

Analýza konstrukce turbínové skříně z hlediska úniku tepla

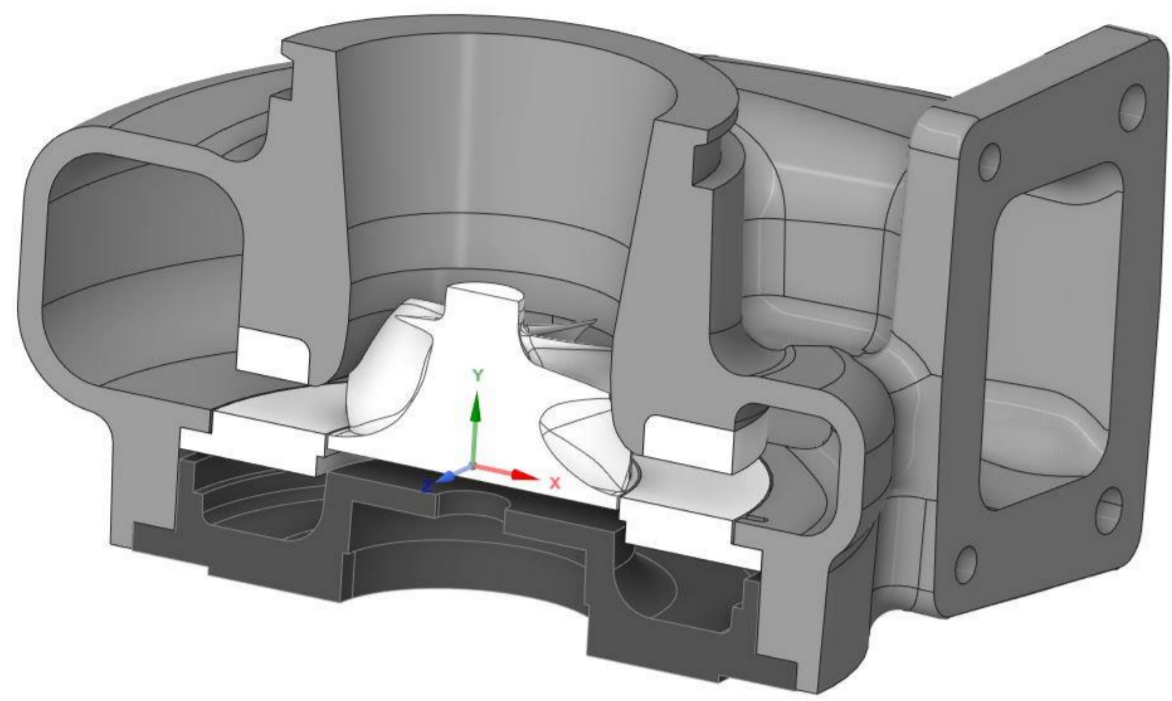
Jakub Diakov

Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky

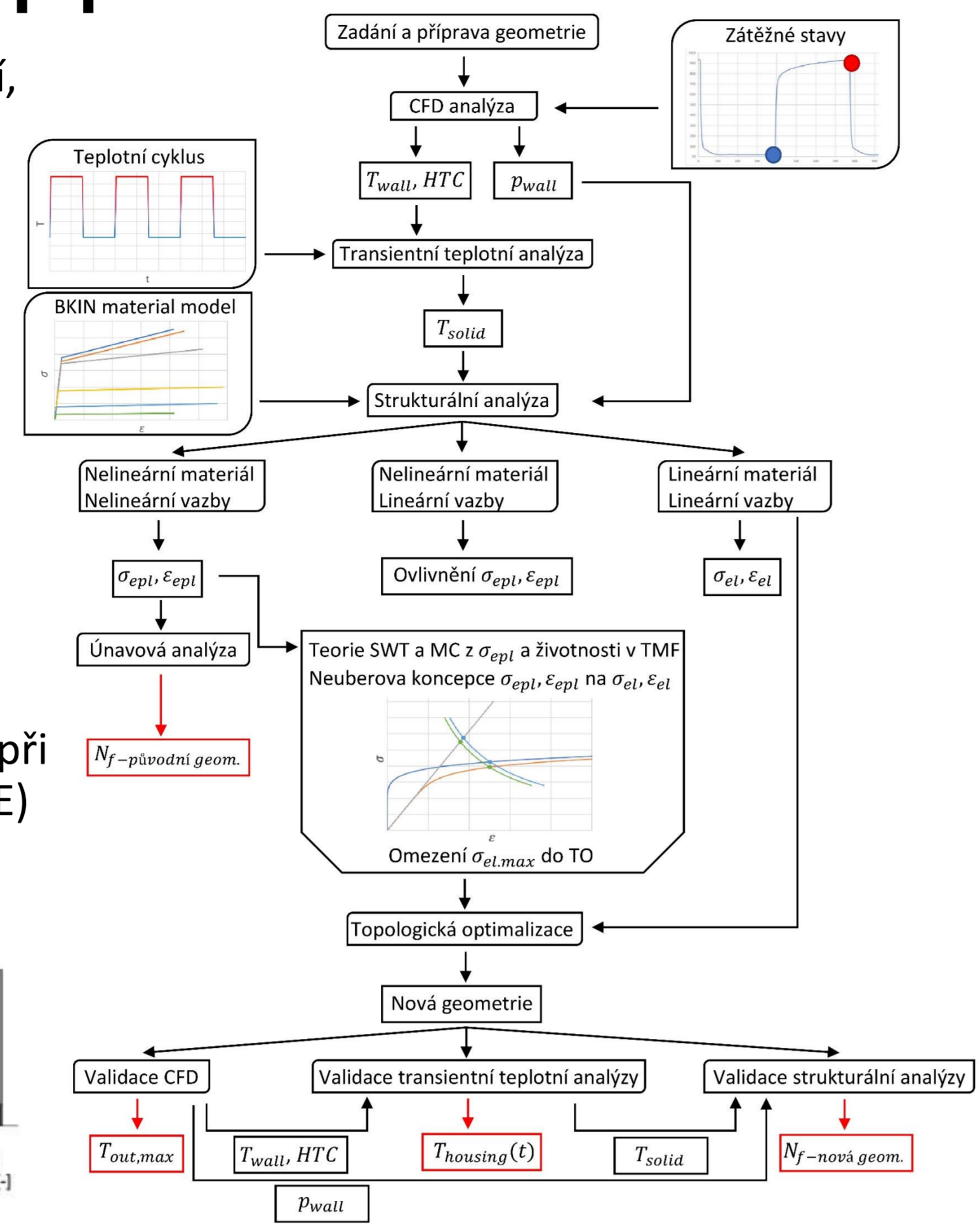
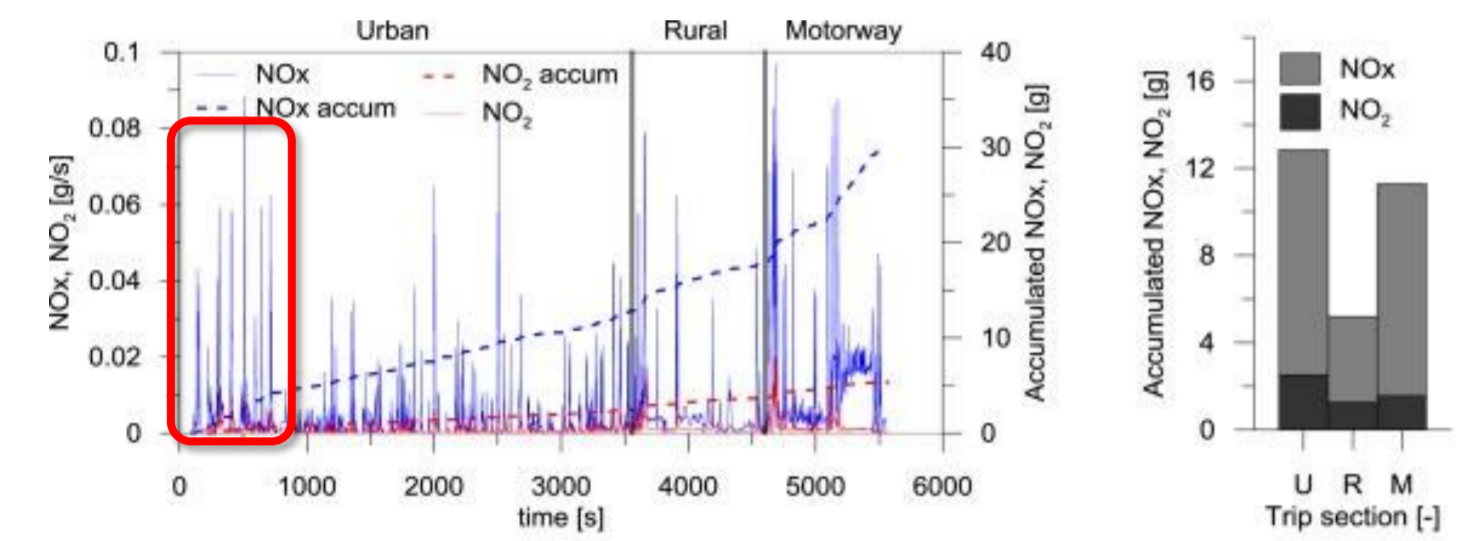


Zadání, motivace a postup práce

- Zadání** – navržení metodiky a nového řešení, které by snížilo únik tepla z výfukových spalin přes stěny turbodmychadla

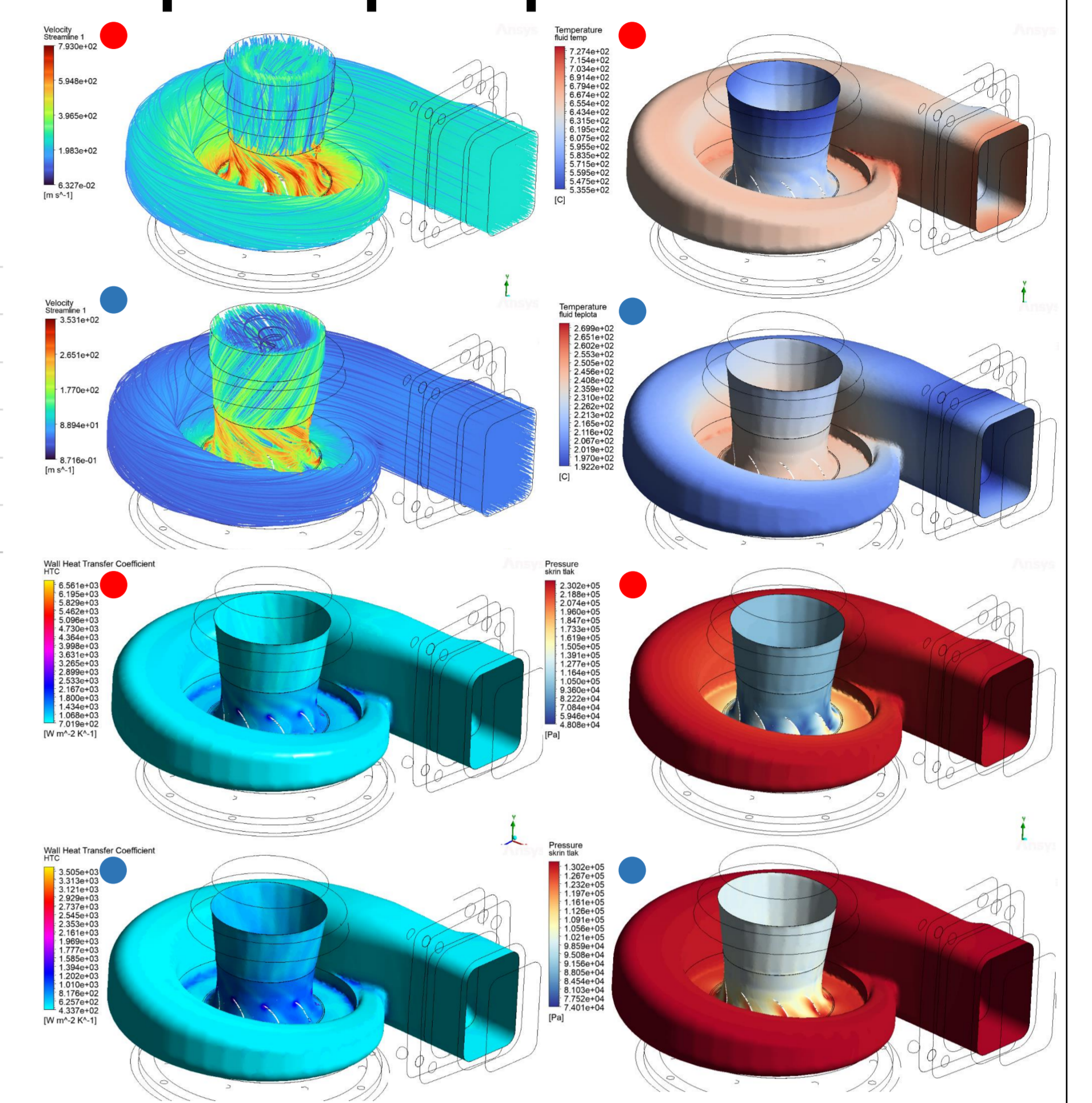
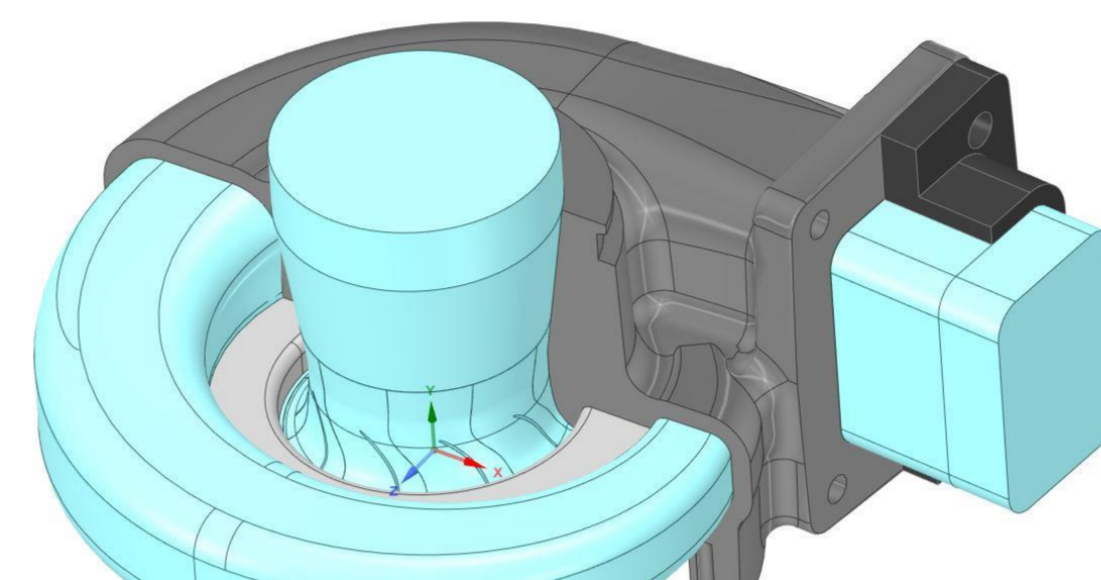
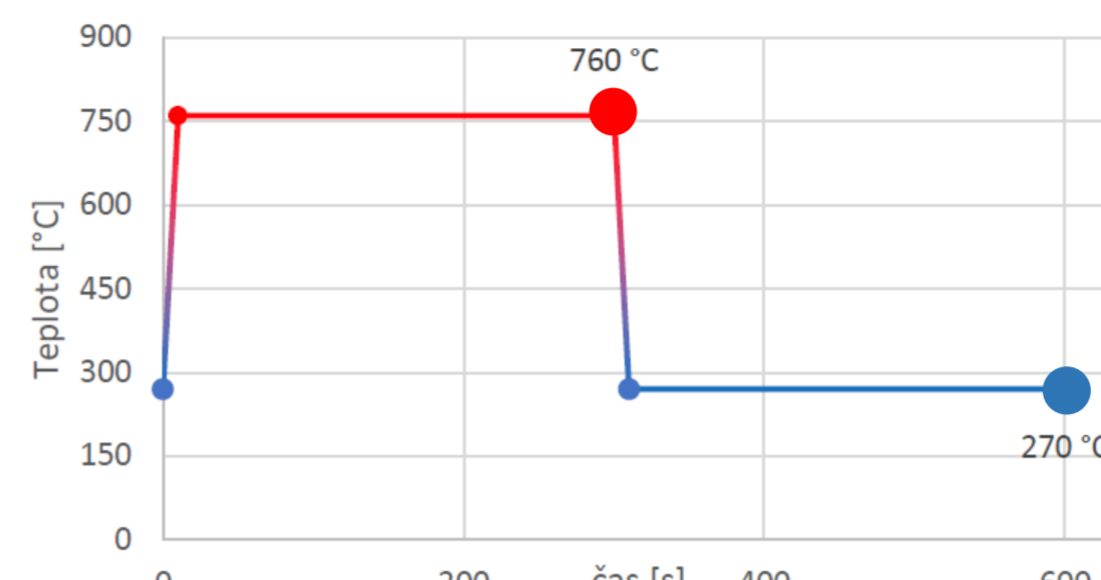


- Motivace** – snížení zvýšené produkce emisí při studených startech spalovacích motorů (RDE)



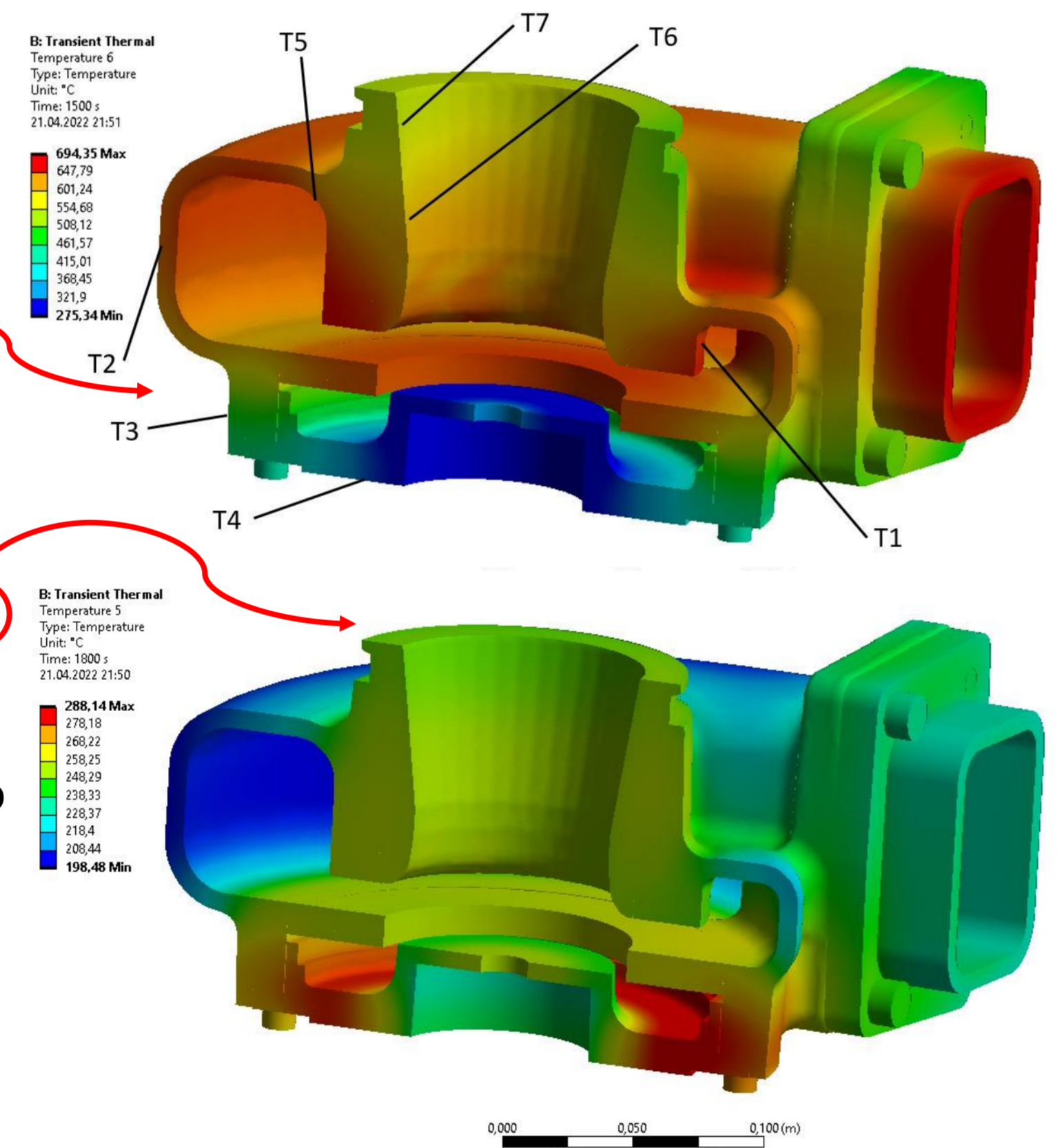
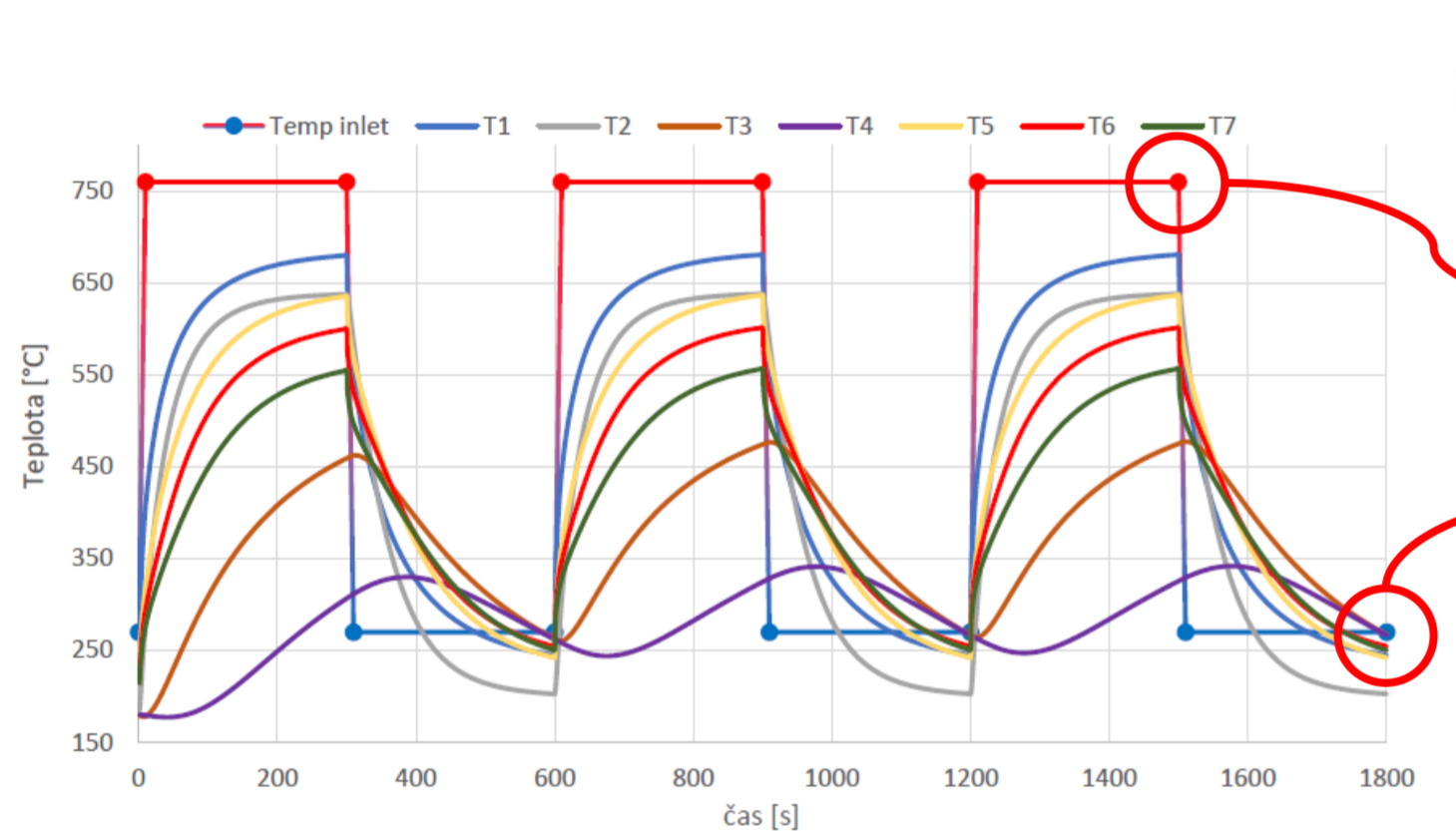
CFD analýza proudění a přestupu tepla

- Získání pole teploty, HTC a tlaku plynu pro ustálené stavy maximálního a minimálního zatížení turbodmychadla



Transientní teplotní analýza

- Cyklický import výsledků CFD – získání 3D nehomogenního teplotního pole turbínové části



- Zrychlené simulování termo-mechanického namáhání a únavy
- Export maximálního a minimálního teplotního pole do strukturální analýzy spolu s tlakovým polem z CFD

Strukturální analýza a omezující podmínka

- Cyklický import 3D teplotního a tlakového pole
 - Nelineární materiál (BKIN) a vazby
- Získání kritických míst z deformačně napěťové odezvy
- Navržení metodiky pro stanovení omezující napěťové podmínky pro topologickou optimalizaci s lineární úlohou a materiálem:

Přípustná amplituda deformace při požadavku na TMF

$$MC: \epsilon_a^{MC} = \frac{\sigma_f}{E} (2N_f)^b + \epsilon'_f (2N_f)^c$$

$$SWT: \epsilon_a^{SWT} = \frac{\sigma_f}{E} \left[2N_f \left(\frac{1-R}{2} \right)^{\frac{1}{2b}} \right]^b + \epsilon'_f \left[2N_f \left(\frac{1-R}{2} \right)^{\frac{1}{2b}} \right]^c$$

Přípustné elasto-plastické přetvoření

$$\epsilon = 2 \cdot \epsilon_a^{SWT} = 0,005$$

Přípustné elasto-plastické napětí

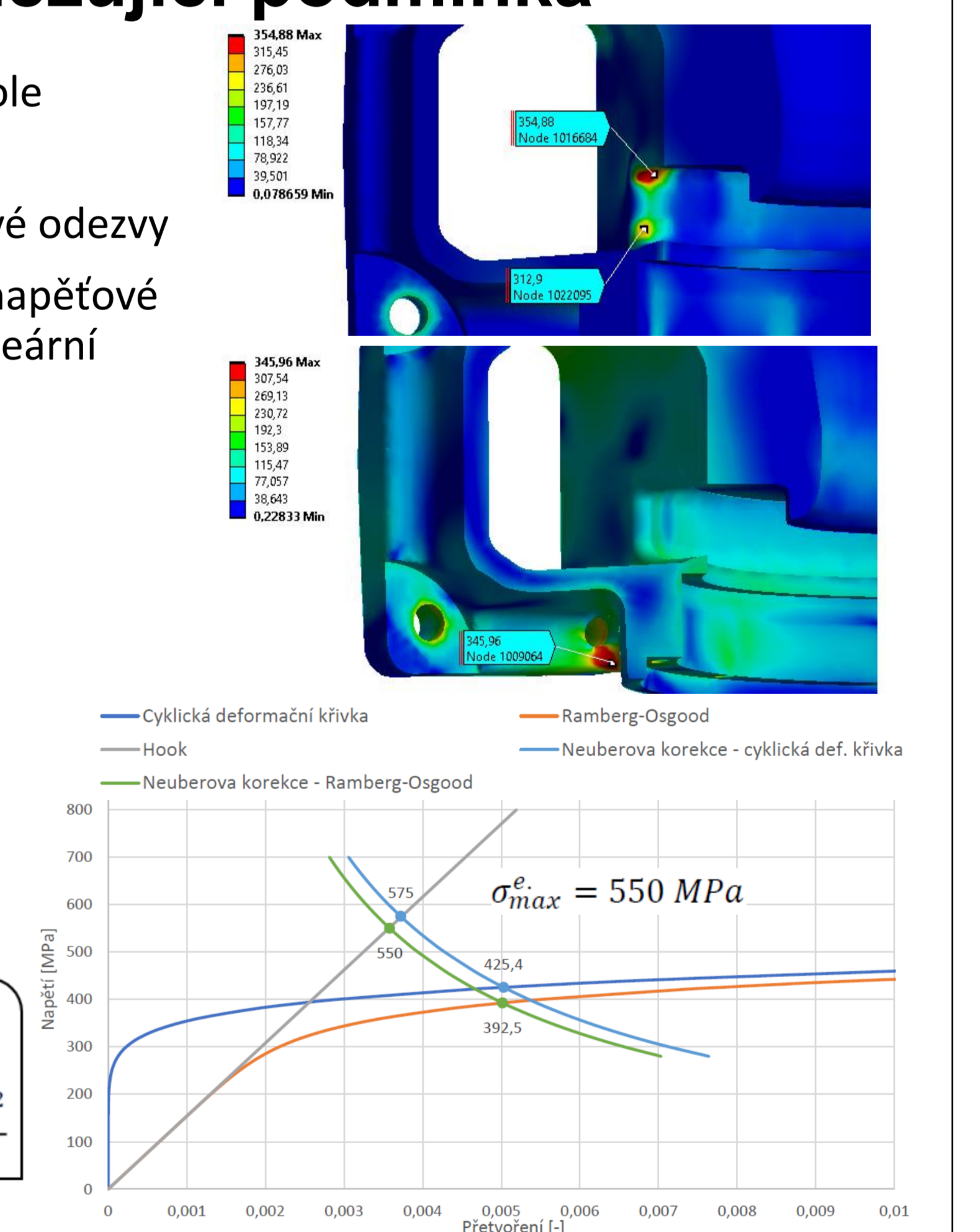
$$\text{Ramberg-Osgood: } \epsilon_{a-e.p.} = \frac{\sigma_{a-e.p.}}{E} + \left(\frac{\sigma_{a-e.p.}}{K'} \right)^{n-1}$$

Maximální přípustné elastické napětí

$$\sigma^e \cdot \epsilon^e = \sigma^{e.p.} \cdot \epsilon^{e.p.} = \text{konst}$$

Neuber. konc.:

$$\sigma^e \cdot \epsilon^e = \sigma_{nom}^e \cdot K_t \cdot \epsilon_{nom}^e \cdot K_t = \frac{(\sigma_{nom}^e \cdot K_t)^2}{E}$$



Topologická optimalizace

- TO metodou hustot s cílem snížit hmotnost
- Snížení přijatého tepla turbínovou skříní

$$Q = mc(T_{spalin} - T_{skříně})$$

- Požadavek na výrobní proces, TMF a bezpečnost (crash test)

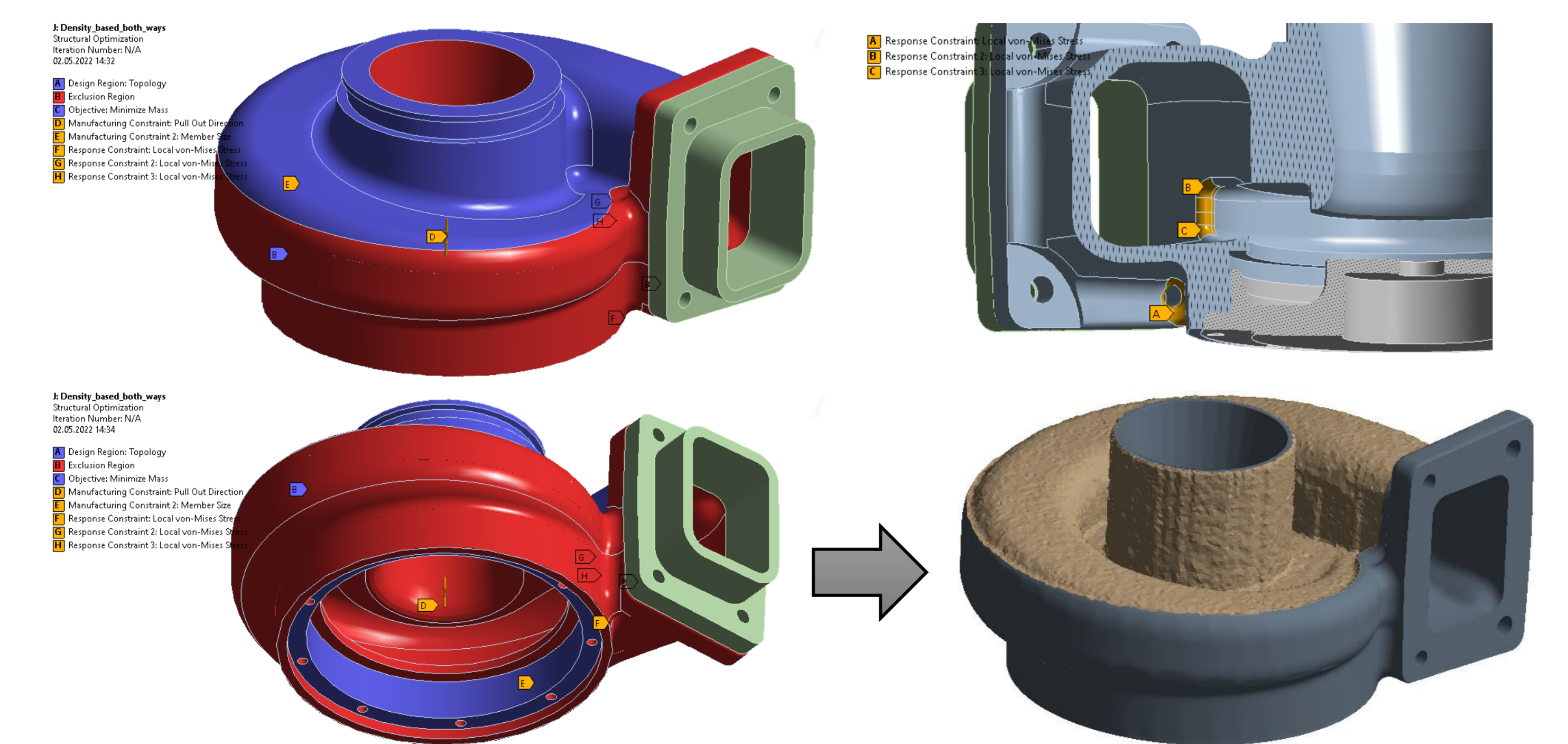
$$\min. m(\rho) = \sum_{e=1}^{n_e} m_e \rho_e$$

Za podmínky:

$$\sigma_i(\rho_e) \leq \bar{\sigma}_i = \sigma_{max}^e$$

$$\epsilon \leq \rho_e \leq 1$$

$$\left(\sum_{e=1}^{n_e} \rho_e^p K_e \right) \{u\} = \{F\}$$



Dosažené výsledky a optimalizovaná geometrie

	Původní geometrie	Optimalizovaná geometrie	% Rozdíl	
Hmotnost [kg]	15,714	11,059	↓ 30%	✓ Pozitivní změna
Vnější plocha [mm ²]	165751	184198	↑ 10%	✗ Nežádoucí změna
Teplota 600°C v T5 [s]	158	41	↓ 74%	✓ Pozitivní změna
Teplota 400°C v T7 [s]	65	32	↓ 50%	✓ Pozitivní změna
Max teplota v T5 [°C]	637	662	↑ 4%	✓ Pozitivní změna
Max teplota v T4 [°C]	562	506	↓ 10%	✓ Pozitivní změna
Životnost příruba [-]	4789	17997	↑ 276%	✓ Pozitivní změna
Životnost jazyk [-]	5377	494510	↑ 9196%	✓ Pozitivní změna

