

SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
Preddiplomski sveučilišni studij računarstva

Računalne simulacije u tehnici
TURBULENTNO STRUJANJE

Rijeka, lipanj 2016.

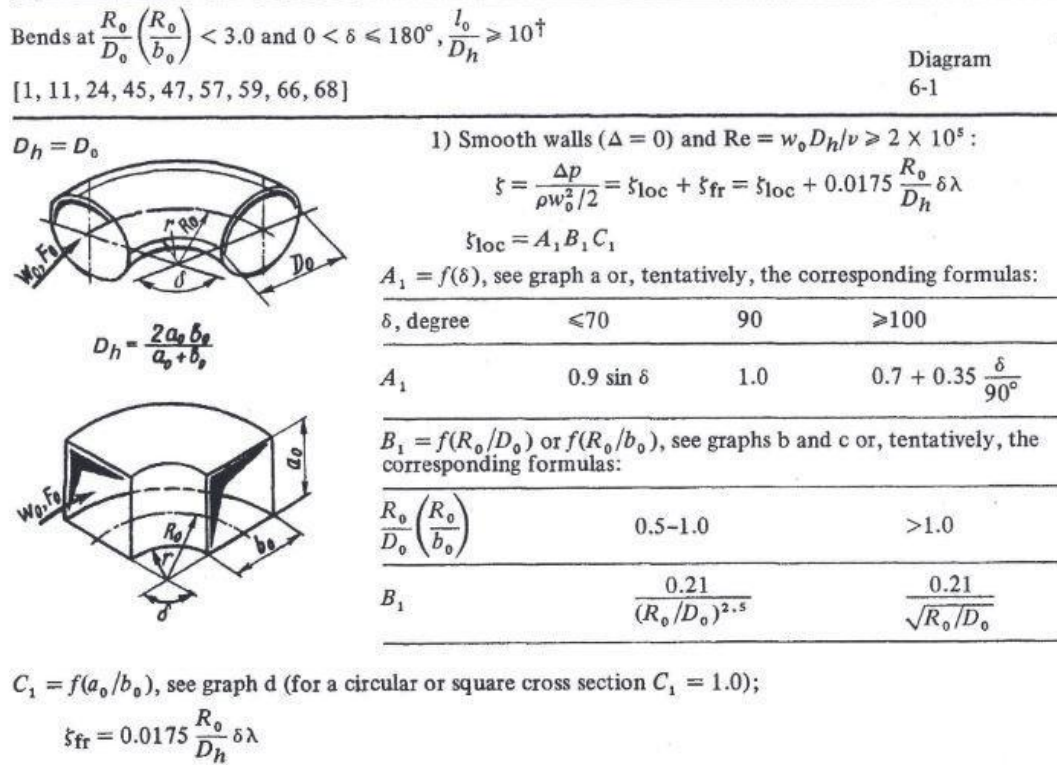
Leo Brdar
Luka Đurašinović
Tina Gojak
Nikol Kitić

Sadržaj

1.	Opis zadatka	1
2.	Analitički izračun	2
	Računanje ulazne i izlazne brzine	2
	Računanje razlike tlaka (Δp).....	3
3.	Prikaz geometrije.....	6
	Dokazivanje mrežne nezavisnosti.....	14

1. Opis zadatka

Zadatak je izraditi geometriju zaobljene cijevi sa zavojem i simulirati turbulentan tok vode kroz tu cijev.



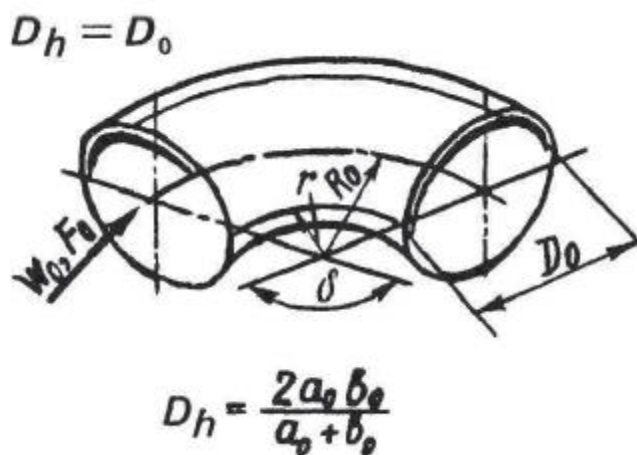
Slika 1: Zadatak

2. Analitički izračun

Računanje ulazne i izlazne brzine

$$\text{Bends at } \frac{R_0}{D_0} \left(\frac{R_0}{b_0} \right) < 3.0 \text{ and } 0 < \delta \leq 180^\circ, \frac{l_0}{D_h} \geq 10^\dagger$$

Slika 2: Početni uvjeti zadatka



Slika 3: Skica s početnim uvjetima

S obzirom na uvjet zadatka $\frac{R_0}{D_0} < 3$ (slika 2.) proizvoljno smo odabrali da ta jednakost mora biti jednaka 2 kako bismo mogli izračunati ostale vrijednosti za taj slučaj.

$$\frac{R_0}{D_0} = 2$$

Ako uzmemo da nam je $D_0 = 1m$ iz toga slijedi da je $R_0 = 2m$.

Iz uvjeta $0 < \delta \leq 180^\circ$ odabrali smo kut $\delta = 90^\circ$.

Iz uvjeta $\frac{l_0}{D_h} \geq 10$ (slika 2.) i $D_h = D_0$ (slika 3.), dobivamo da je $D_h = 1m$ i $l_0 \geq 10m$. U svojem rješenju uzeli smo $l_0 = 10m$.

Smooth walls ($\Delta = 0$) and $Re = w_0 D_h / \nu \geq 2 \times 10^5$:

$$\xi = \frac{\Delta p}{\rho w_0^2 / 2} = \xi_{loc} + \xi_{fr} = \xi_{loc} + 0.0175 \frac{R_0}{D_h} \delta \lambda$$

$$\xi_{loc} = A_1 B_1 C_1$$

Slika 4: Uvjeti zadatka

Re	$2 \cdot 10^3$	$2.5 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$	10^4	$1.5 \cdot 10^4$	
λ	0.032	0.034	0.040	0.040	0.038	0.036	0.033	0.032	0.028	
Re	$2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$	10^5	$1.5 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$
λ	0.026	0.024	0.022	0.021	0.020	0.019	0.018	0.017	0.016	0.015
Re	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^5$	10^6	$1.5 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	
λ	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010	
Re	$5 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^8$	10^7	$1.5 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^7$	10^8	
λ	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	

Tablica 1: Re

Zadano je $Re \geq 2 \cdot 10^5$ (slika 4.), proizvoljno smo odabrali $Re = 2 \cdot 10^5$, a iz tablice 1 dobili smo vrijednost $\lambda = 0.016$.

Zadana je formula $Re = \frac{W_0 * D_h}{\nu}$ ($\nu = 10^{-6} \frac{m}{s}$ – kinetička viskoznost vode), a iz nje slijedi izračun:

$$W_0 = \frac{Re * \nu}{D_h} = \frac{2 * 10^5 * 10^{-6}}{1} = 0.2 \text{ m/s}$$

Ulazna brzina: 0.2 m/s, izlazna brzina: 0 m/s

Računanje razlike tlaka (Δp)

Na slici 4. zadani su sljedeći uvjeti:

$$\xi = \frac{\Delta p}{\rho * W_0^2 / 2} = \xi_{loc} + \xi_{fr} = \xi_{loc} + 0.0175 * \frac{R_0}{D_h} * \delta * \lambda$$

$$\xi_{loc} = A_1 * B_1 * C_1$$

$A_1 = f(\delta)$, see graph a or, tentatively, the corresponding formulas:

δ , degree	≤ 70	90	≥ 100
A_1	$0.9 \sin \delta$	1.0	$0.7 + 0.35 \frac{\delta}{90^\circ}$

Slika 5: Uvjeti zadatka

S obzirom da je naš kut $\delta = 90^\circ$, iz slike 5. dobijemo da je $A_1 = 1.0$.

R_0/D_0 (R_0/b_0)	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0	10	15
B_1	0.15	0.12	0.11	0.09	0.07	0.07	0.06

R_0/D_0 (R_0/b_0)	20	25	30	35	40	50
B_1	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03

Tablica 2.

Iz tablice 2. vidimo da je $B_1 = 0.15$ ($R_0/D_h = 2.0$).

$C_1 = f(a_0/b_0)$, see graph d (for a circular or square cross section $C_1 = 1.0$);

Slika 6: Uvjeti zadatka

S obzirom da nam je presjek kružni iz slike 6. vidimo da je $C_1 = 1.0$.

Sad kad imamo vrijednosti A_1 , B_1 i C_1 možemo izračunati ξ_{loc}

$$\xi_{loc} = A_1 * B_1 * C_1 = 1 * 0.15 * 1 = 0.15$$

Za računanje ξ_{fr} imamo sve potrebne vrijednosti:

$$\xi_{fr} = 0.0175 * \frac{R_0}{D_h} * \delta * \lambda = 0.0175 * 2 * 90 * 0.016 = 0.0504$$

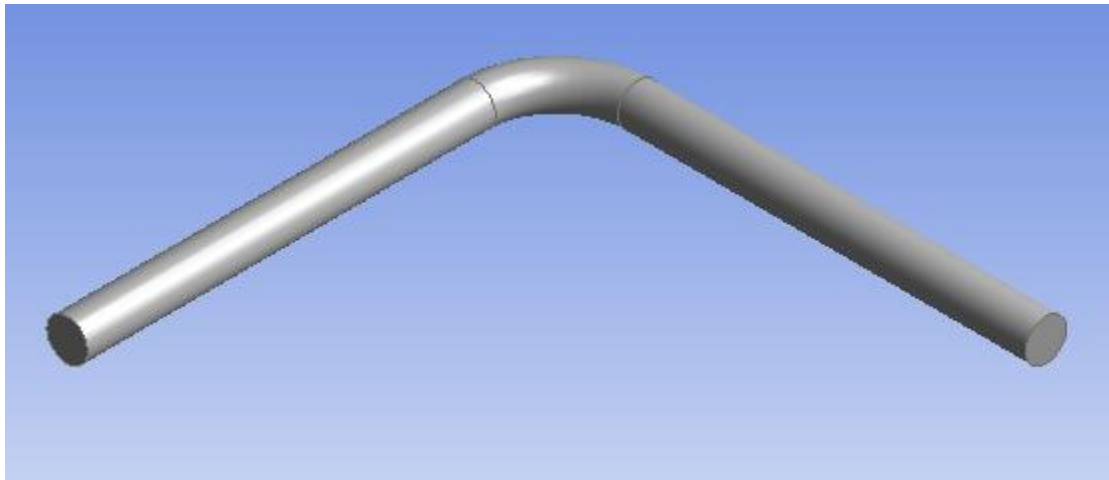
Sad kad smo izračunali ξ_{loc} i ξ_{fr} možemo izračunati ξ , a nakon toga i Δp ($\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$):

$$\xi = \xi_{loc} + \xi_{fr} = 0.15 + 0.0504 = 0.2004$$

$$\Delta p = \xi * \rho * \frac{W_0^2}{2} = 0.2004 * 1000 * \frac{0.2^2}{2} = 4.008$$

3. Prikaz geometrije

Koristeći zadane uvjete i odabrane dimenzije, izradili smo geometriju u obliku zaobljene cijevi.



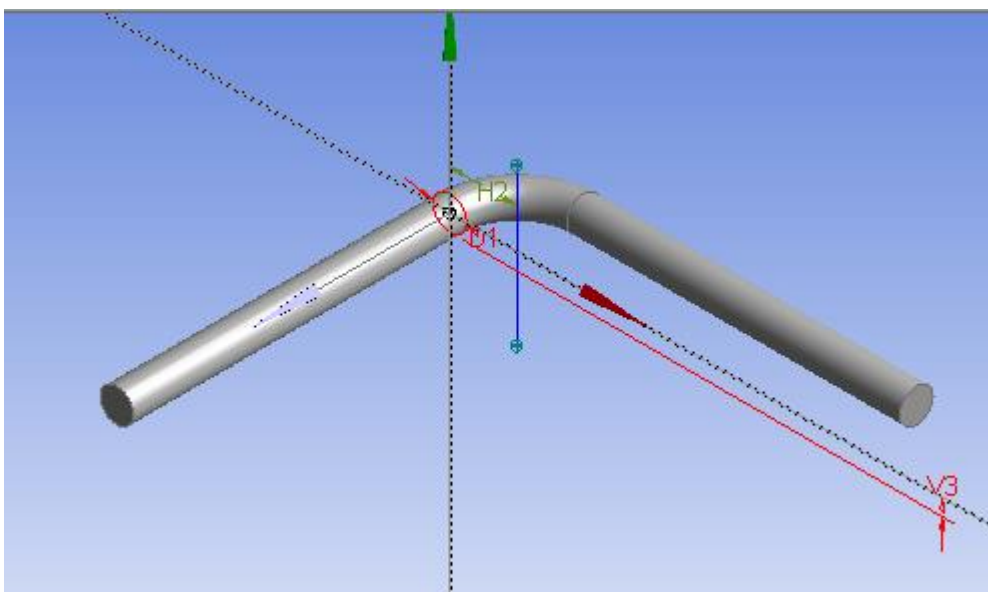
Slika 7. - Geometrija

Na slici 7. prikazane su dimenzije geometrije:

H2 – polumjer zaobljenosti (90°)

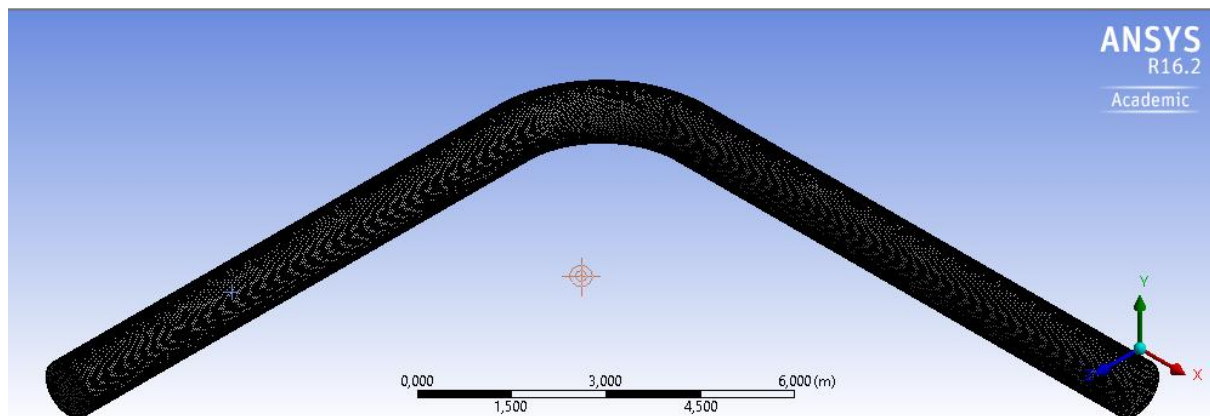
D1 – promjer cijevi (1 m)

V3 – duljina cijevi

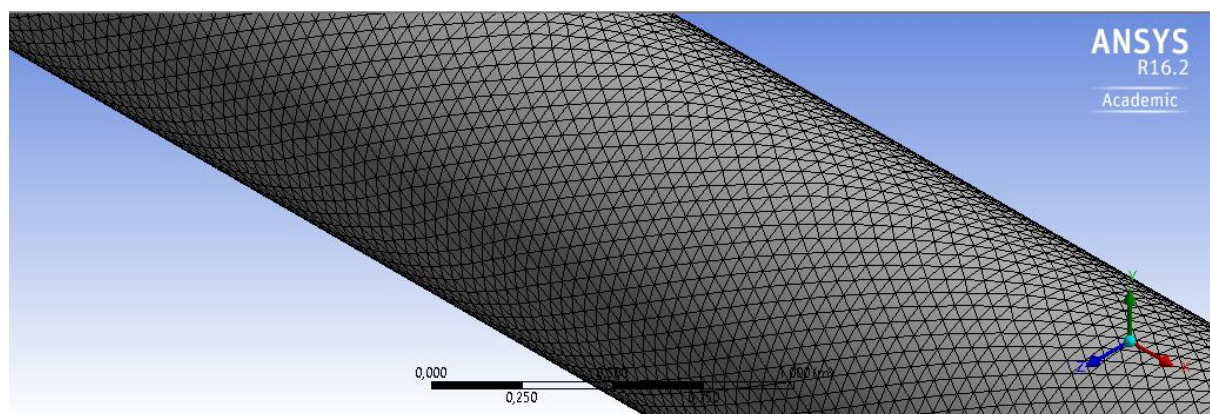


Slika 8. - Dimenzije geometrije

Nakon izrade mesha, promjenom vrijednosti Relevance Center u Fine, Relevance na 100, te odabirom opcije Insert Refinement uz vrijednost refinement 1, nastao je mesh s 40213 točaka i 149978 elemenata.

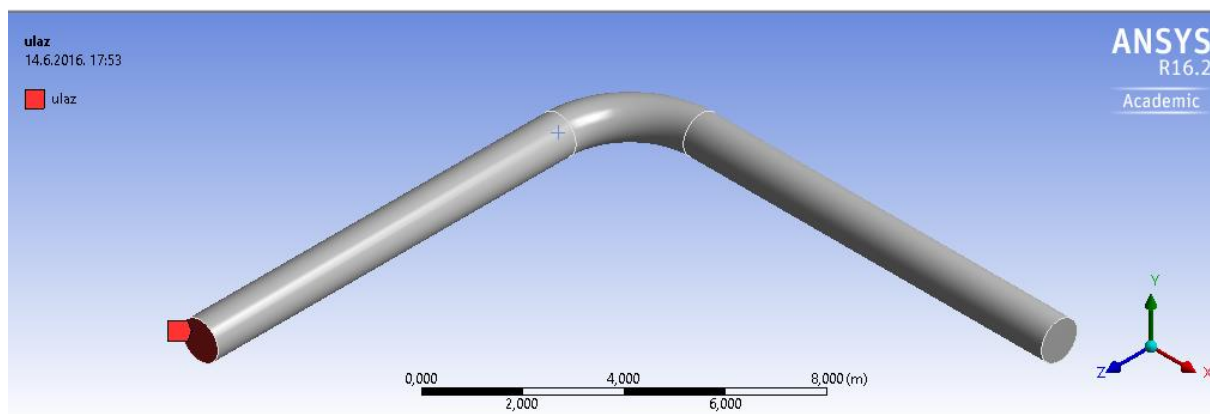


Slika 9. - Mesh

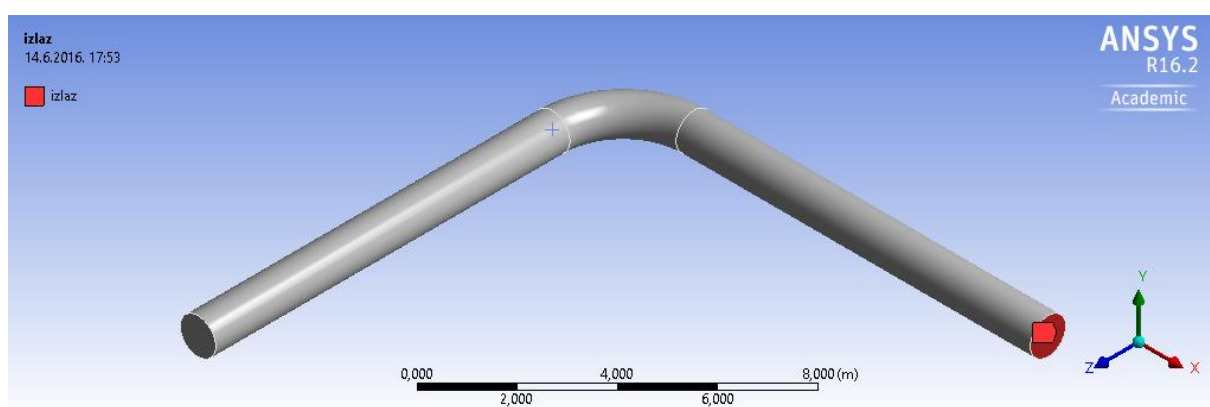


Slika 10. - približni prikaz mesha

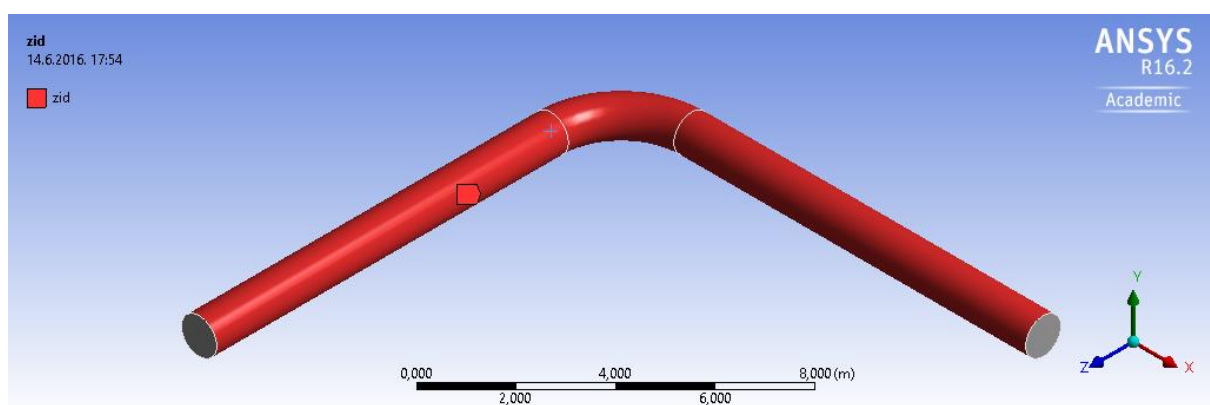
Odabirom Define named selection, označili smo ulaznu i izlaznu plohu te zid cijevi koje se koriste u daljnjem računanju, pri pokretanju fluenta (slike 11.-13.).



Slika 11. - Označavanje ulaza

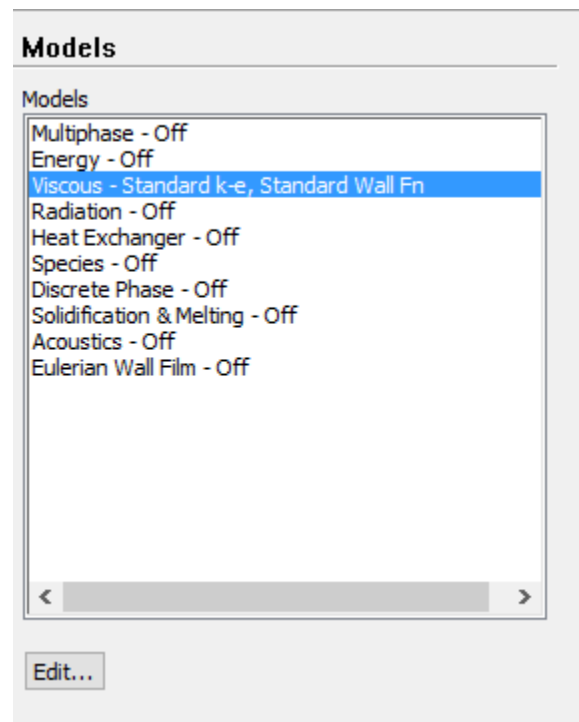


Slika 12. - Označavanje izlaza

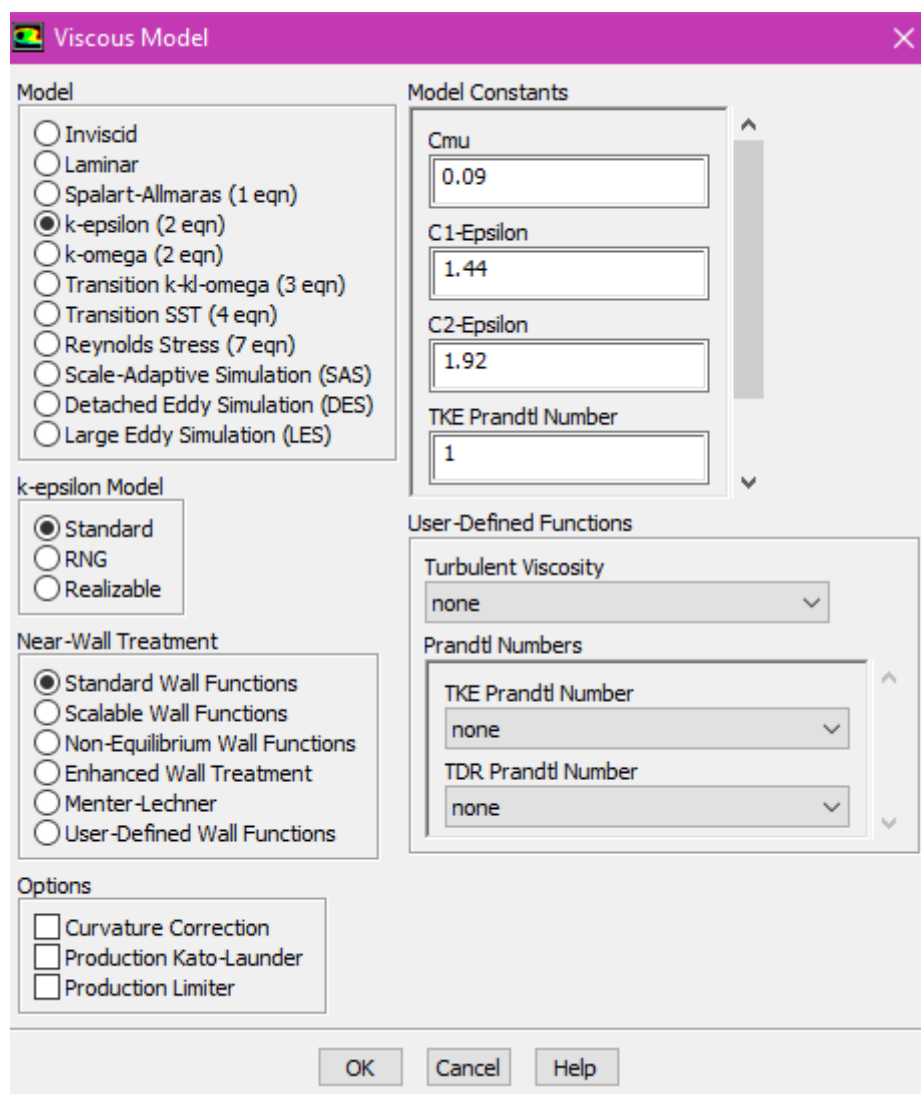


Slika 13. - Označavanje zida

Prema uvjetima zadatka potrebno je postaviti k-epsilon model, odnosno turbulentno gibanje (slika 14. i 15).

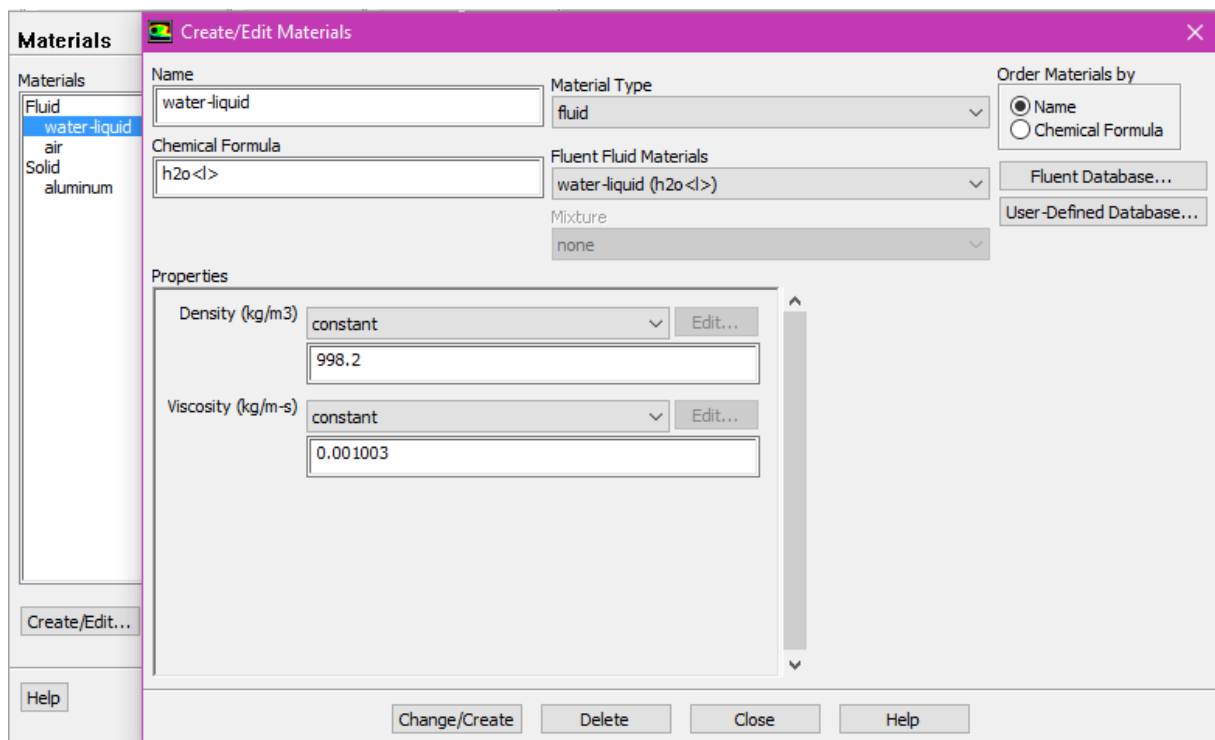


Slika 14. - Odabir k-epsilon modela

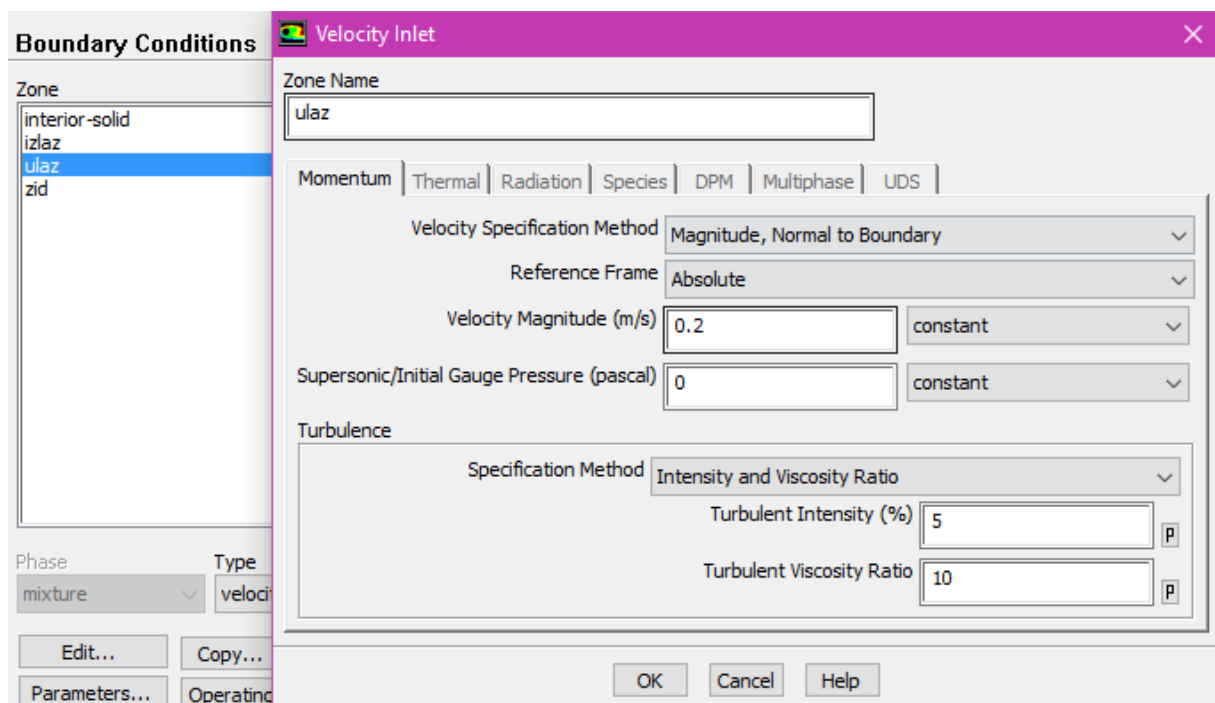


Slika 15. - Postavke turbulentnog gibanja

Na ulaz cijevi potrebno je postaviti velocity inlet i na njega dovesti vodu (slika 16.) s izračunatom brzinom od 0.2 m/s (slika 17.).

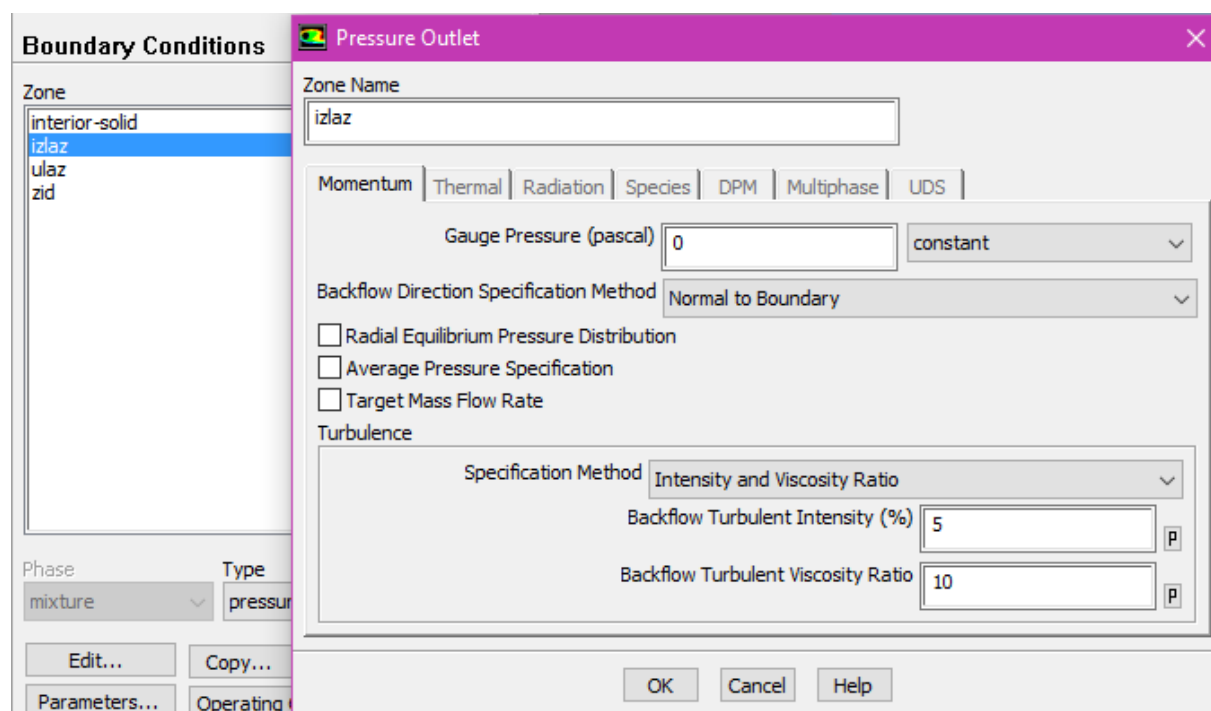


Slika 16. - Odabir vode kao materijala



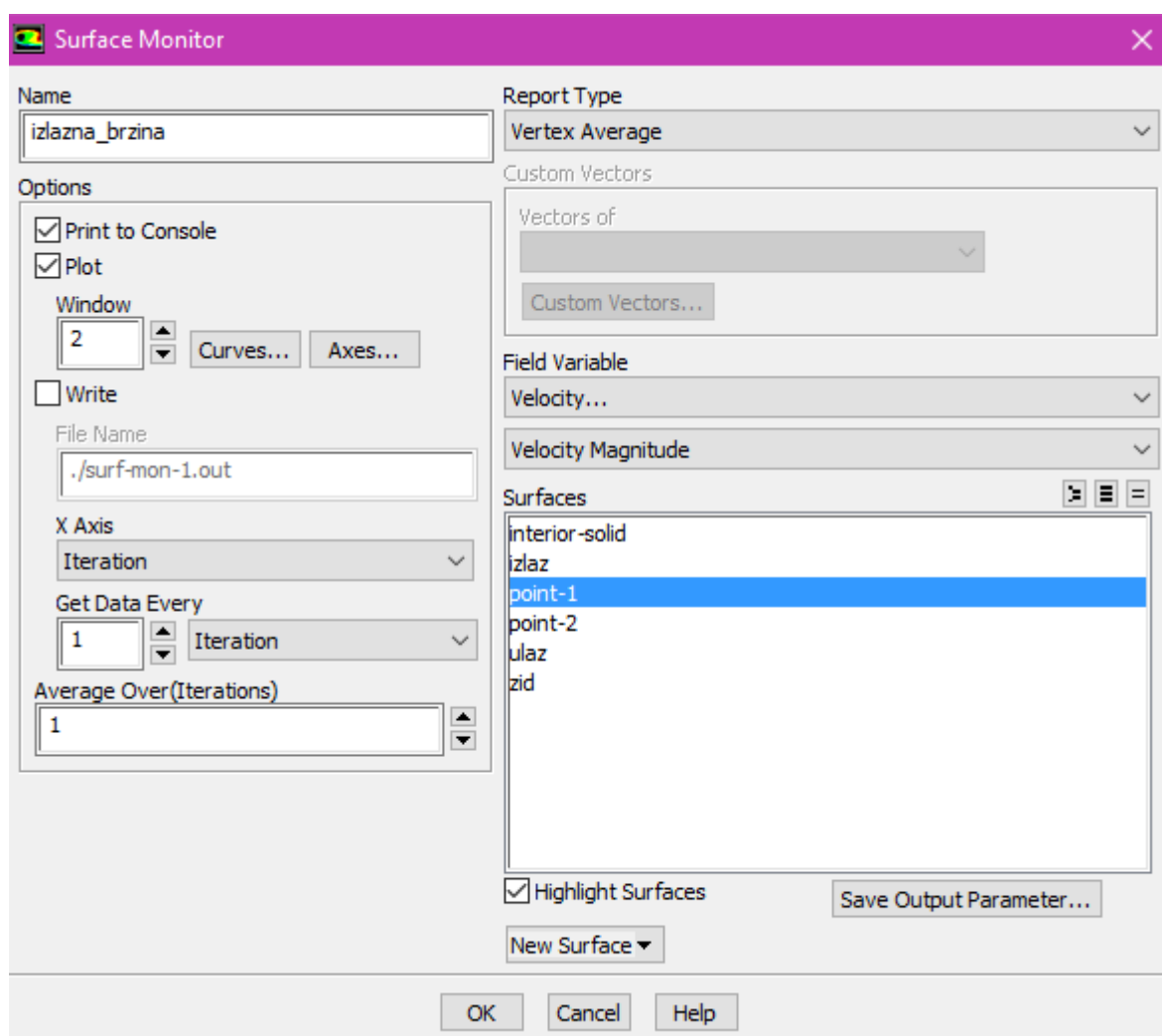
Slika 17. - Dovođenje vode na ulaz

Na izlaz smo postavili *pressure outlet*, s *gauge pressure* (nadtlak) jednakim 0 Pa (slika 18.).



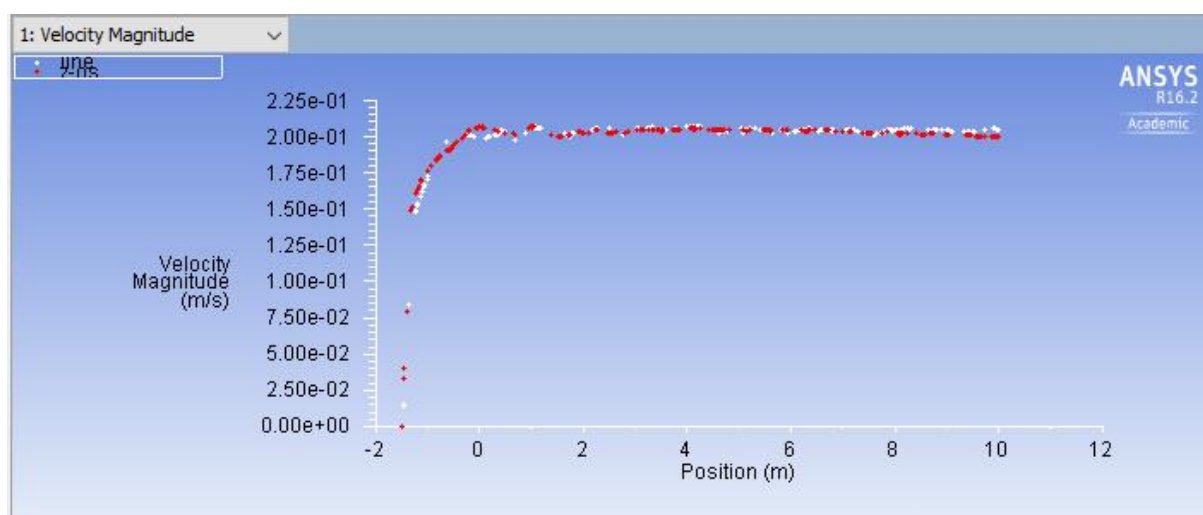
Slika 18. - Pressure outlet na izlaz

Na izlazu smo odredili točku u kojoj se mjeri izlazna brzina vode – izlazna_brzina (slika 19.).



Slika 19. - Određivanje točke za mjerenje izlazne brzine

Nakon pokretanja simulacije, kreiran je graf promjene brzine u točki izlazna_brzina.



Slika 20. - Graf promjene brzine

Dokazivanje mrežne nezavisnosti

Mrežu smo ufinjavali i računali brzinu na izlazu dok razlika između izračunatih brzina nije postala zanemariva; nakon 81215 čvorova možemo zaključiti nezavisnost mreže.

Broj čvorova mreže	Izlazna brzina (m/s)
296	0,20024144
4607	0,20039571
16129	0,20043436
39075	0,20079412
61720	0,20117247
81215	0,20129525
82412	0,20129496
82636	0,20129424

