

Termální analýza a návrh přetlakového zařízení pro experimenty v mikrogravitaci na palubě orbitálních lodí

Tomáš Foltán
Letecký ústav



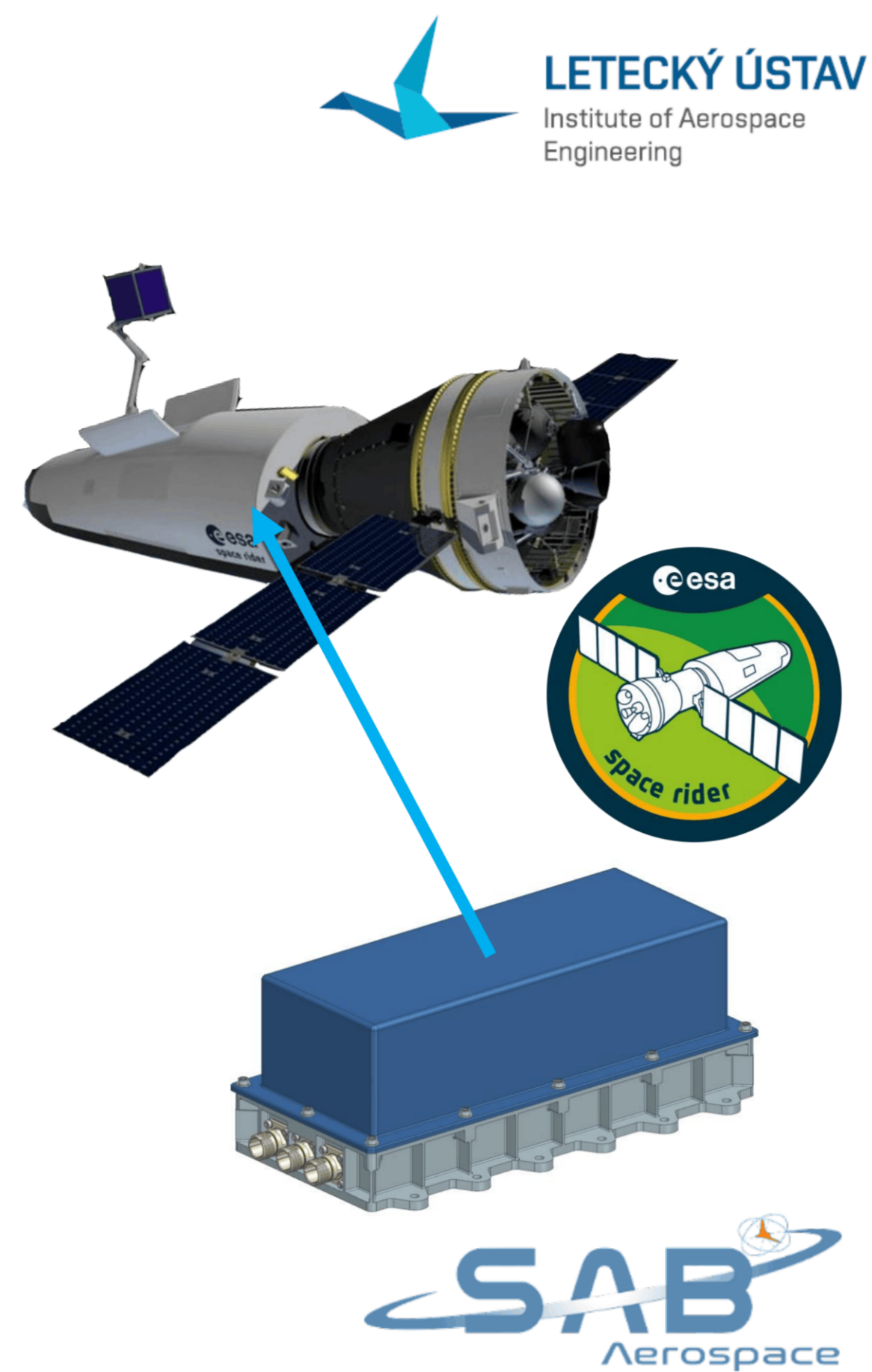
PROJEKT IOSLAB

Space Rider (SR)

- Projekt Evropské kosmické agentury (ESA)
- Bezpilotní znovupoužitelná platforma
- Kontrolované přistání pro návrat užitečného zatížení
- Až dvouměsíční pobyt na orbitě (LEO)

IOSLAB

- Projekt S.A.B. Aerospace s.r.o.
- Modulární znovupoužitelná laboratoř s vnitřní atmosférou pro experimenty vyžadující mikrogravitaci
- Cílená na biologické a farmaceutické experimenty
- Založená na CubeSat standardu – užitečné zatížení ve formátu 1U (10 cm × 10 cm × 10 cm)
- Vnitřní objem 3U
 - 2U vyhrazeno pro užitečné zatížení (exp. boxy)
 - 1U vyhrazeno pro vnitřní systémy laboratoře



Obr 1 Vizualizace SR [1] a IOSLABu [2]

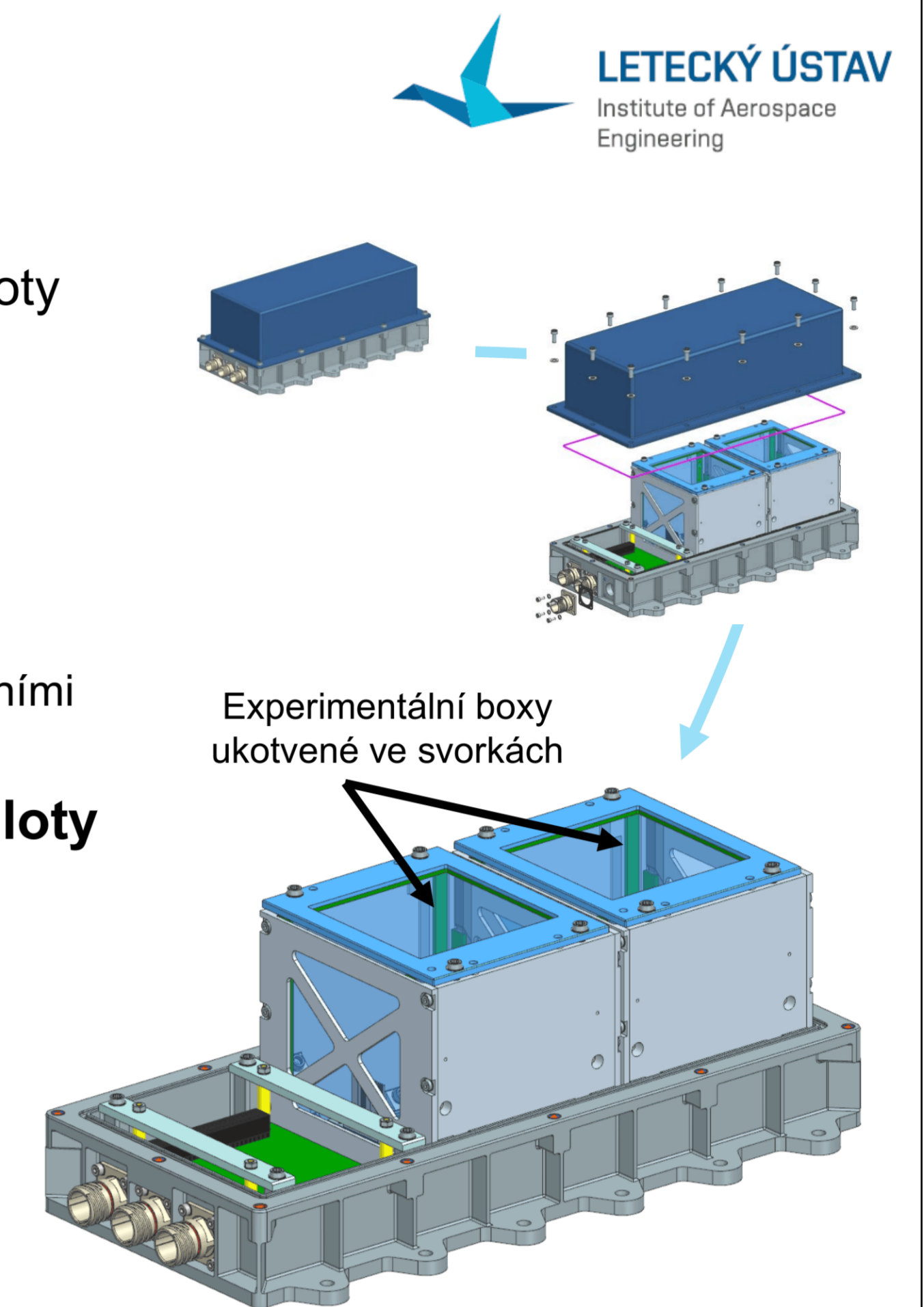
MOTIVACE A CÍLE PRÁCE

Motivace

- Primární zákazníci vyžadují přesné řízení teploty
 - Biologické experimenty s živými vzorky
 - Farmaceutické experimenty s řízenou krystalizací
 - Omezené množství dostupného příkonu
 - Pro regulaci teploty je k dispozici méně než 50 W
 - Flexibilita experimentů
 - Distribuce disipace mezi jednotlivými experimentálními boxy není omezena
- **Potřeba robustního systému řízení teploty**

Cíle práce

- Vytvoření tepelného modelu zařízení
- Analýza identifikovaných tepelných případů
- Změny návrhu, aby byly splněny technické požadavky zařízení

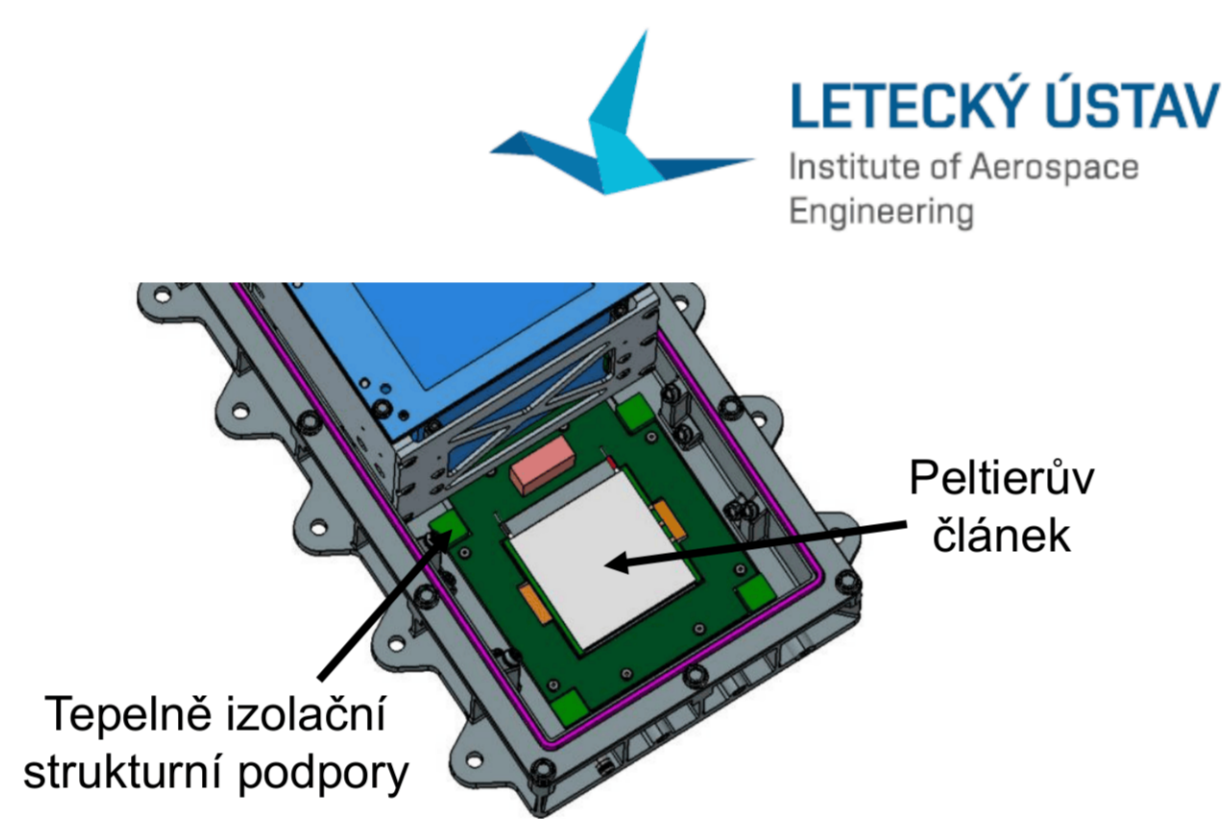


Obr 2 Přehled návrhu laboratoře IOSLAB [2]

SYSTÉM ŘÍZENÍ TEPLoty

Požadavky na systém řízení teploty

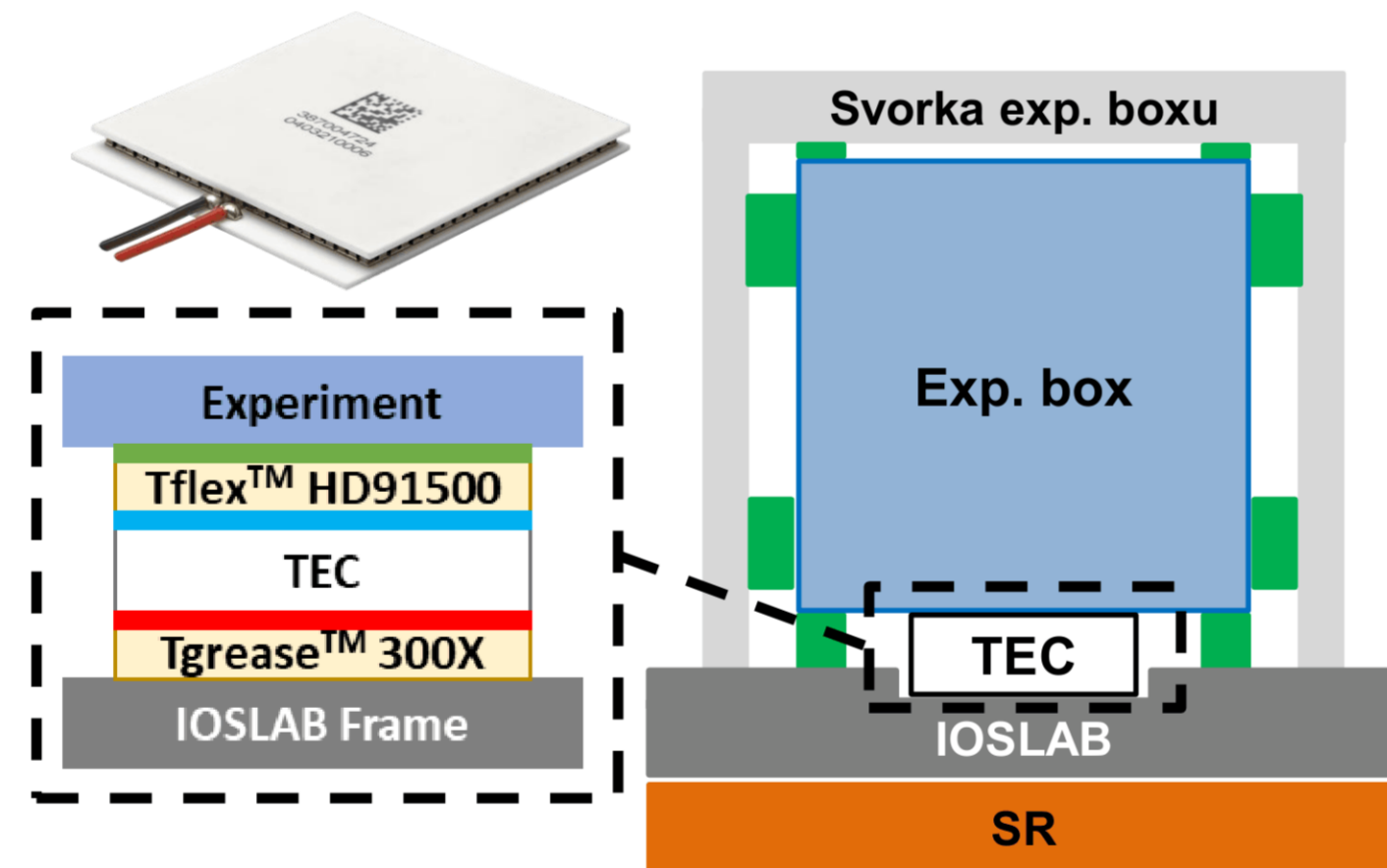
- Udržet teplotu všech komponentů v provozním teplotním rozmezí
- Udržet teplotu 20 °C ± 1 °C na tepelném rozhraní experimentálních boxů
- Potřebný příkon pro celou laboratoř nesmí překročit 100 W



Obr 5 Umístění TEC v IOSLABu

Architektura systému

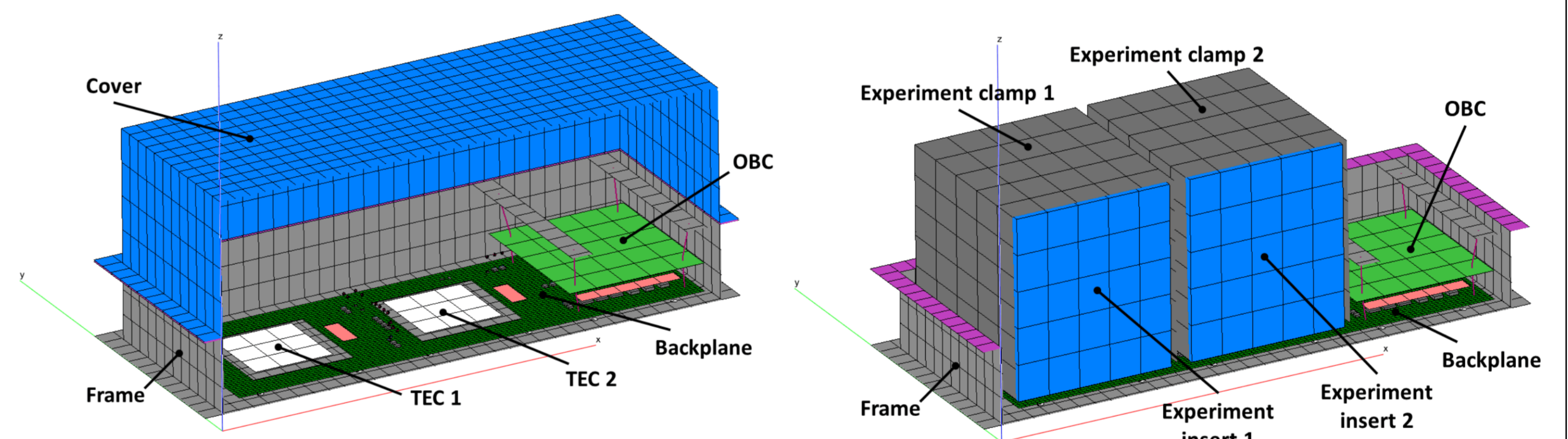
- Aktivní řízení teploty exp. boxů pomocí Peltierových článků (TEC)
 - UTX8-288-F2-5252-TA-W6
 - Materiály tepelného rozhraní (TIM)
- Experimentální box izolován od zbytku struktury IOSLABu
 - Primární přenos tepla přes Peltierův článek



Obr 6 Hlavní komponenty systému řízení teploty [3]

TERMÁLNÍ MATEMATICKÝ MODEL (TMM)

- Model vytvořen v ESATAN-TMS 2025 sp1 (ITP Engines UK Ltd)
- Zjednodušená geometrie reprezentovaná 2D plošnými prvky
 - Tloušťka přiřazena dle hmotnosti a tepelné kapacity reálných dílů
- Použité předpoklady a zjednodušení:
 - Efekt vnitřní atmosféry je zanedbán → konduktce vzduchem není modelována
 - Vnější povrch pokryt MLI → žádná radiční výměna s prostředím
 - Zanedbání vnitřní konstrukce exp. boxu → modelován jako hliníková krychle s rovnoměrnou vnitřní disipací tepla



Obr 7 TMM s vyznačenými komponenty IOSLABU

TERMÁLNÍ ANALÝZA

- Stacionární analýza tří případů tepelného zatížení

-Hot Case 1 & 2

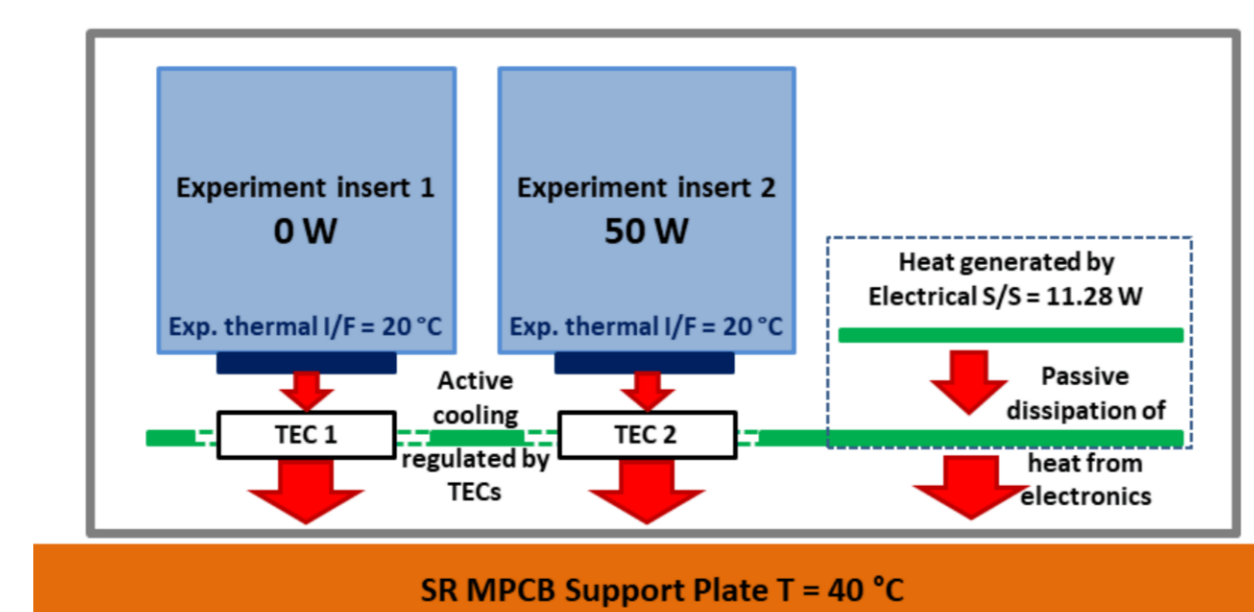
- Teplota platformy dosahuje maxima 40 °C, asymetrická (50 W / 0 W) i symetrická (25 W / 25 W) disipace v exp. boxech

-Cold Case

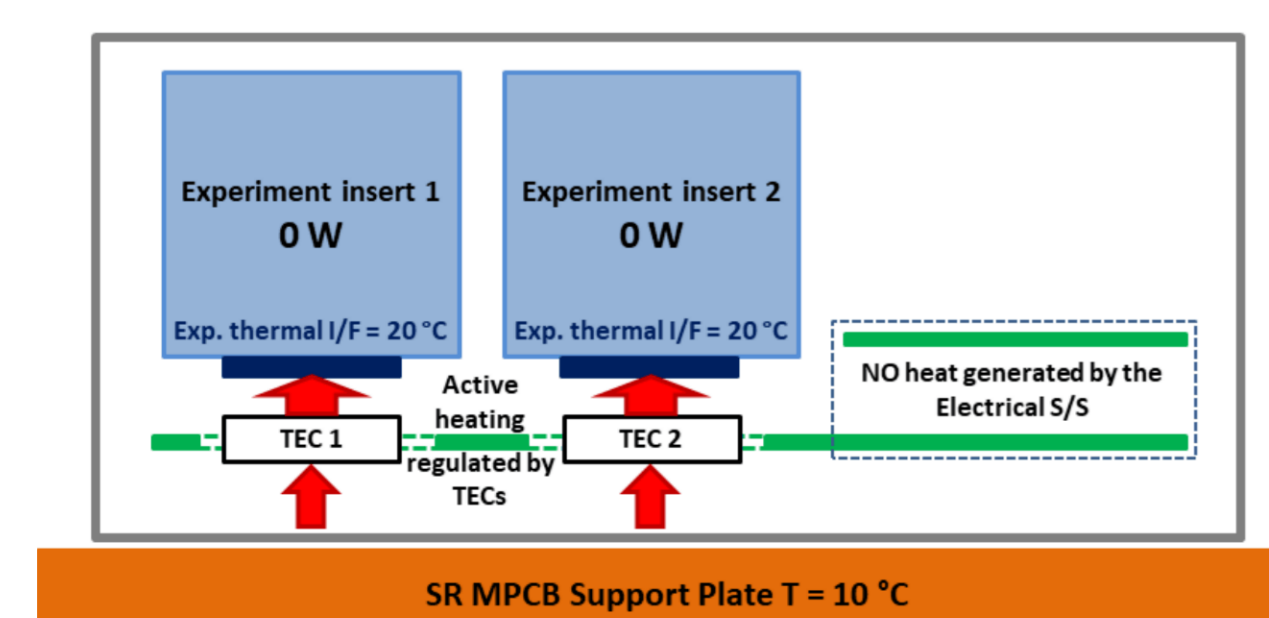
- Teplota platformy klesá na 10 °C, exp. boxy neaktivní (0 W)

- Kontrola teplotních limitů komponentů

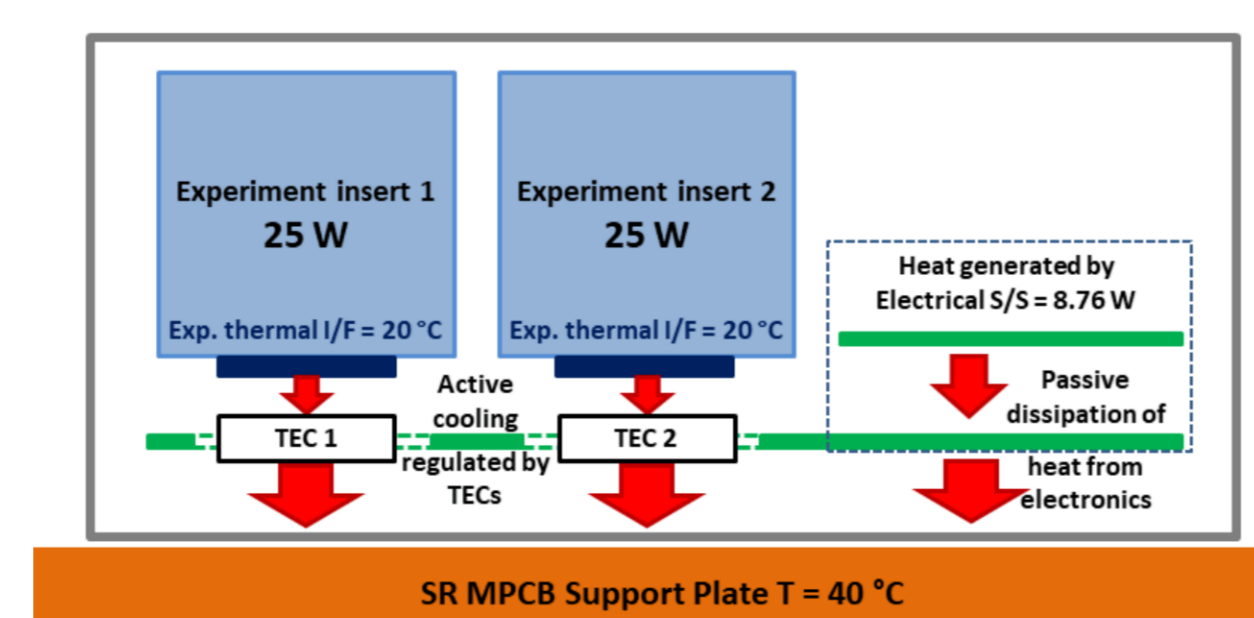
- Výpočet spotřeby Peltierových článků ze zjištěných teplot



Obr 8 Schéma Hot case 1



Obr 10 Schéma Cold case



Obr 9 Schéma Hot case 2

VÝSLEDKY A ZÁVĚR

Tab 1 Souhrnné výsledky termální analýzy

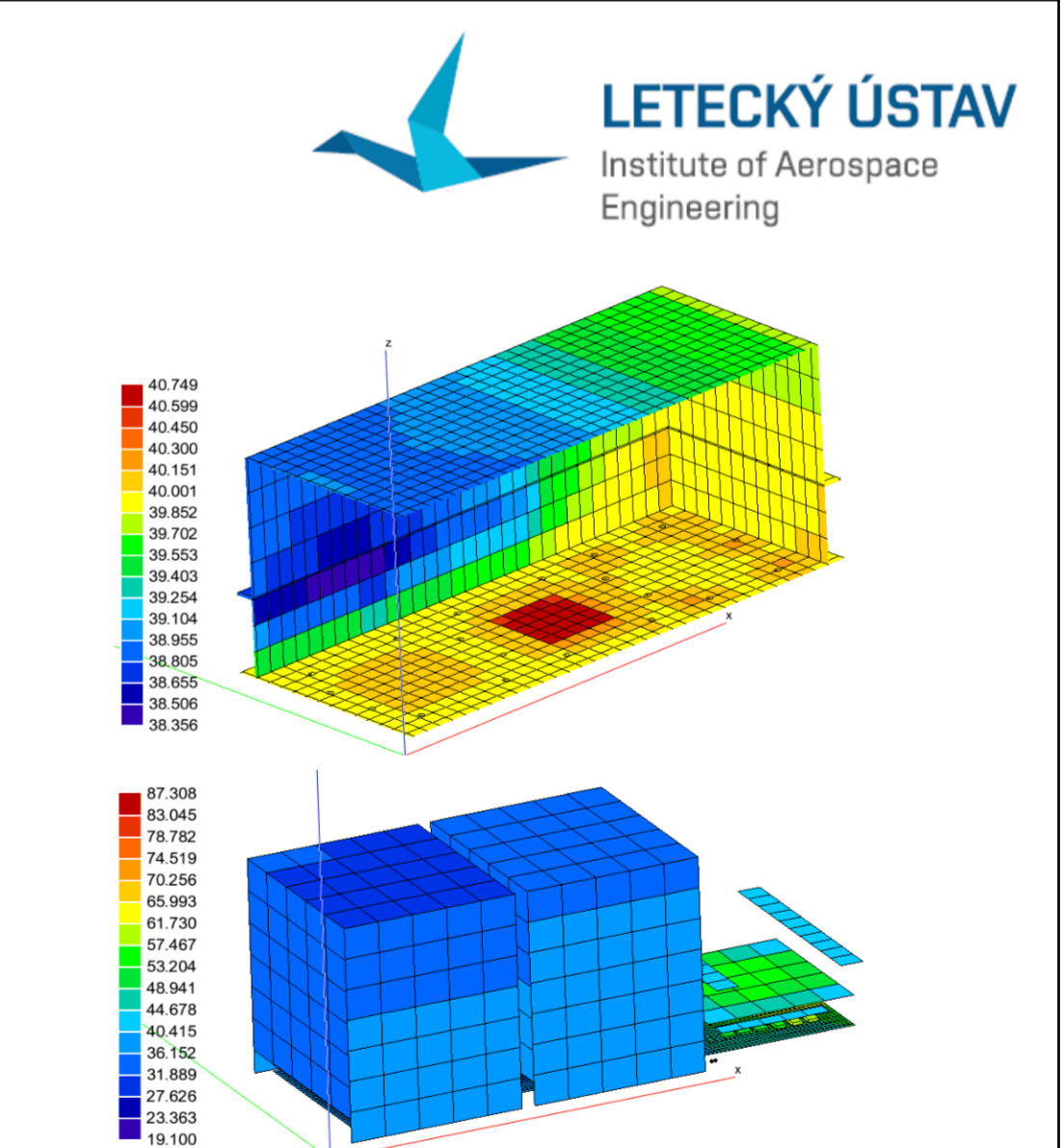
	T@Exp1 [°C]	T@Exp2 [°C]	P _{TOTAL} [W]
Hot Case 1	20,3	20,4	102,34
Hot Case 2	20,3	20,3	90,42
Cold Case	20,1	20,0	4,72

Závěr

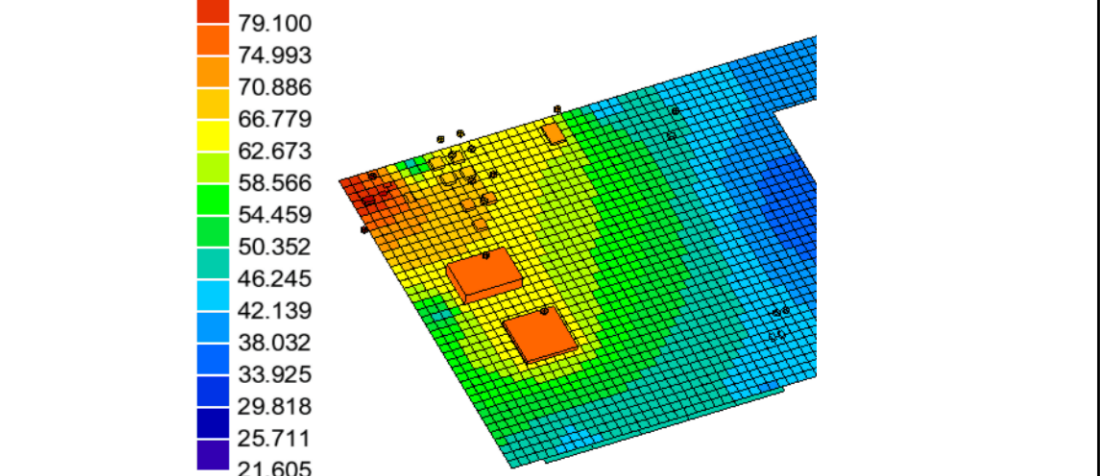
- Peltierovy články jsou schopny garantovat 20 °C na tepelném rozhraní experimentálního boxu téměř ve všech případech
- V nejkritičtějších Hot Case 1 je potřebná spotřeba o 2,34 W vyšší než alokovaných 100 W a dochází k lokálnímu přehřátí komponent elektrického systému
- Problémy odhaleny v Hot Case 1 jsou marginální a lze je vyřešit mírnou úpravou návrhu

Další směřování projektu

- Implementace navržených změn
- Testování a validace termálního matematického modelu na inženýrském modelu (EM) laboratoře
- Návrh příkrývky vícevrstvé izolace pro integraci do SR



Obr 12 Hot Case 1 – distribuce teploty na komponentech laboratoře



Obr 13 Hot Case 1 – lokální přehřívání komponentů el. systému