



ZVONÍČKOVA NADACE

Fakulta strojní ČVUT v Praze

26. ročník soutěže o nejlepší diplomové práce
magisterských studijních programů Fakulty strojní ČVUT v Praze
obhájené v období únor a září 2020

Přehled oceněných prací



Ing. Lukáš Bureš

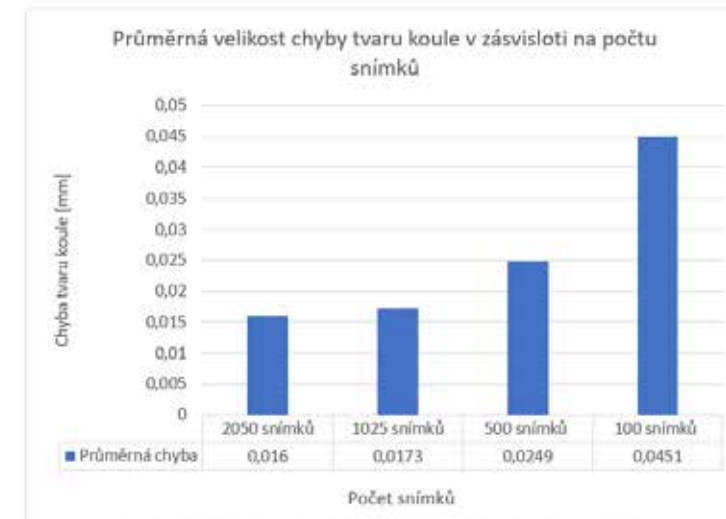
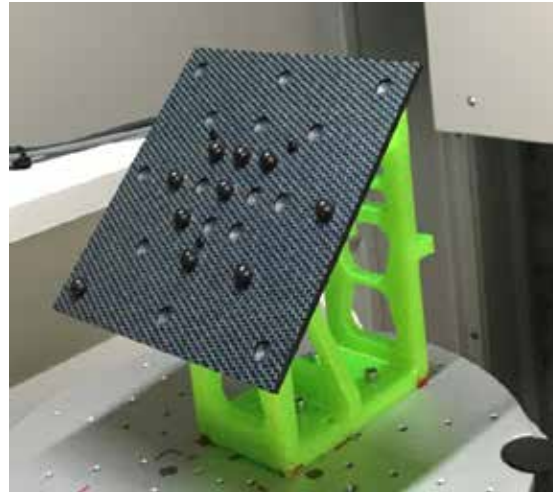
Zkoušení přesnosti CMS využívající výpočetní tomografie

Vedoucí práce: Ing. Libor Beránek, Ph.D.

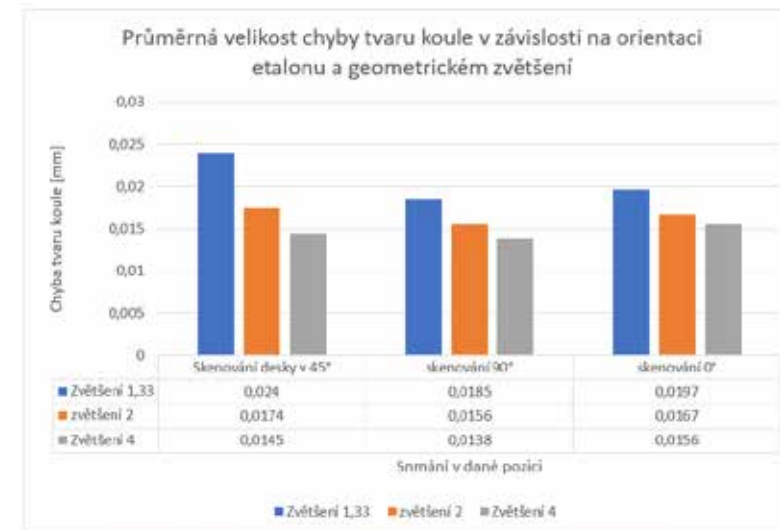
Pracoviště: Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Výsledky a přínosy práce:

- Tato práce obsahuje ucelený přehled o problematice výpočetní tomografie v průmyslu
- Mapuje všechny významné zdroje variability CT skenování a jejich vliv na přesnost měření pomocí výpočetní tomografie
- Je navržena metodika zkoušení a pomocí navrženého, vyrobeného a kalibrovaného etalonu jsou zkoumány vlivy vybraných zdrojů variability na přesnost měření
- Poznatky o těchto vlivech lze aplikovat při optimalizaci skenování dílu a zvýšit tak výslednou kvalitu skenování
- Díky těmto poznatkům lze rovněž docílit úspory času skenování bez ztráty přesnosti



Graf průměrné velikosti chyby tvaru koule v závislosti na počtu snímků



Graf průměrné velikosti chyby tvaru koule v závislosti na orientaci etalonu a geometrickém zvětšení

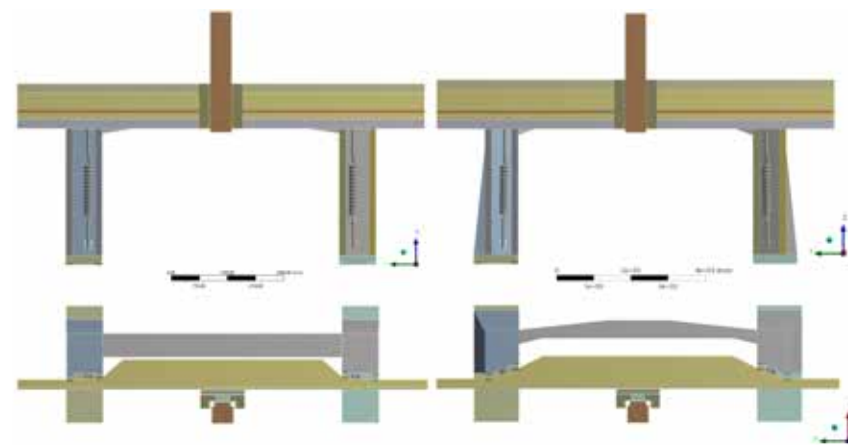


Hlavní výsledky práce:

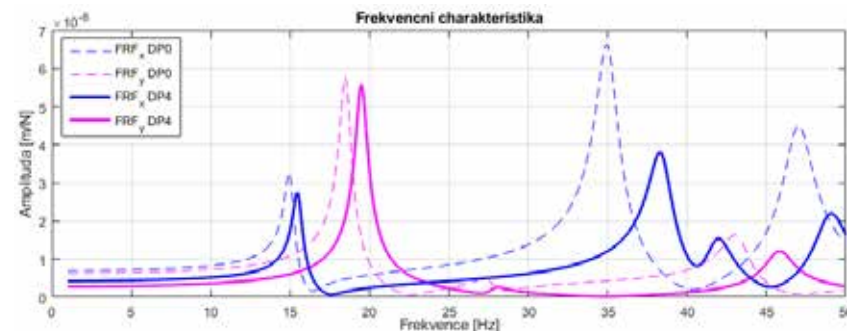
- Provedena konceptuální optimalizace nosné struktury portálového stroje s inovovaným uložením přesuvného příčníku (Obr.1)
- V softwaru ANSYS Workbench vytvořen zjednodušený konečněprvkový model stroje
 - **18 návrhových parametrů** pro změny geometrie hlavních strukturálních dílů
- Optimalizační úloha řešená metodou Design of Experiment s následujícími cíli
 - **Snížení statické tuhosti** v místě nástroje (TCP) ve směrech X a Y
 - **Snížení maxima dynamické poddajnosti** v TCP ve směrech X a Y
 - Nalezení závislostí objektivních funkcí na přesazení kolejnic
 - Nalezení jedince s optimálním poměrem snížení statické a dynamické poddajnosti a **zachování minimálního nárůstu hmotnosti**
- Práce našla odpověď na **vliv modifikovaného uložení přesuvného příčníku portálového stroje**
- Modifikované uložení příčníku umožňuje **snížené statické poddajnosti v TCP ve směru X** a také **snížení maxima dynamické poddajnosti v TCP ve směru X**
- Byla nalezena hodnota optimálního přesazení kolejnic pro optimalizovaný model cca 280 mm
- Výsledkem optimalizace je model DP4 se změněnou geometrií (Obr. 2)
- Optimalizovaný model DP4 ukázal při nárůstu hmotnosti o 7 % **snížení statické poddajnosti ve směru X o 18 %** a výrazný **pokles maxima dynamické poddajnosti ve směru X až o 43 %** (Obr. 3)
- Výsledek práce je základem pro další optimalizační kroky – topologickou a tloušťkovou parametrickou optimalizaci



Obr. 1: Stávající provedení uložení příčníku (vlevo) a Inovační uložení (vpravo)



Obr. 2: Porovnání geometrie výchozího (vlevo) a optimalizovaného (vpravo) modelu



Obr. 3: Porovnání FRF v místě nástroje pro výchozí (DP0) a optimalizovaný (DP4) modely



Ing. Jan Havelka

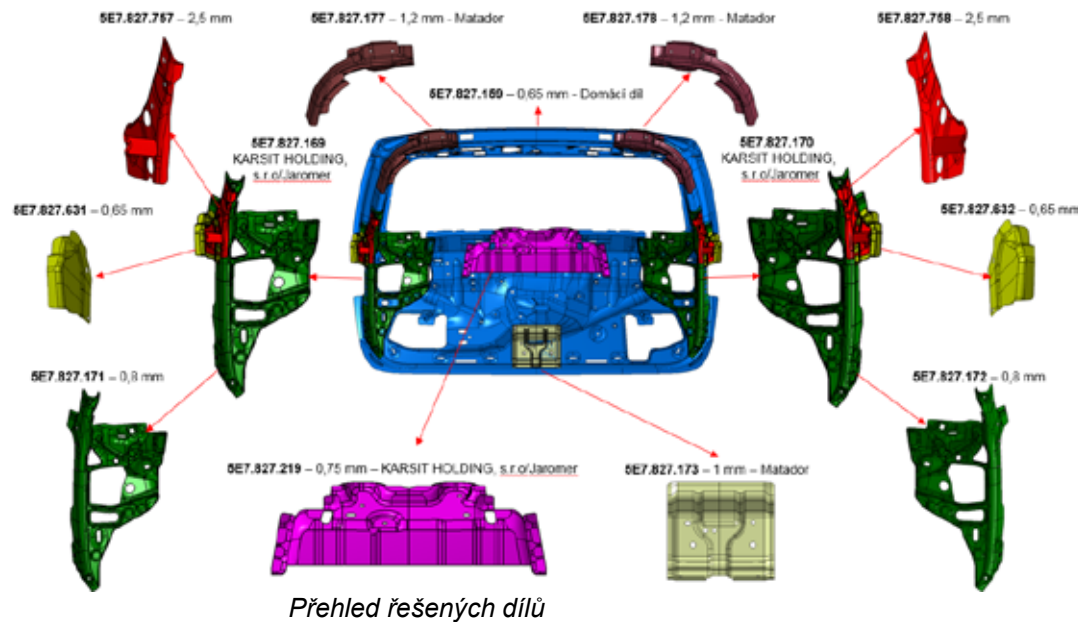
Integrace numerických simulací tváření do virtuálního procesu lisování a lemování plechů

Vedoucí práce: Ing. František Tatiček, Ph.D

Pracoviště: Ústav strojírenské technologie

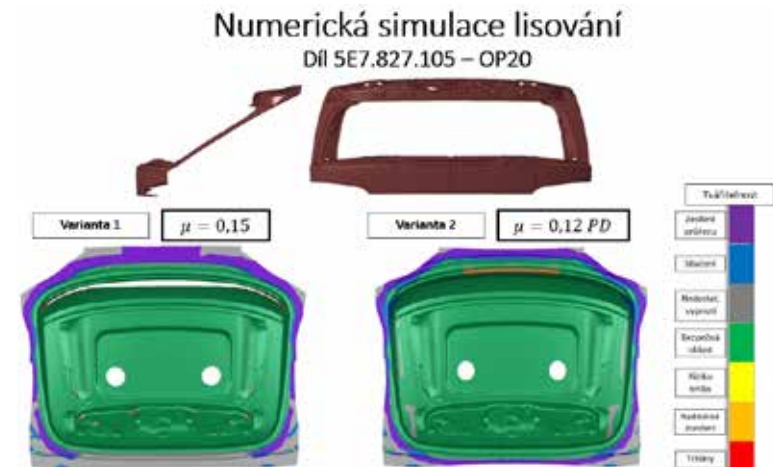
Cíl práce:

Vytvoření postupu a jeho ověření pro komplexní výrobu panelových dílů (lisovací proces a následné spojování dílů do podsestavy) metodou numerické simulace.

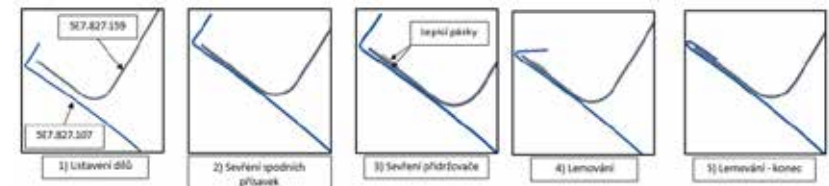


Dosažené výsledky:

- Byly vytvořeny numerické simulace procesu tváření.
- Byly vytvořeny numerické simulace spojování dílů.
- Byla provedeny verifikace simulací s realitou.
- Vznikly postupy, které doposud nebyly v rámci současného poznání použity.
- Práce má významný vliv na zrychlení návrhu výroby panelových dílů.



Ukázka analýzy numerické simulace vybraného dílu



Ukázka numerické simulace spojování



Ing. Filip Jeník

Kompozity s termoplastickou matricí

Vedoucí práce: prof. RNDr. Petr Špatenka, CSc.

Pracoviště: Ústav materiálového inženýrství

Cíl práce

- Příprava kompozitních materiálů s termoplastickou matricí se zaměřením na perspektivní materiály výztuže
- Testování mechanických vlastností
- Zkoumání struktury kompozitu a prosycenosti výztuže

Experiment

- Kompozit s krátkovláknovou výztuží 12 hm. %
- Dva druhy matricového práškového materiálu:
 - PE podrobený úpravě plazmatem
 - PE separovaný na frakci s částicemi 101 až 150 μm
- Výztuž recyklovaná uhlíková vlákna
průměr $7 \pm 1 \mu\text{m}$, délka 6 mm
 - Neupravený stav
 - Upravený stav

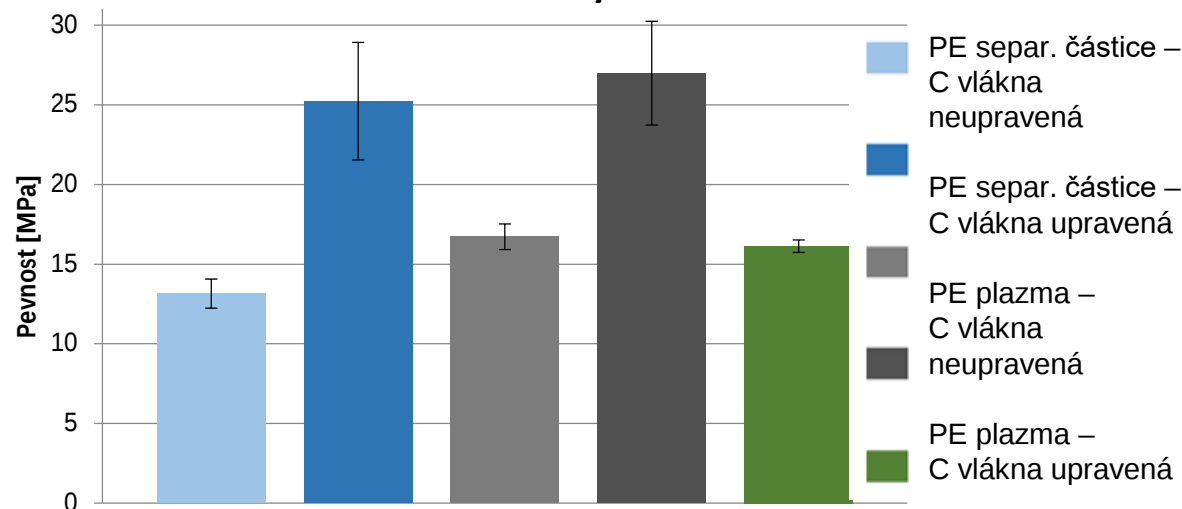


Recyklovaná uhlíková vlákna

a) neupravený stav

b) upravený stav

Pevnost v tahu testovaných materiálů



Prosycenost vyztužujících vláken v matrici

a) neupravený stav

b) upravený stav

Závěr

- Pevnost kompozitu s neupravenými vlákny $\approx 16 \text{ MPa}$
 $\approx$ pevnost PE bez výztuže, **nulové zpevnění**
- Pevnost kompozitu při použití upravených C – vláken $\approx 25 \text{ MPa}$, **zpevnění** matrice vlákny **víc jak 55 %**



Ing. Megi Mejdrechová

Robotic Painting Cell Design Using Worker's Motion Tracking and Imitation

Vedoucí práce: Ing. Jan Pelikán, Ph.D.

Pracoviště: Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

Cíl práce:

- § Navrhnout řešení problému automatizace průmyslového lakování vhodné pro malosériovou výrobu a tvarově složité díly
- § Pomocť omezit lidskou práci ve znečištěném prostředí lakovny

Realizace:

- § Lakýrník se stane ideálním vzorem pro robota díky svému know-how a zkušenostem
- § Pohyb lakovacího nástroje je během lakování výrobku zachycen senzory
- § Na základě nasnímané trajektorie je vytvořen řídicí program robota
- § Robot opakuje operaci lakování výrobku namísto člověka

Hlavní výsledky:

- § Inovativní řešení automatizace lakování pomocí imitace lakýrníka robotem
- § Experimentální porovnání motion tracking senzorů
- § Volba optimálního senzoru - kamery s IMU
- § Program na zpracování dat a trajektorií
- § Program na plánování robotické trajektorie a syntézu řízení robota
- § Úspěšné ověření simulacemi řízení robota
- § PLC řídicí program pro robotickou lakovací buňku
- § Studie softwarového nástroje a jeho funkční prototyp
- § Komplexní zpracování úlohy automatizace průmyslového lakování

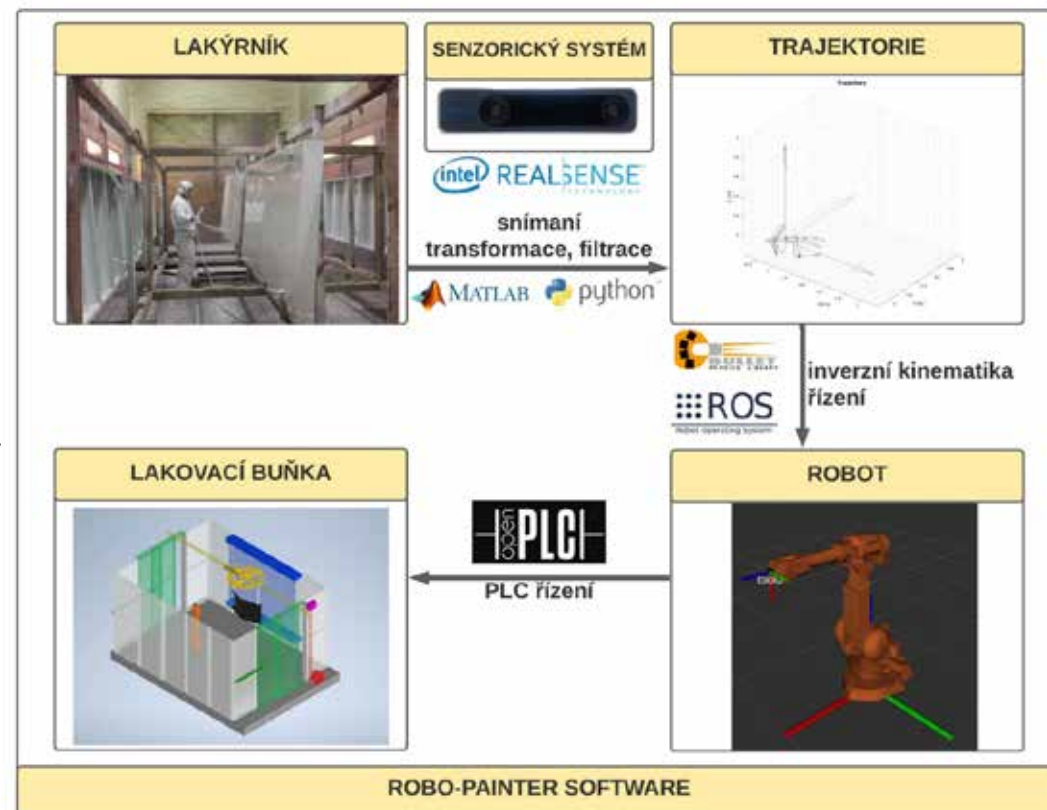
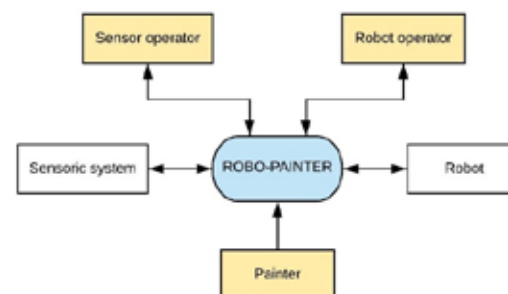


Diagram navrženého procesu automatizace včetně nástrojů použitých při jeho realizaci



Kontextový diagram softwarového díla vytvořeného na podporu procesu automatizace průmyslového lakování



Experimentální porovnání motion tracking senzorů a ověření proveditelnosti navrženého řešení



Ing. Daniel Šebík

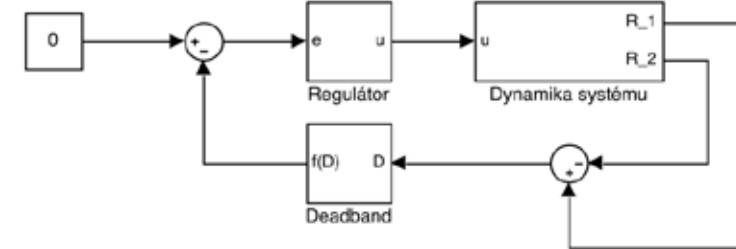
Ovládání elektrického longboardu přenosem vlastní váhy jezdce

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Bušek, Ph.D.

Pracoviště: Ústav přístrojové a řídicí techniky

Výsledky práce:

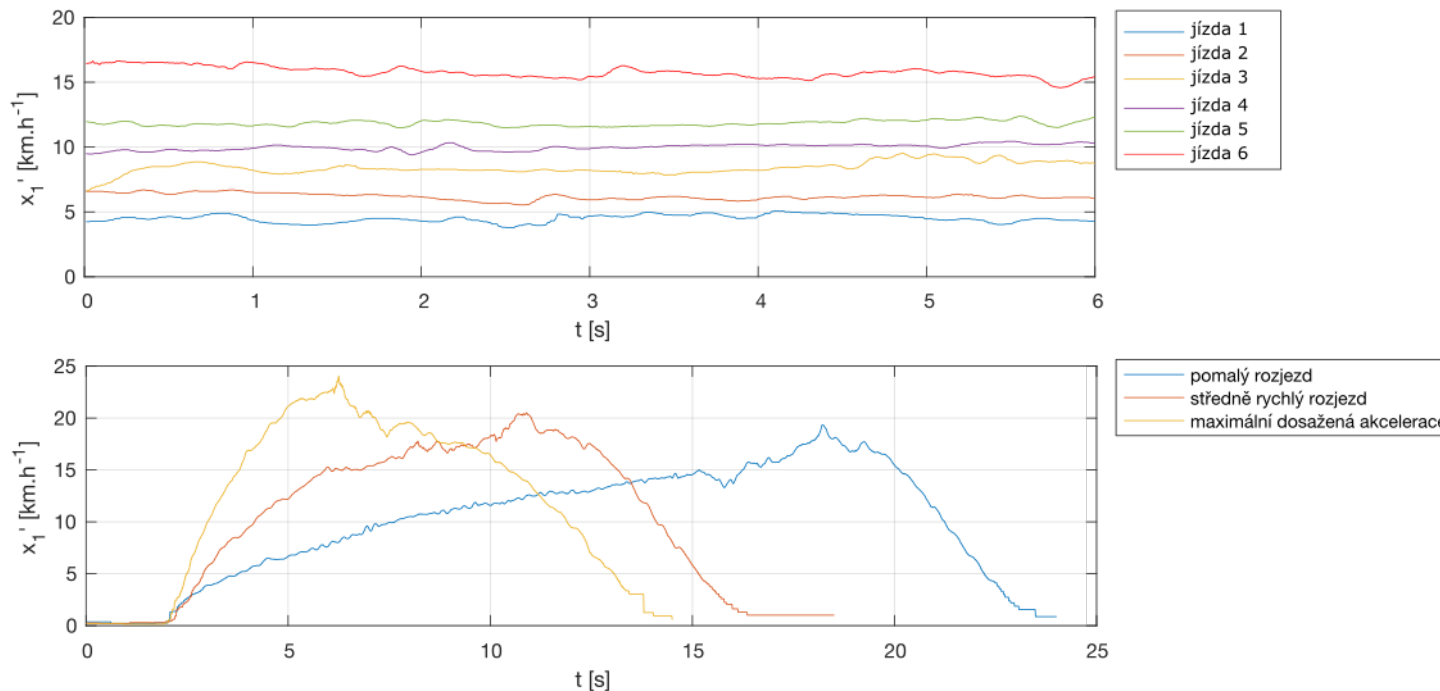
- navržený řídicí algoritmus pro posturální řízení elektrického longboardu
 - řídicí veličinou je rozdíl měřených sil působících na nohy jezdce
 - regulaci zajišťuje PI regulátor
- sestavený vlastní prototyp určený pro testování jízdních vlastností navrženého řízení
 - návrh vyhodnocovacích obvodů a filtrace pro signál ze tenzometrických snímačů
 - kompletní návrh elektronického zapojení prototypu
 - implementace řídicího algoritmu na vybraném MCU



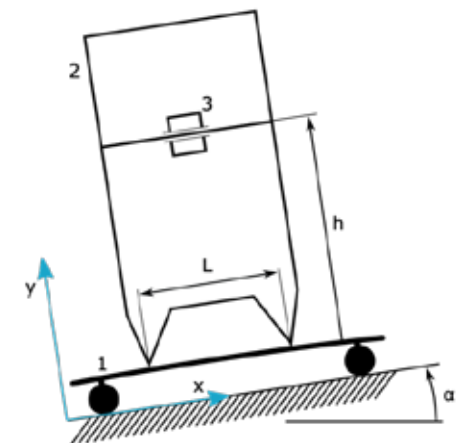
obr 1) vybrané řešení zpětné vazby



obr 2) umístění měřicích destiček



obr 4) časové průběhy rychlostí naměřené při testovacích jízdách (nahore - požadavek na udržení konstantní rychlosti, dole - možnost ovládání zrychlení longboardu)



obr 3) náhradní model soustavy



Ing. Vít Pawlik

CFD simulace vnitřního prostředí automobilu

Vedoucí práce: Ing. Pavel Steinbauer, Ph.D.

Pracoviště: Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky, odbor mechaniky a mechatroniky

Cíl práce

Navrhnout a ověřit řízení pro účely vibračního zkoušení, které potlačí vliv dynamiky zkušebního zařízení a upínacího přípravku, a zajistí předepsanou vibrační expozici zkoušeného vzorku.

Výsledky

Bylo navrženo řízení na principu adaptivního inverzního řízení, založené na adaptivním filtru s adaptivním algoritmem Least-Mean-Squares.

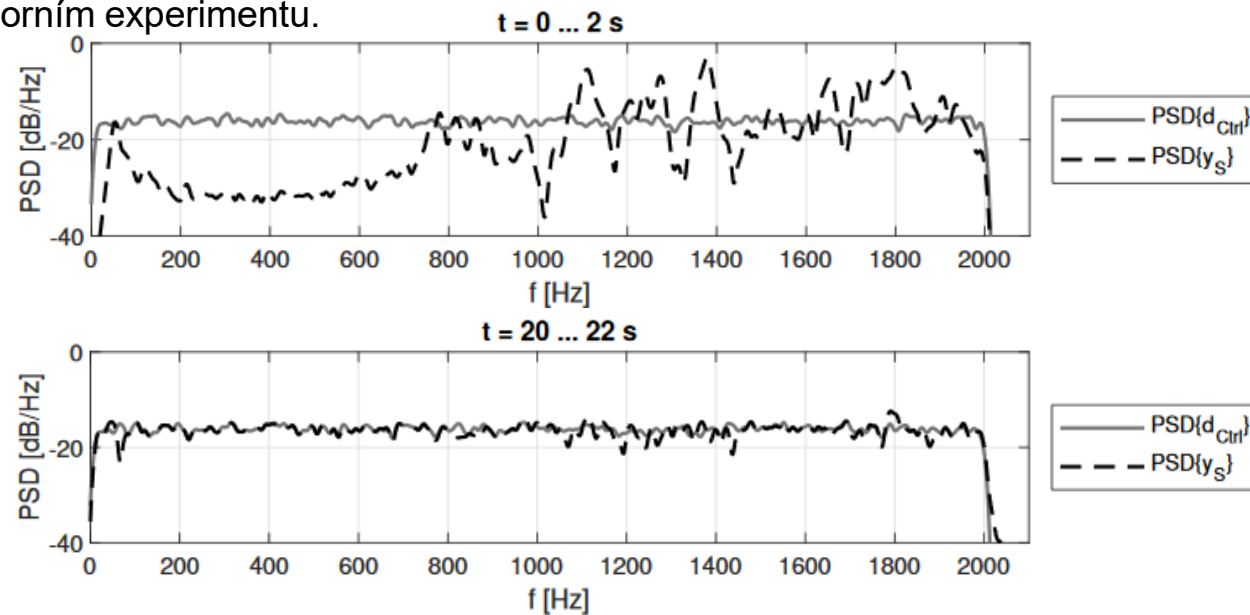
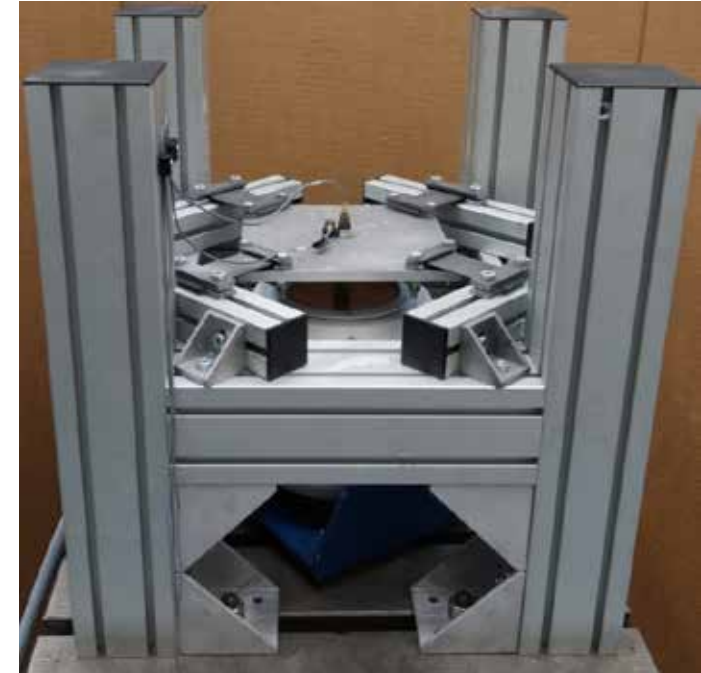
Pro ověření řízení bylo navrženo a sestrojeno experimentální zařízení, napodobující průmyslově používané zkušební stroje.

Zařízení bylo identifikováno pro použití v simulacích.

Navržené řízení bylo ověřeno jak v simulačním a laboratorním experimentu.

Závěr

Navržené řízení splňuje požadavky a bude použito pro účely dalšího výzkumu.





Ing. Martin Vltavský

Analýza mechanických vlastností porézních keramických pěn pro náhrady kostní tkáně při akcelerované degradaci

Vedoucí práce: Ing. Radek Sedláček, Ph.D.

Pracoviště: Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

Motivace práce:

Hodnocení mechanických a strukturálních vlastností kostních cementů v deградаčním médiu simulujícím osteoklastickou degradaci

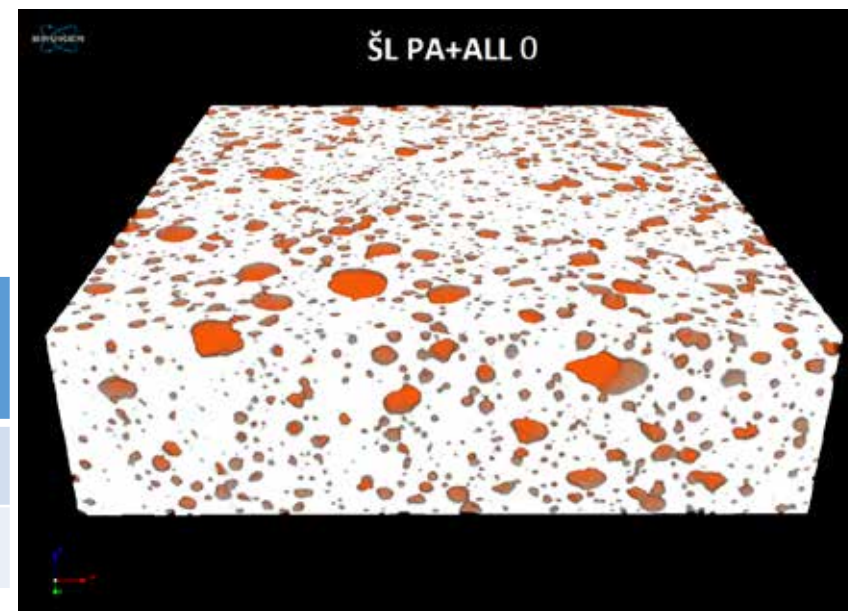
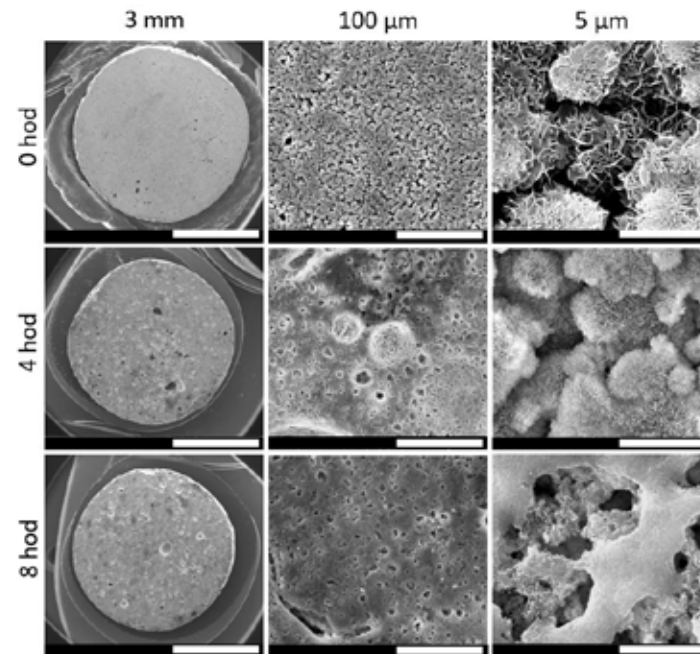
Cíle práce:

- Analýza mechanických vlastností získaných z tlakové zkoušky
- Statistická analýza
- Formulace hypotéz
- Mikroskopická analýza topografie povrchu
- Mikrotomografická analýza strukturálních změn
- Testování hmotnostních úbytků

Závěr:

V testovaných materiálech dochází k postupné degradaci

Ideální materiál: Šlehaná pasta s polykaprolaktonovými vlákny a derivovaným aminem (ŠL PA+ALL)



	ŠL PA+ALL 0	Spongiózní kost	Endobon®
E [MPa]	796	100 – 2 000	20 – 3 100
R _{md} [MPa]	13,3	2 - 20	1 - 20



Ing. Elizaveta Andreeva

Energy Flexibility of Single-family House Located in Region of Central Europe

Vedoucí práce: Ing. Vojtěch Zavřel, Ph.D.

Pracoviště: Ústav techniky prostředí

The paper represents a simulation-based assessment of thermal inertia in family house and its heating system including air-to-water heat HP coupled with the hot water storage tank towards improvement of the building energy flexibility

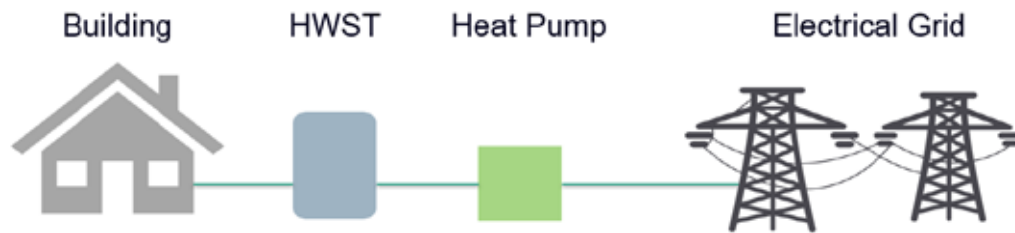


Fig.1: Principal model of the system

Building energy flexibility is a relatively new phenomena allowing the users to control their demand upon the dynamically changed grid status often represented by energy price. The hypothesis of current research is that with massive adoption of demand response strategies, it is easy to adapt to intermittent renewable energy in the grid and reduce the carbon footprint. This paper quantifies the flexibility potential of individual building components (building structure, water storage tank, etc.) with respect to electricity use and related operational cost and how it influences the house occupants' thermal comfort under a demand response strategy. The analyzed building is located in Central Europe (Czech Republic).



Fig.2: 3-D model of the building

The results have shown a significant impact of the thermal inertia on building time constant. The higher the thermal mass, the more heat can be stored by the wall and thus the greater the load shifting ability. At a constant zero boundary conditions, system demonstrates in average 3 days of operation without disturbing the thermal comfort after turning off the heating.

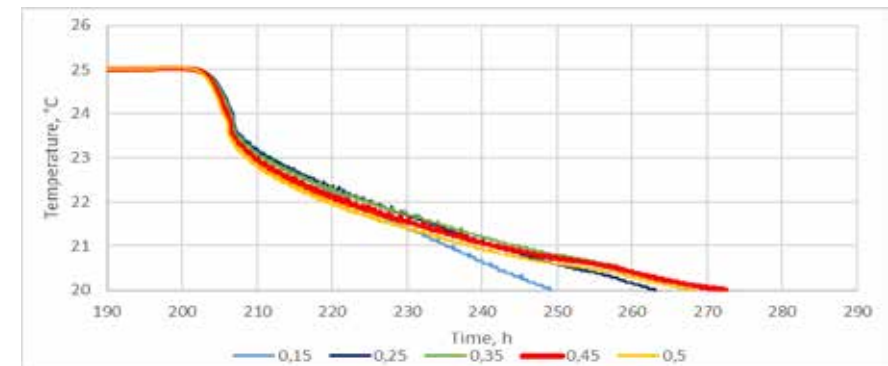


Fig.3: Dependence of the inner material thickness on the cooling-down time of the room

Using demand-side management by HDO switching allows to reduce electricity demand of the HP on 25% in average. However, since switching the heat source on and off with according to price change leads to a significant disturbance in thermal comfort, the temperature feedback had to be set.

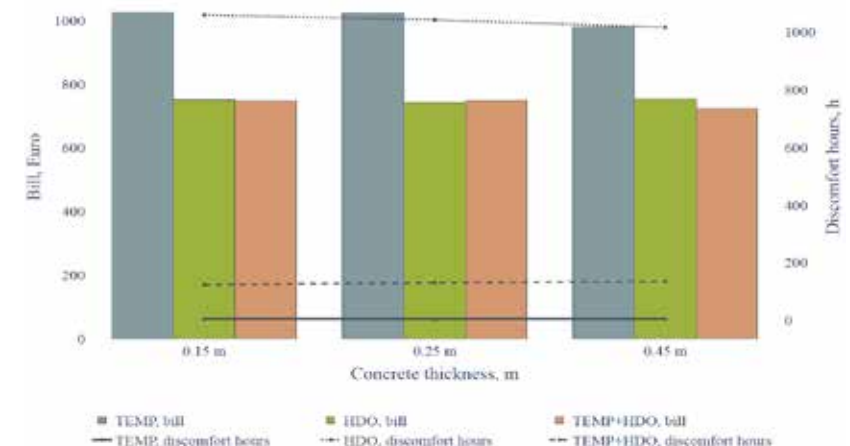


Fig.4: DSM influence for the case of varied thickness of inner material of the wall



Ing. Petr Calta

Studie provozu rezidenční vzduchotechnické jednotky

Vedoucí práce: Ing. Jindřich Boháč, Ph.D.

Pracoviště: Ústav techniky prostředí

Hlavní cíle práce:

- praktickým měřením při reálném provozu vzduchotechnické jednotky změřit její provozní charakteristiky
- sestavit funkční datalogger pro měření teplot a vlhkostí pracující obdobně jako profesionální zařízení
- sestavit výpočetní nástroj pro ekonomické hodnocení provozu a pořízení vzduchotechnické jednotky

Praktické měření

Hlavním přínosem této části práce byla kalibrace komerční clony pro měření průtoku vzduchu, kalibrací se podařilo zmenšit relativní chybu komerční clony až o jeden řád.



Průtok reference	Chyba	
	Původní	Po kalibraci
m3/h	%	%
81	28,4	5,7
128	14,7	-4,0
179	16,3	-1,1
224	13,8	-2,3
276	13,2	-1,9
301	14,7	-0,1
341	14,0	-0,1
375	14,2	0,5
405	14,7	1,4
425	14,7	1,6
451	15,2	2,3

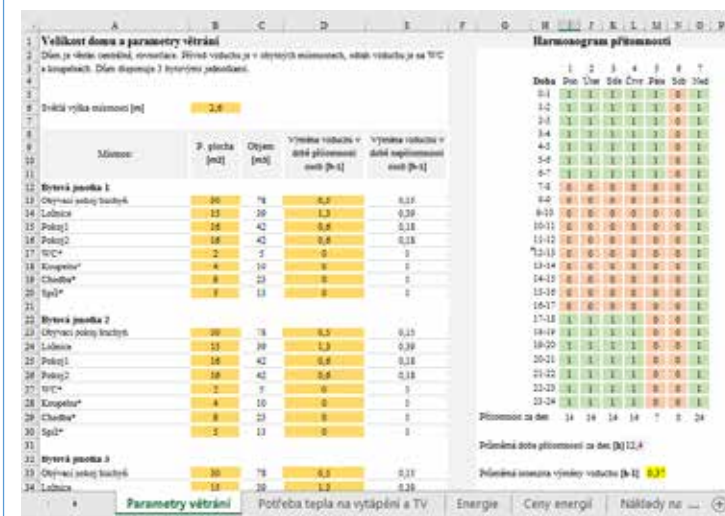
Konstrukce dataloggeru

Zařízení sestavené pomocí mikropočítače Arduino UNO. Měření čtyř teplot a relativních vlhkostí s intervalem 1 min. Ukládání dat na SD paměť. Cena 50 x nižší než referenční zařízení Alhborn.



Výpočetní nástroj

- bilancuje spotřebu energií při použití VZT jednotky se zpětným získáváním tepla
- zohledňuje režim přítomnosti a nepřítomnosti osob
- rozlišuje distribuční sazby el. energie v závislosti na použitém zdroji tepla na vytápění a ohřev TV
- pracuje s hodinovými daty venkovních teplot
- hodnotí spotřebované množství primární neobnovitelné energie
- vyhodnocení jednotlivých variant výpočtu na základě ekonomických kritérií (čistá současná hodnota a roční ekvivalentní peněžní tok)





Ing. David Stoklas

Návrh kontejnerové technologie pro konverzi CO_2 na CH_4

Vedoucí práce: doc. Ing. Lukáš Krátký, Ph.D.

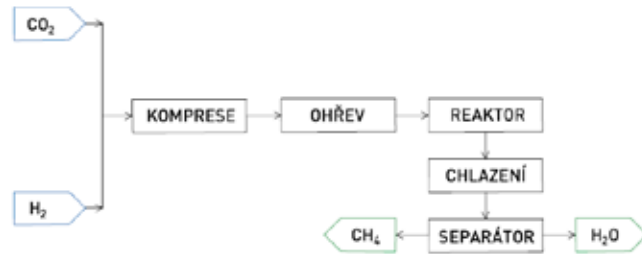
Pracoviště: Ústav procesní a zpracovatelské techniky

Cíle práce:

Analyzovat potenciál konverze emisního oxidu uhličitého na metan. Určení optimálních reakčních podmínek, tvorba bilančního modelu v Aspen a vytvořit 3D dispozici navržené technologie umístěné do 20ft lodního kontejneru.

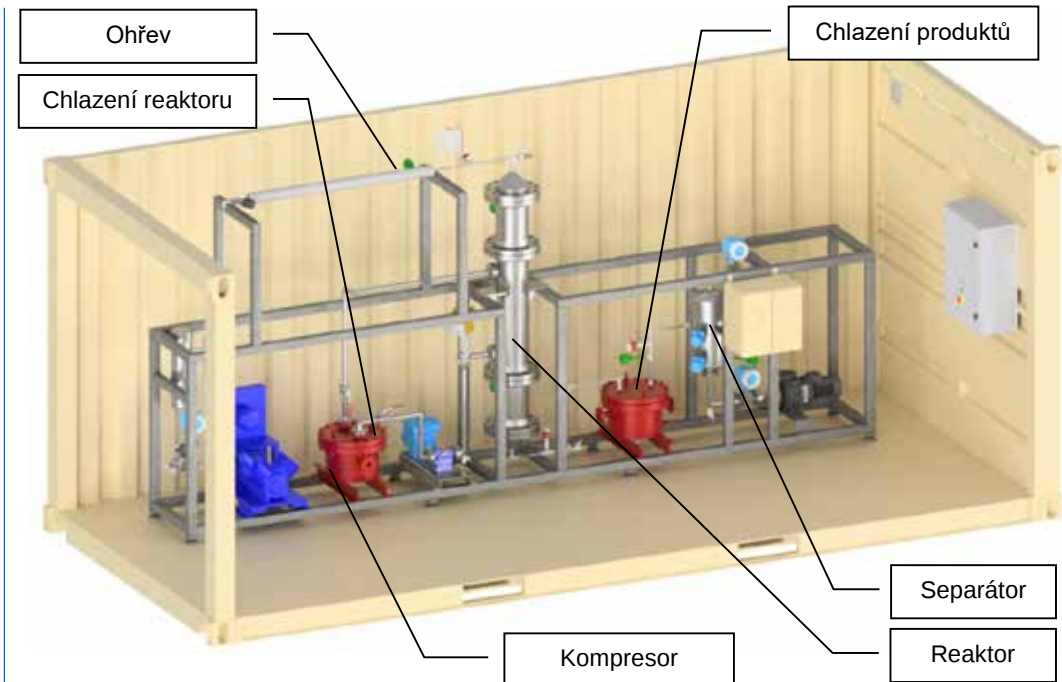
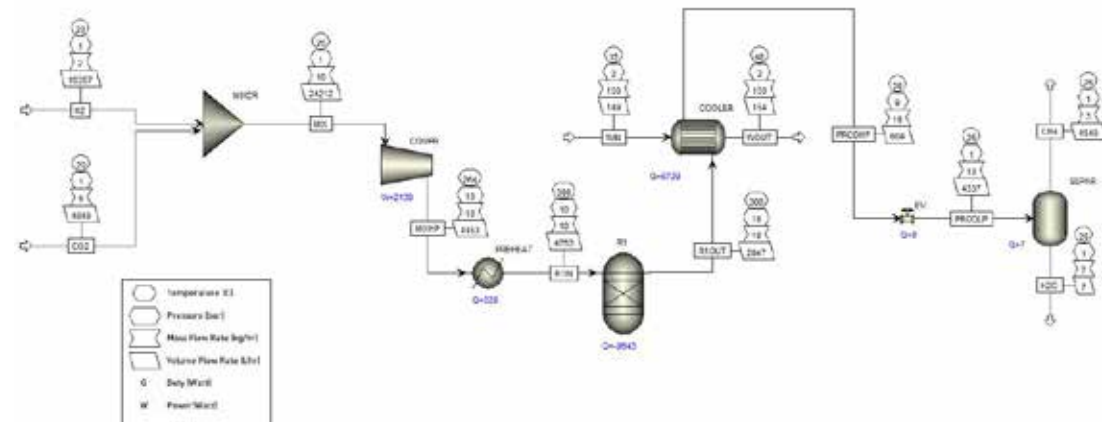
Popis technologie:

Důvod k práci na této technologii zavdává rostoucí potřeba zpracovávat emisní CO_2 . Při reakci s vodíkem tvoří tento plyn vodu a metan. Dále dává tato technologie jedno z možných řešení dlouhodobě akumulace elektrické energie za předpokladu tvorby vodíku elektrolyzou vody a uchováváním stlačeného metanu. Princip práce takovéto technologie je následující – stlačená a ohřátá směs CO_2 a H_2 vstupuje do reaktoru, kde dochází k její přeměně na CH_4 a H_2O , produkty jsou schlazeny a od metanu je v separátoru oddělen vodní kondenzát.



Bilanční model v software Aspen:

V prostředí programu Aspen byl použit model rovnovážného reaktoru, jakožto srdce celé technologie. Výsledkem vytvořeného modelu byly optimální reakční podmínky (teplota a tlak v reaktoru) a bilance hmoty a entalpie celé technologie, díky nimž mohly být nadimenzovány klíčové komponenty jednotky.



Výsledky práce

- Návrh kontejnerové technologie jakožto decentralizovaného zdroje energie; splňující požadavky na hygienu a ergonomii práce
- Dosažená konverze CO_2 v modelu 88 %
- Odhad investičních nákladů 5,8 mil CZK
- Provoz jednotky není sám o sobě ekonomicky výhodný a na její využití je také třeba hledět z ekologicko-společenského hlediska

Parametry jednotky

Průtok H_2	[kg.h ⁻¹]	1,6
Průtok CO_2	[kg.h ⁻¹]	8,8
Reakční teplota	[°C]	300
Reakční tlak	[bar]	10
Výtěžnost CH_4	[kg.h ⁻¹]	3,12



Ing. Martin Suchý

Lehký užitkový elektromobil s prodlužovačem dojezdu

Vedoucí práce: Ing. Josef Morkus, CSc.

Pracoviště: Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

Motivace a cíle práce

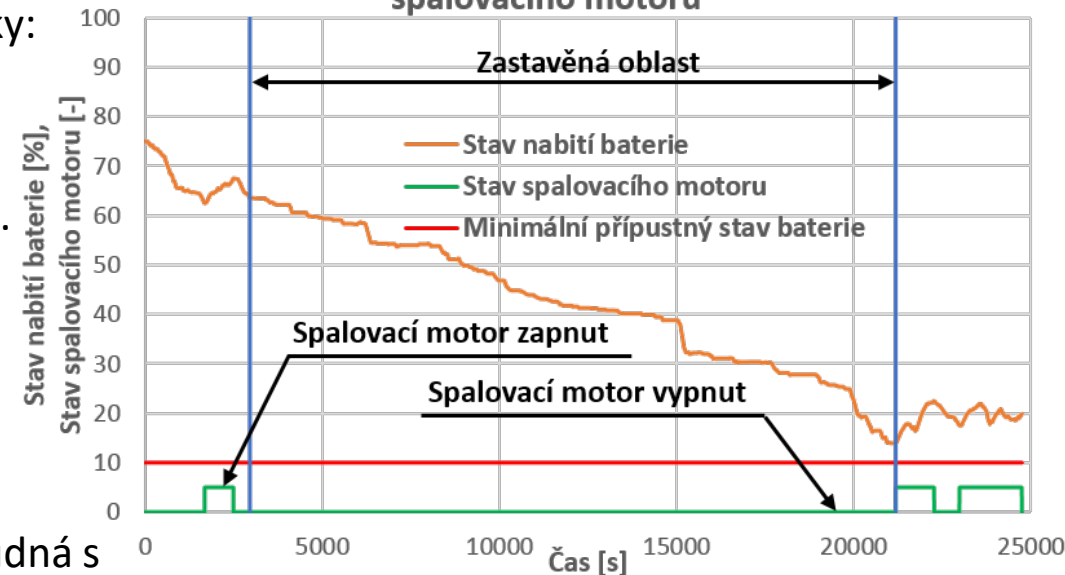
Návrh parametrů vozidla České pošty splňující tyto podmínky:

- Splnění požadavků doručování zásilek z depa Rudná.
- Umožnění bezemisního provozu v zastavěných oblastech.

Hlavní závěry práce

- Energetická analýza současného provozního modelu rozvážkové služby České pošty v depu Rudná.
- Provoz elektromobilů není ve stávajícím modelu depa Rudná s ohledem na předimenzování akumulátorové baterie vhodný.
- Použitím spalovacího motoru elektromobilu s prodlužovačem dojezdu při přejezdech mezi zastavěnými oblastmi lze snížit velikost akumulátorové baterie a splnit uvedenou podmínku bezemisního provozu v zastavěných oblastech.
- Výstupem této práce jsou parametry trakčního systému elektromobilu s prodlužovačem dojezdu, které budou zástupcům České pošty sloužit při výběru tohoto typu vozidla.

Ukázka vyhodnocení stavu nabití baterie a spalovacího motoru





Ing. Jakub Ryška

Studie vlivu fyzikálních parametrů na chybu měření nárazu hlavového impaktoru na kapotu vozidla

Vedoucí práce: Ing. Michal Vašíček, Ph.D.

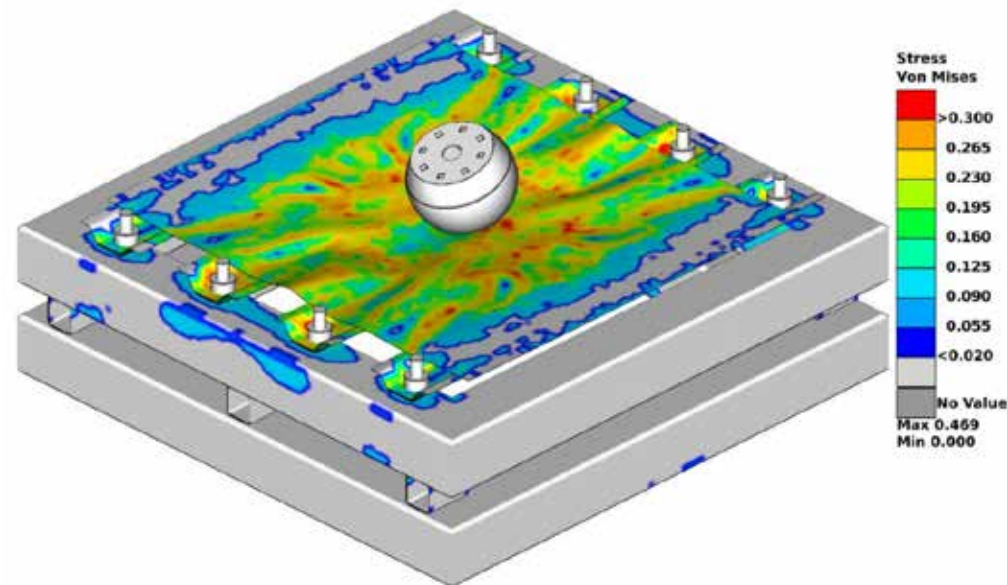
Pracoviště: Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

Motivace a cíle práce

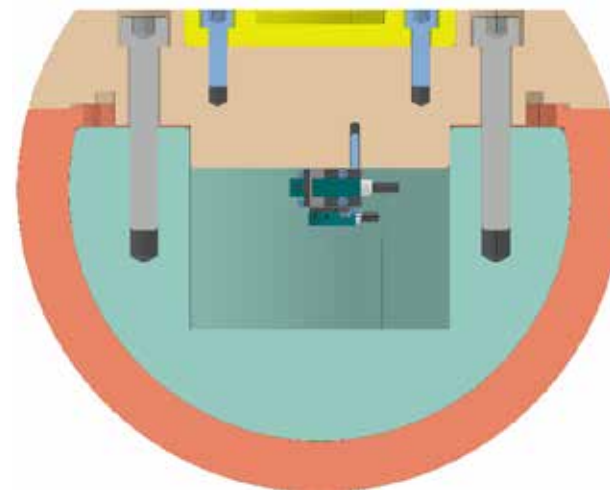
- Návrh speciálního BOX testovacího zařízení pro provádění zkoušek s hlavovými impaktory.
- Renovace vrhacího zařízení pro provádění zkoušek ochrany chodců nacházejícího se v laboratořích na Julisce.
- Vybavení laboratoře na Julisce novými impaktory.

Hlavní závěry práce

- Provedení citlivostní analýzy sloužící k určení fyzikálních parametrů, které mají největší vliv na výsledky simulací.
- Návrh, optimalizace, simulace a následná výroba nového BOX testovacího zařízení.
- Výběr a instalace senzorů sloužících k měření parametrů při provádění experimentů s vrhacím zařízením.
- Navrhnutí metodiky sloužící k ověření dopadové rychlosti impaktoru při provádění experimentů.
- Návrh a výroba nového vlastního dospělého a dětského hlavového impaktoru.



Výsledek simulace na BOX testovacím zařízení



Lomený řez dospělým hlavovým impaktorem



Ing. David Štěpán

Hodnocení emisního chování vozidel v provozu

Vedoucí práce: Ing. Vojtěch Klír, Ph.D.

Pracoviště: Centrum vozidel udržitelné mobility

- § Hodnocení emisního chování provozovaných vozidel probíhá při periodických prohlídkách
- § Legislativy států EU vykládají nadřazenou směrnicí různým způsobem
- § U vznětových vozidel měřená **opacita** výfukových plynů nevypovídá o celkových emisích

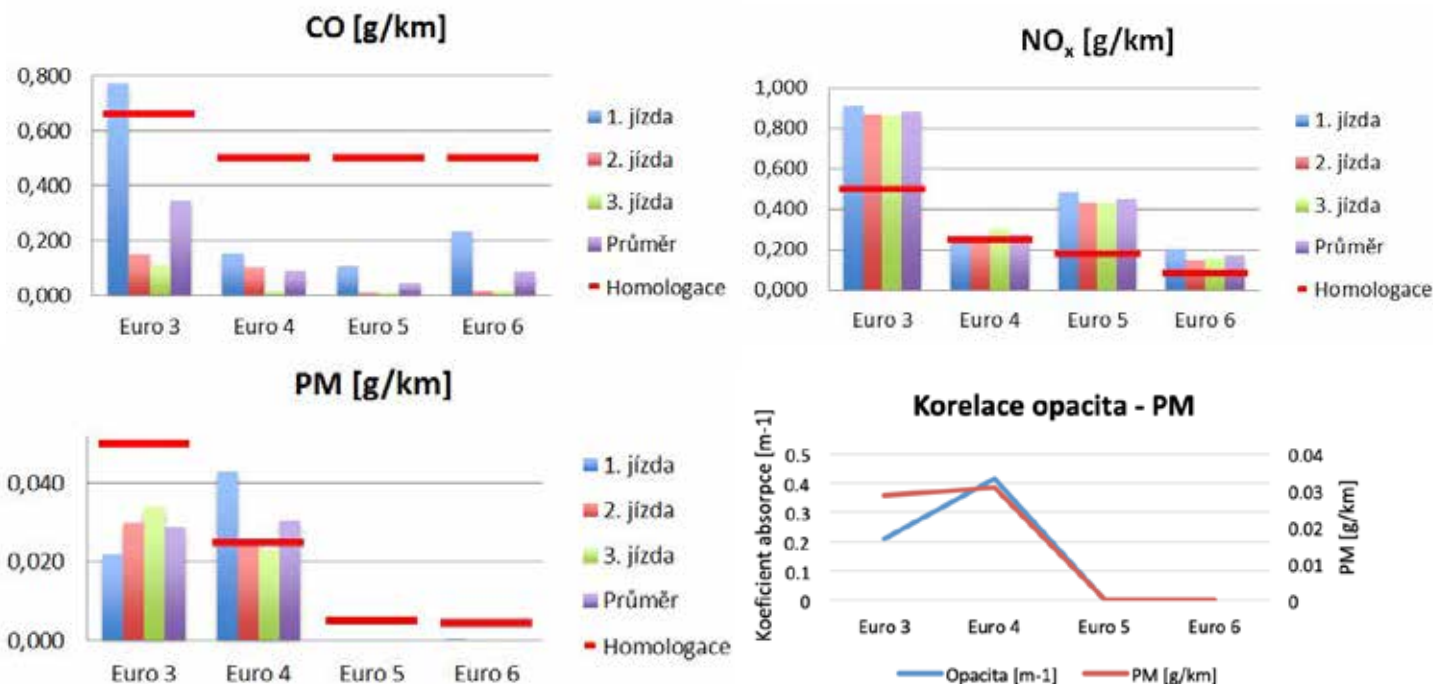


Průzkumné měření emisí homologačním způsobem na vybraném vzorku vozidel se vznětovým motorem

Model	Norma	r.v.	Najeto [km]
Octavia 1.9 TDI	Euro 3	2001	338 152
Golf 2.0 TDI	Euro 4	2005	233 899
Octavia 2.0 TDI	Euro 5	2012	134 337
Octavia 2.0 TDI	Euro 6	2015	187 219

- § Měření opacity výfukových plynů nevypovídá o emisích NO_x , HC, CO
 - § Zkoumané vozy měly potíže plnit homologační limity složky NO_x
- § Měření opacity koreluje s hodnotami pevných částic PM, PN

Naměřené sumární hodnoty sledovaných složek emisí



Návrhy pro budoucí úpravu metodiky

- § Sjednocení legislativy států EU, jako je tomu u homologace nových vozů
- § Respektování štítkových hodnot od výrobců
- § Dvě možné cesty budoucího vývoje
 - § Rozsáhlejší fyzické měření – nutné výrazné změny metodiky a technického vybavení zkušeben
 - § Plné využití možností autodiagnostiky – použití čidel a senzorů ve vozidlech již přítomných