

DEM-CFD studie proudění v sypané výplni

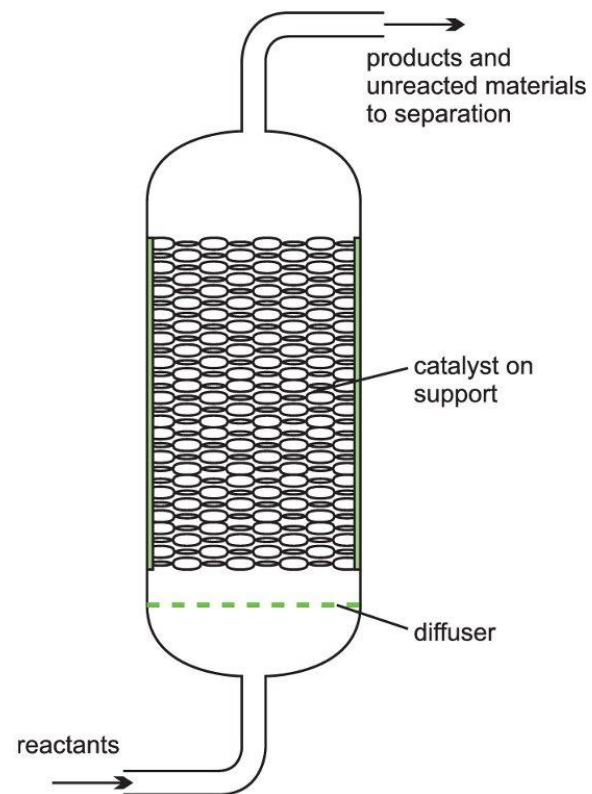
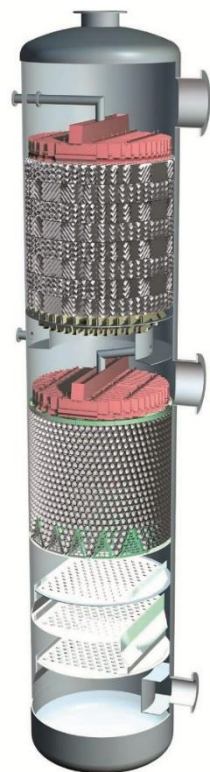


Martin Šourek

VŠCHT Praha
Ústav matematiky



Praha 12. prosince 2017





Model



SnappyHexMesh → SimpleFoam → Results



Open  FOAM

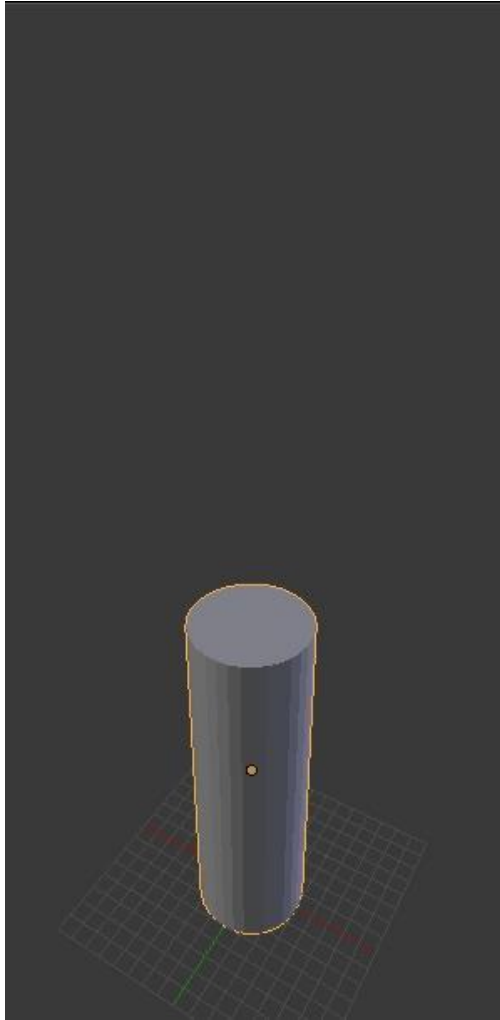


Metoda diskrétních elementů

- I. Predikce
 - Určení potenciálních poloh v čase $t+\Delta t$
- II. Detekce kolizí
 - Lokalizace srážek na základě překryvu
- III. Korekce předpovězených poloh
 - Přepočet poloh podle určených srážek

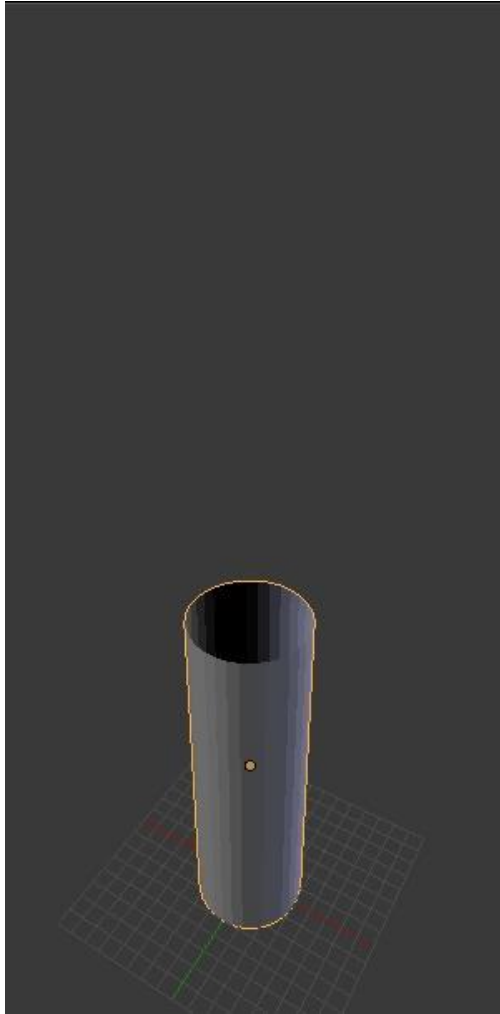
DEM nastavení v Blenderu

```
bullet.physics_type = 'RIGID_BODY'  
bullet.use_collision_bounds = True  
bullet.velocity_max = 10  
bullet.collision_margin = 0.002  
bullet.form_factor = 0.001
```



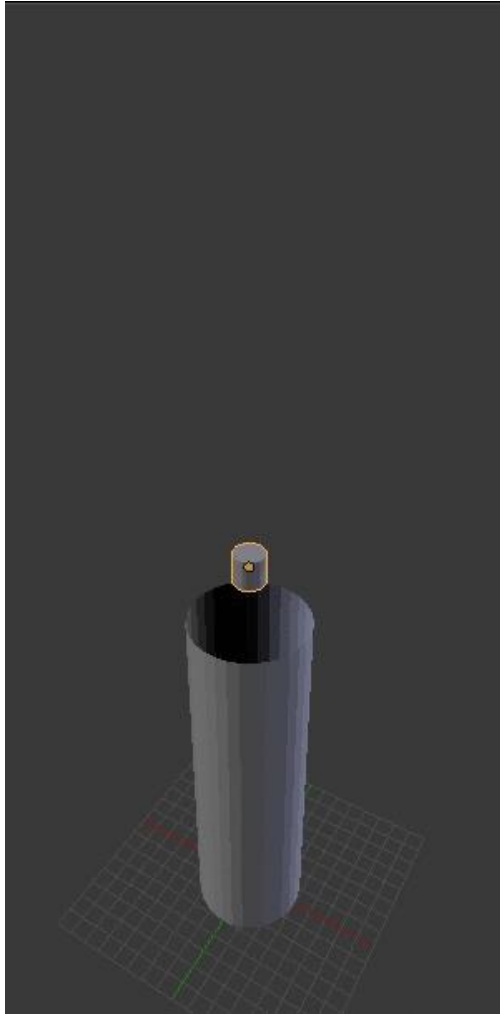
Algoritmus vzniku struktury

- 1 **vytvoření válce pro kolonu**
- 2 smazání stěny pro vznik kolony
- 3 **for i in range (0, 49)**
- 4 vytvoření válce
- 5 přesouvání válců nad sebe
- 6 náhodná rotace
- 7 vznik díry ve válci
- 8 přiřazení parametrů pro fyzikální engine
- 9 spuštění engine a zaznamenávání pozic
- 10 struktura určena konvergencí řešení
- 11 export získané struktury ve formátu STL



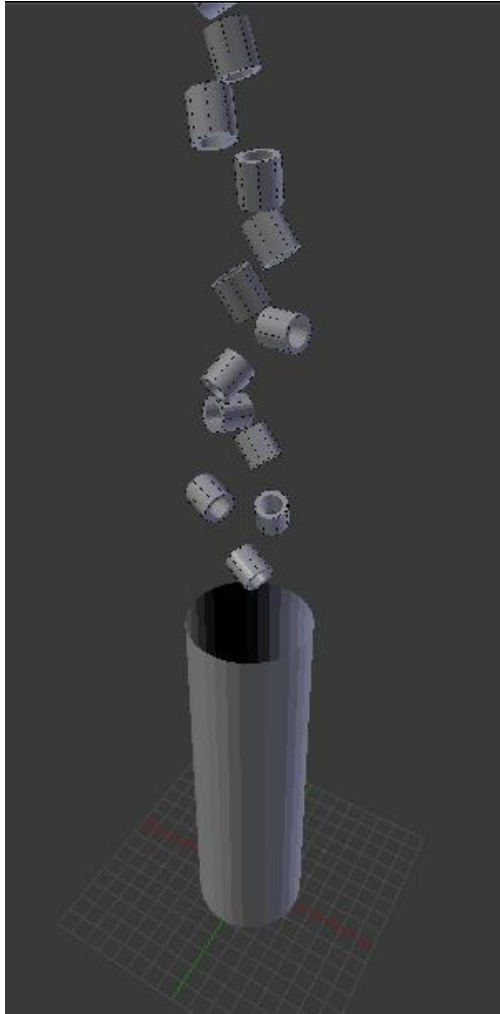
Algoritmus vzniku struktury

- 1 vytvoření válce
- 2 smazání stěny pro vznik kolony**
- 3 **for i in range (0, 49)**
- 4 vytvoření válce
- 5 přesouvání válců nad sebe
- 6 náhodná rotace
- 7 vznik díry ve válci
- 8 přiřazení parametrů pro fyzikální engine
- 9 spuštění engine a zaznamenávání pozic
- 10 struktura určena konvergencí řešení
- 11 export získané struktury ve formátu STL



Algoritmus vzniku struktury

- 1 vytvoření válce
- 2 smazání stěny pro vznik kolony
- 3 **for i in range (0, 49)**
- 4 **vytvoření válce**
- 5 **přesouvání válců nad sebe**
- 6 **náhodná rotace**
- 7 **vznik díry ve válci**
- 8 přiřazení parametrů pro fyzikální engine
- 9 spuštění engine a zaznamenávání pozic
- 10 struktura určena konvergencí řešení
- 11 export získané struktury ve formátu STL



Algoritmus vzniku struktury

- 1 vytvoření válce
- 2 smazání stěny pro vznik kolony
- 3 **for i in range (0, 49)**
- 4 vytvoření válce
- 5 přesouvání válců nad sebe
- 6 náhodná rotace
- 7 vznik díry ve válci
- 8 **přiřazení parametrů pro fyzikální engine**
- 9 spuštění engine a zaznamenávání pozic
- 10 struktura určena konvergencí řešení
- 11 export získané struktury ve formátu STL

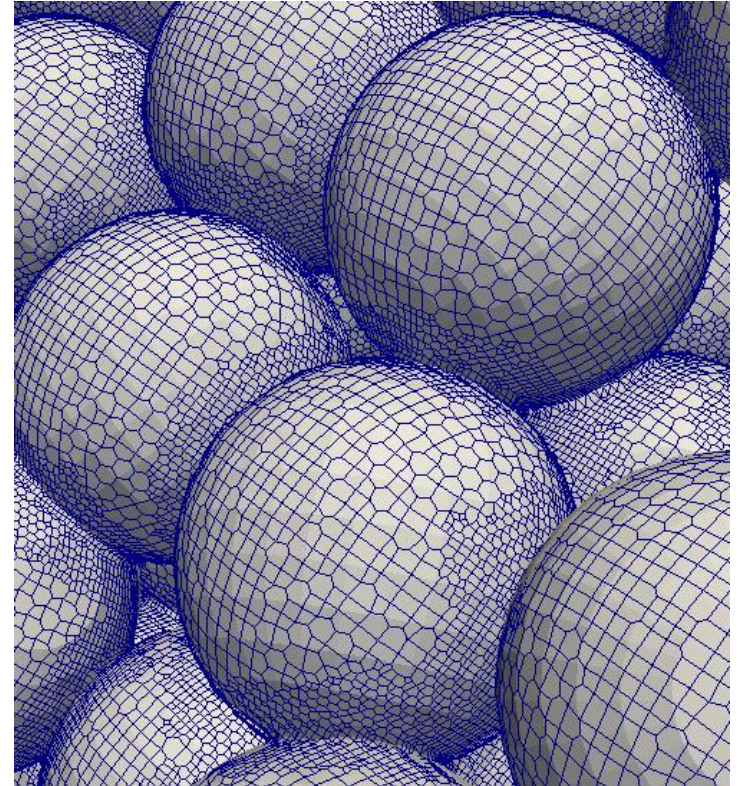
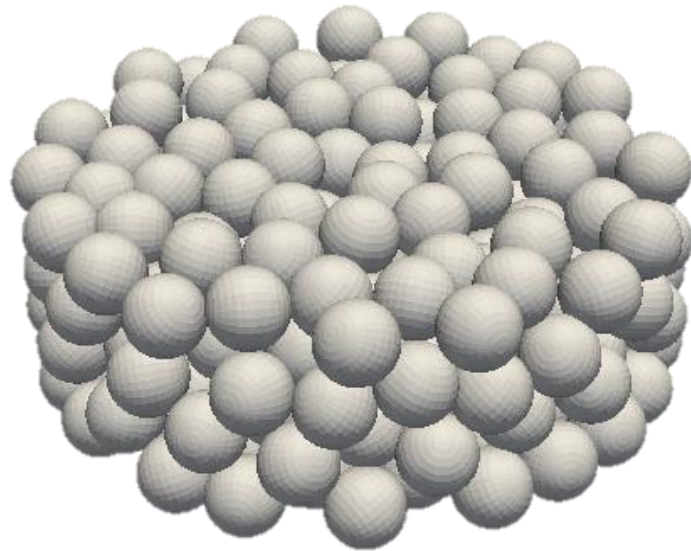


Algoritmus vzniku struktury

- 1 vytvoření válce
- 2 smazání stěny pro vznik kolony
- 3 **for i in range (0, 49)**
- 4 vytvoření válce
- 5 přesouvání válců nad sebe
- 6 náhodná rotace
- 7 vznik díry ve válci
- 8 přiřazení parametrů pro fyzikální engine
- 9 **spuštění engineu a zaznamenávání pozic**
- 10 **struktura určena konvergencí řešení**
- 11 **export získané struktury ve formátu STL**

Využití

SnappyHexMesh generuje 3D síť na základě poskytnuté STL plochy





Navier-Stokesovy rovnice nestlačitelného izotermického proudění

$$\nabla \cdot \mathbf{U} = 0$$

$$\nabla \cdot (\mathbf{U} \otimes \mathbf{U}) = -\nabla p + \nabla \cdot \mathbf{T} + \mathbf{f}_b$$

Okrajové podmínky pro rychlost

Vstup	flowRateInletVelocity
Výstup	inletOutlet
Stěna	noSlip
Výplň	noSlip

Okrajové podmínky pro tlak

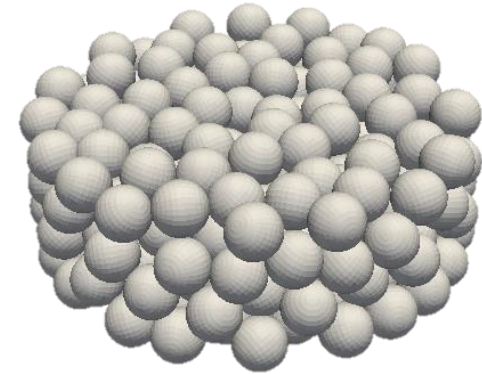
Vstup	zeroGradient
Výstup	fixedValue 0
Stěna	zeroGradient
Výplň	zeroGradient



Parametry pro kuličkovou výplň

Průměr kolony $d_t = 0.06$ m

Průměr kuličky $d_k = 0.007$ m



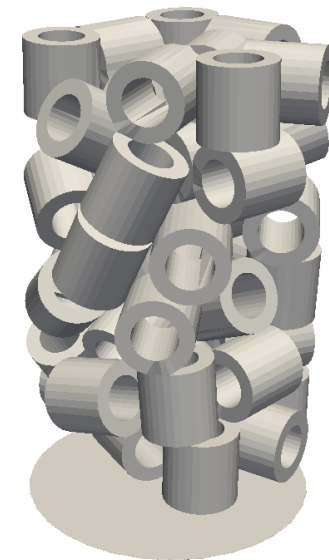
Parametry pro Raschigovy kroužky

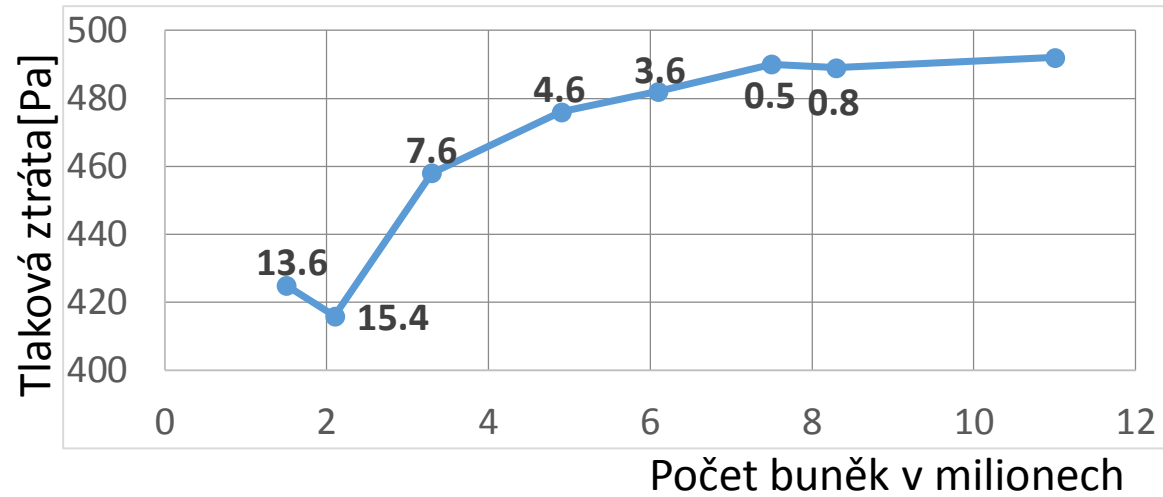
Průměr kolony $d_t = 0.06$ m

Průměr válečku $d_R = 0.015$ m

Výška válečku $H_R = 0.015$ m

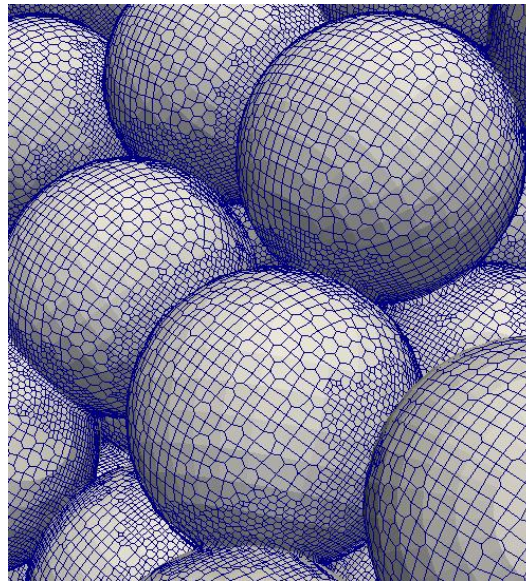
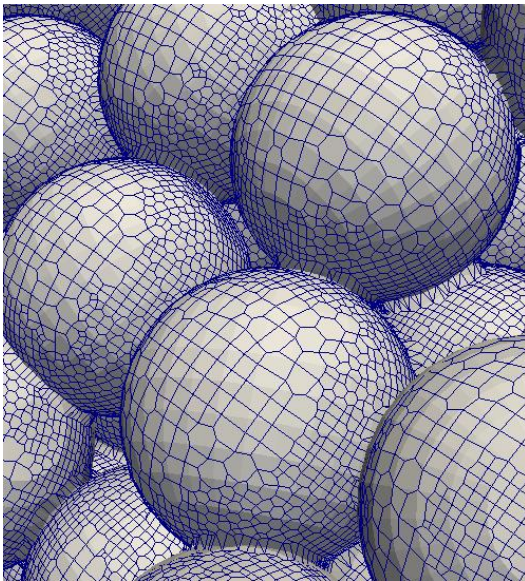
Průměr díry $d_h = 0.01$ m





Podmínky studie

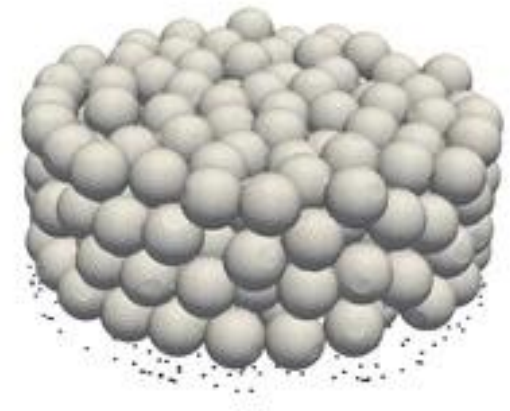
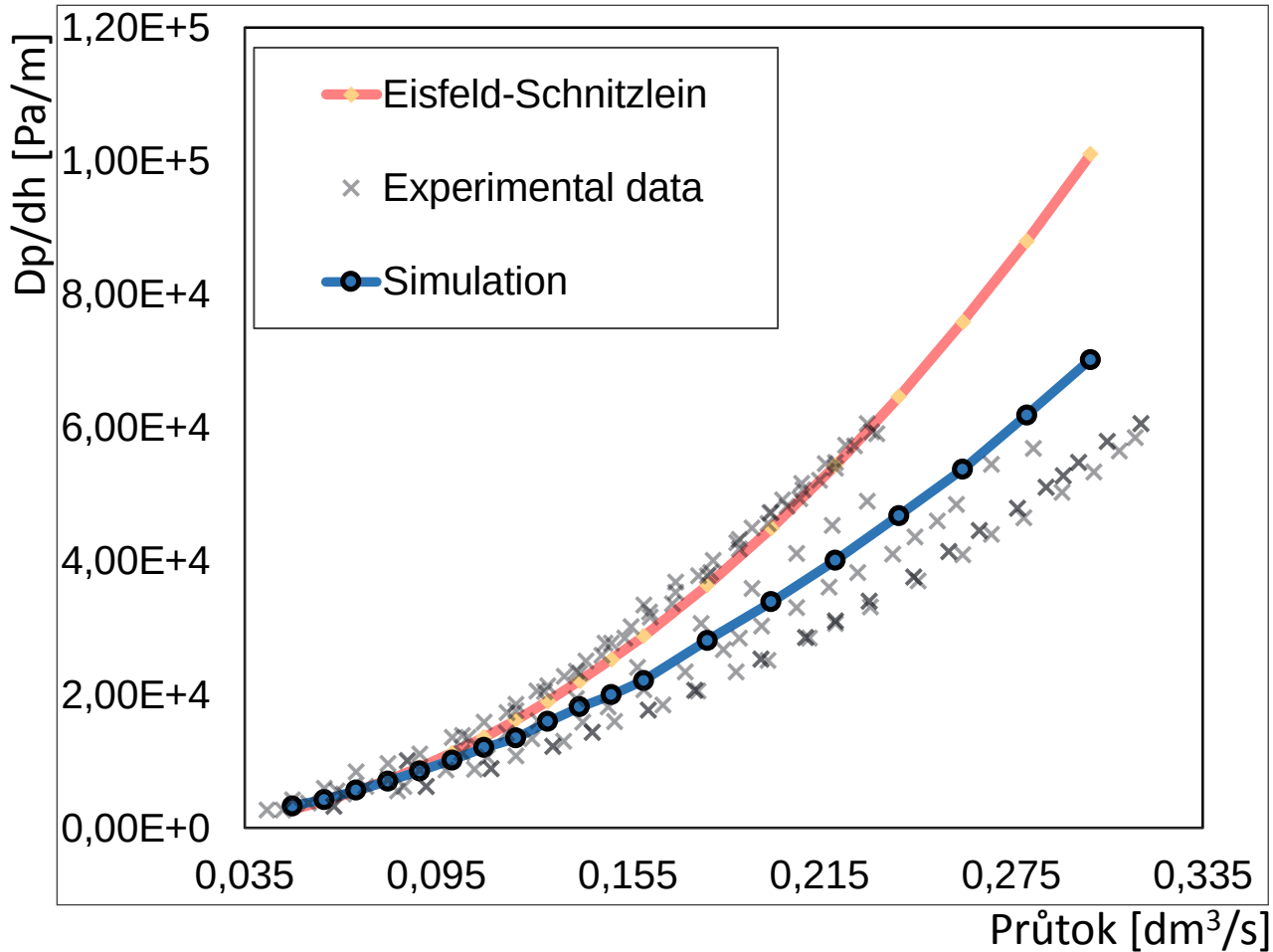
- 250 kuliček
- $V_i = 0.15 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}$



Jemnost sítě pro výplň z
Raschigových kroužků
6.8 miliónů buněk



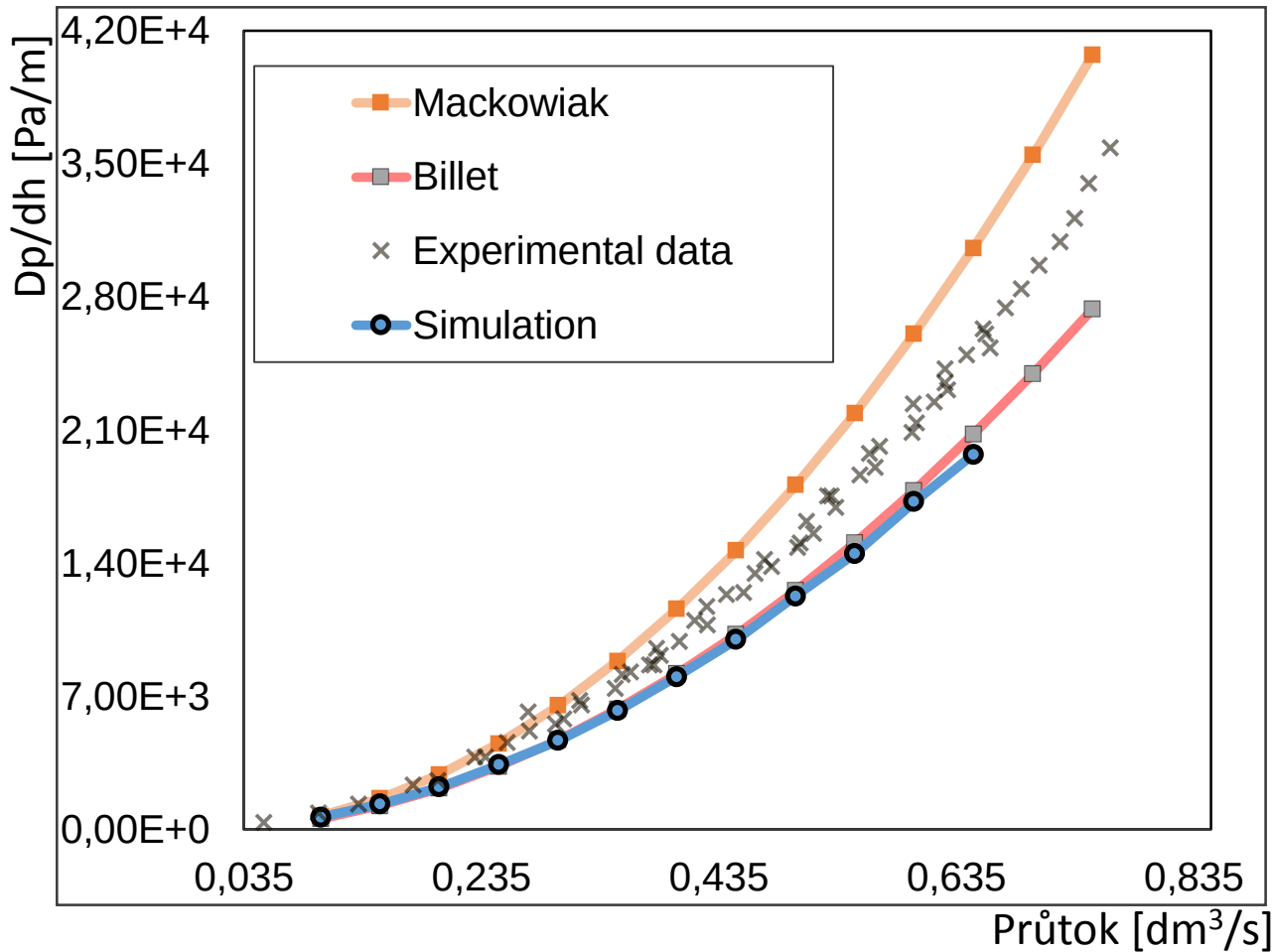
Výsledky



Einfeld, B. and K. Schnitzlein, *The influence of confining walls on the pressure drop in packed beds*. Chemical Engineering science, 2001. 56.

Výplň z Raschigových kroužků

Výsledky simulací a jejich validace

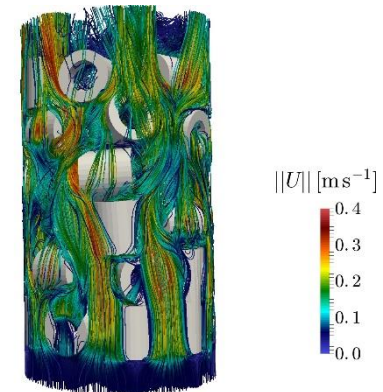
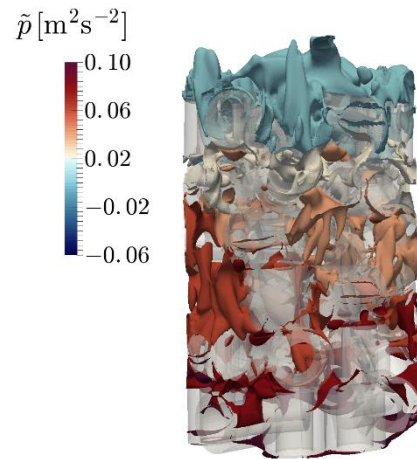


Maćkowiak, J., *Fluid dynamics of packed columns*. 2010, Berlin: Springer-Verlag.

Billet, R., *Packed Towers*, in *VCH Verlagsgesellschaft mbH*. 1995: Weinheim.



Závěr





Děkuji Vám za pozornost