

WP01 VaV znalostní databáze projektu Design Assistance SYstem - DASYS

Vedoucí konsorcia podílející se na pracovním balíčku

České vysoké učení technické v Praze, zodpov. osoba Prof. Ing. Jan Macek, DrSc.

Členové konsorcia podílející se na pracovním balíčku

ŠKODA AUTO a. s. M. Hrdlička, Vysoké učení technické v Brně P. Novotný, Vysoká škola
báňská - Technická univerzita Ostrava Z. Foltá, TÜV SÜD Czech s.r.o. O. Vaculín, Technická
univerzita v Liberci P. Brabec, Ricardo Prague s.r.o. B. Hnilička, Honeywell, spol. s r.o. P.
Škara

Hlavní cíl balíčku

Zkrácení času mezi výzkumem koncepce a aplikací inovovaného výrobku na trhu (time-to-market, TTM) o cca 30% využitím shromážděných zkušeností z předešlých řešení a včasným vyloučením slepých uliček vývoje v jeho počáteční fázi. Tento cíl bude možno testovat na praktických příkladech aplikací DASYS

Dílčí cíle balíčku pro nejbližší období

Základní verze předána partnerů, během 2014 testována verze 2.0 a doplněny vybrané příklady výstupů. Dosažen milník (další snímek).

WP01 VaV znalostní databáze projektu Design Assistance SYstem - DASY

Milníky, aktivity a dílčí cíle

WP01M01: Softwarový nástroj pro konzervaci a opakované použití znalostí s předáním prázdné základní struktury DASY. (ČVUT). 2014

- Předání na VUT v Brně, VŠB-TU Ostrava, TU v Liberci, RICARDO Prague, TÜV SÜD Czech a konečně do ŠKODA AUTO a Honeywell. Workshop v červnu, individuální konzultace pokračují.
- Vytvořený adaptivní nástroj pro konfigurační optimalizaci vozidel bude dodán všem partnerům a během dalšího výzkumu upraven podle jejich požadavků – v2.0.

Aktivity

WP01A02: Vývoj elementů DASY (struktur, parametrů, metod) u partnerů - 2014.

WP01A04: Ukládání znalostí i ontologií, jejich opakované použití a prostředky konfiguračního návrhu. 2014

WP01C03: Vyzkoušení funkčnosti databáze DASY pro optimalizaci hnací jednotky vozidla z hlediska dojezdu na příkladu hnací jednotky elektromobilu. (ČVUT, VUT v Brně) 2015

DASY se základními komponentami bude využita pro komplexní optimalizaci hnací jednotky elektromobilu včetně akumulátorů z hlediska dojezdu s vazbami na hmotnost vozidla a jeho odpory, na rekuperaci energie pro dobíjení akumulátorů, topení a větrání/klimatizaci vozidla a dynamiky vozidla za různých provozních situací. Bude sledována TTW spotřeba energie pro ocenění reálného přínosu elektromobilu ke snížení emisí skleníkových plynů.

WP01C04: Vytvoření struktury databáze DASY a její naplnění příklady provedení hnacích jednotek i vozidel. (ČVUT a další) 2017

Hlavním dílčím cílem celého balíčku je zkrácení času mezi výzkumem koncepce a aplikací inovovaného výrobku na trhu (time-to-market, TTM) o cca 30% využitím shromážděných zkušeností z předešlých řešení a včasným vyloučením slepých uliček vývoje v jeho počáteční fázi. Tento cíl bude možno testovat na praktických příkladech aplikací DASY. Účast všech členů pracovního balíčku.

WP01 VaV znalostní databáze projektu Design Assistance SYstem - DASY

Popis vykonaných prací - výstupy

TE01020020DV003: Výsledky srovnání různých koncepcí elektromobilů v prostředí DASY. (ČVUT) 2015

Jako příklad aplikace DASY s praktickými výsledky pro pracovní balíčky WP18 a WP19 bude provedeno srovnání různých koncepcí pro konkrétní elektromobil se zahrnutím interakcí mezi konceptem pohonu, hmotností, energetickou spotřebou a dojezdem.

Výsledky

TE01020020V055 WP01: DASY s implementovanými příklady komponent virtuální hnací jednotky – 3*typ R, 2*typ X – 2014

Design Assistance System DASY s příklady konkrétních virtuálních hnacích jednotek a jejich komponent (spalovací motor, mechanická převodovka, řídicí systém hnací jednotky atd.) spolu se zjednodušeným modelem virtuálního vozidla a jeho jízdy.

1. DASY s implementovaným modelem plnicích skupin - program připraven, používán s PBS Turbo mimo projekt.
2. DASY s optimalizátorem jízdy vozidla – program připraven, používán se Siemens LMS mimo projekt
3. DASY s modelem trasy - – program připraven, používán se Siemens LMS mimo projekt

WP01 VaV znalostní databáze projektu Design Assistance SYstem - DASY

Popis vykonaných prací –ostatní výsledky

Výsledky ostatní 2*X

TE01020020V055 WP01: DASY s implementovanými příklady komponent virtuální hnací jednotky – typ R – 2014

Doleček V., Macek J., Barak A., Vitek O., Bogomolov S., Mikulec A.: Comprehensive Approach for Optimal Diesel Engine Downsizing Combining Thermodynamics and Design Assistance System. SIA Paper, SIA Diesel Conference Rouen 2014

Bogomolov S., Macek J., Mikulec A., Doleček V., Vitek O.: Combining Thermodynamics and Design Optimization for Finding ICE Downsizing Limits. SAE 2014-01-1098 ISSN 0148-7191 <http://papers.sae.org/2014-01-1098> 16 pp.

•Vitek O., Macek J., Doleček V., Bogomolov S., Mikulec A.: Realistic Limits of ICE Efficiency. FISITA Maastricht F2014-CET-051 , 10 pp.

Bogomolov S., Macek J., Mikulec A., Novotny T. Kazda J.: EARLY STAGE OPTIMIZATION OF CRANKSHAFT MASS USING DESIGN ASSISTANCE SYSTEM (DASY). FISITA Maastricht F2014-LWS-024 , 10 pp.

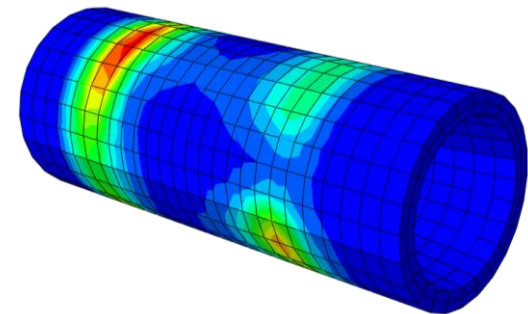
Bogomolov S., Macek J., Mikulec A., Dolecek V., Valasek M.: Early-stage assessment of innovations for vehicle powertrains using Design Assistance System. TRA 2014 Paris, 10 pp

Workshopy

14. 6. 2014 k DASY a WP06

Popis plnění balíčku WP01VaV znalostní databáze projektu Design Assistance SYstem - DASY

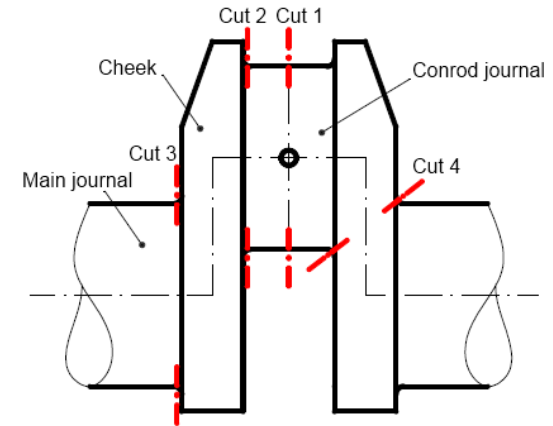
- Descriptive model definition allows **solution of reverse (or any other) task**. This is achieved by separation of model and task definition. Known and unknown parameters are defined after the model definition.
- Flexible and robust numerical solver based on Gauss-Newton algorithm supports flexibility in model definition.
- Advanced multi-objective optimization algorithm based on SPEA2 genetic algorithm with support of constraints.
- Input and output files mechanism allows **interaction with any existing software packages that support reading and writing data to/from files**. As an example of utilization of this feature, an optimization of piston pin was done using DASY and ABAQUS software.



Popis plnění balíčku WP01VaV znalostní databáze projektu Design Assistance SYstem - DASY

Based on last years but amended

- Plugins system allows extension of DASY capabilities according to specific tasks.
- Built-in plugin to work with Microsoft Excel files. Optimization of crankshaft was performed using DASY and algebraic model of crankshaft implemented in Excel file.
- Built-in plugins to work with different CAD systems allows transparent connection of DASY parameters with CAD model parameters and two-ways interaction. This allows both, update of CAD model using results of computations and update of DASY model parameters using data from CAD model.
- Each block that communicates with external software can use results caching to minimize the number of needed external computations.

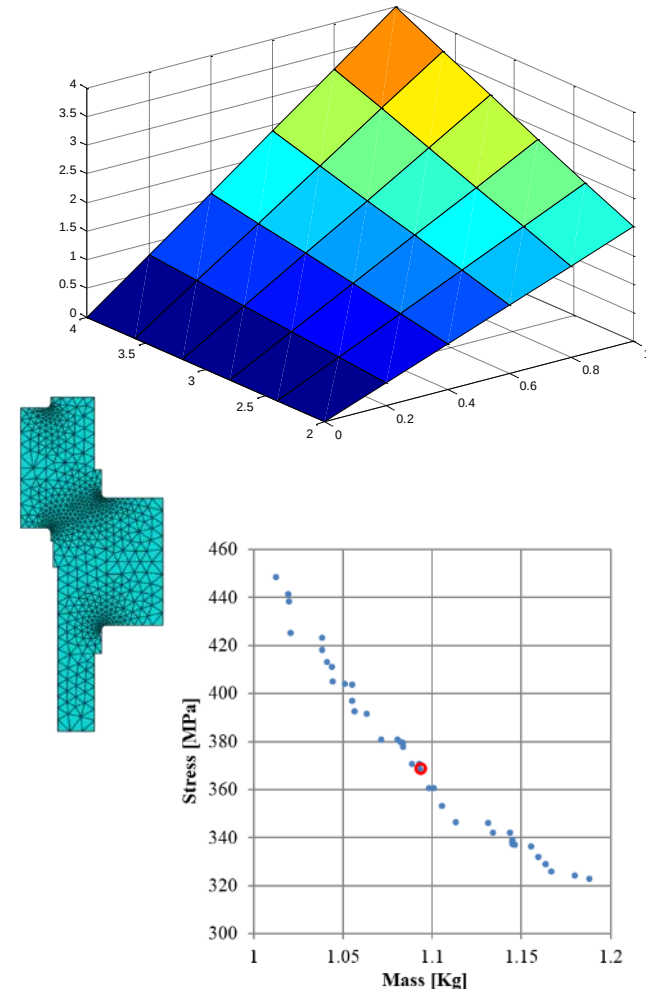


Popis plnění balíčku WP01VaV znalostní databáze projektu Design Assistance SYstem - DASY

- Response surface methodology (RSM) explores the relationships between several explanatory variables (variables) and one or more response variables (responses). To build a response surface we compute responses in all points in specified variables range with defined step.

Approximate values of responses can be evaluated in any point, that belongs to the initial variables range, without the need of computation in that point. Implemented algorithm uses Multi-Linear Interpolation.

Crankshaft optimization using DASY and ABAQUS was performed with utilization of the response surfaces.



Popis plnění balíčku WP01VaV znalostní databáze projektu Design Assistance SYstem - DASY

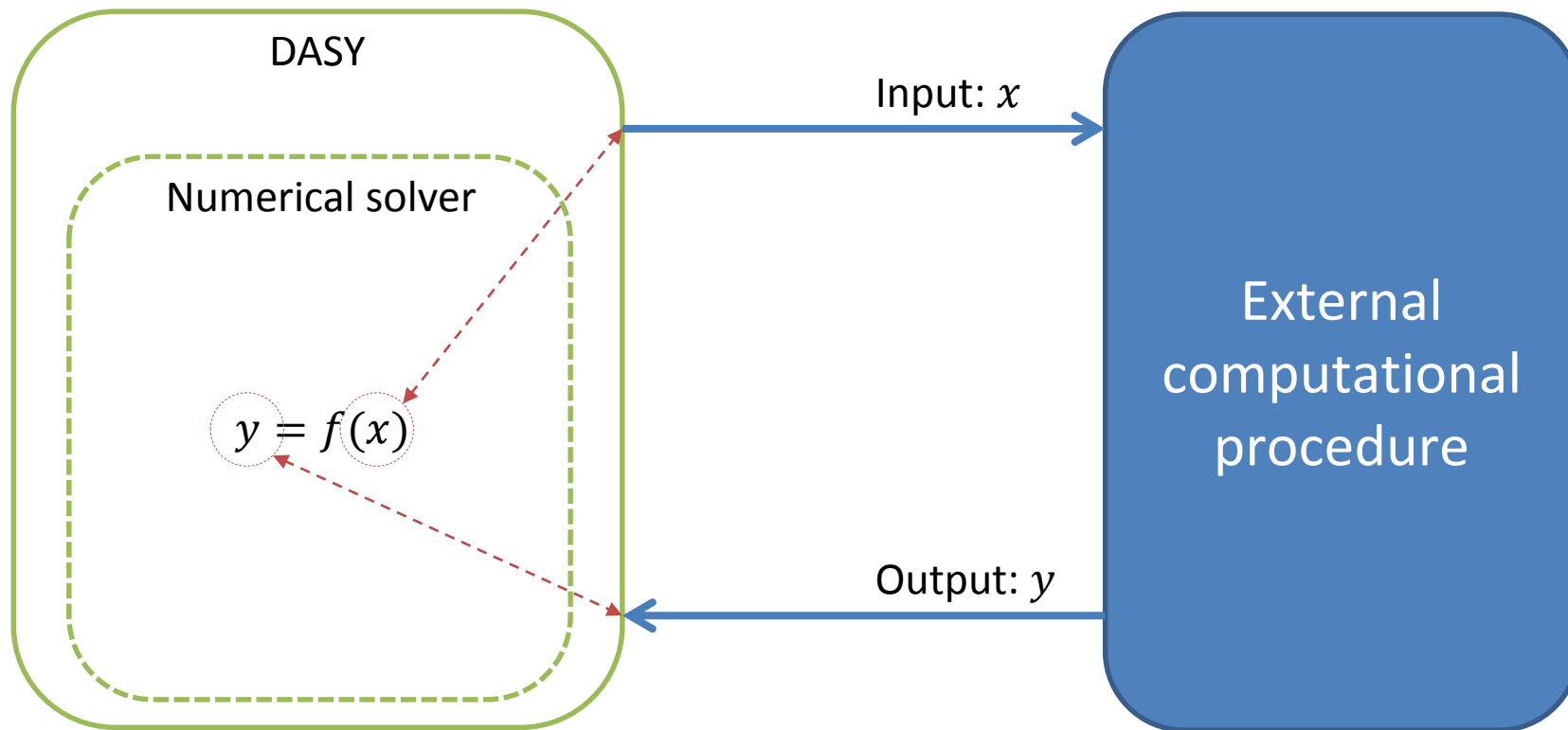
Numerical solver in DASY is based on Gauss-Newton method and solves systems of non-linear algebraic equations. These equations can be directly defined in DASY, or constructed automatically using external computations. Any external computational procedure can be represented as

$$y = f(x),$$

where x is an input, y is output and f is a transformation that is done by some external computational procedure on x to obtain y .

This can be an FEM/CFD simulation, or some in-house algorithm in MatLAB or standalone application. This procedure is treated by DASY as a nonlinear equation and solved using the numerical solver. DASY does not need to know what happens inside f , one can define y as known and x as unknown and DASY will find the solution as it was a normal algebraic equation. This would be a solution of a reverse task.

Popis plnění balíčku WP01VaV znalostní databáze projektu Design Assistance SYstem - DASY

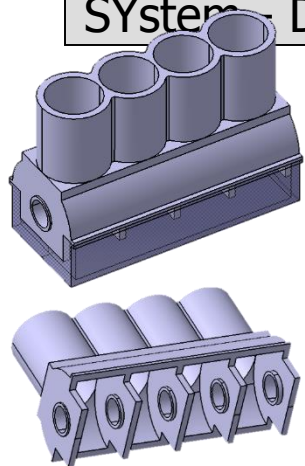


- External computational procedure is treated as a nonlinear algebraic equation.
- DASY does not need to know what happens inside it.
- Output y can be defined as known and input x as unknown, and DASY will solve it as it was a normal equation using an implemented numerical solver.

Popis plnění balíčku WP01VaV znalostní databáze projektu Design Assistance SYstem - DASY

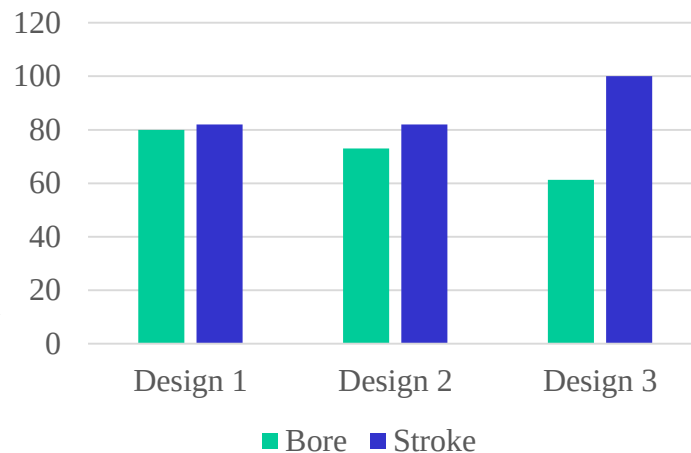
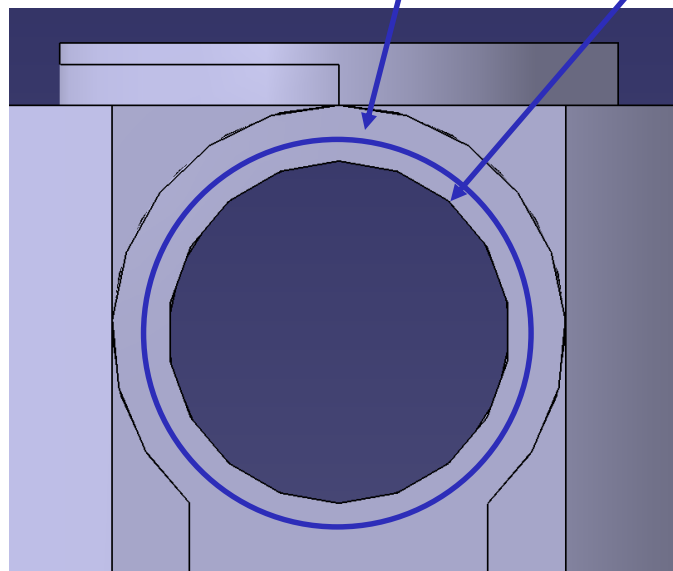
- Development of suitable connecting tools between 3-D CAD and 1-D and 3-D models of thermodynamics, aerodynamics, hydrodynamics and tribology, dynamics of mechanisms, mechanical and thermal stress analysis, etc., especially for backward way analysis → design using parametric and configuration design levels
- **Example:** finding optimum IC rightsized engine for future vehicles inside limits of physics including assessment of dynamic load response and suitable control algorithm. Fully unconstrained optimization.
- Optimization procedure for combined thermodynamic engine simulation (**peak pressures**), stress analysis and engine **concept design** (DASY), **friction prediction for high loads** and finally engine **dynamics** and control design.

Popis plnění balíčku WP01VaV znalostní databáze projektu Design Assistance System - DASY

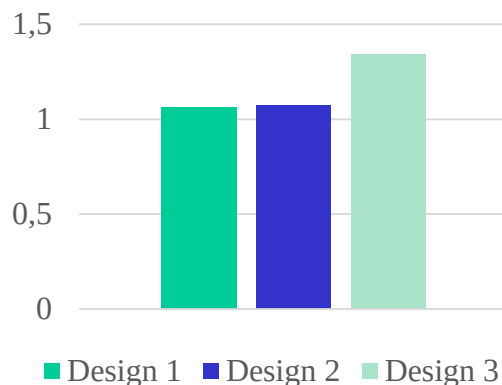


Outer thickness is a technological parameter and can be constant

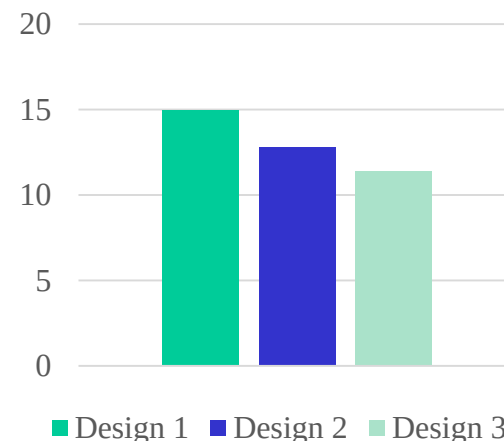
Inner thickness depends on cylinder maximal pressure



Relative bore spacing



Mass



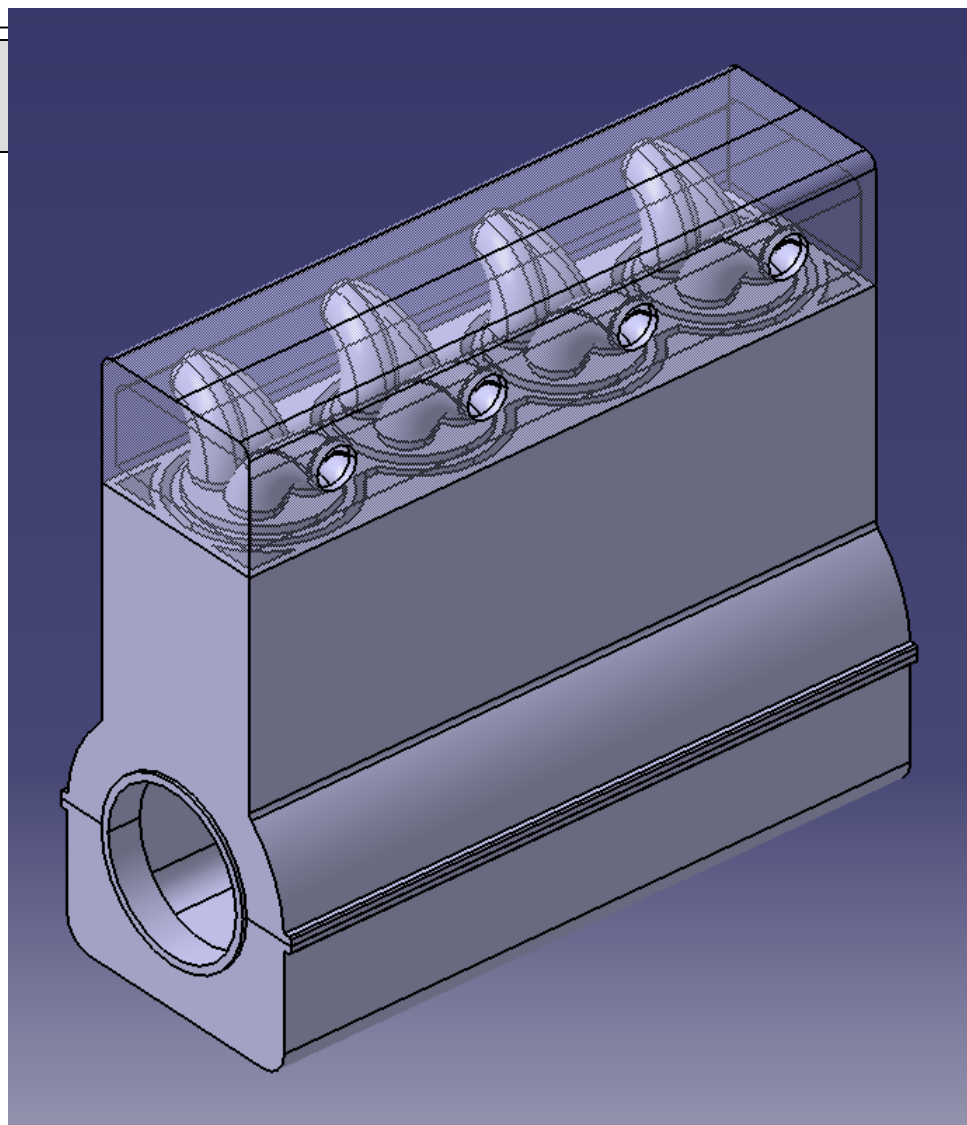
CAD Model

Design #1:

- Bore: 80 mm
- Stroke: 82 mm
- Bore spacing: 95.43 mm
- Main bearing: 95.83 mm

Masses:

- Crankshaft: 16.97 kg
- Block: 26.95 kg
- Oil pan: 6.76 kg
- Head: 10.02 kg



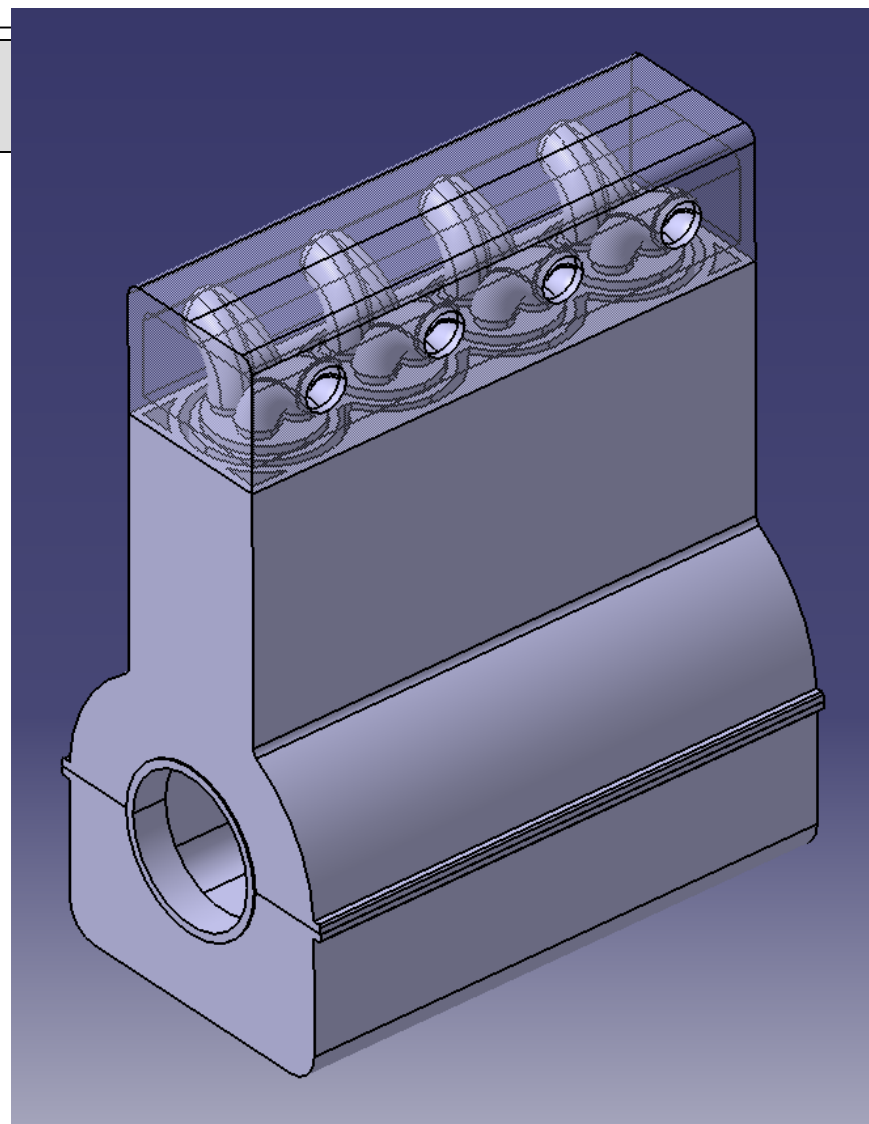
CAD Model

Design #3:

- Bore: 61.23 mm
- Stroke: 100 mm
- Bore spacing: 73.06 mm
- Main bearing: 84.12 mm

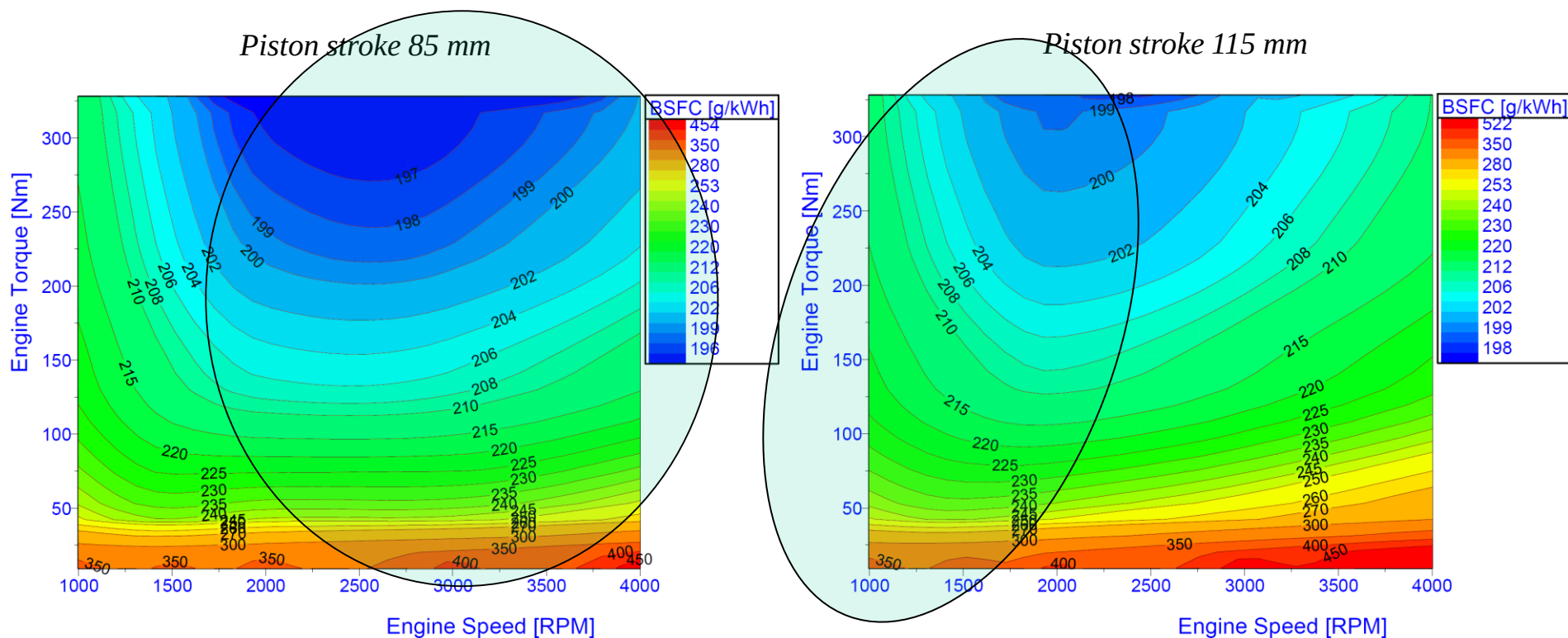
Masses:

- Crankshaft: 12.97 kg
- Block: 23.75 kg
- Oil pan: 7.21 kg
- Head: 6.88 kg



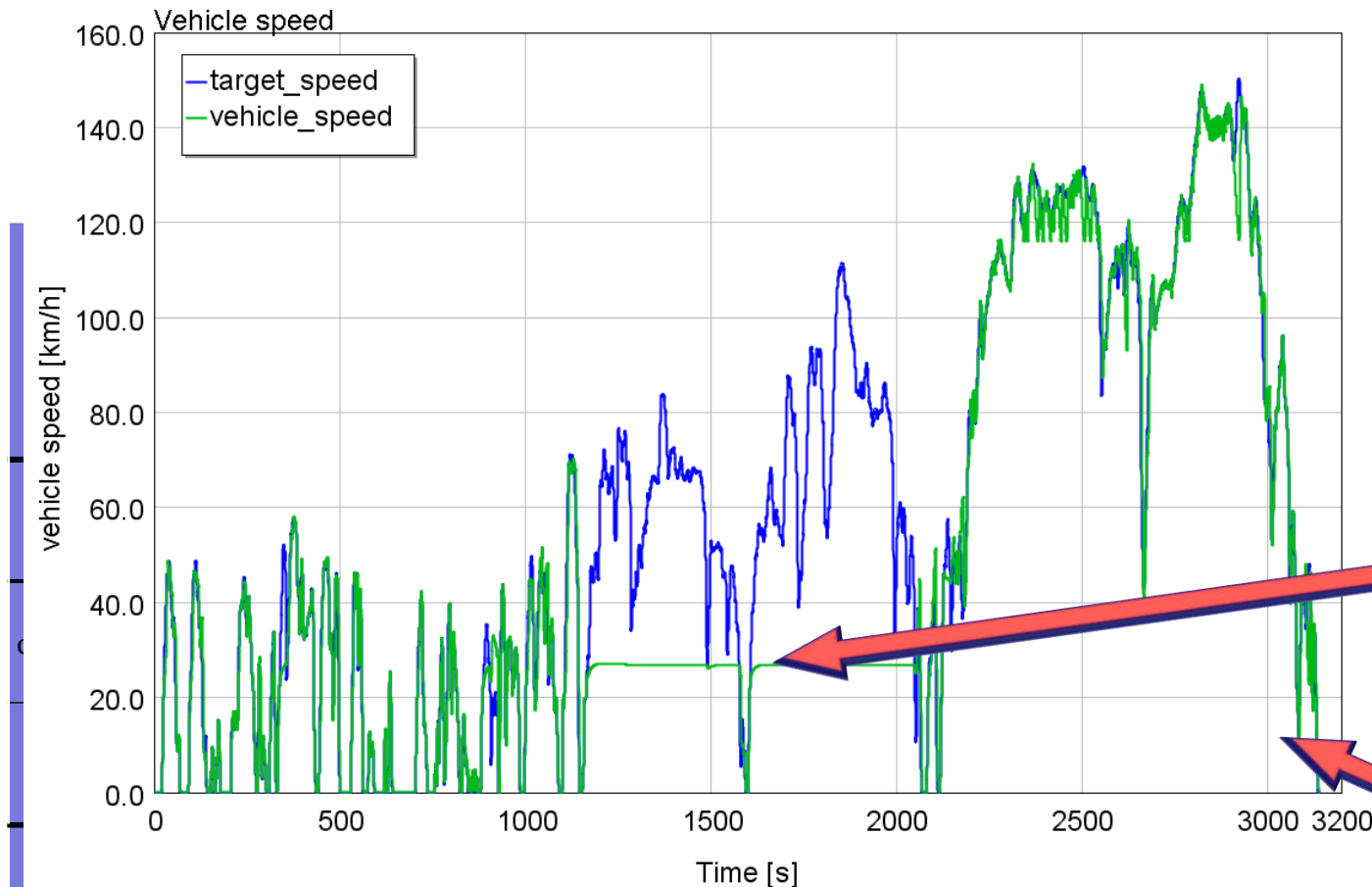
Optimized Fixed Geometry Engine

Displacement 1.18dm³, max BMEP 35 bar:
longer stroke better at extreme downspeeding only



Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- AutoSympo a Kolokvium Božek 2014, 5.+6.11. 2014 Roztoky -



35bar 35mm		bmep 35bar stroke 115mm	
ARTEMIS	NEDC	ARTEMIS	
4.57	4.07	4.89	
6.37	5.03	7.92	
6.42	5.01	7.01	

FRM engine model - control strategies from steady states	5.12	6.68	4.89	6.53	5.11	7.20	4.81	6.27	4.95	8.76
FRM engine model - temporary switching of control strategies	5.12	6.69	4.90	6.47	5.13	7.19	4.81	6.24	4.97	6.81

Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku **WP01VaV znalostní databáze projektu Design Assistance SYstem - DASY**

Plnění dílčích cílů, milníků a výstupů

WP01M01: Softwarový nástroj pro konzervaci a opakované použití znalostí s předáním prázdné základní struktury DASY. (ČVUT).

Předání na VUT v Brně, VŠB-TU Ostrava, TU v Liberci, RICARDO Prague, TÜV SÜD Czech a konečně do ŠKODA AUTO a Honeywell. Vytvořený adaptivní nástroj pro konfigurační optimalizaci vozidel bude dodán všem partnerům a během dalšího výzkumu upraven podle jejich požadavků.

Přehled splatných výsledků a jejich plnění

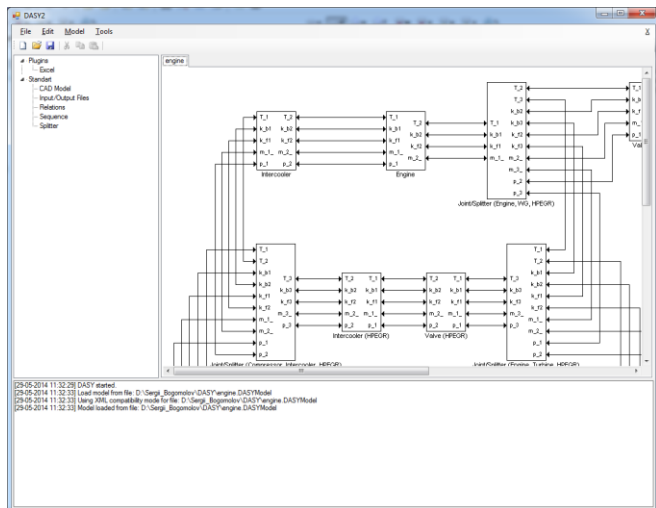
Jako příklad aplikace DASY s praktickými výsledky pro pracovní balíčky WP18 a WP19 bude provedeno srovnání různých koncepcí pro konkrétní elektromobil se zahrnutím interakcí mezi konceptem pohonu, hmotností, energetickou spotřebou a dojezdem 2015.

Výsledek:

Design Assistance System DASY s příklady konkrétních virtuálních hnacích jednotek a jejich komponent (spalovací motor, mechanická převodovka, řídicí systém hnací jednotky atd.) spolu se zjednodušeným modelem virtuálního vozidla a jeho jízdy. V přípravě pro konec r. 2014

DASY Server

DASY Server



Some engine
model

Category

Engines:

- Type
- Geometry
- Strokes
- Charging
- Volume
- Valvetrain type

Model

Some engine model:

- Type: SI
- Geometry: Inline
- Strokes: 4
- Charging: Atmospheric
- Volume: 1.6l
- Valvetrain type: DOHC

Návrh dalšího postupu v balíčku WP01VaV znalostní databáze projektu Design Assistance SYstem - DASY

Návrh dalšího postupu včetně návrhů na spolupráci a realizaci výstupů

Předání prázdné struktury DASY s řešiči a objektově orientovaným přístupem pro plnění postupy u účastníků.

Dokončení vazeb na GT Suite a algebraického modelu motoru.

Doplnění vyvinutého modelu vozidla pro optimalizační proceduru jízdy.

Vazba GT Power se zlepšeným modelem turbíny



Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

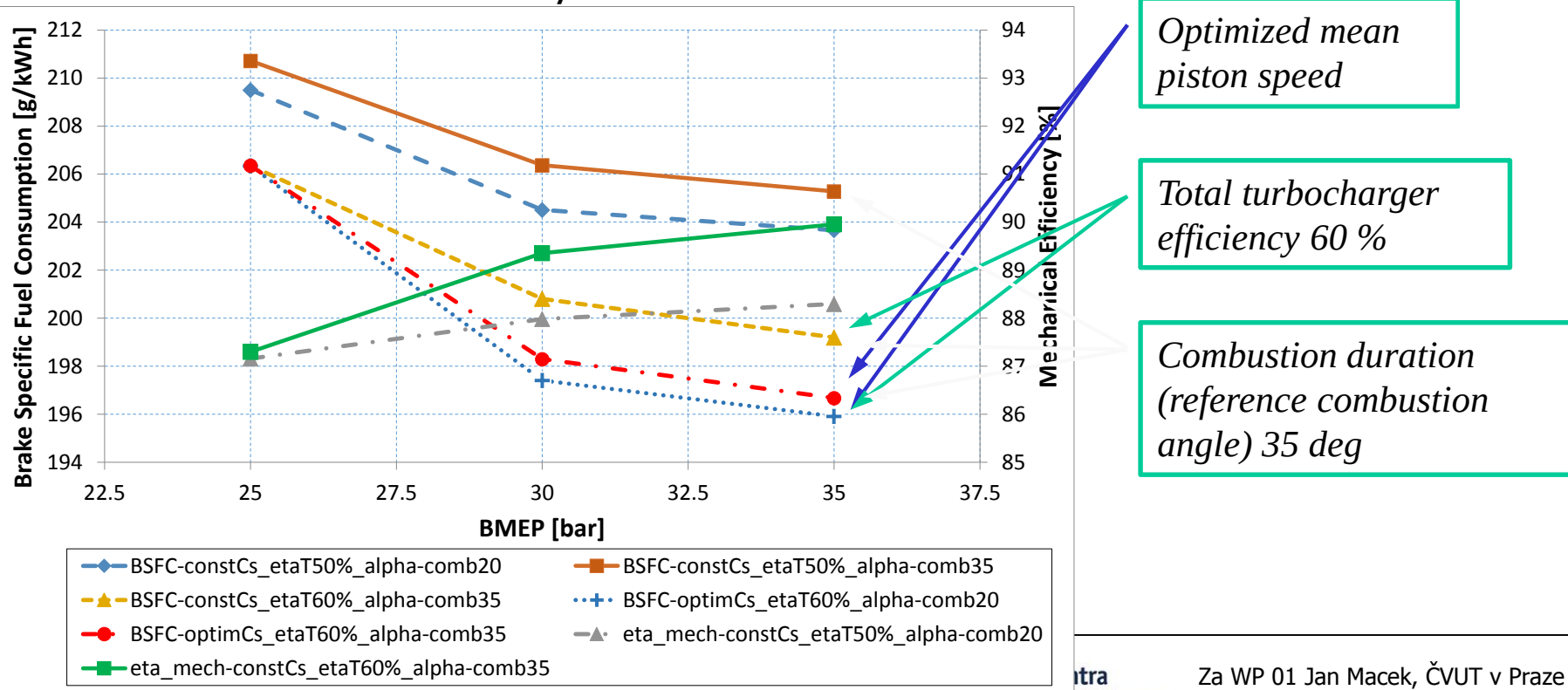
- AutoSympo a Kolokvium Božek 2014, 5.+6.11. 2014 Roztoky -

Popis plnění balíčku **WP01VaV znalostní databáze projektu Design Assistance**
SYstem - DASY

Přílohy

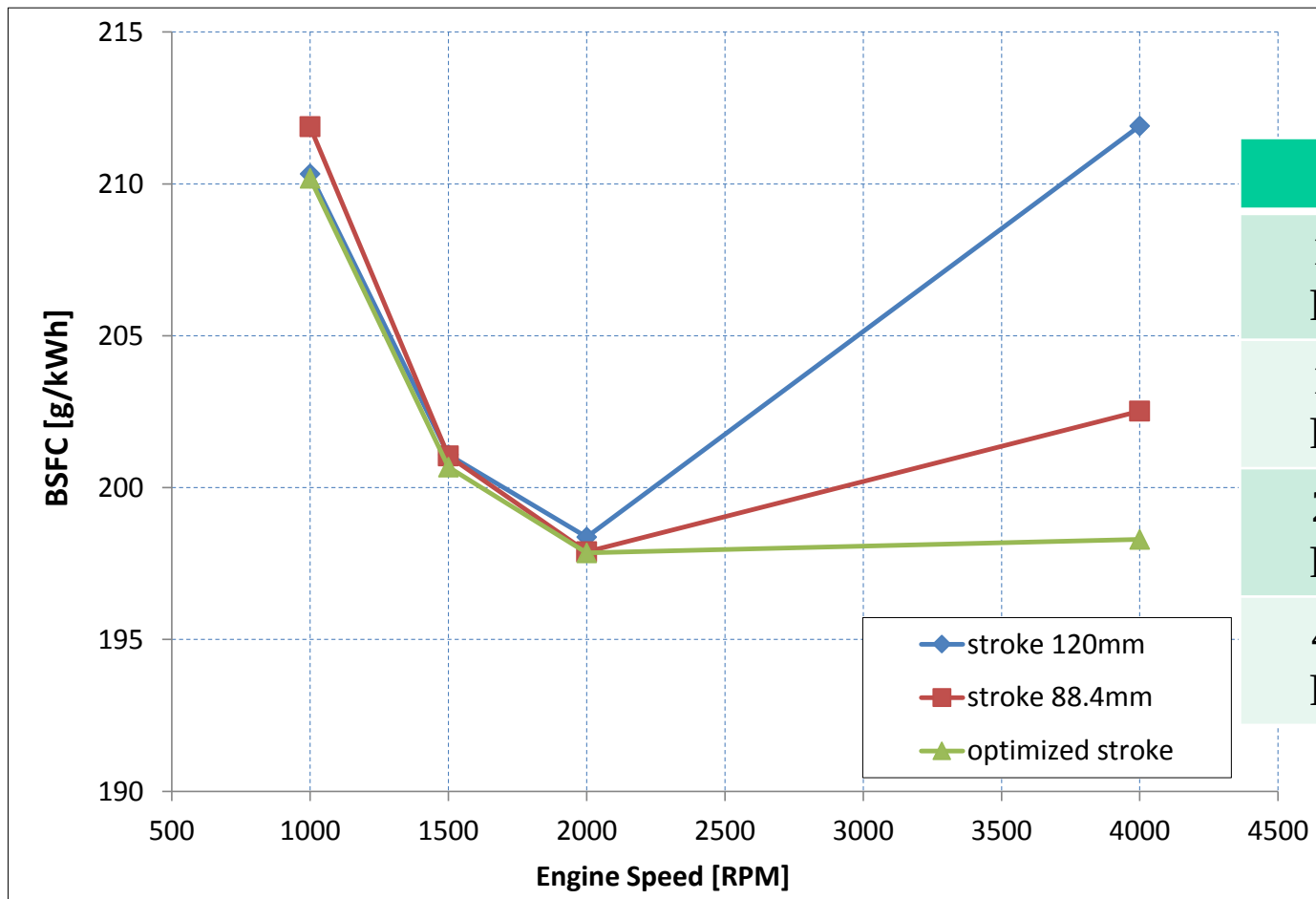
3. Results of Optimization at Full Load

- Optimization results at 4000 RPM
- Different optimization boundary conditions, variability using both standard ways (Common Rail FIE, VVA, VGT, etc.) and yet unknown or partially known ways (stroke, compression ratio, etc.). Unconstrained by combustion duration or TC efficiency.



3. Results of Optimization at Full Load

Fixed geometry of the engine



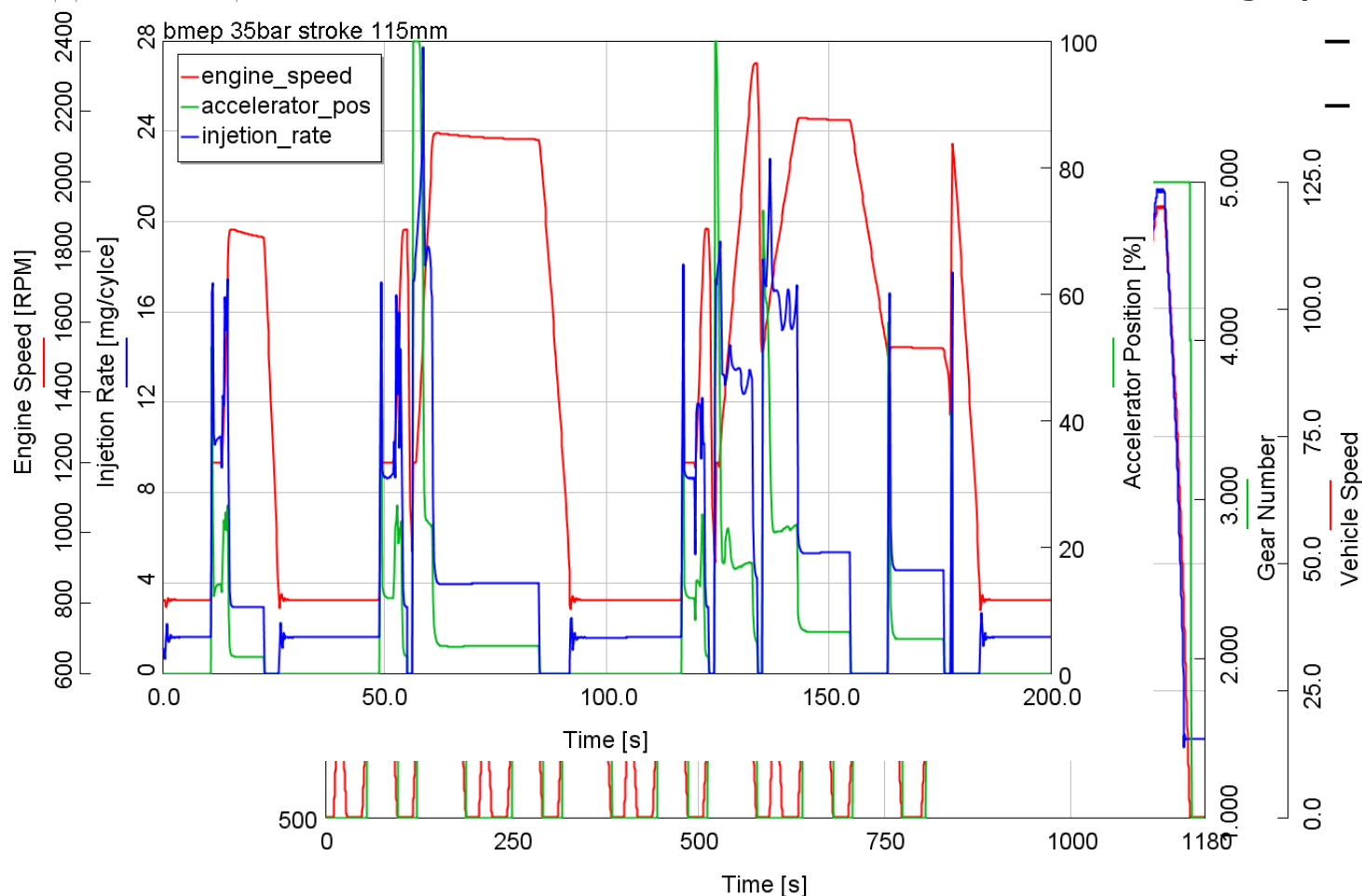
Optimal stroke

1000 RPM	120 mm
1500 RPM	104.2 mm
2000 RPM	88.4 mm
4000 RPM	54.9 mm

Driving Cycle Simulation Results

- Driving cycles:

- NEDC
- Artemis



Abstract of WP01 Design Assistance SYstem - 2014

DASY v. 2.0

Solution of reverse (or any other) task. Separation of model and task definition. Known and unknown parameters are defined after the model definition. Link to external procedures.

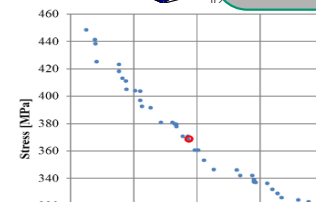
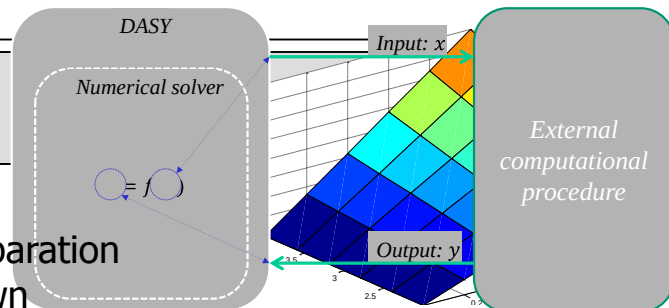
Gauss-Newton algorithm and response surfaces.

Advanced **multi-objective optimization algorithm**

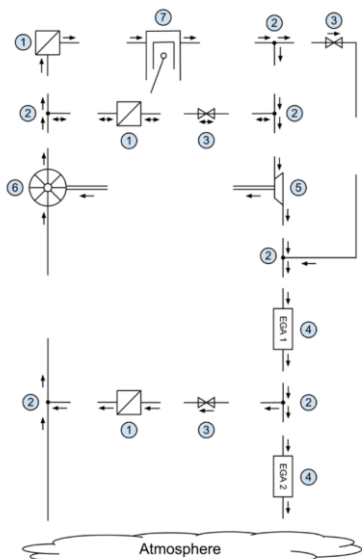
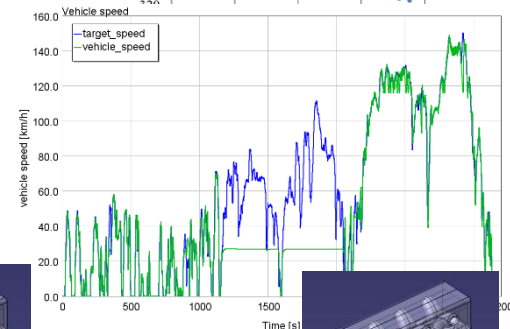
based on SPEA2 genetic algorithm with support of constraints.

Interaction with any existing software packages - data to/from files.

Interaction simulation $\Rightarrow$ parametric CAD with optimized changes.



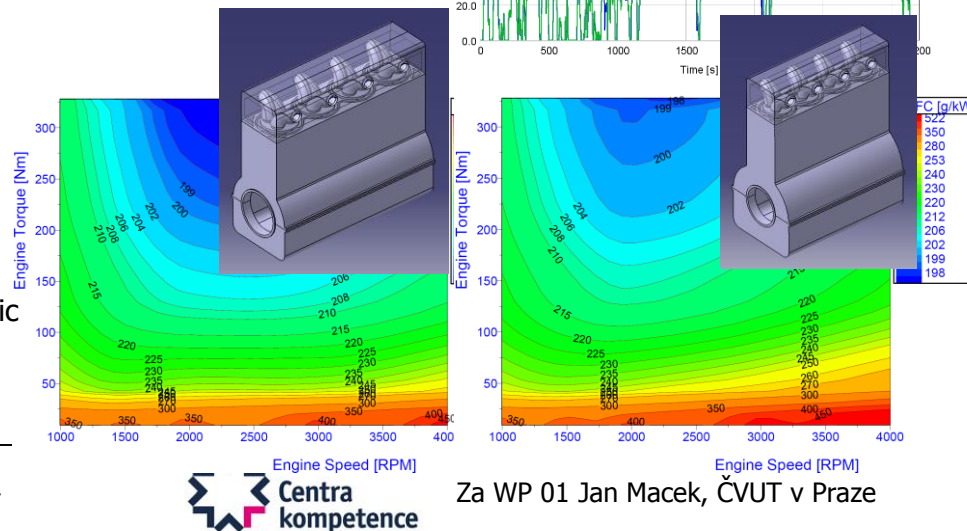
Stress [MPa]



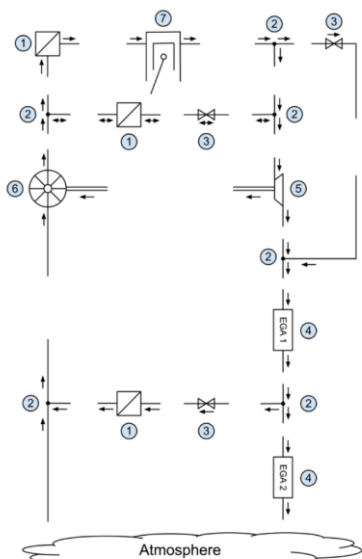
Different levels of models – example of engine turbocharging model: algebraic equations (fast turbocharger matching) or GT Power or specific detailed additions to GT Power or 2-D or 3-D models.

Example of unconstrained full optimization of diesel downsizing (SAE 2014, FISITA 2014, SIA Rouen 2014) – from single point optimization through steady operation to ARTEMIS testing cycle.

Engine dimensions changed from bmep 25 bar till 40 bar to withstand optimum peak pressure. Impact on engine weight, dynamic response, friction losses, manifold design, etc.



Výtah z prací r. 2014 WP01 Znalostní databáze projektu DASY

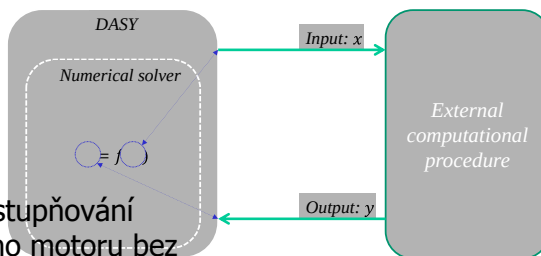


Řešení inverzních a dalších nekonvenčních úloh. Oddělení definice modelu a úlohy. Závislé a nezávislé parametry se definují mimo popis modelu. Je možné použít **vazbu na externí procedury**. Gauss-Newtonův algoritmus a regresní náhrada výsledků složitých externích procedur.

Pokročilý vícekritériální **optimalizační genetický algoritmus SPEA2** s omezujícími parametry.

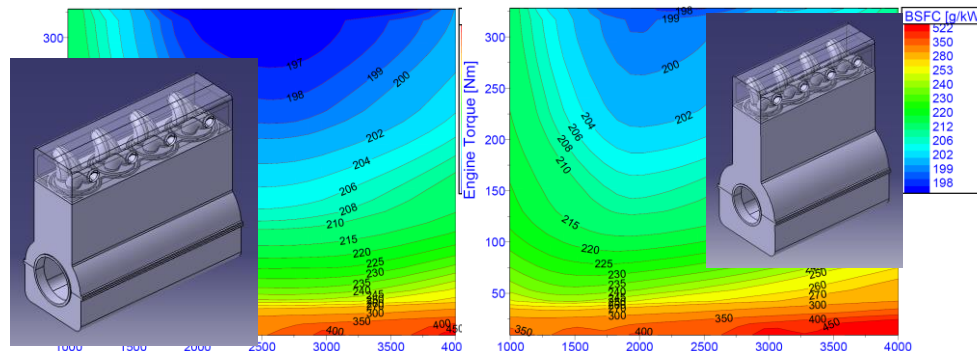
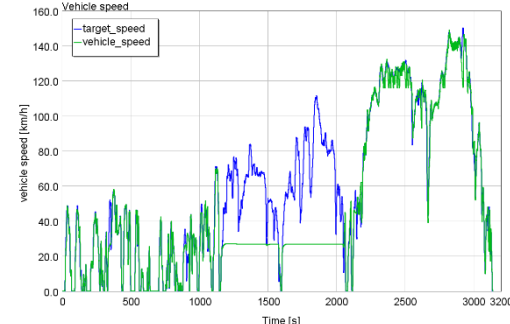
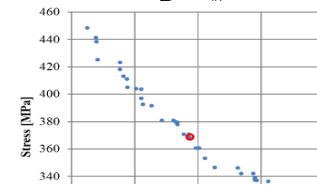
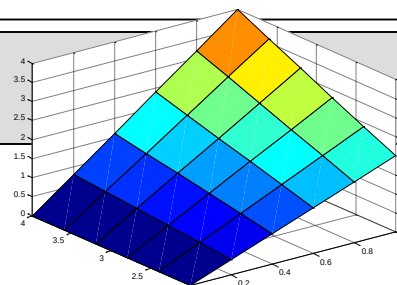
Interakce je možná s jakýmkoli existujícím SW používajícím vstupní/výstupní soubory.

Zpětná vazba optimalizovaných proměnných na parametrický CAD.



Příklad úplné optimalizace stupňování měrného výkonu vznětového motoru bez omezujících parametrů (SAE 2014, FISITA 2014, SIA Rouen 2014) – od optimalizace jednotlivých provozních režimů přes optimalizaci úplné charakteristiky po testy odezvy a spotřeby paliva v cyklu ARTEMIS. Rozměry motoru měněny od p_e 25 bar po 40 bar podle optimalizovaného p_{max} . Důsledky pro hmotnost motoru, jeho třecí ztráty, odezvu na dynamické zatížení atd.

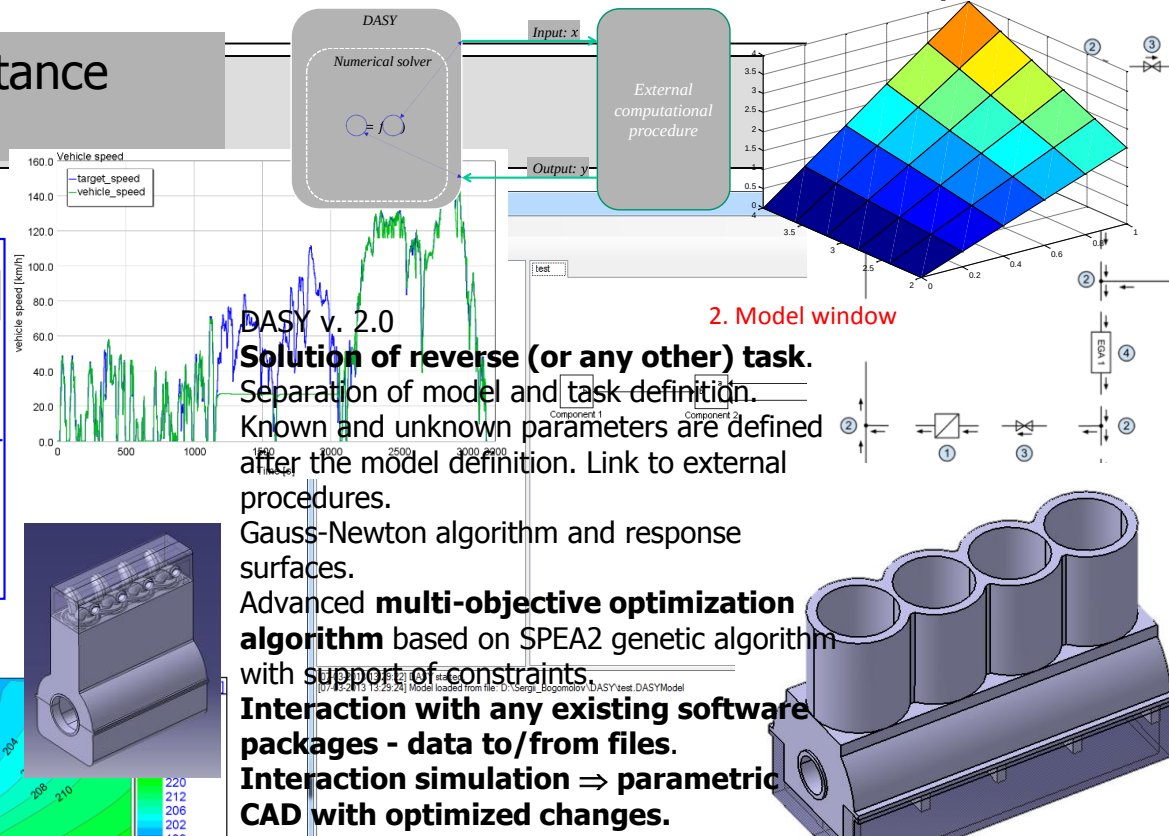
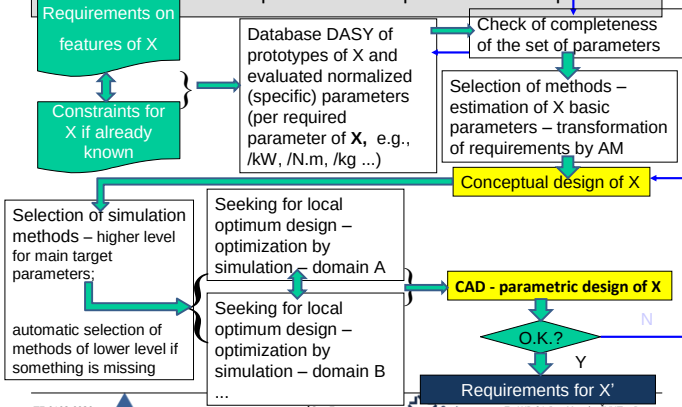
Různé úrovně modelů – příklad pro přepřnovací skupiny pro rychlou volbu pomocí algebraického modelu následovaného GT Power nebo speciálními 2-D or 3-D modely.



Abstract of WP01 Design Assistance SYstem – DASY 2012-2014

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka
- AutoSympo a Kolokvium Božek 2013, 30.+31.10. 2013 Roztoky -

General process of component level X optimization

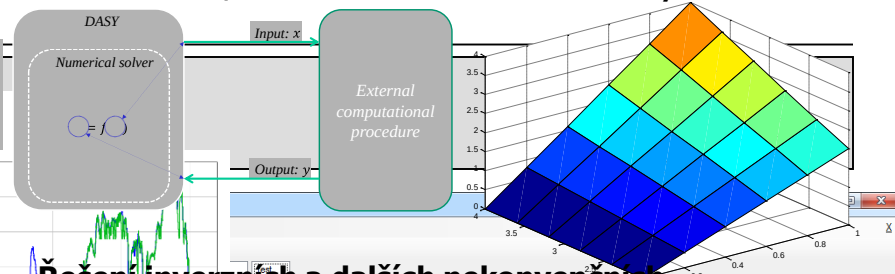
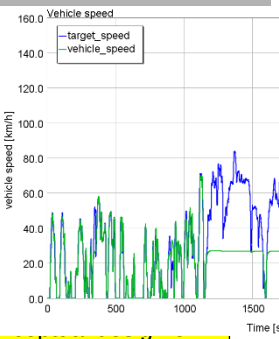
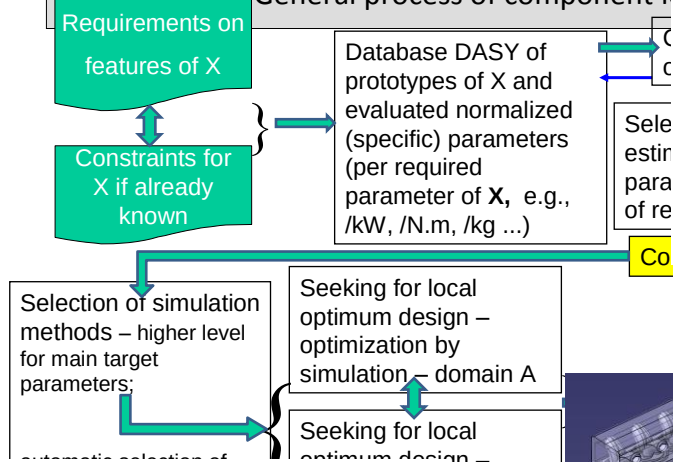


DASY links components, parameters and methods:
simulation (input from CAD), CAD (input of results from simulation) and experiments (calibration inputs for simulation).

It enables the holistic approach to powertrain optimization starting at early stage of design by combining previous experience condensed to empirical algebraic relations with virtual engine models.

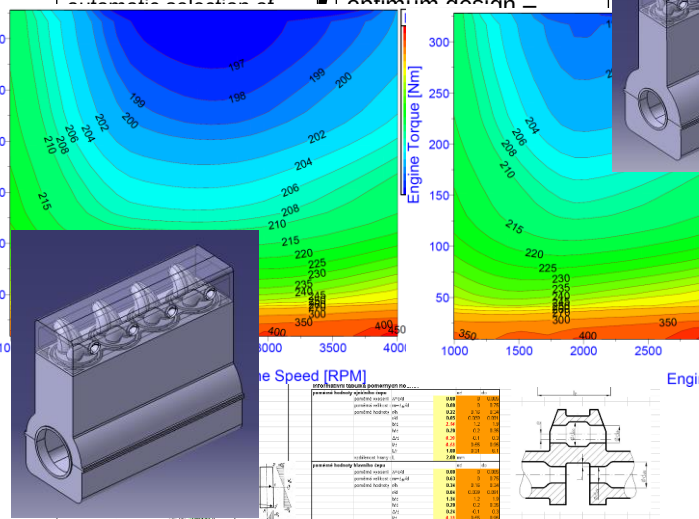
Abstrakt WP01 Znalostní databáze projektu – DASY 2012-2014

General process of component



Řešení inverzních a dalších nekonvenčních úloh. Oddělení definice modelu a úlohy. Závislé a nezávislé parametry se definují mimo popis modelu. Je možné použít **vazbu na externí procedury**. Gauss-Newtonův algoritmus a regresní náhrada výsledků složitých externích procedur.

Pokročilý vícekritériální **optimalizační genetický algoritmus SPEA2** s omezujícími parametry. **Interakce je možná s jakýmkoli existujícím SW používajícím vstupní/výstupní soubory.** **Zpětná vazba optimalizovaných proměnných na parametrický CAD.**



DASY spojuje komponenty, parametry a metody: simulace se vstupy z CAD, konstrukci v CAD se vstupy z optimalizace a experimenty (kalibrační vstupy pro simulaci).

Umožňuje holistický přístup k optimalizaci hnacích jednotek vozidel od časně fáze návrhu kombinací zkušeností soustředěné do empirických konstrukčních směrnic s plnorozměrovými simulačními metodami virtuálních motorů.