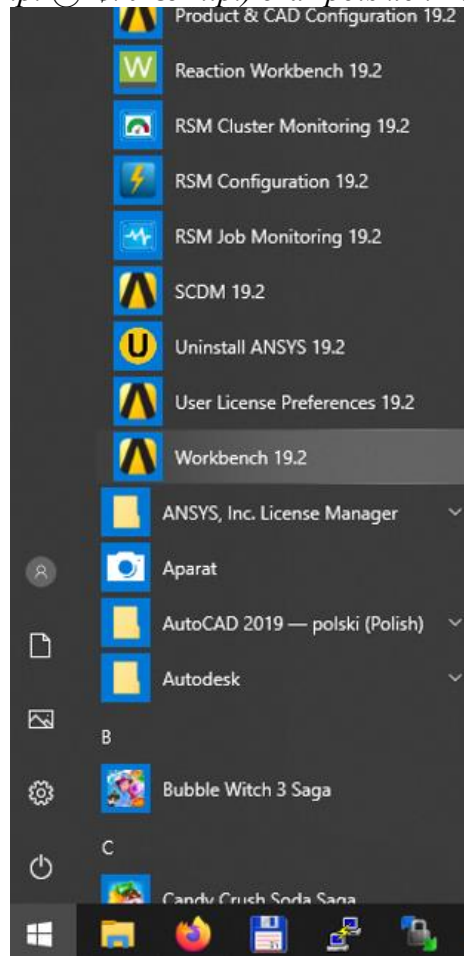
2.1. PRZYGOTOWANIE GEOMETRII

Wykonaj następujące zadania:

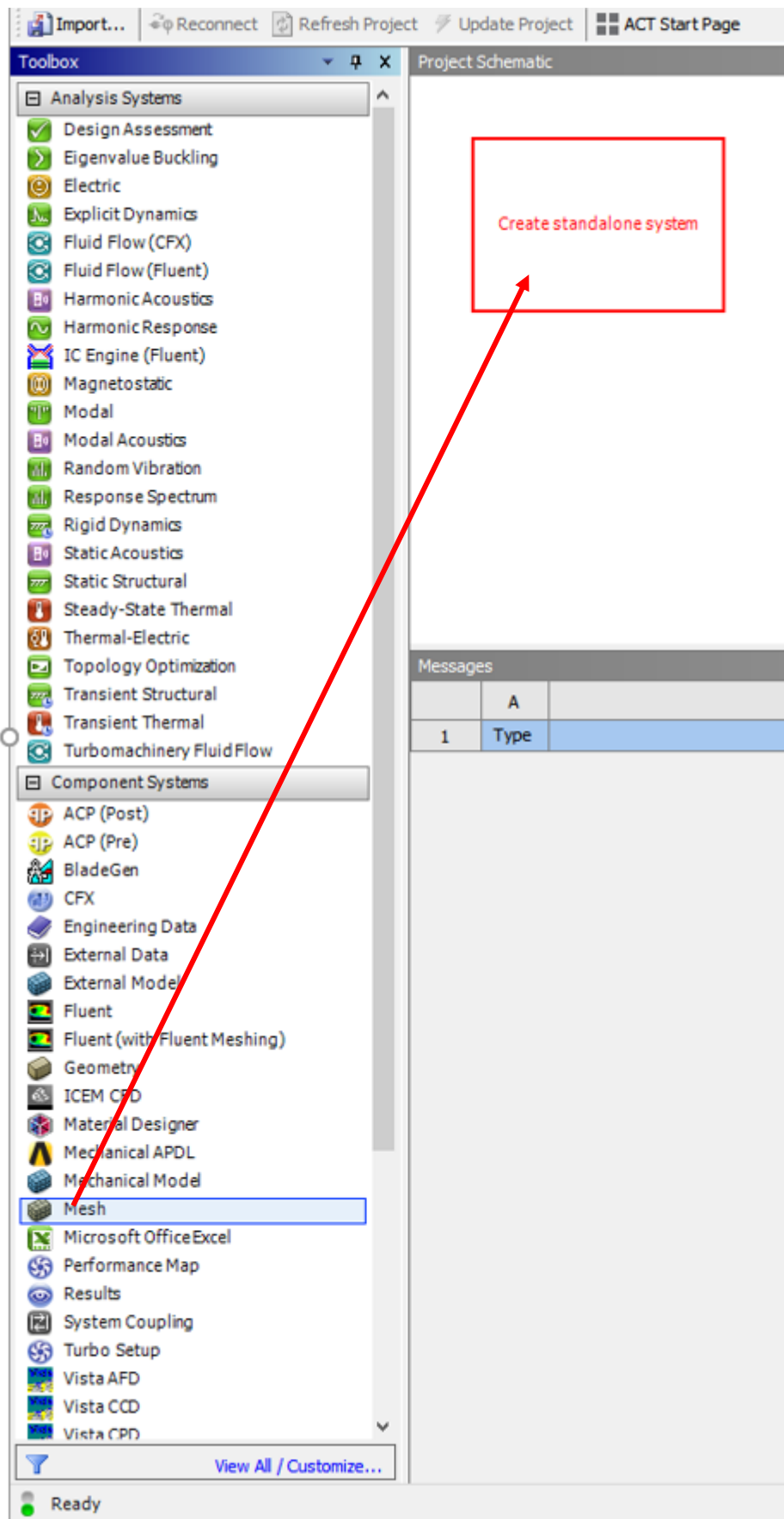
- 1) Otwórz program Ansys Workbench i zapisz projekt o nazwie Cw5 w katalogu o nazwie Cw4 (*File->Save As*).

ZASADA PRAKTYCZNA NR 1: Dla każdego projektu tworzymy osobny katalog

ZASADA PRAKTYCZNA NR 2: W nazwach katalogów nie stosujemy: spacji, znaków specjalnych (np. @#\$%^&* itp.) oraz polskich znaków



- 2) Wybierz moduł *Mesh* i otwórz program *Spaceclaim*. W tym celu chwyć lewym przyciskiem myszy (LPM) moduł *Mesh* i przeciągnij go do pola *Project Schematic*. Następnie kliknij dwukrotnie LPM na *Geometry* w celu uruchomienia programu *Spaceclaim*, w którym zostanie utworzona geometria. Zwróć uwagę, że w lewym dolnym rogu ekranu pojawia się napis informujący jaki program jest uruchamiany.



Import...ReconnectRefresh ProjectUpdate ProjectACT Start P

Toolbox

Analysis Systems

Design Assessment

Eigenvalue Buckling

Electric

Explicit Dynamics

Fluid Flow (CFX)

Fluid Flow (Fluent)

Harmonic Acoustics

Harmonic Response

IC Engine (Fluent)

Magnetostatic

Modal

Modal Acoustics

Random Vibration

Response Spectrum

Rigid Dynamics

Static Acoustics

Static Structural

Steady-State Thermal

Thermal-Electric

Topology Optimization

Transient Structural

Transient Thermal

Turbomachinery Fluid Flow

Component Systems

ACP (Post)

ACP (Pre)

BladeGen

CFX

Engineering Data

External Data

External Model

Fluent

Fluent (with Fluent Meshing)

Geometry

ICEM CFD

Material Designer

Mechanical APDL

Mechanical Model

Mesh

Microsoft Office Excel

Performance Map

Results

System Coupling

Turbo Setup

Vista AFD

Vista CCD

Vista CPD

View All / Customize...

Starting SpaceClaim...

Project Schematic

A

1 Mesh

2 Geometry ?

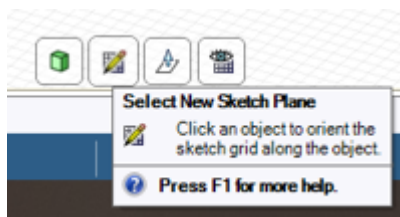
3 Mesh ?

Mesh

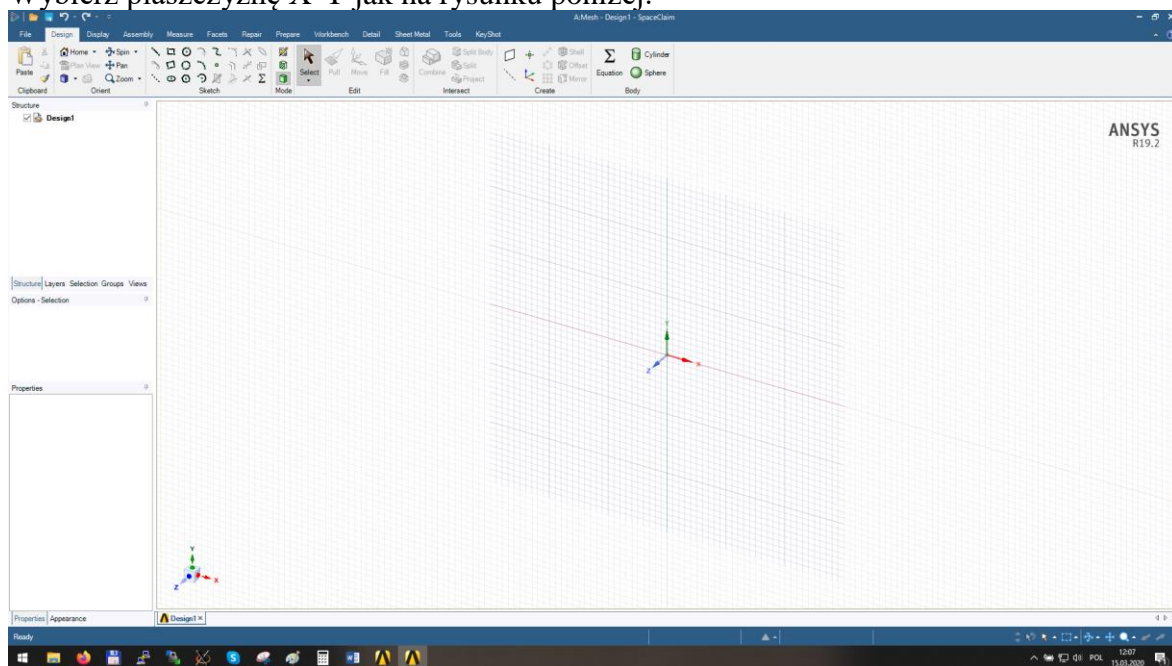
Messages


	A	
1	Type	

- 3) Kliknij LPM ikonę *Select New Sketch*  w celu wybrania płaszczyzny rysowania.




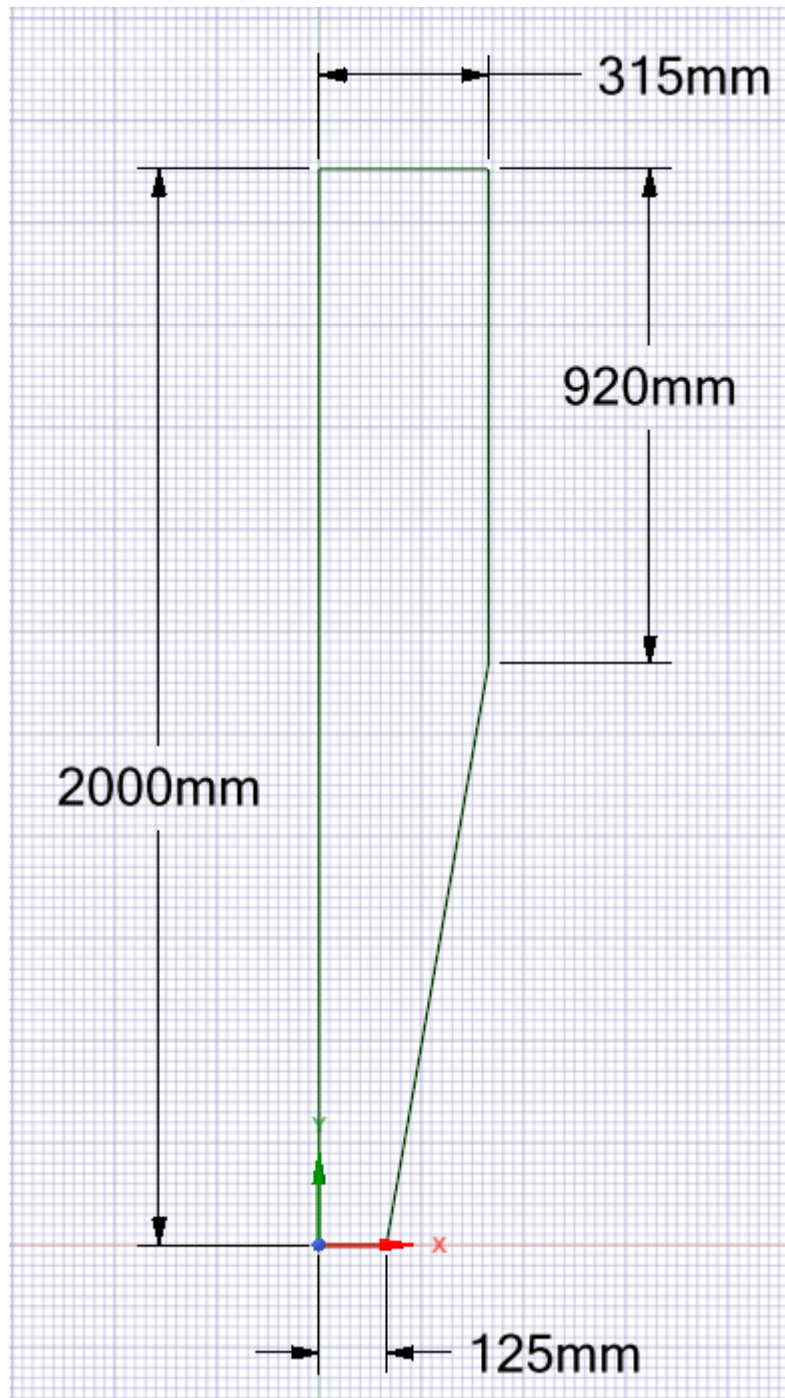
Wybierz płaszczyznę X-Y jak na rysunku poniżej.




- 4) Kliknij ikonę *Plan View*  w celu obrócenia płaszczyzny rysowania równoległe do ekranu (możesz też to zrobić wciskając *Shift + v*).

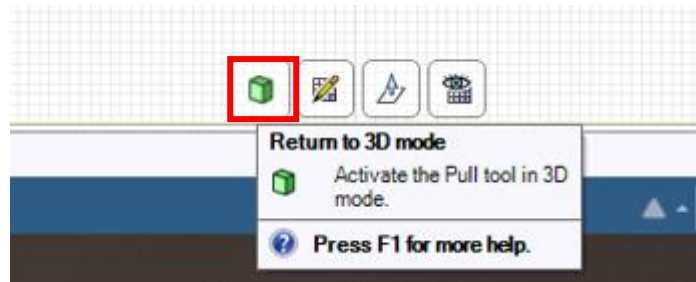


- 5) W panelu u góry ekranu wybierz ikonę rysowania linii  i narysuj profil o wymiarach jak na rysunku poniżej.

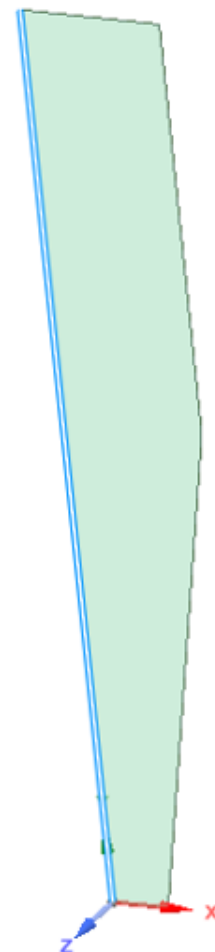
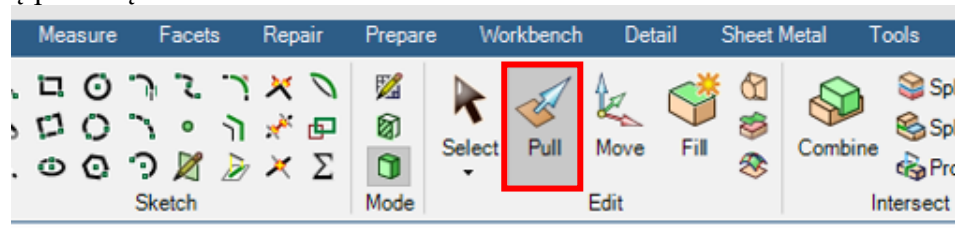


Pamiętaj, że w razie niepowodzenia w każdym momencie możesz kliknąć ikonę cofnięcia  (znajduje się w lewym górnym rogu ekranu) lub *Ctrl* + *z*.

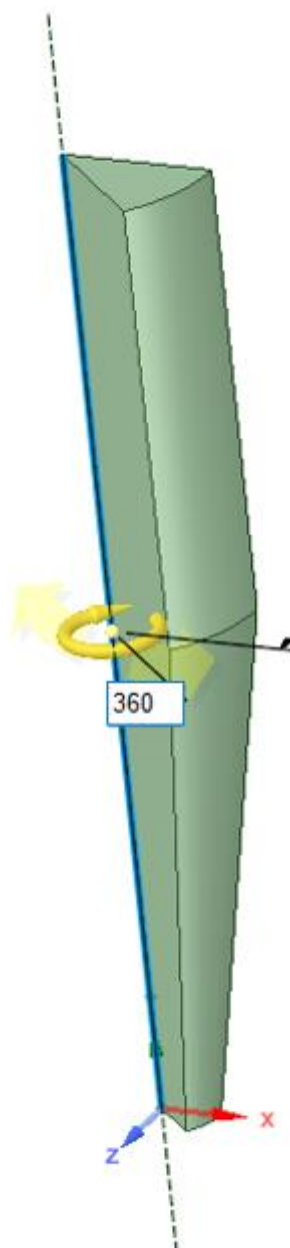
- 6) W celu wyjścia z polecenia rysowania linii naciśnij klawisz *Esc* i LPM kliknij ikonę przejścia do rysowania 3D widoczną u dołu ekranu.



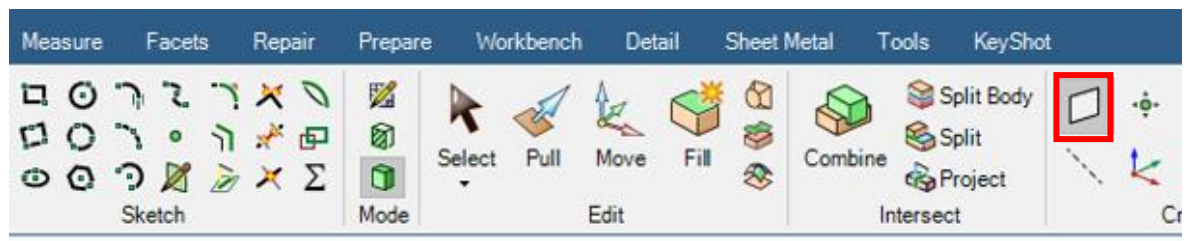
- 7) Wybierz polecenie *Pull* i wybierz opcję obrotu *Revolve* a następnie wskaż długą linię ponową.



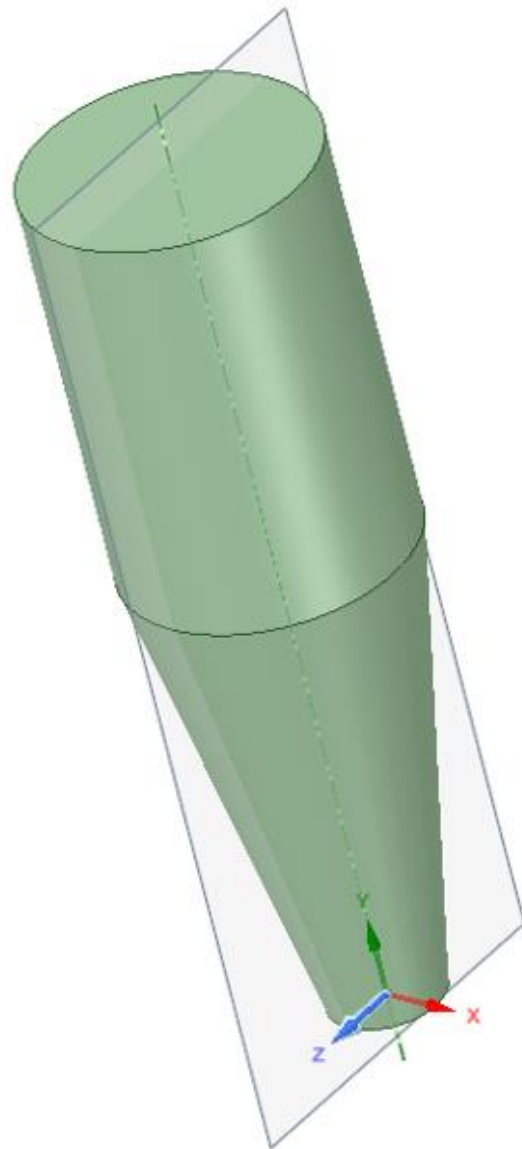
- 8) LPM kliknij w wygiętą żółtą strzałkę i trzymając LPM porusz myszką. Następnie dalej trzymając LPM wpisz wartość 360 i zatwierdź *Enter*.



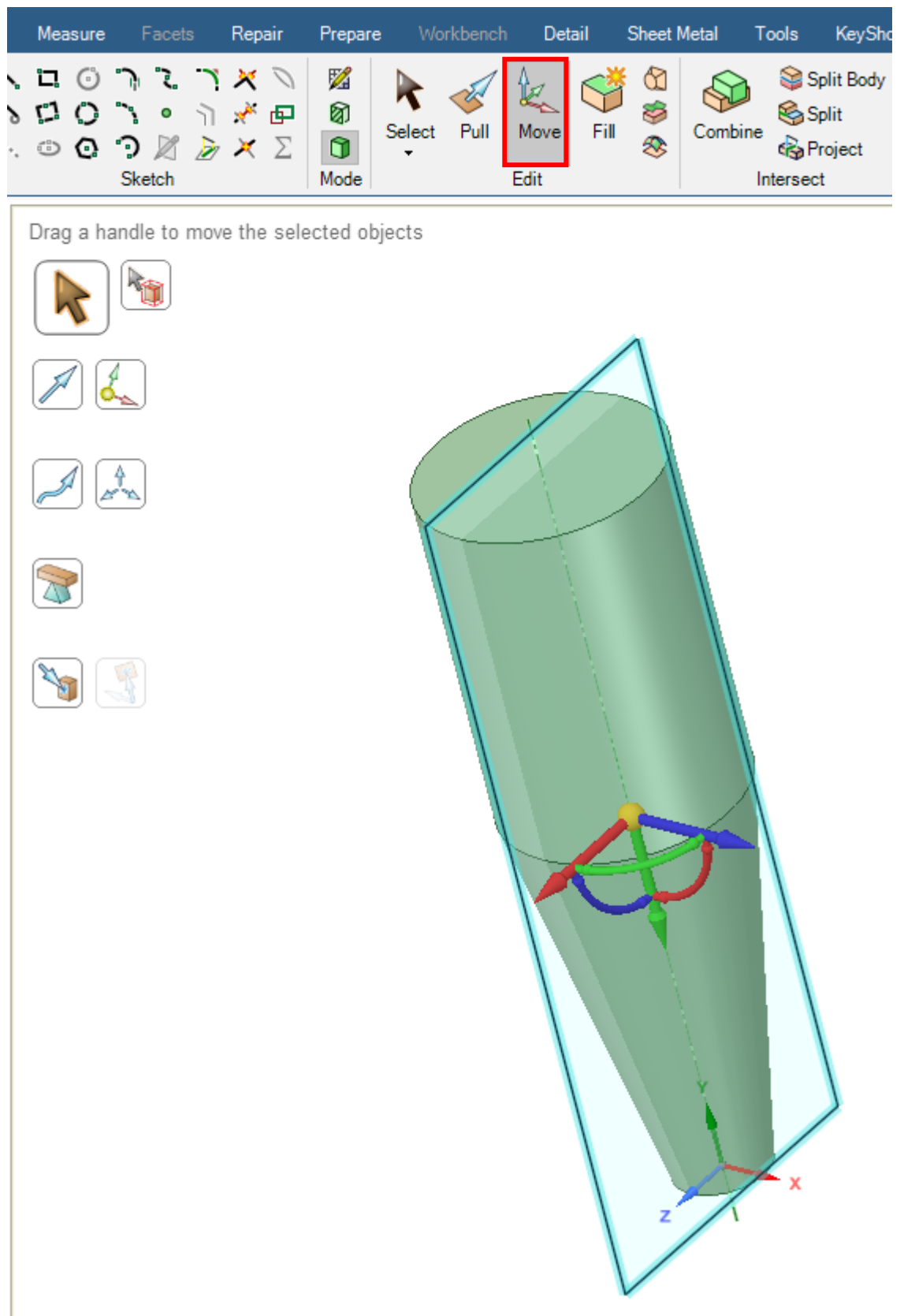
- 9) Wybierz ikonę tworzenia płaszczyzn i LPM wybierz oś Z



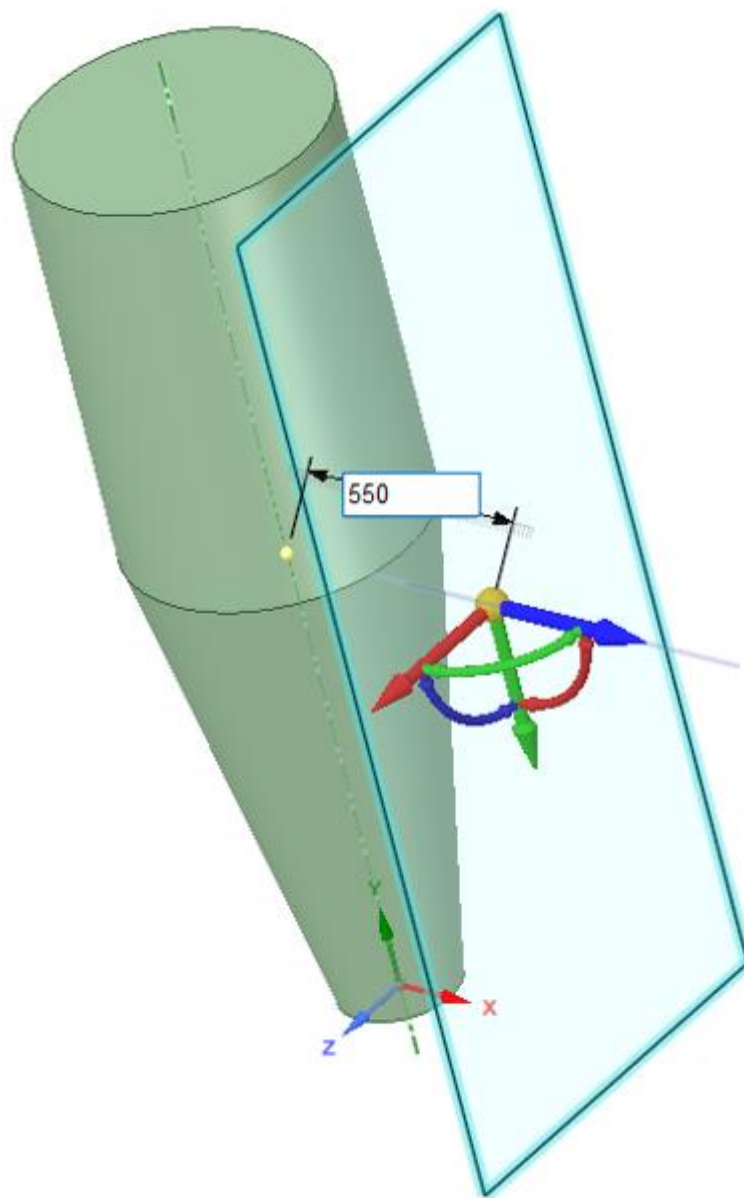
Select a reference to create a plane on it



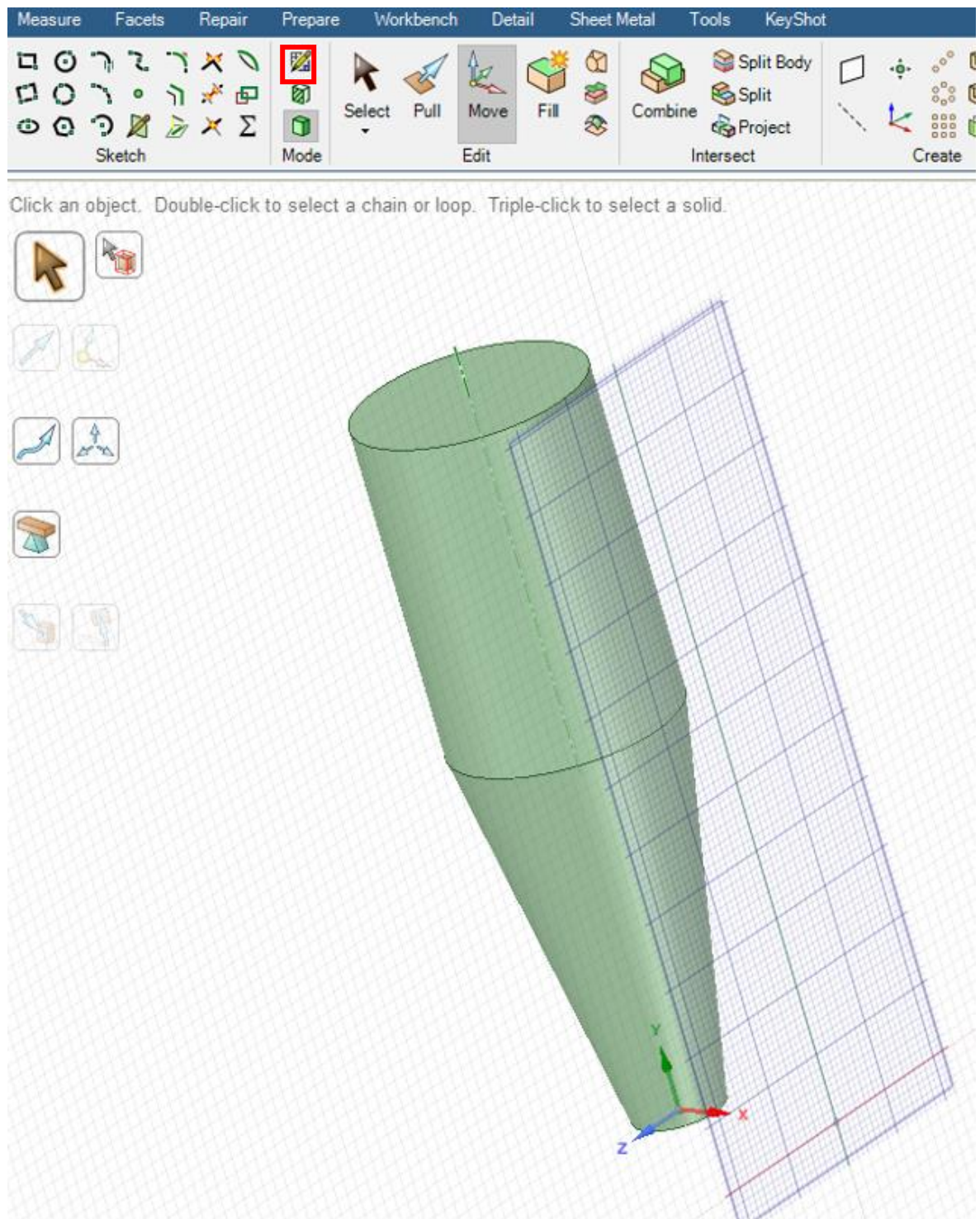
10) Wybierz polecenie *Move* i LPM wybierz utworzoną przed chwilą płaszczyznę





- 11) LPM chwycić niebieską strzałkę i przesunąć układ współrzędnych. W polu edycji wymiaru wpisz 550 mm i zatwierdź *Enter*.



12) Wybierz ikonę rysowania szkicu i LPM wybierz płaszczyznę.



13) Kliknij ikonę *Plan View*  w celu obrócenia płaszczyzny rysowania równoległe do ekranu (możesz też to zrobić wciskając *Shift + v*).

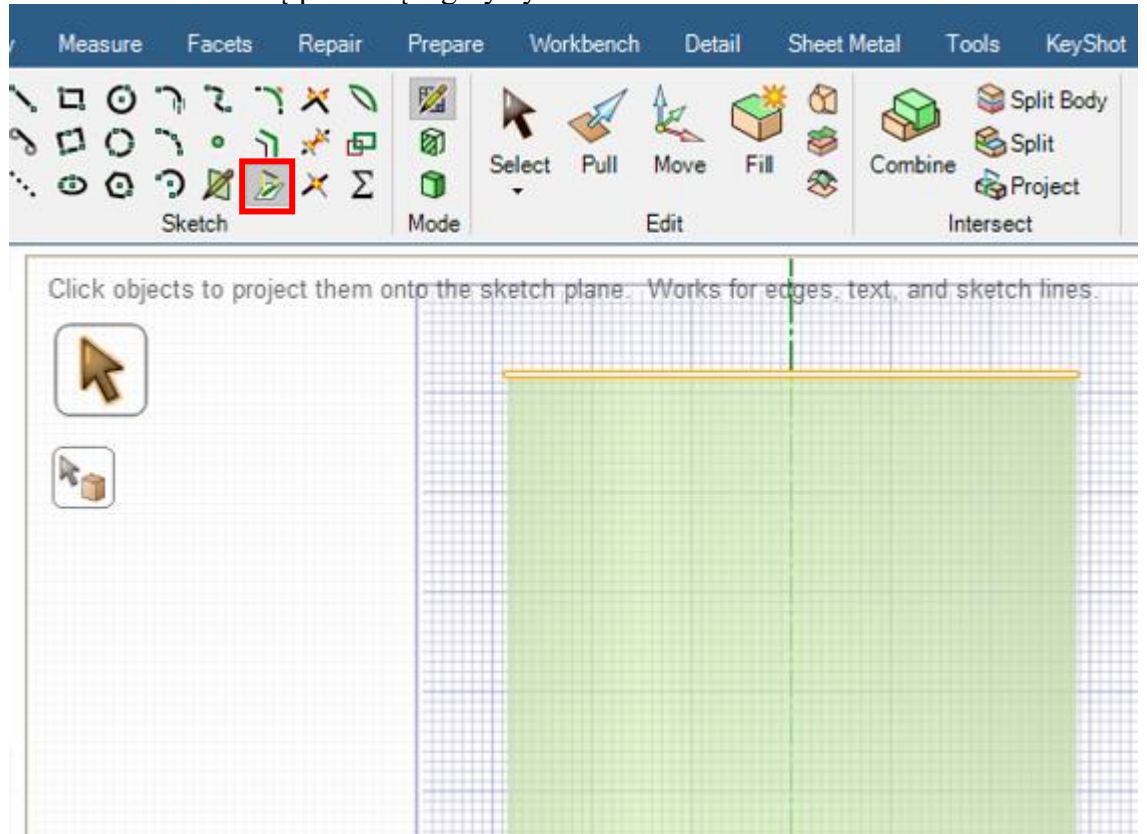
14) Kliknij ikonę *Plan View*  w celu obrócenia płaszczyzny rysowania równoległe do ekranu (możesz też to zrobić wciskając *Shift + v*).



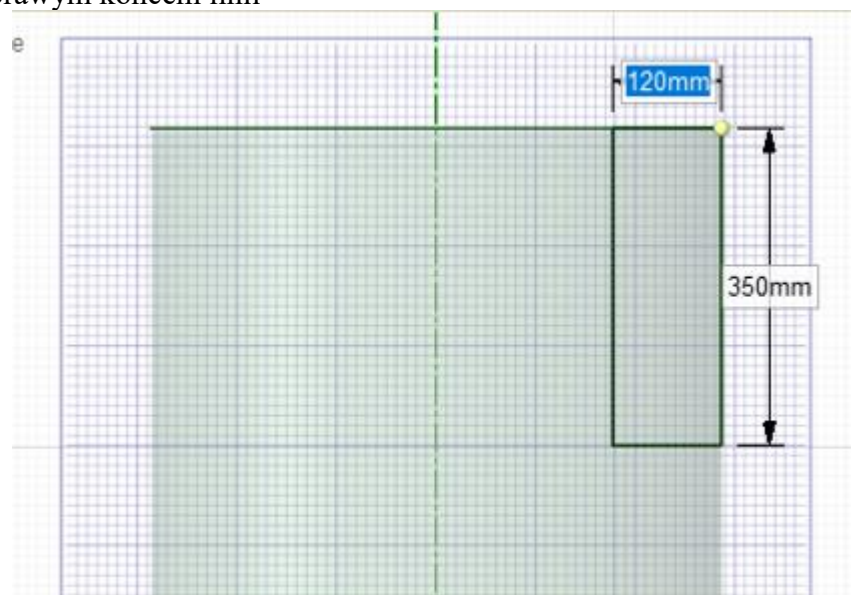
15) W celu uzyskania punktu odniesienia wybierz ikonę rzutowania na szkic



i LPM wskaż linię poziomą u góry cyklonu



16) Narysuj prostokąt o wymiarach 120 x 350 mm, którego wierzchołek pokrywa się z prawym końcem linii

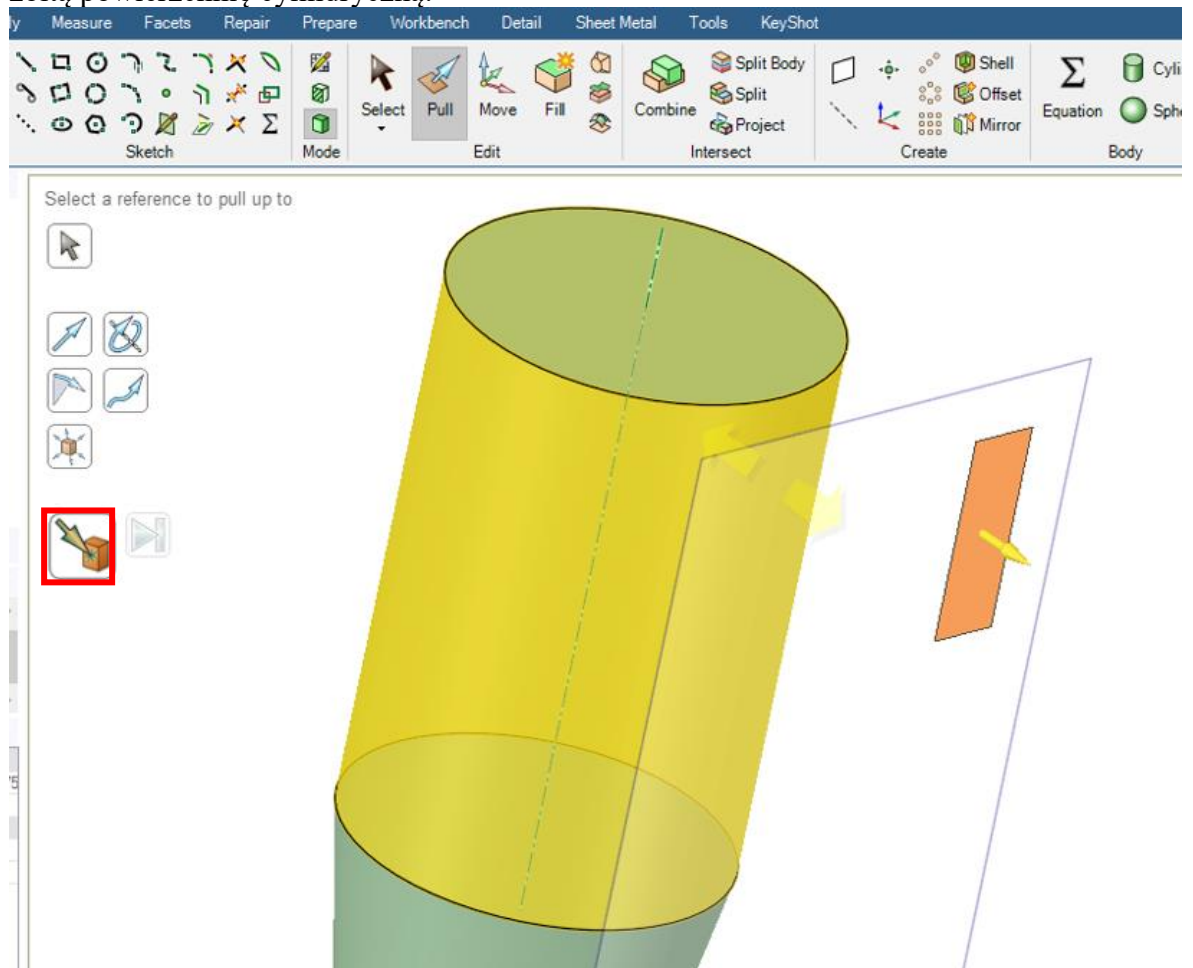


17) Wskaż LPM linię poziomą u góry cyklonu i naciśnij *Delete* w celu jej usunięcia

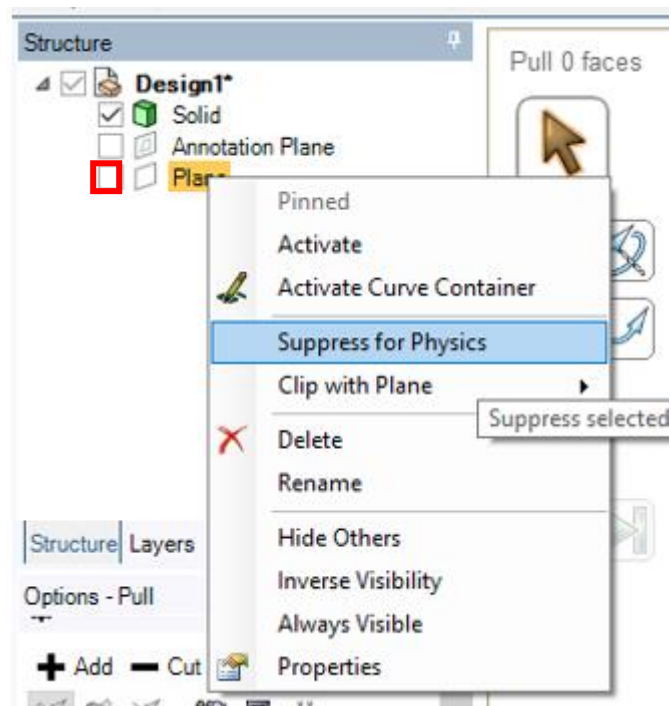
18) Powróć do widoku 3D. Za pomocą polecenia *Pull* wskaż narysowany prostokąt



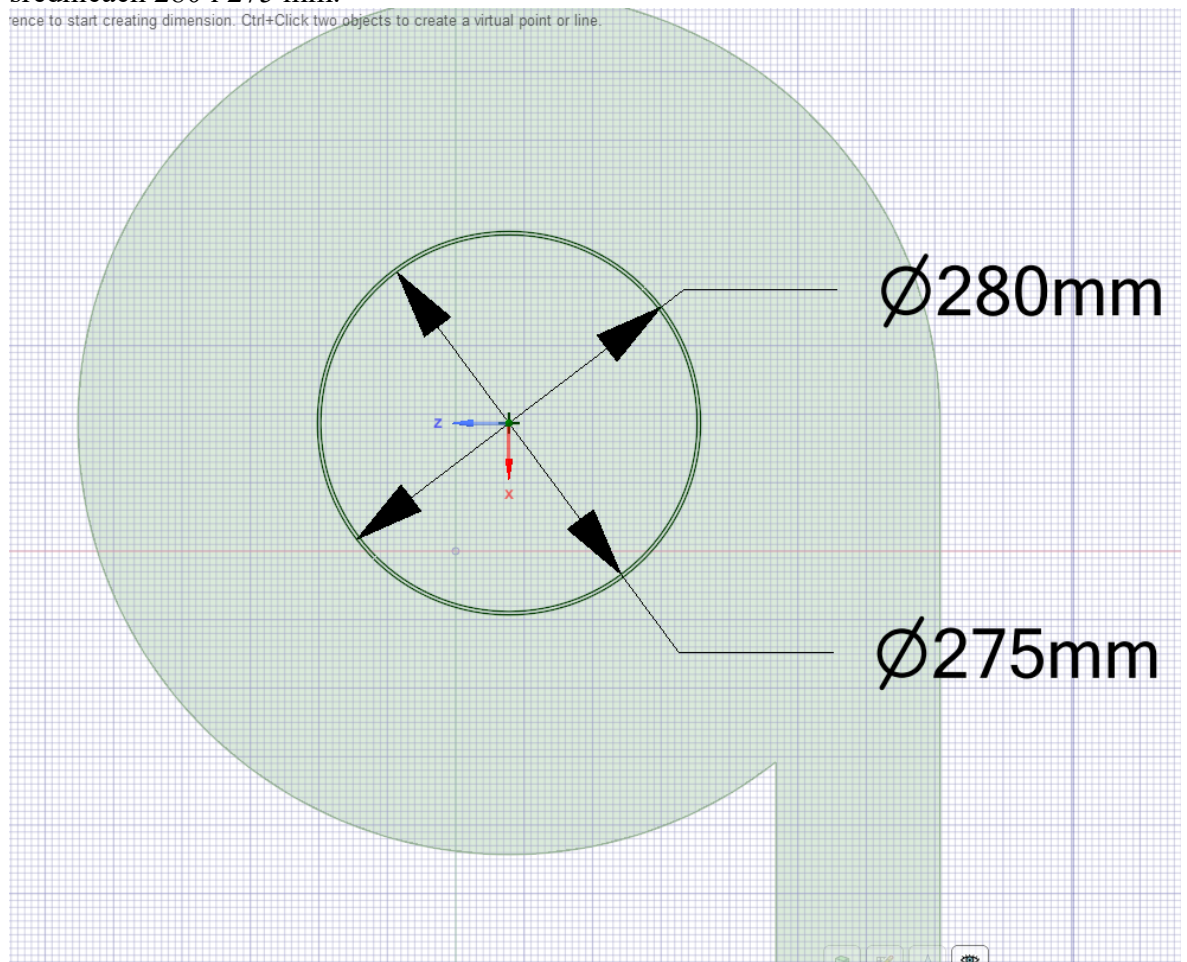
i zaznacz opcję *Up to*. Następnie wskaż zaznaczoną na rysunku poniżej żółtą powierzchnię cylindryczną.



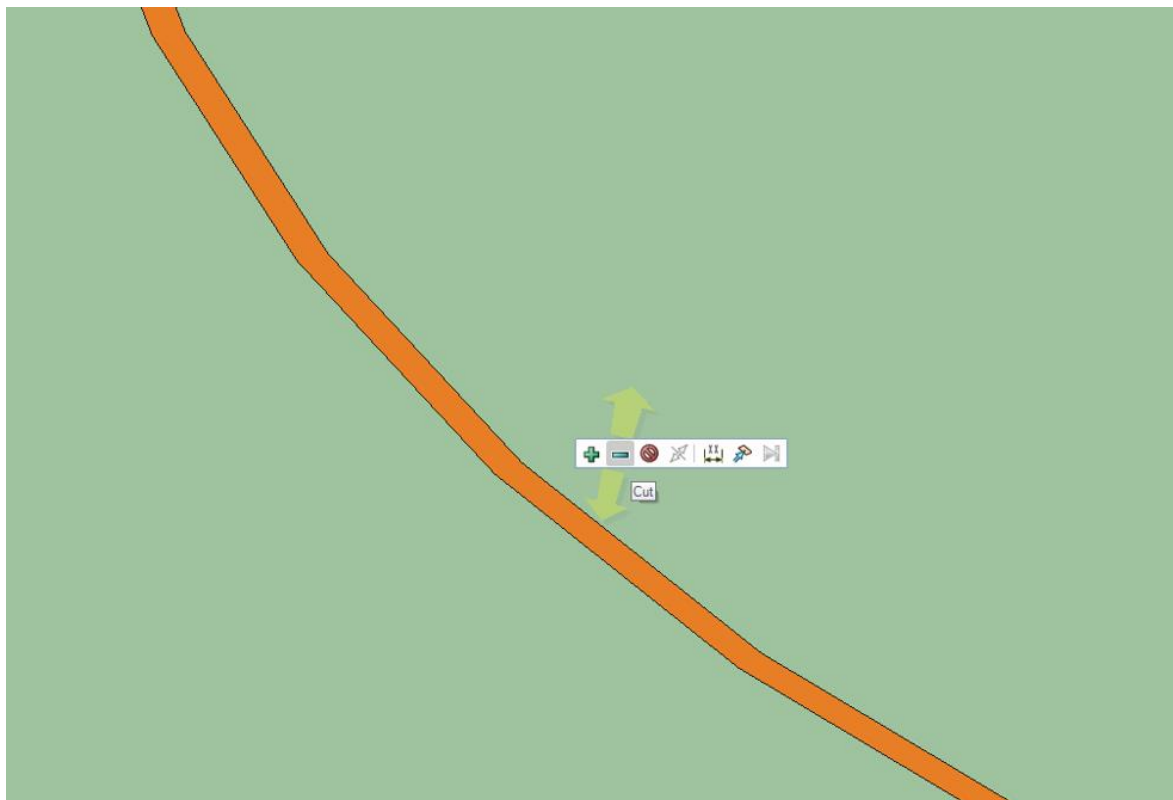
19) Wyłącz widoczność płaszczyzny i prawym przyciskiem myszy (PPM) wybierz opcję *Suppress for Physics*



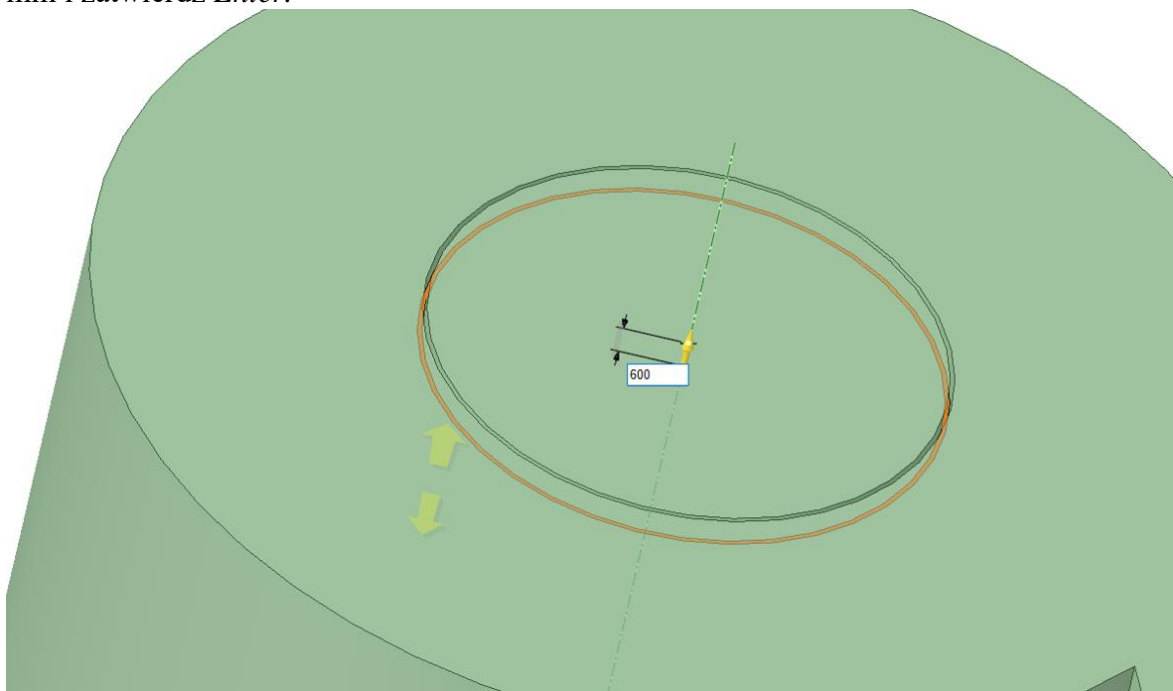
20) Na górnej powierzchni cyklonu narysuj dwa współśrodkowe okręgi o średnicach 280 i 275 mm.



21) Za pomocą polecenia *Pull* wskaż LPM powierzchnię jak na rysunku poniżej i wybierz opcję *Cut* z menu podręcznego



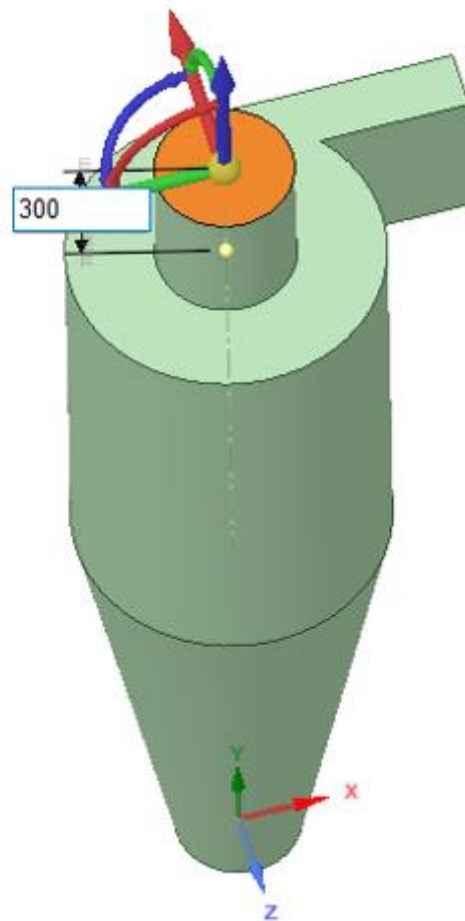
22) Przesuń kursor LPM w głąb materiału i w polu edycji wymiaru wybierz 600 mm i zatwierdź *Enter*.



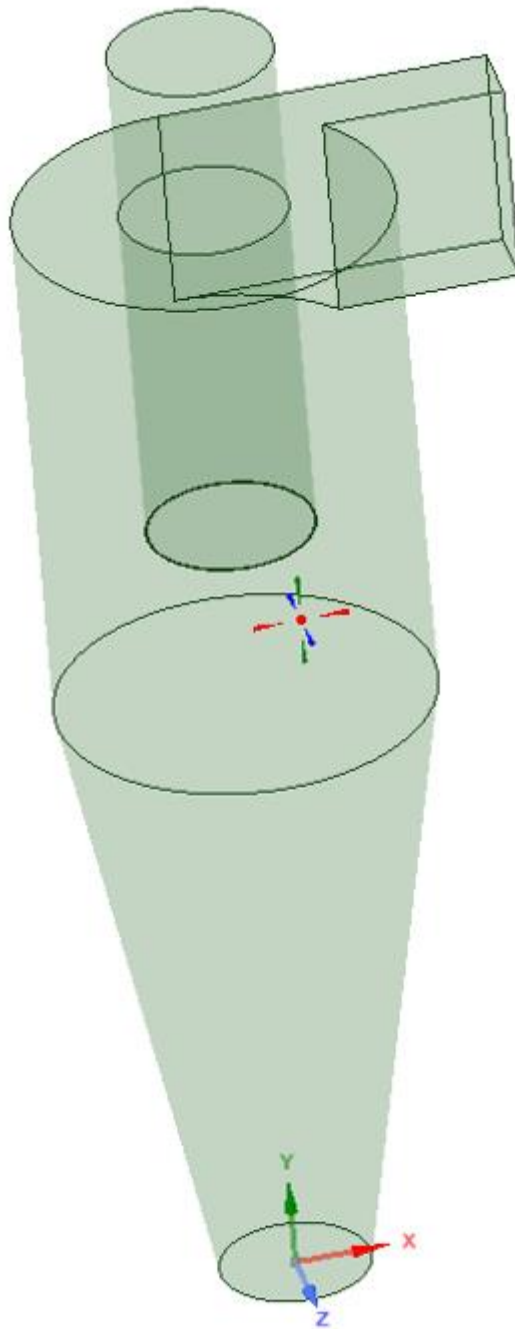
23) Za pomocą polecenia *Move* wskaż okrąg na górnej powierzchni cyklonu i wyciągnij go w górę na 300 mm



ected faces



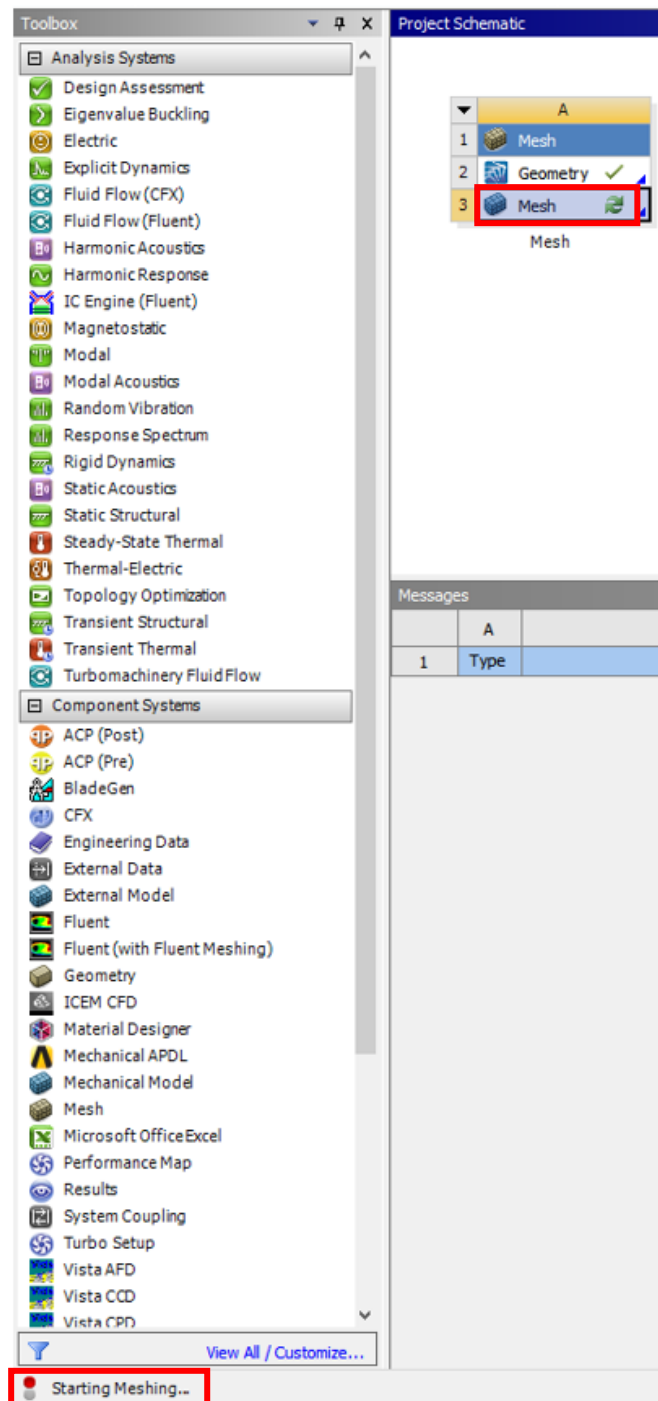
24) Geometria cyklonu jest gotowa



25) Zamknij program *Spaceclaim* i zapisz projekt w *Workbench* za pomocą *Ctrl + s*

2.2. PRZYGOTOWANIA SIATKI NUMERYCZNEJ

- 1) W tym celu otwórz program *Ansys Meshing* przez dwukrotne kliknięcie LPM *Mesh*



- 2) W programie *Ansys Meshing*: 1) kliknij *Mesh*, 2) Zmień pole *Physisc Preference* na *CFD*, 3) Zmień pole *Solver Preference* na *CFX*, 4) Kliknij LPM *Generate Mesh*

A : Mesh - Meshing [ANSYS Academic Research Mechanical and CFD]

File Edit View Units Tools Help | **Generate Mesh** | **4**

Show Vertices Close Vertices 1,e-004 (Auto) Wireframe

Size Location Convert Miscellaneous Tolerances

Reset Explode Factor: Assembly Center

Mesh Update Mesh Mesh Control Mesh Edit Metric G

Outline

Filter: Name

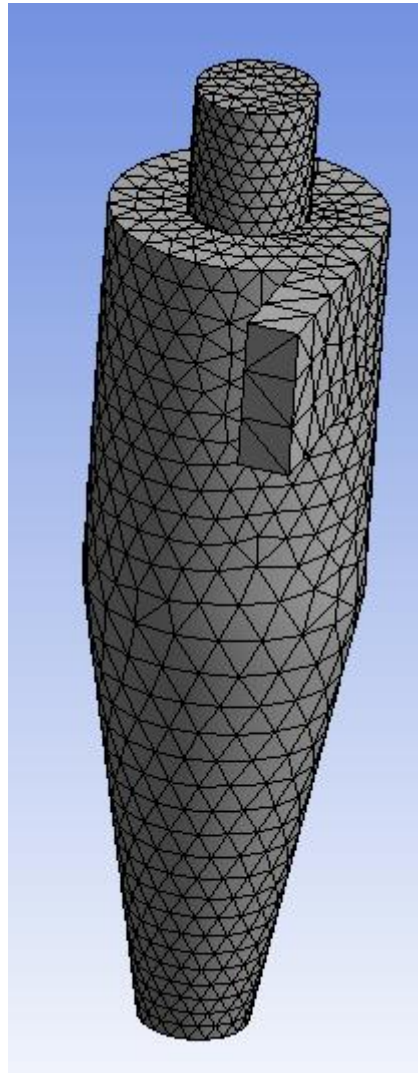
Project

- Model (A3)
 - Geometry
 - Materials
 - Coordinate Systems
 - Mesh** **1**

Details of "Mesh"

Display	
Display Style	Use Geometry Setting
Defaults	
Physics Preference	CFD 2
Solver Preference	CFX 3
Element Order	Linear
Element Size	Default (5,1264e-003 m)
Sizing	
Quality	
Inflation	
Advanced	
Statistics	

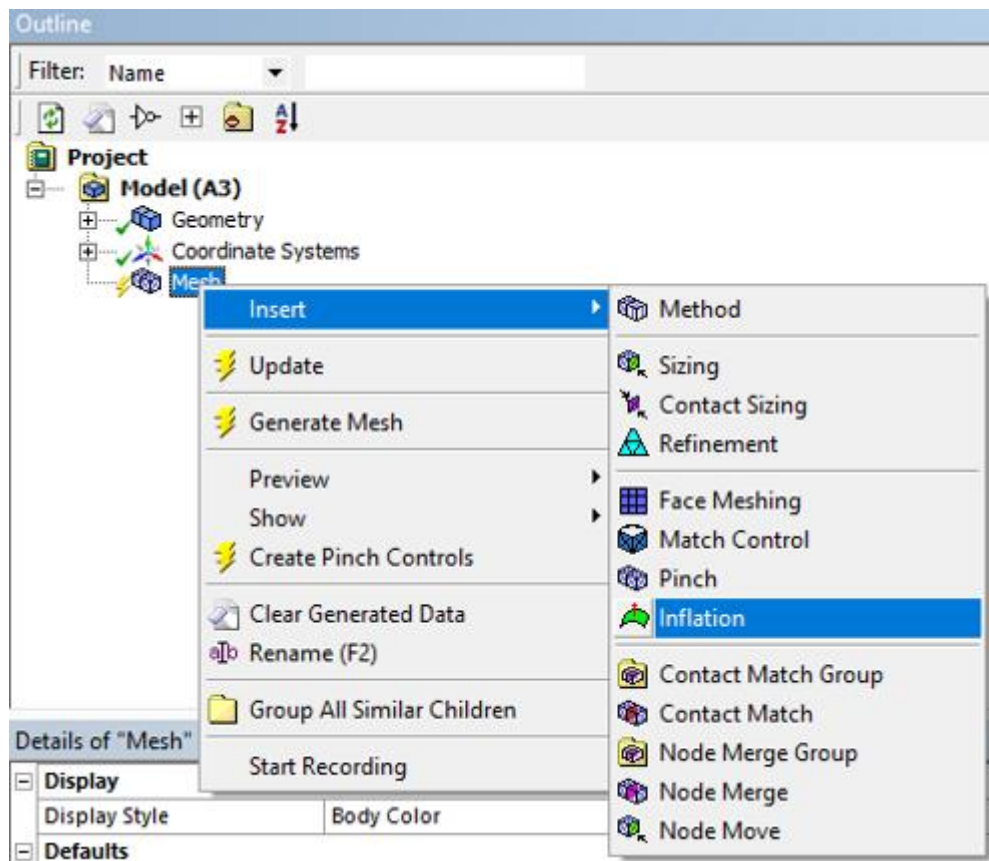
Domyślna siatka nie jest poprawna. Siatkę należy edytować.



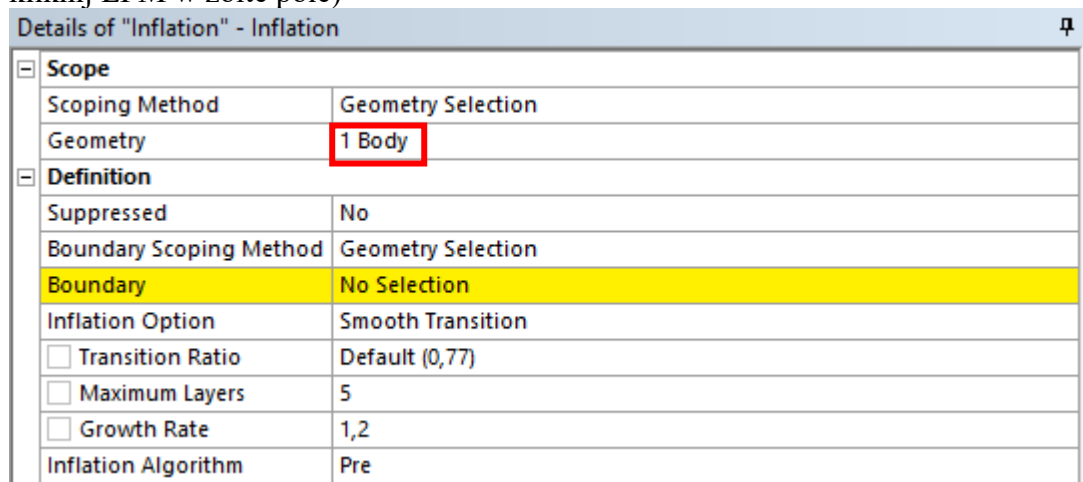
- 3) W polu *Details of „Mesh”* -> *Sizing* zmień wartość *Max Face Size* na 0,03 m

Details of "Mesh"	
[-] Display	
Display Style	Body Color
[-] Defaults	
Physics Preference	CFD
Solver Preference	CFX
Element Order	Linear
[-] Sizing	
Size Function	Curvature
<input checked="" type="checkbox"/> Max Face Size	0,03
Mesh Defeaturing	Yes
<input type="checkbox"/> Defeature Size	Default (1,5e-004 m)
<input type="checkbox"/> Growth Rate	Default (1,20)
<input type="checkbox"/> Min Size	Default (3,e-004 m)
<input type="checkbox"/> Max Tet Size	Default (6,e-002 m)
<input type="checkbox"/> Curvature Normal Angle	Default (18,0 °)
Bounding Box Diagonal	2,26830 m

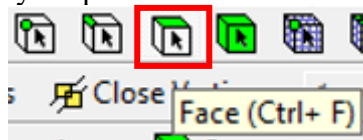
- 4) W *Ansys Meshing* naciśnij prawy przycisk myszy (PPM) na *Mesh* i wybierz *Insert->Inflation*



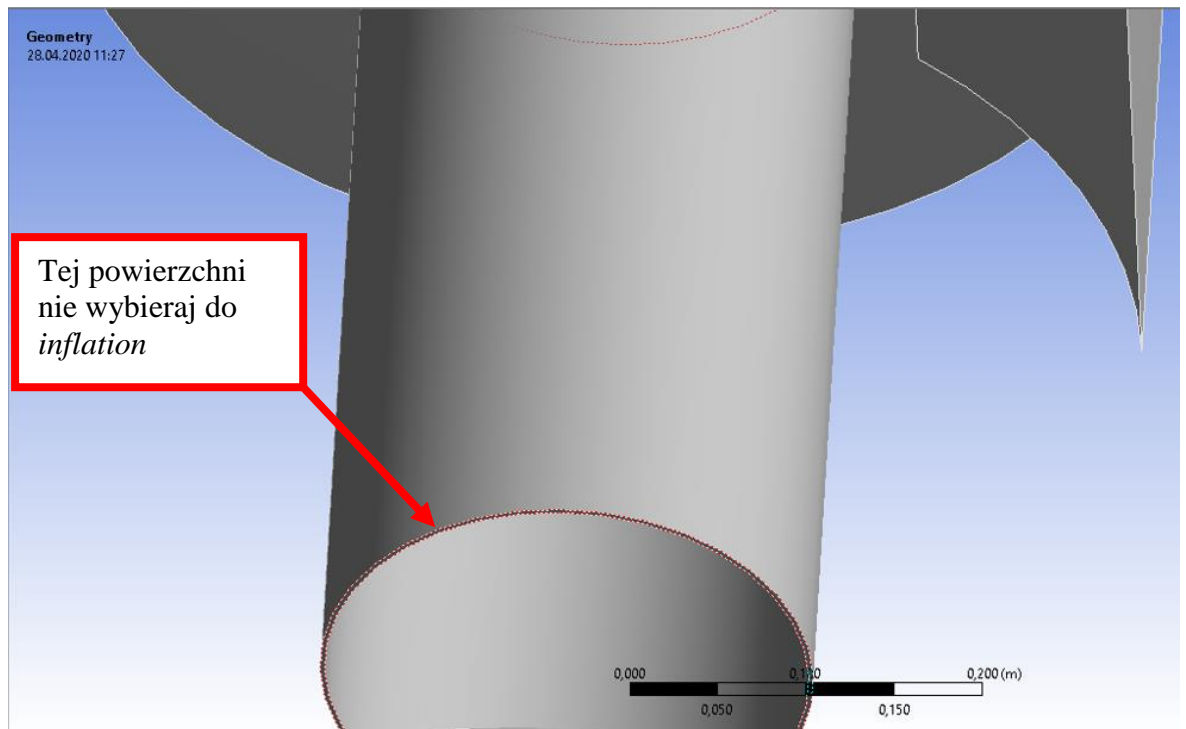
LPM wybierz bryłę i kliknij *Scope* -> *Geometry* -> *Apply* (jeśli nie widać *Apply* kliknij LPM w żółte pole)



5) Następnie zmień filtr na wybór powierzchni



Wskaż wszystkie ściany cyklonu oprócz małej płaskiej wewnętrznej powierzchni wskazanej na poniższym rysunku



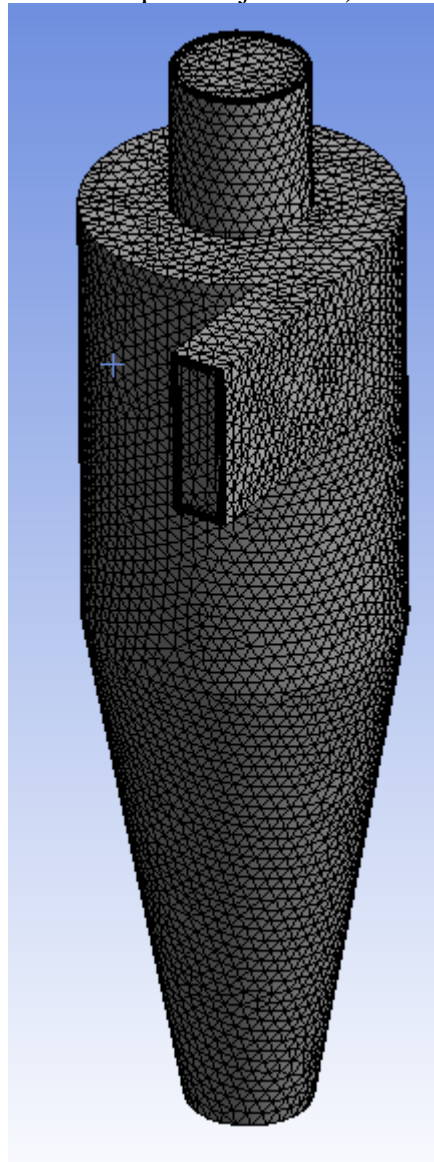
W *Definition* w polu *Boundary* zatwierdź *Apply*

Details of "Inflation" - Inflation	
[-] Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
[-] Definition	
Suppressed	No
Boundary Scoping Method	Geometry Selection
Boundary	Apply Cancel
Inflation Option	Smooth Transition
<input type="checkbox"/> Transition Ratio	Default (0,77)
<input type="checkbox"/> Maximum Layers	5
<input type="checkbox"/> Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre

Zmień *Transition Ratio* na 0,2

Details of "Inflation" - Inflation	
[-] Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
[-] Definition	
Suppressed	No
Boundary Scoping Method	Geometry Selection
Boundary	8 Faces
Inflation Option	Smooth Transition
<input type="checkbox"/> Transition Ratio	0,2
<input type="checkbox"/> Maximum Layers	5
<input type="checkbox"/> Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre

Kliknij *Generate Mesh* i sprawdź wygenerowaną siatkę (jeśli nie widać siatki kliknij LPM na *Mesh* w drzewku po lewej stronie).



6) Ostatni krok to nadanie nazw objętościom i powierzchniom. Za pomocą *Create Named Selection* nadaj następujące nazwy (jeśli nie pamiętasz jak używać *Create Named Selection* sprawdź w poprzednich instrukcjach):

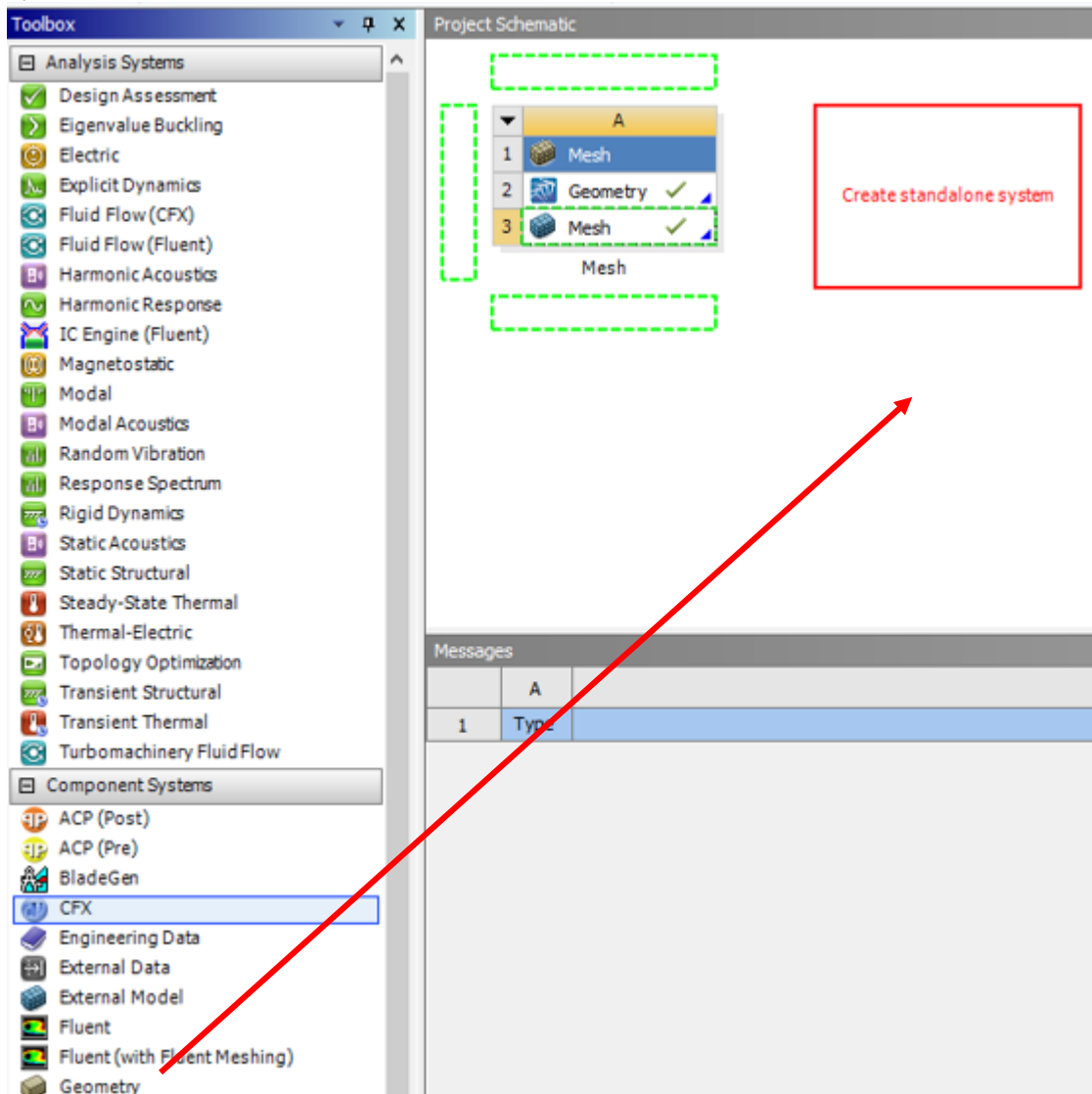
- a. Objętość bryły – *Fluid_domain*
- b. Powierzchnia wlotowa (prostokąt) – *inlet*
- c. Powierzchnia wylotowa cząstek stałych (okrąg u dołu cyklonu) – *outlet1*
- d. Powierzchnia wylotowa czystego powietrza (okrąg u góry cyklonu) – *outlet2*

Powierzchnie ścian nie są tutaj ważne, tzn. będzie na nich nałożony warunek *Wall* typu *no-slip*. Jest to domyślny warunek w *Ansys CFX* dlatego nie jest wymagane nazywanie wszystkich ścian, aby później tam nadać warunek brzegowy „ręcznie”. W przypadku konieczności nadania warunku niedomyślnego (np. strumienia ciepła) dobrze byłoby w *Ansys Meshing* nazwać wszystkie powierzchnie ścian jedną nazwą, np. *walls*.

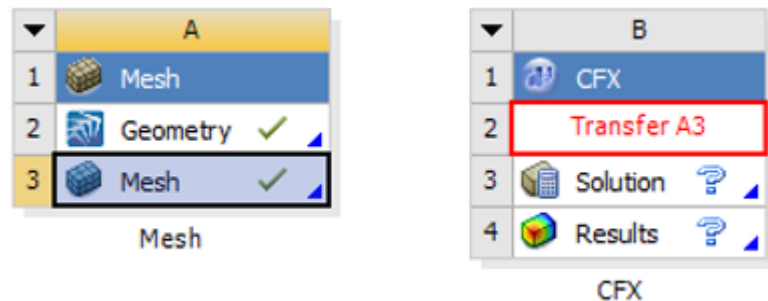
7) Zamknij moduł *Ansys Meshing* i zapisz projekt w *Workbench*.

2.3. PRZYGOTOWANIE MODELU NUMERYCZNEGO

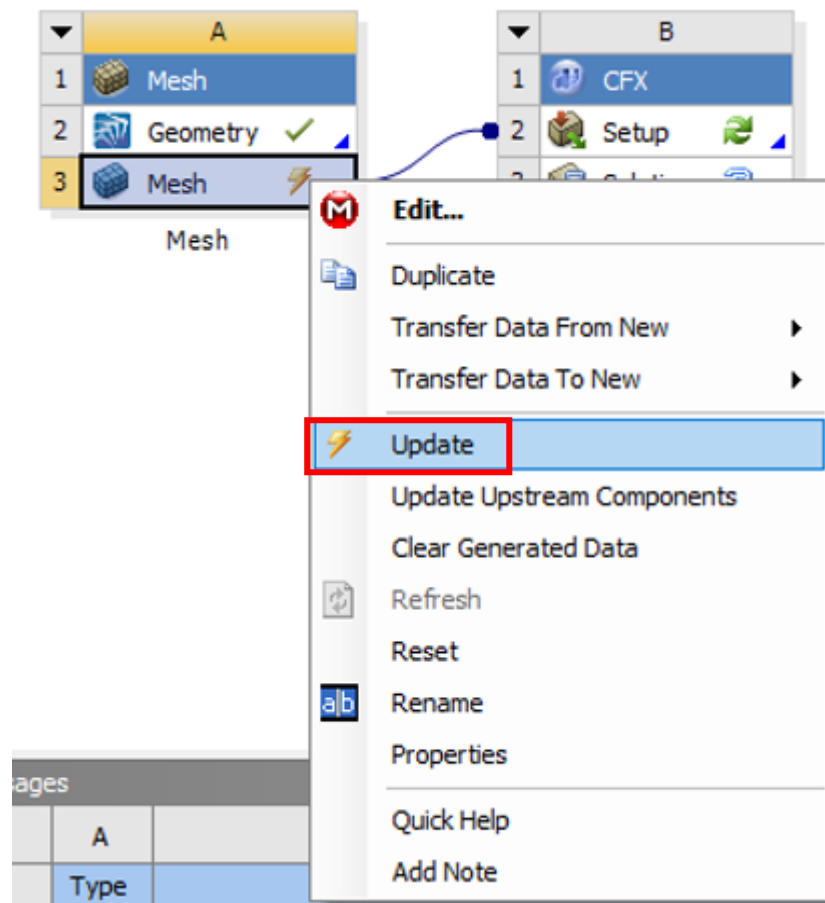
1) Wstaw moduł CFX



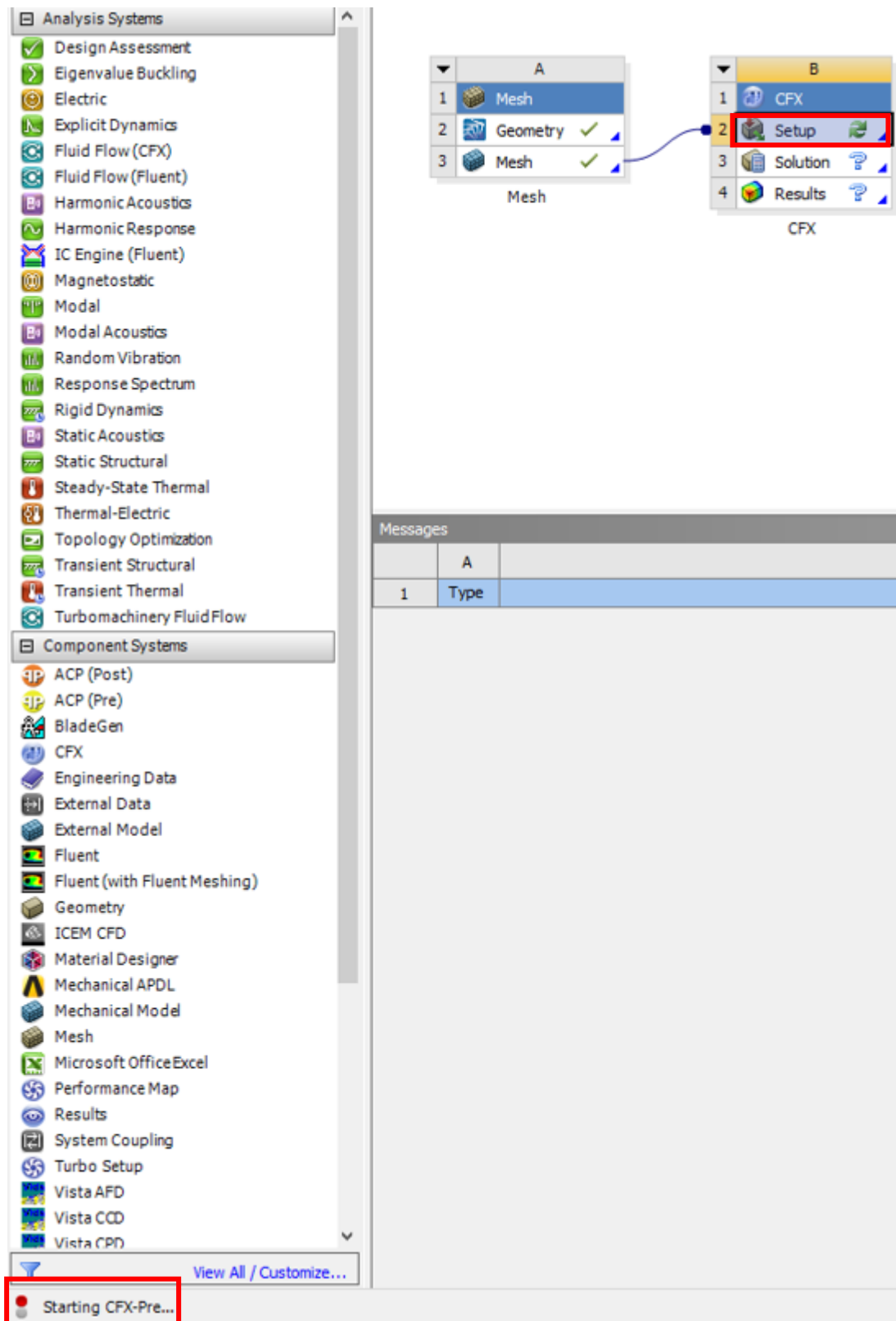
W celu połączenia modułu *Mesh* z *CFX* chwyć LPM *Mesh* (to niżej) i przeciągnij na *Setup* aż do pojawienia się pola *Transfer A3*, a następnie puść LPM – połączenie zostało utworzone



Kliknij PPM na *Mesh* i wybierz *Update*



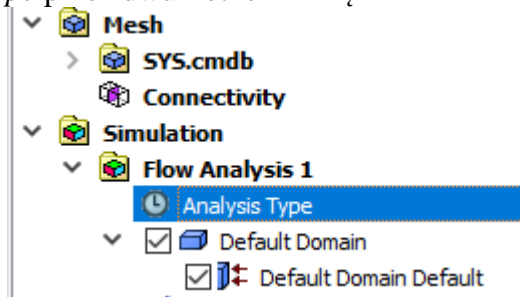
Kliknij dwukrotnie *Setup* w celu uruchomienia programu *Ansys CFX*



- 2) Aby obliczyć wpływ cząstek na płyn ciągły, zwykle wymagane jest od 100 do 1000 cząstek. Jeśli jednak wymagana jest dokładna informacja o stężeniu objętościowym cząstek lub lokalnych siłach na ścianach, wówczas należy modelować znacznie większą liczbę cząstek. Podczas tworzenia domeny można wybrać pełne (*Fully Coupled*) lub jednokierunkowe (*One-way Coupling*) sprzężenie między cząstką, a fazą ciągłą. Pełne sprzężenie jest potrzebne do przewidywania wpływu cząstek na pole przepływu w fazie ciągłej, ale ma

większe wymagania obliczeniowe niż połączenie jednokierunkowe; sprzężenie jednokierunkowe po prostu przewiduje tory ruchu cząstek na podstawie pola przepływu, ale bez wpływu na pole przepływu. [1].

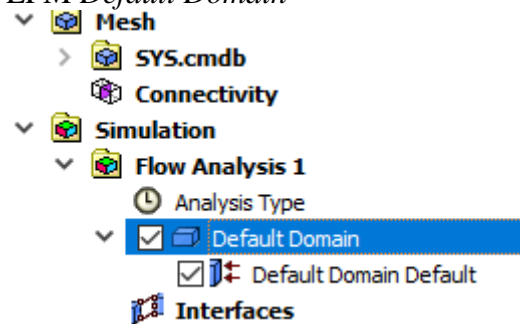
- 3) Otwórz *Analysis Type* przez dwukrotne kliknięcie LPM



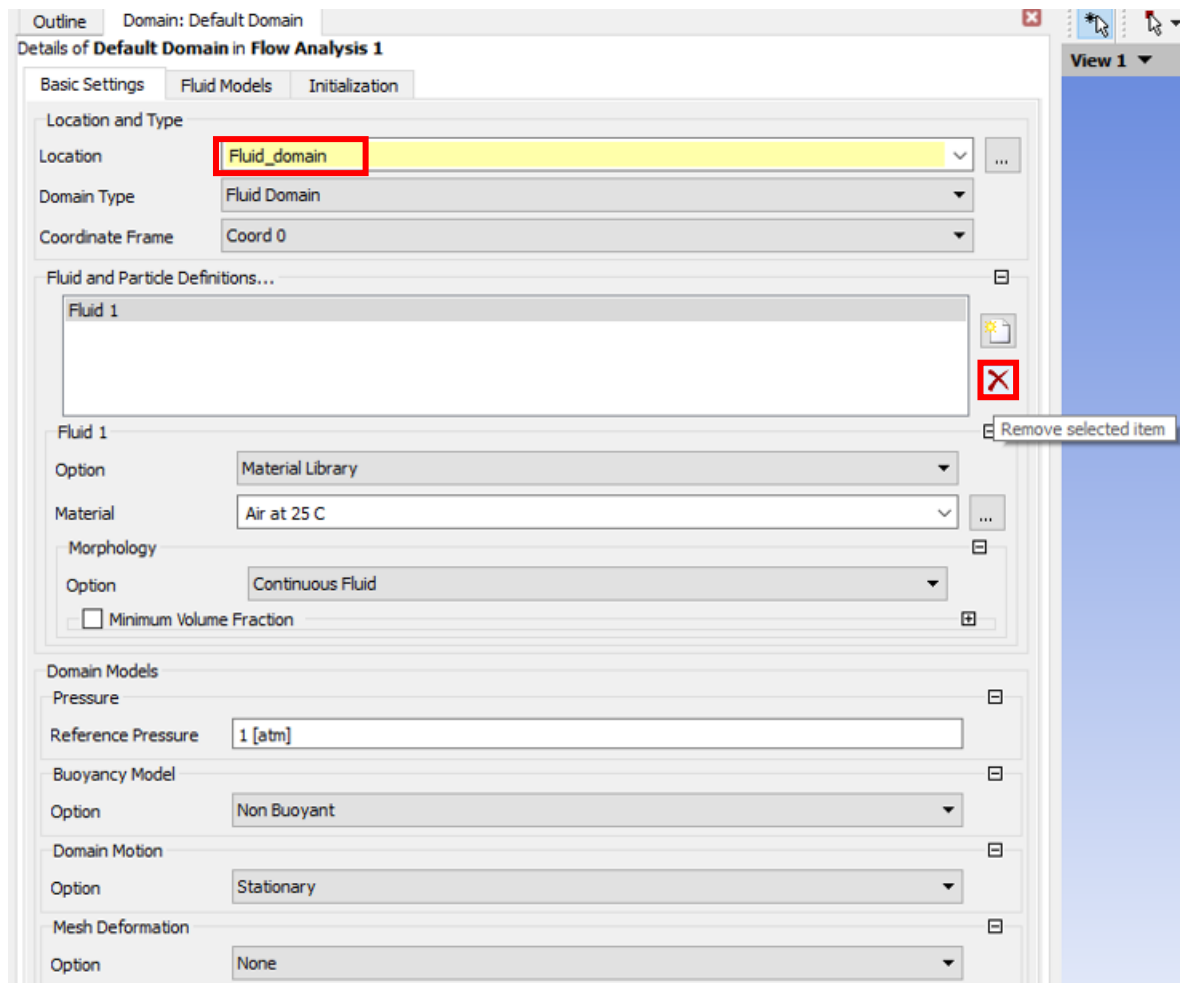
Zastosuj następujące ustawienia i zatwierdź OK.



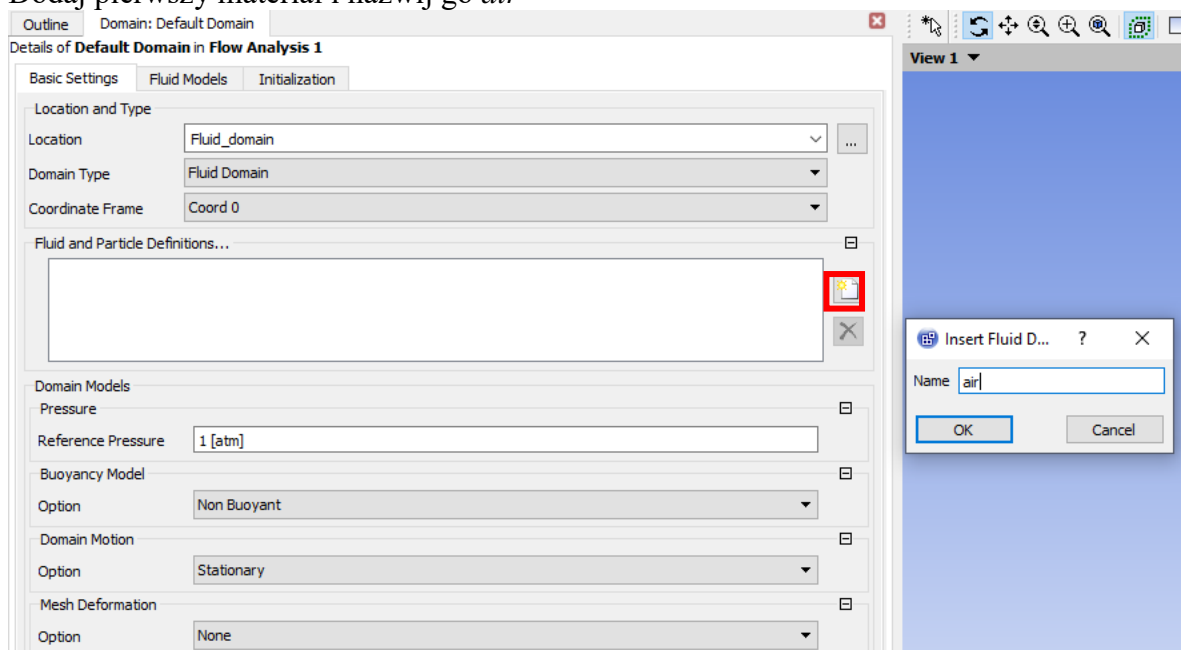
- 4) Kliknij dwukrotnie LPM *Default Domain*



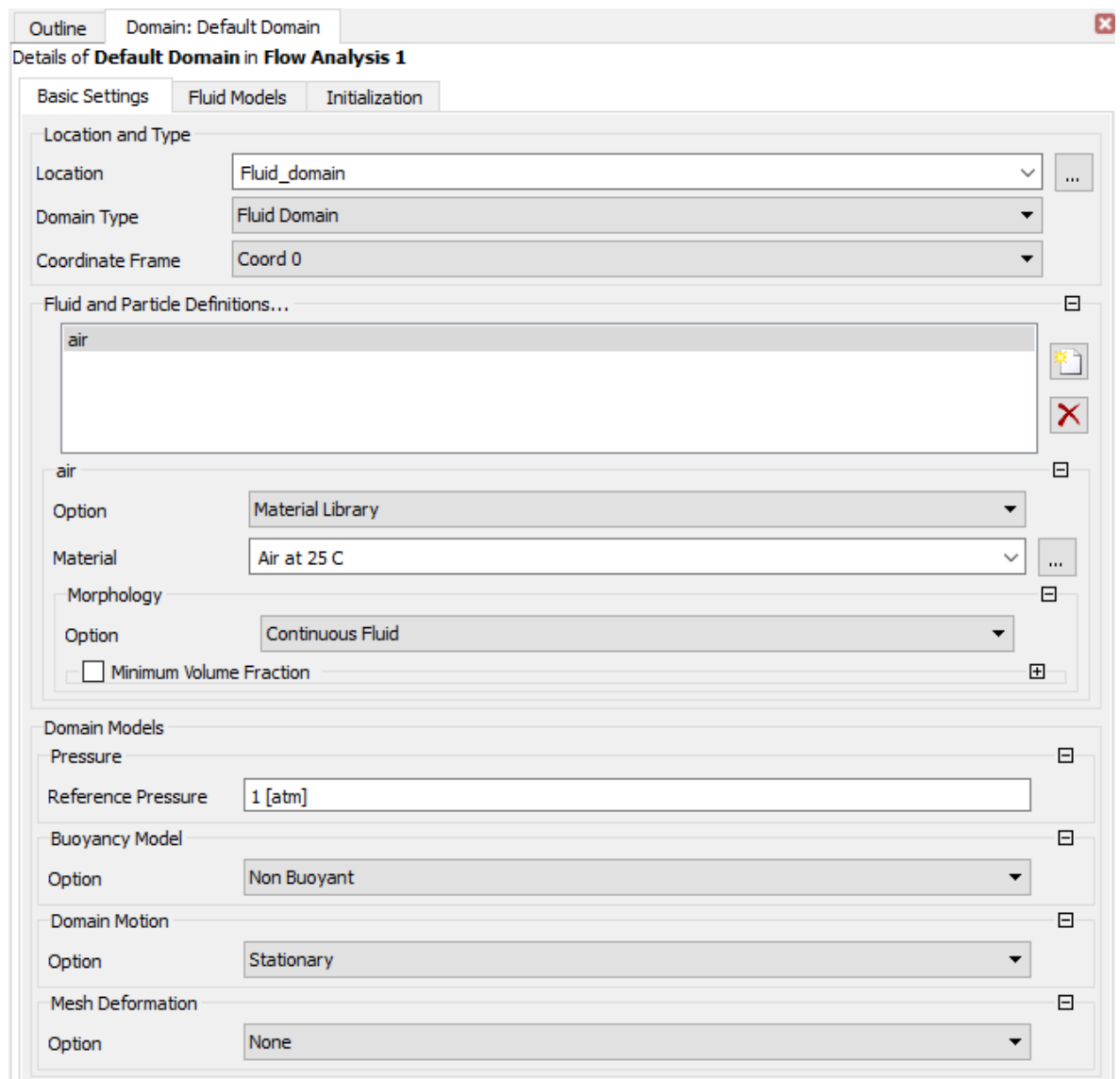
Zastosuj następujące ustawienia i usuń domyślny materiał



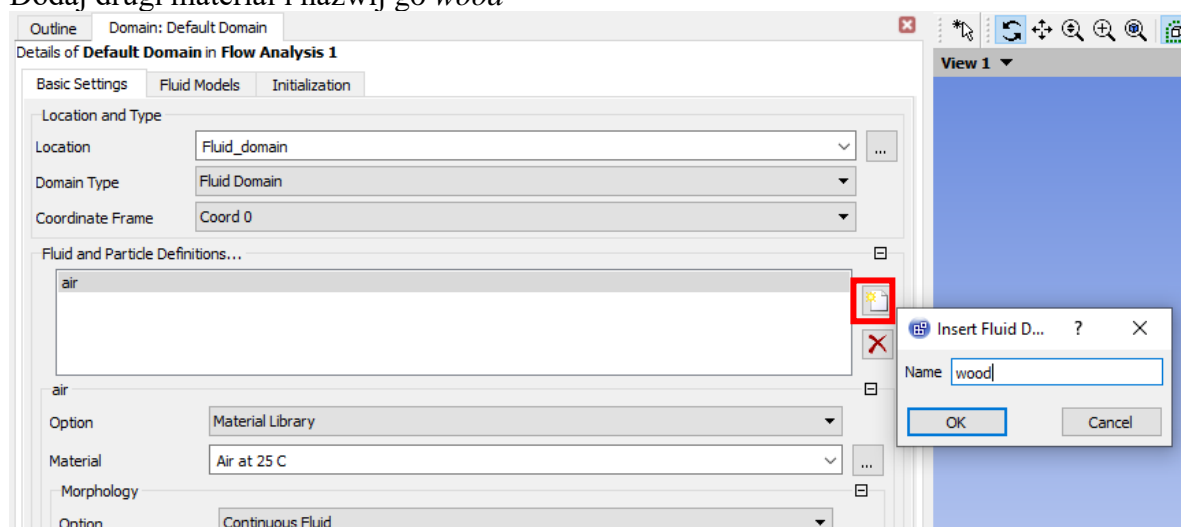
5) Dodaj pierwszy materiał i nazwij go *air*



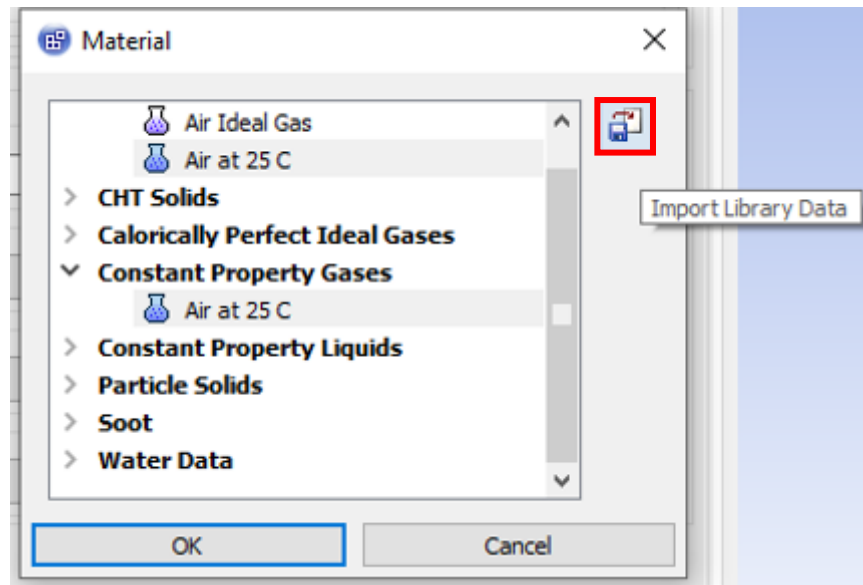
6) Jako materiał wybierz *Air at 25 C*



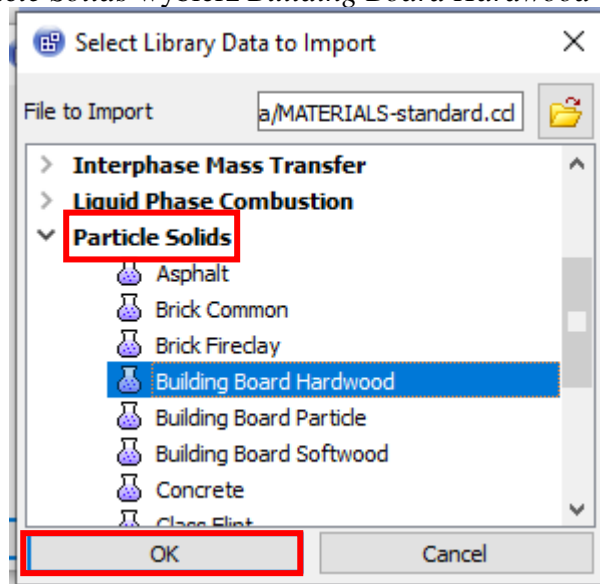
7) Dodaj drugi materiał i nazwij go *wood*



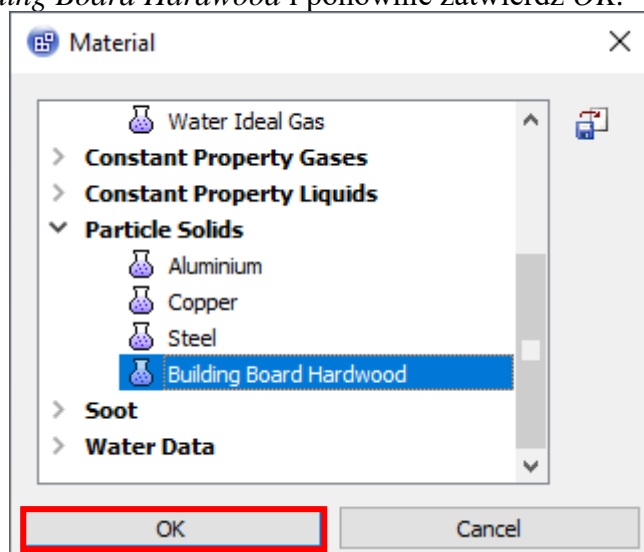
8) Wybierz ikonę wyboru materiału , a następnie *Import library data*



9) Z zakładki *Particle Solids* wybierz *Building Board Hardwood* i zatwierdź *OK*.



Wybierz *Building Board Hardwood* i ponownie zatwierdź *OK*.



10) Dla materiału *wood* zastosuj poniższe ustawienia

Outline Domain: Default Domain

Details of **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Fluid Models Fluid Specific Models Fluid Pair Models Particle Injection Regions... Initialization

Location and Type

Location Fluid_domain

Domain Type Fluid Domain

Coordinate Frame Coord 0

Fluid and Particle Definitions...

air

wood

wood

Option Material Library

Material Building Board Hardwood

Morphology

Option Particle Transport Solid

☒ Particle Diameter Distribution

Option Normal in Diameter by Mass

Minimum Diameter 100 [micron]

Maximum Diameter 1000 [micron]

Mean Diameter 500 [micron]

Std. Deviation 70 [micron]

☐ Particle Shape Factors

☐ Particle Diameter Change

Domain Models

Pressure

Reference Pressure 1 [atm]

Buoyancy Model

Option Buoyant

Gravity X Dirn. 0 [m s⁻²]

Gravity Y Dirn. -9.81 [m s⁻²]

Gravity Z Dirn. 0 [m s⁻²]

Buoy. Ref. Density 1.2 [kg m⁻³]

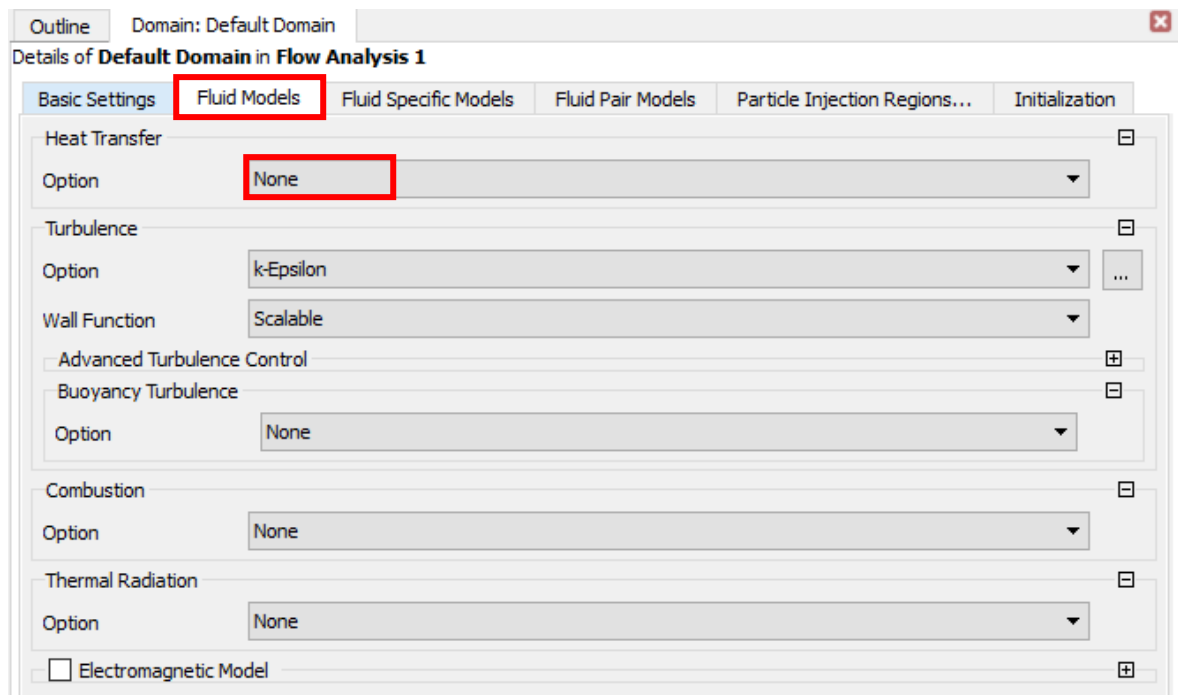
Ref. Location

Option Automatic

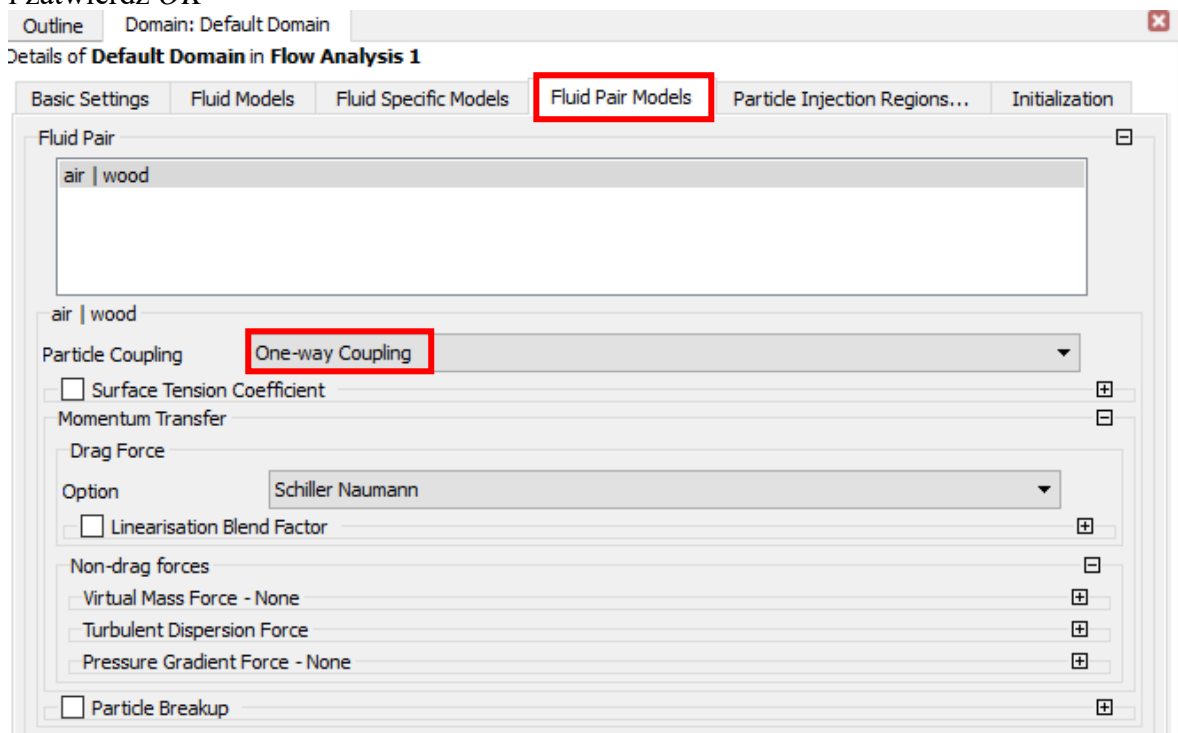
Domain Motion

OK Apply Close

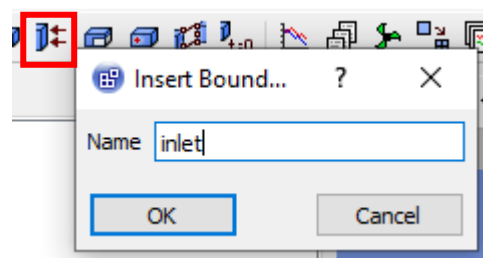
11) Przejdź do zakładki *Fluid Models*



12) Przejdź do zakładki *Fluid Pair Models*. Zastosuj poniższe ustawienia i zatwierdź OK



13) Utwórz warunek brzegowy o nazwie *inlet*



14) Zastosuj poniższe ustawienia

Outline Boundary: inlet

Details of **inlet** in **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Boundary Details Fluid Values Sources Plot Options

Boundary Type Inlet

Location inlet

☐ Coordinate Frame

Outline Boundary: inlet

Details of **inlet** in **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Boundary Details Fluid Values Sources Plot Options

Flow Regime

Option Subsonic

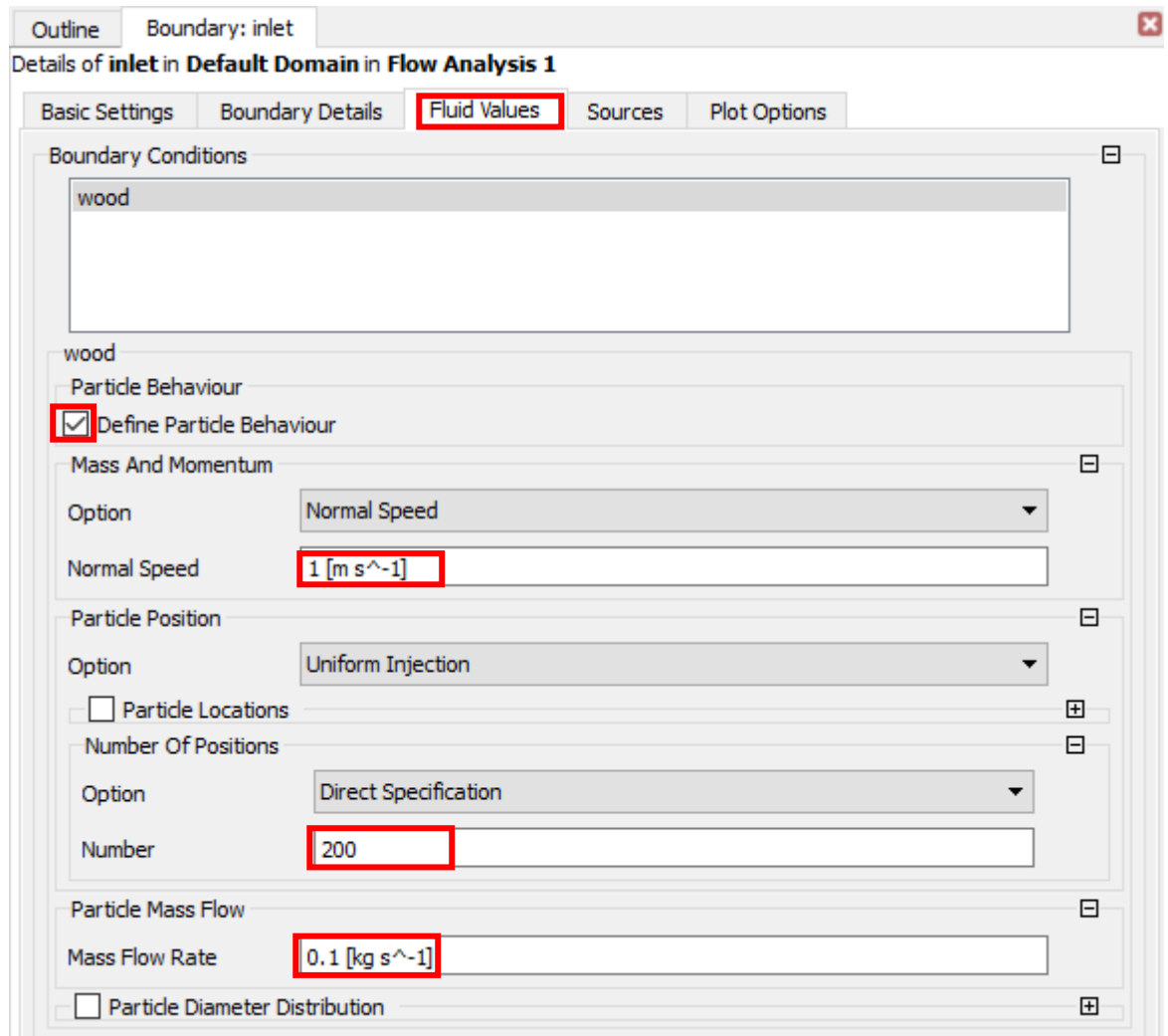
Mass And Momentum

Option Normal Speed

Normal Speed 1 [m s⁻¹]

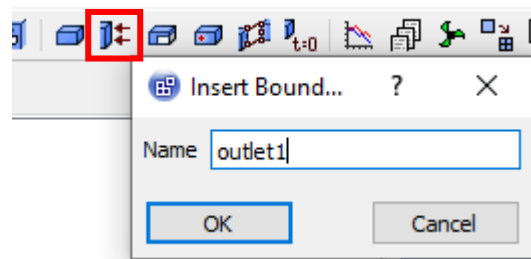
Turbulence

Option Medium (Intensity = 5%)

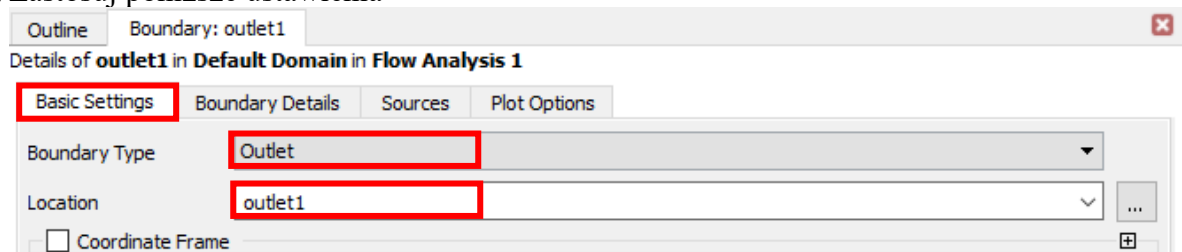


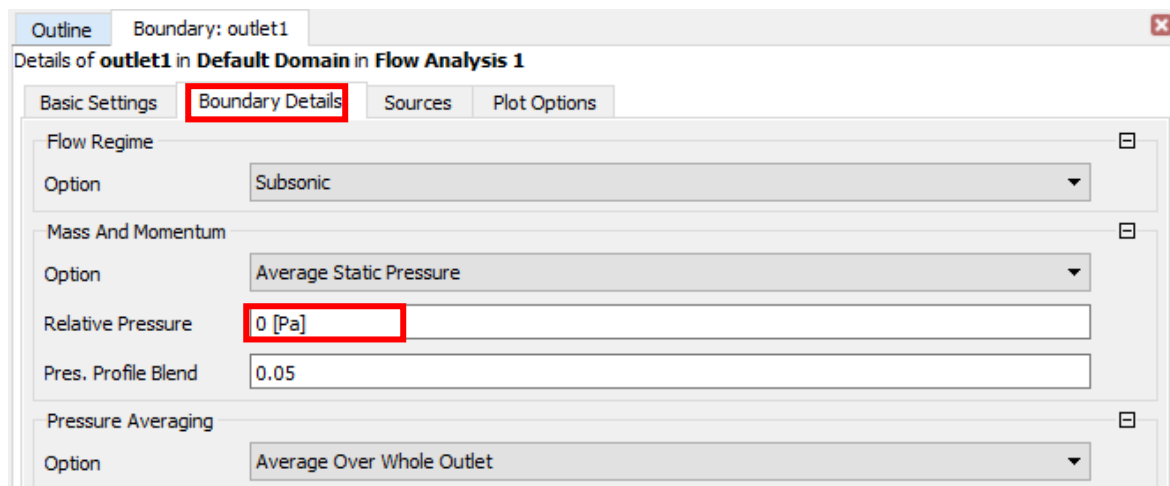
Zatwierdź OK.

15) Utwórz warunek brzegowy *outlet1*



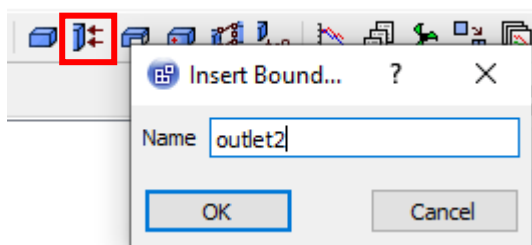
16) Zastosuj poniższe ustawienia



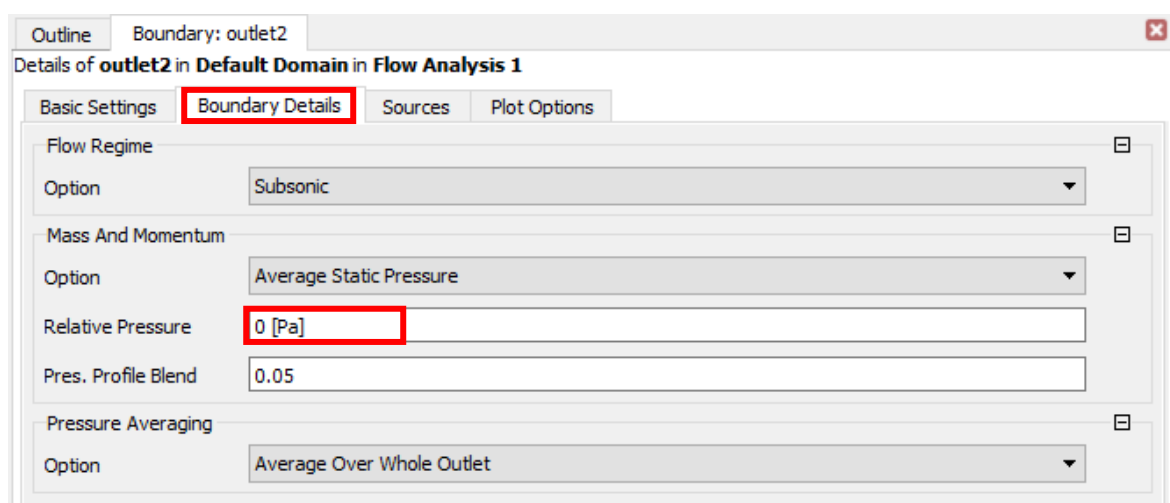
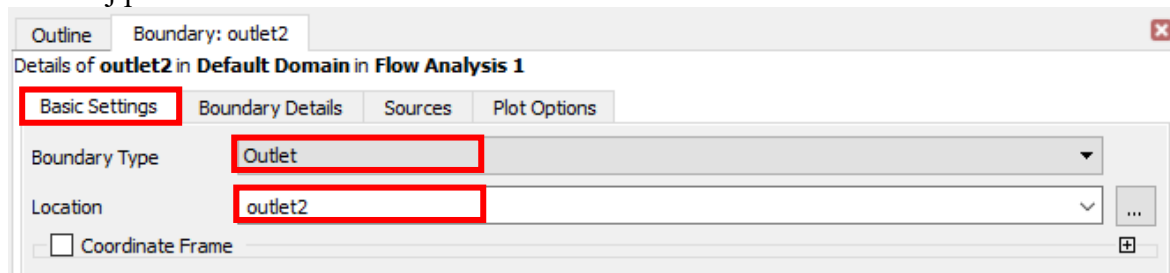


Zatwierdź OK.

17) Utwórz warunek brzegowy *outlet2*

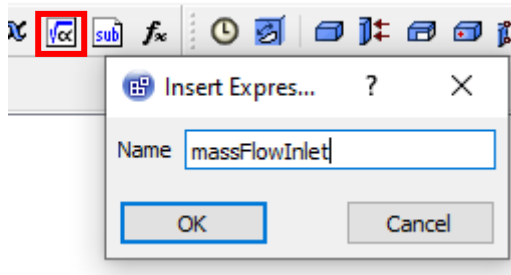


18) Zastosuj poniższe ustawienia

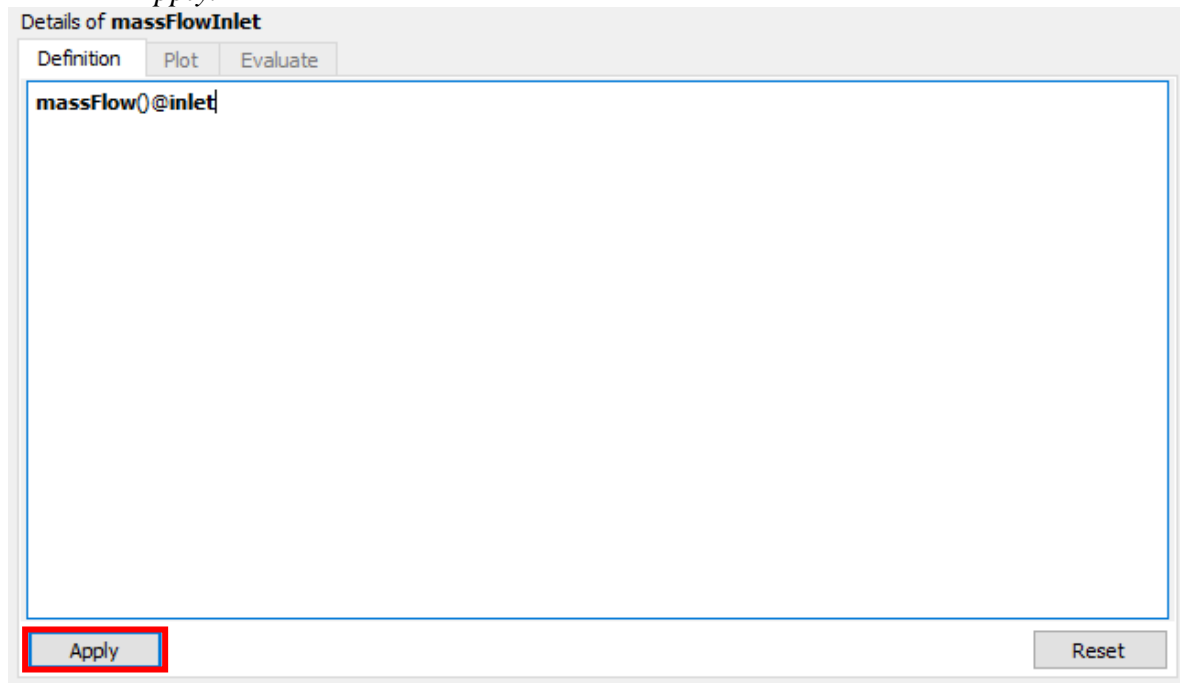


Zatwierdź OK.

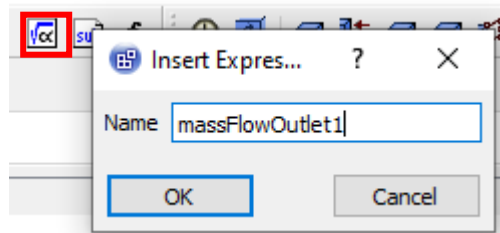
19) Utwórz *expression* o nazwie *massFlowInlet*



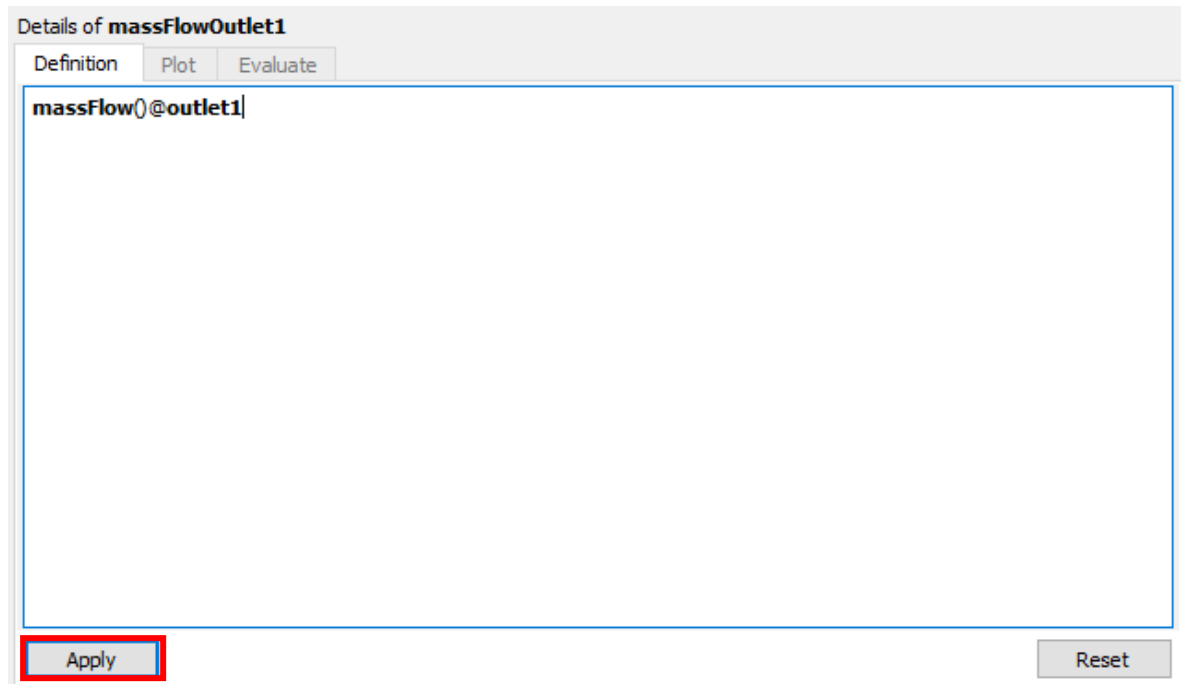
20) Zastosuj następującą definicję: `massFlow@inlet`
Zatwierdź *Apply*.



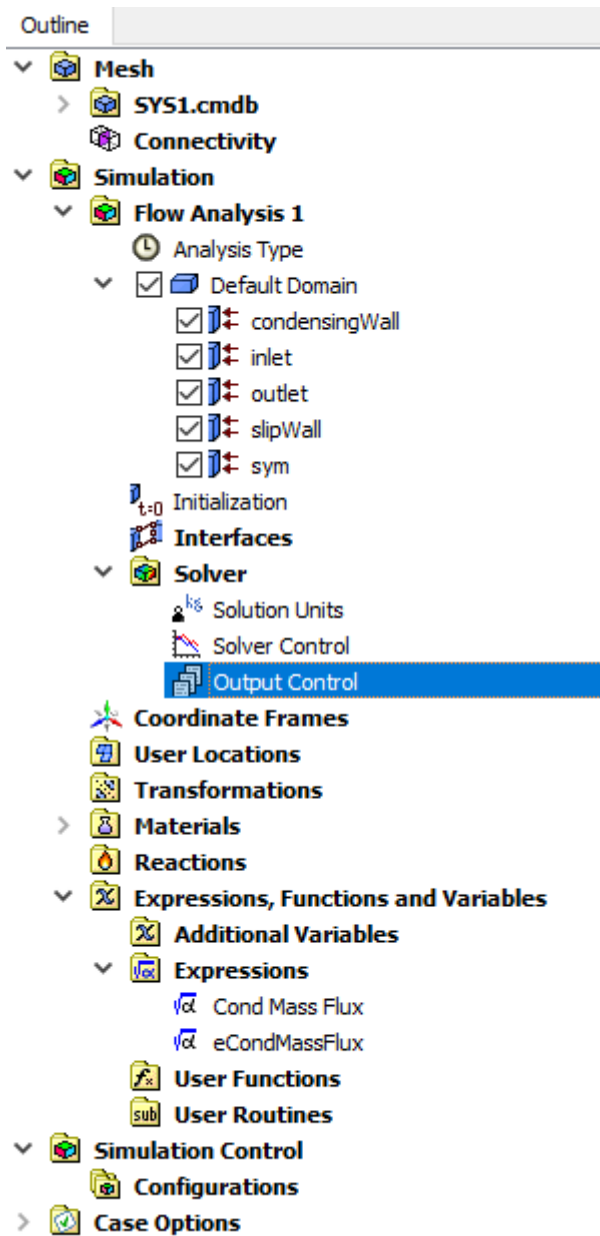
21) Utwórz *expression* o nazwie `massFlowOutlet1`



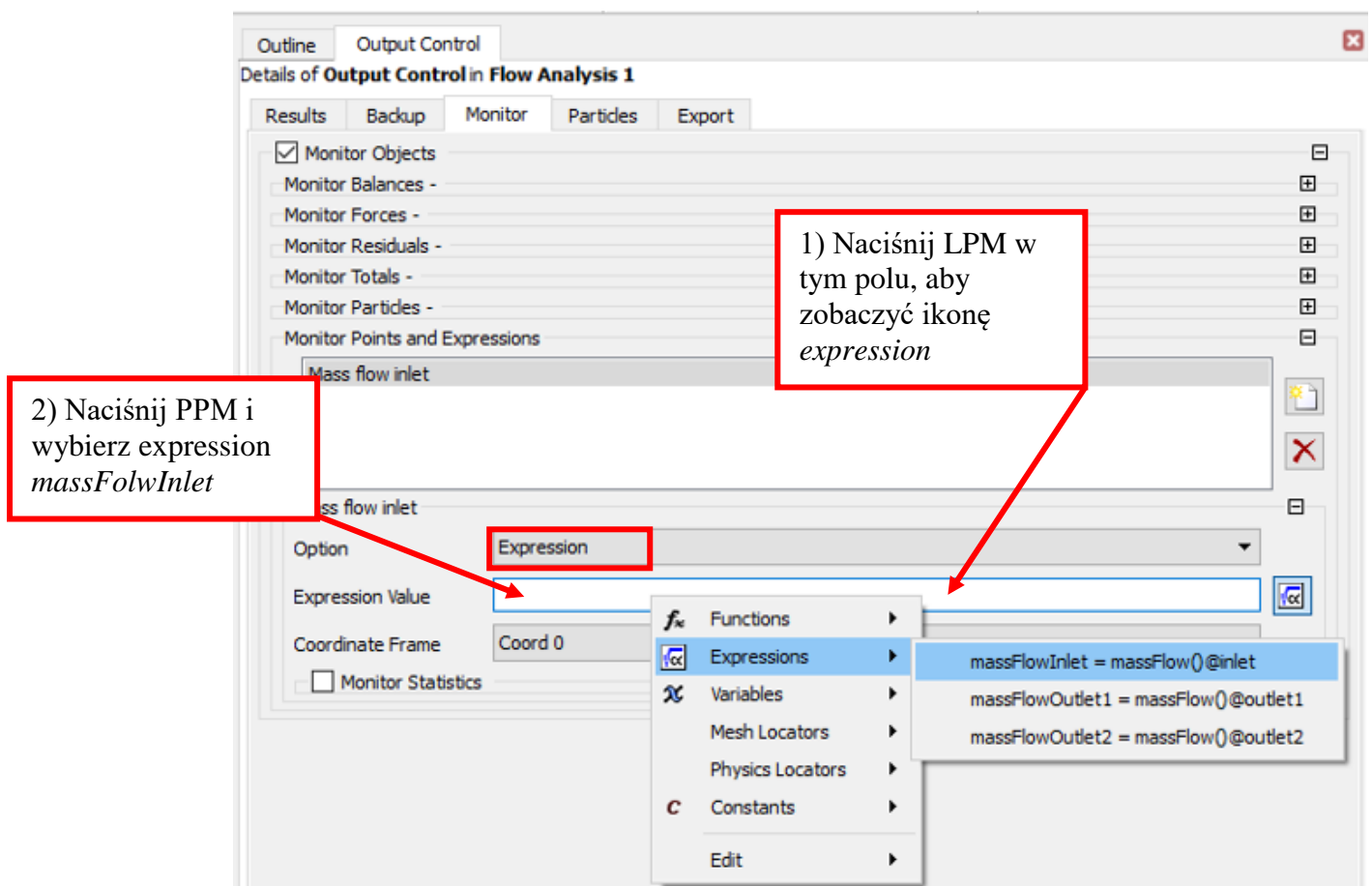
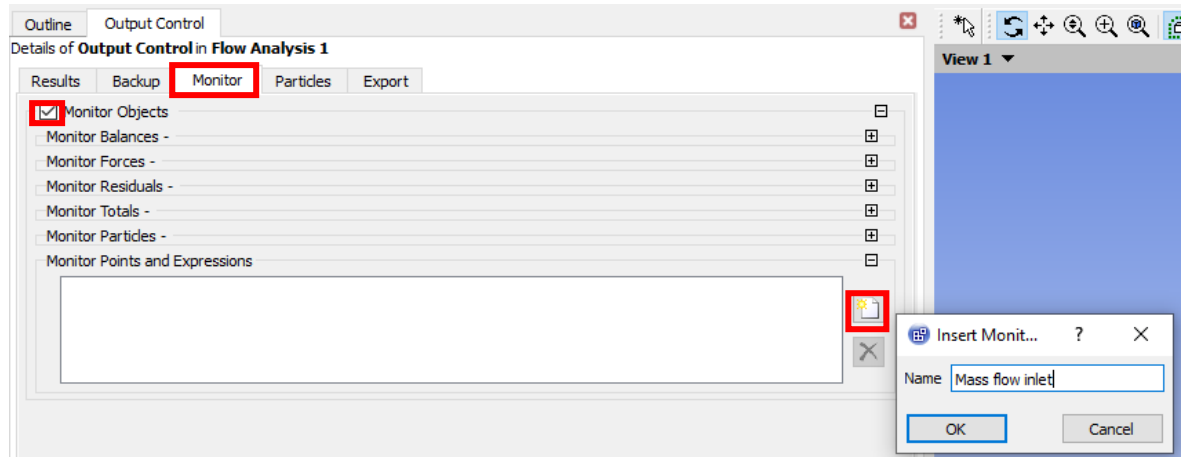
22) Zastosuj następującą definicję: `massFlow@outlet1`
Zatwierdź *Apply*.



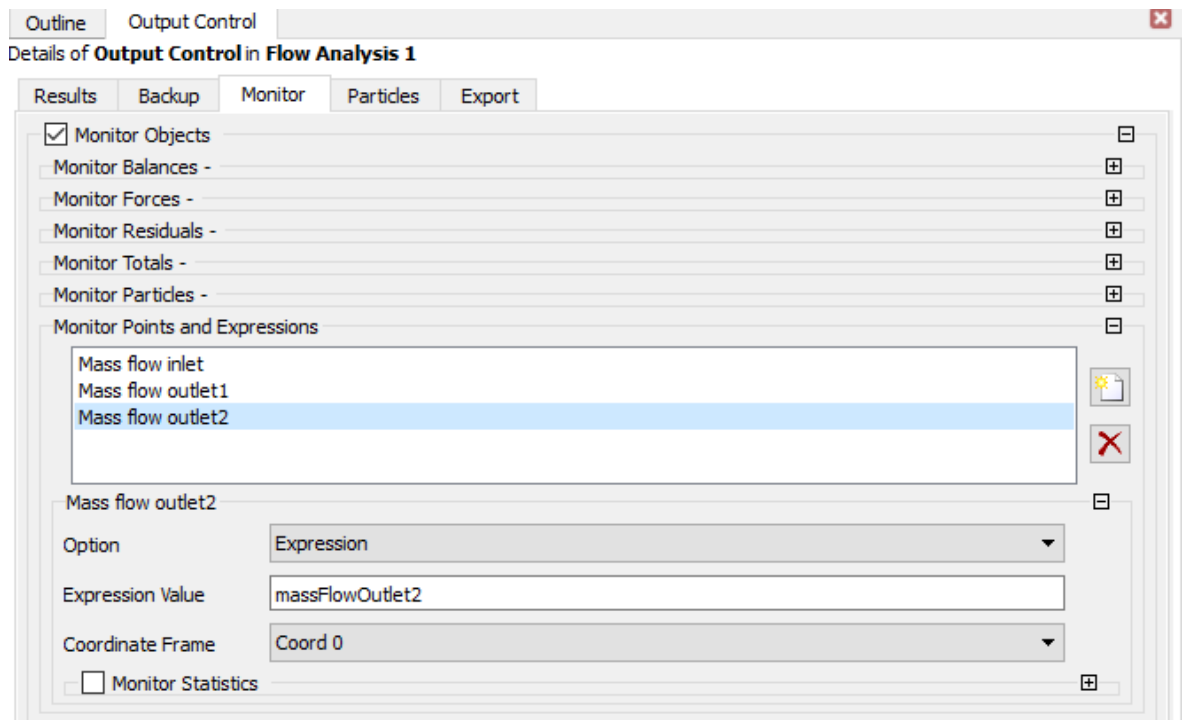
- 23) Analogicznie utwórz *expression* o nazwie *massFlowOutlet2*
- 24) Otwórz *Output Control*



































Zastosuj poniższe ustawienia i zatwierdź OK.



25) Analogicznie utwórz dwa dodatkowe *Monitor Points* wykorzystując dwa pozostałe *expressions*, a następnie zatwierdź OK.



26) Otwórz *Solver Control* i zastosuj poniższe ustawienia

- ▼  **Mesh**
 - >  **SYS.cmdb**
 -  **Connectivity**
- ▼  **Simulation**
 - ▼  **Flow Analysis 1**
 -  Analysis Type
 - ▼ ☒  **Default Domain**
 - ☒  Default Domain Default
 - ☒  inlet
 - ☒  outlet1
 - ☒  outlet2
 -  **Interfaces**
 - ▼  **Solver**
 -  Solution Units
 -  **Solver Control**
 - >  Output Control
 -  **Coordinate Frames**
 -  **User Locations**
 -  **Transformations**
 - >  **Materials**
 -  **Reactions**
 - ▼  **Expressions, Functions and Variables**
 -  **Additional Variables**
 - ▼  **Expressions**
 -  massFlowInlet
 -  massFlowOutlet1
 -  massFlowOutlet2
 -  **User Functions**
 -  **User Routines**
 - ▼  **Simulation Control**
 -  **Configurations**
 - >  **Case Options**

Outline Solver Control

Details of **Solver Control** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Equation Class Settings Particle Control Advanced Options

Advection Scheme

Option **High Resolution**

Turbulence Numerics

Option **High Resolution**

Convergence Control

Min. Iterations **1000**

Max. Iterations **1000**

Fluid Timescale Control

Timescale Control Auto Timescale

Length Scale Option Conservative

Timescale Factor 1.0

☐ Maximum Timescale

Convergence Criteria

Residual Type RMS

Residual Target **1e-6**

☐ Conservation Target

☐ Elapsed Wall Clock Time Control

☐ Interrupt Control

Outline Solver Control

Details of **Solver Control** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Equation Class Settings **Particle Control** Advanced Options

Particle Integration

☐ Number of Integration Steps per Element

☒ Max. Particle Intg. Time Step

Value **1.0E10 [s]**

☐ Chemistry Time Step Multiplier

☒ Particle Termination Control

☒ Maximum Tracking Time

Value **40 [s]**

☒ Maximum Tracking Distance

Value **40 [m]**

☒ Max. Num. Integration Steps

Value **10000**

☐ Minimum Diameter

☐ Minimum Total Mass

☐ Particle Ignition

☐ Particle Source Smoothing

☐ Vertex Variable Smoothing

Zatwierdź OK.

Wartość *Max. Num. Integration Steps* kontroluje liczbę elementów siatki, przez którą cząstka może przechodzić, dlatego należy wziąć pod uwagę rozmiar

i gęstość siatki przy ustawianiu tego parametru. Wszystkie wartości liczbowe w powyższej tabeli zostały zaprojektowane tak, aby nałożyć górny limit na ilość przetwarzania cząstek. Na przykład cząstka mogła by wpaść w wir i wtedy byłaby cały czas śledzona co nie byłoby konieczne, a wydłużałoby obliczenia. Czas śledzenia wynoszący 40 sekund ma zapewnić, że cząstki dotrą do wylotów. [1].

27) Zamknij program *Ansys CFX*.

2.4. OBLICZENIA

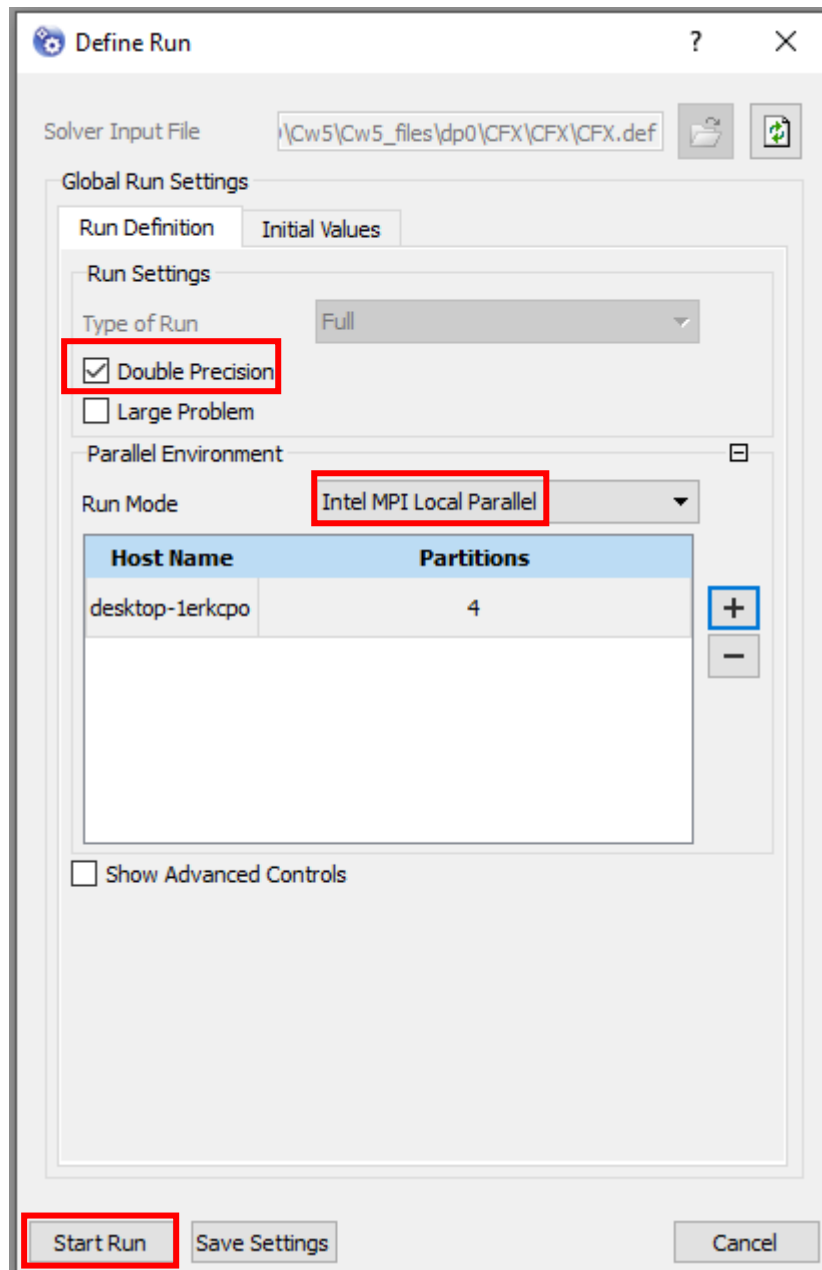
- 1) Kliknij dwukrotnie pole *Solution* w celu uruchomienia programu *Ansys CFX Solver Manager*

The screenshot displays the ANSYS Workbench interface. On the left, the 'Analysis Systems' tree lists various analysis types, including 'Fluid Flow (CFX)'. Below it, the 'Component Systems' tree lists components like 'Mesh', 'Geometry', and 'CFX'. The 'CFX' component is highlighted, and its 'Solution' step is selected and highlighted with a red box. A blue line connects the 'Mesh' component to the 'Solution' step. The 'Messages' panel at the bottom shows a table with the following content:

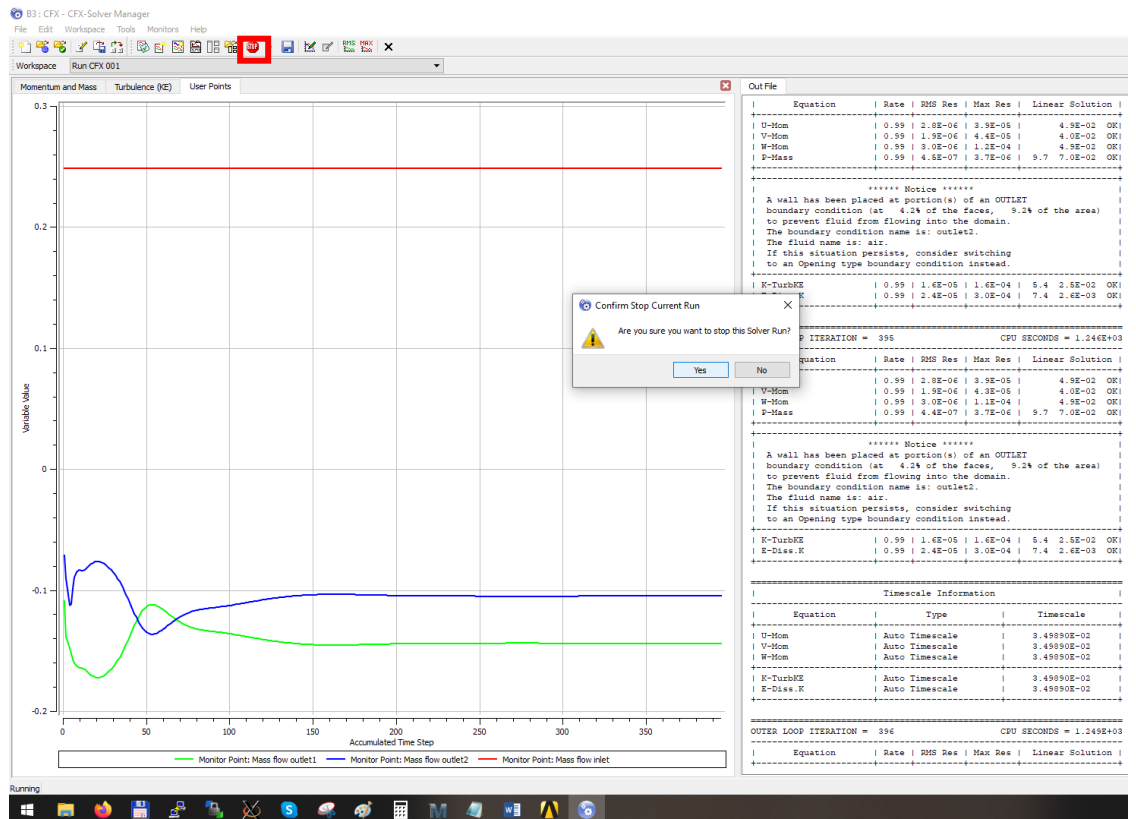
Messages		
	A	
1	Type	

At the bottom of the interface, a status bar shows a red dot and the text 'Starting CFX-SolverManager...' highlighted with a red box.

- 2) Zastosuj poniższe ustawienia i naciśnij *Start Run*. Program wykona obliczenia. Zaczekaj kilka chwil na komunikat o zakończeniu obliczeń.



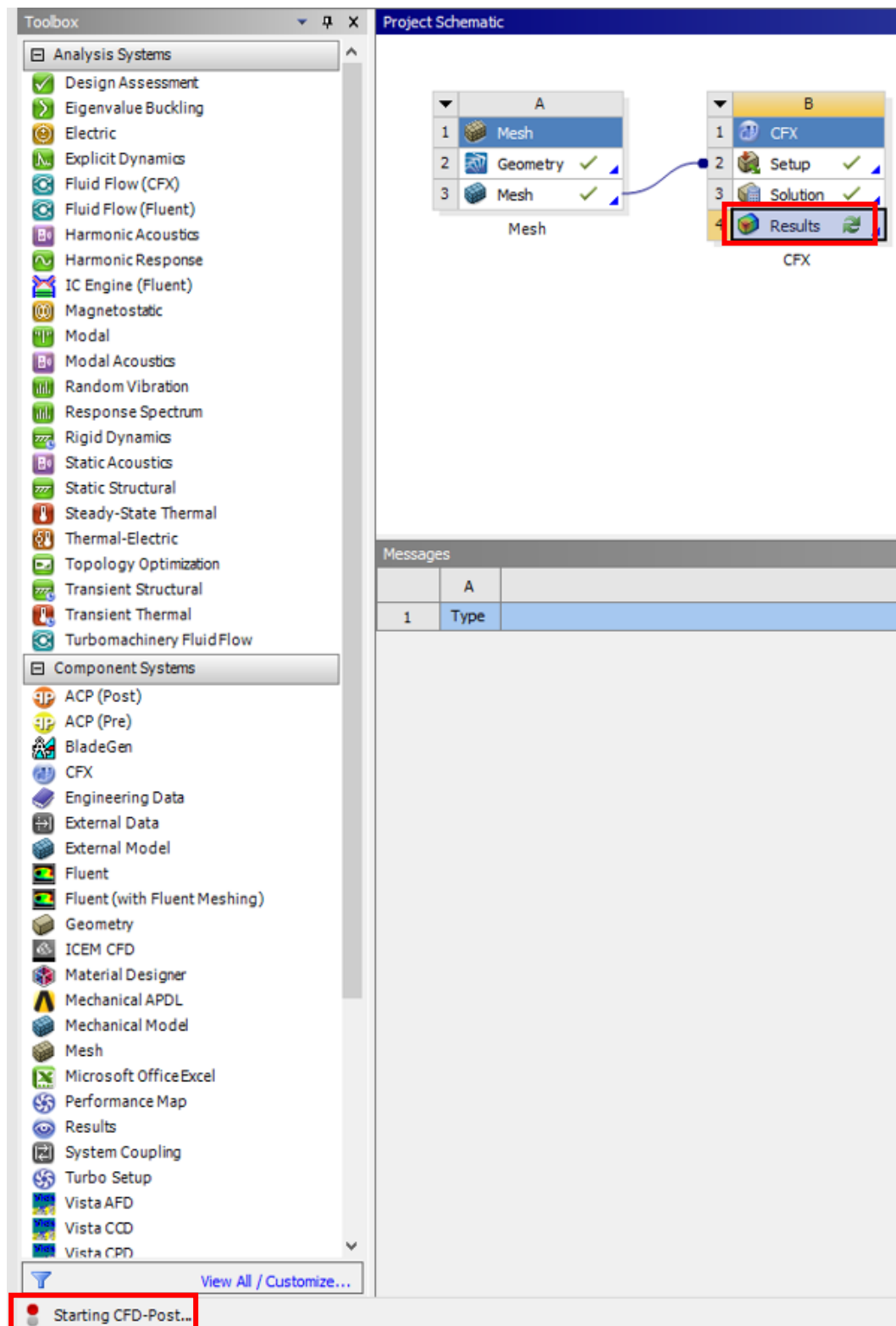
- 3) Obliczenia trwają około 10-15 minut. Obserwuj poszczególne zakładki reziduów jak się zmieniają. Szczególnie zwróć uwagę na zakładkę *User Point*, gdzie pokazany jest strumień powietrza na wlocie i obu wylotach. Stan ustalony będzie osiągnięty, gdy krzywa ustabilizuje się, co nastąpi po około 350 iteracjach. Dodatkowe iteracje powinny być wykonane aż doustabilizowania się wszystkich reziduów. W celu wcześniejszego zatrzymania naciśnij przycisk *Stop* u góry ekranu i potwierdź *Yes*.



- 4) Po skończeniu obliczeń program wyświetli komunikat potwierdzający.
- 5) Zatwierdź *OK* i zamknij *Ansys CFX Solver Manager*. Zapisz projekt w *Workbench*.

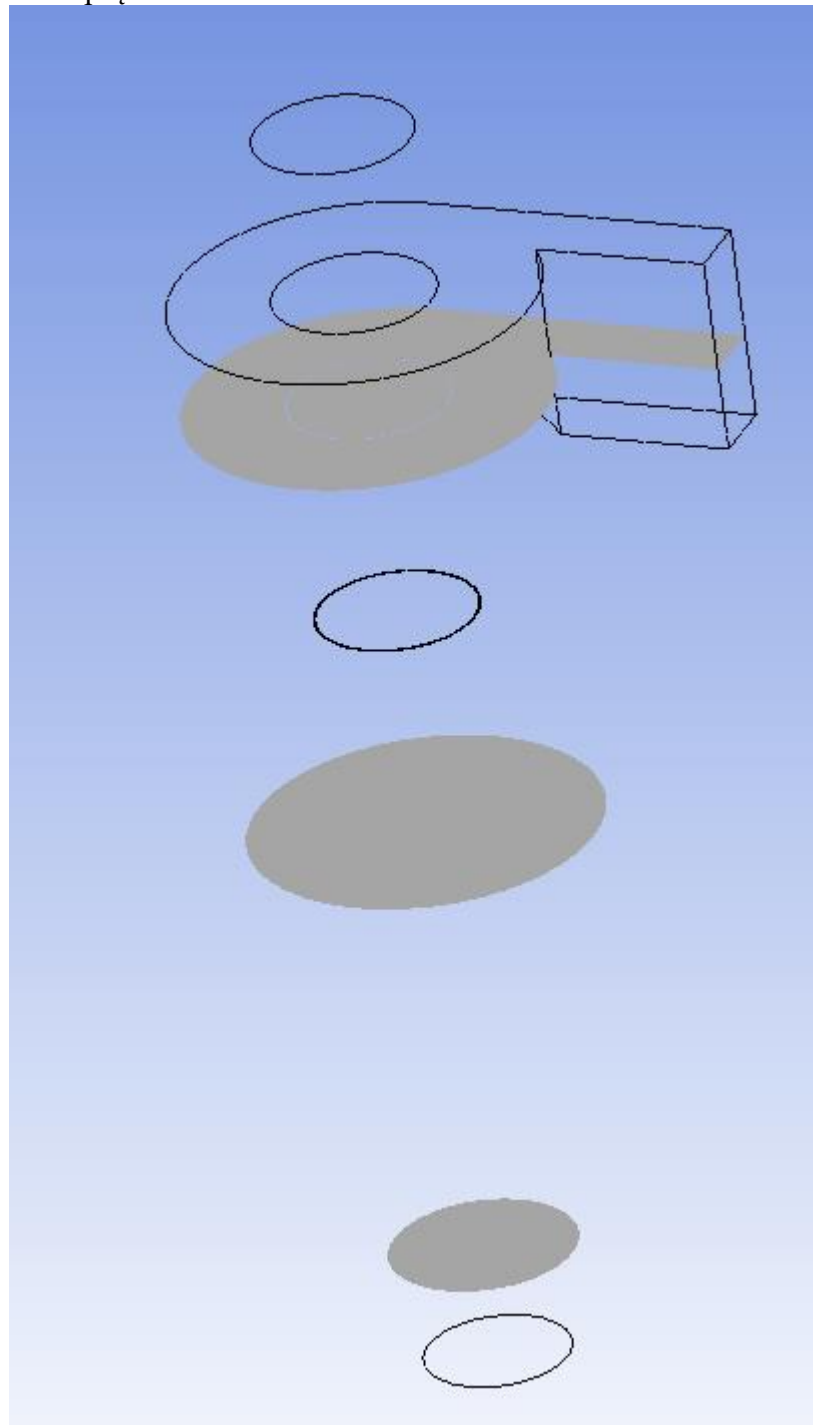
2.5. OPRACOWANIE WYNIKÓW

- 1) Kliknij dwukrotnie *LPM Results* w celu uruchomienia programu *Ansys CFD Post* i obejrzenia wyników

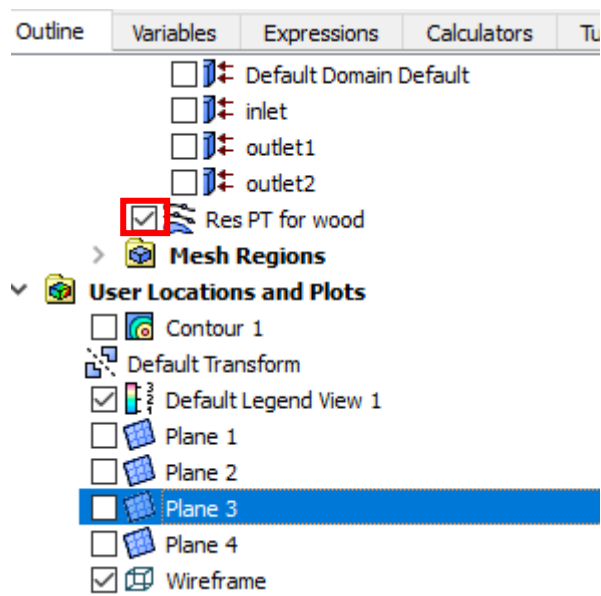


- 2) Utwórz płaszczyznę przechodzącą przez oś cyklonu i pokaż kontury
 - a. Ciśnienia – *Pressure*
 - b. Prędkości – *Velocity*
 - c. Wektory prędkości
 - d. Linie prądu - *Streamlines*
- 3) Utwórz płaszczyzny prostopadłe do osi cyklonu dla $Y = 0.2, 1$ i 1.8 m i pokaż kontury

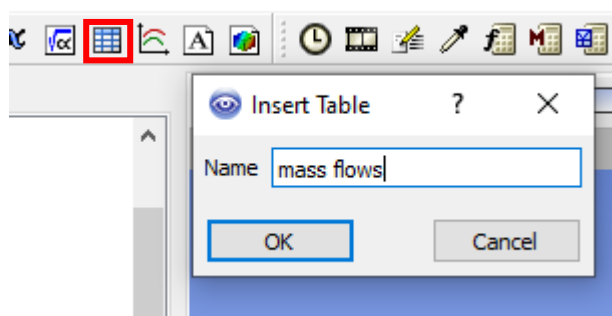
- a. Ciśnienia – *Pressure*
- b. Prędkości – *Velocity*
- c. Wektory prędkości
- d. Linie prądu - *Streamlines*



4) Zapisz zdjęcie trajektorii cząstek przez włączenie obiektu *Res PT for wood*



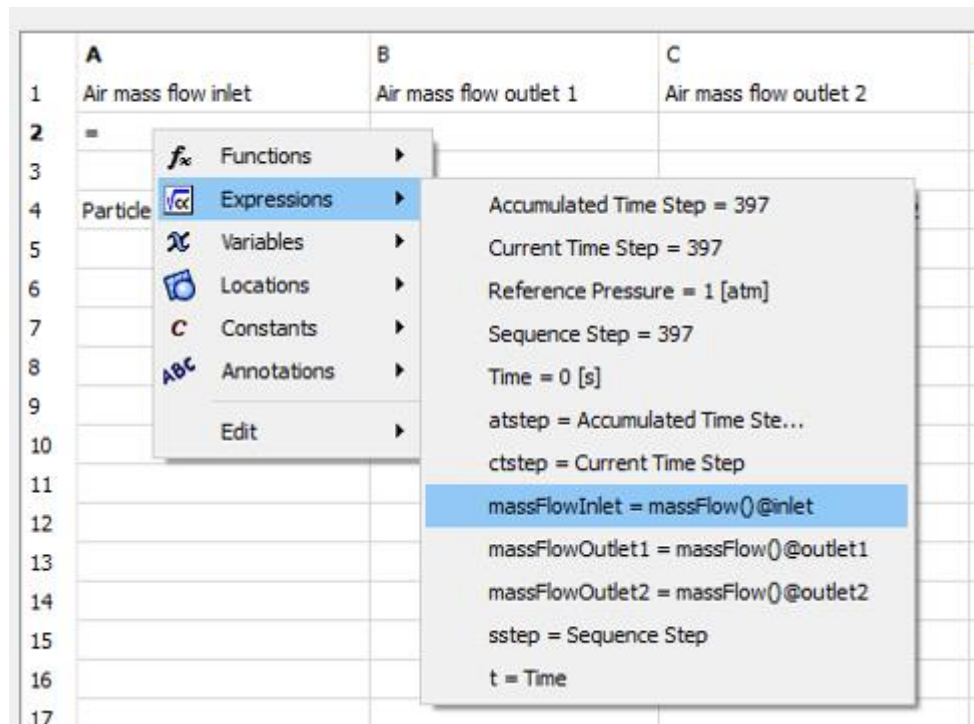
5) Utwórz tabelę o nazwie *mass flows*



6) Wpisz do odpowiednich komórek następujące oznaczenia

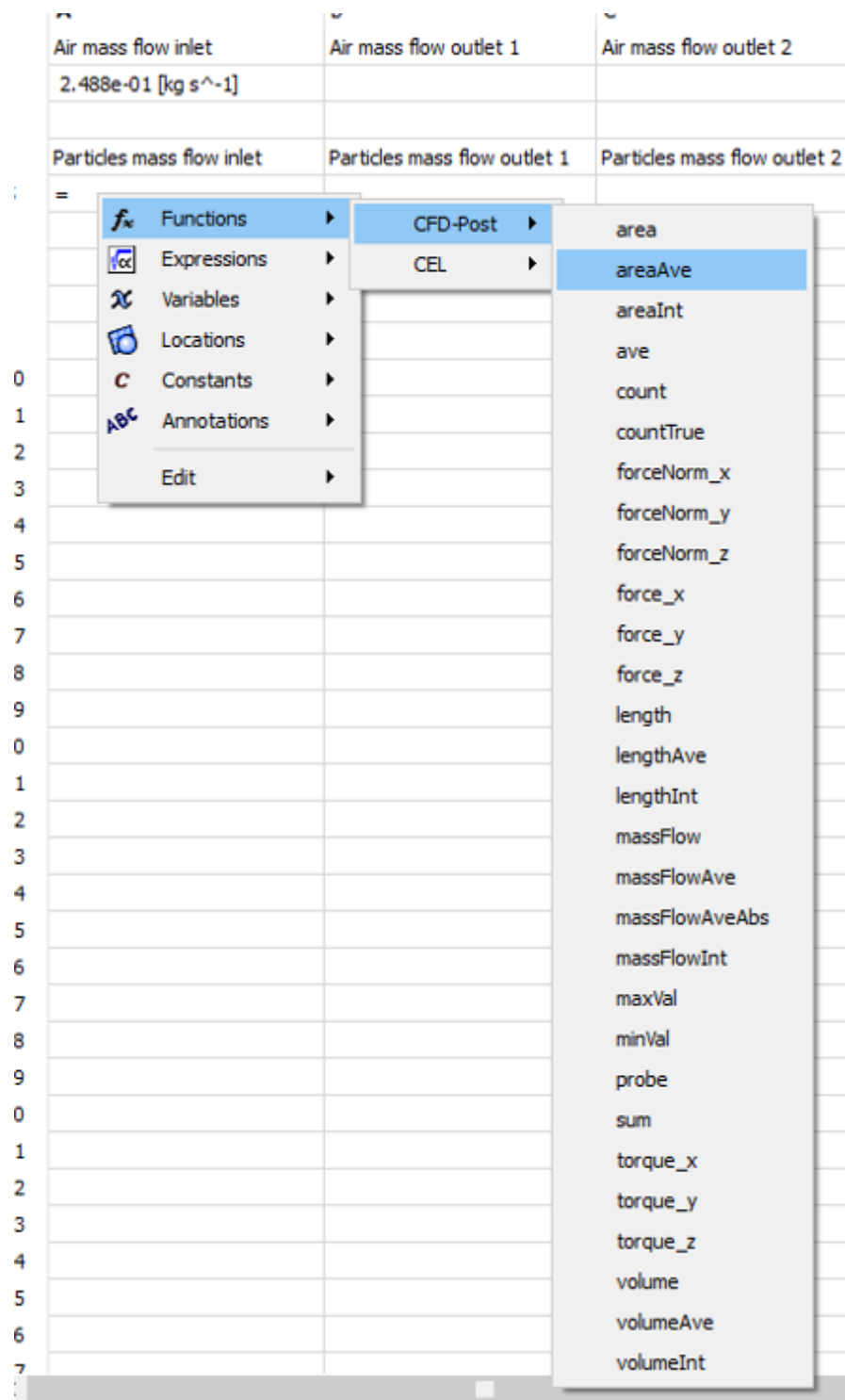
	A	B	C	D
1	Air mass flow inlet	Air mass flow outlet 1	Air mass flow outlet 2	
2				
3				
4	Particles mass flow inlet	Particles mass flow outlet 1	Particles mass flow outlet 2	
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				

7) Pola A2, B2 i C2 wypełnij *expressions* utworzonymi w punktach 19-23. Aby to zrobić, np., w komórce A2, ustaw kursor w A2, wpisz znak równości „=”, naciśnij PPM pod *Expressions* wybierz odpowiednie wyrażenie

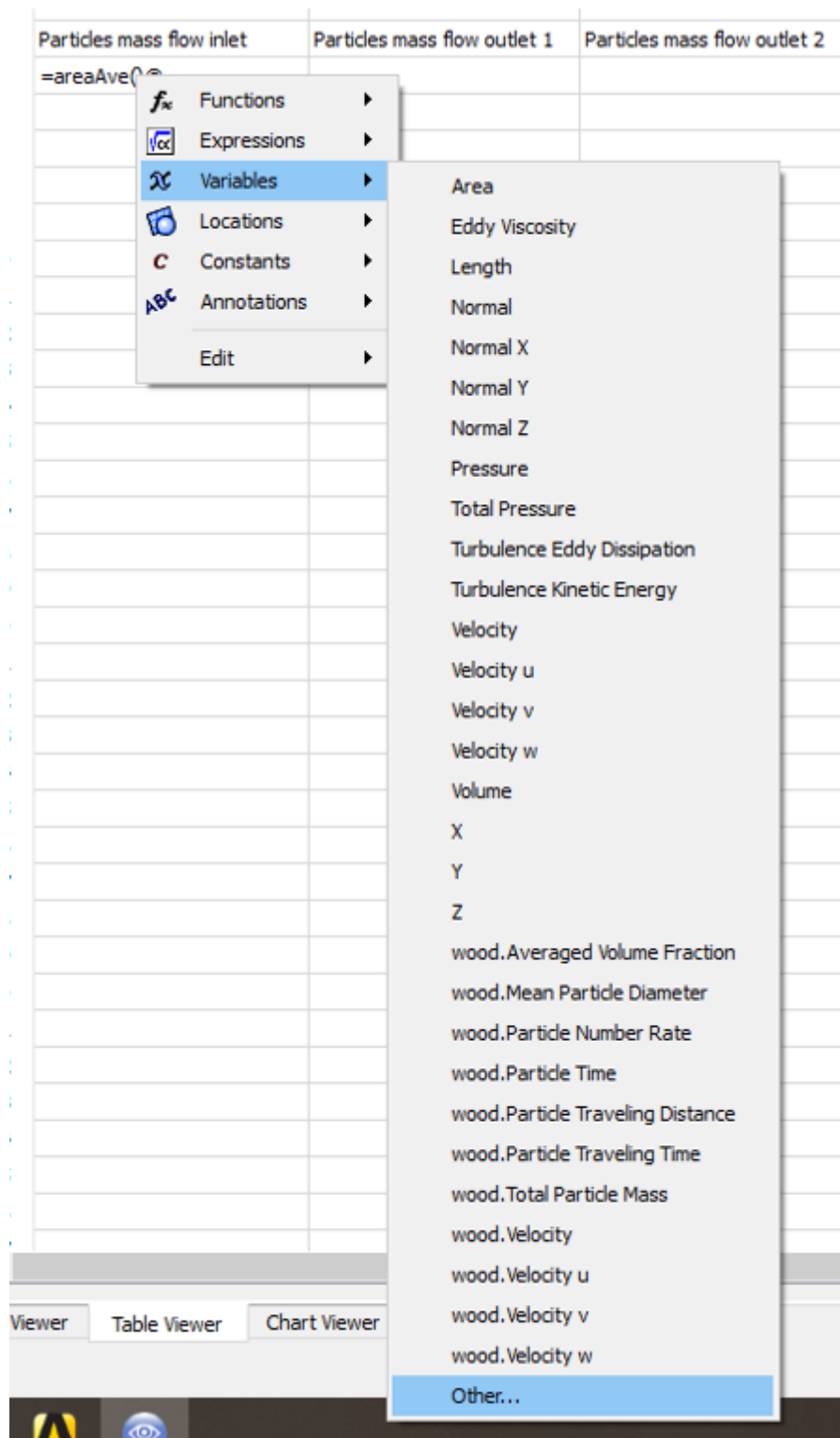


Analogicznie postąp z komórkami B2 i C2.

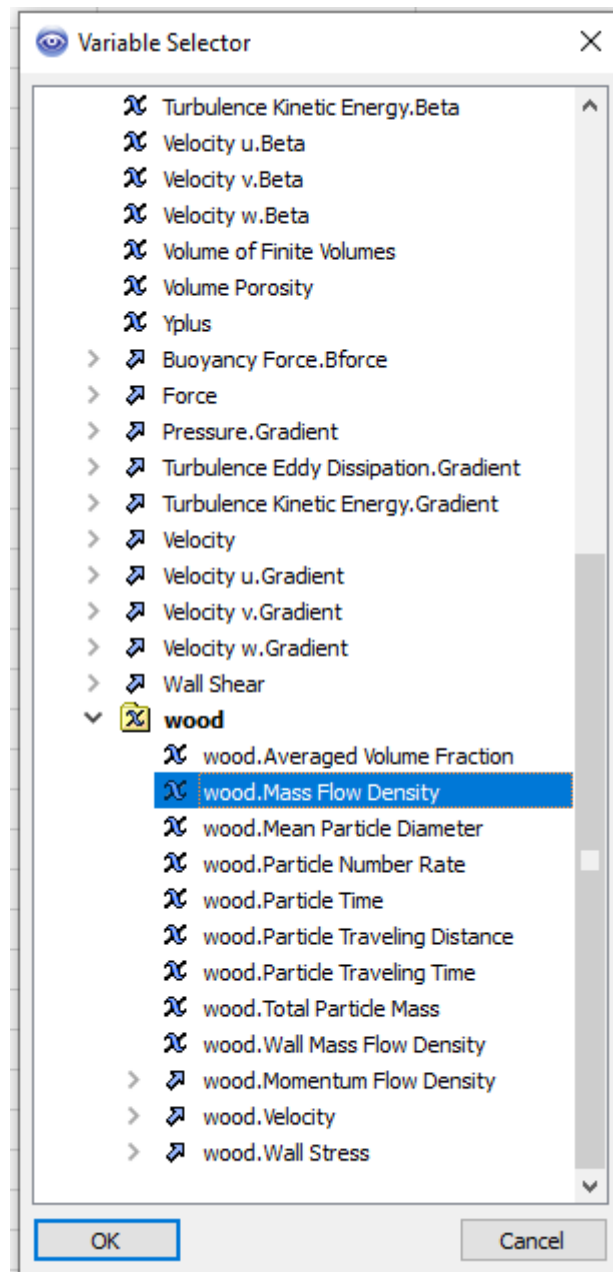
- 8) W celu obliczenia strumienia masy cząstek w polu A5 wykonaj następujące czynności:
- Wpisz znak „=” do A5
 - Naciśnij PPM i wybierz *Functions->CFD-Post->areaAve*



- c. Ustaw kursor między nawiasy okrągłe i naciśnij PPM. Wybierz *Variables->Other* w celu zobaczenie wszystkich zmiennych



d. Wybierz zmienną *wood.Mass Flow Density* i zatwierdź OK



e. Ustaw kursor za znacznikiem „@” i wybierz *Locations->inlet*

	A	B	C
1	Air mass flow inlet	Air mass flow outlet 1	Air mass flow outlet 2
2	2.488e-01 [kg s ⁻¹]		
3			
4	Particles mass flow inlet	Particles mass flow outlet 1	Particles mass flow outlet 2
5	=areaAve(wood.Mass Flow Density)@		
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			

- f. Ustaw kursor za wyrażeniem `=areaAve(wood.Mass Flow Density)@inlet` i dopisz „`*area()@inlet`” (możesz to wpisać ręcznie z klawiatury lub użyć sposobu z PPM i podręcznym menu)

A5	<code>=areaAve(wood.Mass Flow Density)@inlet*area()@inlet</code>		
	A	B	C
1	Air mass flow inlet	Air mass flow outlet 1	Air mass flow outlet 2
2	2.488e-01 [kg s ⁻¹]		
3			
4	Particles mass flow inlet	Particles mass flow outlet 1	Particles mass flow outlet 2
5	=areaAve(wood.Mass Flow...		

- g. Naciśnij *Enter* w celu obliczenia strumienia masy cząstek na wlocie
- 9) Wykonaj analogiczne czynności jak w punkcie 8 dla komórek B5 i C5

3. WYNIKI JAKIE NALEŻY UMIEŚCIĆ W RAPORCIE

- 1) W płaszczyźnie przechodzącej przez oś cyklonu i pokaż kontury
 - a. Ciśnienia – *Pressure*
 - b. Prędkości – *Velocity*
 - c. Wektory prędkości
 - d. Linii prądu - *Streamlines*

- 2) W płaszczyznach prostopadłych do osi cyklonu dla $Y = 0.2, 1.0$ i 1.8 m i pokaż kontury
 - a. Ciśnienia – *Pressure*
 - b. Prędkości – *Velocity*
 - c. Wektory prędkości
 - d. Linii prądu - *Streamlines*
- 3) Zdjęcie trajektorii cząstek. Wyjaśnij przyczyny kształtu i długości trajektorii cząstek.
- 4) Strumienie mas powietrza i cząstek na wlocie i obu wylotach.

4. ZADANIA NIEOBOWIĄZKOWE

1. Wykonaj obliczenia dla cząstek o parametrach: średnica minimalna $10\ \mu\text{m}$, średnica maksymalna $200\ \mu\text{m}$, średnica średnia $100\ \mu\text{m}$, odchylenie standardowe $30\ \mu\text{m}$. Porównaj trajektorie cząstek.
2. Dla cząstek z punktu 1 wykonaj obliczenia dla modelu *Fully coupled* i porównaj oba rozwiązania.
3. Sprawdź wpływ długości rury wewnątrz cyklonu (rys. 1) na rozdział powietrza i cząstek stałych. W tym celu edytuj geometrię skracając długość rury. Następnie zaktualizuj siatkę numeryczną i wykonaj ponownie obliczenia dla cząstek punktu 1.

5. LITERATURA

- [1] Ansys CFX Tutorials, v 15.0, 2013.