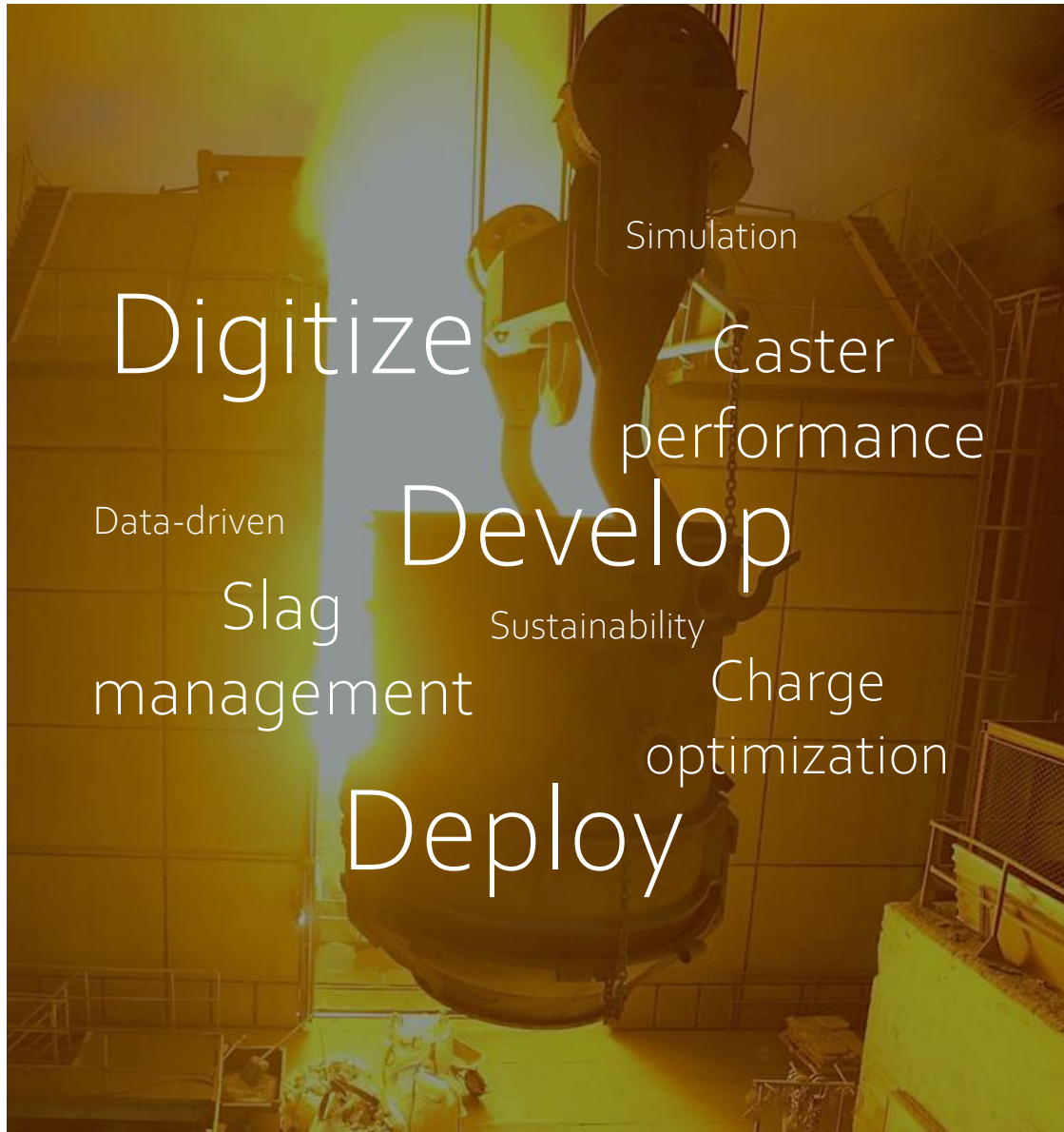


Technical Computing Camp 2025



Spolupráca s Humusoftom - Použitie COMSOL Surrogate Modelu pri Optimalizácii Prúdenia Spalín

Karol Ondrejko
ondrejko@zelpo.sk



Matouš Lorenc
lorenc@humusoft.cz



Martin Gulán
martin.gulan@stuba.sk

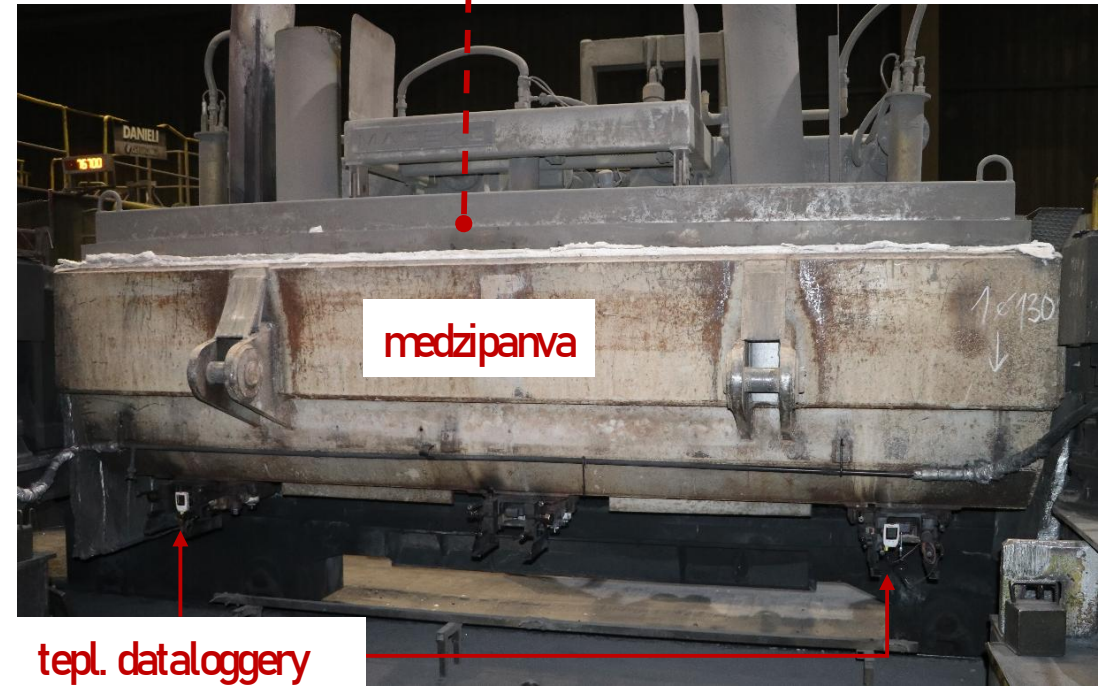
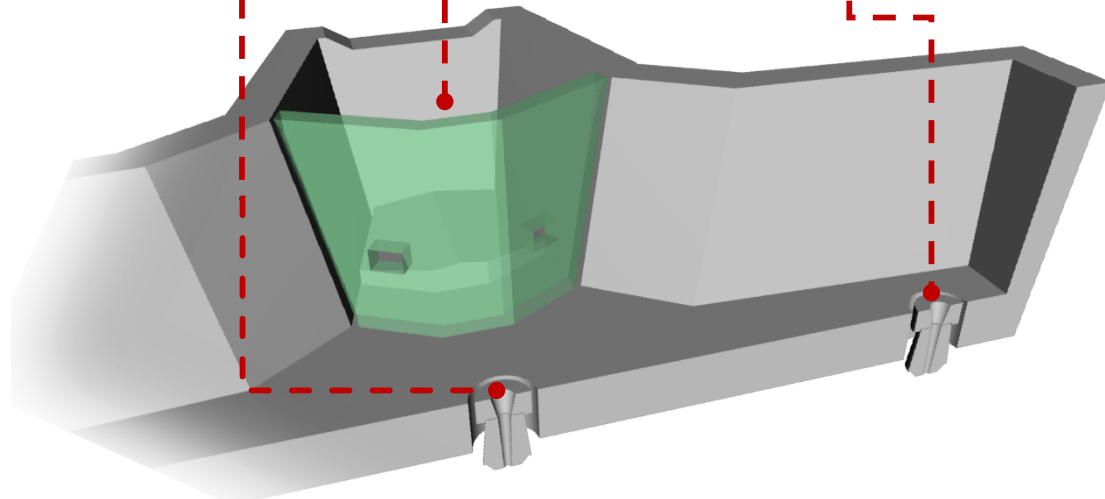
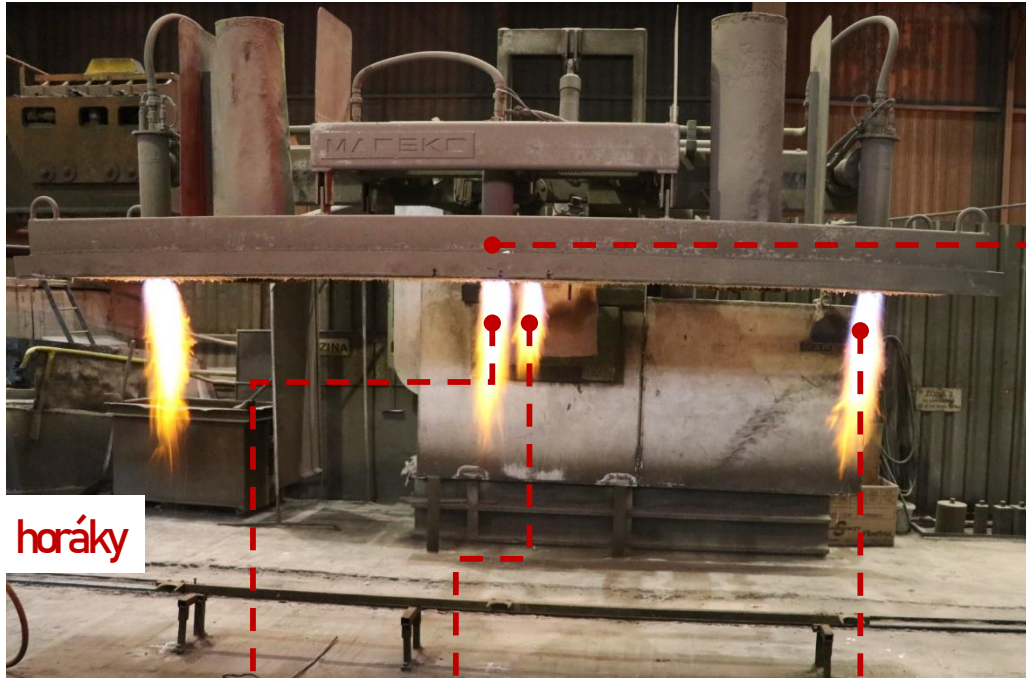


Projekt APVV 22-0436: Dátová podpora riadenia procesu plynulého odlievania ocele na posilnenie výrobných flexibilit environmentálnej udržateľnosti v Železiarňach Podbrezová

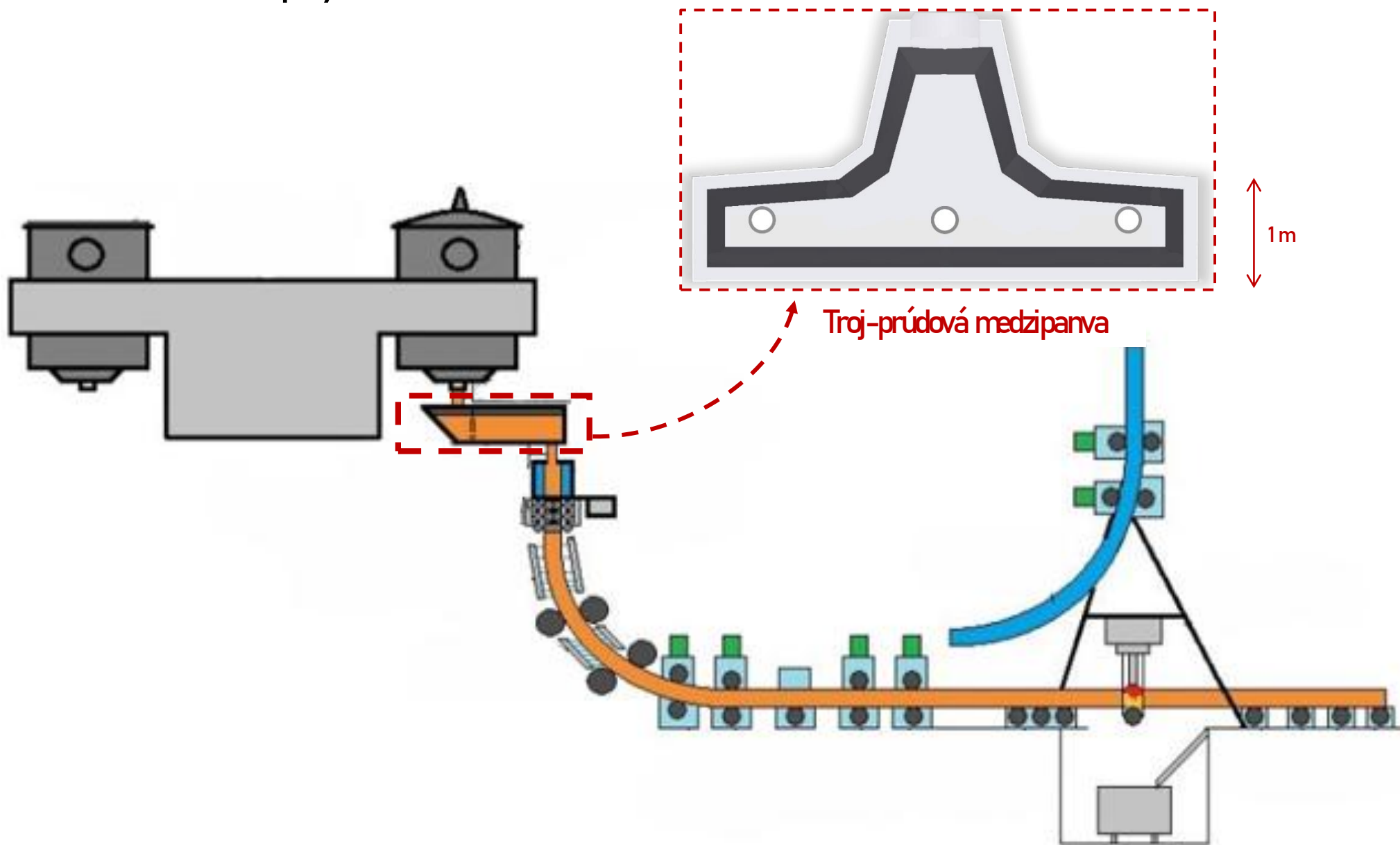


11. – 12. 9. 2025, Hotel Rakovec, Brněnská přehrada, Česká republika

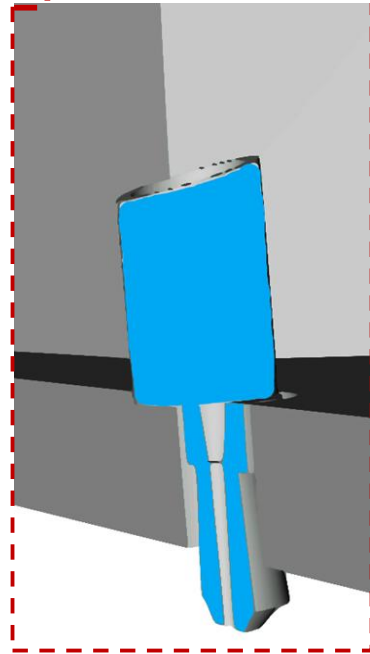
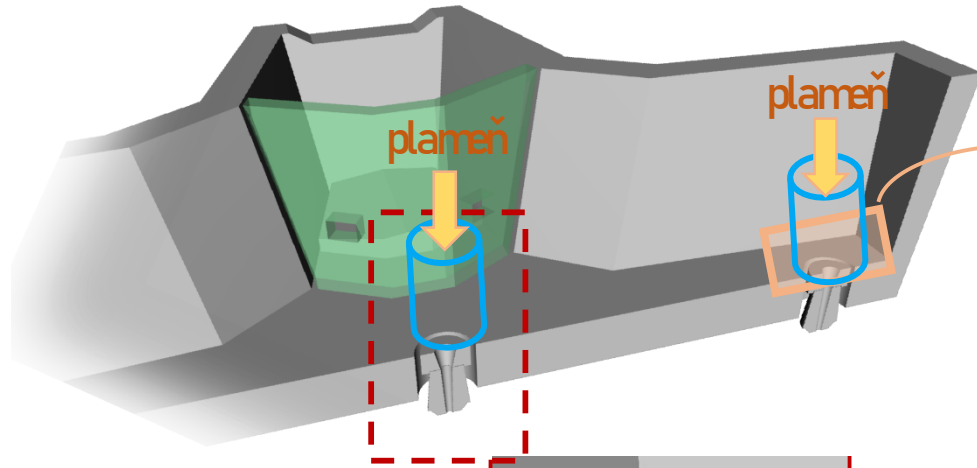
Ohrev medzipaniev zemným plynom



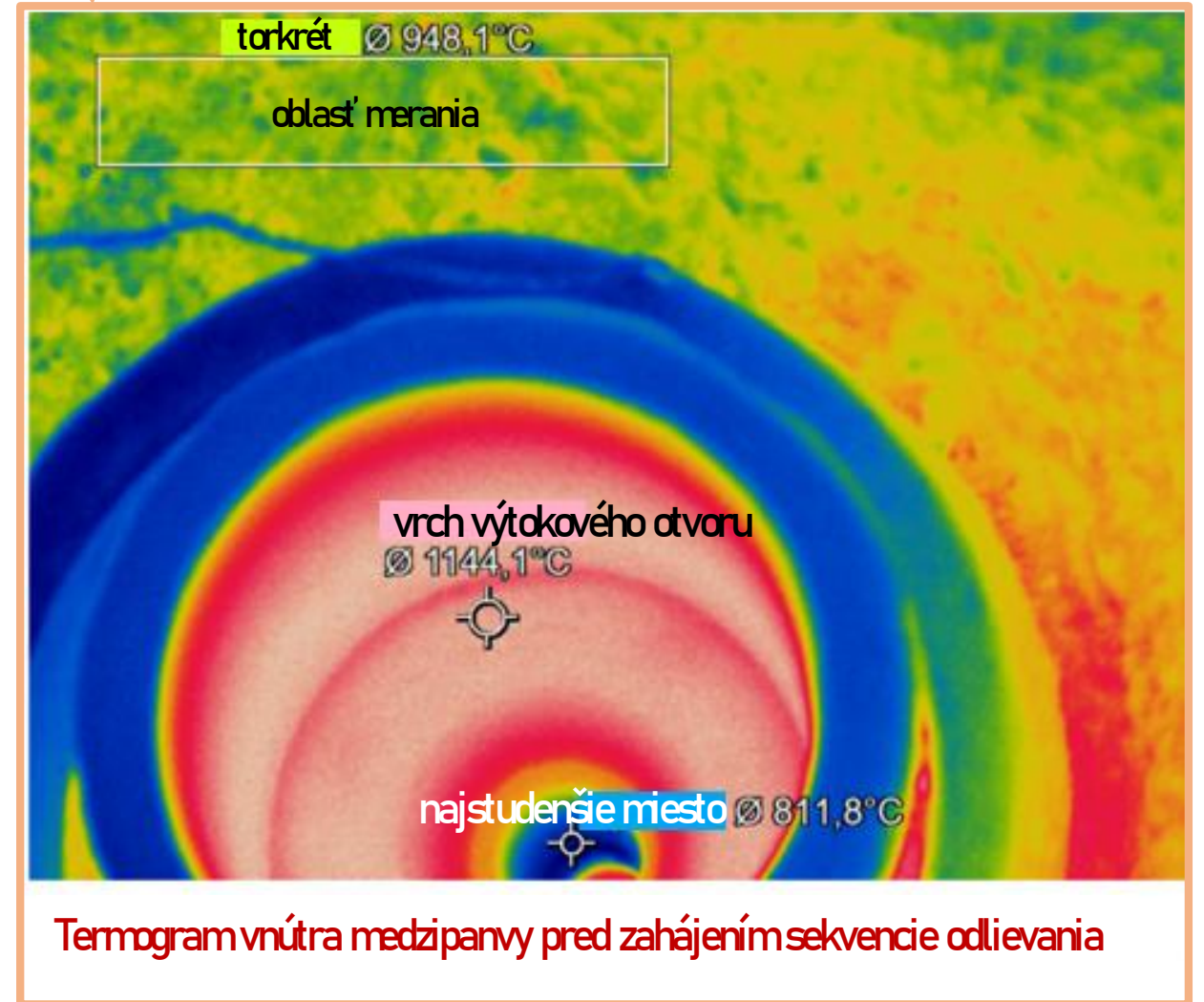
Zariadenie plynulého odlievania ocele



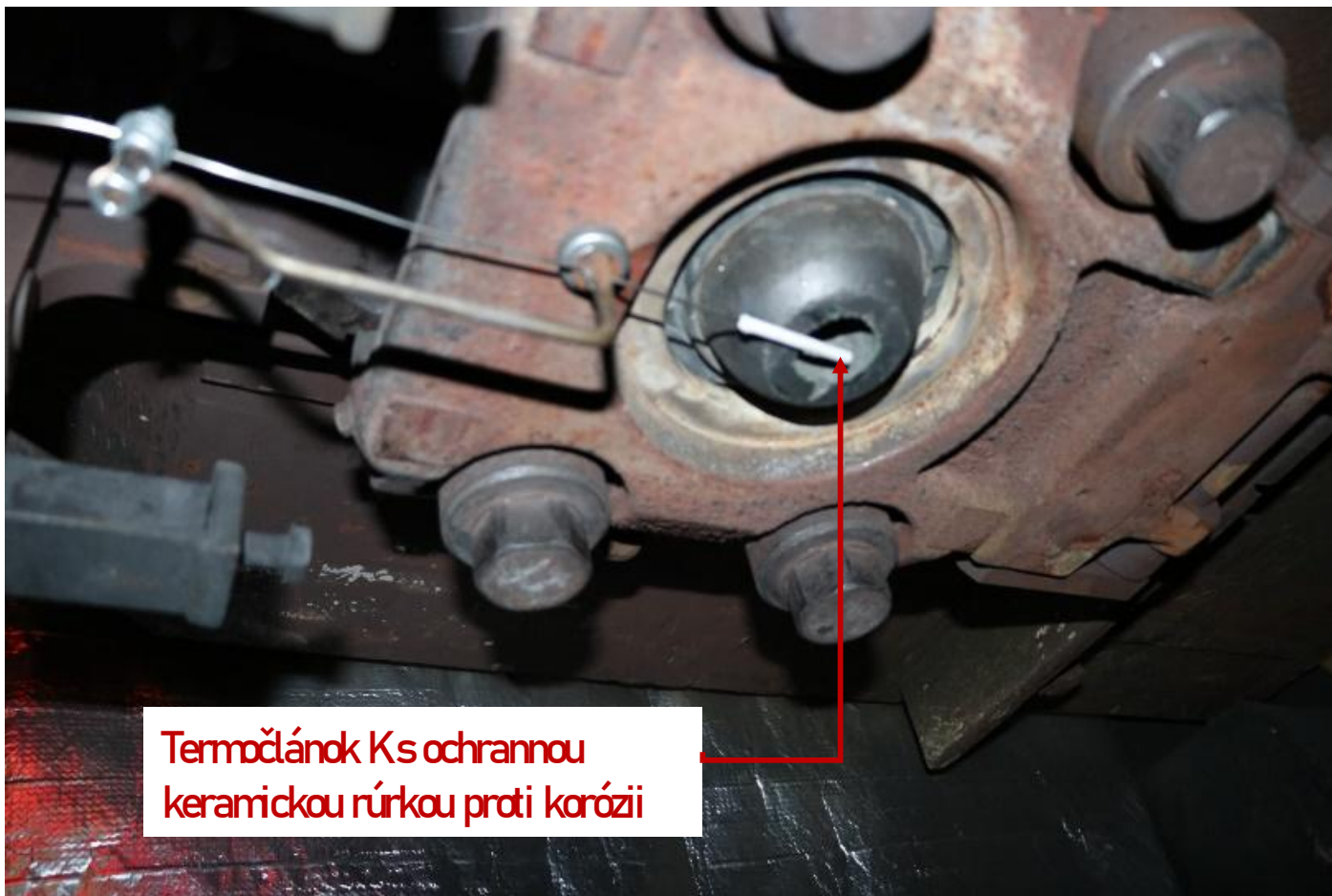
Rez výtokovými otvormi medzi panvy



modelovaná doména v
čiasťom reze



Výtokový otvor medzipanvy pri pohľade zospodu



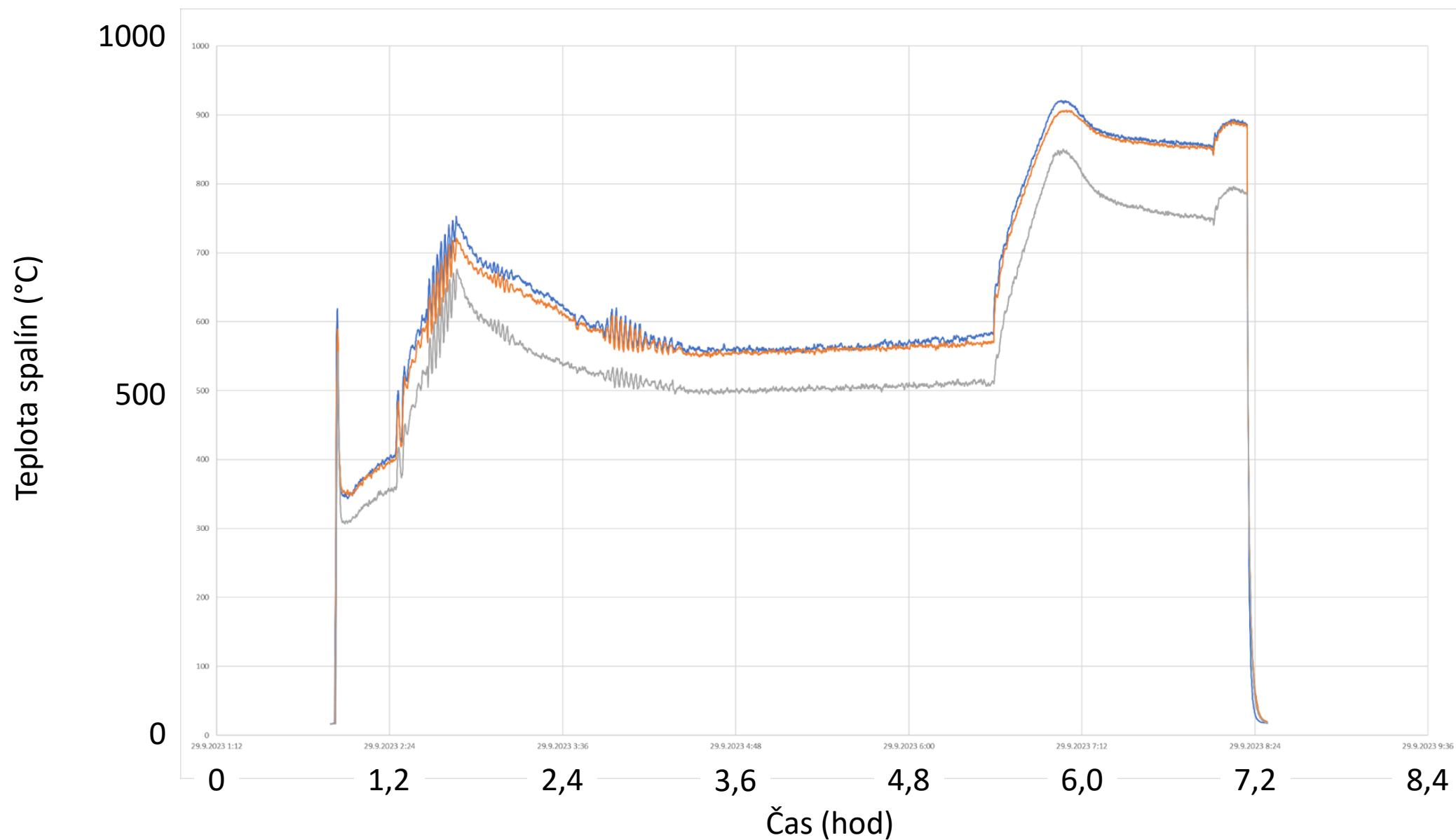
Termočlánk Ks ochrannou
keramickou rúrkou proti korózii



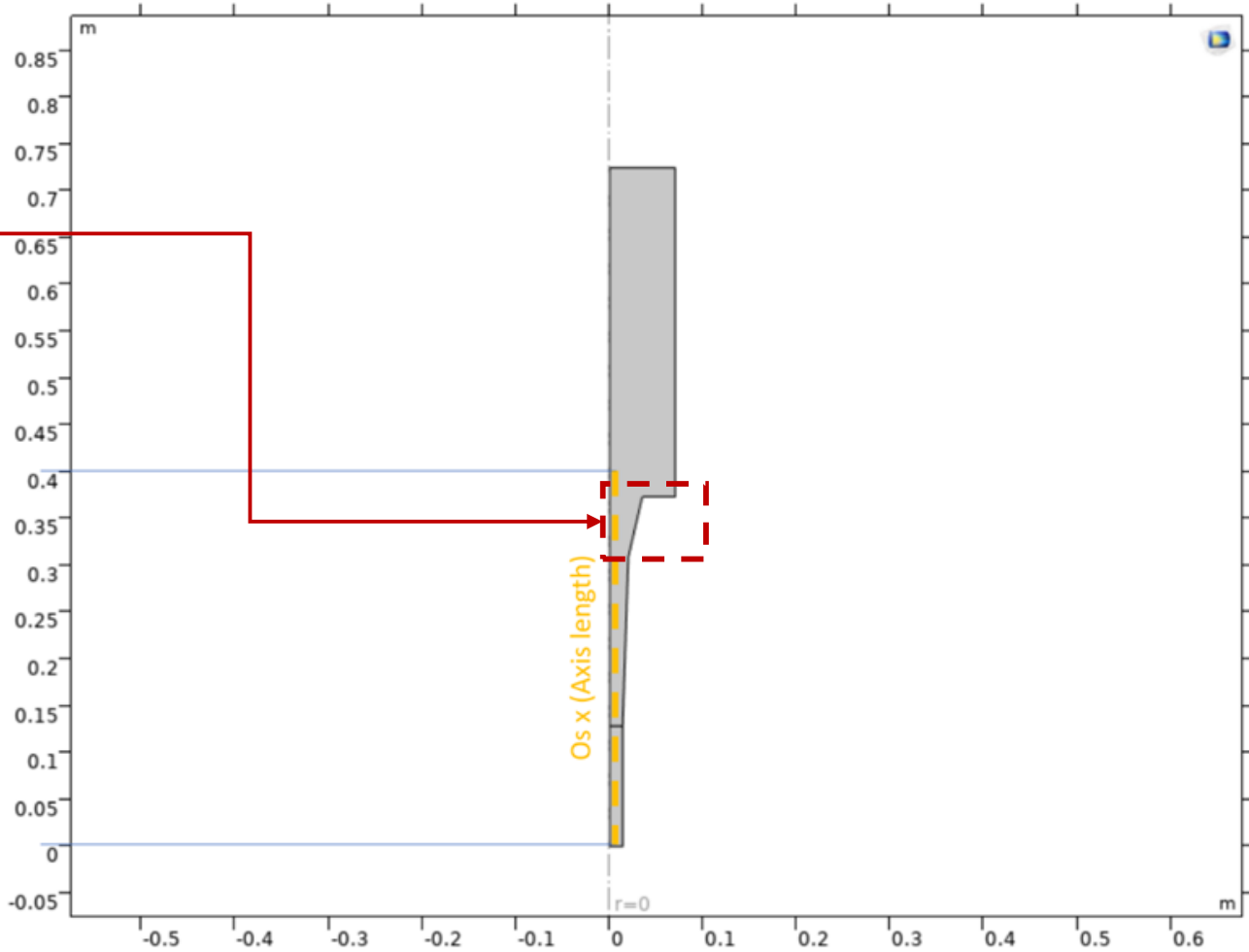
datalogger

Meranie a záznam
teploty spalín

Typické teplotné priebehy zaznamenané dataloggermi



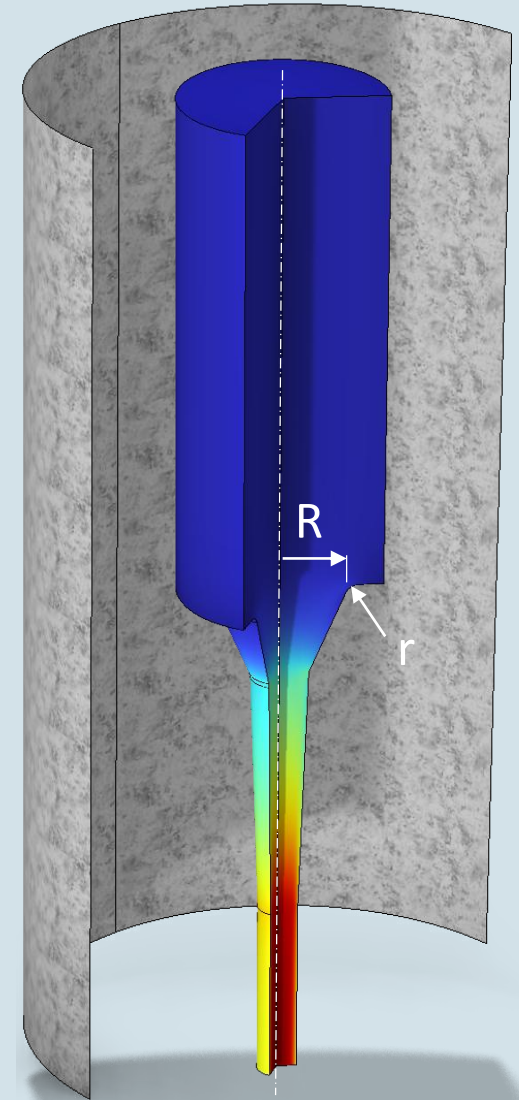
Optimálny prototyp overený COMSOL surrogate modelom



výpočtová doména v 2D (rotačná symetria)

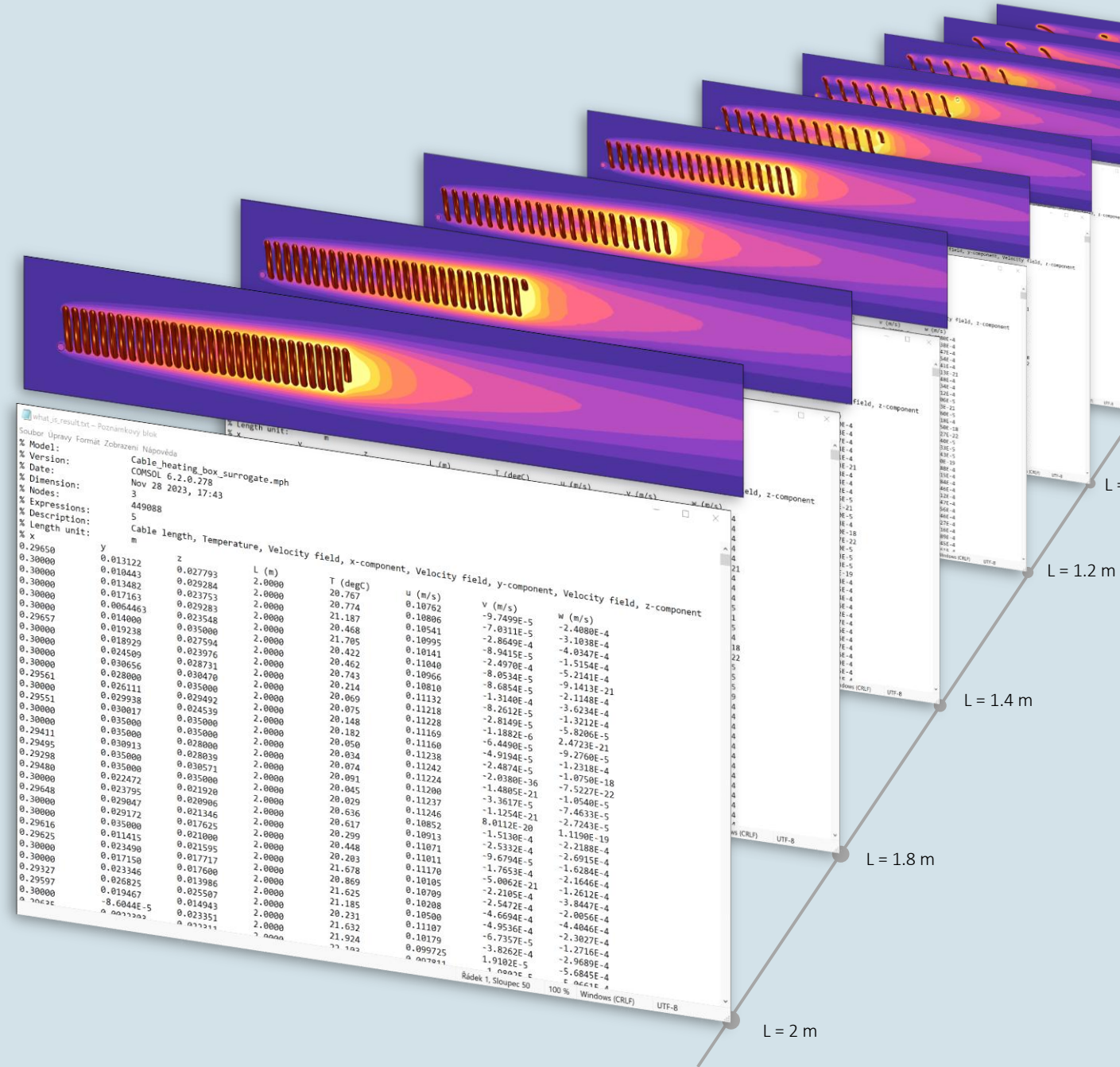
Charakteristika výpočtovej úlohy

- 2D-osovo symetrická aproximácia lievikovitého tunela
 - Isotermálne ustálené turbulentné prúdenie (k-epsilon turbulentný model)
 - Vstup: stredná rýchlosť
 - Výstup: atmosférický tlak
 - Okrajová podmienka: nulová rýchlosť na rozhraní (no slip condition)
- Hľadanie ideálneho tvaru horného „kameňa“
 - 1) Parametrická štúdiá (r , R , teplota spaliny)
 - 2) Trénovanie surrogate modelu (hlboké učenie)
- Výpočtová úloha je pre konečného užívateľa odovzdaná v aplikácii dostupnej na Comsol Serveri



Surrogate model

- COMSOL novinka
- „Všeobecná viacrozmerná interpolácia a aproximácia funkcií“
- Neurónová sieť predpovedá reakciu prúdenia spalín na zmenu parametra. Dobře natrénovaná sieť zobrazuje **výsledok takmer okamžite!**



Výsledky v podobě aplikace na COMSOL Serveri

Geometry Simulation Visualization Defaults Export


Inputs

Teplota: °C

Poloměr vstupu prostředního kamene (R): cm

Poloměr zakřivení hrany (r): cm

Information

 The input data has changed since previous solution was computed.

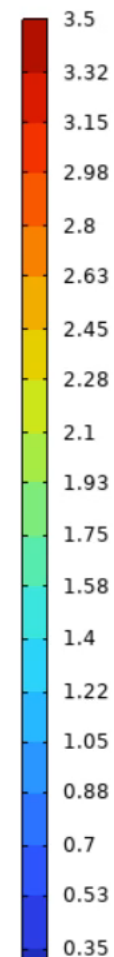
Skica s měnitelnými parametry



Graphics



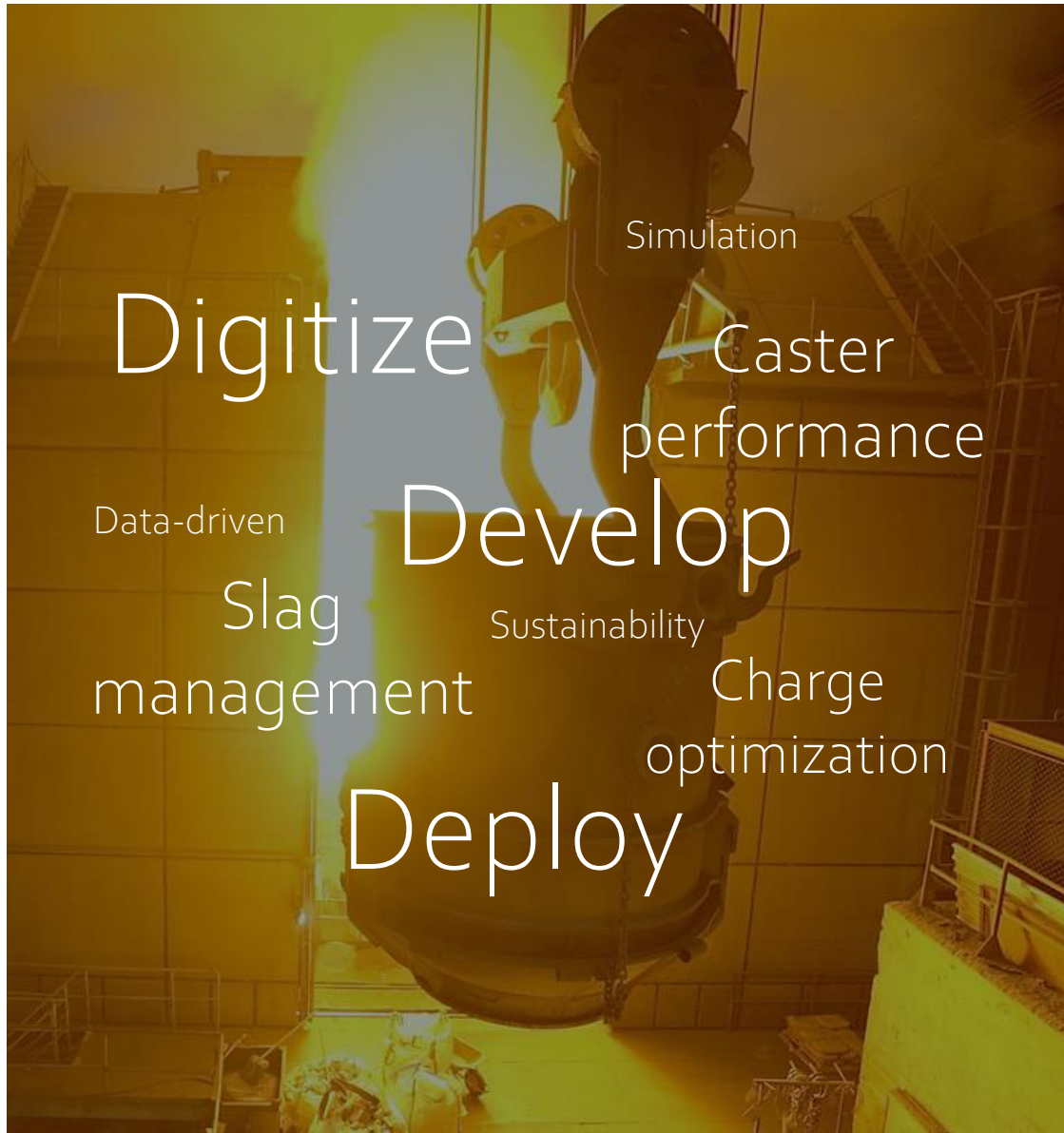
Velocity field: Surrogate (m/s)



Závery

- Priamymi meraniami teploty spalín termočlámkami nebolo možné odhadnúť vplyv zmeny parametrov kvôli neurčitostiam, spôsobené:
 - tvarovou nestabilitou plameňov,
 - regulačnými zásahmi systému riadenia v procese ohrevu medzipaniev,
 - väčšou vzdialenosťou termočlánkov od kameňa.
- Surrogate model ukázal prúdenie spalín vo vnútri domény pri zmenách parametrov a potvrdil hypotézy o vplyve tlakových strát.
- Vplyv neurčitostí bol eliminovaný a **potvrdil sa optimálny tvar kameňa**
- Model je možné nasadiť aj ako **softvérový senzor**

Pod'akovanie



Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV 22-0436

Projekt APVV 22-0436: Dátová podpora riadenia procesu plynulého odlievania ocele na posilnenie výrobnnej flexibility environmentálnej udržateľnosti v Železiarňach Podbrezová



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA



Technical Computing Camp 2025

Ďakujeme za
pozornost!

11. – 12. 9. 2025, Hotel Rakovec, Brněnská přehrada, Česká republika