

# Perem- és zónafeltételek

**2021. Február 23.**

**Dr. Benedek Tamás**

# Peremfeltételek

Az általános transzport egyenlet integrál alakja:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int \rho \Phi dV + \oint \rho \Phi \underline{v} \cdot \underline{dA} = \oint (\underline{S}_A + \Gamma \text{grad} \Phi) \cdot \underline{dA} + \int S_V dV$$

A számítási tartomány kontúrára eső határfelületeken meg kell határoznunk a fluxusokat és felületi forrásokat.

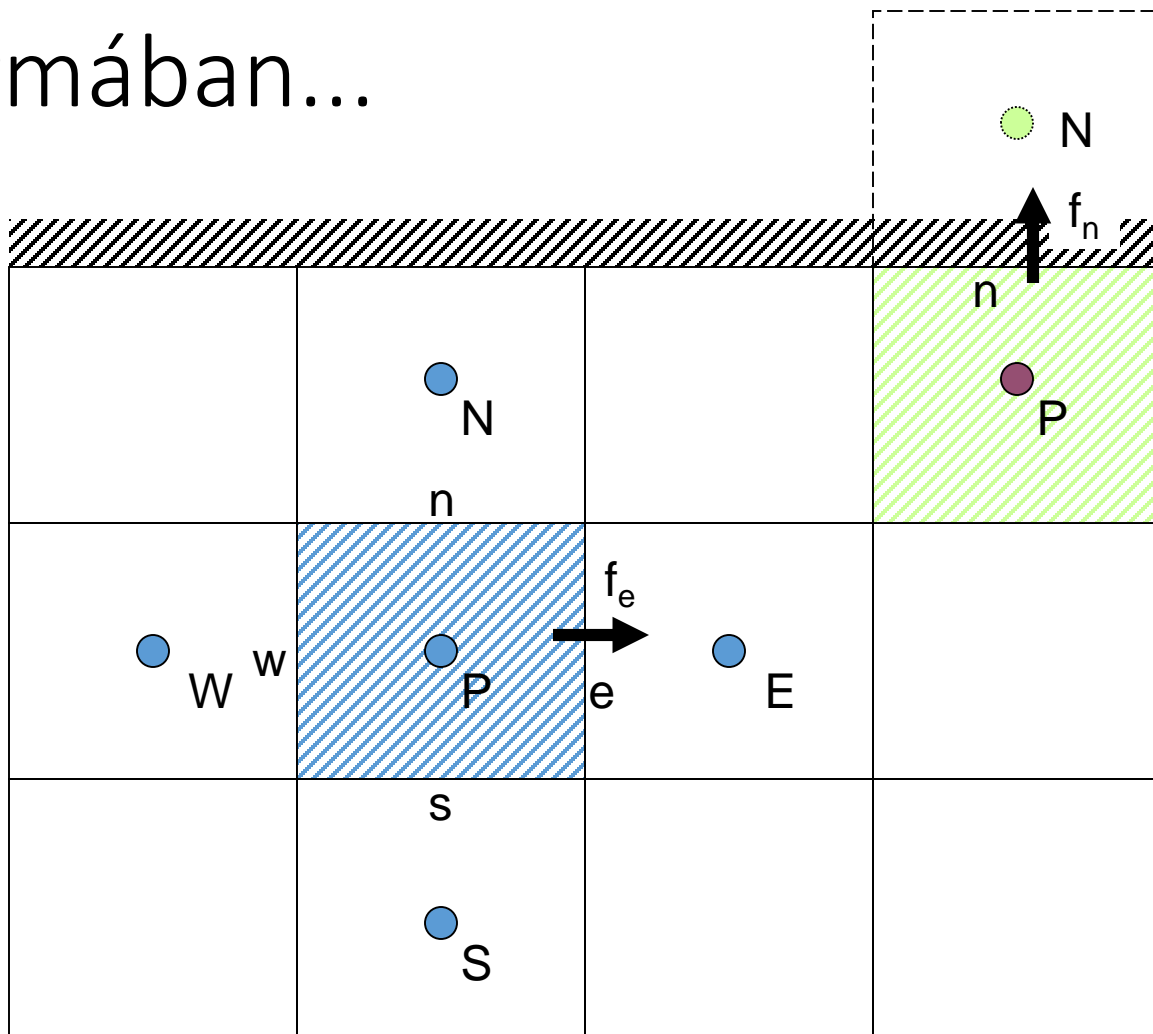
Általában háromféle peremfeltétel lehetséges egy másodrendű p.d.e. esetén:

1. Elsőfajú: a peremen adott a mezőváltozó értéke;
2. Másodfajú: a peremen adott a mezőváltozó peremre merőleges irányú deriváltjának értéke;
3. Vegyes: a mezőváltozónak és deriváltjának lineáris kombinációja adott.

Az egyes transzportegyenletekre nem teljesen függetlenül választhatók meg a peremfeltételek típusa. (Pl. nyomásra és sebességre nem lehet ugyanott elsőfajú peremfeltételt megadni.)

„Peremfeltétel csomagok” rendelhetők a határfelületekhez.

# Ugyanez numerikus formában...



Elsőfajú pf. pl,

$$\phi_n = 0:$$

$$\phi_N = -\phi_P$$

Másodfajú pf. pl,

$$\partial\phi_n / \partial y = 0:$$

$$\phi_N = \phi_P$$

$x$  Pl.  $f_e$  fluxus függ  $\phi_P$ -től és  $\phi_E$ -től, ezért a P cellára felírt egyenletben szerepelnek az E,W,N,S pontbeli  $\phi$  értékek.

# Inkompresszibilis és kompresszibilis áramlások

	Összenyomhatatlan	Összenyomható
<b>Sűrűség a nyomástól</b>	nem függ	függ
<b>Anyagmodellek</b>	állandó sűrűségű Boussinesq-féle inkomp. ideális gáz	ideális gáz
<b>Preferált megoldó</b>	Nyomás alapú	Sűrűség alapú
<b>Torlónyomás</b>	$p_{\text{tot}} = p + \frac{\rho}{2} v^2$	$p_{\text{tot}} = p \left( 1 + \frac{\kappa - 1}{2} M^2 \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$
<b>Maximális időlépés</b>	$\Delta t = C \frac{\Delta x}{v_{\perp} _{\min}}$	$\Delta t = C \frac{\Delta x}{a +  \vec{v} } _{\min}$

$i$  : inkompresszibilis

$k$  : kompresszibilis

<b>Velocity-inlet</b>	$i$	Befúvás (vagy elszívás) adott sebességprofillal. Nyomásra másodfajú. Egyéb skaláris jellemzőkre elsőfajú.
<b>Mass-flow-inlet</b>	$i+k$	Befúvás adott tömegárammal vagy $\rho v$ profillal. Nyomásra másodfajú. Egyéb skaláris jellemzőkre elsőfajú.
<b>Pressure-inlet</b>	$i+k$	Beáramlás adott össznyomás profillal. Sebesség iránya adott, a párhuzamos sebességkomponensre másodfajú. Egyéb skaláris jellemzőkre elsőfajú.
<b>Pressure-outlet</b>	$i+k$	Kiáramlás adott statikus nyomás profillal. Sebesség másodfajú. Egyéb skaláris jellemzőkre másodfajú. Céltömegáram megadható.
<b>Outflow</b>	$i$	Kiáramlás adott térfogatáram részarányal. Mindenre másodfajú. Visszaverődés és előrehatás nincs. Csak kiáramlás lehet!
<b>Pressure-far-field</b>	$k$	Be- vagy kiáramlás adott távoltéri jellemzőkkel. Az áramlás iránya és Mach-száma adott. Visszaverődés nincs.
<b>Inlet-vent</b>	$i+k$	Pressure-inlet + $\zeta(v)$ ellenállástényező. Pl. beszívás rácson keresztül.
<b>Intake-fan</b>	$i+k$	Pressure-inlet + $\Delta p(v)$ nyomásnövekedés. Pl. befúvó ventilátor.
<b>Outlet-vent</b>	$i+k$	Pressure-outlet + $\zeta(v)$ ellenállástényező. Pl. kifúvás rácson keresztül.
<b>Exhaust-fan</b>	$i+k$	Pressure-outlet + $\Delta p(v)$ nyomásnövekedés. Pl. elszívó ventilátor.

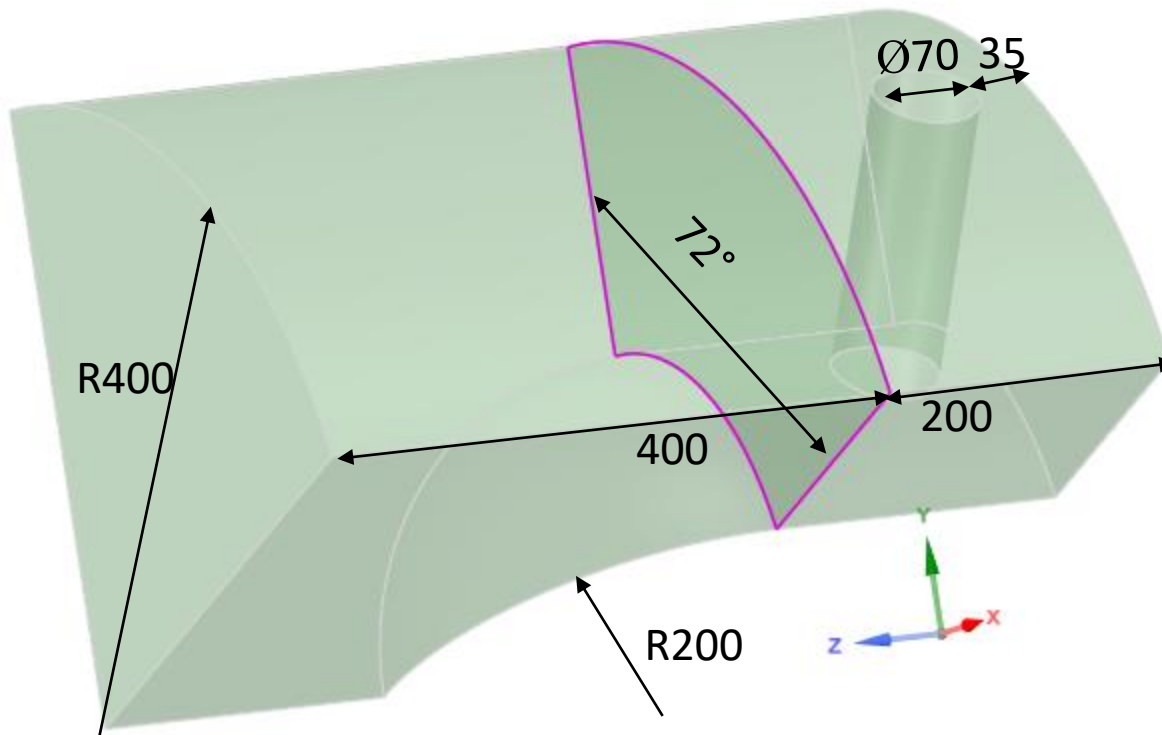
# Néhány fontos tudnivaló...

- Velocity-inlet-et
  - Nem szabad összenyomható áramlásra alkalmazni, mert hibás eredményt ad (ilyenkor Mass-flow-inlet kell.)
  - Elszívni is lehet negatív sebesség előírásával, azonban a kilépő hőáram és koncentráció helytelen értéket ad
- Pressure-inlet és -outlet
  - Egymásba át tud váltani.
  - Hasonló módon a -vent és -fan peremfeltételek is.
- Outflow:
  - Nem lehet Pressure-inlet vagy Pressure-outlet társaságában alkalmazni
  - Nem lehet összenyomható áramlás esetén alkalmazni
  - Nem lehet visszaáramlás (azonnal konvergencia problémák)
- Az áramlás megosztásának három módszere:
  - Outflow (flow rate weight beállításával)
  - Több Pressure-outlet
  - Velocity-inlet -ek negatív sebességgel.

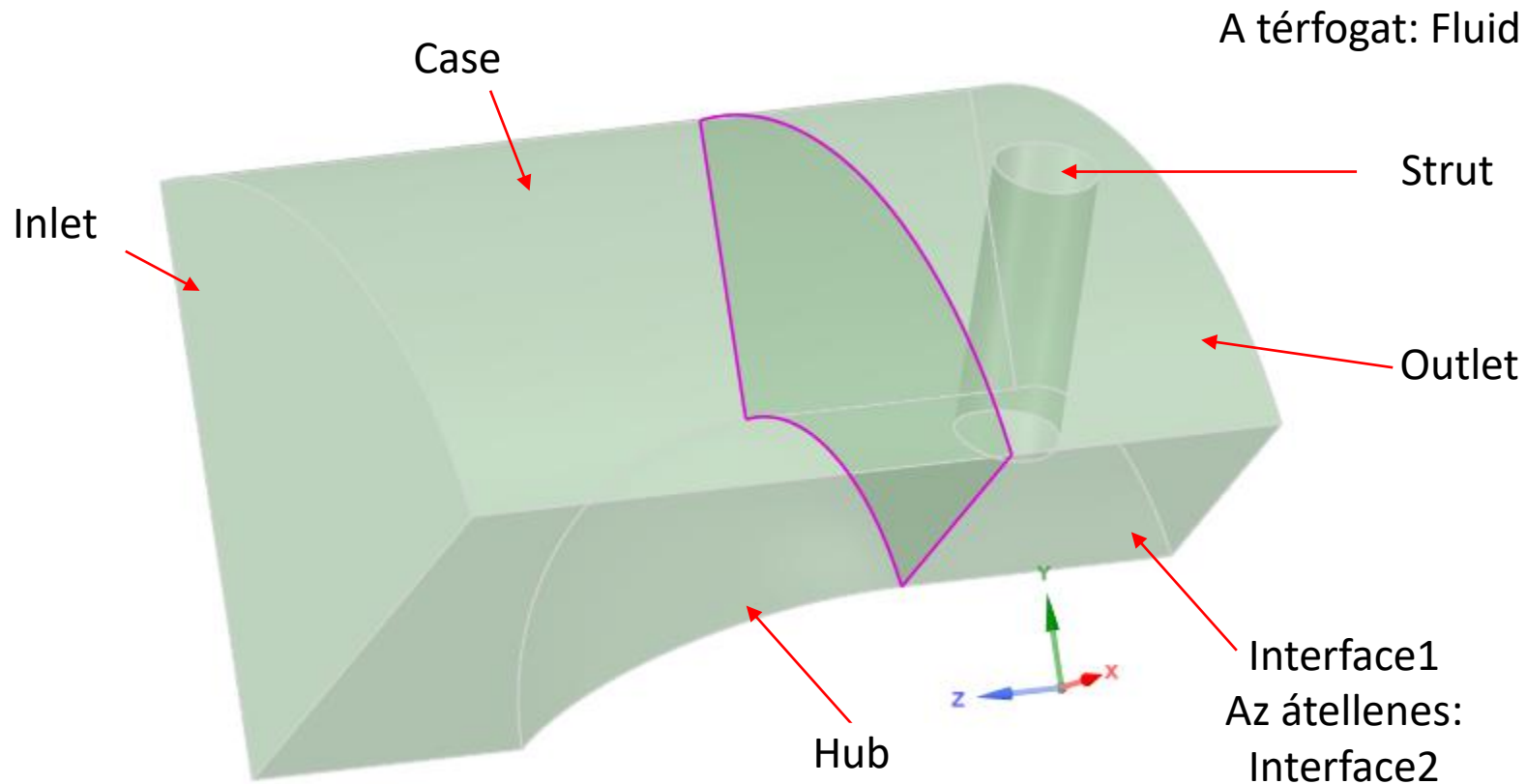
# Egyéb peremfeltételek

<b>Symmetry</b>	Szimmetriasík. A merőleges sebességkomponens 0, minden másra másodfajú.
<b>Wall</b>	Fal. Sebességre elsőfajú, nyomásra másodfajú, hőmérsékletre többféle lehet. Pl. egy vízfelszín tekinthető súrlódásmentes falnak.
<b>Axis</b>	Axisymmetric 2D modell tengelye. Mindig az x tengelyre essen! $v=0$ , $w=0$ , minden másra másodfajú.
<b>Periodic</b>	A mezőváltozók értékei a felület-pár megfelelő pontjaiban megegyeznek. Mindkét felületen azonos felületi háló kell. Lehet eltolásos (pl. csőköteg egy eleme), vagy elforgatott (pl. egy ventilátor lapát). Nyomásgradiens, vagy céltömégáram megadható.
<b>Interface</b>	Két térrész összekapcsolása. A határfelületi hálók lehetnek eltérők. A felületek időlépésenként elcsúszhatnak egymáson. Periodizálható.

# Geometria



# Peremek kijelölése



# A modell felépítése

Alapbeállítások ←

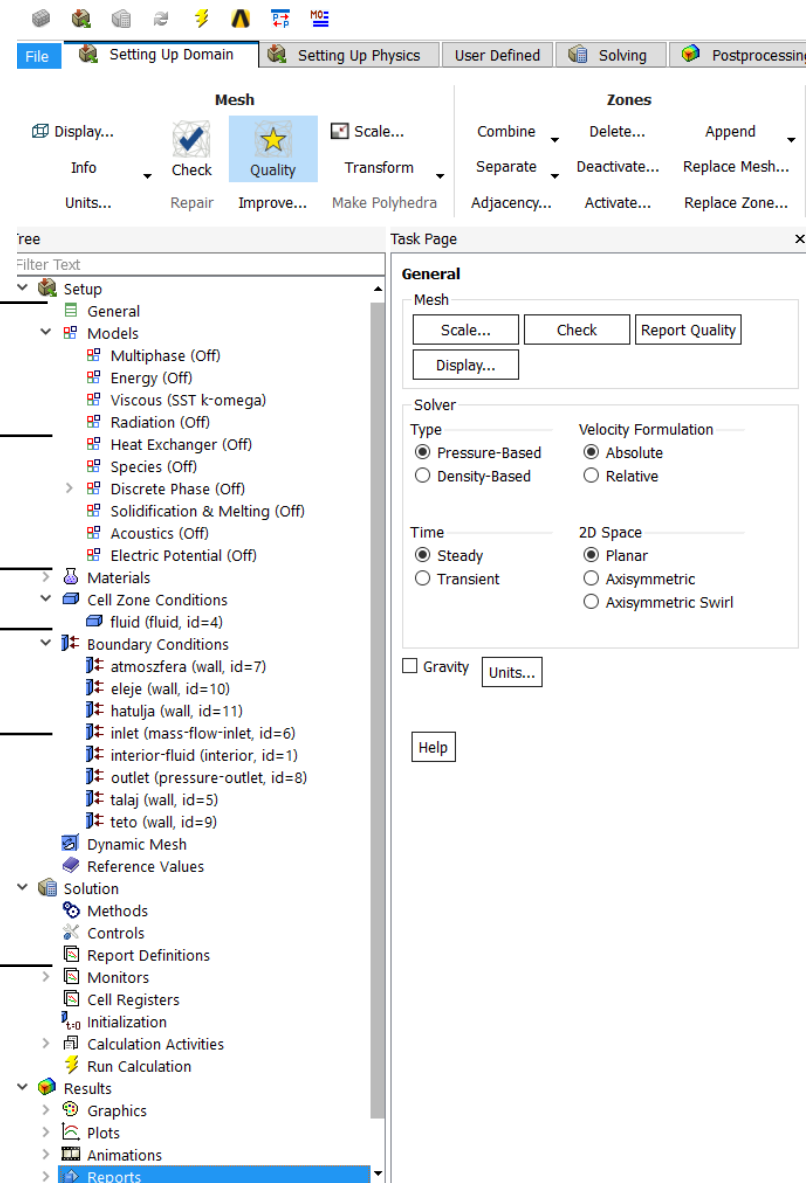
Modellek ←

Anyagtulajdonságok ←

Zónafeltételek ←

Peremfeltételek ←

További beállítások ←



The screenshot shows the ANSYS Fluent software interface. The top menu bar includes File, Setting Up Domain, Setting Up Physics, User Defined, Solving, and Postprocessing. The 'Mesh' panel is active, showing options like Display..., Check, Quality, Scale..., Transform, Repair, Improve..., and Make Polyhedra. The 'Zones' panel shows options like Combine, Delete..., Append, Separate, Deactivate..., Replace Mesh..., Adjacency..., Activate..., and Replace Zone... The 'Task Page' is open, showing the 'General' tab with 'Mesh' and 'Solver' sections. The 'Mesh' section has buttons for Scale..., Check, Report Quality, and Display... The 'Solver' section has options for Type (Pressure-Based, Density-Based) and Velocity Formulation (Absolute, Relative). The 'Time' section has options for Steady and Transient, and 2D Space (Planar, Axisymmetric, Axisymmetric Swirl). There is a 'Gravity' checkbox and a 'Units...' button. A 'Help' button is also visible. The 'Tree' panel on the left shows a hierarchical structure of the model, including Setup, Models, Materials, Cell Zone Conditions, Boundary Conditions, Dynamic Mesh, Reference Values, Solution, and Results.

# Alapbeállítások

## A kontinuitási egyenlet kezelése:

- Pressure-Based: összenyomhatatlan áramlások
- Density-Based: összenyomható (pl. nagy sebességű) áramlások

**Más peremfeltételek, anyagmodellek, diszkretizációs sémák használhatóak, a különféle áramlások esetén!**

**Időfüggés beállítása**

**Erőterek kezelése**

## General

### Mesh

Scale...

Check

Report Quality

Display...

### Solver

#### Type

Pressure-Based

Density-Based

#### Velocity Formulation

Absolute

Relative

#### Time

Steady

Transient

#### 2D Space

Planar

Axisymmetric

Axisymmetric Swirl

Gravity

Units...

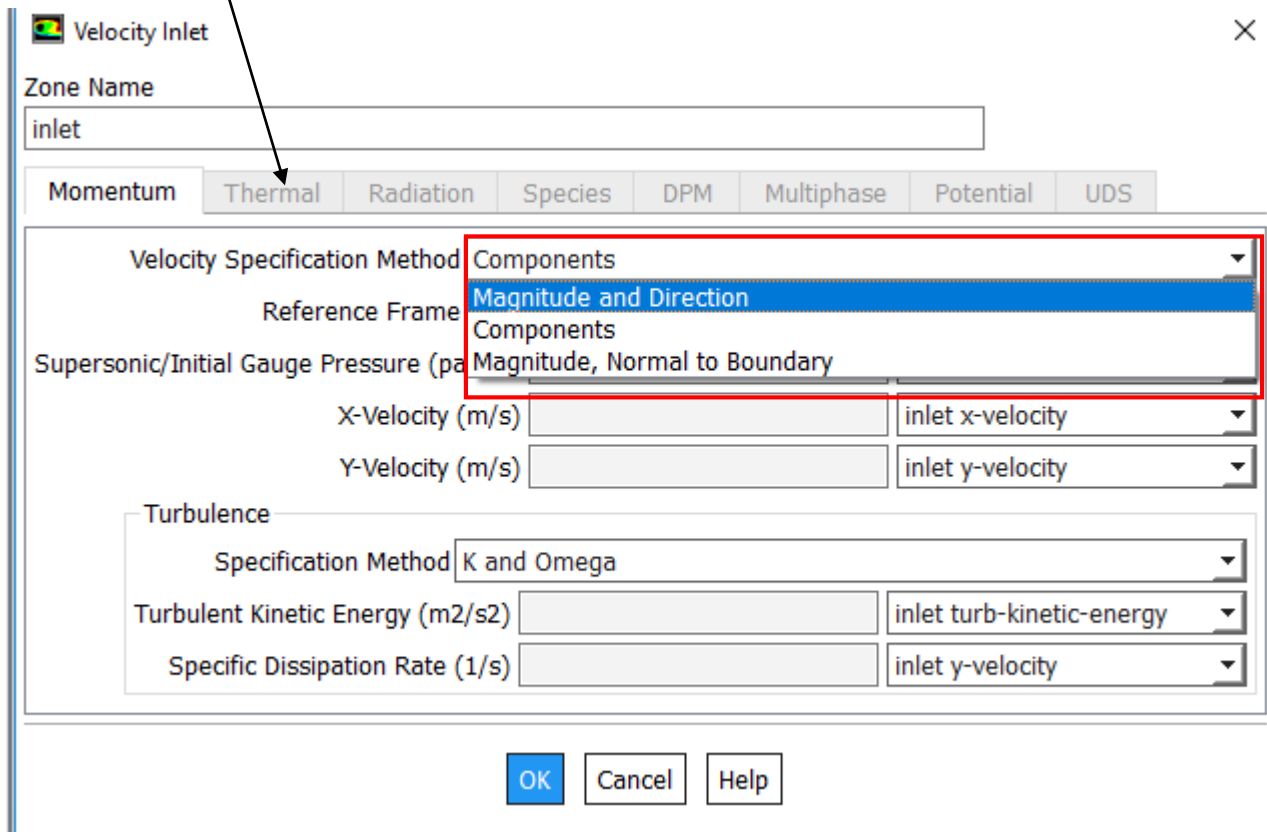
Help

**Jelen esetben a 2D  
kezelése**

Pl. egy egyenes kör km.-  
ű csövet lehet 2D  
axisymmetric modellel  
szimulálni

# Példa: sebesség belépés

- Megadható: sebesség, további modellek bekapcsolása esetén: turbulencia jellemzők, hőmérséklet ...
- Sebesség megadása:
  - Nagyság, merőleges a felületre
  - Nagyság és irány
  - komponensek



Velocity Inlet

Zone Name  
inlet

Momentum Thermal Radiation Species DPM Multiphase Potential UDS

Velocity Specification Method Components  
Magnitude and Direction  
Components  
Magnitude, Normal to Boundary

Reference Frame

Supersonic/Initial Gauge Pressure (pa)

X-Velocity (m/s) inlet x-velocity

Y-Velocity (m/s) inlet y-velocity

Turbulence

Specification Method K and Omega

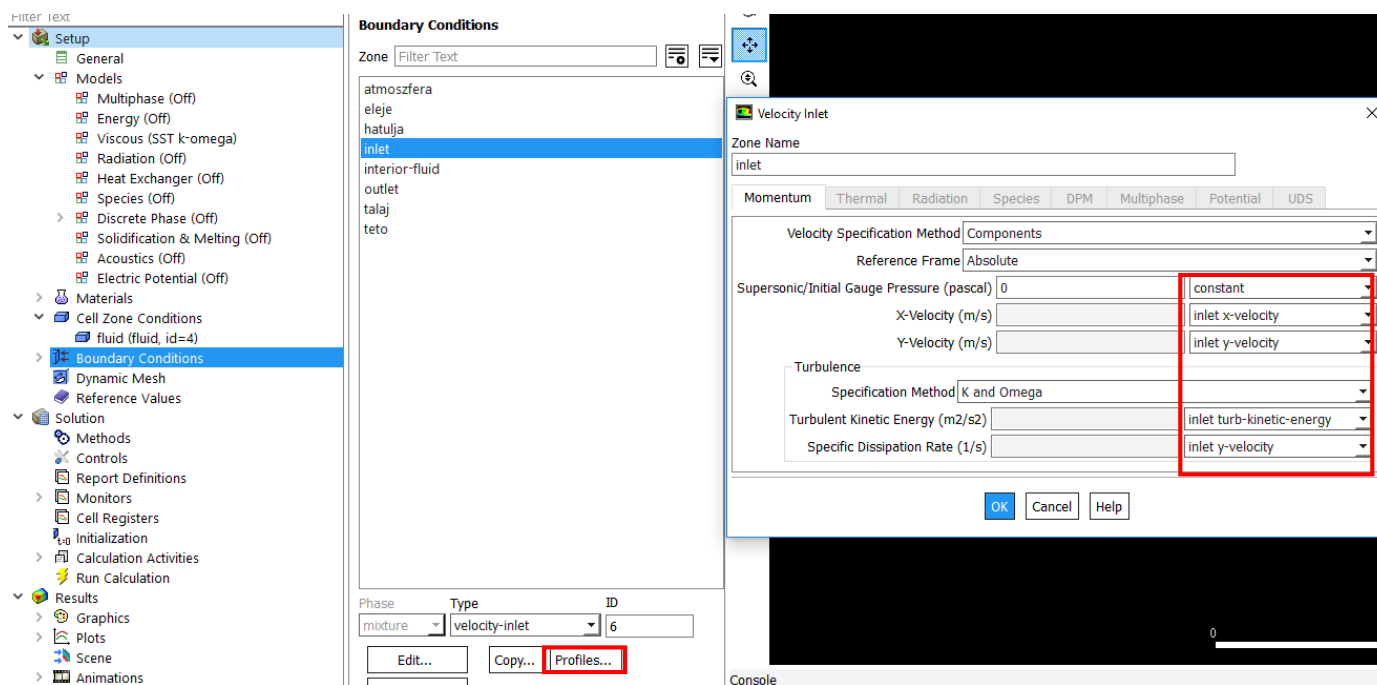
Turbulent Kinetic Energy (m2/s2) inlet turb-kinetic-energy

Specific Dissipation Rate (1/s) inlet y-velocity

OK Cancel Help

# Profilok kiírása, beolvasása

- Kiírás: file/export/profile → jellemzők megadása
- Beolvasás: B. C.-s → profiles → read
- Pl. sebesség komponensekre és turbulencia jellemzőkre is megadható profil
- Időfüggő profilok is megadhatók, pl.:  
(gyorsulo\_beomles 3 point) (time 0.1 0.2 0.3) (v\_x 0.0 2.3 13.4))

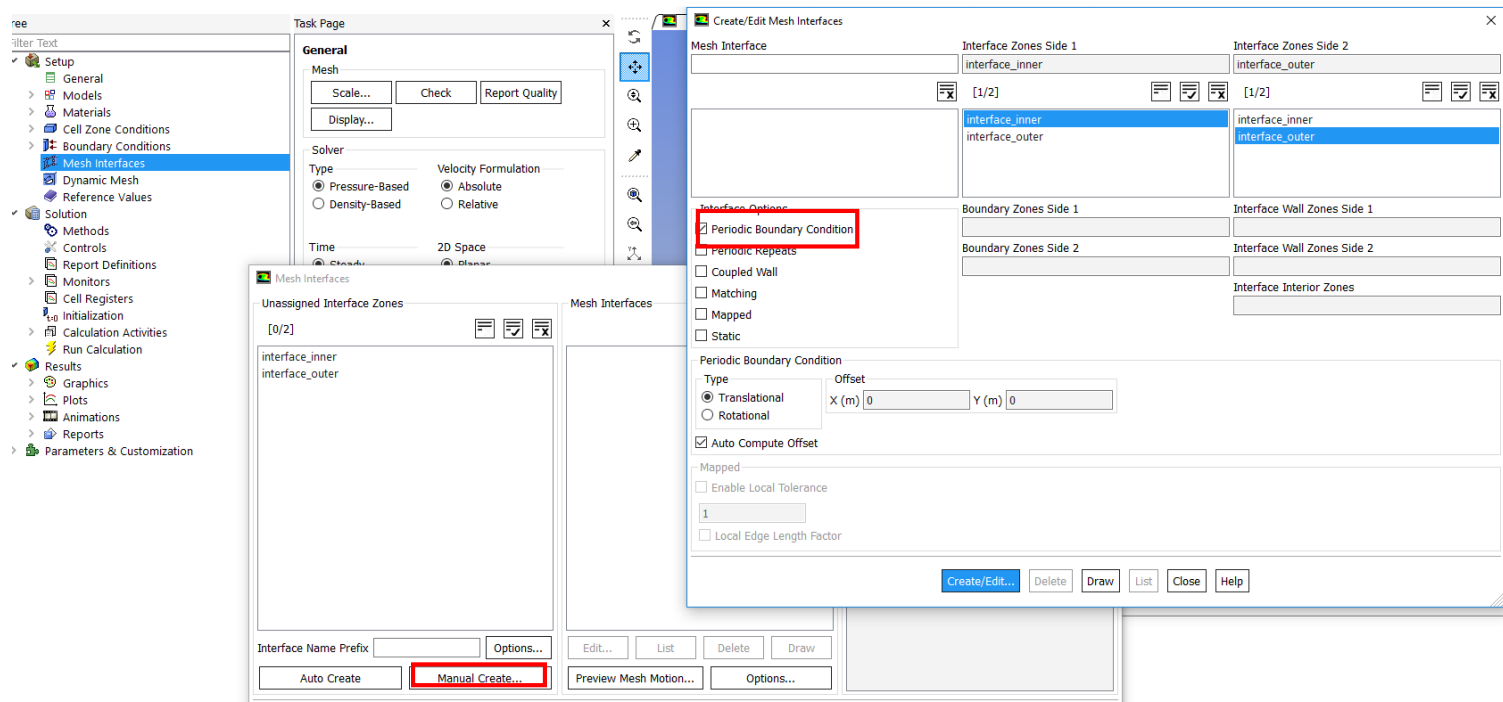


The screenshot displays the ANSYS Fluent software interface. On the left, the 'Boundary Conditions' panel shows a list of zones, with 'inlet' selected. Below this list, a table shows the phase as 'mixture', the type as 'velocity-inlet', and the ID as '6'. The 'Profiles...' button is highlighted with a red box.

The 'Velocity Inlet' dialog box is open, showing the 'Momentum' tab. The 'Velocity Specification Method' is set to 'Components'. The 'Reference Frame' is 'Absolute'. The 'Supersonic/Initial Gauge Pressure (pascal)' is '0'. The 'X-Velocity (m/s)' and 'Y-Velocity (m/s)' are both set to 'constant'. The 'Turbulence' section shows the 'Specification Method' as 'K and Omega', 'Turbulent Kinetic Energy (m2/s2)' as 'inlet turb-kinetic-energy', and 'Specific Dissipation Rate (1/s)' as 'inlet y-velocity'. The 'Profiles...' button is also highlighted with a red box.

# Periodikus perem, interface

- Periodikus perem beállítása azonos háló esetén: mesh/modify-zones/make-periodic
  - Forgás vagy eltolás beállítás
- Eltérő háló esetén: mesh interfaces, manual create, periodic boundary condition
- Periodikus perem esetén: céltömegáram vagy nyomásgradiens megadható



# Zóna feltételek

- Mozgás megadása
- Porozitás
- Forrástagok (hőforrás, impulzus forrás, ...)
- ...
- Forgógépek kezelése: Frame motion vagy Mesh motion

Zone Name  
fluid

Material Name air Edit...

Frame Motion  Laminar Zone  Source Terms  
 Mesh Motion  Fixed Values  
 Porous Zone

Reference Frame Mesh Motion Porous Zone 3D Fan Zone Embedded LES Reaction Source Terms Fixed Values Multiphase

Relative Specification UDF  
 Relative To Cell Zone absolute Zone Motion Function none

Rotation-Axis Origin  
 X (m) 0 constant  
 Y (m) 0 constant

Rotational Velocity Translational Velocity  
 Speed (rad/s) 0 constant X (m/s) 0 constant  
 Y (m/s) 0 constant

Copy To Mesh Motion

OK Cancel Help

# Áramlástechnikai gépek modellezése

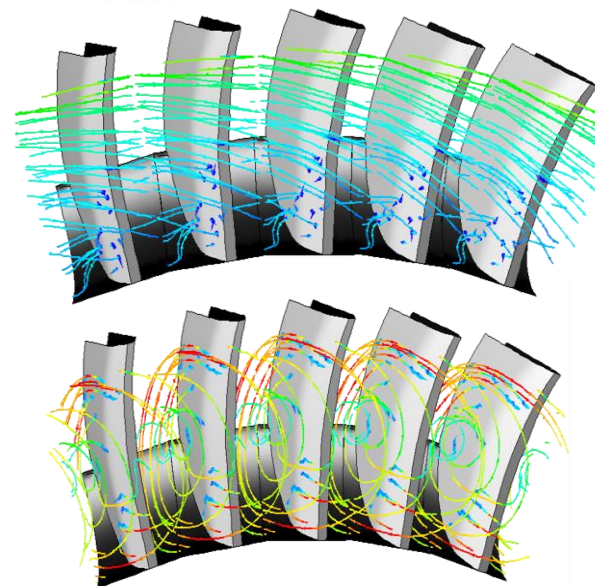
1. Hatáskeresztmetszet modell - fan
2. „Befagyasztott” járókerék modell - frozen rotor
3. Keverőfelület modell - mixing plane
4. Csúszó hálós modell - sliding mesh

## 2. „Befagyasztott” járókerék modell (frame motion)

Pl. oldalcsatornás üzemanyagszivattyú



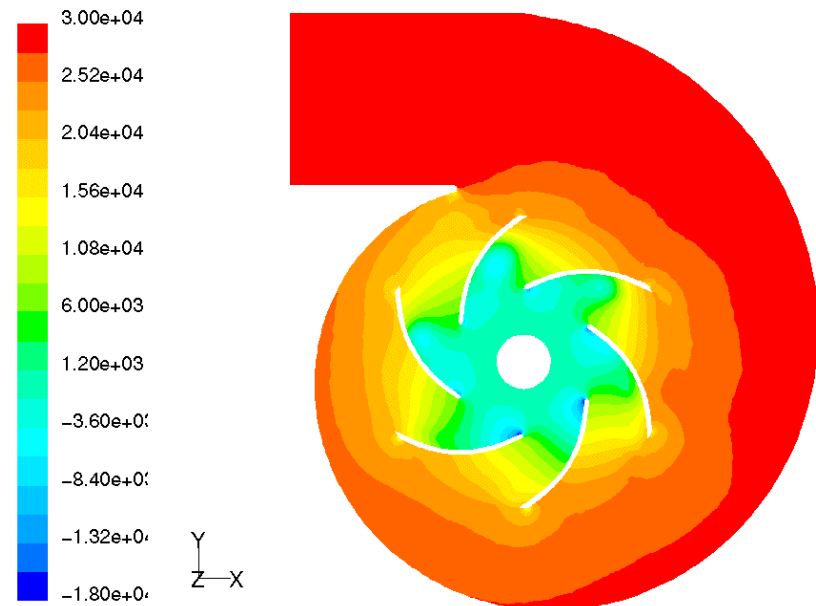
Nyomás-  
megoszlás



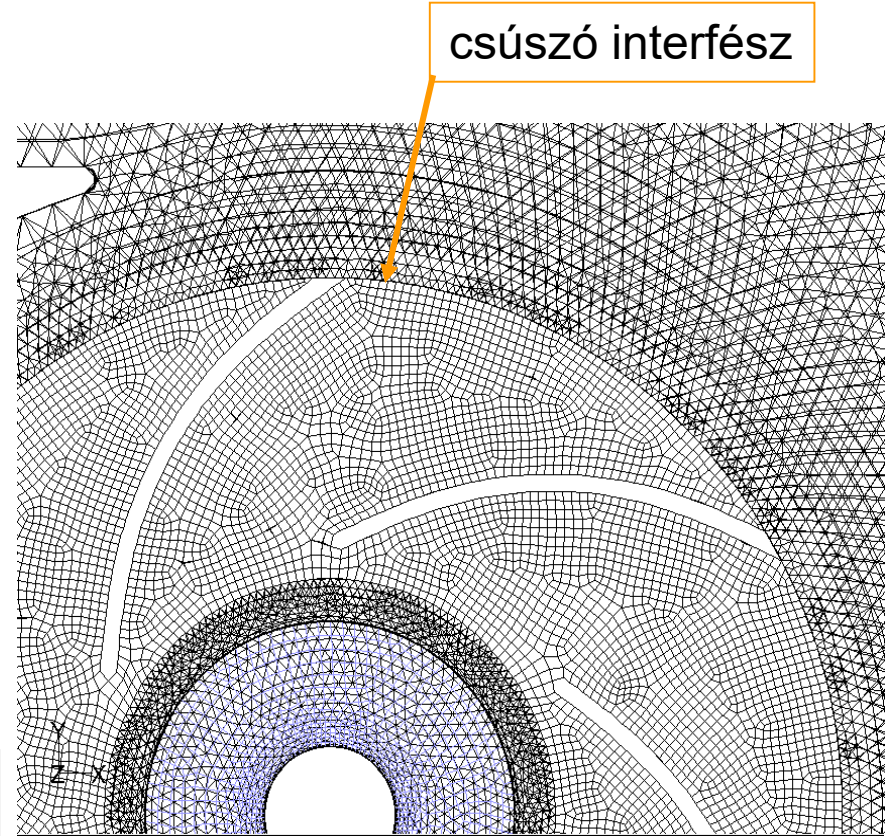
Ha sok lapát van, akkor jó közelítést ad.

A lapátok periodicitása kihasználható.

# 4. Csúszó hálós modell (mesh motion) → mindenképpen időfüggő



Contours of Static Pressure (pascal) (Time=1.5000e-01) Sep 13, 2002  
 FLUENT 6.0 (3d, segregated, mngke, unsteady)

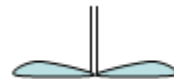


Ha a csigaházban változik a nyomás, a lapátcsatornákat időben változó nyomás terheli.

Így figyelembe vehető a lokális gyorsulás a lapátcsatornában.

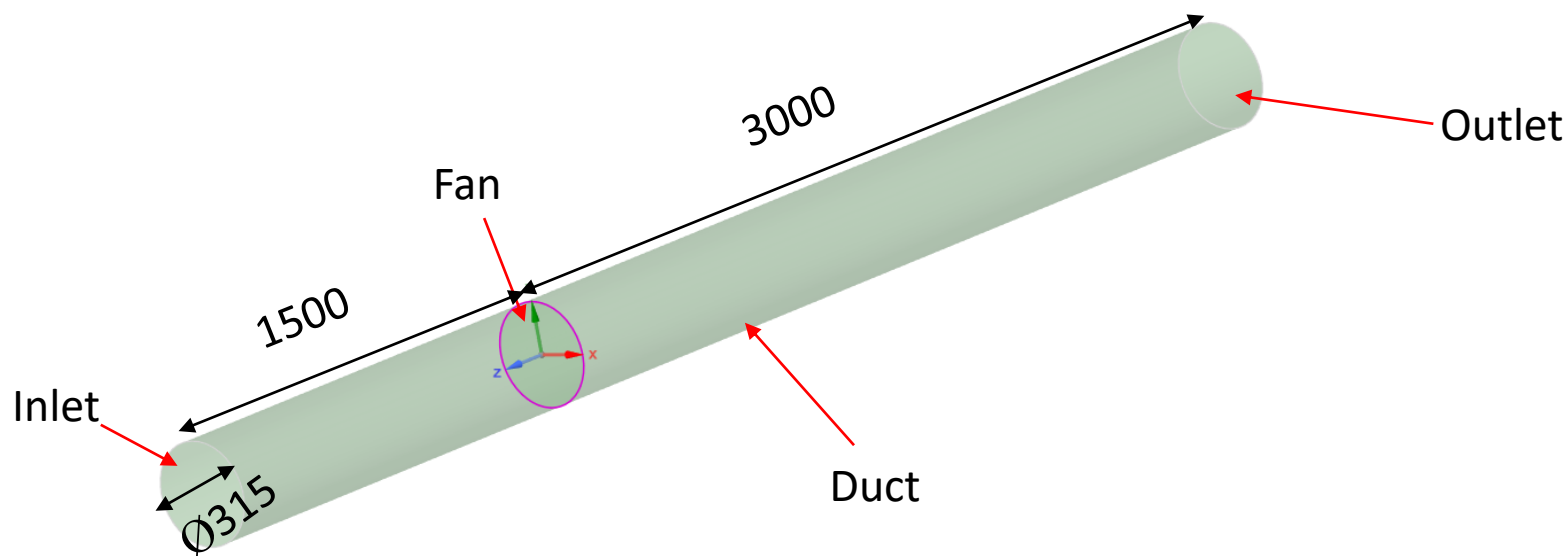
FLUENT rendszerben quad cellákkal kell hálózni a csúszó interfészt.

Ugyanez axiális átömlésű gép esetében:



# Fan modell

A térfogat: Fluid

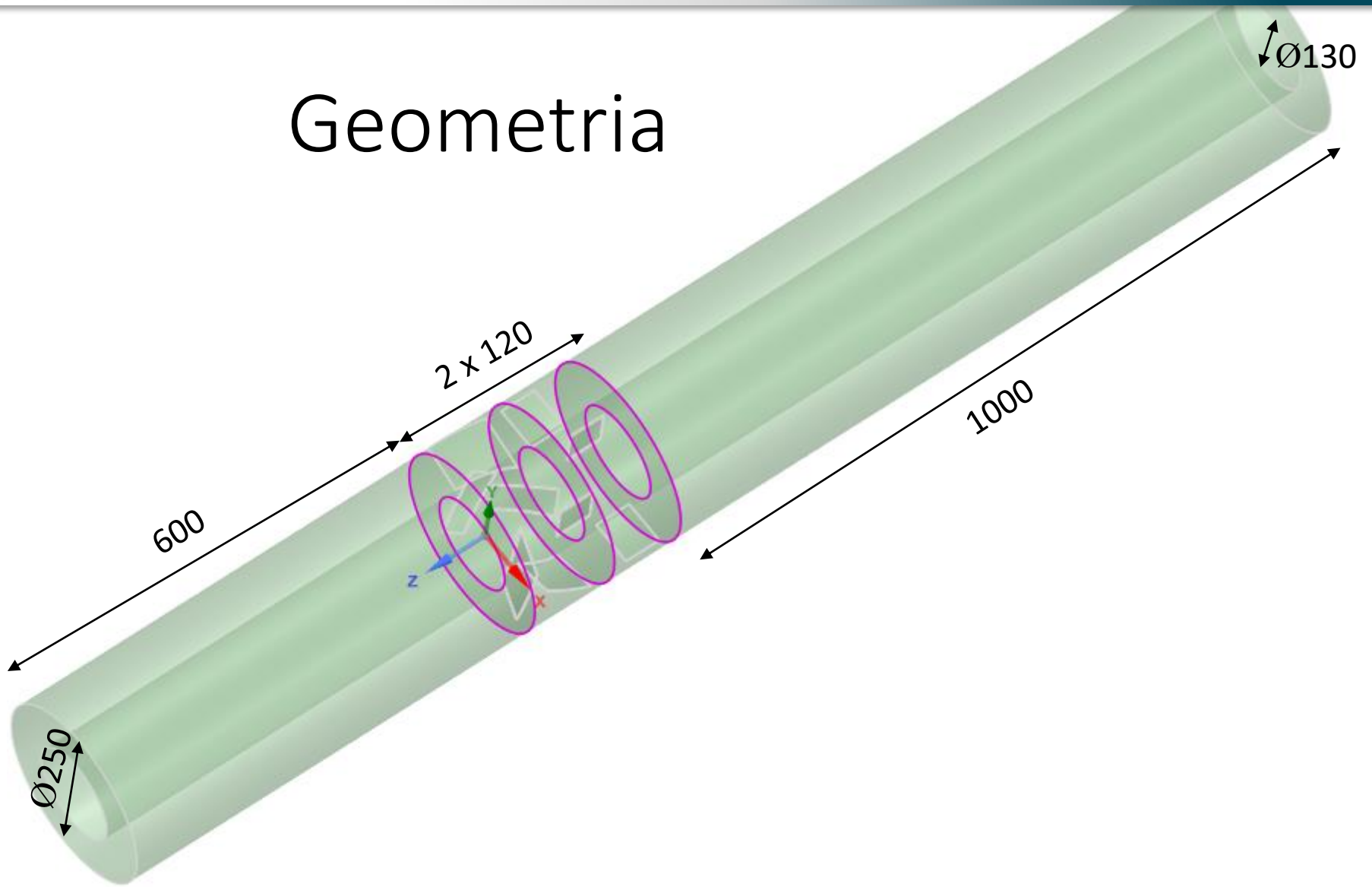


Csak a külön „Named selection”-ökre állítható be külön peremfeltétel FLUENT-ben

# Fan modell - jelleggörbe

$\Delta p$ [Pa]	v [m/s]
75	2.47
69	2.99
61	3.57
53	4.02
47	4.41
43	4.71
38	4.99
34	5.18
28	5.36
17	5.88

# Geometria



# Zónák

