

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

WP05: 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. Bohumil Hnilička

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

Probíhající plánované aktivity v rámci WP05:

- ČVUT:

- model spalování v zážehovém motoru vhodný pro CCV
- srovnání různých způsobů modelování hoření v zážehovém motoru

- Ricardo:

- vytvoření zákl. simulačního SW pro vyhodnocení emisí a celkové energ. spotřeby (IGNITE)

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

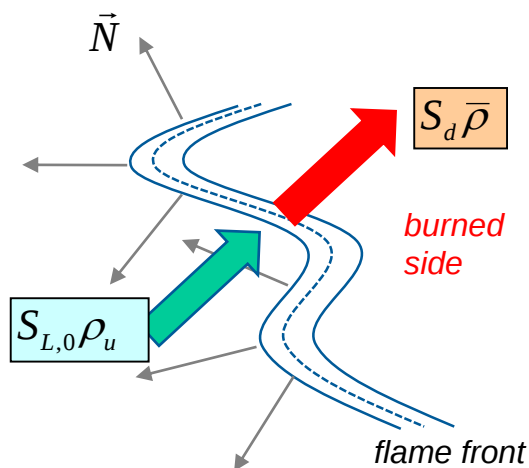
LES model spalování (LES-ECFM):

$$\frac{\partial \bar{\Sigma}_{\bar{c}}}{\partial t} + \nabla \cdot (\tilde{u} \bar{\Sigma}_{\bar{c}}) = (\nabla \cdot \tilde{u} - NN : \nabla \cdot \tilde{u}) \bar{\Sigma}_{\bar{c}} + S_d (\nabla \cdot N) \bar{\Sigma}_{\bar{c}} - \nabla \cdot (S_d N \bar{\Sigma}_{\bar{c}}) +$$

$$\nabla \cdot (D_{\Sigma} \nabla \bar{\Sigma}_{\bar{c}}) + \Gamma \left(\frac{\hat{u}'}{S_{L,0}}, \frac{\hat{\Delta}}{\delta_l} \right) \frac{\hat{u}'}{\hat{\Delta}} \bar{\Sigma}_{\bar{c}} + \beta S_{L,0} \frac{c^* - \bar{c}}{\bar{c}(1 - \bar{c})} (\bar{\Sigma}_{\bar{c}} - \bar{\Sigma}_{\bar{c}}^{lam}) \bar{\Sigma}_{\bar{c}}$$

přímo řešené členy

SGS členy (je třeba modelovat)

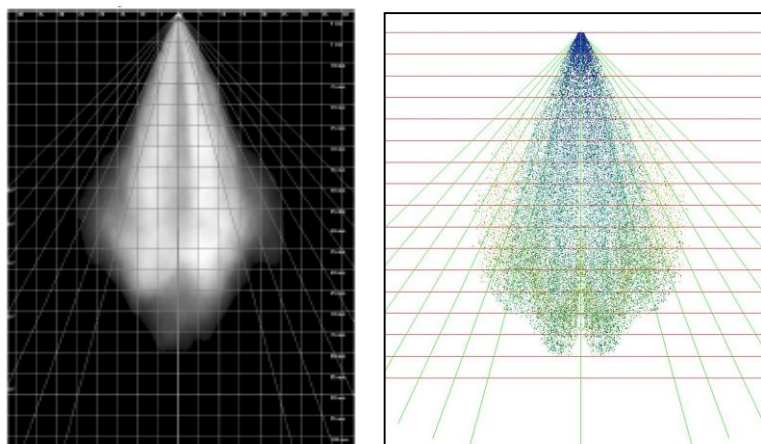


$$S_d \bar{\rho} = S_{L,0} \rho_u \rightarrow S_d = \frac{S_{L,0} \rho_u}{\bar{\rho}}$$

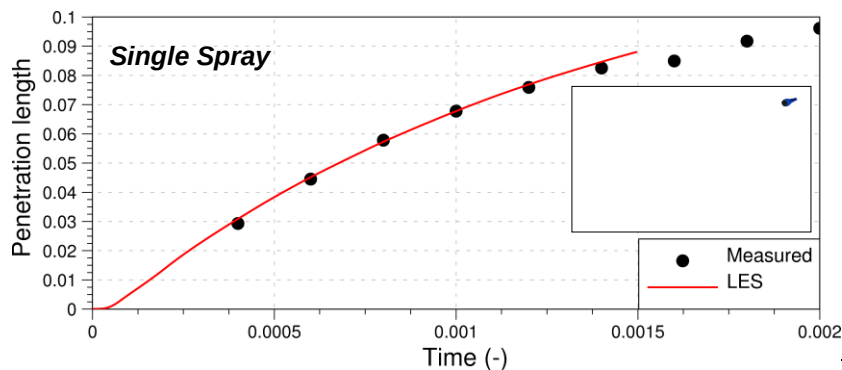
$$N_i = - \frac{\nabla_i \tilde{c}}{|\nabla \tilde{c}|}$$

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

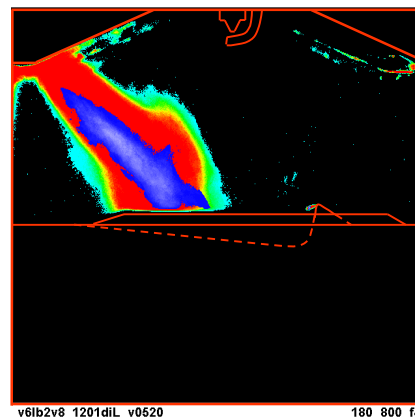
LES model spalování (LES-ECFM):



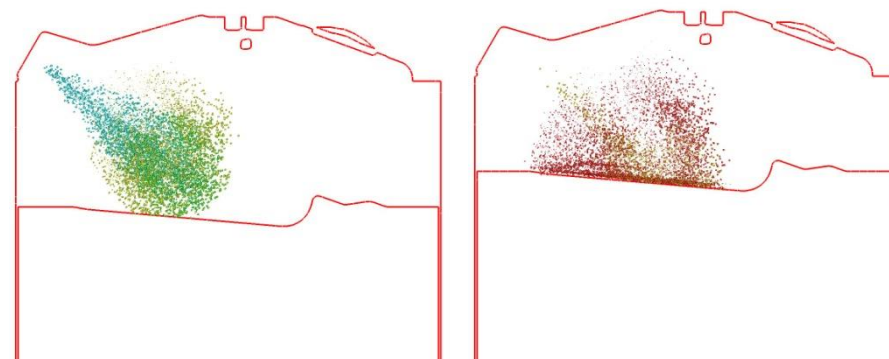
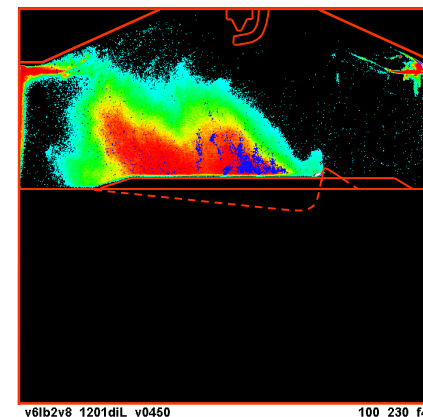
Source: Robert Bosch GmbH



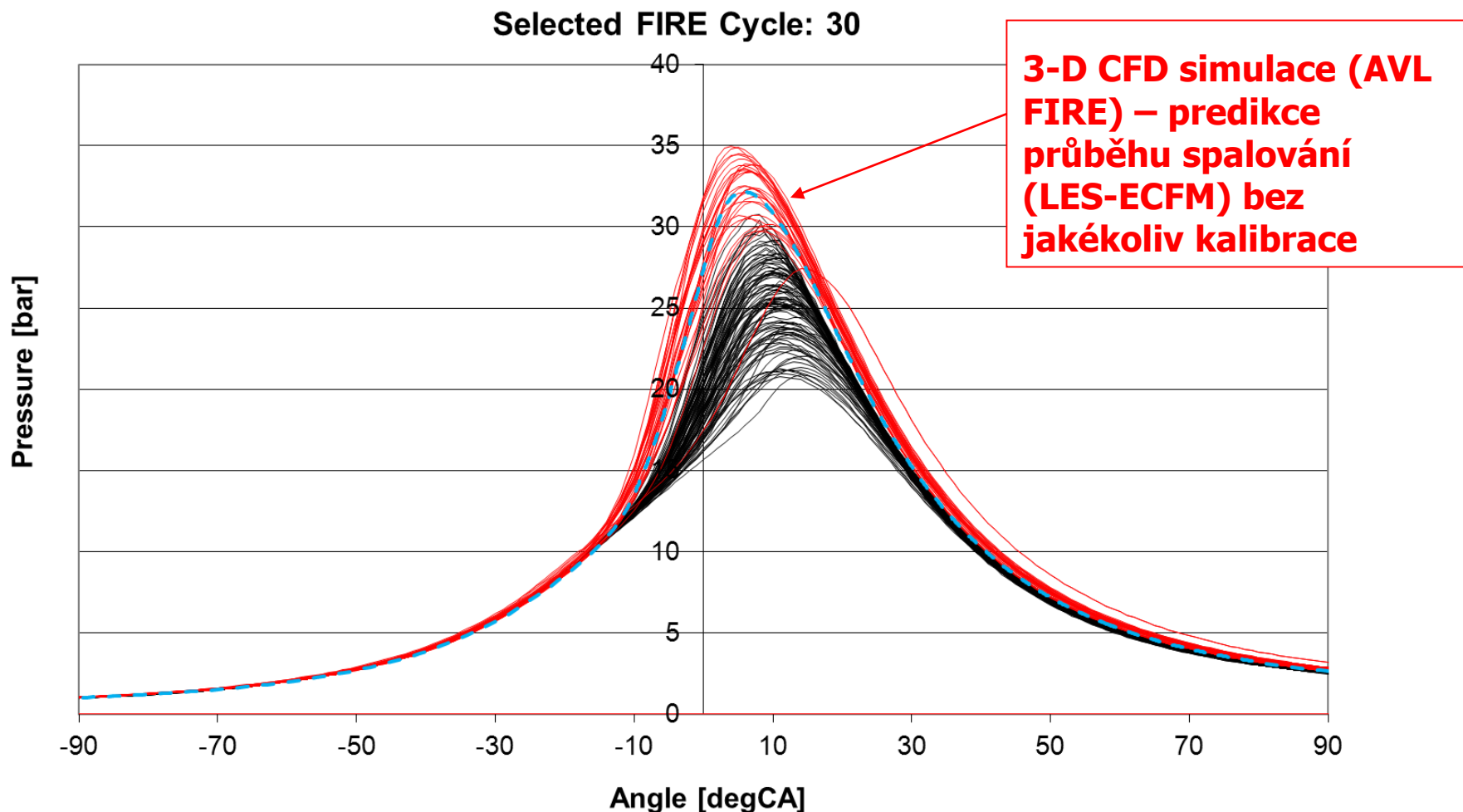
52.0° CA BTDC



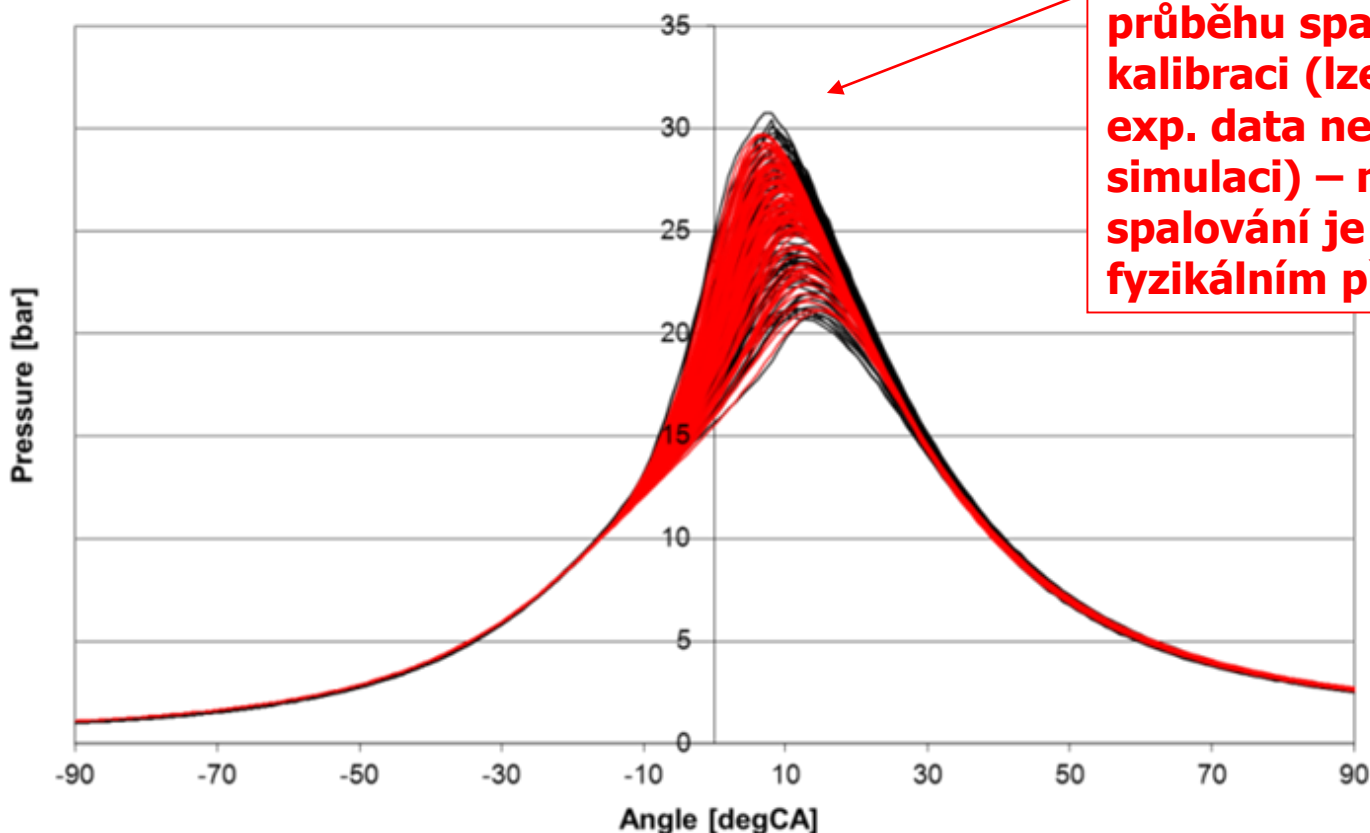
45.0° CA BTDC



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

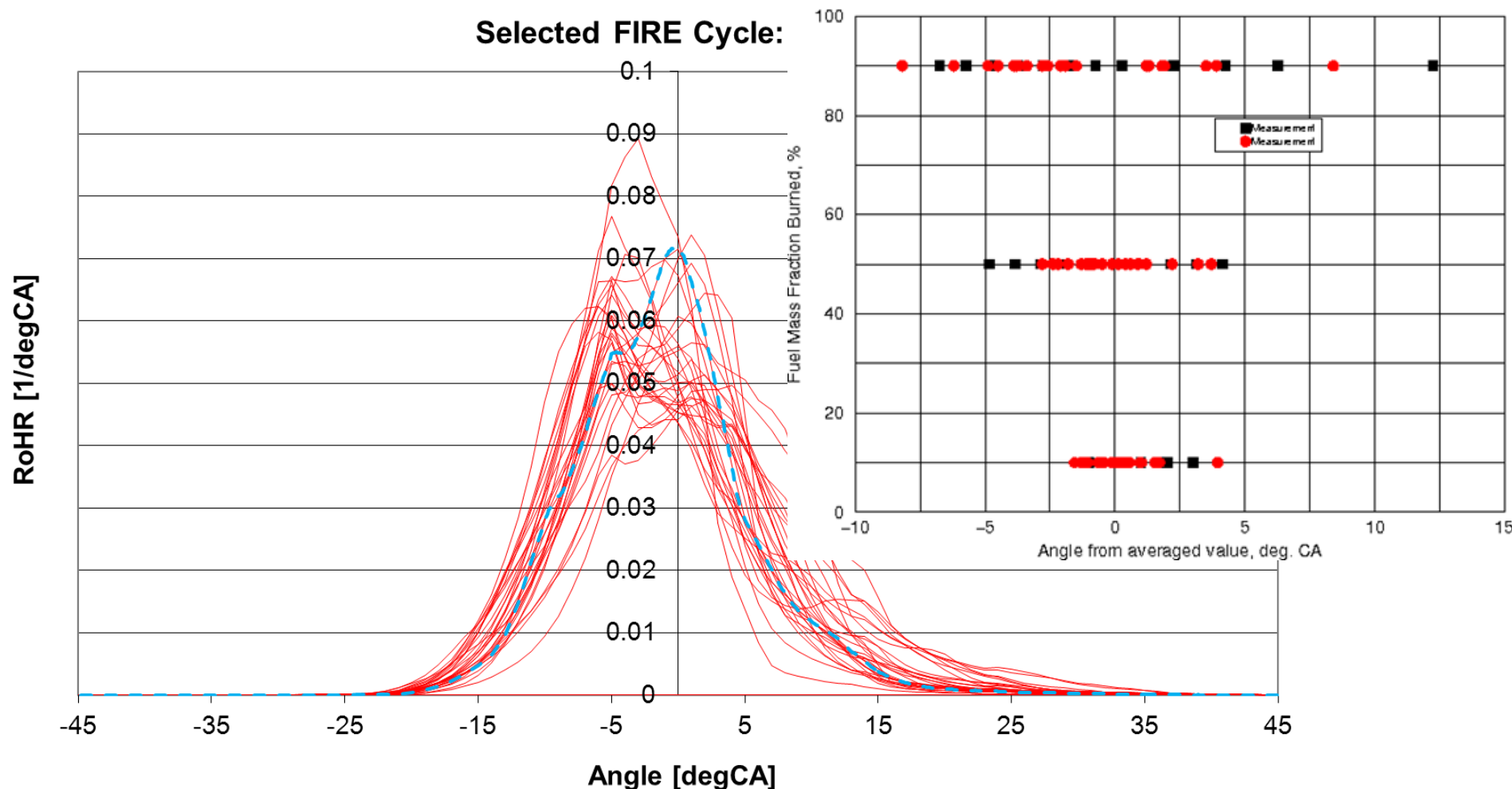


Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

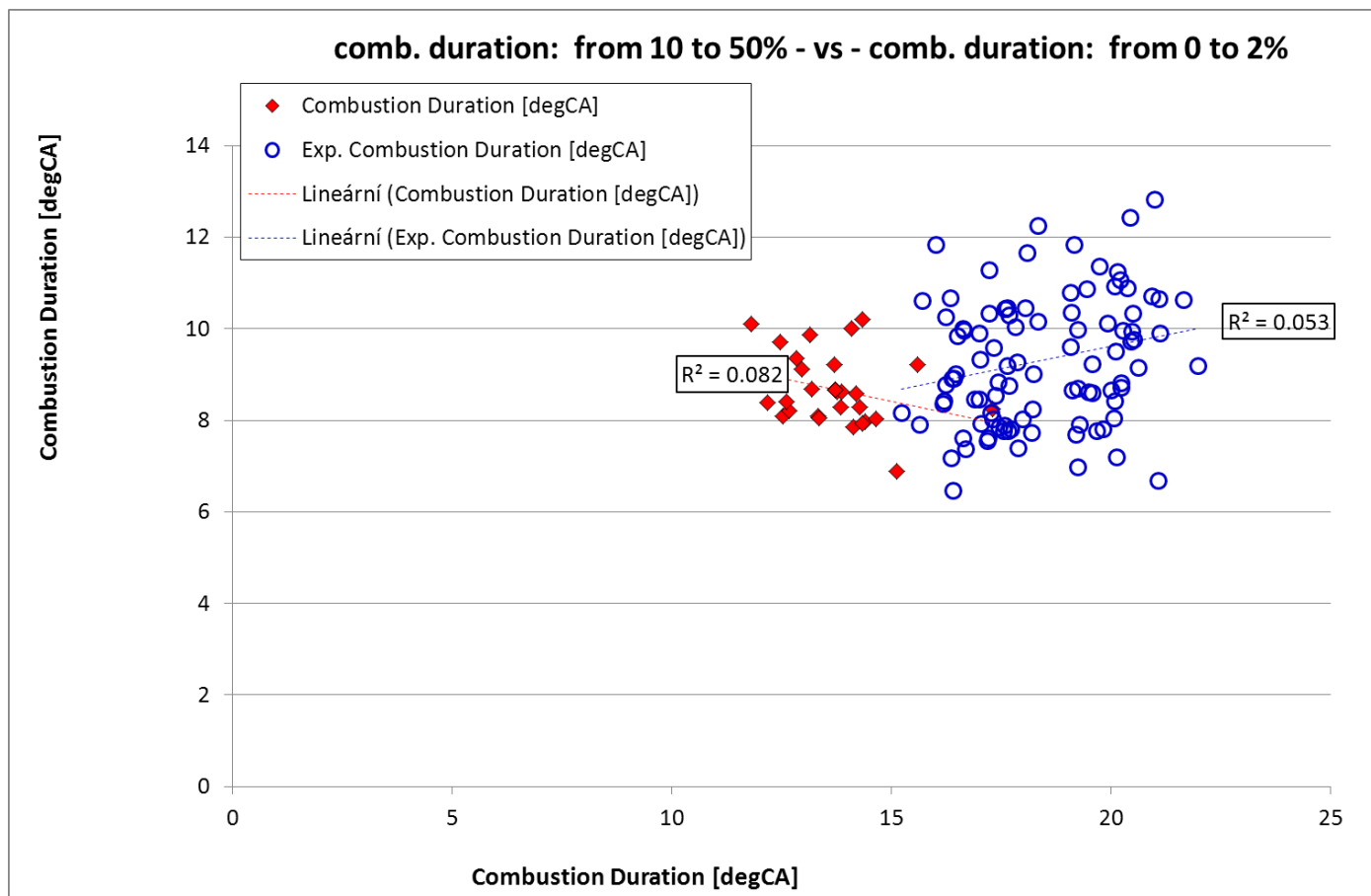


0-D/1-D CFD simulace (AVL BOOST) – výpočet průběhu spalování po kalibraci (lze použít exp. data nebo 3-D CFD simulaci) – model spalování je založen na fyzikálním přístupu

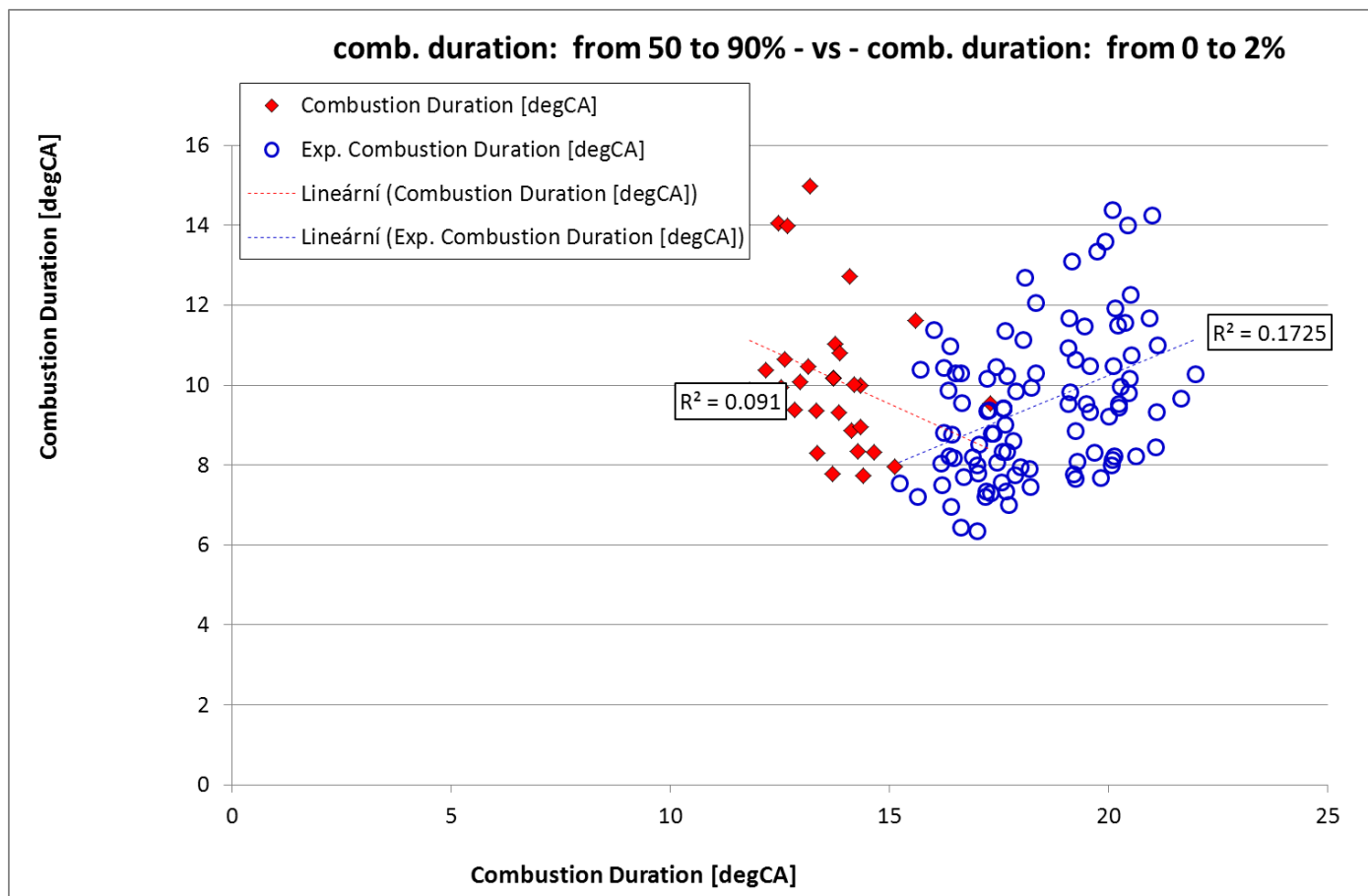
Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování



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



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



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

Cycle 10 – 3-D view: spray + eq. ratio

Cycle 10 – 3-D view: spray + EGR

Cycle 10 – 3-D view: spray + Q-inv. (+ mapped vel. magnitude)

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

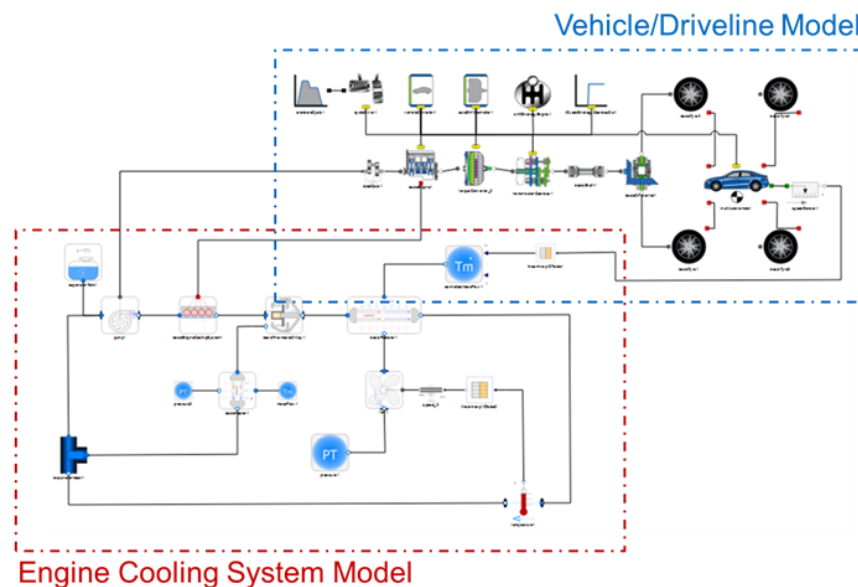
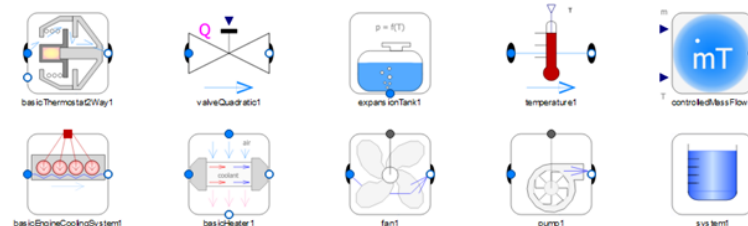
SW IGNITE byl rozšířen následovně:

- **A - IGNITE obsahuje novou knihovnu 'ThermoFluids'**
- **B – Nové komponenty v 'Powertrain' knihovně a integrace s termálními modely**
- **C – Nový interface pro IGNITE založený na standardu FMU (Functional Mock-up Units)**

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

A - IGNITE ThermoFluids Library

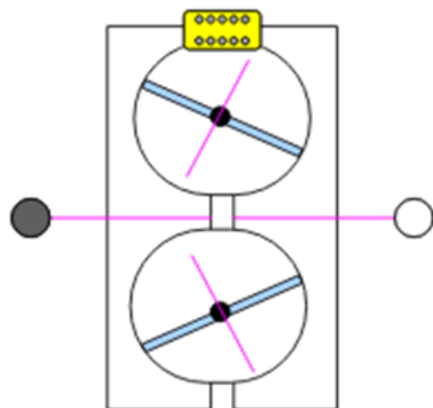
- New IGNITE library developed by Ricardo Software
- 1-D Thermo-fluid system modelling and simulation
 - Pumps
 - Fans
 - Heat exchangers
 - T-Stats
 - Tanks
 - Sources
 - Sensors
 - Media library
 - Etc...
- Seamless integration with IGNITE Powertrain library



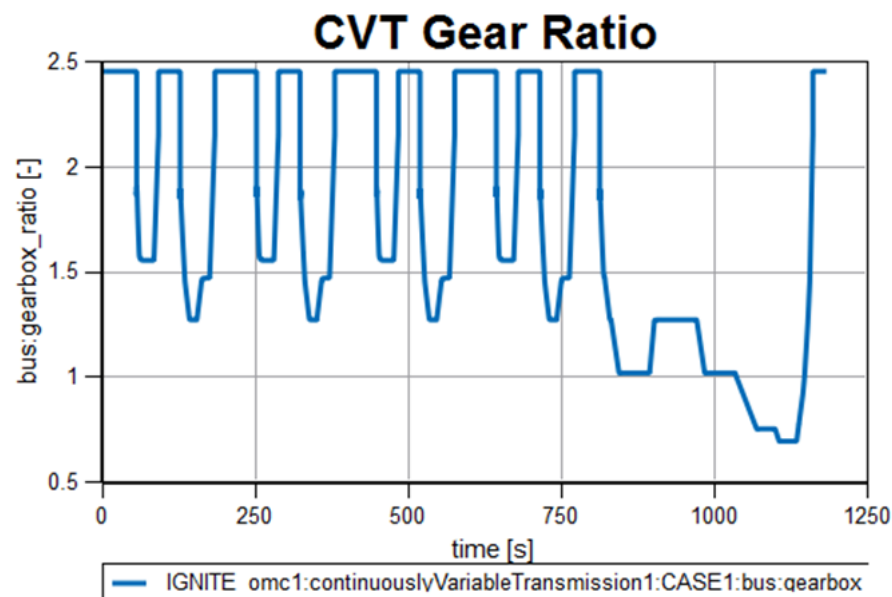
Popis plnění balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

B - Powertrain Library Enhancements

- New components
 - Continuously variable transmission (CVT) gearbox
 - CVT gear ratio controller
 - Torsional damper (w/ hysteresis)



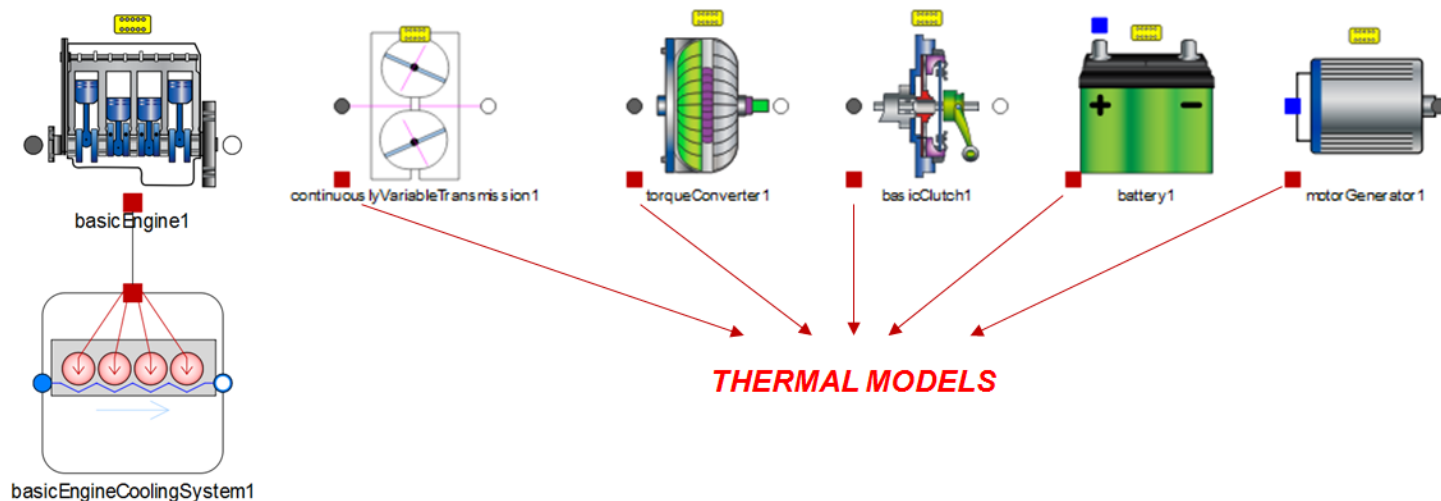
continuouslyVariableTransmission1



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

B - Powertrain Library Enhancements

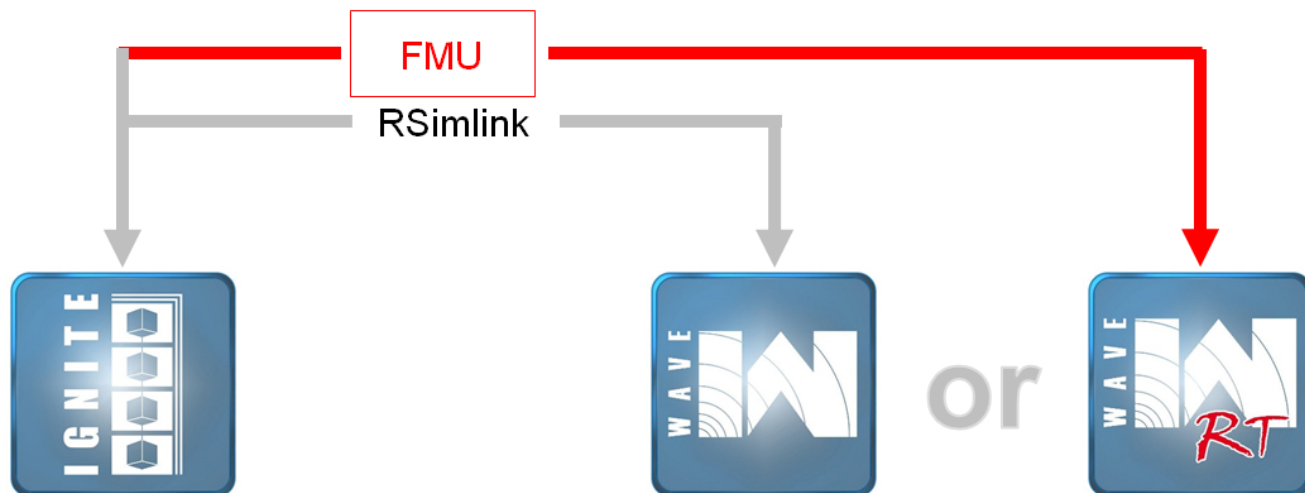
- Thermal model integration
 - Heat ports have been added to the following Powertrain library objects
 - Engine, Battery, MotorGenerator, TorqueConverter, Clutch, CVT, TorsionalDamper
 - Provides seamless compatibility with ThermoFluids libraries
 - Facilitates full multi-domain thermal vehicle modeling and simulation



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

C - IGNITE interfaces

FMU: Functional Mock-up Units



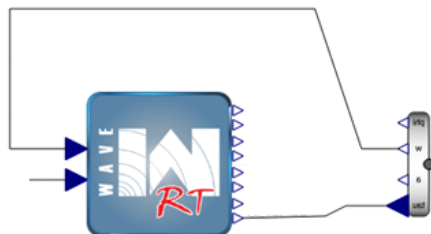
- Modelica language
- Driveline model
- Driver control
- Engine cooling circuit
- Thermal control strategy

- 1-D engine transient performance model
- Temperature dependent friction (FMEP)
- Short calculation time by RT model

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

C - WAVE-RT (FMU) Co-simulation Support

WAVE RT Conversion to FMU standard



- Detailed engine model running drive cycle in real time
- IGNITE component following FMU standard as of 2014.2
- Compatible with a IGNITE mechanical port



Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování spotřeby paliva/skleníkových plynů

Plnění dílčích cílů, milníků a výstupů – ČVUT:

WP05M01 (2014): Model spalování zážehového motoru, který je vhodný pro popis šíření čela plamene v připravené směsi.

WP05C02 (2014): Srovnání různých způsobů modelování hoření v zážehovém motoru.

Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování spotřeby paliva/skleníkových plynů

Plnění dílčích cílů, milníků a výstupů – Ricardo:

WP05M02 (2015): Základní simulační software včetně implementace algoritmu pro minimalizaci kombinované spotřeby energie.

Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Přehled splatných výsledků a jejich plnění – ČVUT:

WP05V002: Model spalování v zážehovém motoru založený na turbulentních vlastnostech. (2014)

- 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.

Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

Přehled splatných výsledků a jejich plnění – Ricardo:

WP05V003: Základní simulační software včetně implementace algoritmu pro minimalizaci kombinované spotřeby energie. (2015)

- Vytvořen SW nástroj IGNITE

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

Návrh dalšího postupu včetně návrhů na spolupráci a realizaci výstupů

ČVUT: dle plánu + spolupráce s WP10 při optimalizaci strategie použití systému deaktivace válců v kombinaci s velkou vnitřní recirkulací

Ricardo: dle plánu (SW nástroj pro optimalizaci „toků energie“ v pohonném řetězci)

Poděkování za podporu balíčku WP05 Virtuální termodynamický motor – SW
pro simulaci/optimalizaci spalování

??? Poděkování???

??Přínosy aktivit v rámci balíčku??

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

Přílohy

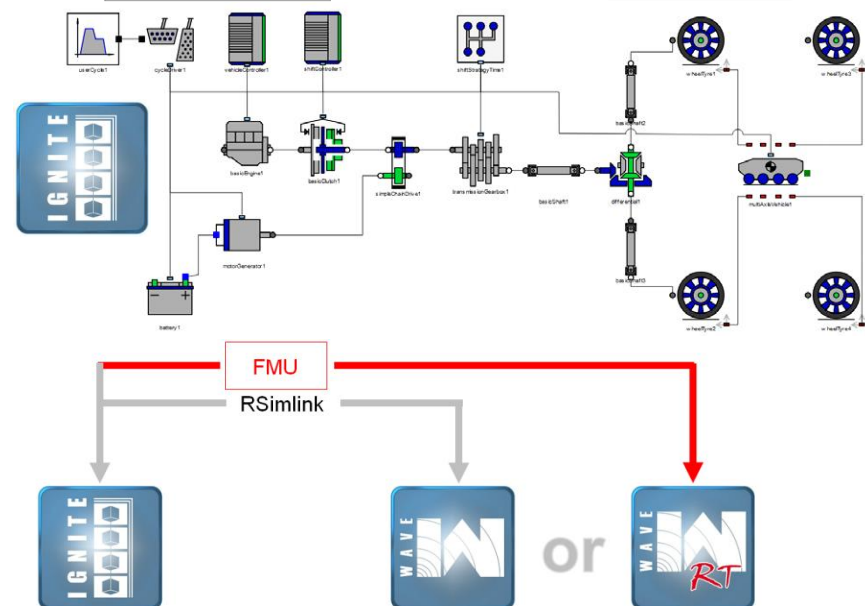
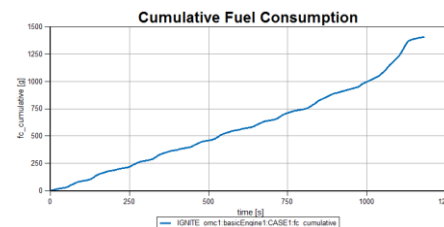
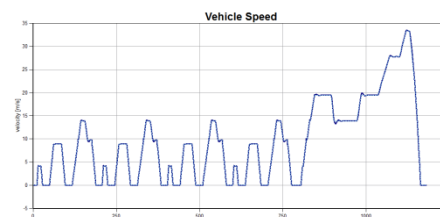
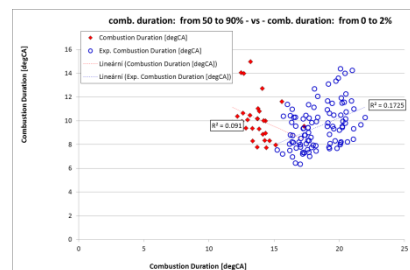
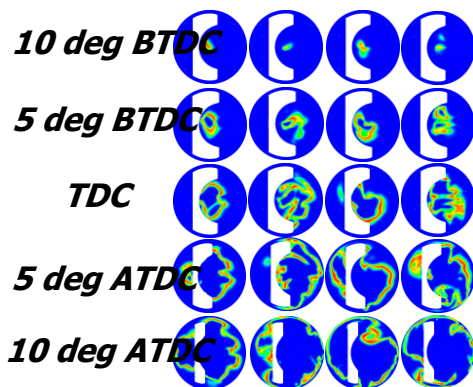
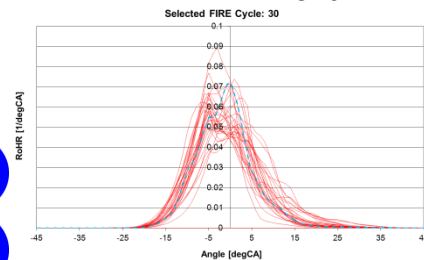
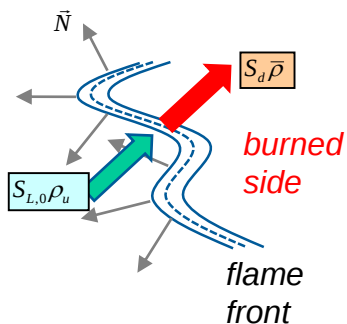
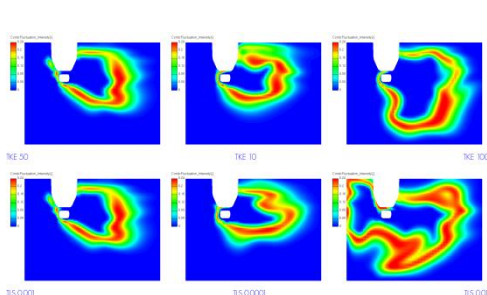
Pokud jsou zapotřebí pro elektronickou formu sborníku.

Rozsah libovolný do celkového pdf rozsahu presentace 10 MB.

Výťah z prací 2012-2014 na WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

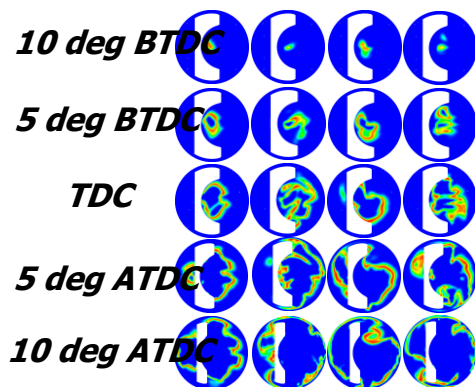
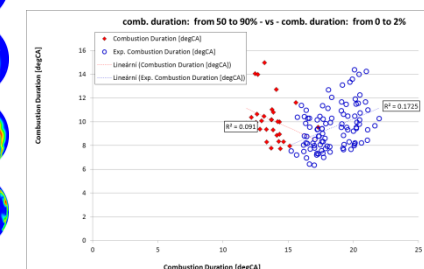
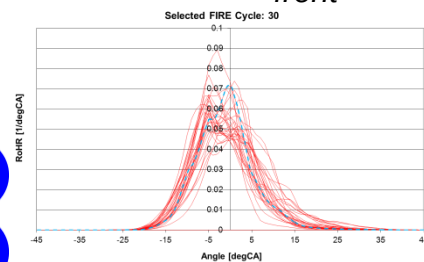
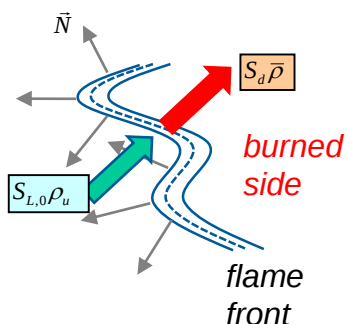
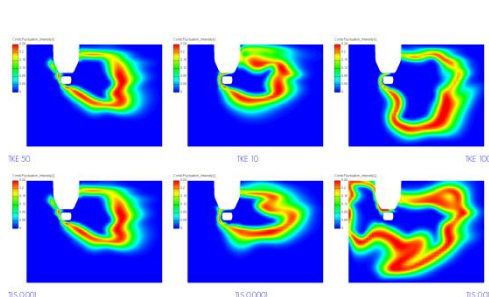
ČVUT: LES simulace mezicyklové variability včetně spalování

Ricardo: Systémová simulace celého pohonného řetězce

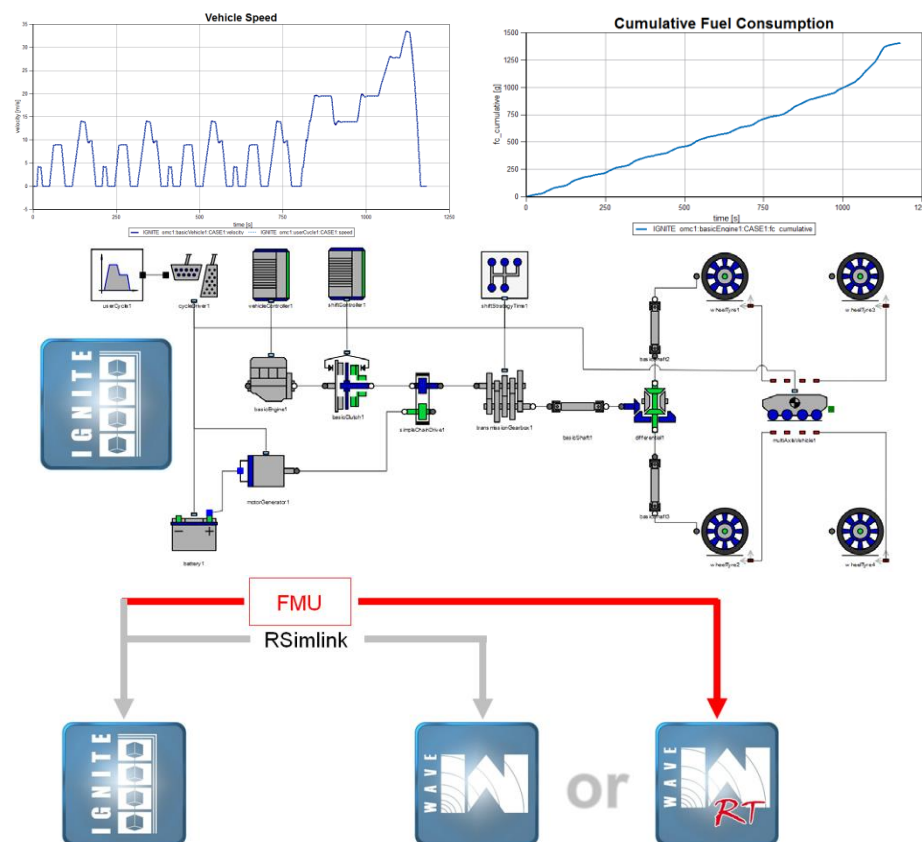


Results of WP05 Virtual thermodynamic ICE – SW for simulation/optimization of combustion – Achieved 2012-2014

ČVUT: LES simulation of cyclic variability including combustion

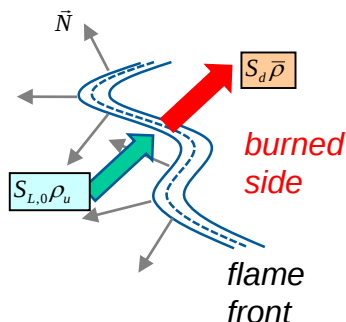
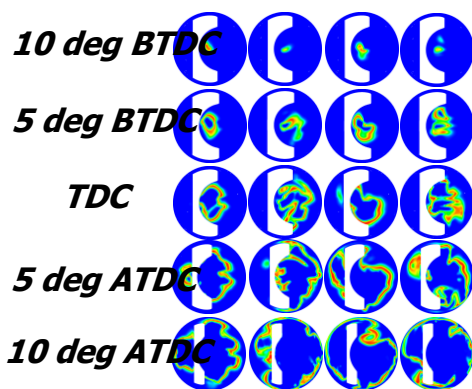


Ricardo: System simulation of the whole powertrain

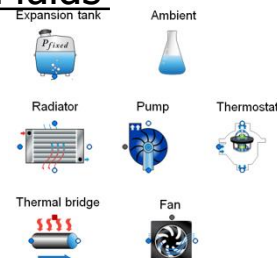


Výťah z provedených prací na WP05 Virtuální termodynamický motor – SW pro simulaci/optimalizaci spalování

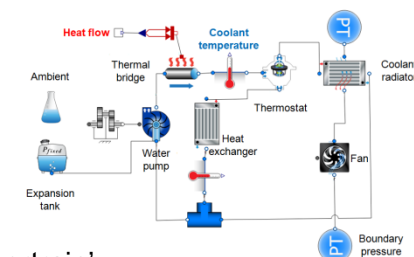
ČVUT: LES simulace mezicyklové variability včetně spalování



Ricardo: IGNITE obsahuje novou knihovnu 'ThermoFluids'

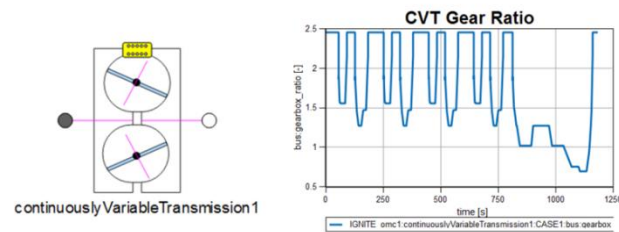
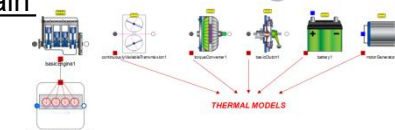


- 1-D fluid flow model using IGNITE ThermoFluid Modelica components
- Hydraulic and thermal performance characteristics
- Temperature control

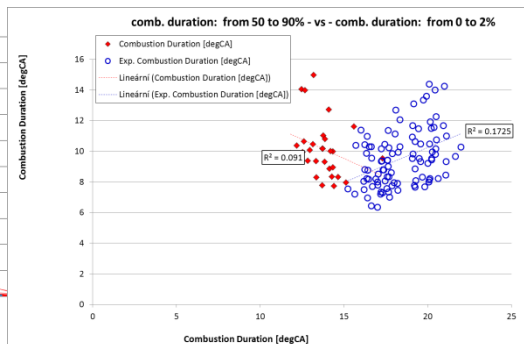
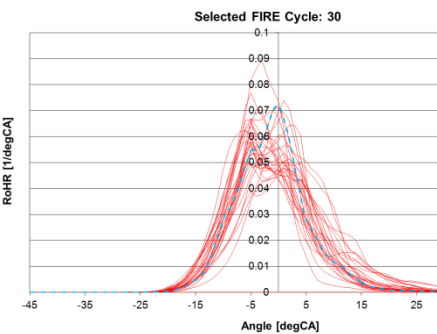
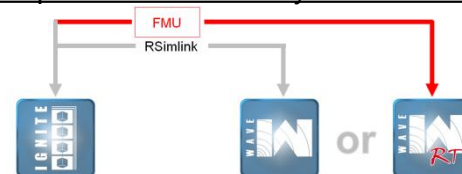


Ricardo: Rozšíření knihovny 'Powertrain'

- New components
 - Continuously variable transmission (CVT) gearbox
 - CVT gear ratio controller
 - Torsional damper (w/ hysteresis)

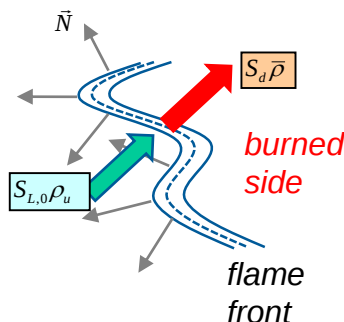
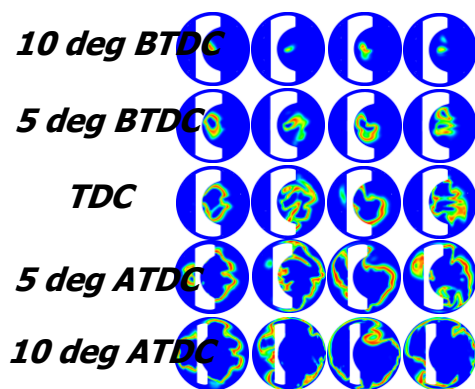


Ricardo: Interface pro IGNITE založený na standardu FMU

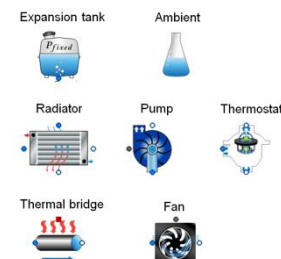


Abstract 2014 of WP05 Virtual thermodynamic ICE – SW for simulation/optimization of combustion

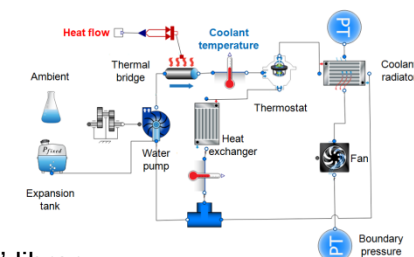
ČVUT: LES simulation of cyclic variability including combustion



Ricardo: A new 'ThermoFluids' library in IGNITE

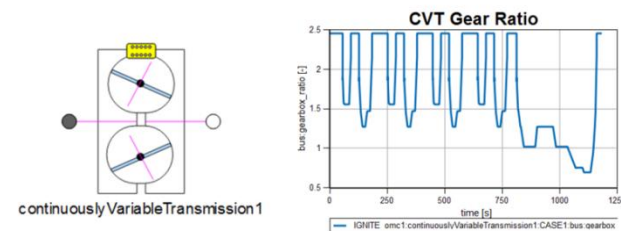
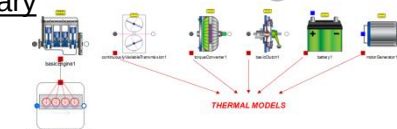


- 1-D fluid flow model using IGNITE ThermoFluid Modelica components
- Hydraulic and thermal performance characteristics
- Temperature control



Ricardo: Extension of 'Powertrain' library

- New components
 - Continuously variable transmission (CVT) gearbox
 - CVT gear ratio controller
 - Torsional damper (w/ hysteresis)



Ricardo: A new interface for IGNITE: FMU standard based

