

VÝVOJ METODIKY OPTIMALIZACE TEXTUROVANÝCH POVRCHŮ POMOCÍ STROJOVÉHO UČENÍ

Čeněk Šváb, Ing.

Vedoucí : **prof. Ing. Ivan Křupka**, Ph.D.

Vedoucí specialista: **Ing. Petr Šperka**, Ph.D.

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

Fakulta strojního inženýrství

VUT v Brně

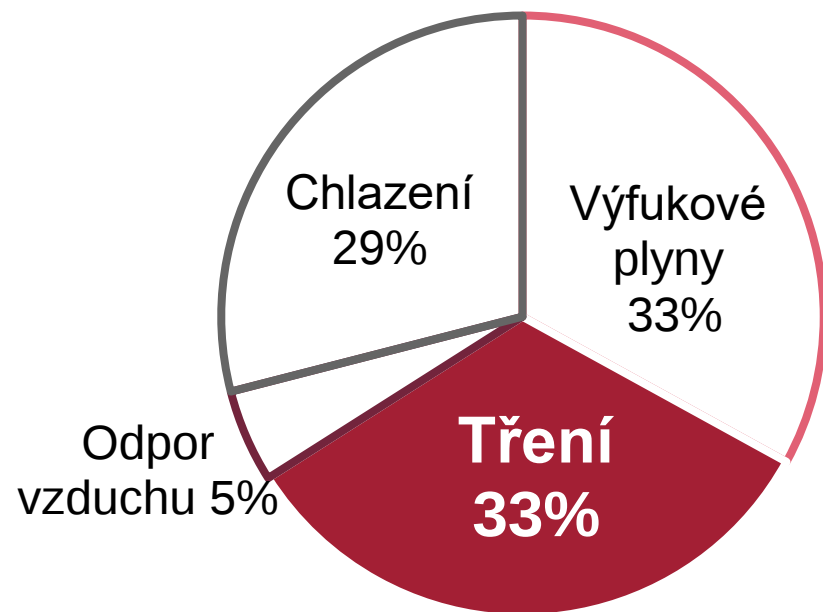
Brno , 27.2. 2023



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ



MOTIVACE



Motor 11,5%

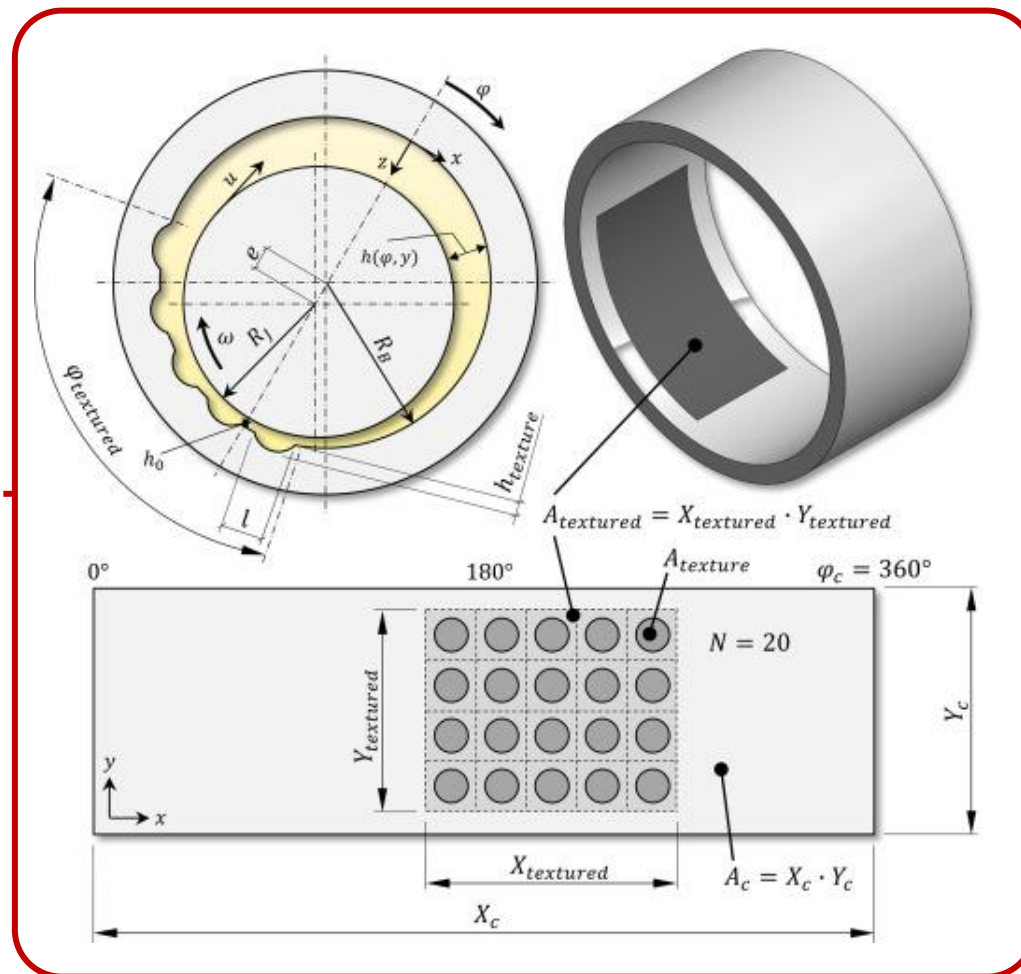
Převody 5%

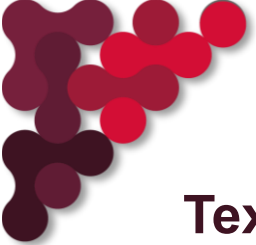
Pneumatiky 11,5 %

Materiály

Maziva

Textury

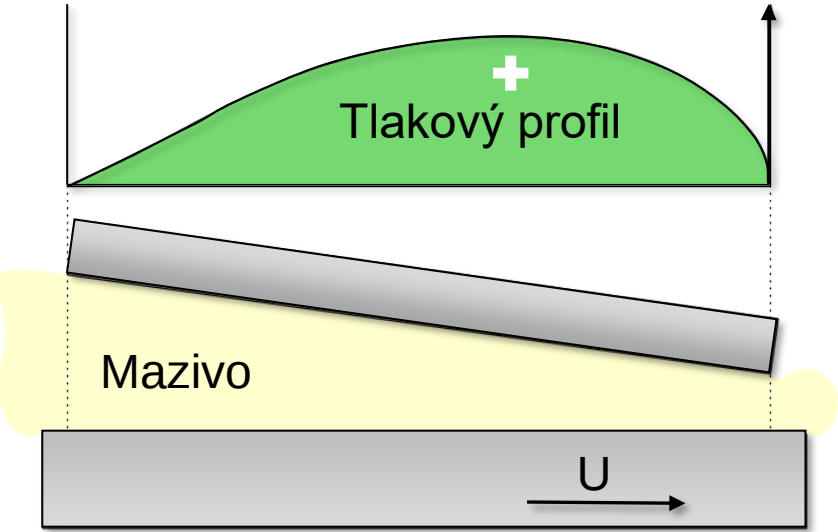




SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

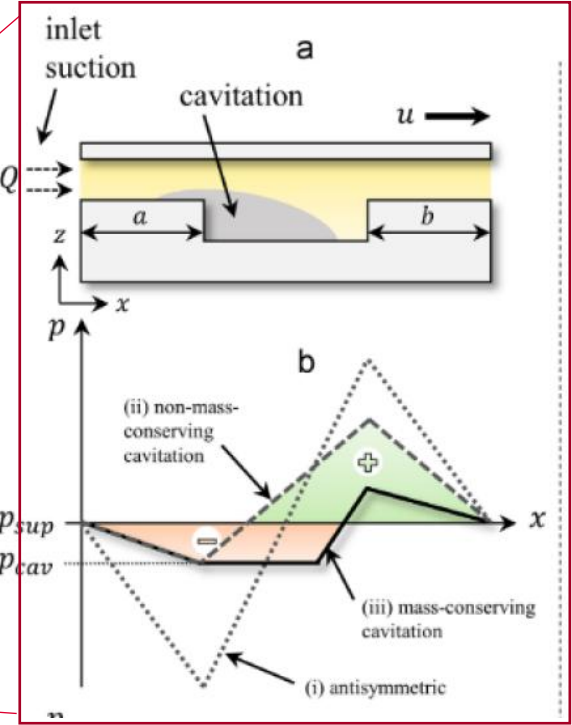
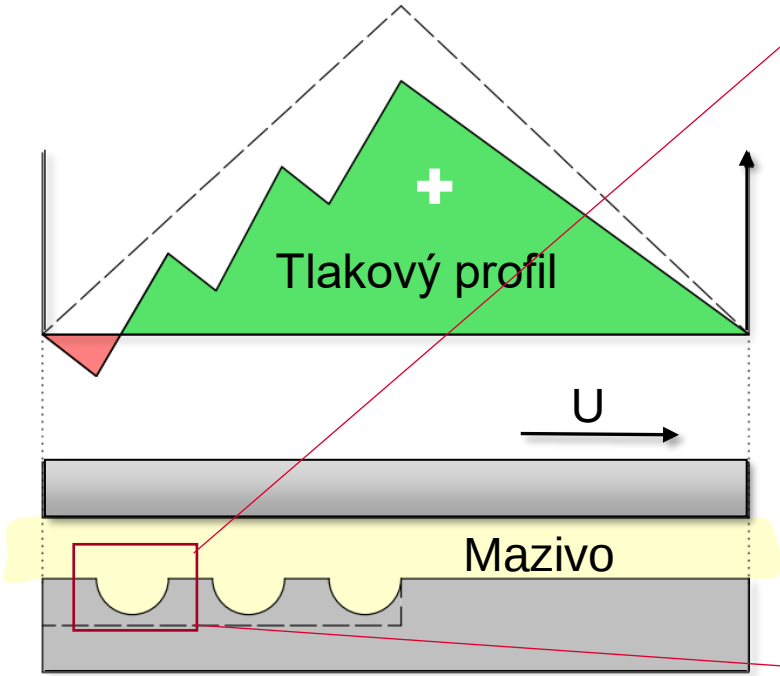
Texturování povrchu

Princip klínové mezery



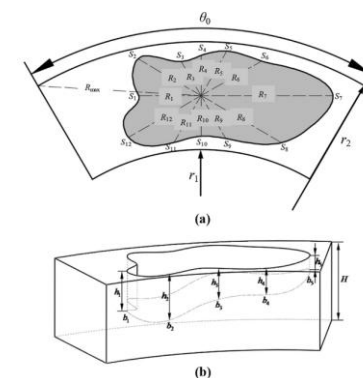
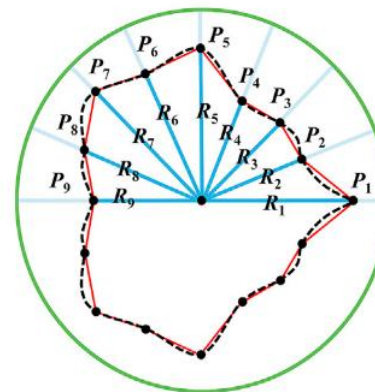
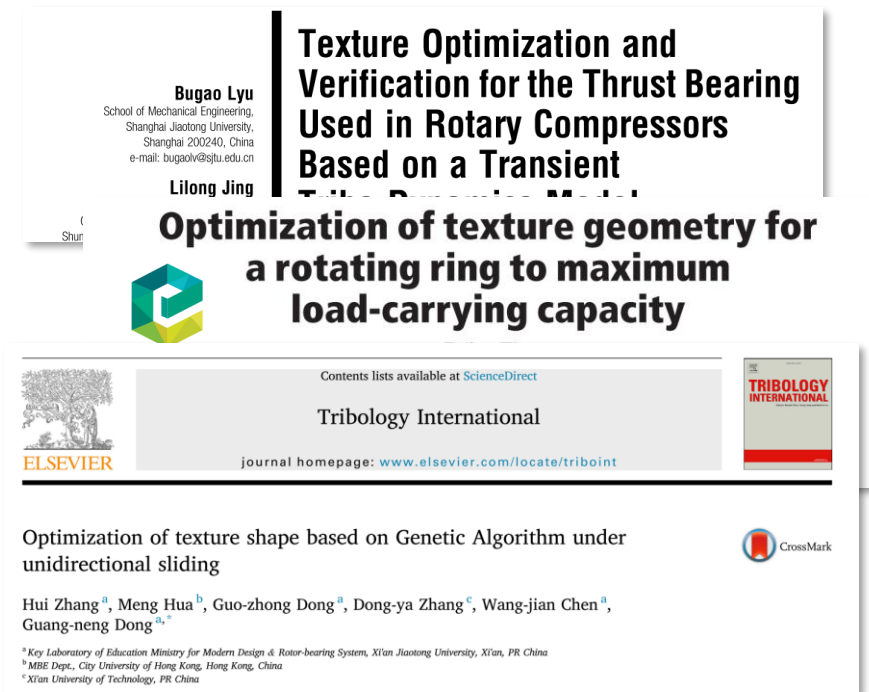
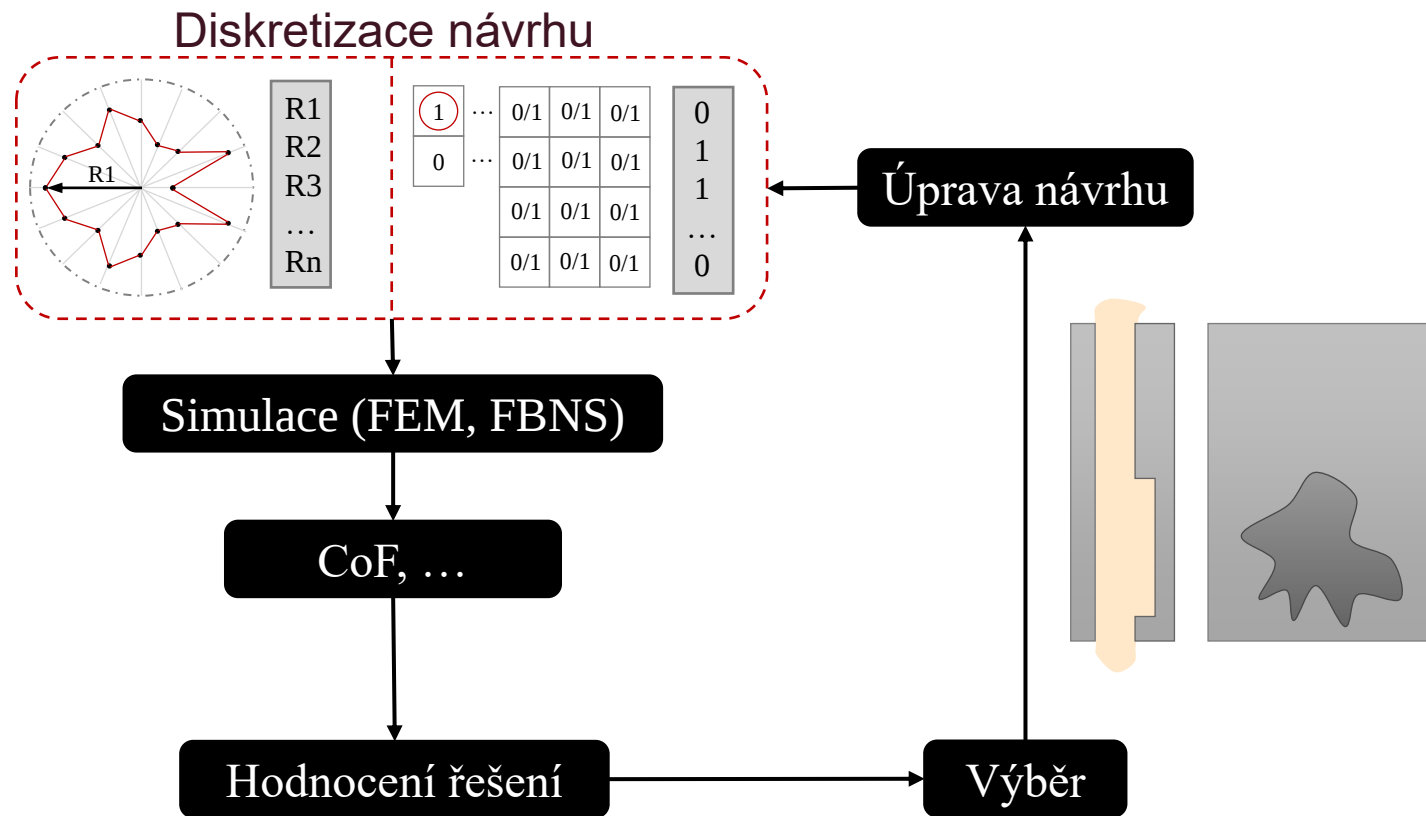
:

Princip texturovaného povrchu



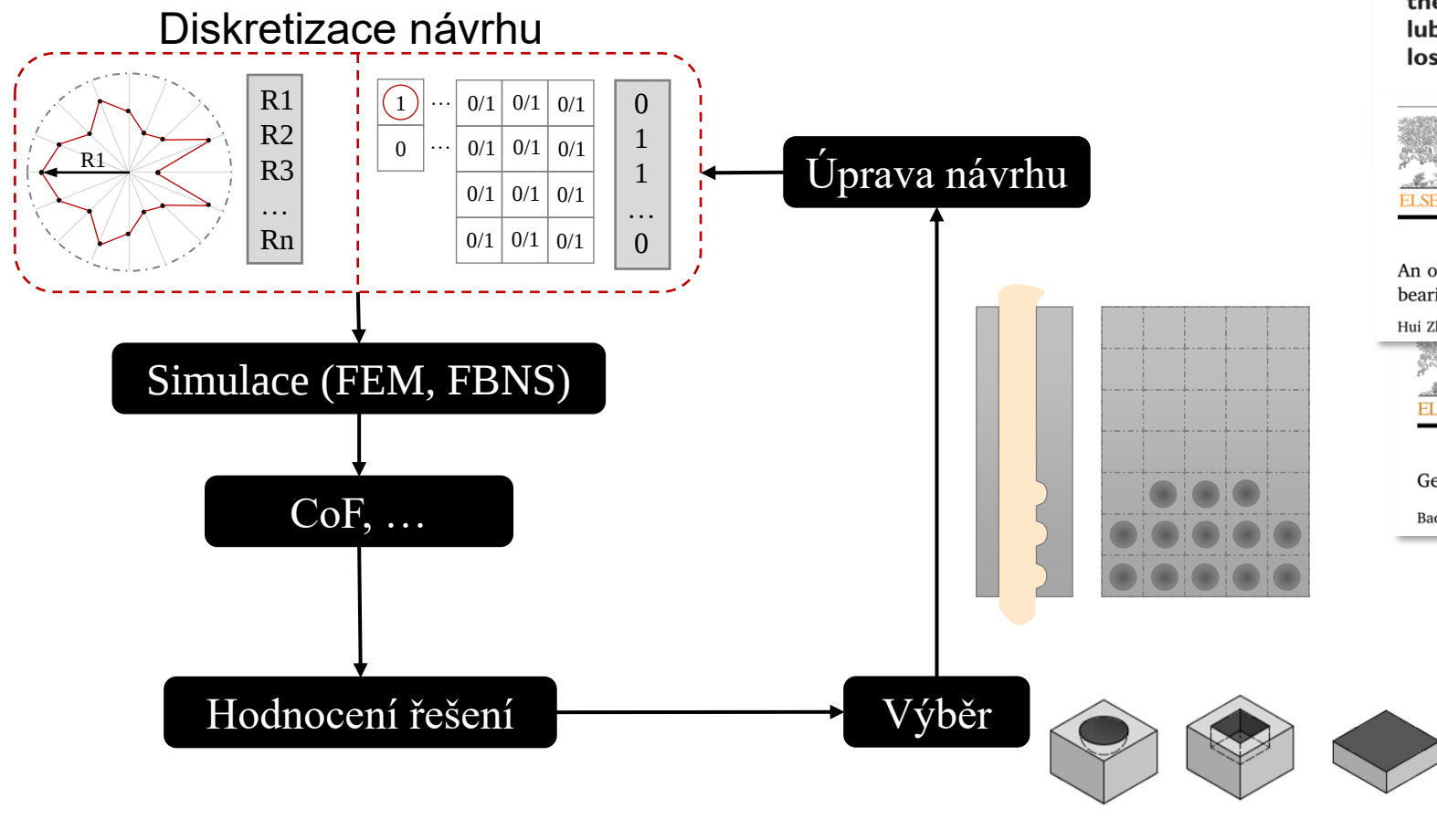
SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

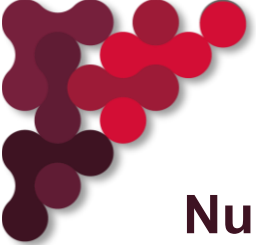
Numerická optimalizace



SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

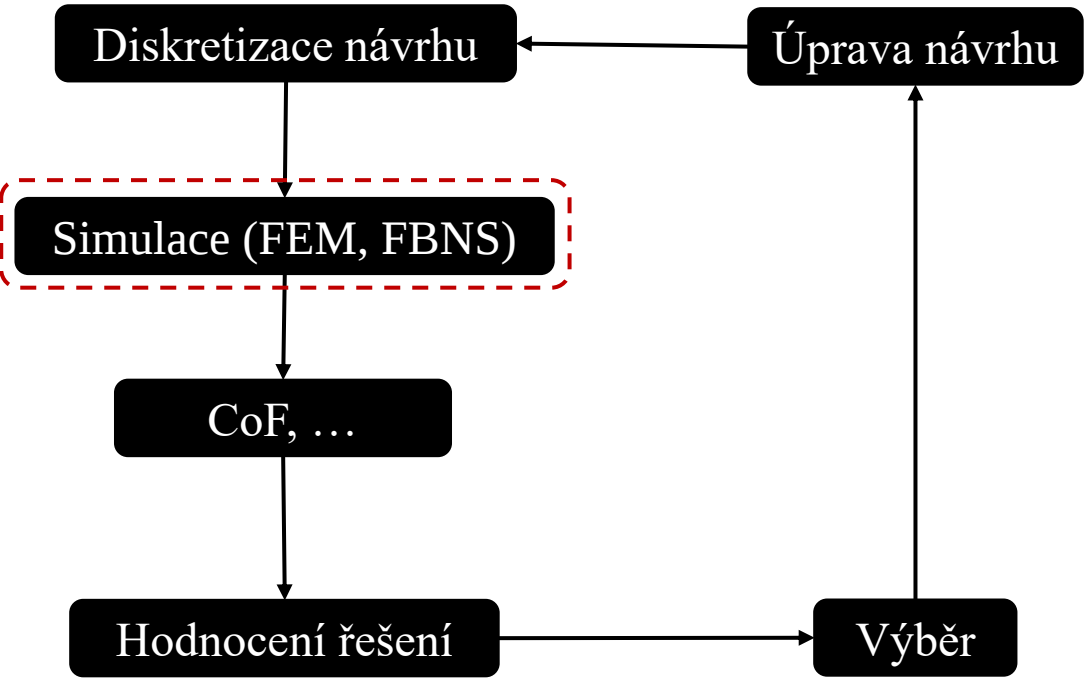
Numerická optimalizace



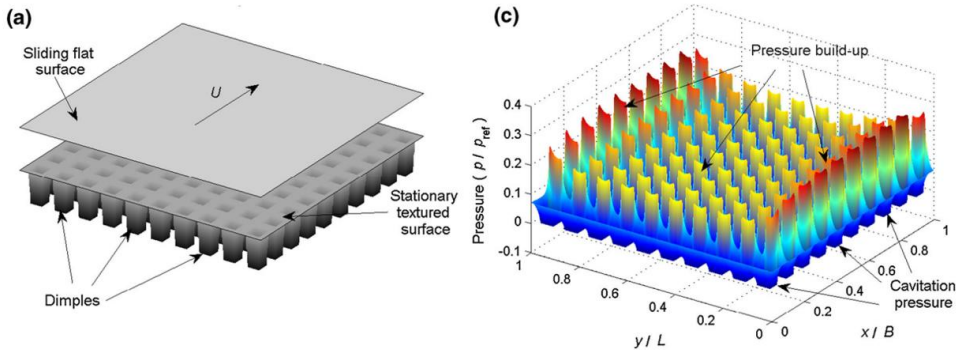


SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

Numerická optimalizace



FBNS (2018)



Unsteady FBNS (2022)

Tribology Letters (2022) 70: 80
<https://doi.org/10.1007/s11249-022-01615-1>

ORIGINAL PAPER

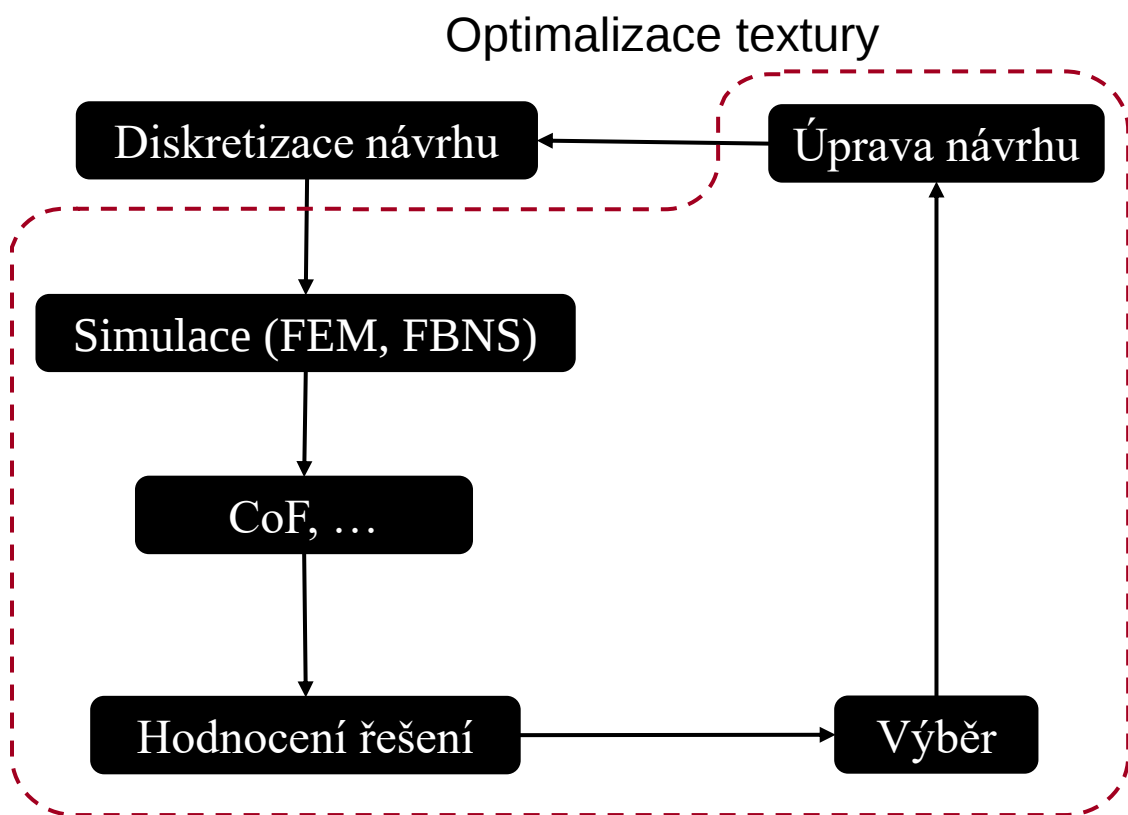


An EHL Extension of the Unsteady FBNS Algorithm

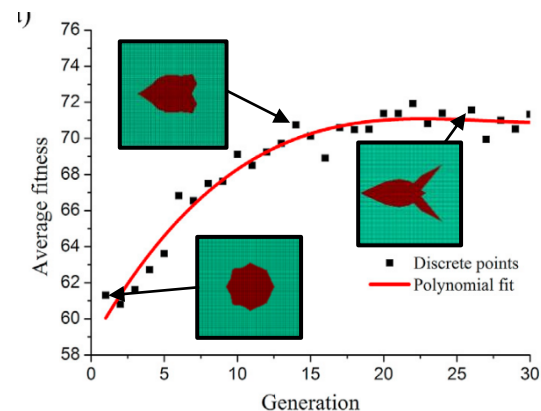
Erik Hansen¹ · Altay Kacan¹ · Bettina Frohnappfel¹ · Andrea Codrignani²

SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

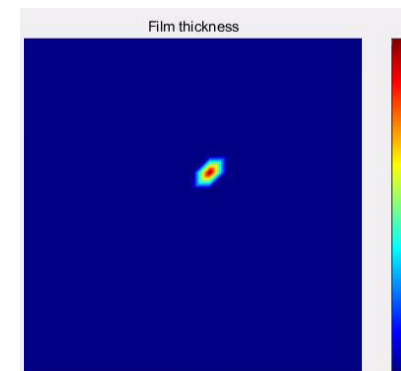
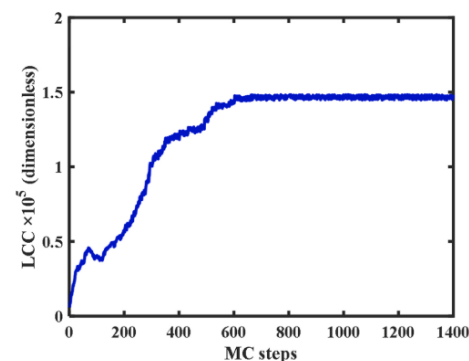
Numerická optimalizace



Genetické algoritmy

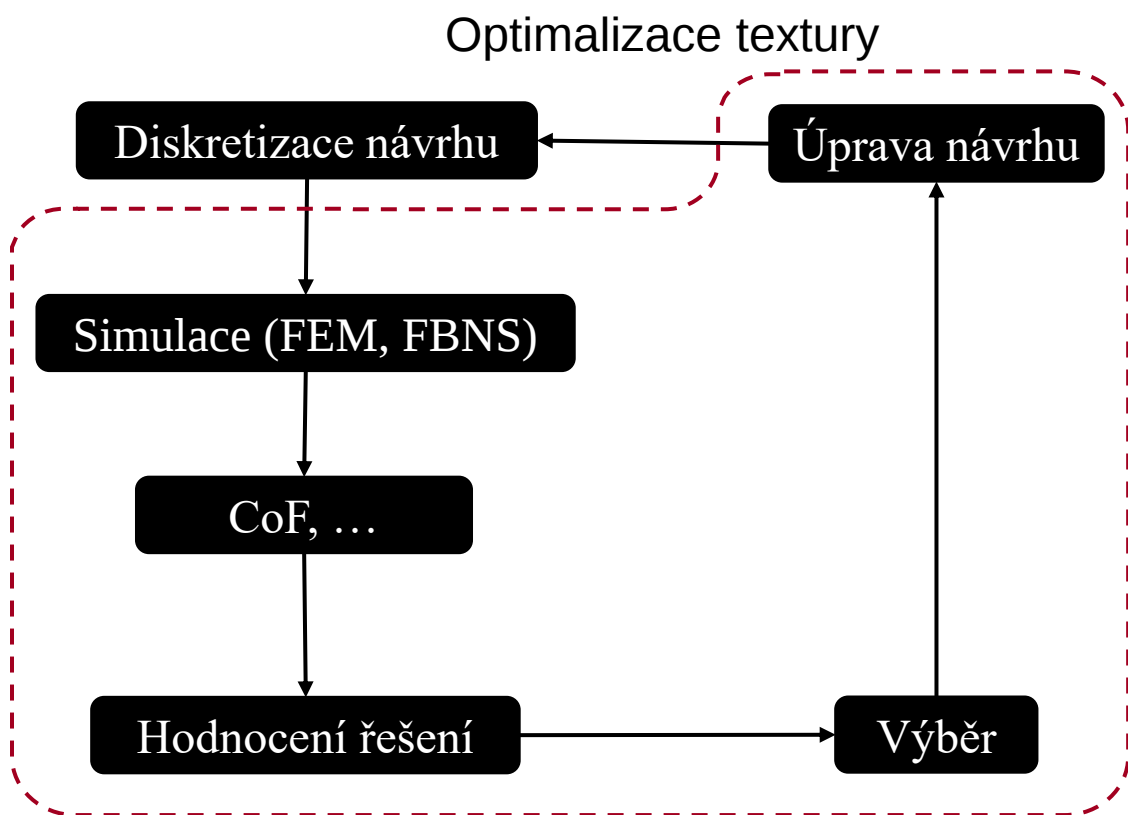


Monte Carlo



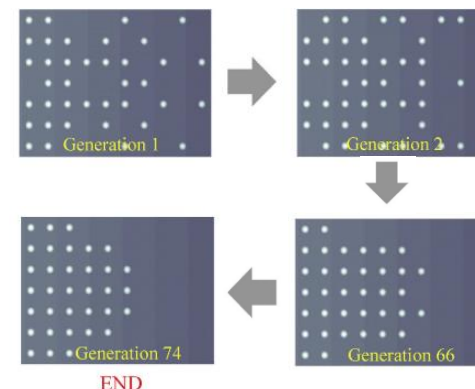
SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

Numerická optimalizace



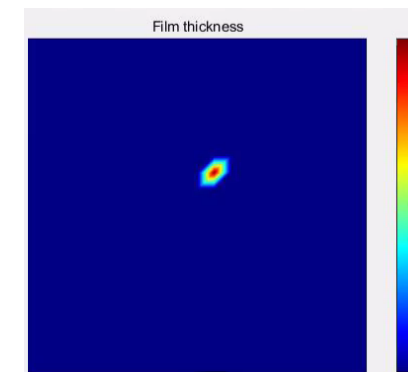
● Genetické algoritmy

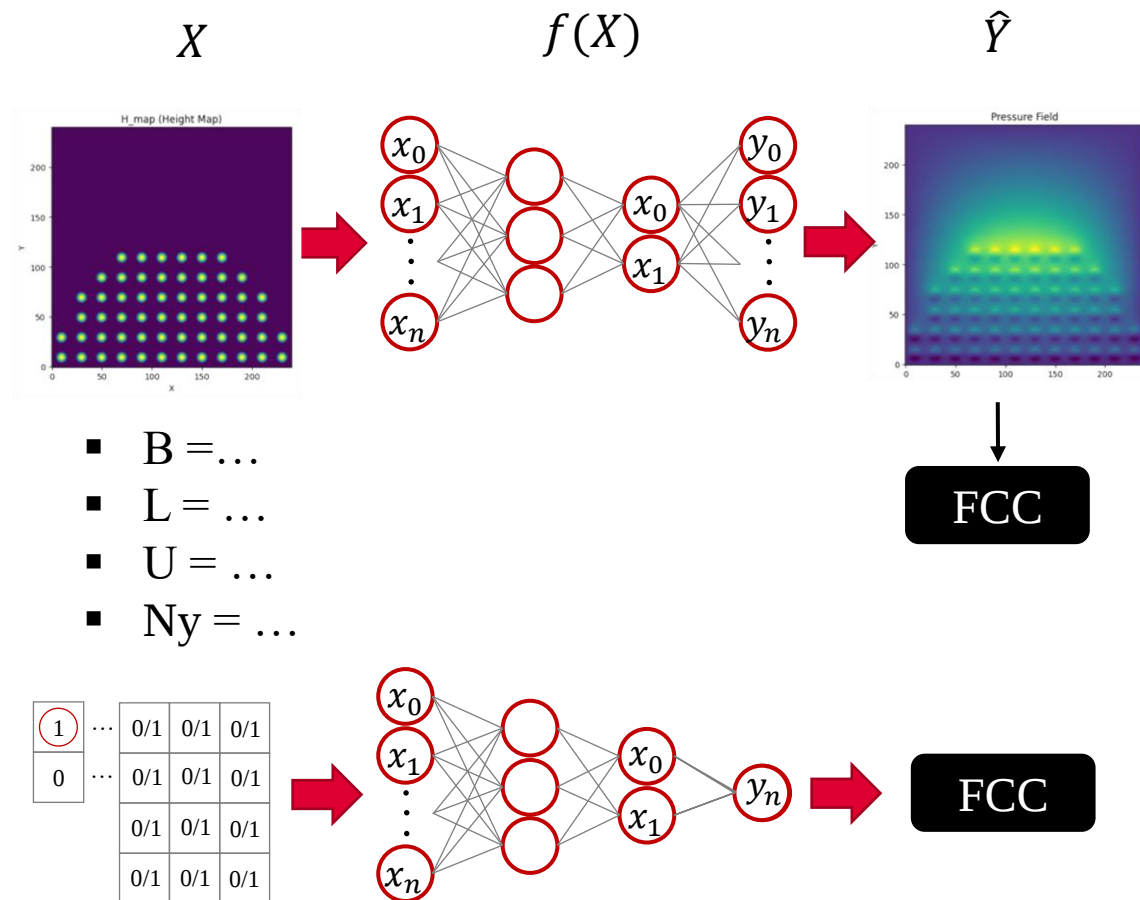
- Evoluce textury (křížení/mutace)
- Paralelní výpočty
- Rychlejší konvergenční rychlost
- Vyžaduje větší počet simulací



● Monte Carlo

- Náhodné přepínání stavu prvku
- Sekvenční výpočty
- Pomalejší konvergenční rychlost
- Vyžaduje menší počet simulací

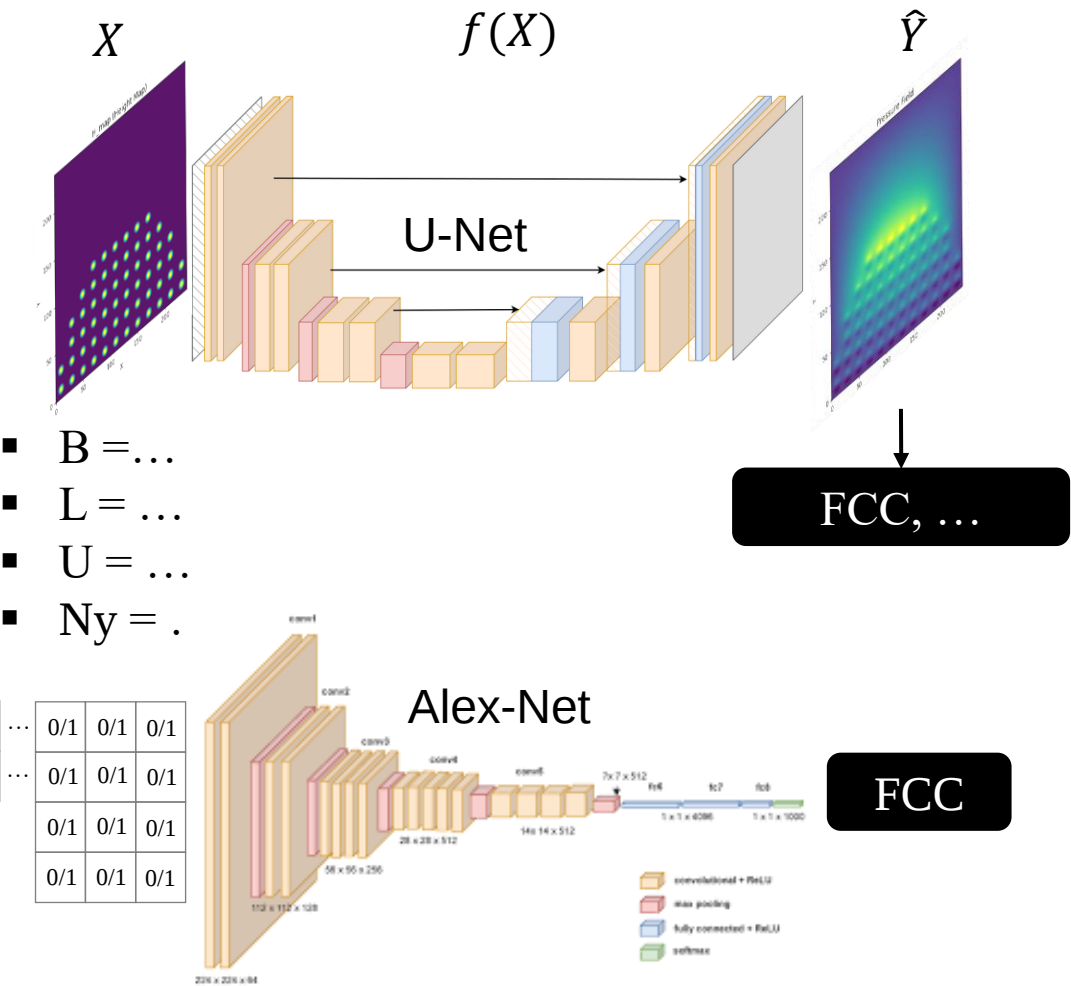
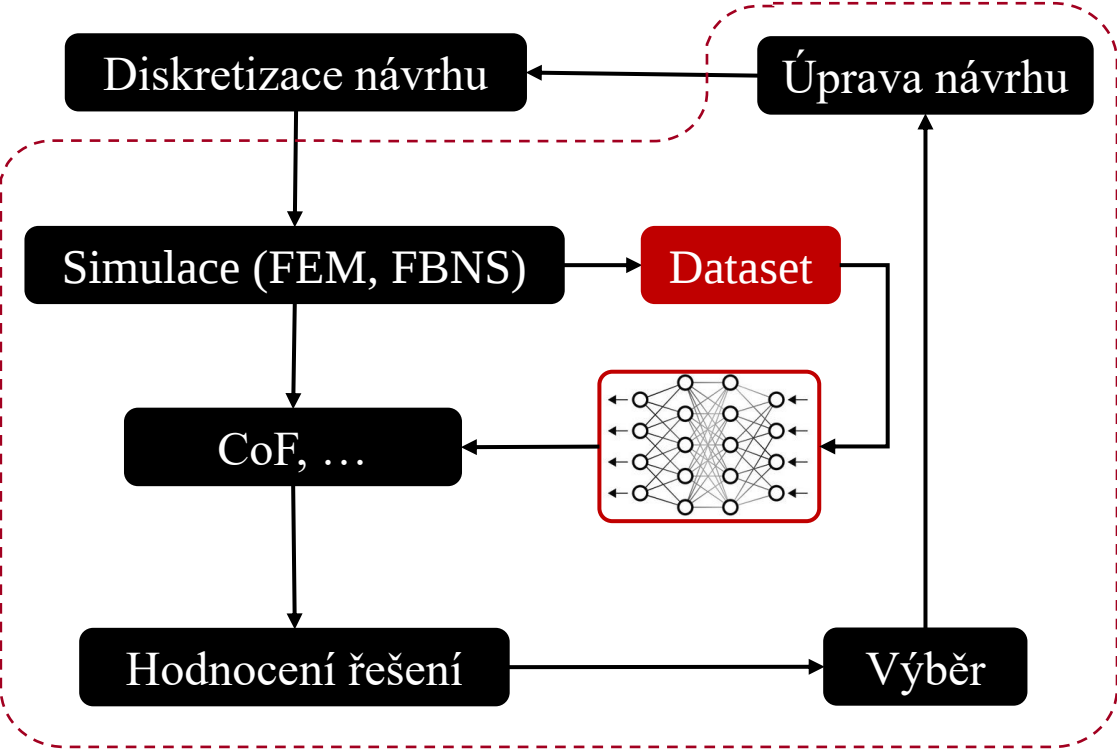






SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

Strojové učení



SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

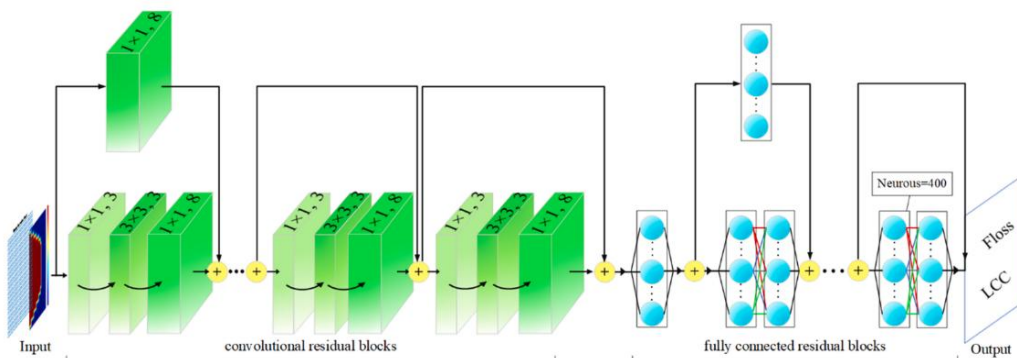
Strojové učení



Generative design of texture for sliding surface based on machine learning

Bao Zhu^a, Wenxin Zhang^a, Weisheng Zhang^b, Hongxia Li^{c,*}

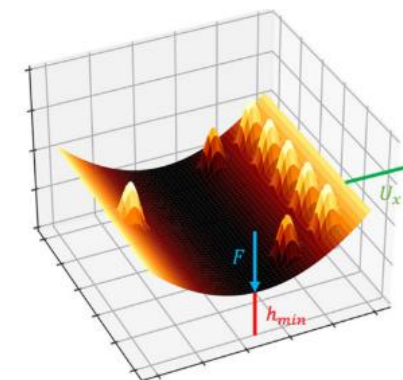
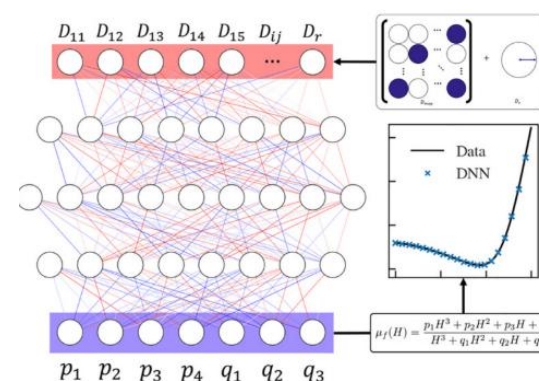
- Optimalizace textury 21x21
- Vstup: Výšková mapa
- Výstup: FCC



Deep Learning Approach to the Texture Optimization Problem for Friction Control in Lubricated Contacts 2023

Alexandre Silva^{1,2}, Veniero Lenzi^{1,2,*}, Sergey Pyrlin^{1,2}, Sandra Carvalho³, Albano Cavaleiro³ and Luís Marques^{1,2}

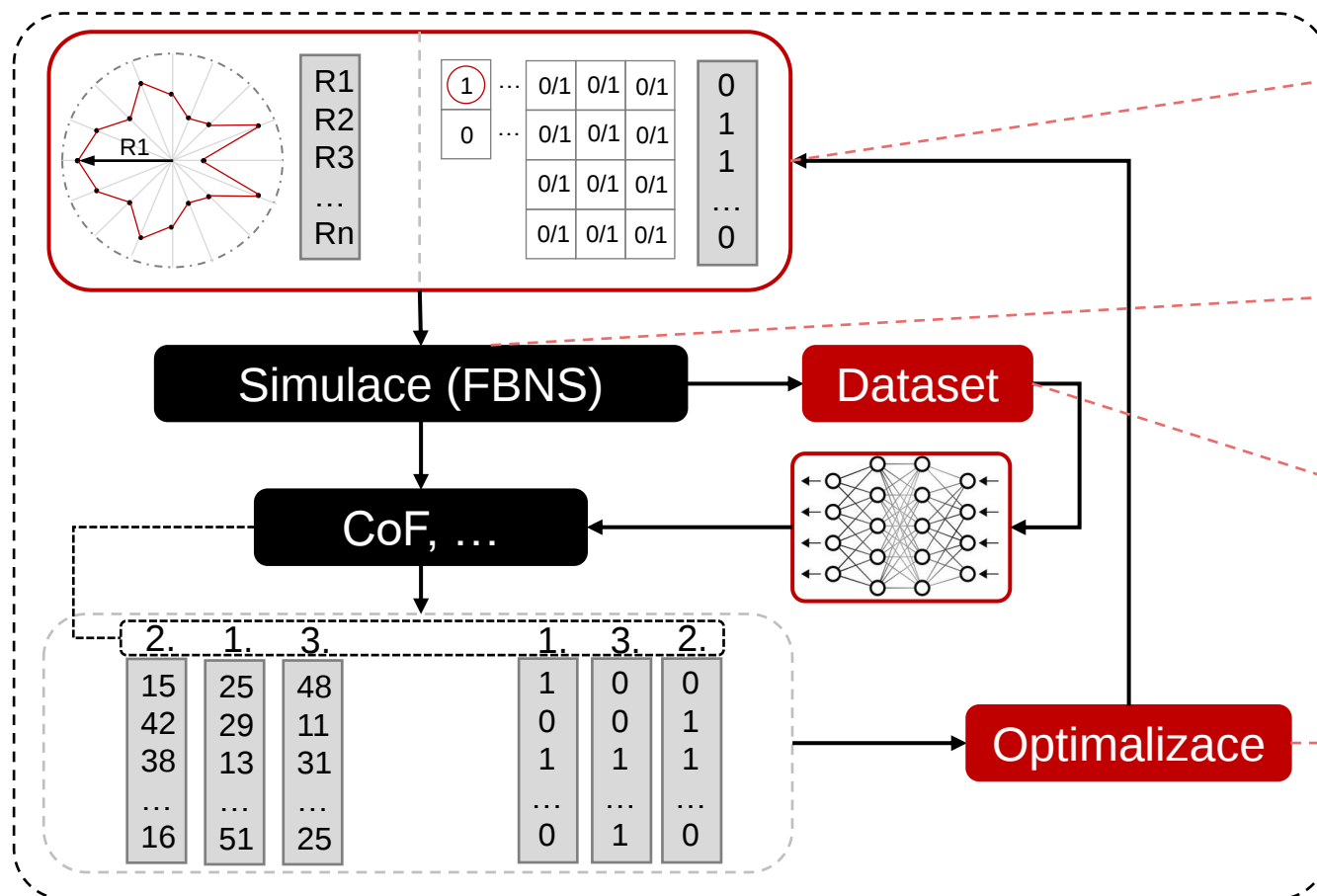
- Optimalizace textury 21x21
- Vstup: Výšková mapa
- Výstup: FCC



SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

Bílá místa

Bílá místa výzkumu



- Zjednodušením popisu diskretizací je omezen návrh texturovaného povrchu
↓
- Navýšením počtu parametrů vznikne dlouhá konvergence k řešení
↓
- Pro využití NN a je potřeba v datasetu zahrnout optimální řešení textury
↓
- Při úspěšné aproximaci vznikne problém rychlého návrhu textury



CÍL VÝZKUMU

Hlavním cílem je navrhnout metodický postup pro dosažení optimálního texturovaného povrchu pomocí metod strojového učení.

Dílčí cíle

- Navrhnout efektivní algoritmus pro nalezení globálního optima texturovaného povrchu
- Vytvořit dataset a predikční model (neuronové sítě) pro rychlou aproximaci simulací texturovaných povrchů
- Vytvořit algoritmus pro rychlý návrh texturovaného povrchu na základě specifikovaných omezení.

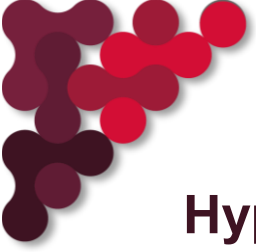
Výzkumné otázky

O1: Jak ovlivňuje volba architektury konvoluční neuronové sítě přesnost predikce tlakového pole na texturovaném povrchu, a jak se tento vliv projeví ve funkčních výstupech a schopnosti použití v optimalizačním procesu?

2.

O2: Jak ovlivní zjemnění numerické sítě (a zvýšení počtu prvků) rozmístění, geometrii a tribologickou účinnost texturovaného povrchu, při zákazu spojování prvků?

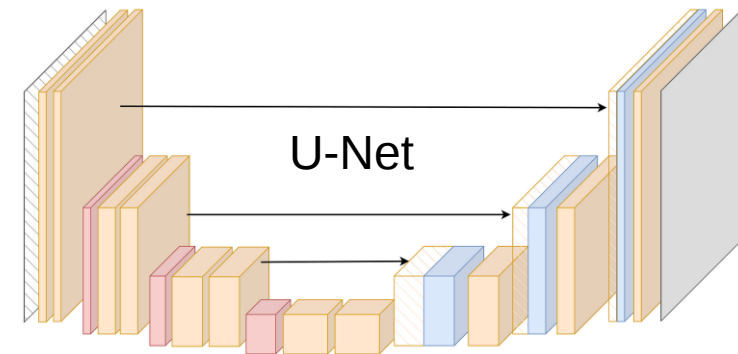
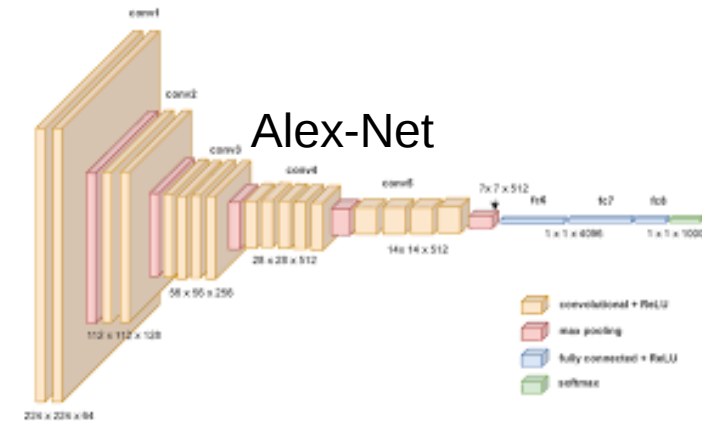
3.

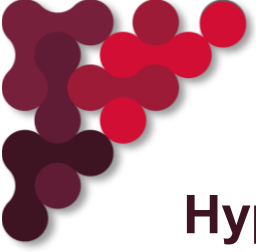


HYPOTÉZY

Hypotéza 1

- AlexNet rychle predikuje cílové hodnoty (FCC, τ), ale je citlivý na distribuci trénovacích dat a hůře zvládá extrapolaci
- U-Net predikuje celé tlakové pole, dosahuje vyšší přesnosti u lokálních změn a umožňuje lepší fyzikální kontrolu výsledků
- Očekává se, že U-Net bude robustnější mimo trénovací data a vhodnější pro optimalizační úlohy s neznámými omezeními.

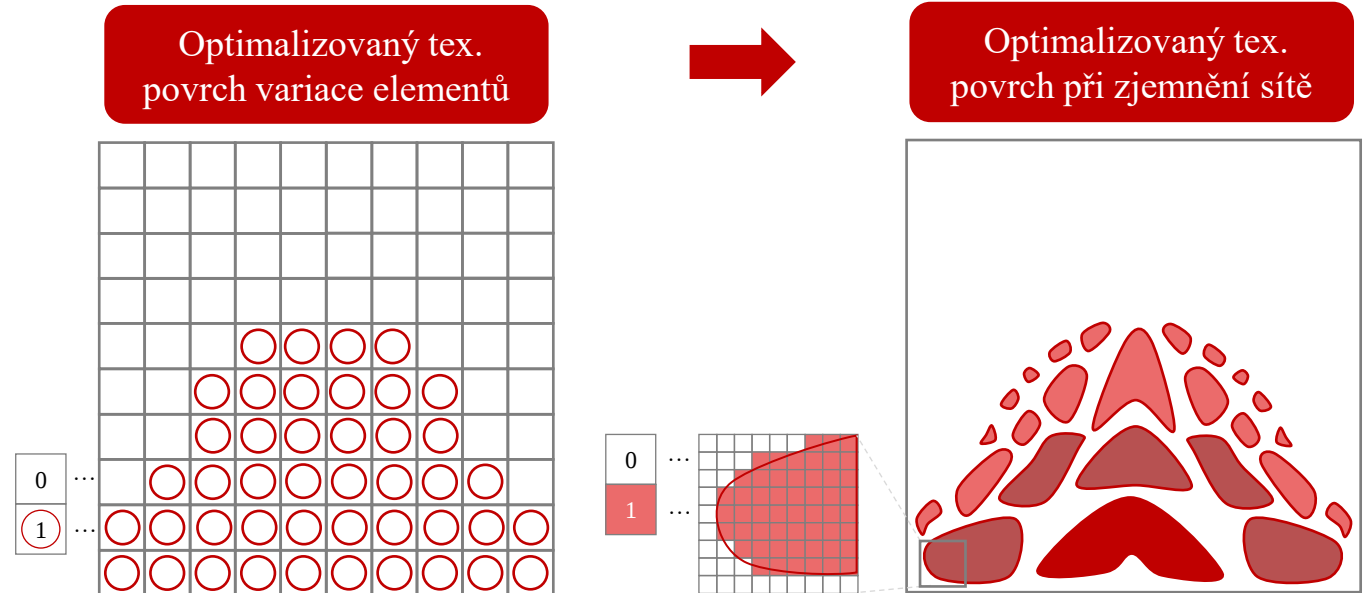




HYPOTÉZY

Hypotéza 2

- Okrajové oblasti ideální „podkovy“ → menší a mělčí textury
- Vstupní zóny → hlubší a větší textury
- Tvar se bude měnit pozici od pozice, často směrem k malým šipkám nebo půlměsícům.





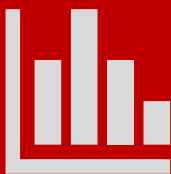
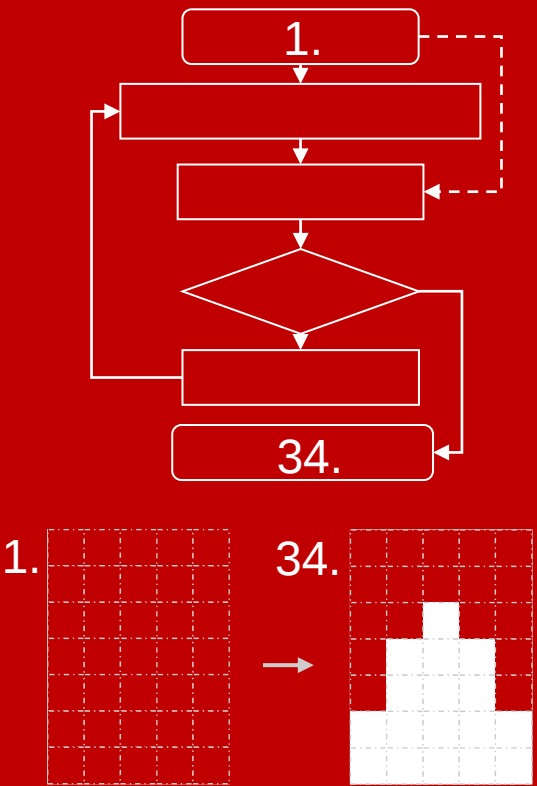
METODIKA-PRACOVNÍ BALÍČKY-DOSAVADNÍ POSTUP

Etapa - I

Etapa - II

Etapa - III

Optimalizační algoritmus



Tvorba data-setu



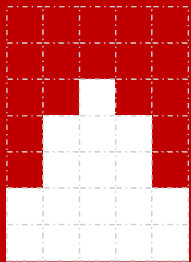
Zpracování dat



Tréning CNN

Vědecká otázka - I

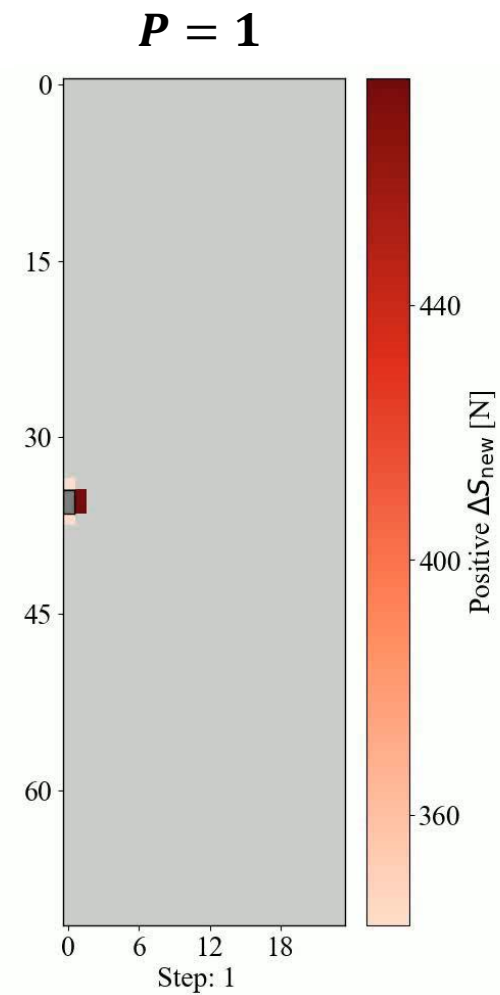
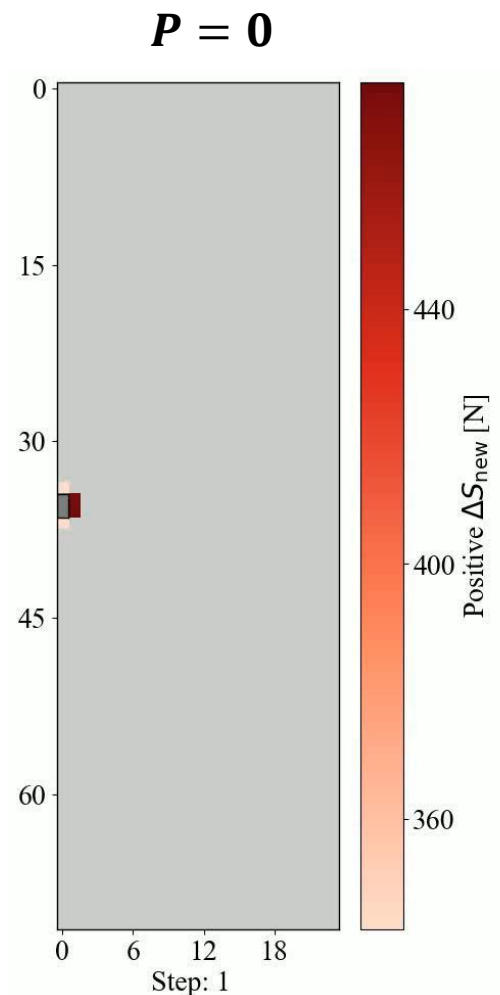
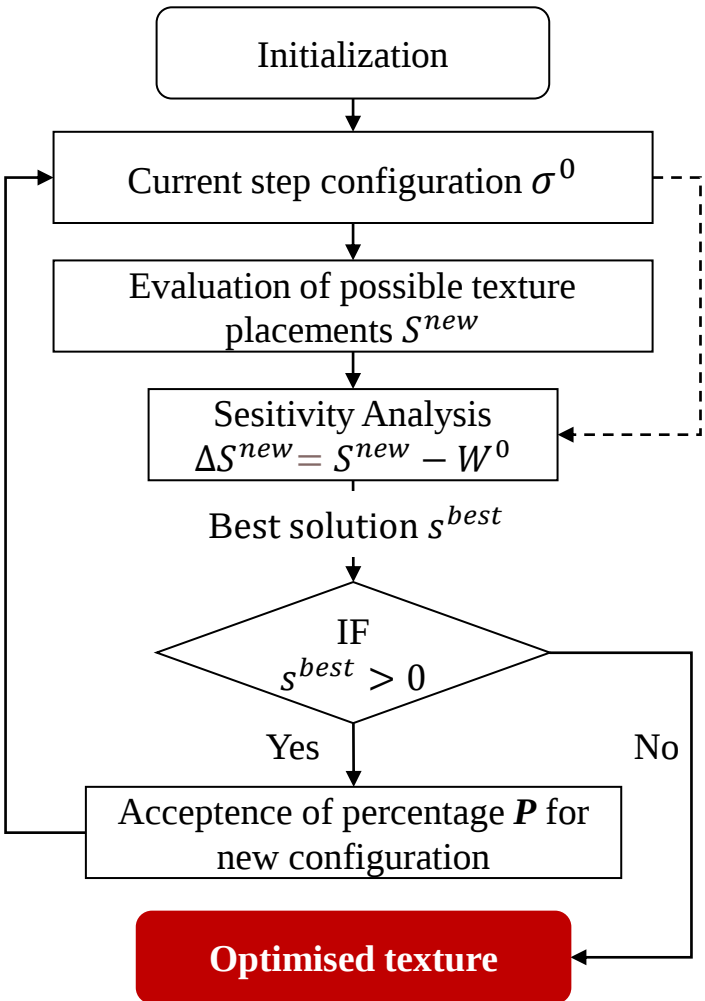
Nový algoritmus pro návrh textur



Vědecká otázka - II



METODIKA-PRACOVNÍ BALÍČKY-DOSAVADNÍ POSTUP

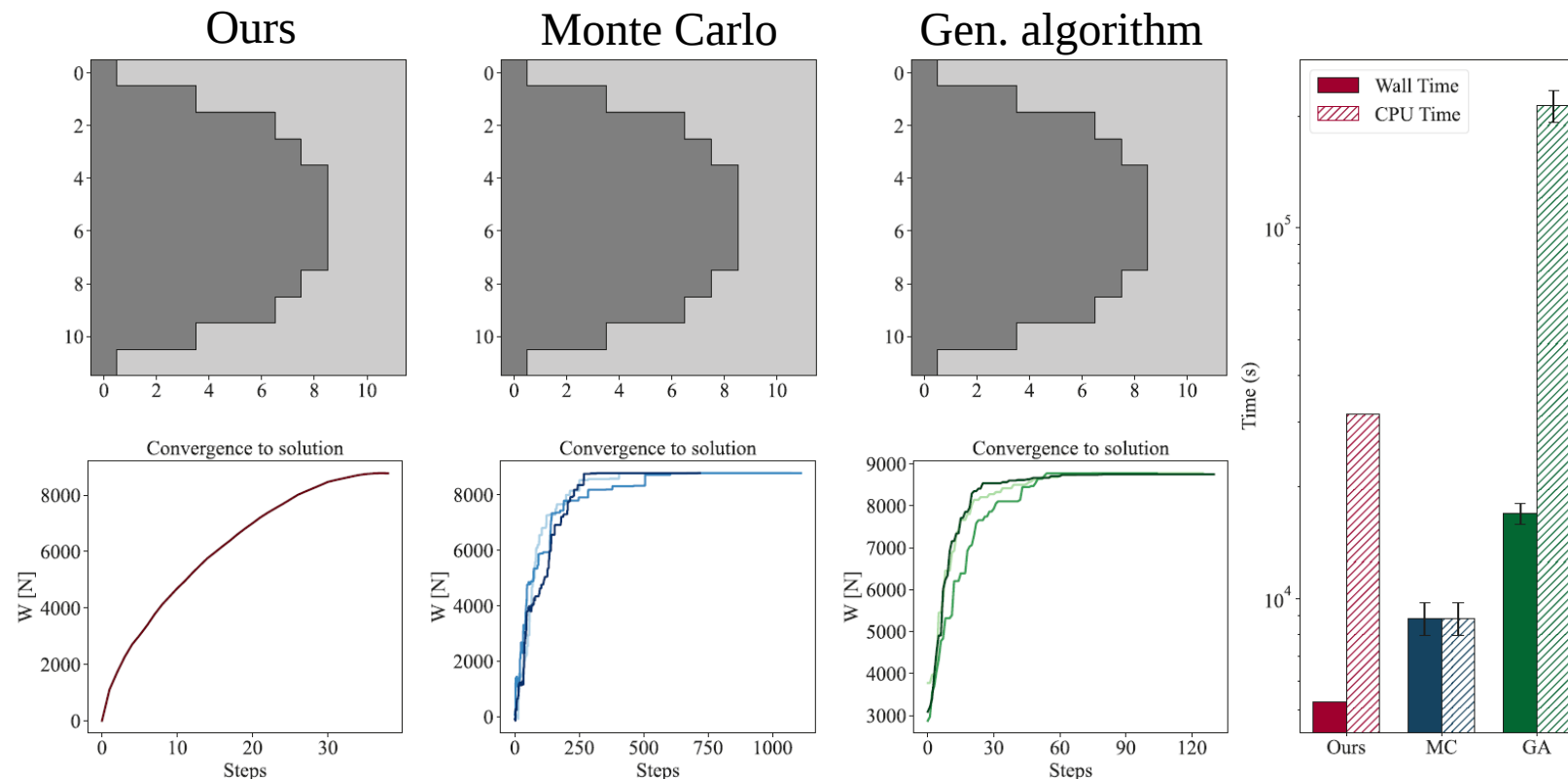
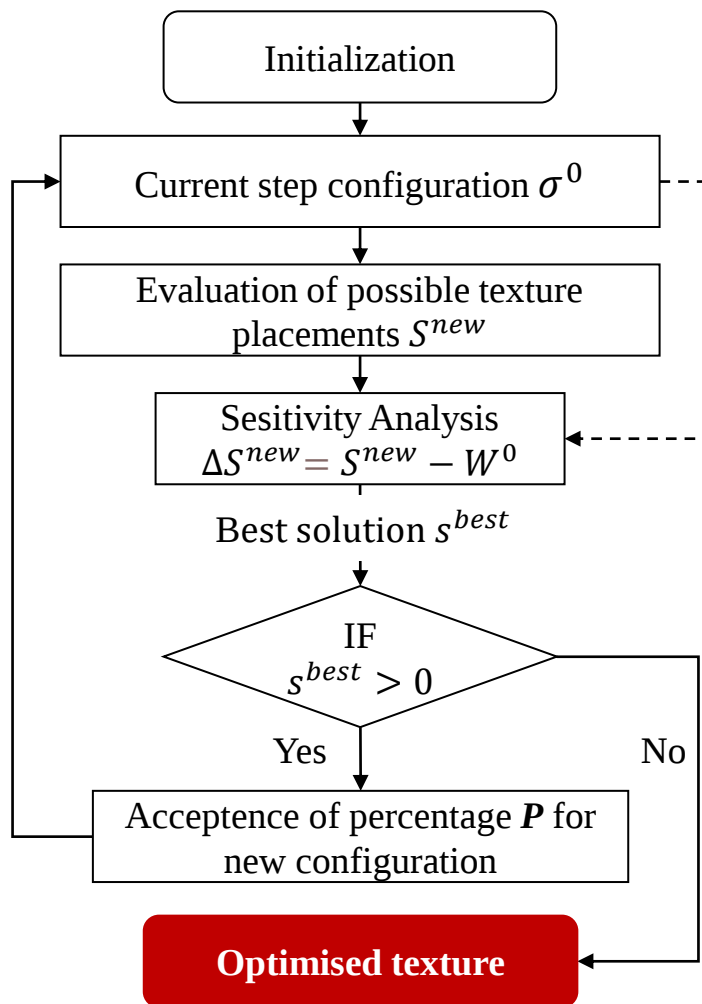


METODIKA-PRACOVNÍ BALÍČKY-DOSAVADNÍ POSTUP

Etapa - I

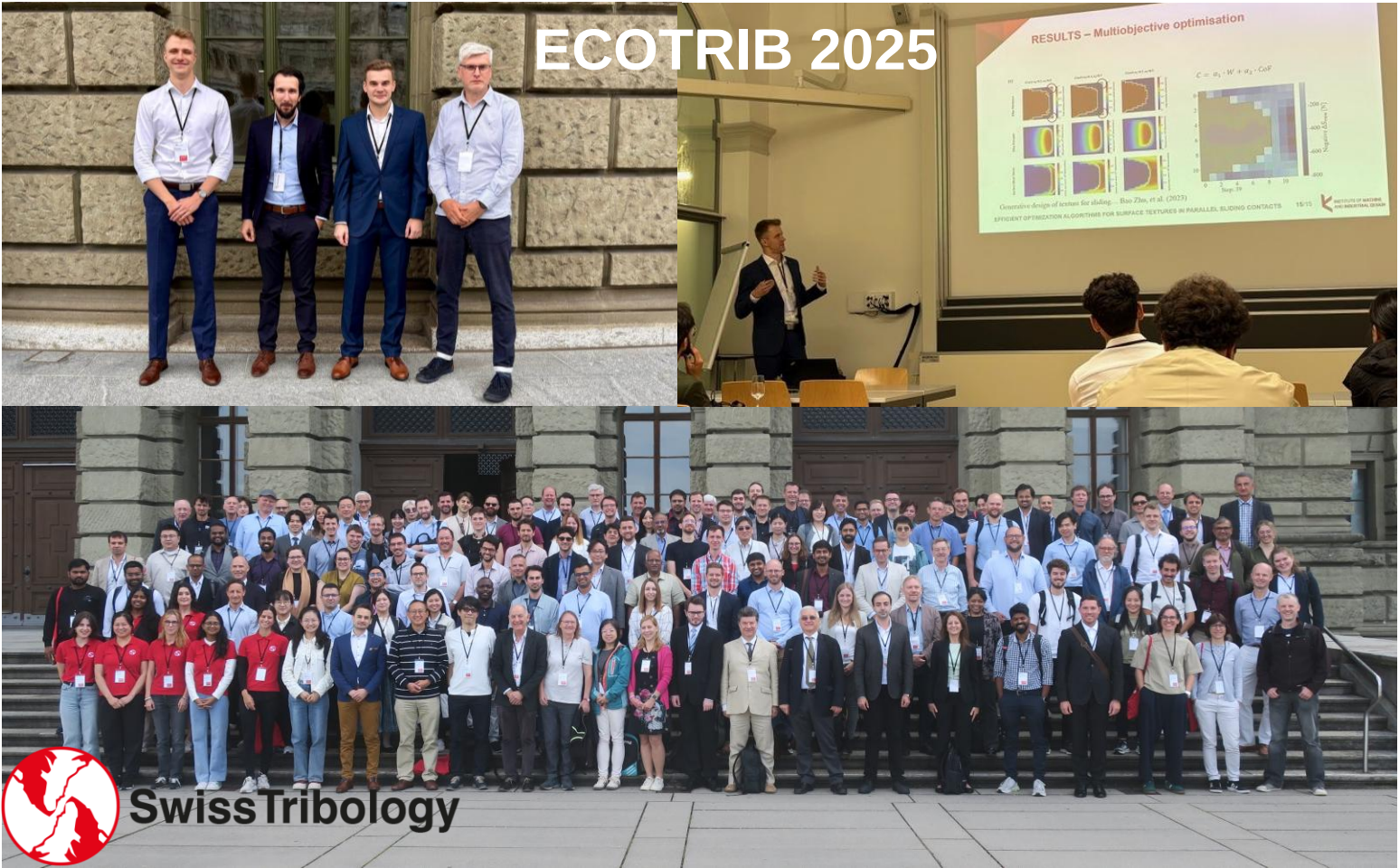
Etapa - II

Etapa - III





METODIKA-PRACOVNÍ BALÍČKY-DOSAVADNÍ POSTUP

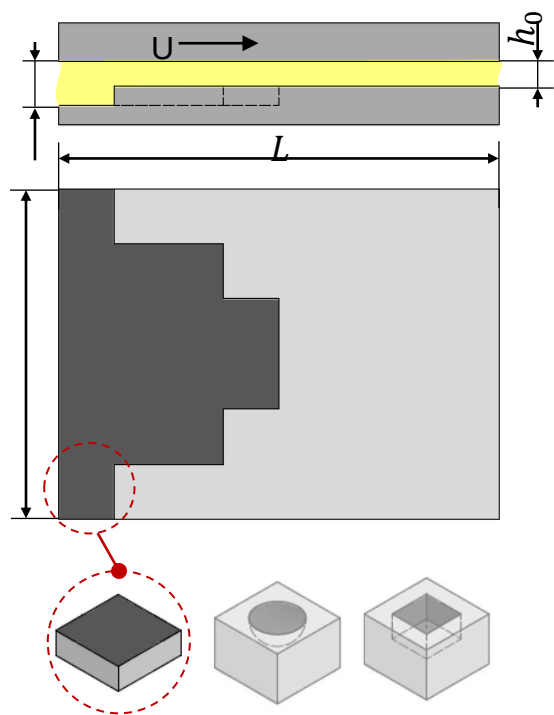


METODIKA-PRACOVNÍ BALÍČKY-DOSAVADNÍ POSTUP

Etapa - I

Etapa - II

Etapa - III



- Res. = 256x256
- m x n = 3x8
- U =
- $h_0 =$
- $h_1 =$

Gen. Algoritmus

Monte Carlo

Můj Algoritmus

Návrh textury

Historie návrhů

Simulace

Dataset



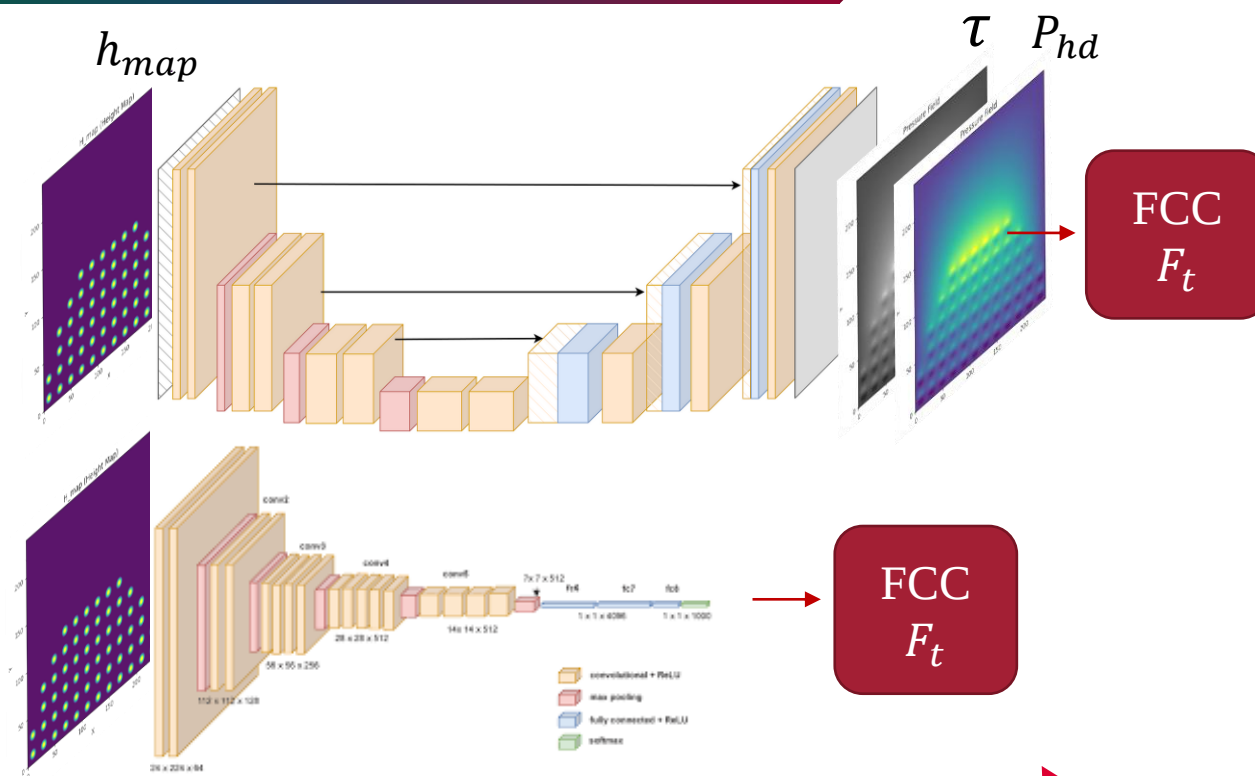
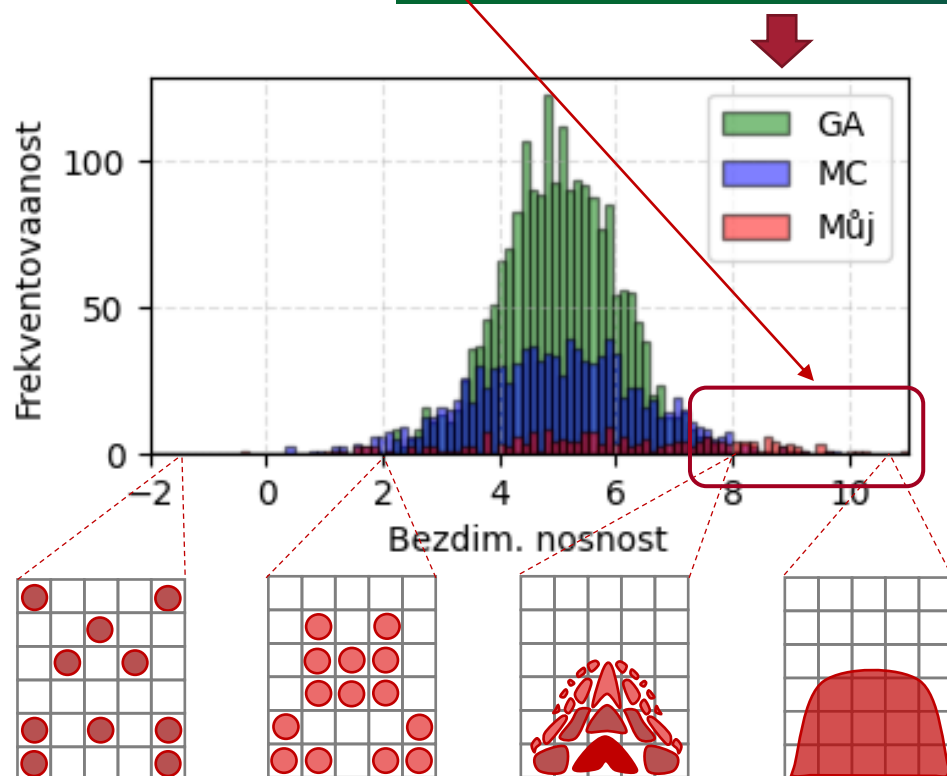
METODIKA-PRACOVNÍ BALÍČKY-DOSAVADNÍ POSTUP

Etapa - I

Etapa - II

Etapa - III

Dataset

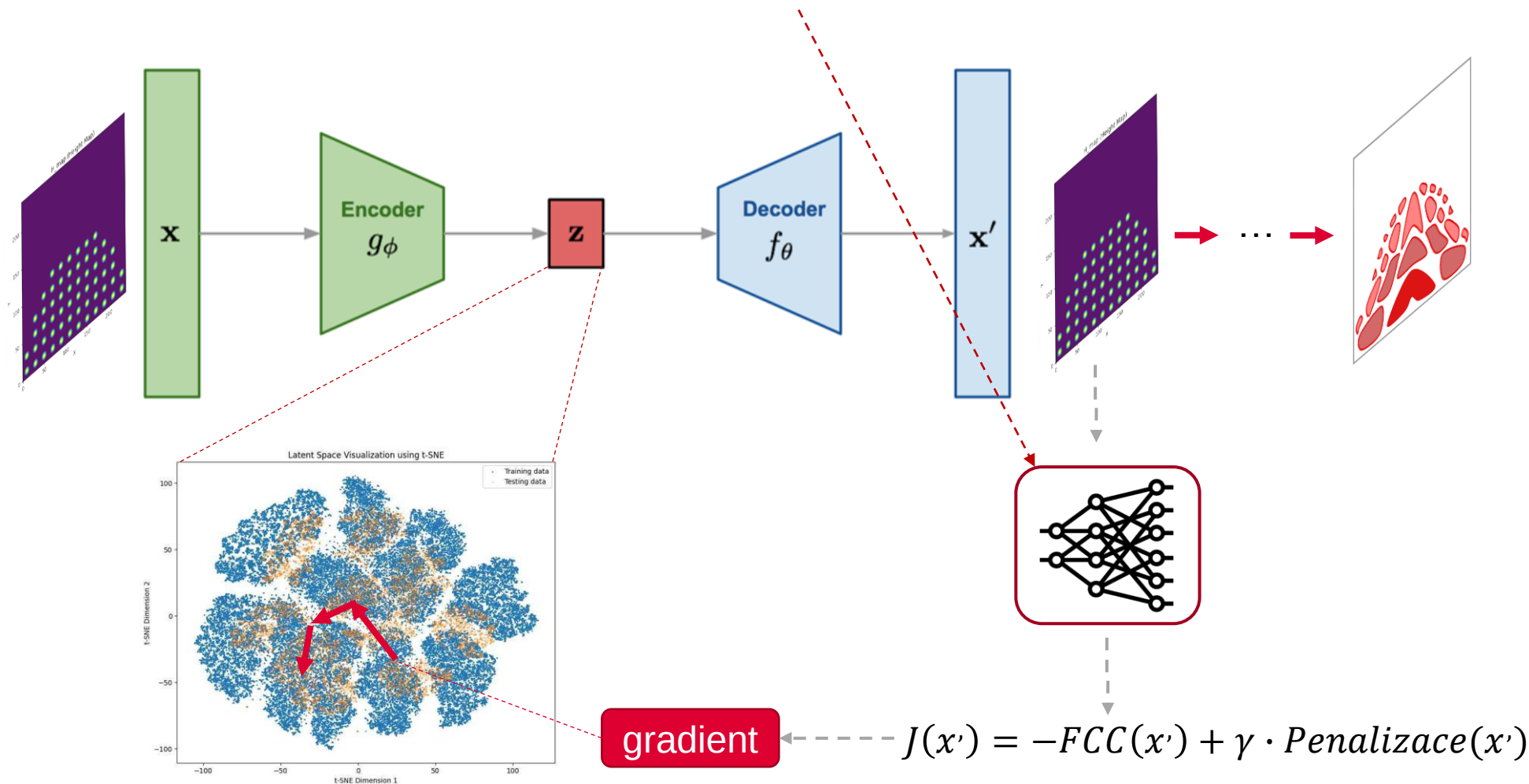


METODIKA-PRACOVNÍ BALÍČKY-DOSAVADNÍ POSTUP

Etapa - I

Etapa - II

Etapa - III



Děkuji za pozornost

Čeněk Šváb

209212@vutbr.cz



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

www.ustavkonstruovani.cz