

Obsah seminární práce

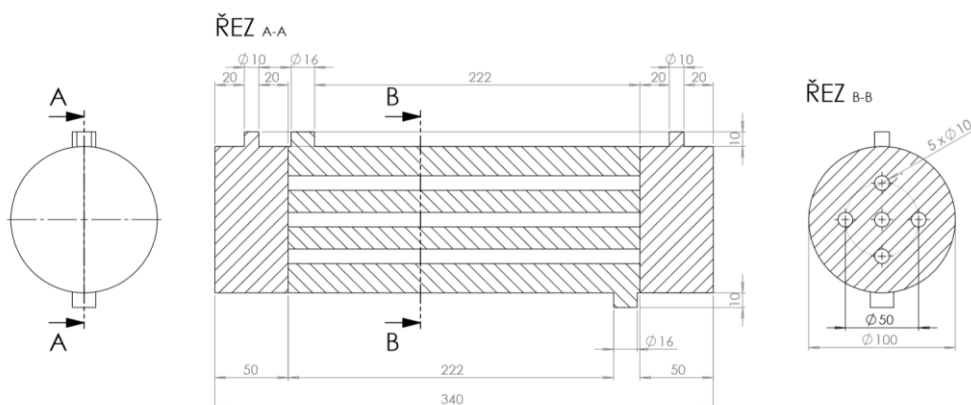
1. Popis problému, fyzikálních vlastností, okrajových podmínek
2. Definice matematického modelu, teoretické a empirické vztahy pro Re , Pr , Nu , součinitel přestupu tepla a jejich odhad (pokud to má smysl)
3. ANSYS DesignModeler – tvorba modelu, okrajové podmínky, oblasti proudícího média
4. Fluent Meshing – síťování (počet buněk menší než 500 000)
5. ANSYS Fluent
 - Start ANSYS Fluent, použít paralelní výpočet, prověřit následující parametry: jednotky a rozměry oblasti, počet buněk
 - Zobrazení sítě včetně okrajových podmínek, kontrola
 - Definovat model, materiály, okrajové podmínky
 - Inicializace, výpočet
 - Zobrazení reziduálů,
 - Vytvoření pomocných řezů pro zobrazení vektorů rychlosti, kontur statického tlaku, rychlosti, teploty, efektivní viskozity, XY grafem tepelný tok skrz stěnu, nastavení referenčních hodnot pro teplotu a rozměr, součinitel přestupu tepla, Nusseltovo číslo.
 - Porovnání výsledků z CFD simulace a odhad
 - Závěr

Řešení proudění ve výměníku tepla (voda – vzduch) – vzorový příklad

1. Zadání

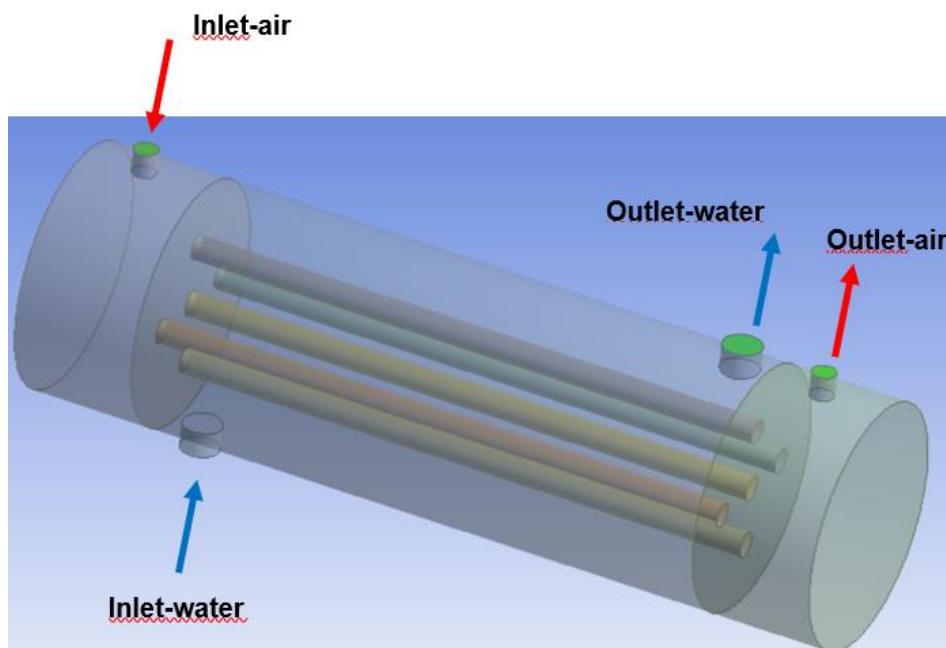
Provedte matematickou simulaci proudění vody a vzduchu v přiložené 3D geometrii s přestupem tepla. Model vytvořte v programu Design Modeler a výpočetní síť v programu Fluent Meshing. Definujte jednotlivé oblasti a parametry dle zadaných okrajových podmínek. Dále definujte matematický model, zrealizujte numerické výpočty a výsledky zhodnoťte. Ukázka na vzorovém příkladu je primárně zaměřena na tvorbu geometrie a výpočetní sítě, kterou budete realizovat v programu Fluent Meshing. Ve výuce jsem se Vám o tom zmiňoval.

Geometrie



Obr. 1 – Geometrie výměníku

Pojmenování okrajových podmínek

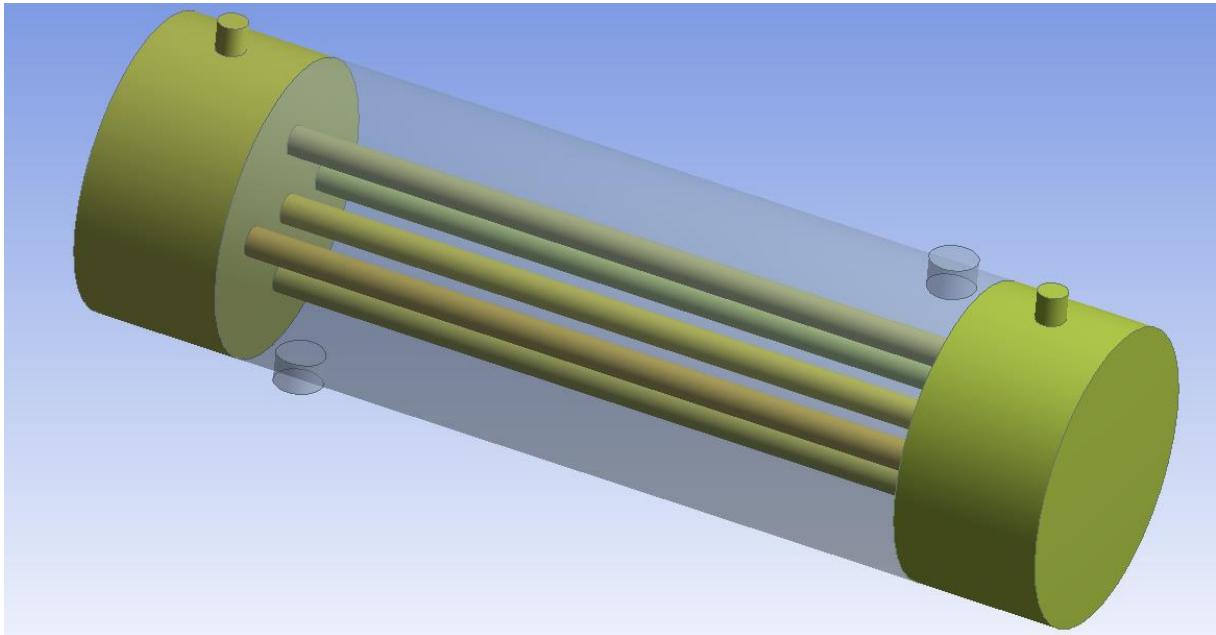


Obr. 2 – Pojmenování okrajových podmínek

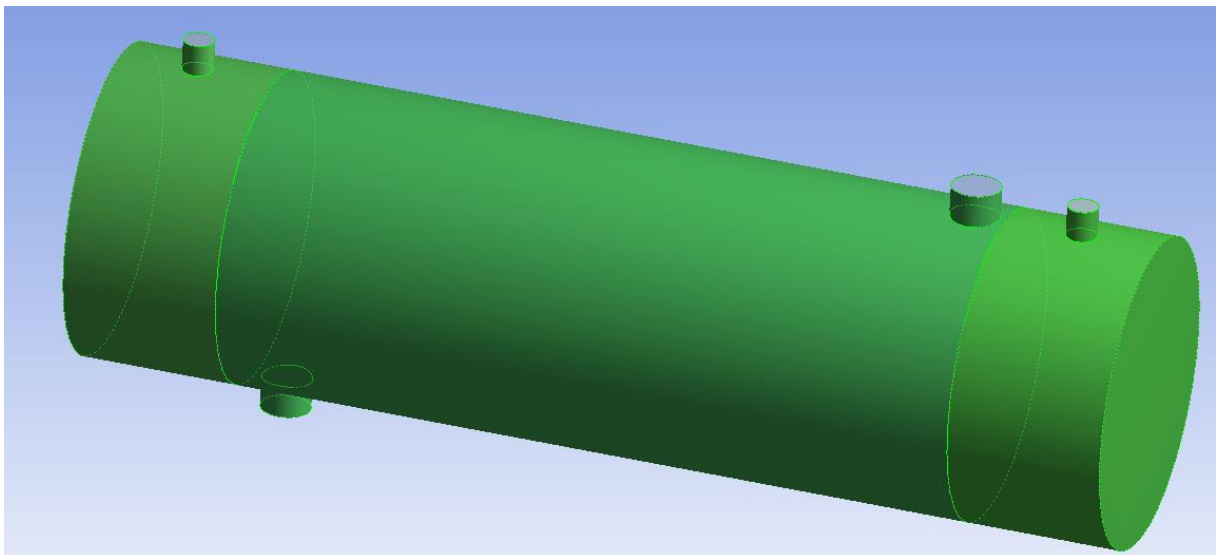
Postup tvorby geometrie

Geometrii vytvořte v programu DesignModeler v prostředí ANSYS Workbench. Jednotlivé objemy nastavte jako Fluid. Dále pojmenujte okrajové podmínky pro plochy a objemy, tak jak je popsáno níže. Následně proveďte export geometrie do formátu DesignModeler (*.agdb).

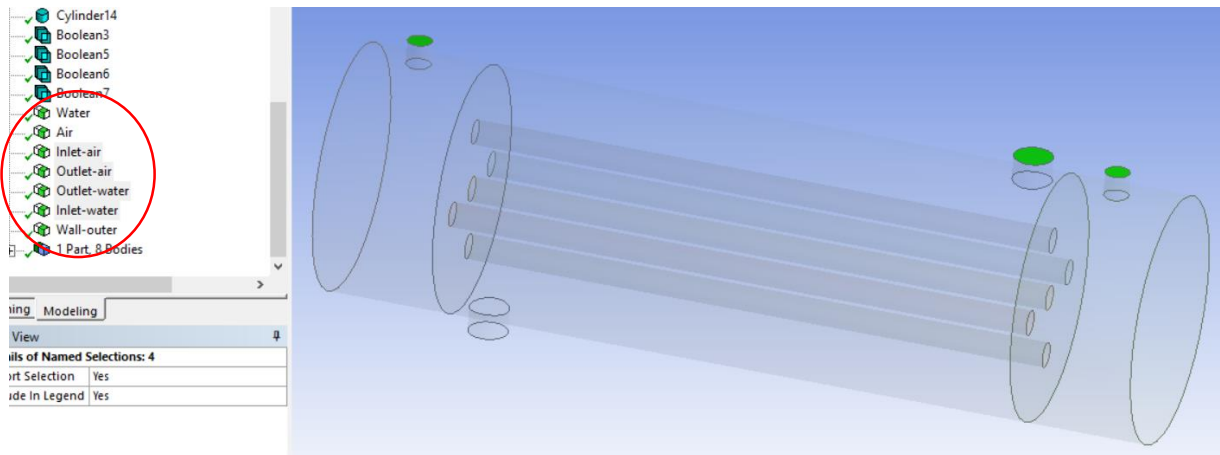
Jednotlivé oblasti (zóny) **vzduchu** jsou patrné z obrázku níže. Zbylá oblast je **voda**.



Vnější plochy modelu pojmenujte jako stěny (např. „**Wall-outer**“)

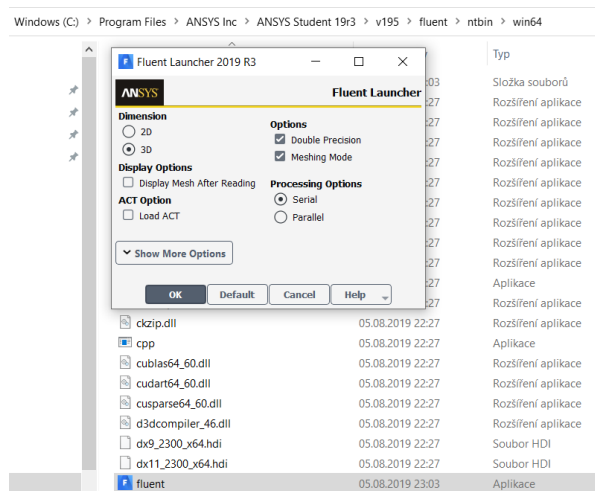


Výsledné pojmenování okrajových podmínek (**vstupy, výstupy, stěny, oblasti proudění**) je patrné z obrázku níže

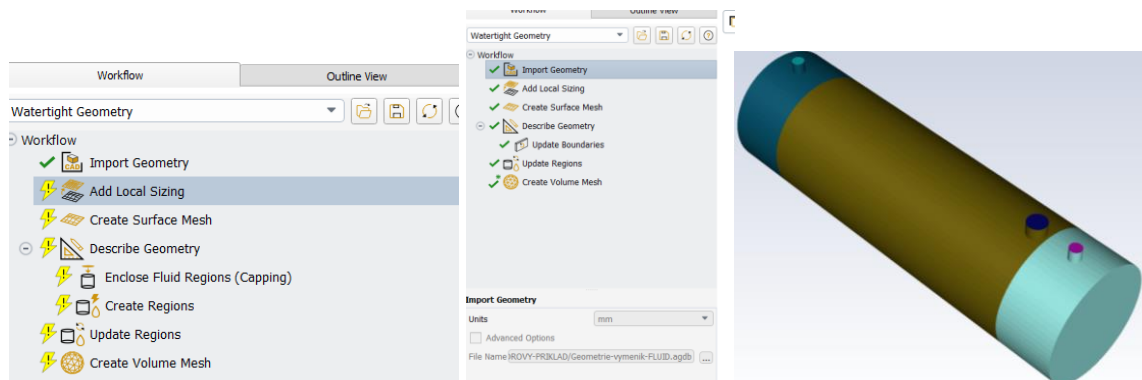


Finálně proveďte export geometrie do formátu DesignModeler (*.agdb)

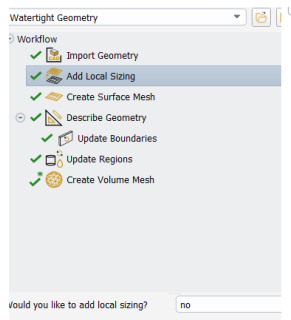
Následně vytvořte výpočetní síť v programu Fluent Meshing. Nejedná se o tvorbu sítě v ANSYS Meshing. Fluent Meshing se spouští prostřednictvím ANSYS Fluentu. V rámci studentské verze je nutné ANSYS Fluent spustit mimo workbench. Tzn. najít exe soubor Fluent v samotné instalaci na disku a spustit. Nejčastější cesta instalace je viz na obrázku níže. Spuštění FluentMeshingu je pomocí nabídky „**Meshing Mode**“ v Options. Zatrhněte i „**Double Precision**“.



V prvním kroku importujte geometrii z DesignModeleru (*.agdb).

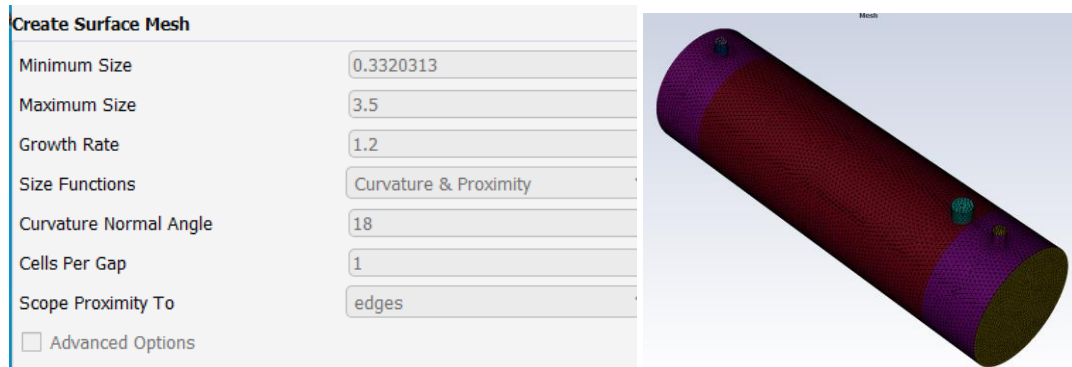


Poté potlačte lokální síťování (**Add Local Sizing**)



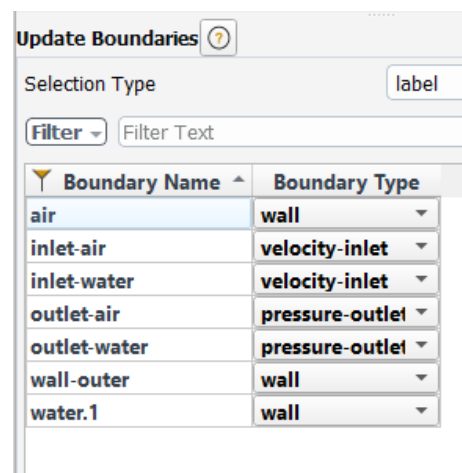
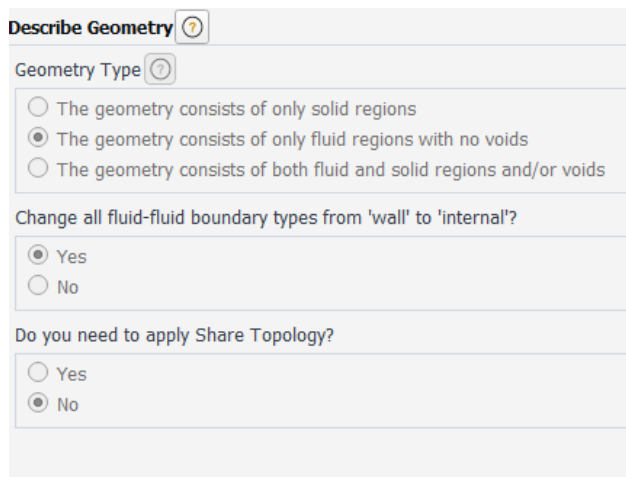
V dalším kroku definujte parametry povrchové sítě (**Surface Mesh**)

Defoultně se nastaví hodnoty odpovídající modelu. Můžete měnit velikost elementů (**Minimum Size, Maximum Size**). Zbylé parametry ponechte, tak jak jsou přednastavené.



Další parametry se týkají okrajových podmínek (**Describe Geometry**).

Nejdříve definujte obecné nastavení, tak jak je zobrazeno níže. Včetně okrajových podmínek (**Update Boundaries**).



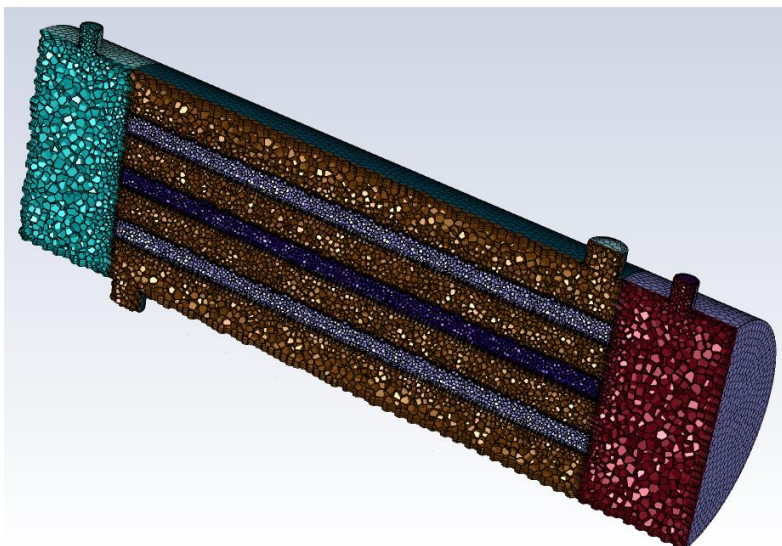
V dalším kroku potvrďte update oblasti (**Update Regions**)

Region Name	Region Type
air-solid	fluid
air-solid.1	fluid
air-solid.2	fluid
air-solid.3	fluid
air-solid.4	fluid
air-solid.5	fluid
air-solid.6	fluid
water	fluid

Posledním krokem je definování parametrů pro objemové síťování (**Create Volume Mesh**) pomocí polyhedrální sítě. Opět údaje jsou přednastavené stejně jako u povrchového síťování (Surface Mesh). Upravte pokud je potřeba pouze maximální velikost elementu (**Max Cell Length**).

Create Volume Mesh	
Boundary Layer Settings on Fluid walls	
Offset Method Type	smooth-transition
Number Of Layers	3
Transition Ratio	0.272
Growth Rate	1.2
<input type="checkbox"/> Advanced Options	
Volume Settings	
Fill With	polyhedra
Growth Rate	1.2
Max Cell Length	4.313436
<input type="checkbox"/> Advanced Options	

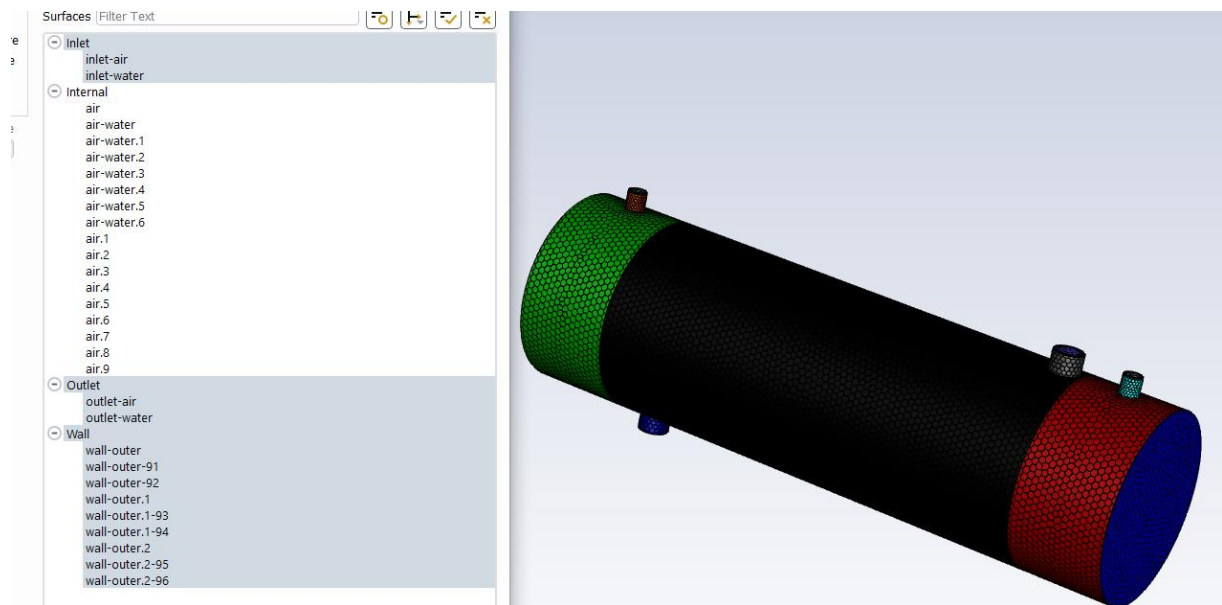
Výsledkem je výpočetní síť znázorněna na obrázku níže



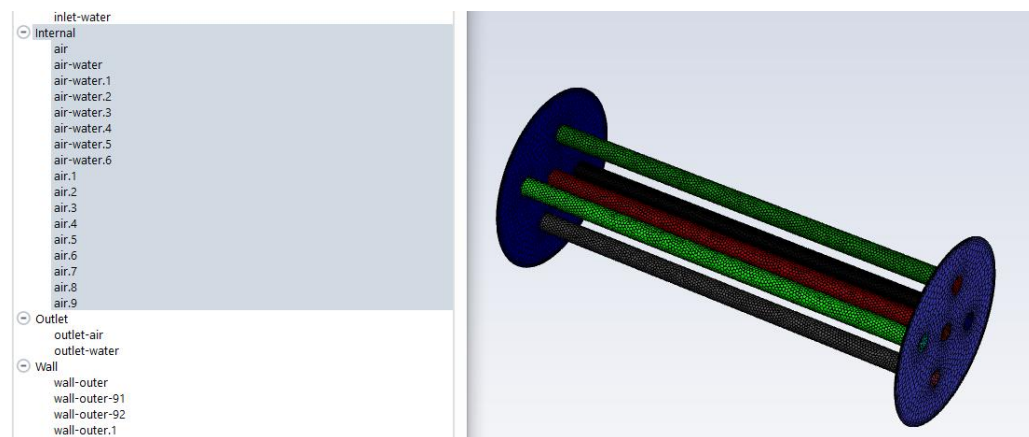
Následně objemovou síť exportujte ve formátu (*.msh)

Po spuštění ANSYS Fluent 2019 R3 načtěte výpočetní síť příkazem „File-read-Mesh“. Po načtení je potřeba zobrazit a případně upravit typy okrajových podmínek.

Zobrazení vstupních okrajových podmínek, výstupních okrajových podmínek a vnějších stěn je patrné z obrázku níže. Příkazem „Domain-Mesh-Display“.



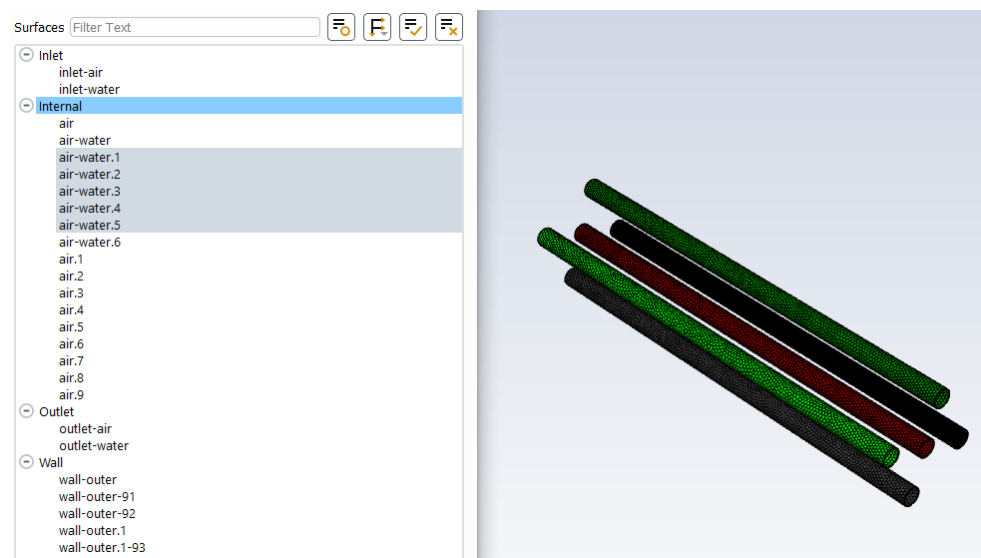
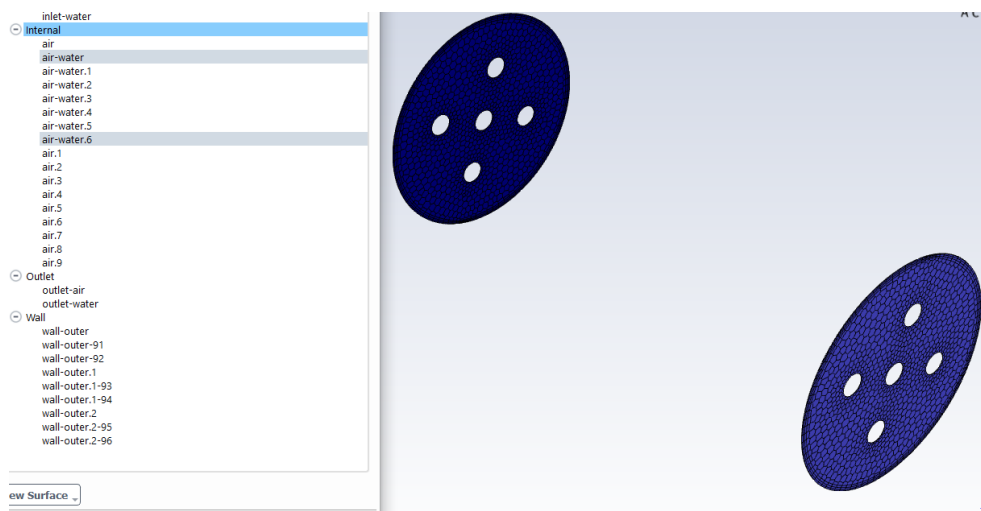
Po importu výpočetní sítě dojde k „defaultnímu“ rozdělení okrajových podmínek, kdy určité typy okrajových podmínek je nutné předdefinovat. Jedná se o typ „Internal“, tzv. živé buňky. Typ „Internal“ představuje průchozí podmínku, tzn. tekutina skrze tuto podmínku prochází. Což samozřejmě není fyzikálně v pořádku pro všechny plochy. Okrajové podmínky typu „Internal“ jako celek jsou zobrazené níže.



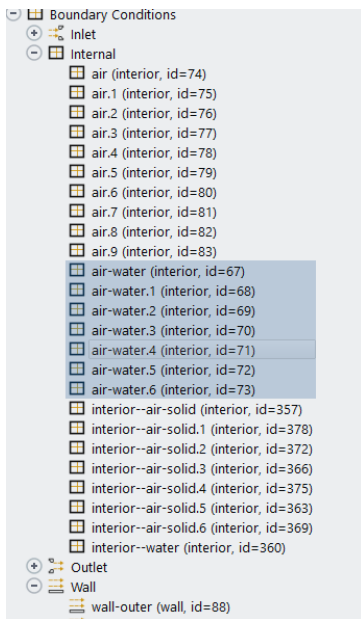
Okrajové podmínky typu „Internal“, které jsou v pořádku jsou znázorněny níže.



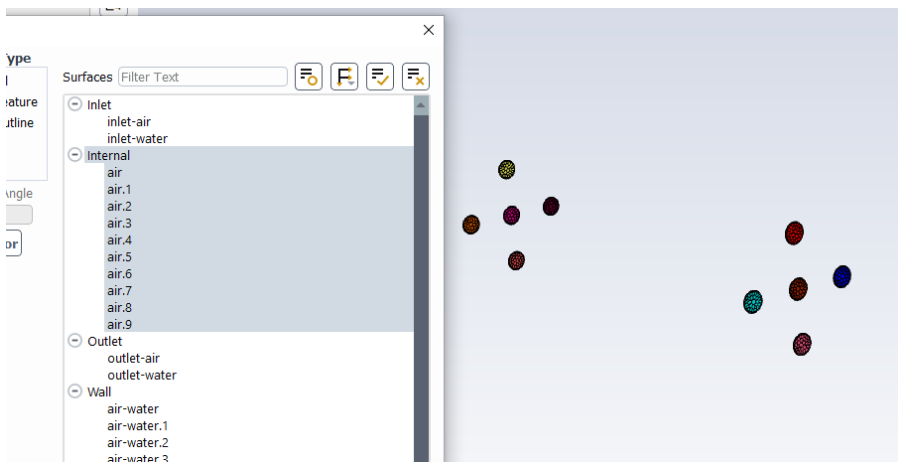
Okrajové podmínky typu „Internal“, které je nutné předdefinovat na stěny „Wall“ jsou zobrazeny na dvou obrázcích níže. Protože se opravdu jedná o pevné stěny.



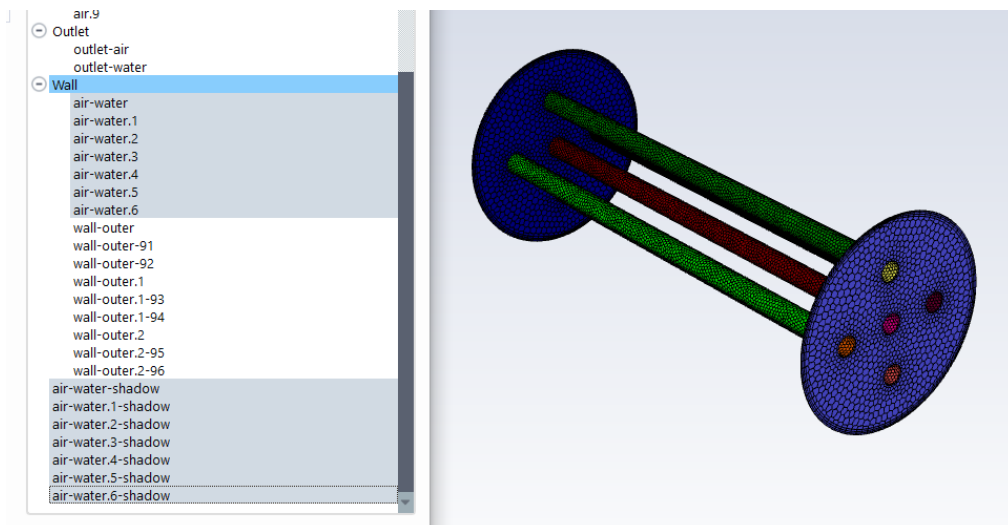
Předefinování okrajových podmínek „Internal“ na „wall“ se provede v nabídce Boundary conditions příslušným výběrem a změnou na typ „wall“. Následně tyto okrajové podmínky jsou v poloze Type „Wall“.



Výsledek okrajových podmínek typu „Internal“ zobrazených přes příkaz Domain-Display-Mesh je zobrazen níže



Výsledek vnitřních stěn (okrajové podmínky typu „Wall“) zobrazených přes Domain-Display-Mesh je zobrazen níže



Tím by měla být fáze úpravy okrajových podmínek hotová. V následujících krocích bude definováno zadání a nastavení matematického modelu v prostředí ANSYS Fluent.

Hodnoty okrajových podmínek a fyzikální vlastnosti

Okrajové podmínky

	Vstup voda (inlet-water)	Výstup voda (outlet-water)	Vstup vzduch (inlet-air)	Výstup vzduch (outlet-air)
Teplota T [K]	293	300	650	300
Rychlost v [m.s⁻¹]	0,1	-	5	-
Tlak p [Pa]	-	0	-	0
Intenzita turbulence I [%]	0,1	0,1	0,1	0,1
Hydraulický průměr D_h [m]	průměr	průměr	průměr	průměr

Vnější stěny a vnitřní stěny jsou definovány jako izolované (0 W/m²)

Fyzikální vlastnosti

Materiál	Voda	Vzduch	Jednotka
hustota ρ	998	Incompressible –Ideal-gas	[kg.m ⁻³]
měrná tepelná kapacita c_p	4182	1006,43	[J.kg ⁻¹ K ⁻¹]
tepelná vodivost λ	0.6	0,0242	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]
viskozita η	0.001	1,7894*10 ⁻⁵	[kg.m ⁻¹ s ⁻¹]

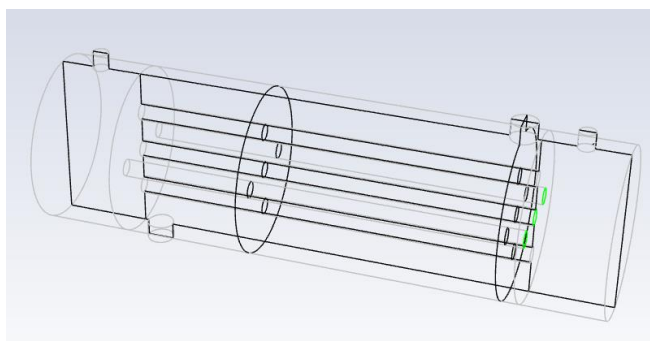
V případě turbulentního proudění definujte model k-epsilon Realizable s výpočtem v blízkosti stěny pomocí Scable Wall Functions. Bez tíhového zrychlení, stacionární výpočet.

Typy okrajových podmínek

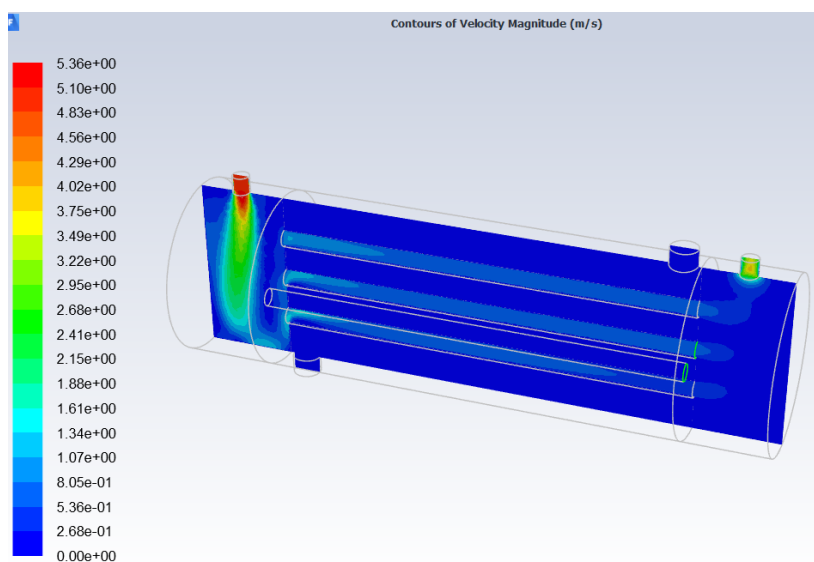
Typy okrajových podmínek jsou následující:

- Vstup voda (inlet-water) ⇒ „Velocity inlet“
- Výstup voda (outlet-water) ⇒ „Pressure outlet“
- Vstup vzduch (inlet-air) ⇒ „Velocity inlet“
- Výstup vzduch (outlet-air) ⇒ „Pressure outlet“
- Stěny okolní, vnitřní ⇒ „Wall“
- Oblast voda (water) ⇒ „Fluid“
- Oblast vzduch (air) ⇒ „Fluid“

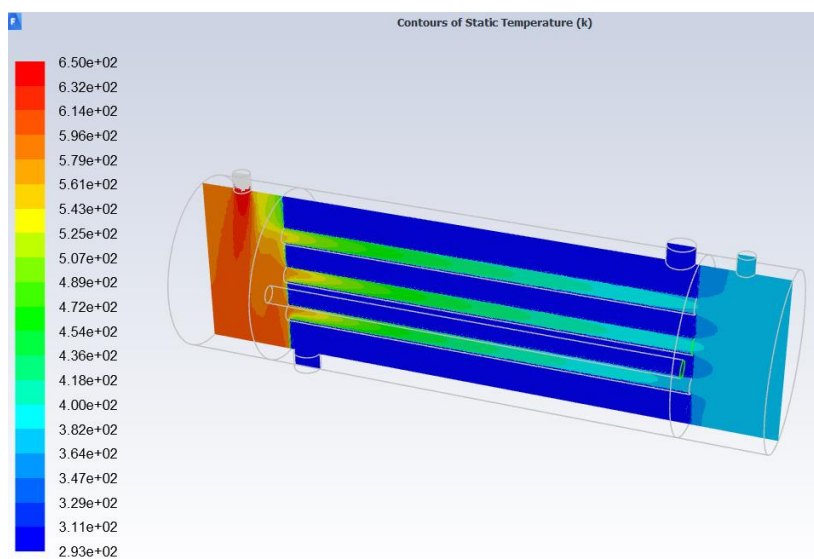
Z hlediska postprocessingu vyhodnoťte vyplněné kontury, vektory a grafy pomocí plot XY.
Nejdříve je potřeba vytvořit řezy pomocí „Surface-ISO Surface“ (např. řezy znázorněné níže).
Ukázka vyhodnocení je pouze inspirativní, postupujte samostatně.



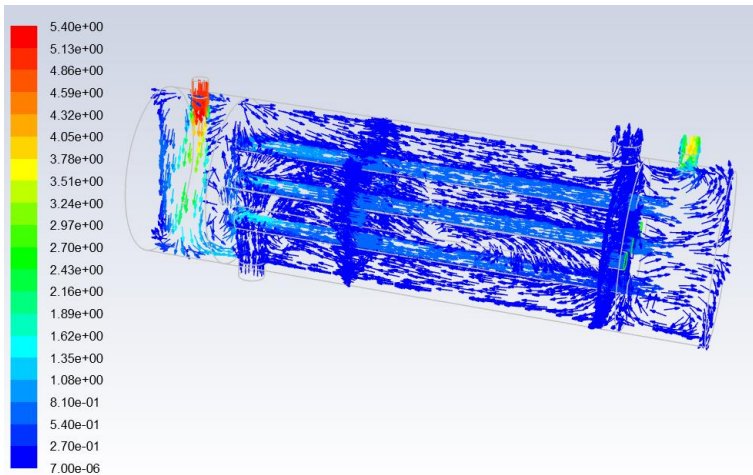
Vyhodnocení kontur rychlosti



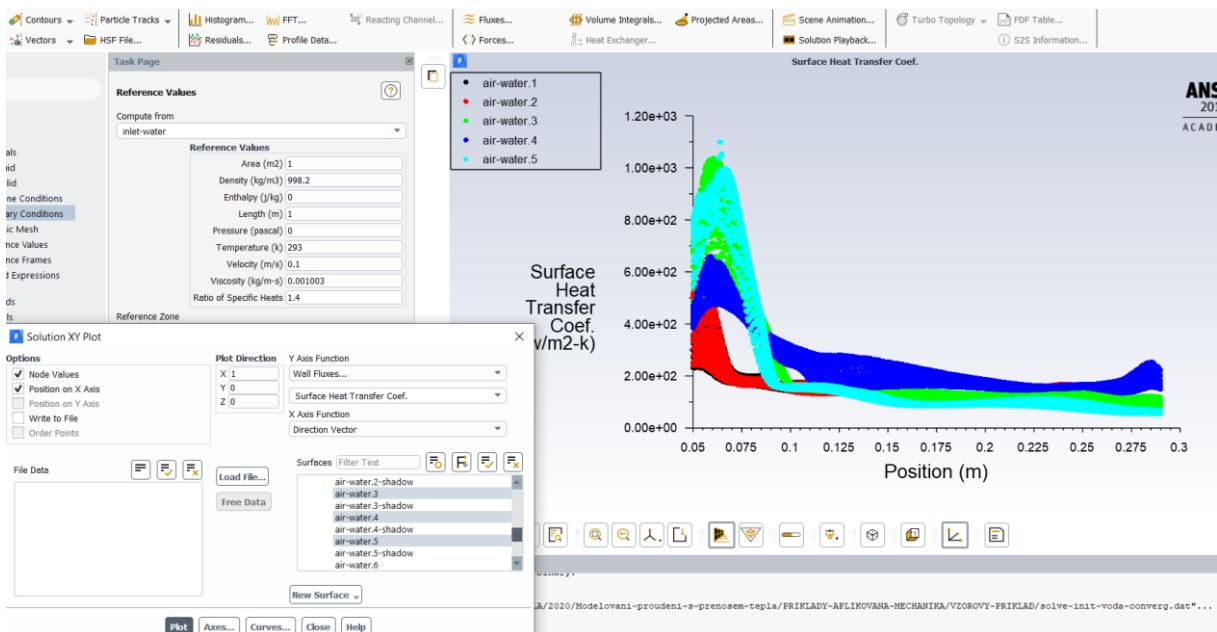
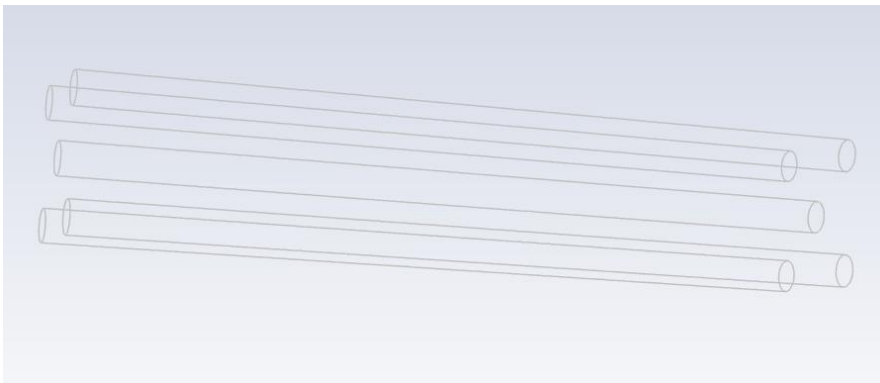
Kontury teploty

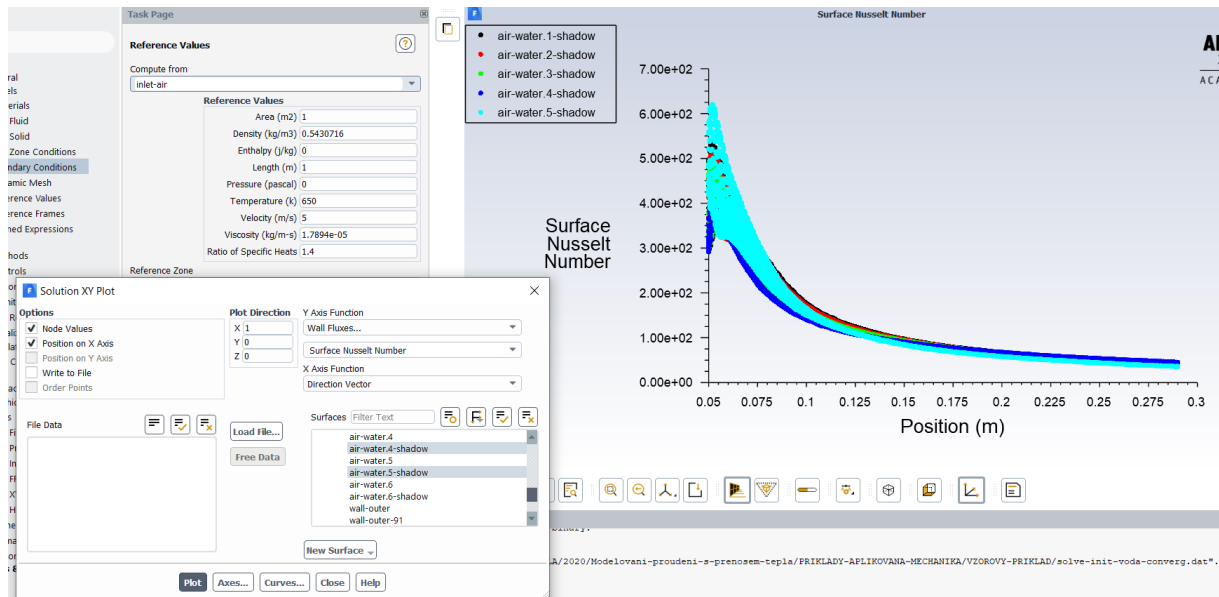


Vektory rychlosti



Vyhodnocení součinitele přestupu tepla a Nusseltova čísla z oblasti proudění vody do stěn trubiček. Nutné vybrat odpovídající stěny a nadefinovat Referenční hodnoty. Ukázka vyhodnocení je níže. Analogicky postupujte v případě vyhodnocení součinitele přestupu tepla a Nusseltova čísla z oblasti proudění vzduchu do stěn trubiček.





Následně vyhodnoť i střední hodnoty jako plošné integrály.

Principiálně ohledně postprocessingu se držte samostatné úlohy souproudeho výměníku, a využijte dostupná skripta „MODELOVÁNÍ PŘENOSU TEPLA, HMOTY A HYBNOSTI“ – Návodů do cvičení.

Vypracujte protokol ve Wordu, maximálně 20 stránek obdobně jako v případě samostatné úlohy souproudeho výměníku. Výsledný program by měl obsahovat body uvedené v **Obsahu seminární práce** což je uvedeno na první stránce.

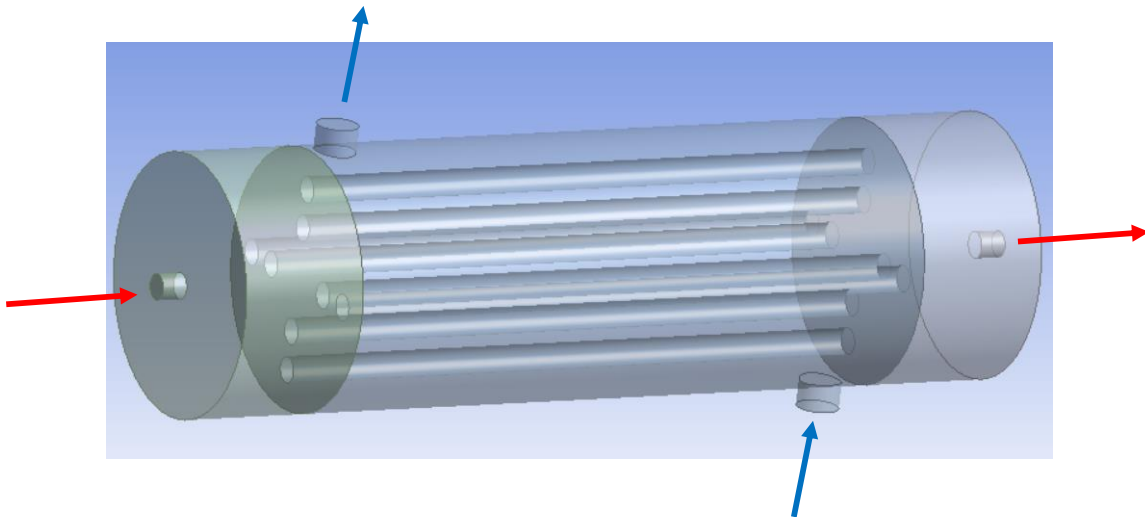
Dále budou následovat zadání jednotlivých úloh se jmenným přiřazením. Pokud by nějaký rozměr nebyl zakótován, tak zaimprovizujte přibližnou hodnotou, a do programu uveďte.

Počet bodů seminární práce odpovídá dokumentu „Plan_prednasek a cviceni-Modelovani-proudeni-s-prenosem-tepla“.

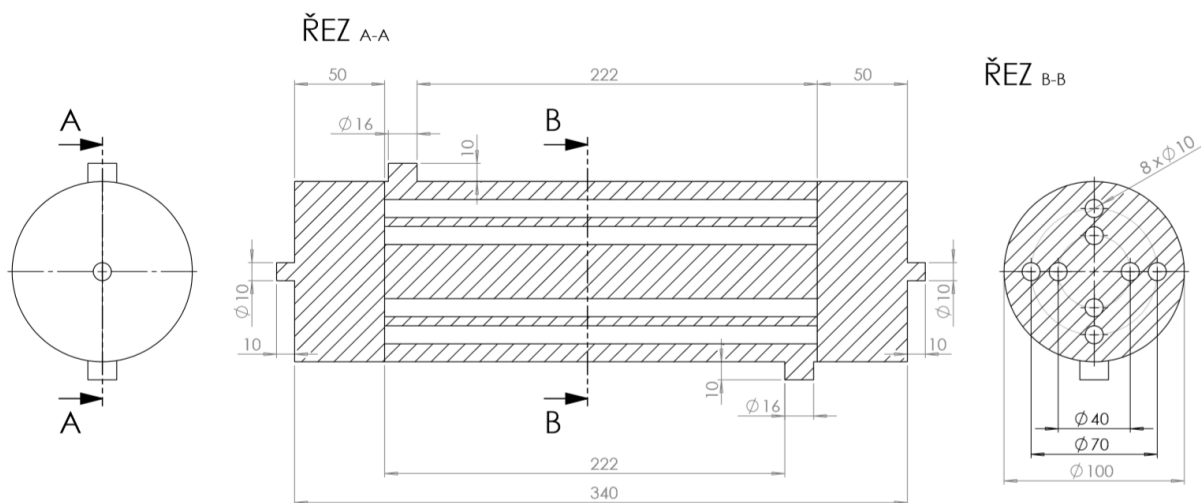
Varianta 1 (Batiha Yasin)

Zadání:

Provedte matematickou simulaci proudění vody a vzduchu v přiložené 3D geometrii s přestupem tepla.



Modré označení proudění vody (vstup, výstup), červené označení proudění vzduchu (vstup, výstup)



Okrajové podmínky, fyzikální vlastnosti

Okrajové podmínky

	Vstup voda (inlet-water)	Výstup voda (outlet-water)	Vstup vzduch (inlet-air)	Výstup vzduch (outlet-air)
Teplota T [K]	293	300	650	300
Rychlost v [m.s ⁻¹]	0,1	-	5	-
Tlak p [Pa]	-	0	-	0
Intenzita turbulence I [%]	0,1	0,1	0,1	0,1
Hydraulický průměr D_h [m]	průměr	průměr	průměr	průměr

Vnější stěny a vnitřní stěny jsou definovány jako izolované (0 W/m²)

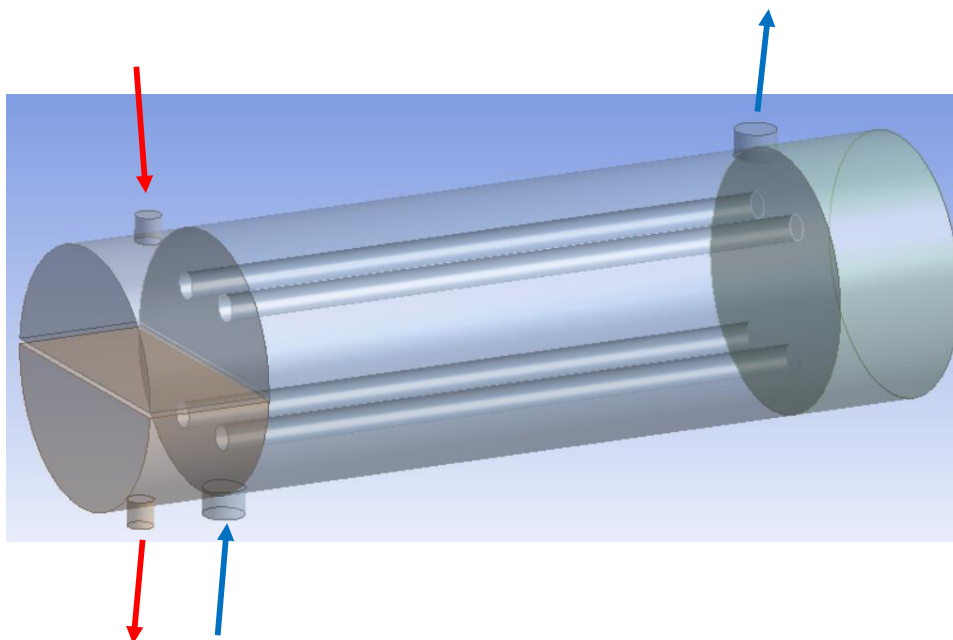
Fyzikální vlastnosti

Materiál	Voda	Vzduch	Jednotka
hustota ρ	998	Incompressible –Ideal-gas	[kg.m ⁻³]
měrná tepelná kapacita c_p	4182	1006,43	[J.kg ⁻¹ K ⁻¹]
tepelná vodivost λ	0.6	0,0242	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]
viskozita η	0.001	1,7894*10 ⁻⁵	[kg.m ⁻¹ s ⁻¹]

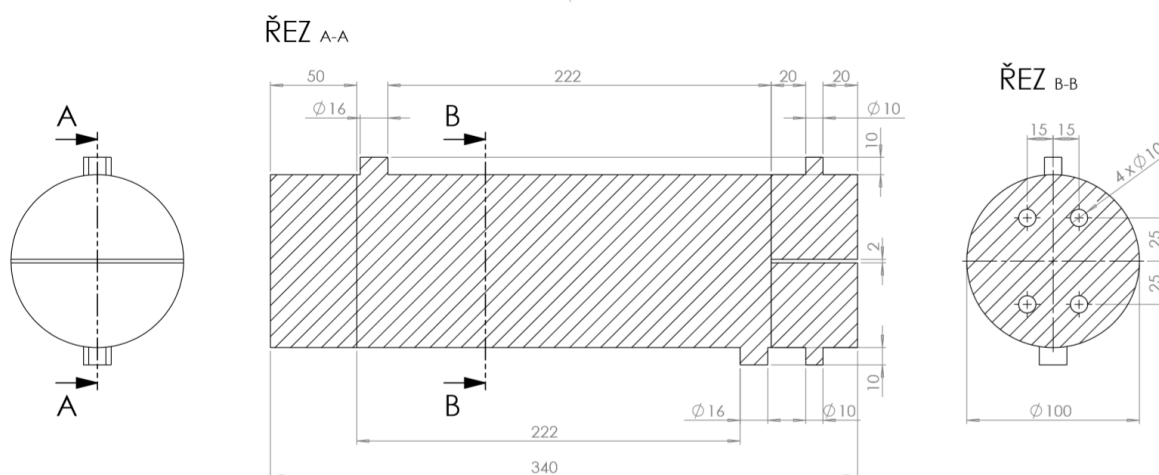
Varianta 2 (Čepica Daniel)

Zadání:

Provedte matematickou simulaci proudění vody a vzduchu v přiložené 3D geometrii s přestupem tepla.



Modré označení proudění vody (vstup, výstup), červené označení proudění vzduchu (vstup, výstup)



Okrajové podmínky, fyzikální vlastnosti

Okrajové podmínky

	Vstup voda (inlet-water)	Výstup voda (outlet-water)	Vstup vzduch (inlet-air)	Výstup vzduch (outlet-air)
Teplota \bar{T} [K]	283	300	600	300
Rychlost v [m.s ⁻¹]	0,2	-	6	-
Tlak p [Pa]	-	0	-	0

Intenzita turbulence / [%]	0,1	0,1	0,1	0,1
Hydraulický průměr D_h [m]	průměr	průměr	průměr	průměr

Vnější stěny a vnitřní stěny jsou definovány jako izolované (0 W/m²)

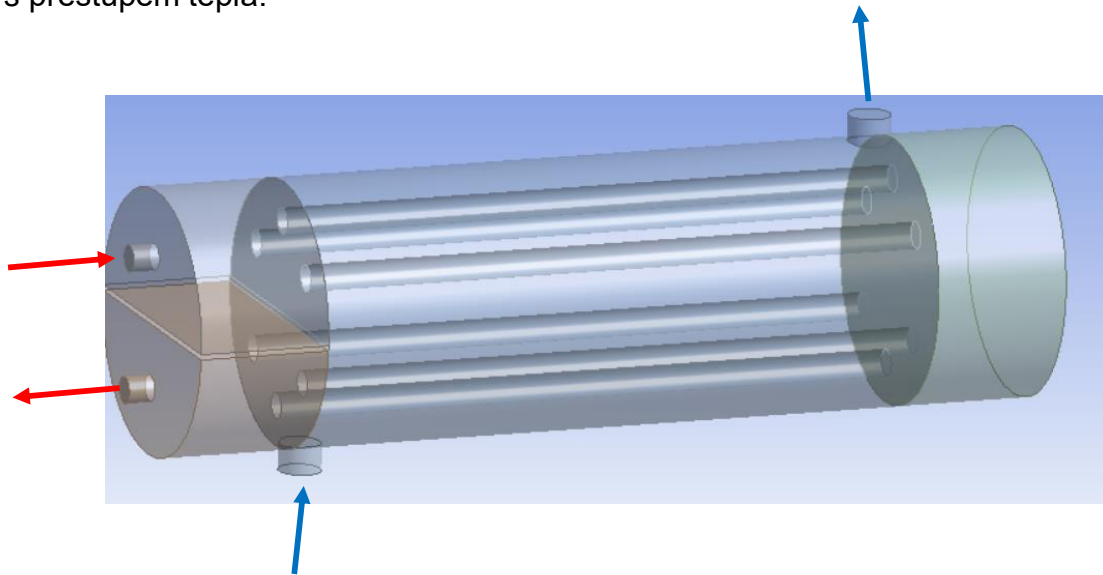
Fyzikální vlastnosti

Materiál	Voda	Vzduch	Jednotka
hustota ρ	998	Incompressible –Ideal-gas	[kg.m ⁻³]
měrná tepelná kapacita c_p	4182	1006,43	[J.kg ⁻¹ K ⁻¹]
tepelná vodivost λ	0.6	0,0242	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]
viskozita η	0.001	1,7894*10 ⁻⁵	[kg.m ⁻¹ s ⁻¹]

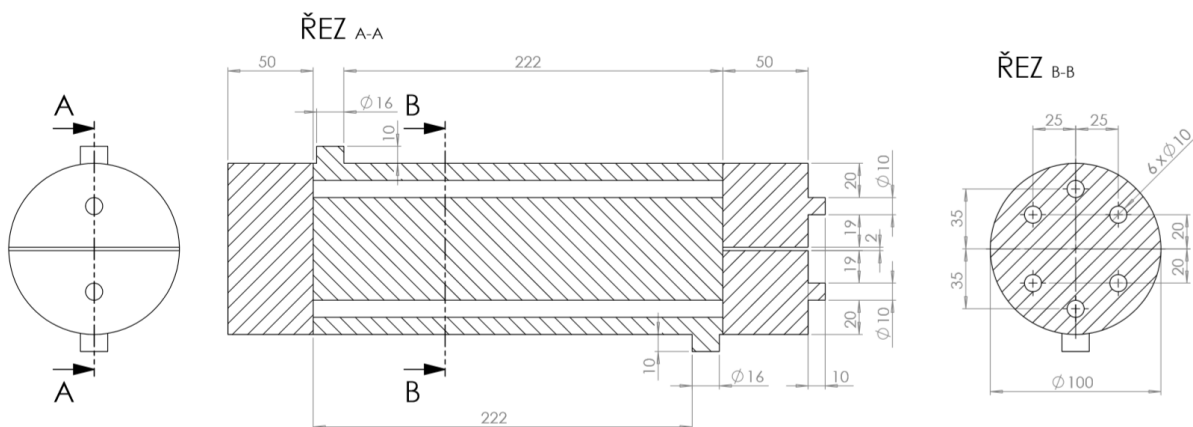
Varianta 3 (Czapek Tadeusz)

Zadání:

Provedte matematickou simulaci proudění vody a vzduchu v přiložené 3D geometrii s přestupem tepla.



Modré označení proudění vody (vstup, výstup), červené označení proudění vzduchu (vstup, výstup)



Okrajové podmínky, fyzikální vlastnosti

Okrajové podmínky

	Vstup voda (inlet-water)	Výstup voda (outlet-water)	Vstup vzduch (inlet-air)	Výstup vzduch (outlet-air)
Teplota T [K]	290	300	620	300
Rychlost v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,15	-	5,5	-
Tlak p [Pa]	-	0	-	0
Intenzita turbulence I [%]	0,1	0,1	0,1	0,1
Hydraulický průměr D_h [m]	průměr	průměr	průměr	průměr

Vnější stěny a vnitřní stěny jsou definovány jako izolované (0 W/m²)

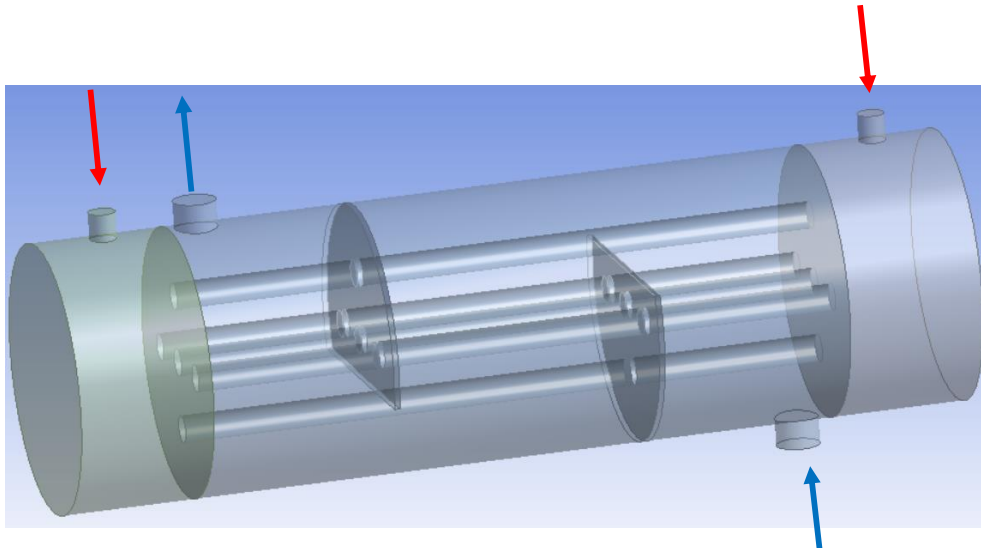
Fyzikální vlastnosti

Materiál	Voda	Vzduch	Jednotka
hustota ρ	998	Incompressible –Ideal-gas	[kg.m ⁻³]
měrná tepelná kapacita c_p	4182	1006,43	[J.kg ⁻¹ K ⁻¹]
tepelná vodivost λ	0.6	0,0242	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]
viskozita η	0.001	1,7894*10 ⁻⁵	[kg.m ⁻¹ s ⁻¹]

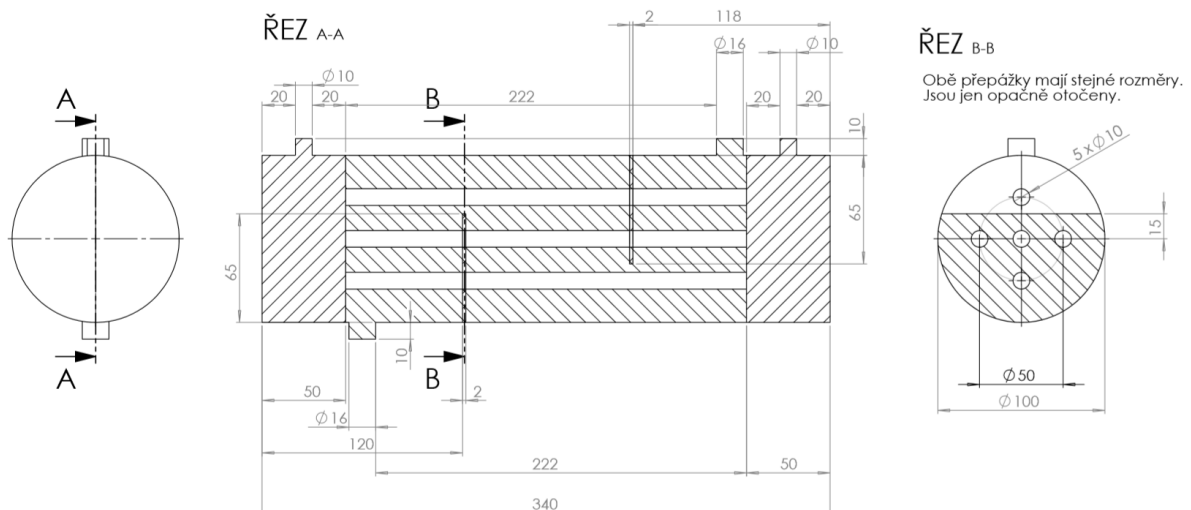
Varianta 4 (Drahorád Lukáš)

Zadání:

Provedte matematickou simulaci proudění vody a vzduchu v přiložené 3D geometrii s přestupem tepla.



Modré označení proudění vody (vstup, výstup), červené označení proudění vzduchu (vstup, výstup)



Okrajové podmínky, fyzikální vlastnosti

Okrajové podmínky

	Vstup voda (inlet-water)	Výstup voda (outlet-water)	Vstup vzduch (inlet-air)	Výstup vzduch (outlet-air)
Teplota T [K]	295	300	580	300
Rychlost v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,12	-	5,2	-
Tlak p [Pa]	-	0	-	0
Intenzita turbulence I [%]	0,1	0,1	0,1	0,1

Hydraulický průměr D_h [m]	průměr	průměr	průměr	průměr
--	--------	--------	--------	--------

Vnější stěny a vnitřní stěny jsou definovány jako izolované (0 W/m²)

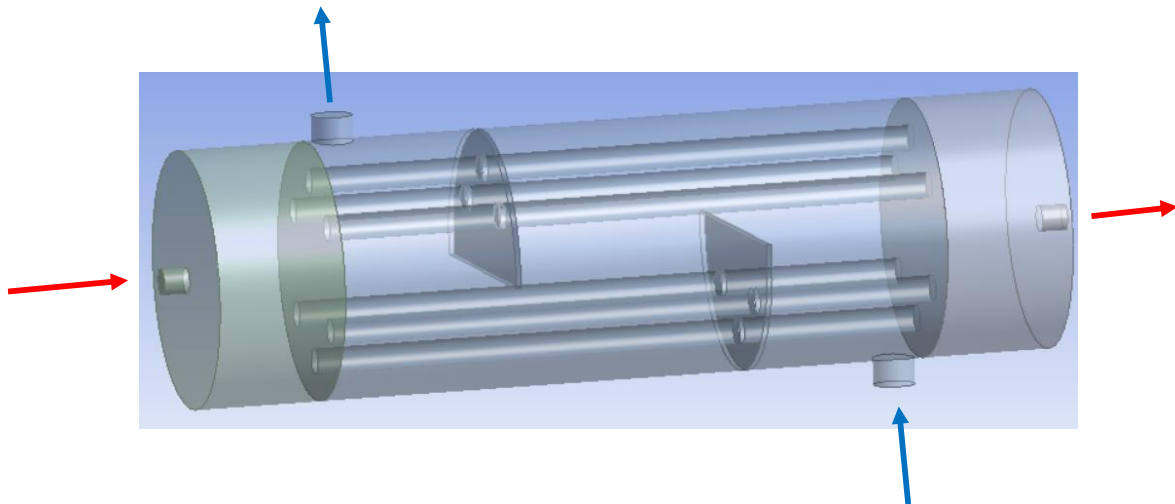
Fyzikální vlastnosti

Materiál	Voda	Vzduch	Jednotka
hustota ρ	998	Incompressible –Ideal-gas	[kg.m ⁻³]
měrná tepelná kapacita c_p	4182	1006,43	[J.kg ⁻¹ K ⁻¹]
tepelná vodivost λ	0.6	0,0242	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]
viskozita η	0.001	1,7894*10 ⁻⁵	[kg.m ⁻¹ s ⁻¹]

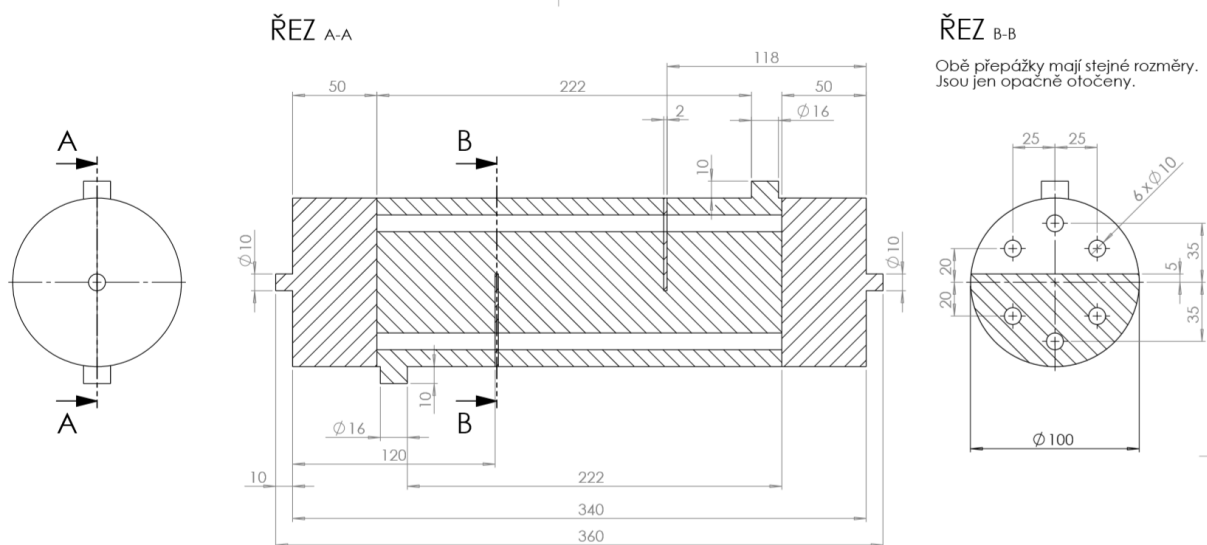
Varianta 5 (Halo Tomáš)

Zadání:

Provedte matematickou simulaci proudění vody a vzduchu v přiložené 3D geometrii s přestupem tepla.



Modré označení proudění vody (vstup, výstup), červené označení proudění vzduchu (vstup, výstup)



Okrajové podmínky, fyzikální vlastnosti

Okrajové podmínky

	Vstup voda (inlet-water)	Výstup voda (outlet-water)	Vstup vzduch (inlet-air)	Výstup vzduch (outlet-air)
Teplota T [K]	278	300	560	300
Rychlost v [m.s ⁻¹]	0,08	-	4,8	-
Tlak p [Pa]	-	0	-	0
Intenzita turbulence I [%]	0,1	0,1	0,1	0,1
Hydraulický průměr D_h [m]	průměr	průměr	průměr	průměr

Vnější stěny a vnitřní stěny jsou definovány jako izolované (0 W/m²)

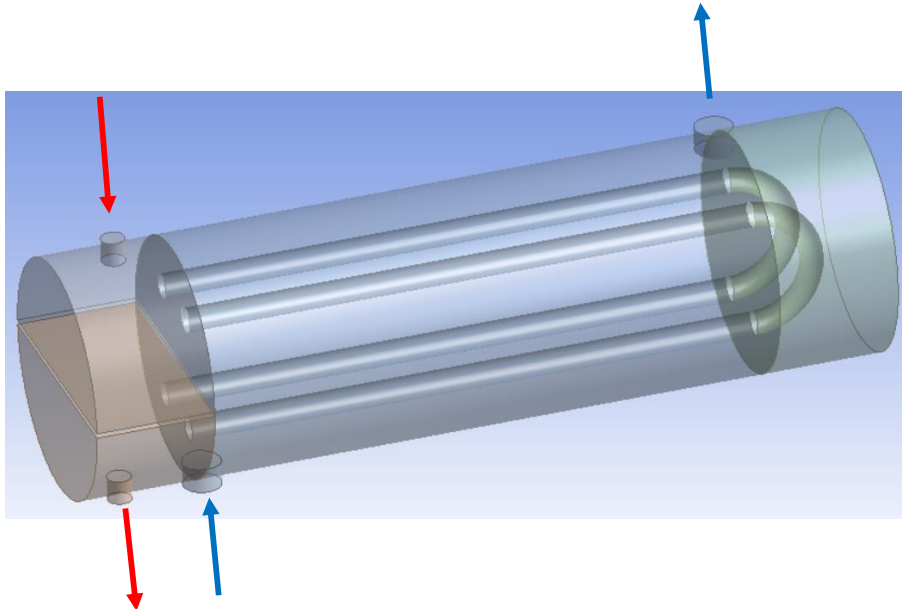
Fyzikální vlastnosti

Materiál	Voda	Vzduch	Jednotka
hustota ρ	998	Incompressible –Ideal-gas	[kg.m ⁻³]
měrná tepelná kapacita c_p	4182	1006,43	[J.kg ⁻¹ K ⁻¹]
tepelná vodivost λ	0.6	0,0242	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]
viskozita η	0.001	1,7894*10 ⁻⁵	[kg.m ⁻¹ s ⁻¹]

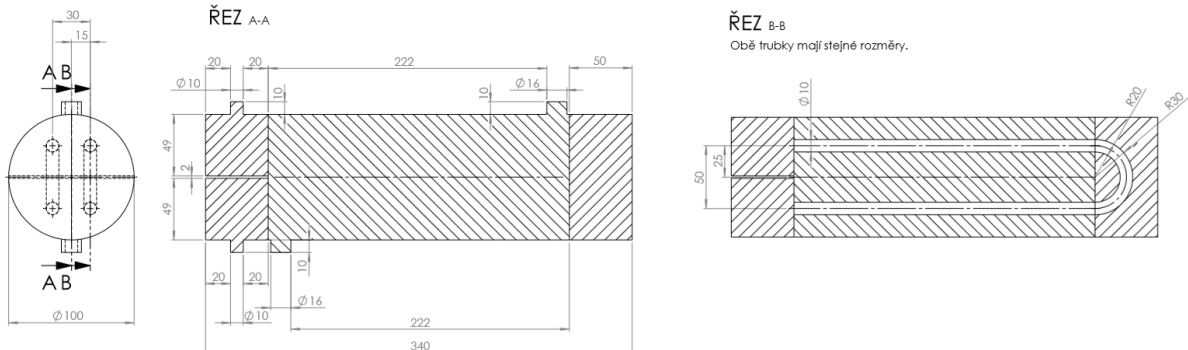
Varianta 6 (Hronček Juraj)

Zadání:

Provedte matematickou simulaci proudění vody a vzduchu v přiložené 3D geometrii s přestupem tepla.



Modré označení proudění vody (vstup, výstup), červené označení proudění vzduchu (vstup, výstup)



Okrajové podmínky, fyzikální vlastnosti

Okrajové podmínky

	Vstup voda (inlet-water)	Výstup voda (outlet-water)	Vstup vzduch (inlet-air)	Výstup vzduch (outlet-air)
Teplota T [K]	288	300	590	300
Rychlost v [m.s ⁻¹]	0,25	-	6,2	-
Tlak p [Pa]	-	0	-	0
Intenzita turbulence I [%]	0,1	0,1	0,1	0,1
Hydraulický průměr D_h [m]	průměr	průměr	průměr	průměr

Vnější stěny a vnitřní stěny jsou definovány jako izolované (0 W/m²)

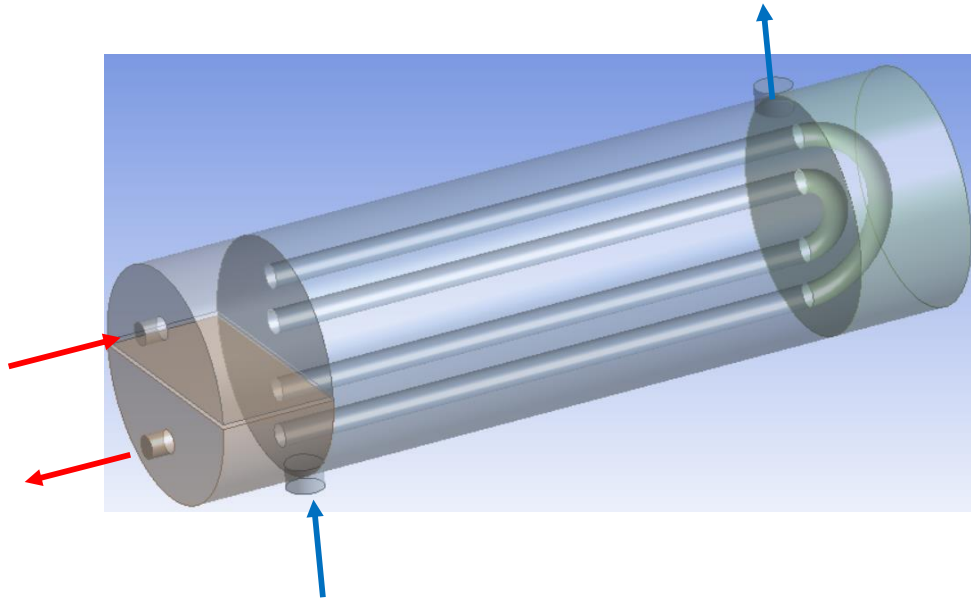
Fyzikální vlastnosti

Materiál	Voda	Vzduch	Jednotka
hustota ρ	998	Incompressible –Ideal-gas	[kg.m ⁻³]
měrná tepelná kapacita c_p	4182	1006,43	[J.kg ⁻¹ K ⁻¹]
tepelná vodivost λ	0.6	0,0242	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]
viskozita η	0.001	1,7894*10 ⁻⁵	[kg.m ⁻¹ s ⁻¹]

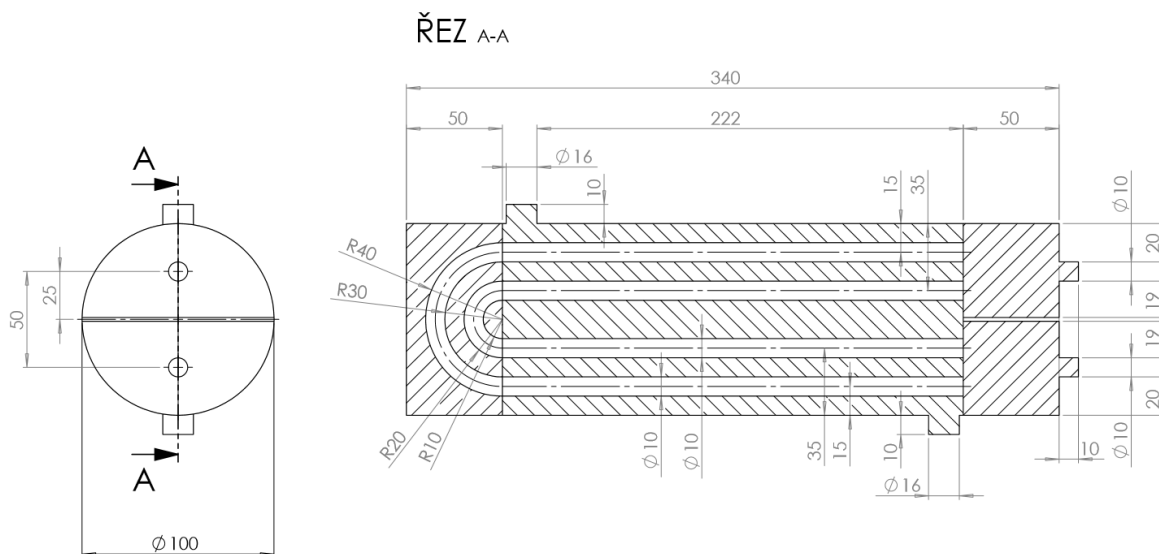
Varianta 7 (Komínek Adam)

Zadání:

Provedte matematickou simulaci proudění vody a vzduchu v přiložené 3D geometrii s přestupem tepla.



Modré označení proudění vody (vstup, výstup), červené označení proudění vzduchu (vstup, výstup)



Okrajové podmínky, fyzikální vlastnosti

Okrajové podmínky

	Vstup voda (inlet-water)	Výstup voda (outlet-water)	Vstup vzduch (inlet-air)	Výstup vzduch (outlet-air)
Teplota T [K]	290	300	610	300
Rychlost v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,22	-	6,1	-
Tlak p [Pa]	-	0	-	0
Intenzita turbulence I [%]	0,1	0,1	0,1	0,1
Hydraulický průměr D_h [m]	průměr	průměr	průměr	průměr

Vnější stěny a vnitřní stěny jsou definovány jako izolované (0 W/m²)

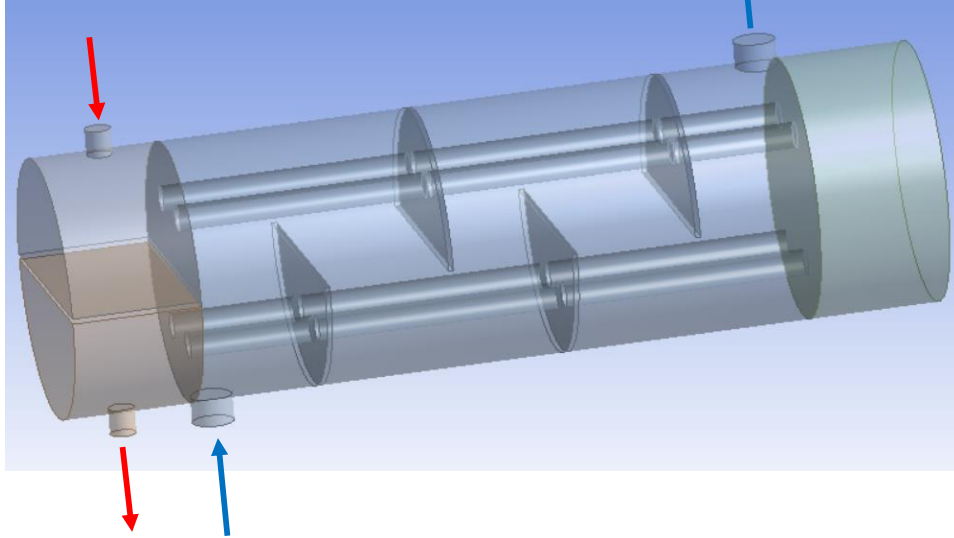
Fyzikální vlastnosti

Materiál	Voda	Vzduch	Jednotka
hustota ρ	998	Incompressible –Ideal-gas	[kg.m ⁻³]
měrná tepelná kapacita c_p	4182	1006,43	[J.kg ⁻¹ K ⁻¹]
tepelná vodivost λ	0.6	0,0242	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]
viskozita η	0.001	1,7894*10 ⁻⁵	[kg.m ⁻¹ s ⁻¹]

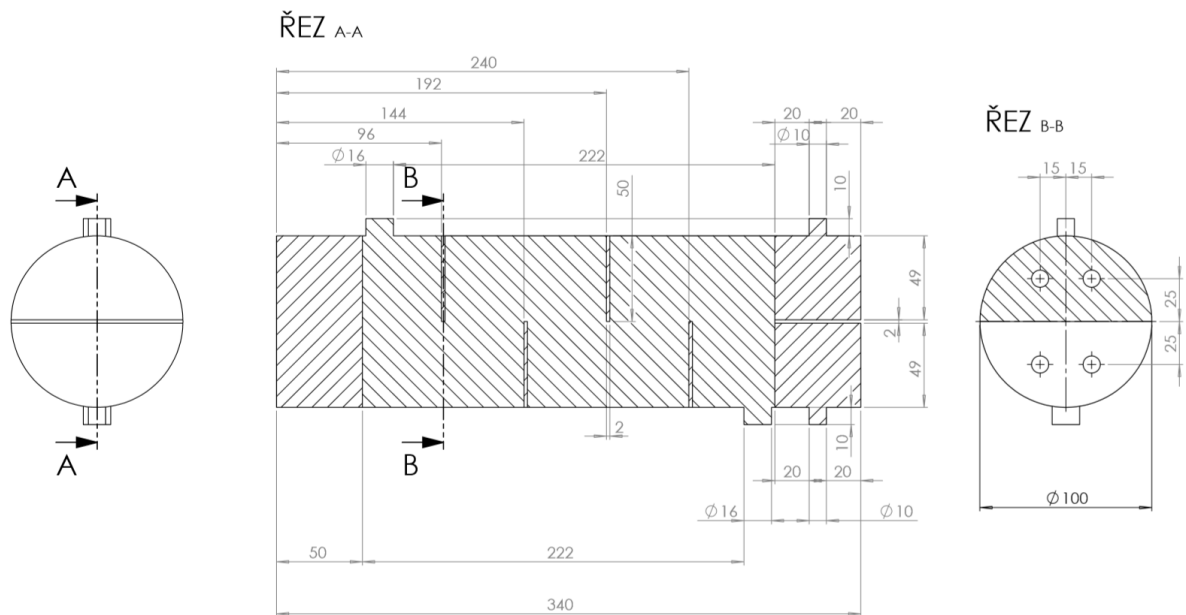
Varianta 8 (Krzikalla David)

Zadání:

Provedte matematickou simulaci proudění vody a vzduchu v přiložené 3D geometrii s přestupem tepla.



Modré označení proudění vody (vstup, výstup), červené označení proudění vzduchu (vstup, výstup)



Okrajové podmínky, fyzikální vlastnosti

Okrajové podmínky

	Vstup voda (inlet-water)	Výstup voda (outlet-water)	Vstup vzduch (inlet-air)	Výstup vzduch (outlet-air)
Teplota T [K]	296	300	630	300
Rychlost v [m.s ⁻¹]	0,3	-	6,8	-
Tlak p [Pa]	-	0	-	0
Intenzita turbulence I [%]	0,1	0,1	0,1	0,1
Hydraulický průměr D_h [m]	průměr	průměr	průměr	průměr

Vnější stěny a vnitřní stěny jsou definovány jako izolované (0 W/m²)

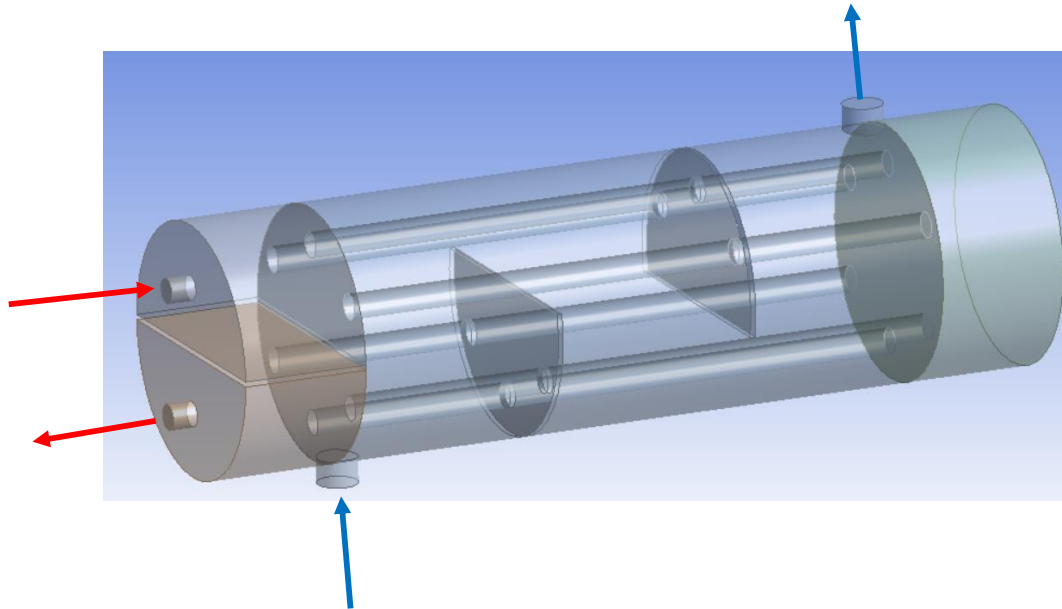
Fyzikální vlastnosti

Materiál	Voda	Vzduch	Jednotka
hustota ρ	998	Incompressible –Ideal-gas	[kg.m ⁻³]
měrná tepelná kapacita c_p	4182	1006,43	[J.kg ⁻¹ K ⁻¹]
tepelná vodivost λ	0.6	0,0242	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]
viskozita η	0.001	1,7894*10 ⁻⁵	[kg.m ⁻¹ s ⁻¹]

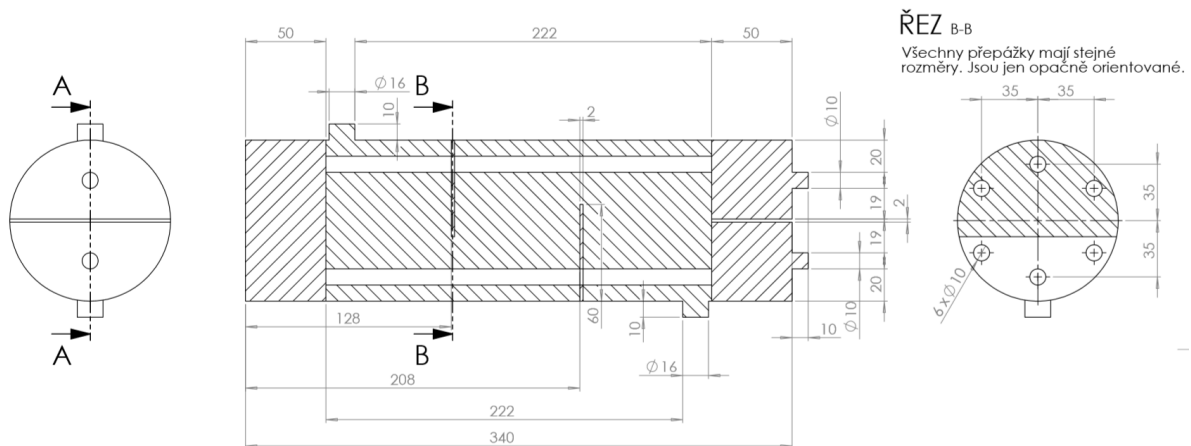
Varianta 9 (Růžička Adam)

Zadání:

Provedte matematickou simulaci proudění vody a vzduchu v přiložené 3D geometrii s přestupem tepla.



Modré označení proudění vody (vstup, výstup), červené označení proudění vzduchu (vstup, výstup)



Okrajové podmínky, fyzikální vlastnosti

Okrajové podmínky

	Vstup voda (inlet-water)	Výstup voda (outlet-water)	Vstup vzduch (inlet-air)	Výstup vzduch (outlet-air)
Teplota T [K]	300	300	640	300
Rychlost v [m.s ⁻¹]	0,13	-	5,2	-
Tlak p [Pa]	-	0	-	0
Intenzita turbulence I [%]	0,1	0,1	0,1	0,1
Hydraulický průměr D_h [m]	průměr	průměr	průměr	průměr

Vnější stěny a vnitřní stěny jsou definovány jako izolované (0 W/m²)

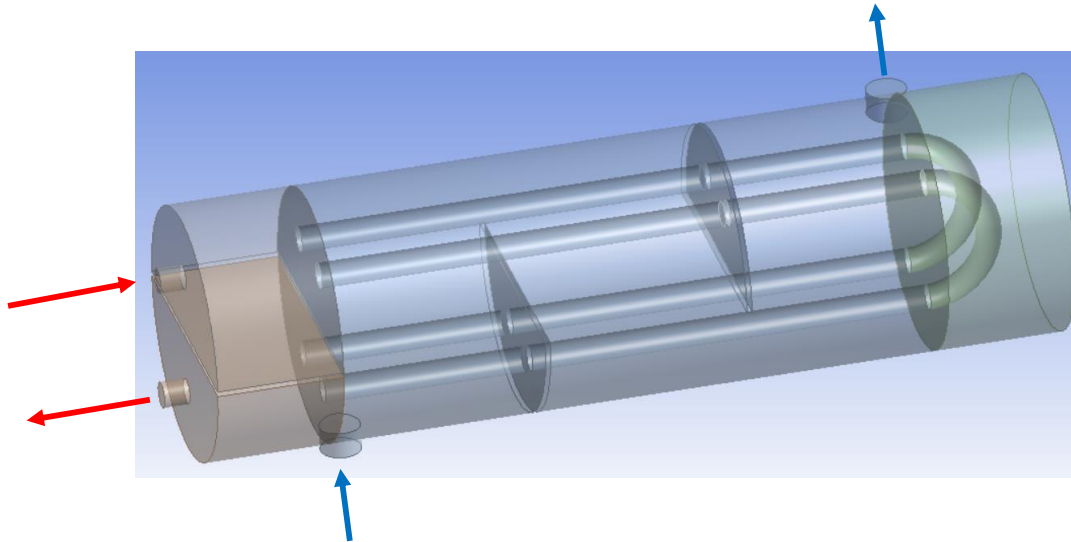
Fyzikální vlastnosti

Materiál	Voda	Vzduch	Jednotka
hustota ρ	998	Incompressible –Ideal-gas	[kg.m ⁻³]
měrná tepelná kapacita c_p	4182	1006,43	[J.kg ⁻¹ K ⁻¹]
tepelná vodivost λ	0.6	0,0242	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]
viskozita η	0.001	1,7894*10 ⁻⁵	[kg.m ⁻¹ s ⁻¹]

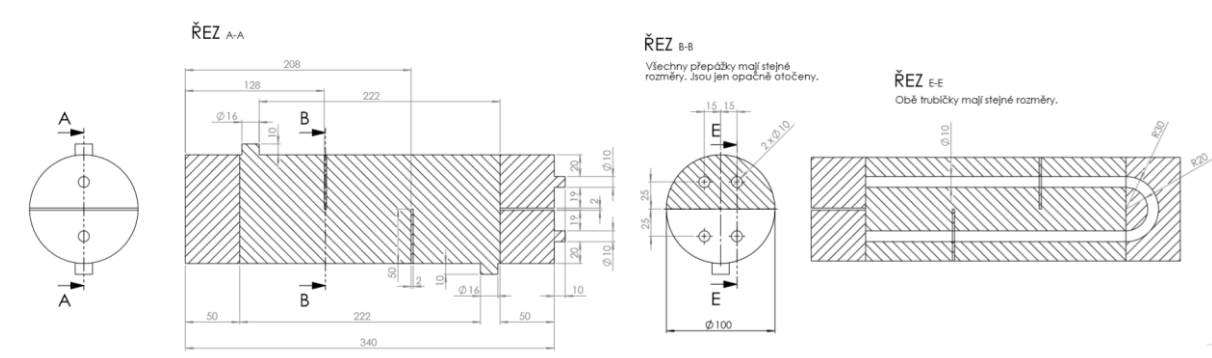
Varianta 10 (Tošková Anna)

Zadání:

Provedte matematickou simulaci proudění vody a vzduchu v přiložené 3D geometrii s přestupem tepla.



Modré označení proudění vody (vstup, výstup), červené označení proudění vzduchu (vstup, výstup)



Okrajové podmínky, fyzikální vlastnosti

Okrajové podmínky

	Vstup voda (inlet-water)	Výstup voda (outlet-water)	Vstup vzduch (inlet-air)	Výstup vzduch (outlet-air)
Teplota T [K]	298	300	620	300
Rychlost v [m.s ⁻¹]	0,1	-	4,8	-
Tlak p [Pa]	-	0	-	0
Intenzita turbulence I [%]	0,1	0,1	0,1	0,1
Hydraulický průměr D_h [m]	průměr	průměr	průměr	průměr

Vnější stěny a vnitřní stěny jsou definovány jako izolované (0 W/m²)

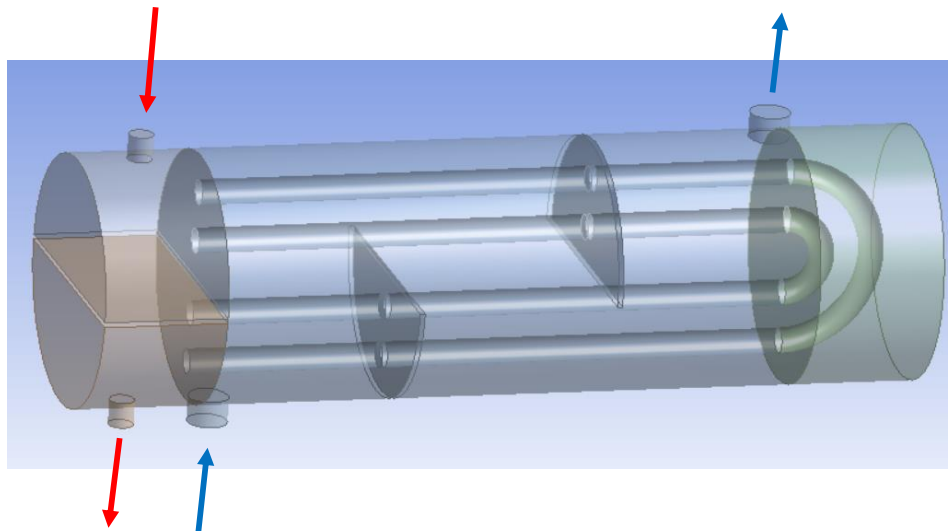
Fyzikální vlastnosti

Materiál	Voda	Vzduch	Jednotka
hustota ρ	998	Incompressible –Ideal-gas	[kg.m ⁻³]
měrná tepelná kapacita c_p	4182	1006,43	[J.kg ⁻¹ K ⁻¹]
tepelná vodivost λ	0.6	0,0242	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]
viskozita η	0.001	1,7894*10 ⁻⁵	[kg.m ⁻¹ s ⁻¹]

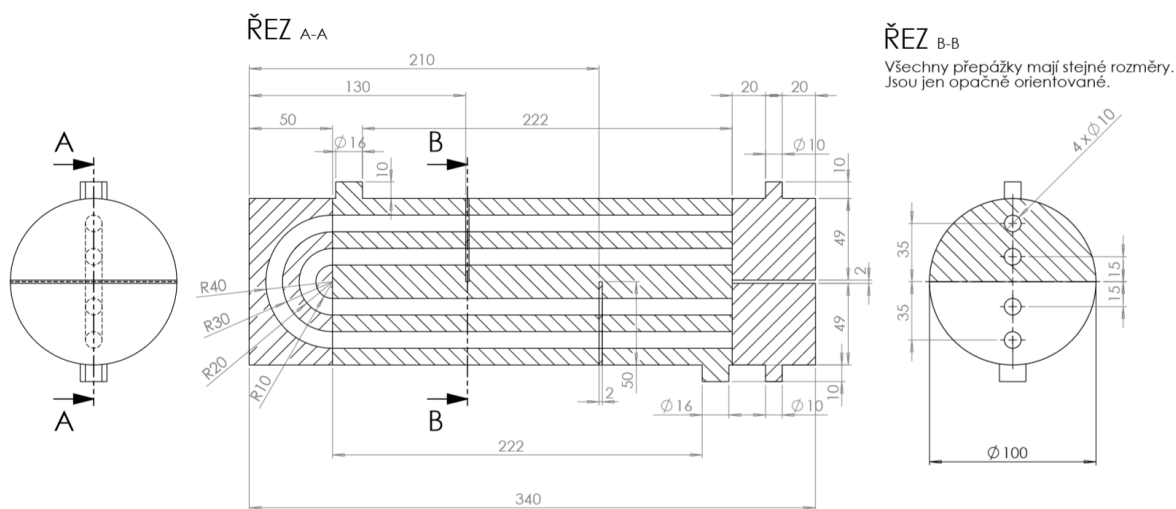
Varianta 11 (Zamarský Vít)

Zadání:

Provedte matematickou simulaci proudění vody a vzduchu v přiložené 3D geometrii s přestupem tepla.



Modré označení proudění vody (vstup, výstup), červené označení proudění vzduchu (vstup, výstup)



Okrajové podmínky, fyzikální vlastnosti

Okrajové podmínky

	Vstup voda (inlet-water)	Výstup voda (outlet-water)	Vstup vzduch (inlet-air)	Výstup vzduch (outlet-air)
Teplota T [K]	293	300	600	300
Rychlost v [m.s⁻¹]	0,15	-	4,4	-
Tlak p [Pa]	-	0	-	0
Intenzita turbulence I [%]	0,1	0,1	0,1	0,1
Hydraulický průměr D_h [m]	průměr	průměr	průměr	průměr

Vnější stěny a vnitřní stěny jsou definovány jako izolované (0 W/m²)

Fyzikální vlastnosti

Materiál	Voda	Vzduch	Jednotka
hustota ρ	998	Incompressible –Ideal-gas	[kg.m ⁻³]
měrná tepelná kapacita c_p	4182	1006,43	[J.kg ⁻¹ K ⁻¹]
tepelná vodivost λ	0.6	0,0242	[W.m ⁻¹ K ⁻¹]
viskozita η	0.001	1,7894*10 ⁻⁵	[kg.m ⁻¹ s ⁻¹]