

Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

WP05: Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Vedoucí konsorcia podílející se na pracovním balíčku

České vysoké učení technické v Praze, zodpov. osoba Doc. Ing. Oldřich Vítek, Ph.D.

Členové konsorcia podílející se na pracovním balíčku

Ricardo Prague s.r.o. - Ing. Ondřej Kozák

Hlavní cíl balíčku

Hlavním cílem je vývoj/aplikace nástrojů, které jsou schopny detailního popisu procesu spalování včetně tvorby hlavních škodlivin a včetně „netradičních“ módů spalování (klepání).

Dílčí cíle balíčku pro nejbližší období

Vícerozměrný model spalování v zážehových motorech (LES ECFM) založený na lokálních vlastnostech turbulence (ČVUT).

Výzkum simulačních systémů a strategie řízení za účelem optimalizace celkové spotřeby energie a produkovaných emisí s ohledem na výpočet celkové energetické náročnosti, tj. well-to-wheel (RICARDO).

Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Náplň pracovního balíčku

2012 - 2016: Testování modelů spalování, jejichž základem jsou lokální vlastnosti turbulence a zjednodušená chemická kinetika (ČVUT). => **z části rozpracováno v rámci EU projektu LESSCCV**

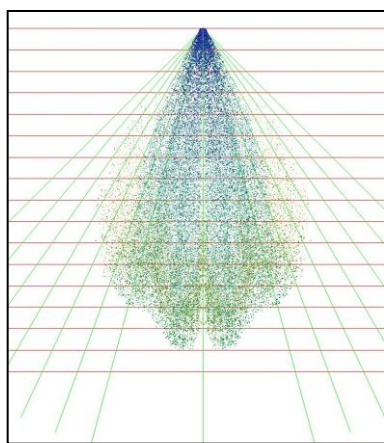
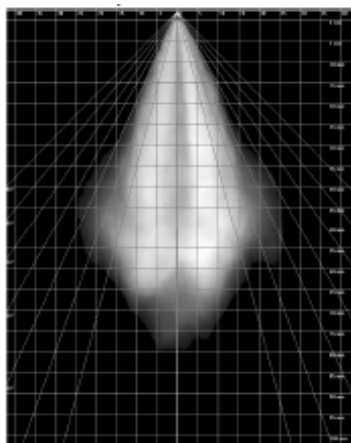
2014 - 2017: Možnosti modelování netradičních módů spalování (HCCI, PCCI, ...), optimalizace procesu spalování (tradiční i netradiční módy) (ČVUT).

2012 - 2015: Výzkum simulačních systémů a strategie řízení za účelem optimalizace celkové spotřeby energie a produkovaných emisí s ohledem na výpočet celkové energetické náročnosti tj. well-to-wheel (RICARDO).

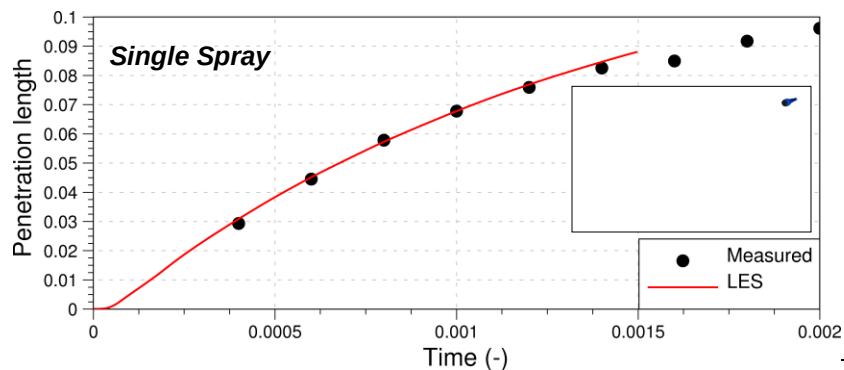
2016 - 2017: Rozšíření funkcionality základního softwaru ve smyslu zahrnutí nových technologií v době ukončení projektu (RICARDO).

Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

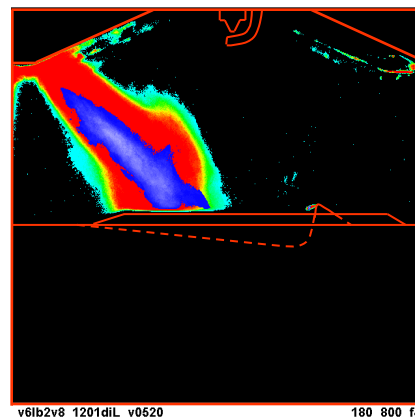
Popis výstupů a výsledků: LES model spalování (LES-ECFM)



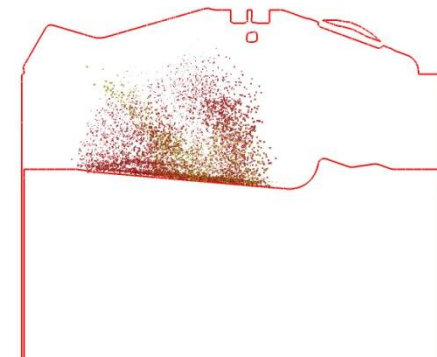
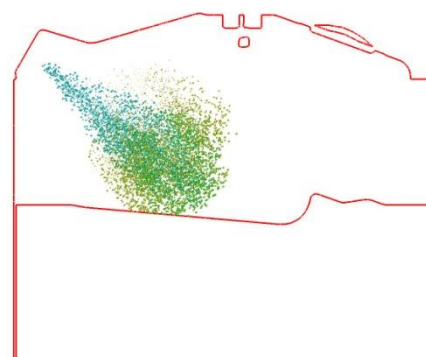
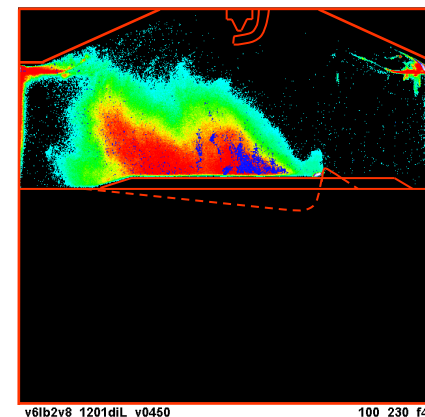
Source: Robert Bosch GmbH



52.0° CA BTDC



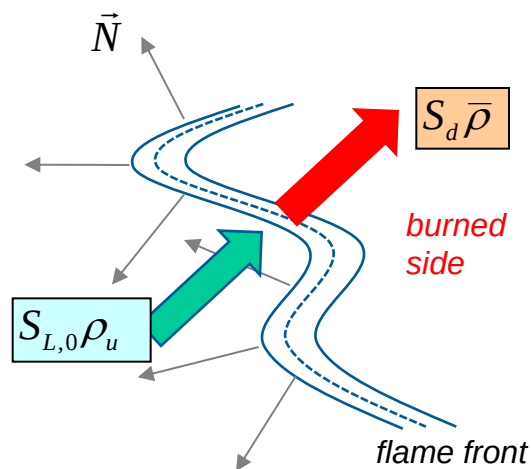
45.0° CA BTDC



Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Popis výstupů a výsledků: LES model spalování (LES-ECFM)

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \bar{\Sigma}_{\bar{c}}}{\partial t} + \nabla \cdot (\tilde{u} \bar{\Sigma}_{\bar{c}}) &= (\nabla \cdot \tilde{u} - NN : \nabla \cdot \tilde{u}) \bar{\Sigma}_{\bar{c}} + S_d (\nabla \cdot N) \bar{\Sigma}_{\bar{c}} - \nabla \cdot (S_d N \bar{\Sigma}_{\bar{c}}) + \\ \nabla \cdot (D_{\Sigma} \nabla \bar{\Sigma}_{\bar{c}}) + \Gamma \left(\frac{\hat{u}'}{S_{L,0}}, \frac{\hat{\Delta}}{\delta_l} \right) \frac{\hat{u}'}{\hat{\Delta}} \bar{\Sigma}_{\bar{c}} &+ \beta S_{L,0} \frac{c^* - \bar{c}}{\bar{c}(1 - \bar{c})} (\bar{\Sigma}_{\bar{c}} - \bar{\Sigma}_{\bar{c}}^{lam}) \bar{\Sigma}_{\bar{c}} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{přímě řešené členy} \\ \text{SGS členy (je třeba modelovat)} \end{array}$$



$$S_d \bar{\rho} = S_{L,0} \rho_u \rightarrow S_d = \frac{S_{L,0} \rho_u}{\bar{\rho}}$$

$$N_i = - \frac{\nabla_i \tilde{c}}{|\nabla \tilde{c}|}$$

Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

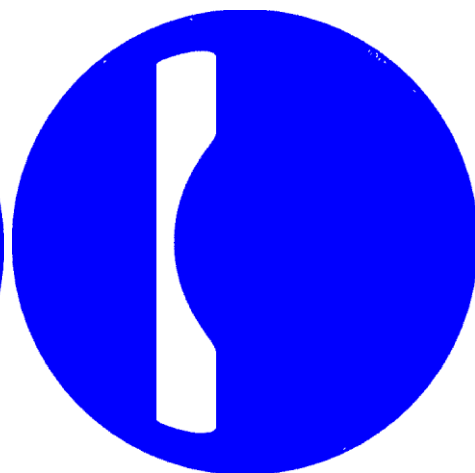
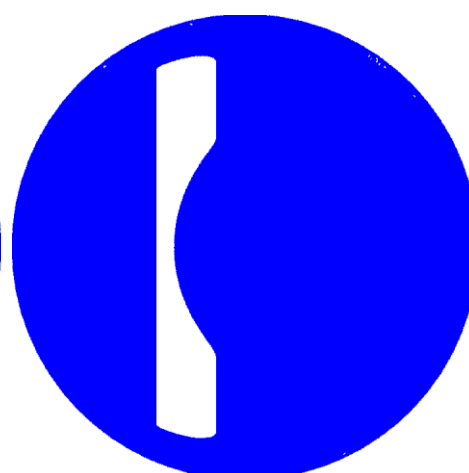
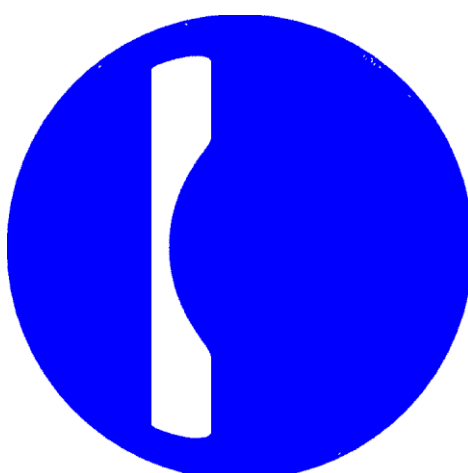
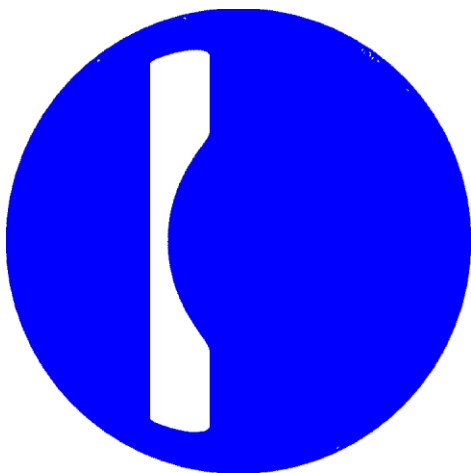
Popis výstupů a výsledků: LES model spalování (LES-ECFM)

Cycle A

Cycle B

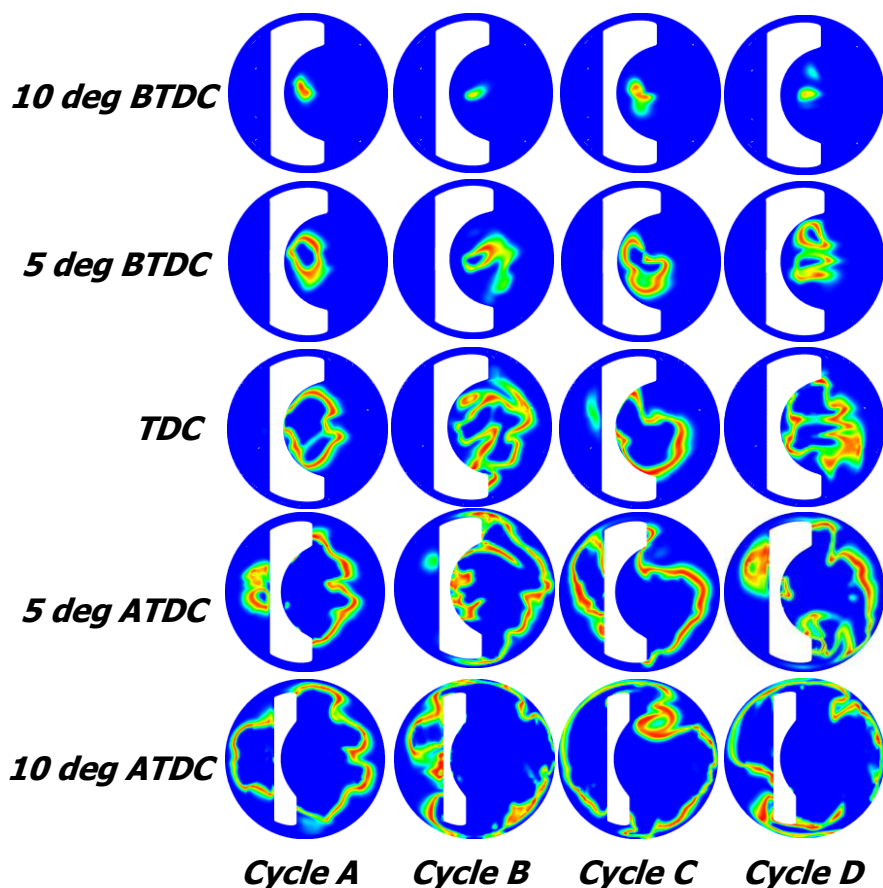
Cycle C

Cycle D

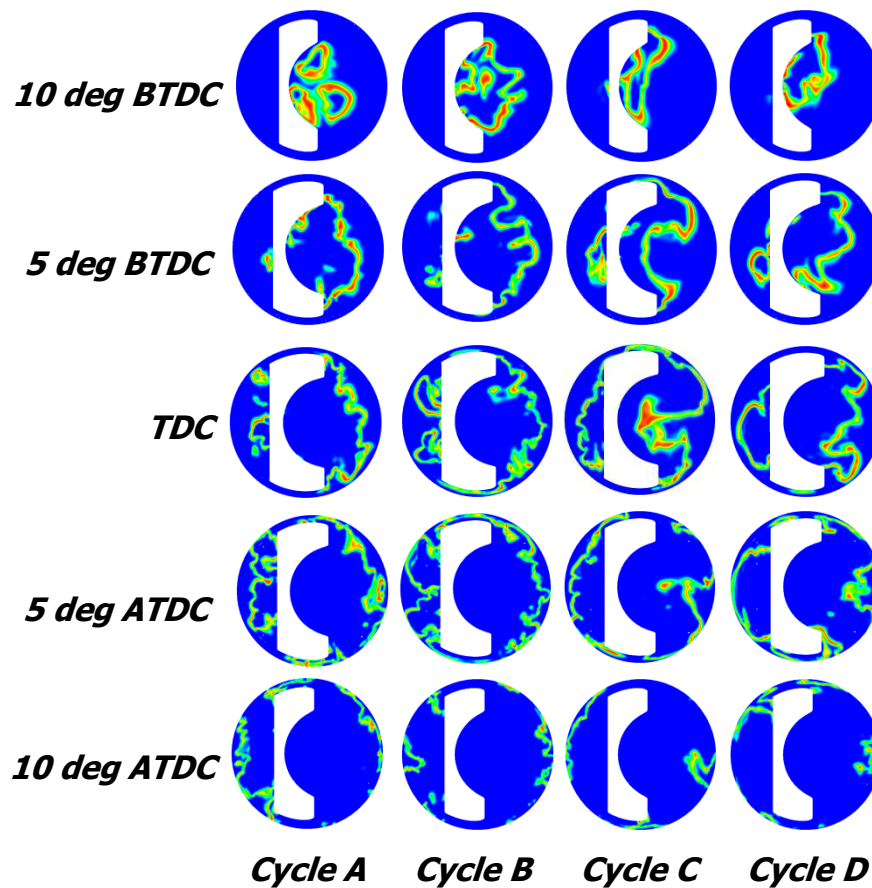


Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Popis výstupů a výsledků: LES model spalování (LES-ECFM)



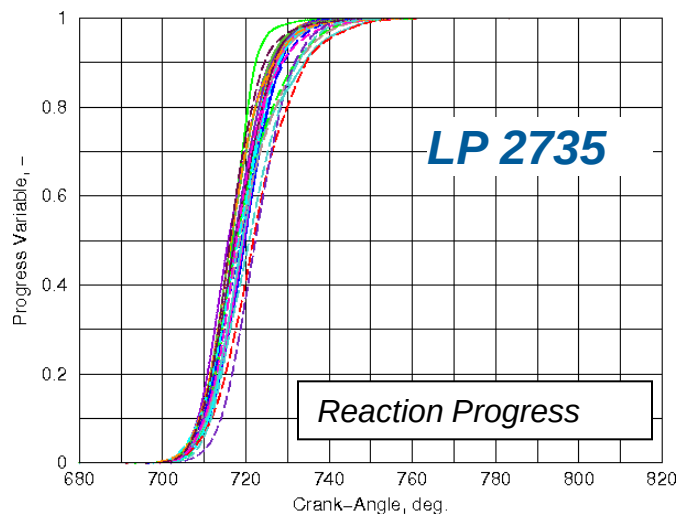
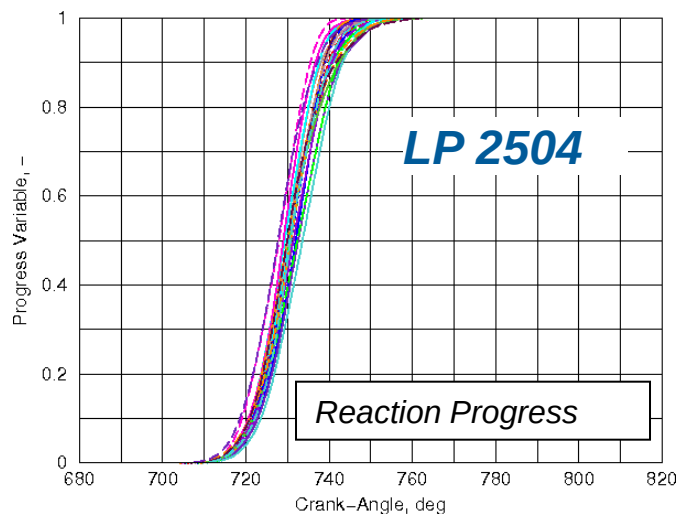
LP 2504 (stabilní bod)



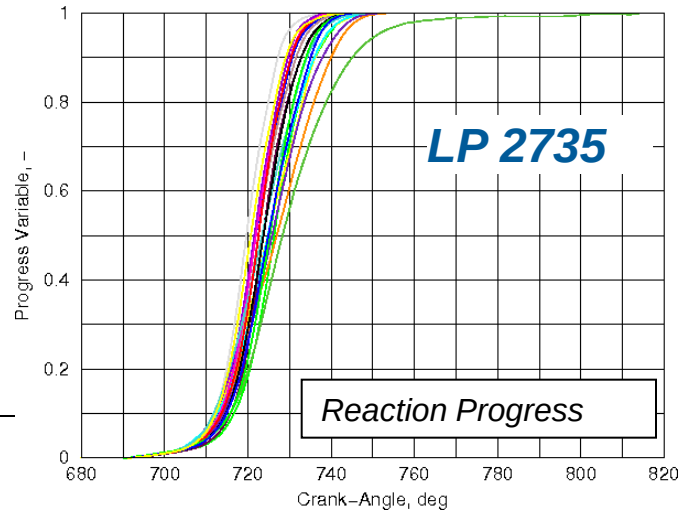
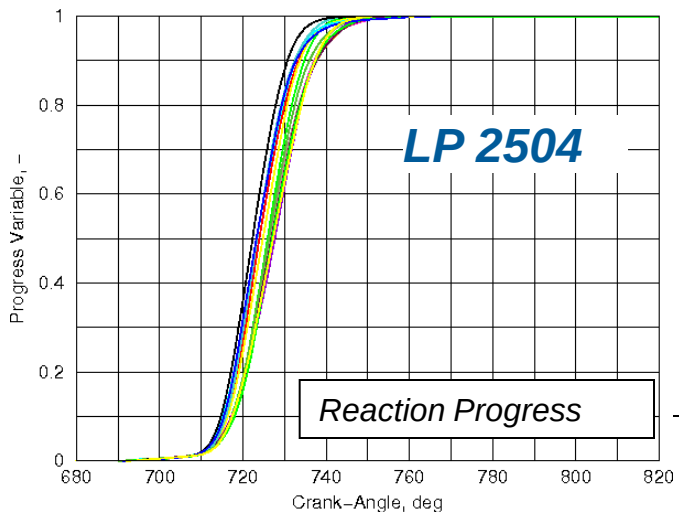
LP 2735 (nestabilní bod)

Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Popis výstupů a výsledků: LES model spalování (LES-ECFM)



Calculation

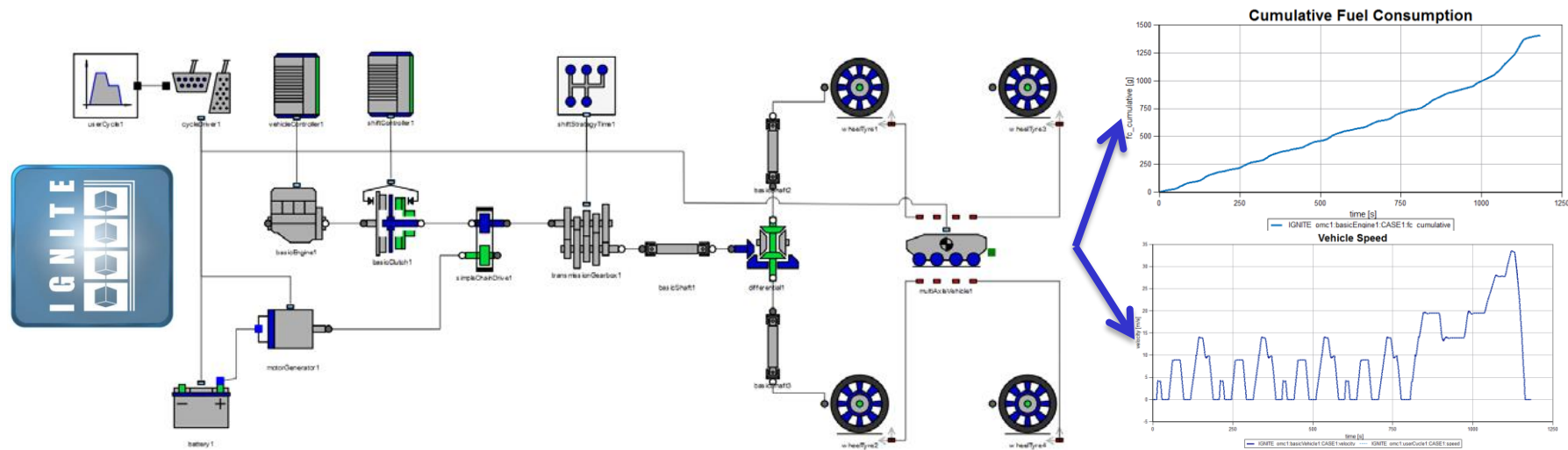


Measurement

Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Popis výstupů a výsledků

První verze SW nástroje IGNITE (založeného na SW Modelica), která obsahuje knihovnu základních prvků pohonného řetězce. Tento SW nástroj umožňuje modulární stavbu při vytváření modelu vozidla.



Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Popis výstupů a výsledků (ČVUT)

Vitek, O., Macek, J., Poetsch, C., and Tatschl, R., "Modeling Cycle-to-Cycle Variations in 0-D/1-D Simulation by Means of Combustion Model Parameter Perturbations based on Statistics of Cycle-Resolved Data," SAE Int. J. Engines 6(2):1075-1098, 2013, doi:10.4271/2013-01-1314.

Tatschl, R., Bogensperger, M., Pavlovic, Z., Priesching, P., Vitek, O., and Macek, J., "LES Simulation of Flame Propagation in a Direct-Injection SI-Engine to Identify the Causes of Cycle-to-Cycle Combustion Variations," SAE Technical Paper 2013-01-1084, 2013, doi:10.4271/2013-01-1084.

Poetsch, C., Schuemie, H., Ofner, H., Tatschl, R., Vitek, O., and Macek, J., "A Computational Study on the Impact of Cycle-to-Cycle Combustion Fluctuations on Fuel Consumption and Knock in Steady-State and Drivecycle Operation," SAE Technical Paper 2013-24-0030, 2013, doi:10.4271/2013-24-0030.

Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Popis výstupů a výsledků (Ricardo)

Byla vyvinuta základní verze simulačního SW IGNITE:

- SW IGNITE slouží k fyzikální simulaci systémů a je založen na jazyce Modelica
- V současné verzi je k dispozici pouze knihovna základních prvků
- S použitím základních prvků byl vytvořen model BSG hybridního elektrického vozidla

Byla navržena řídicí strategie BSG HEV a implementován mechanismus kosimulace IGNITE / Simulink.

Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Návrh dalšího postupu včetně návrhů na spolupráci a realizaci výstupů

ČVUT je odpovědné za výstupy v rámci WP05, které se týkají vícerozměrných modelů spalování.

RICARDO je odpovědné za výstupy v rámci WP05, které se týkají systémových simulací s cílem optimalizovat celkovou energetickou náročnost (well-to-wheel).

Předpokládá se přenos informací mezi ČVUT a RICARDO.

Provázanost s pracovními balíčky WP02, WP04, WP06, WP07, WP08, WP10, WP11, WP12 a WP20.

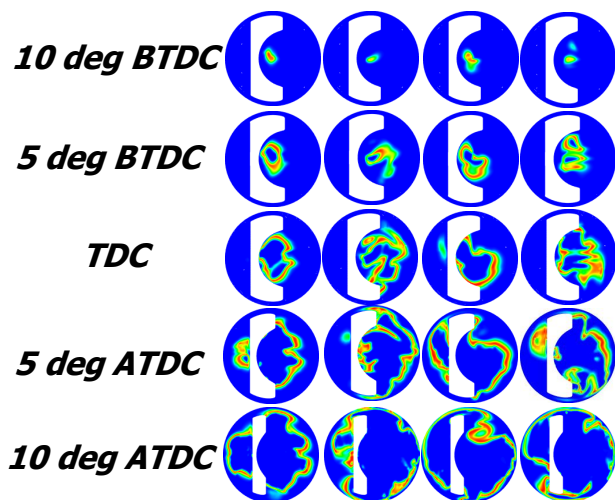
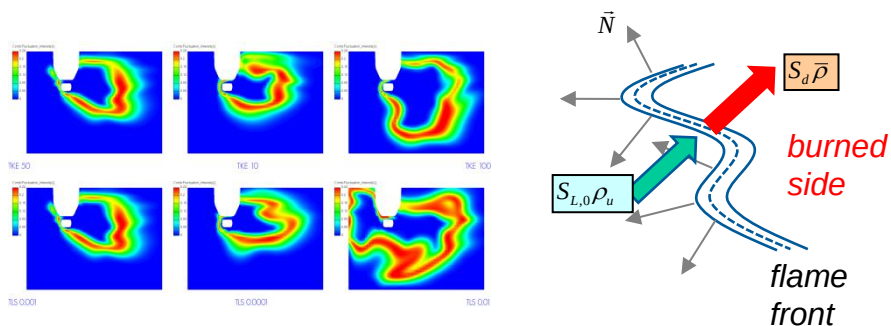
Popis obsahu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Návrh dalšího postupu (podrobně)

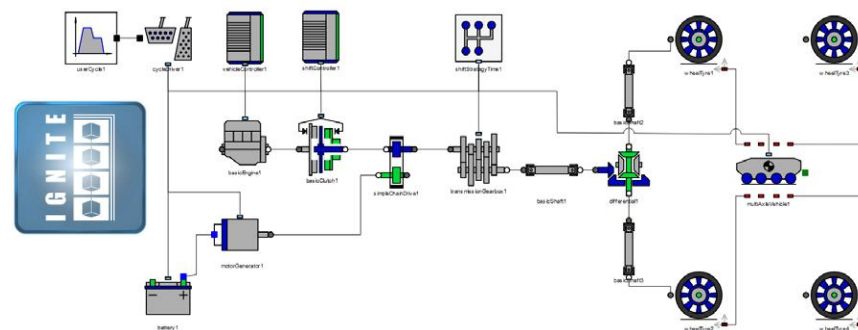
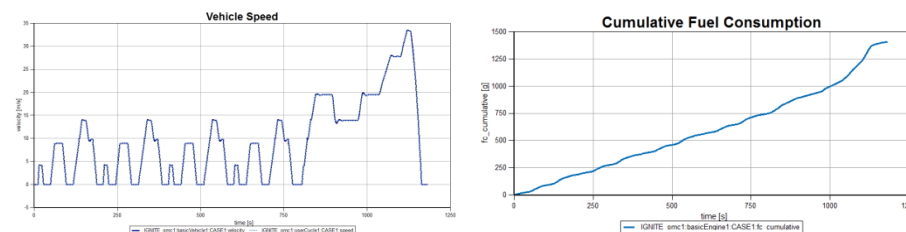
- ČVUT:
 - Pokračování aktivit z hlediska simulace mezicyklové variace včetně spalování a tvorby hlavních škodlivin (AVL FIRE)
- RICARDO:
 - Rozšíření knihovny prvků simulačního prostředí IGNITE
 - Vytvoření IGNITE modelu full Hybridního elektrického vozidla a jeho validace
 - Tvorba MATLAB skriptů pro modifikaci parametrů a struktury IGNITE modelů

Výťah z provedených prací na WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

ČVUT: LES simulace mezicyklové variability včetně spalování

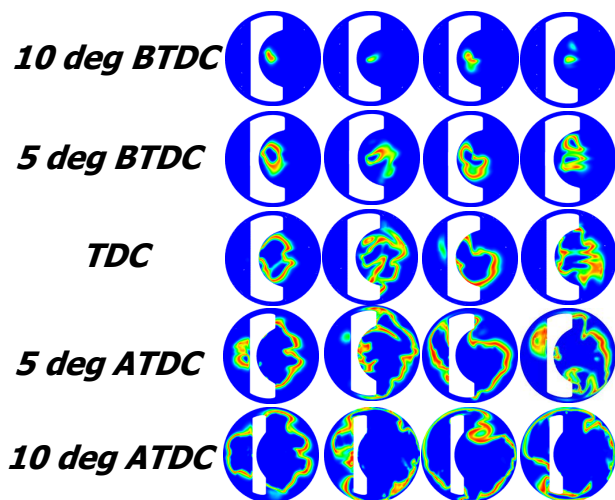
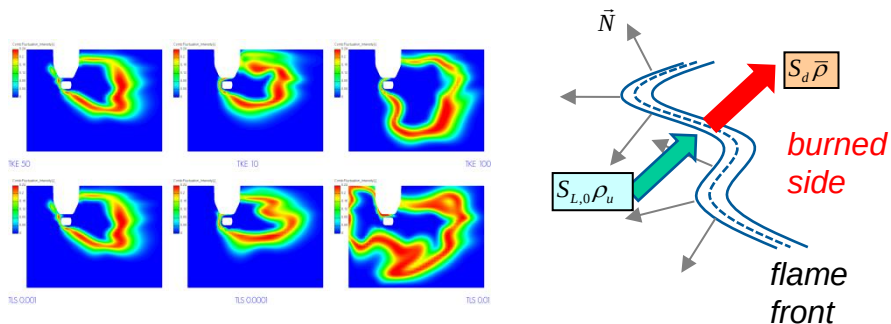


RICARDO: systémová simulace celého pohonného řetězce



Abstract of Virtual thermodynamic ICE – SW for simulation/optimization of combustion

ČVUT: LES simulation of cyclic variability including combustion



RICARDO: system simulation of the whole powertrain

