

Popis obsahu balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbiny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

WP06: WP06 Turbodmychadla a výkonové turbiny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

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

Vysoké učení technické v Brně – Prof. Ing. V. Píštěk, DrSc., Honeywell, spol. s r.o. – Ing. P. Škara

Hlavní cíl balíčku

Hlavním cílem je vyvinout nástroje, které umožní dosáhnout zlepšení účinnosti lopatkových strojů o 5% (relativně). To úzce souvisí s vylepšením následujících parametrů – návrh tvaru lopatek kompresoru/turbiny, řízení turbodmychadla (s využitím spolehlivé předpovědi pracovních map lopatkových strojů), snížení mechanických ztrát.

Dílčí cíle balíčku pro nejbližší období

Zjednodušený CFD nástroj vhodný pro kalibraci 1-D modelu turbiny/kompresoru. (ČVUT)

Virtuální prototyp turbodmychadla umožňující řešit podstatné problémy dynamiky rotorů. (VUT v Brně)

Popis obsahu balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Náplň pracovního balíčku

2012 - 2015: Vývoj 1-D nestacionárních CFD modelů turbíny a kompresoru, jež se využijí v rámci 0-D/1-D simulací celého motoru včetně příslušenství (ČVUT).

2012 - 2016: Experimenty (realizované také ve spolupráci s Honeywell s.r.o) na spalovacích motorech zaměřené na zpřesnění kalibrace 1-D modelů turbíny/kompresoru (ČVUT).

2012 - 2017: Detailní 3-D CFD nástroj pro kalibraci 1-D modelu turbíny/kompresoru. (ČVUT).

2013 - 2017: Databáze 1-D modelů turbodmychadel. (ČVUT).

2014 – 2017: Virtuální testování turbodmychadel s cílem optimalizovat strategie řízení (společná aktivita ČVUT s Honeywell s.r.o).

Popis obsahu balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbiny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Náplň pracovního balíčku

2012 - 2013: Porovnávání různých konceptů, které přicházejí v úvahu pro využití energie spalín obsažené ve výfukových plynech vozidlového motoru (Honeywell s.r.o). => **hotovo**

2014 – 2015: Zpracovávání vybraného konceptu do podoby možného konstrukčního řešení s ohledem na omezení daná zástavbovými prostory na vozidle (Honeywell s.r.o).

2016 – 2017: Optimalizování turbínové části systému a interakce s ostatními komponenty tak, aby bylo dosaženo maximální účinnosti při minimálním ovlivnění vlastností turbodmychadla (Honeywell s.r.o).

2016 – 2017: Optimalizování řídicího systému rozdělení výkonu v případě aplikace výkonové turbiny, definování vhodných regulačních strategií (Honeywell s.r.o).

2012 – 2014: Dynamika rotorů turbodmychadel a tvorba virtuálního prototypu. (VUT v Brně).
=> **hotovo**

Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Probíhající plánované aktivity v rámci WP06:

- ČVUT:

- 1-D turbína (twinscroll) – simulace + experimenty srovnání různých zjednodušený CFD model radiální turbíny (2-D/3-D Eulerovy rovnice) – simulace

- Honeywell:

- výkonová turbína – simulace + konstrukční studie

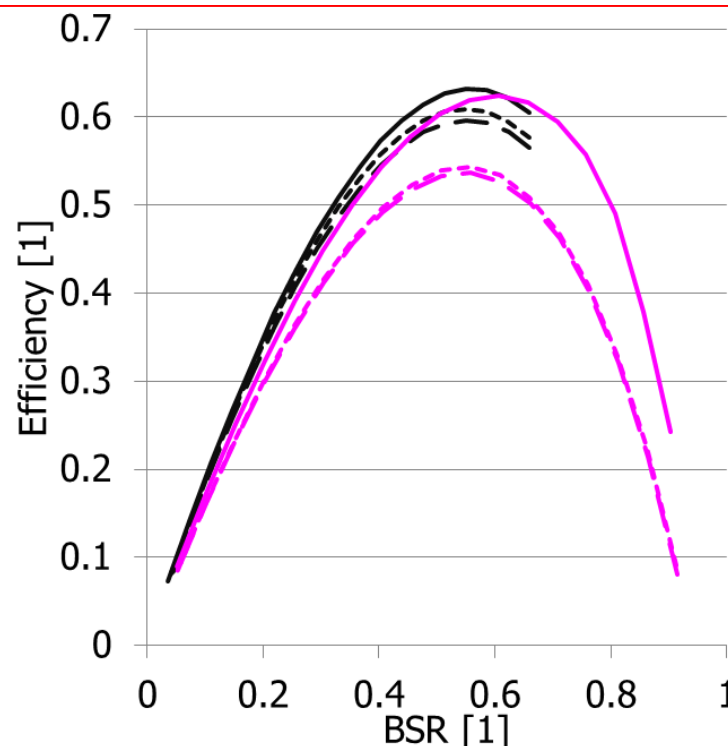
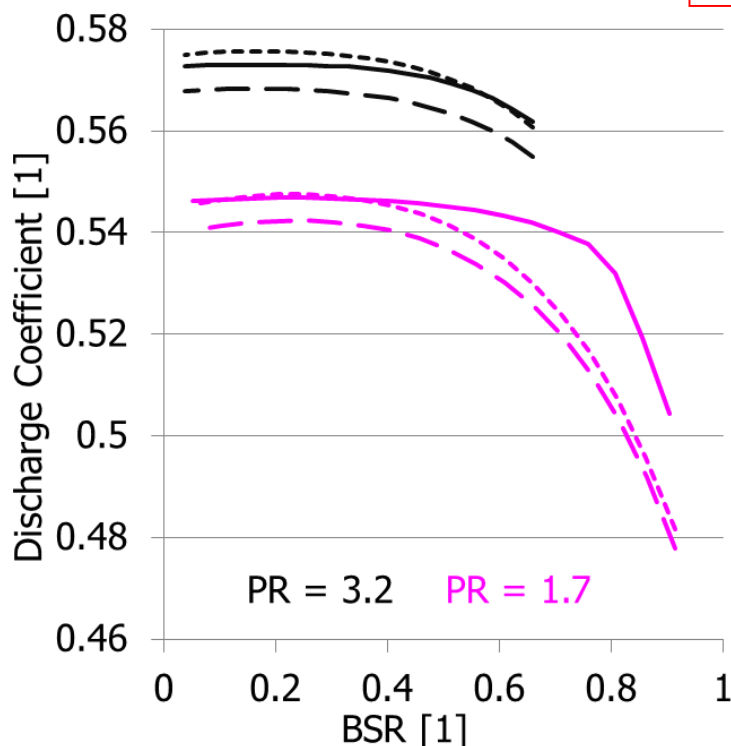
- VUT:

- virtuální rotor turbodmychadla – simulace + funkční vzorek

Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

1-D model radiální turbíny:

Simulace: uzavřený stav, C12VGT – RACK=0



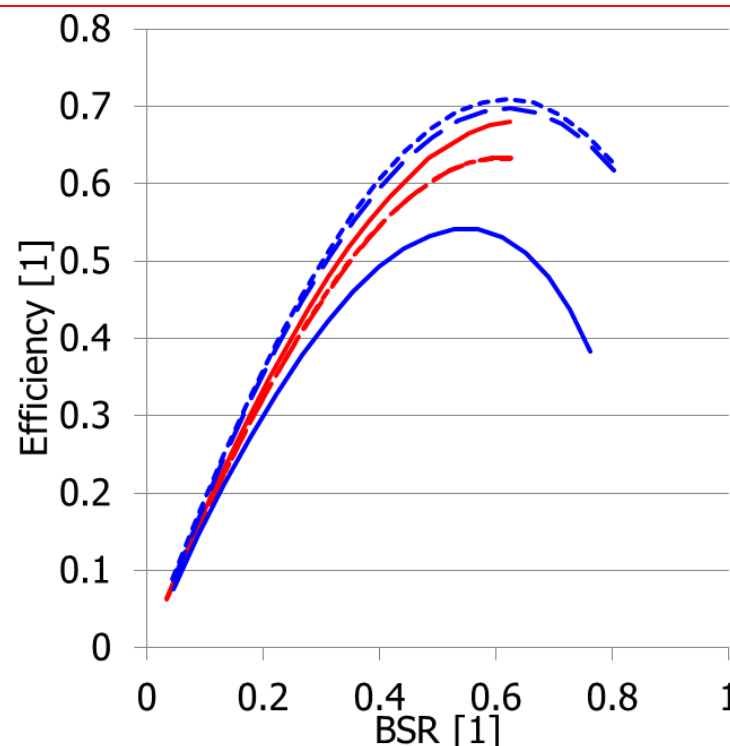
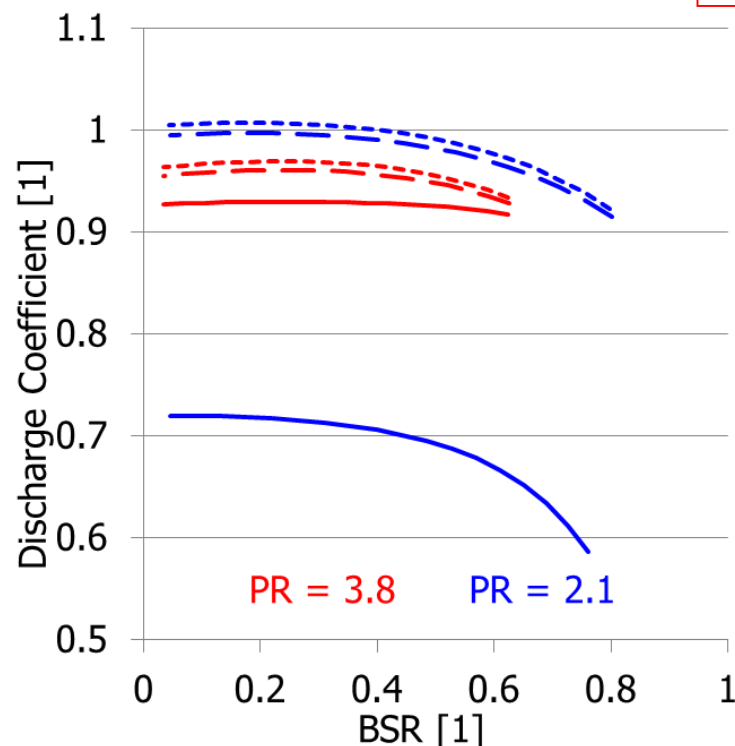
— Twin Scroll - pressure difference 0.5 bar
 - - - Twin Scroll - symmetrical

- - - Single Scroll

Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbiny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

1-D model radiální turbíny:

Simulace: uzavřený stav, C12VGT – RACK=1



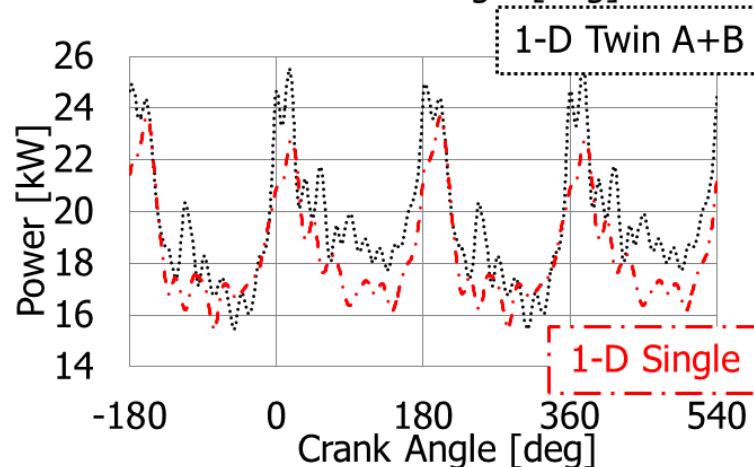
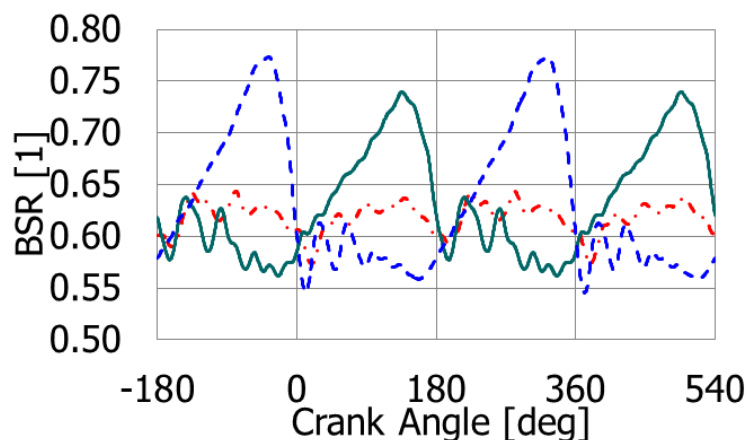
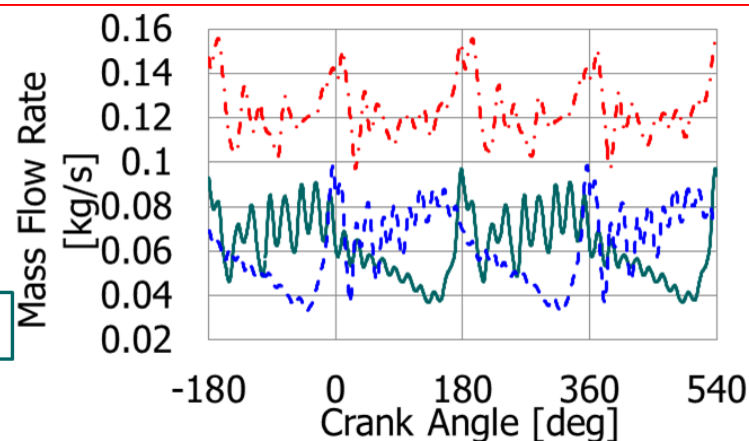
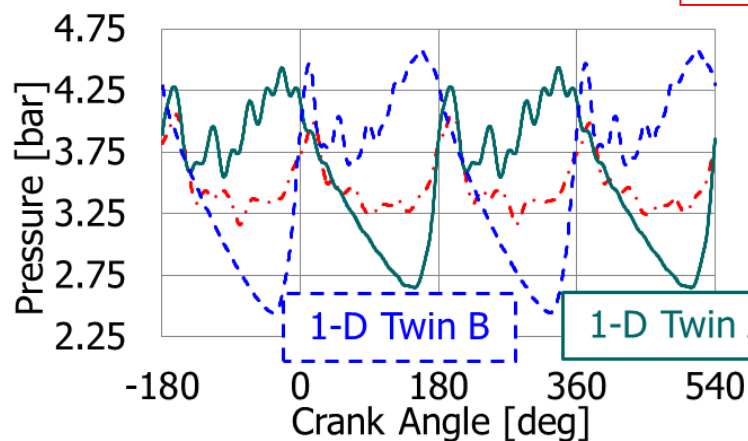
———— Twin Scroll - pressure difference 1.5 bar
 - - - - - Twin Scroll - symmetrical

- - - - - Single Scroll

Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

1-D model radiální turbíny:

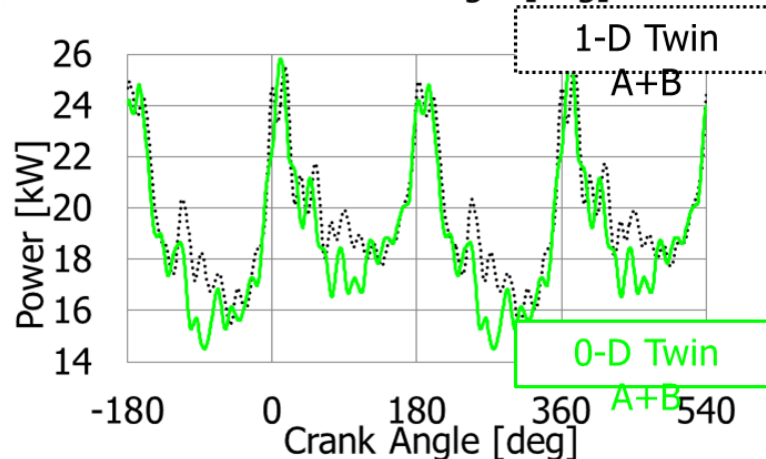
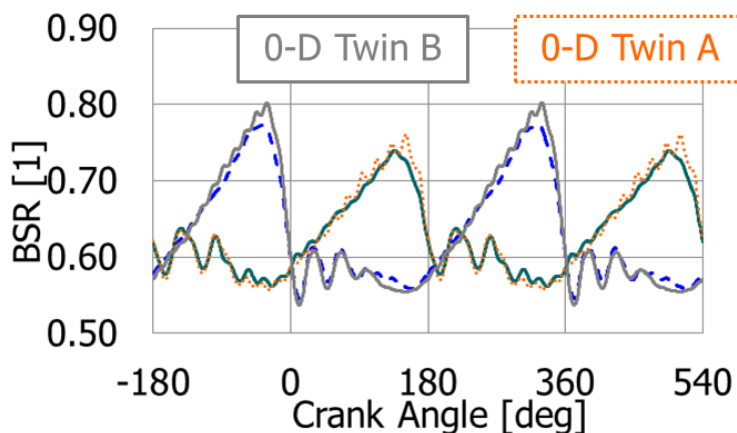
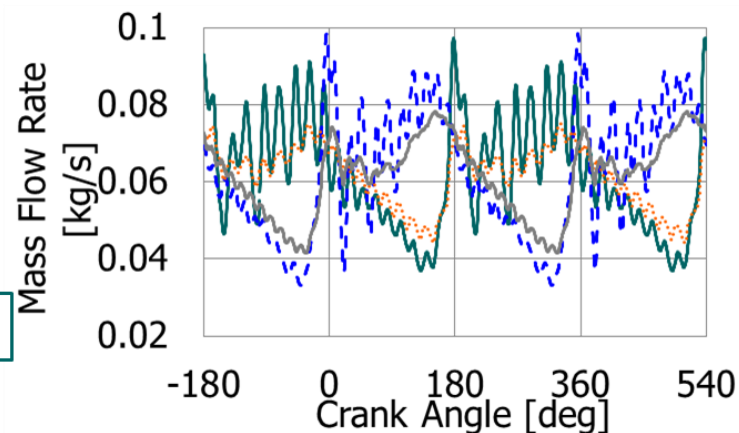
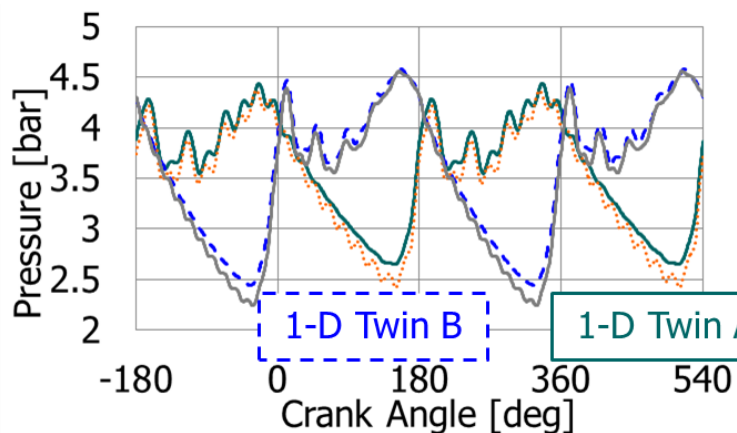
Simulace: 4-válcový vznětový motor, C12VGT



Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

1-D model radiální turbíny:

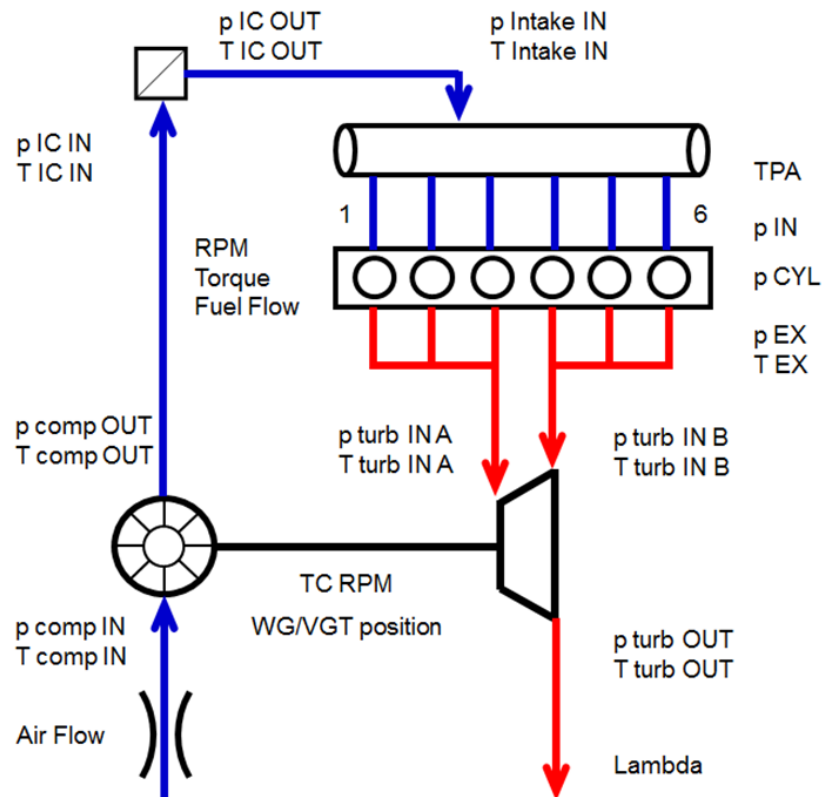
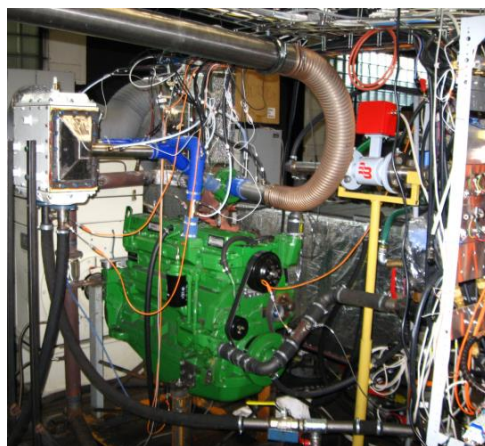
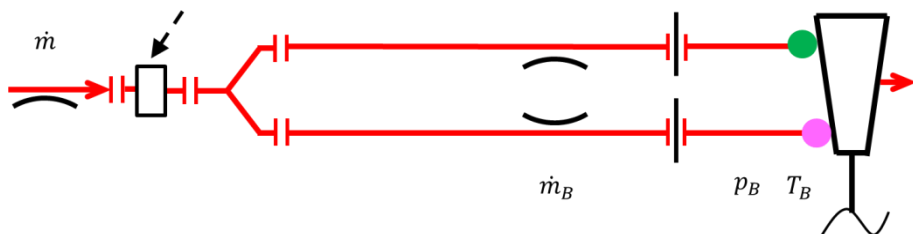
Simulace: 4-válcový vznětový motor, C12VGT



Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

1-D model radiální turbíny:

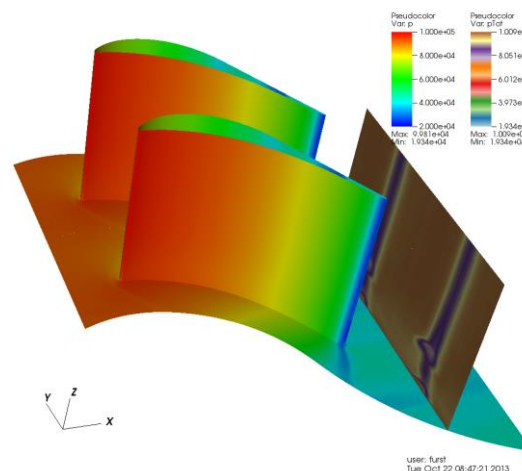
Experimenty: zkušební stav + nestac, provoz na motoru, C12VGT



Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Zjednodušený CFD model turbíny:

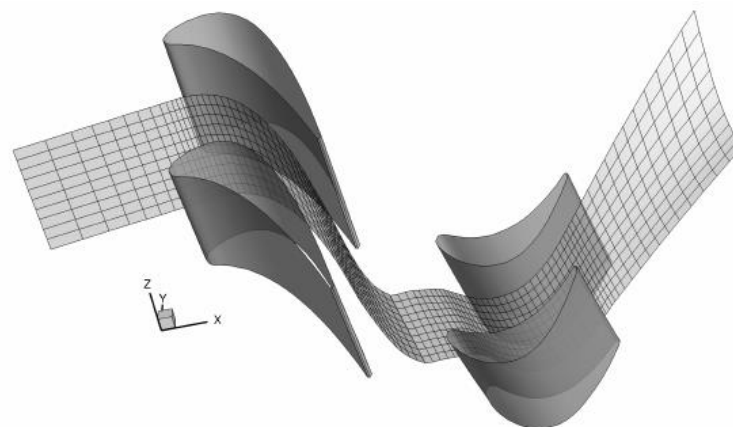
- etapa: axiální turbína
- další vývoj – radiální turbína, kompresor
- 2.5D metoda: Eulerovy rovnice + empirické modely , výpočet do 10 min.
- meridiální plocha



Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Zjednodušený CFD model turbíny:

- spalovací turbína
- turb. stupeň Brite (NASA)
- H => patní řez
- M => střední řez
- T => špičkový ř.

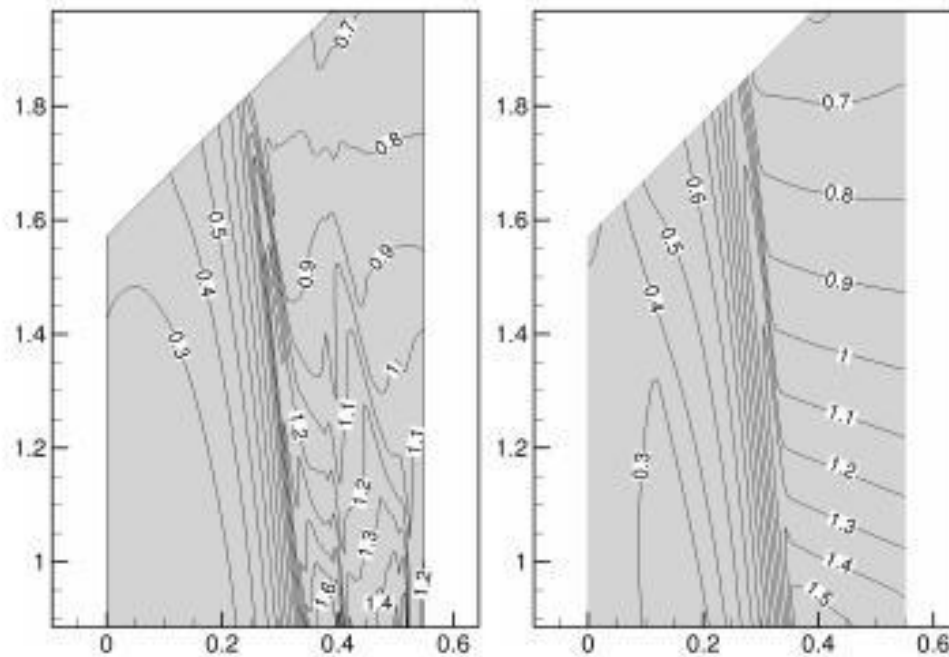


Case	$\dot{m}$ [kg/s]	α_1^H [deg]	α_1^M [deg]	α_1^T [deg]	β_1^H [deg]	β_1^M [deg]	β_1^T [deg]	β_2^H [deg]	β_2^M [deg]	β_2^T [deg]
The design value [5]	3.708	74.4	73.0	71.8	59.3	50.8	39.3	58.7	59.6	60.7
The experiment [5]	3.856		72.2			48.3			56.4	
3D Euler [1]	3.950		72.7			48.0			55.0	
The presented method	3.768	73.5	73.0	73.0	59.5	52.2	44.2	58.8	59.7	60.6

Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Zjednodušený CFD model turbíny:

- statorová axiální lopatková řada
- transsonické proudění
- isočáry Machova čísla v meridiální rovině
- 3D výpočet + Eulerovy rovnice (vlevo) vs vyvíjená metoda vpravo



Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Rychlý model motoru vhodný pro přiřazení turbodmychadla:

- qq.

Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přepínávané motory

Výkonová turbína:

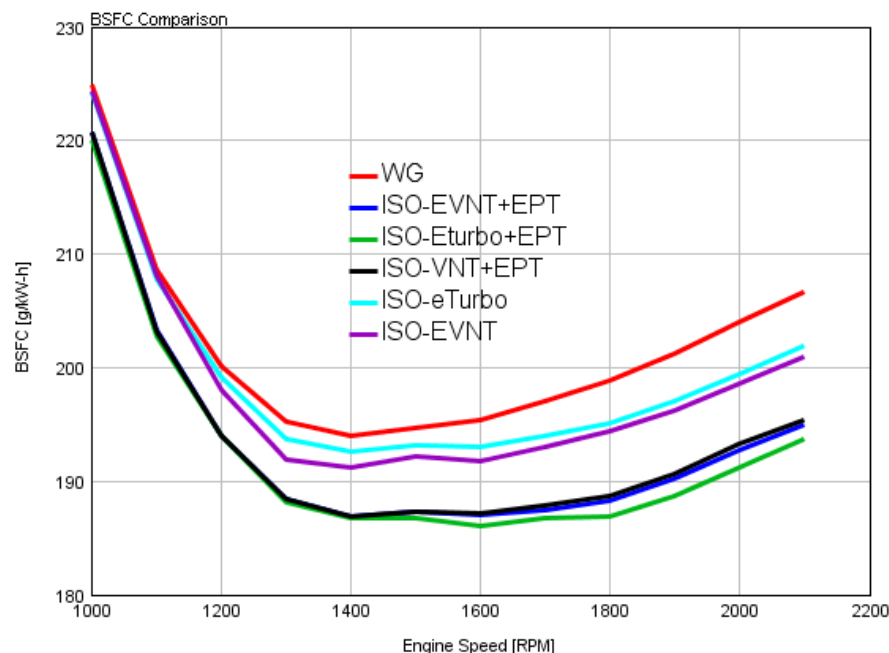
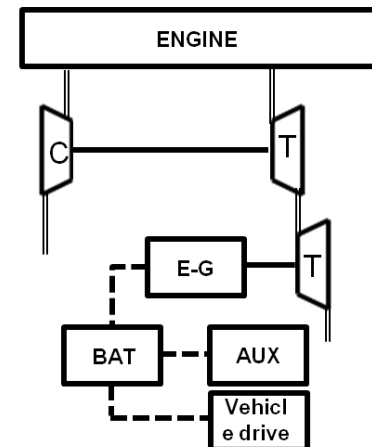
- analyzované varianty:

- VGT + ePT
- eVGT + ePT
- eTurbo + ePT
- eVGT
- eTurbo

LEGEND:

E-G: Electric Generator
E-M: Electric Motor
E-MG: Electric Motor-Generator
BAT: Battery/Supercapacitor
AUX: Vehicle/Engine Electrical Auxiliary Accessories

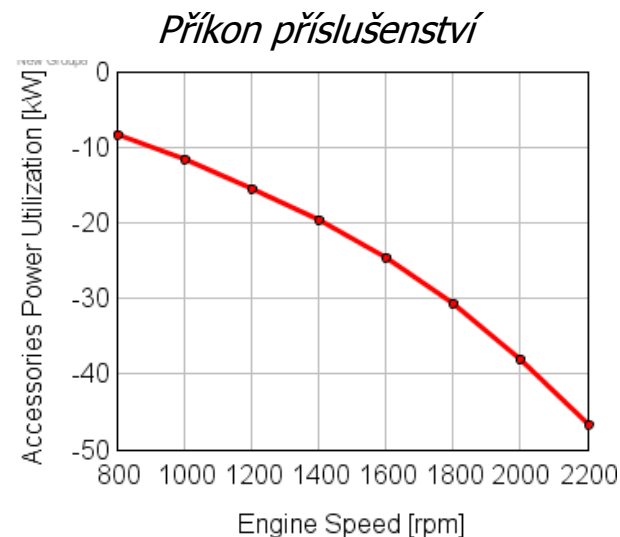
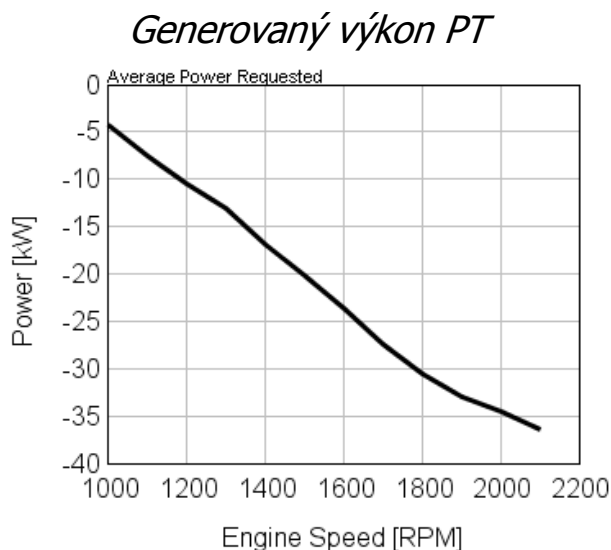
VNT+EPT



Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Výkonová turbína:

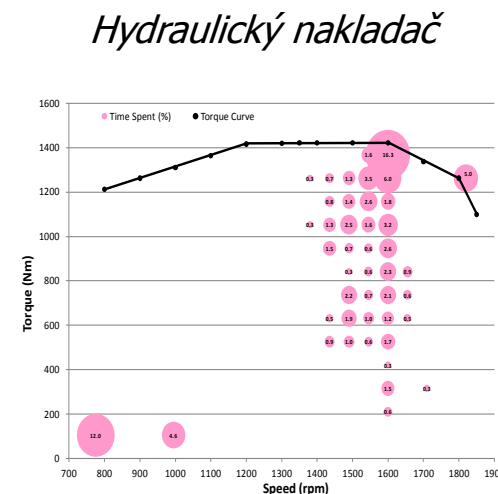
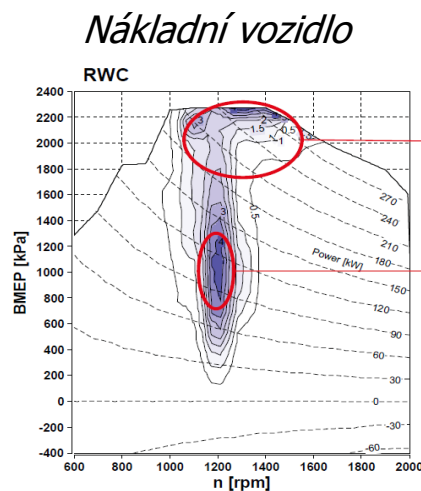
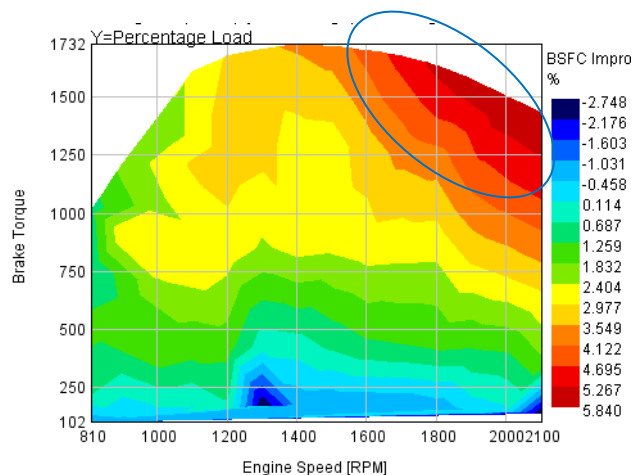
- výkonová turbína může pokrýt požadavky (až 80%) na pohon příslušenství.



Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Výkonová turbína:

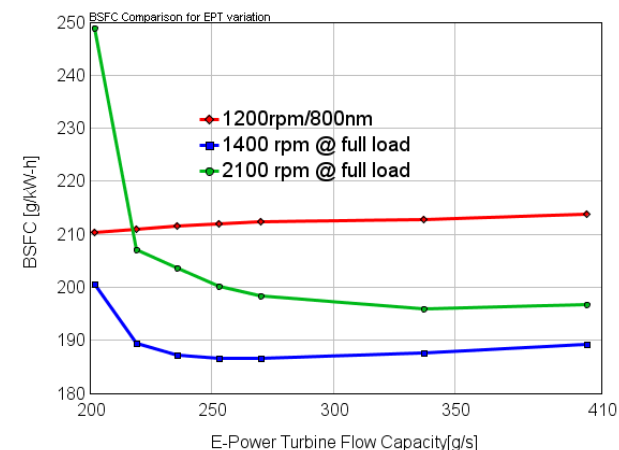
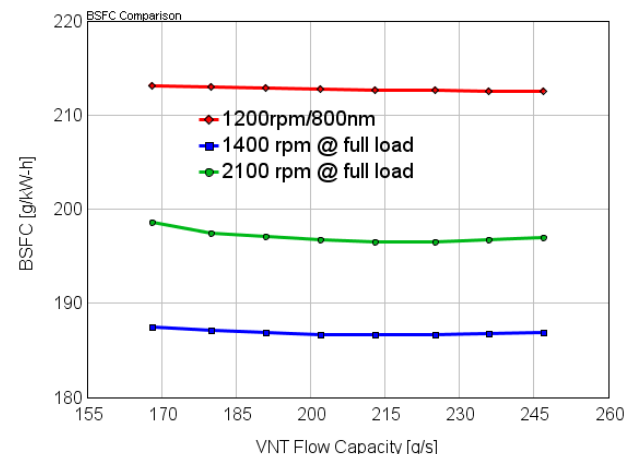
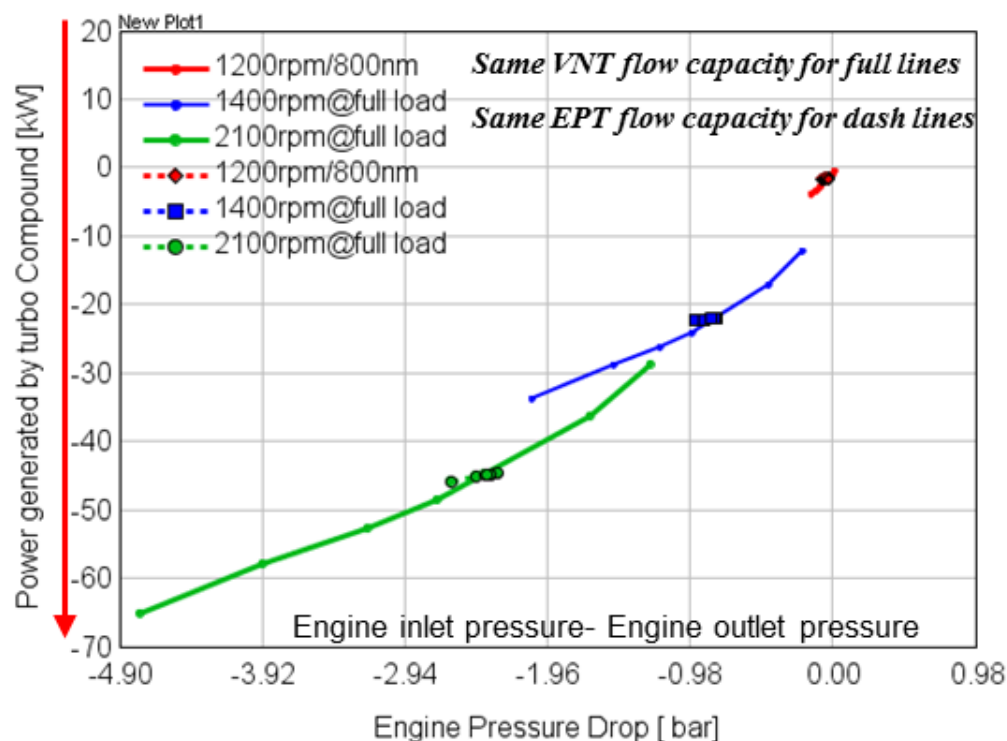
- výhody výkonové turbíny se projeví hlavně při vysokém zatížení.



Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Výkonová turbína:

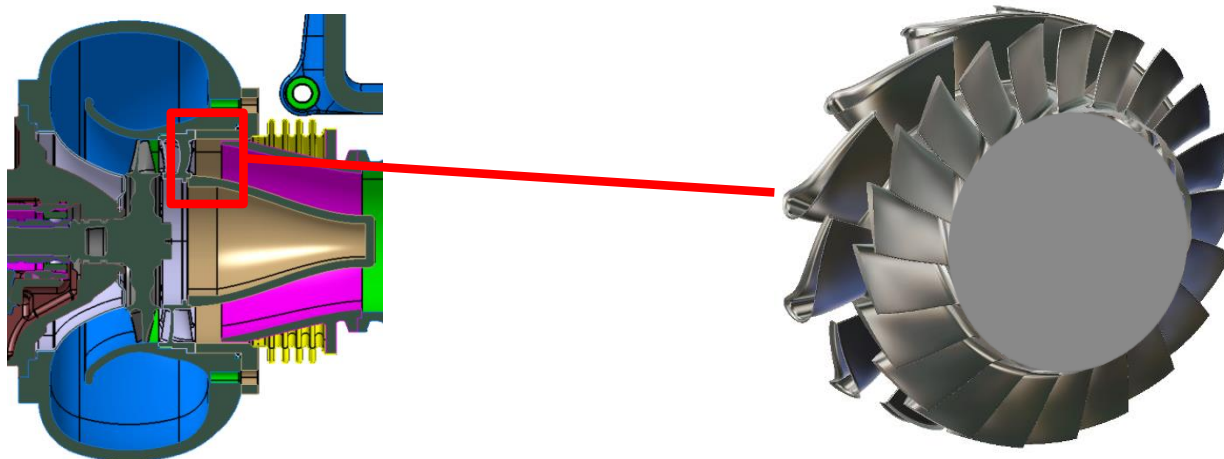
- optimalizace „rozdělení“ výkonu mezi TD a PT.



Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Výkonová turbína:

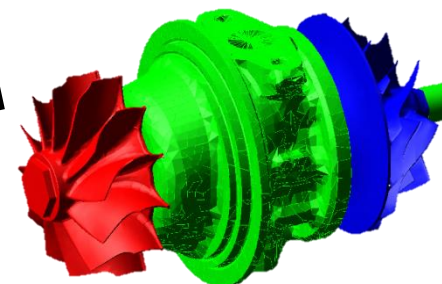
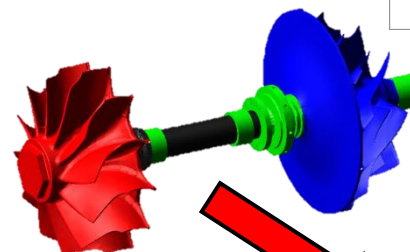
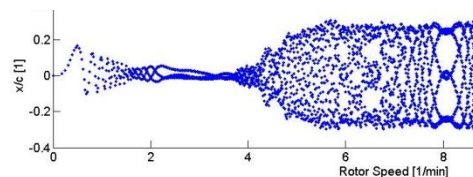
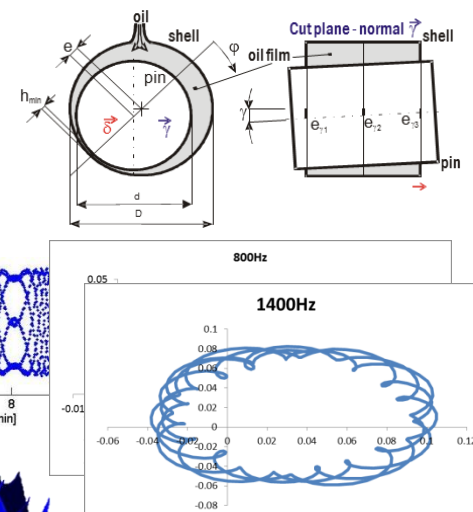
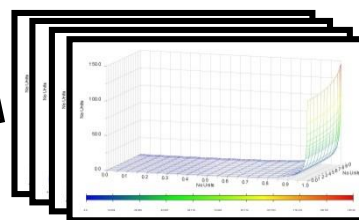
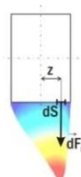
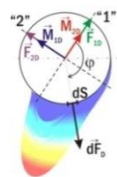
- použití axiální turbíny pro PT (menší tlaková ztráta při vyšším výkonu při srovnání s radiální turbínou, lepší zástavbové poměry).



Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

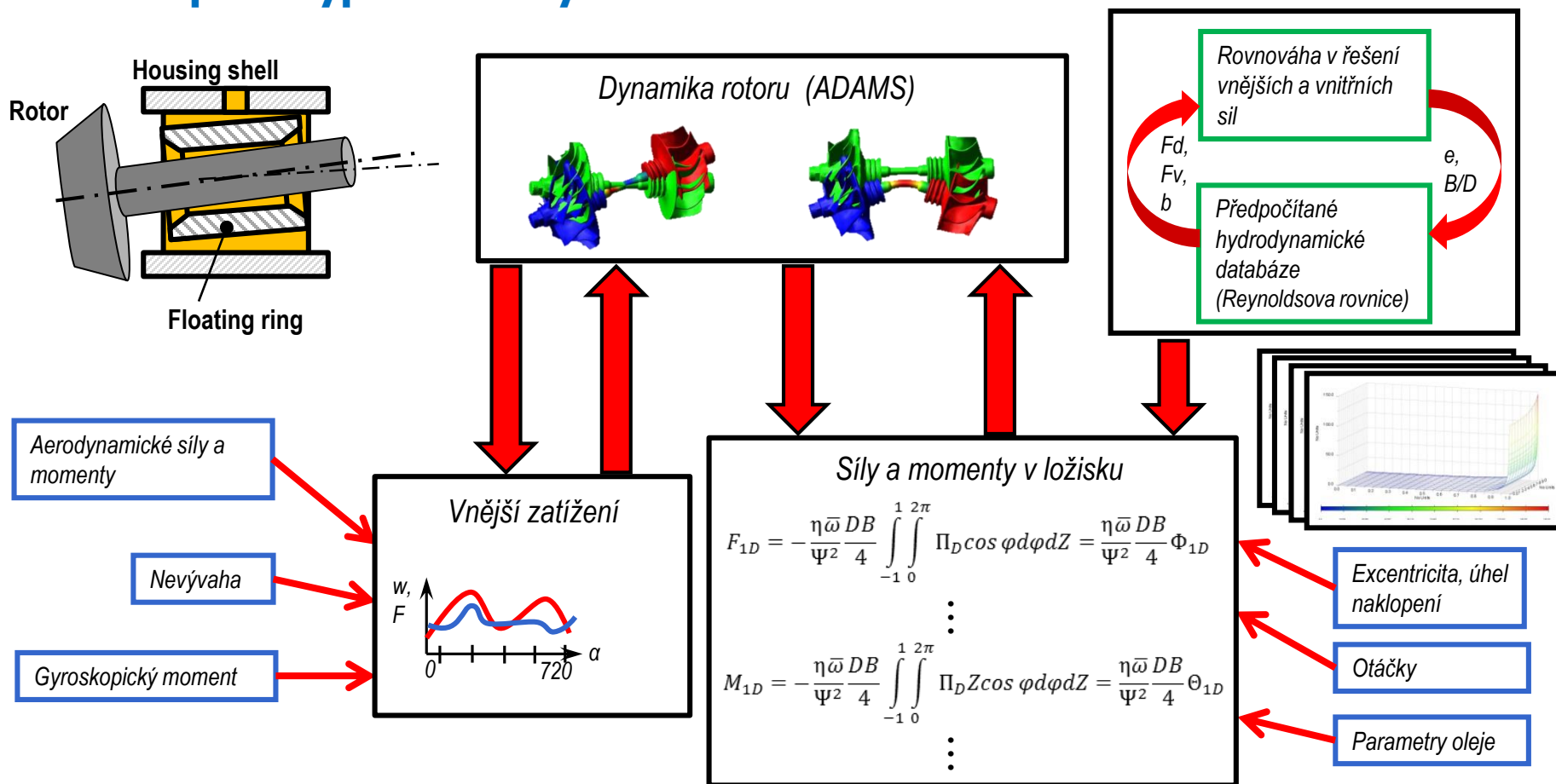
Virtuální prototyp turbodmychadla:

- Dílčí přínosy na výpočtovém modelu
 - Model průtoku a ohřátí oleje v ložisku
 - Aplikace vlivu naklopení v rovině nejmenší olejové vrstvy
 - Vývoj submodelu axiálního ložiska
- Další rozvinutí možností postprocesingu pro hodnocení stability rotoru:
 - Trajektorie středu čepu
 - Analýza typu "bifurcation" a Poincareho mapy
- Rozvinutí celkových možností modelu
 - Použití pružného modelu skříně na bázi MKP
 - Zjednodušení způsobu generování HD databází



Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

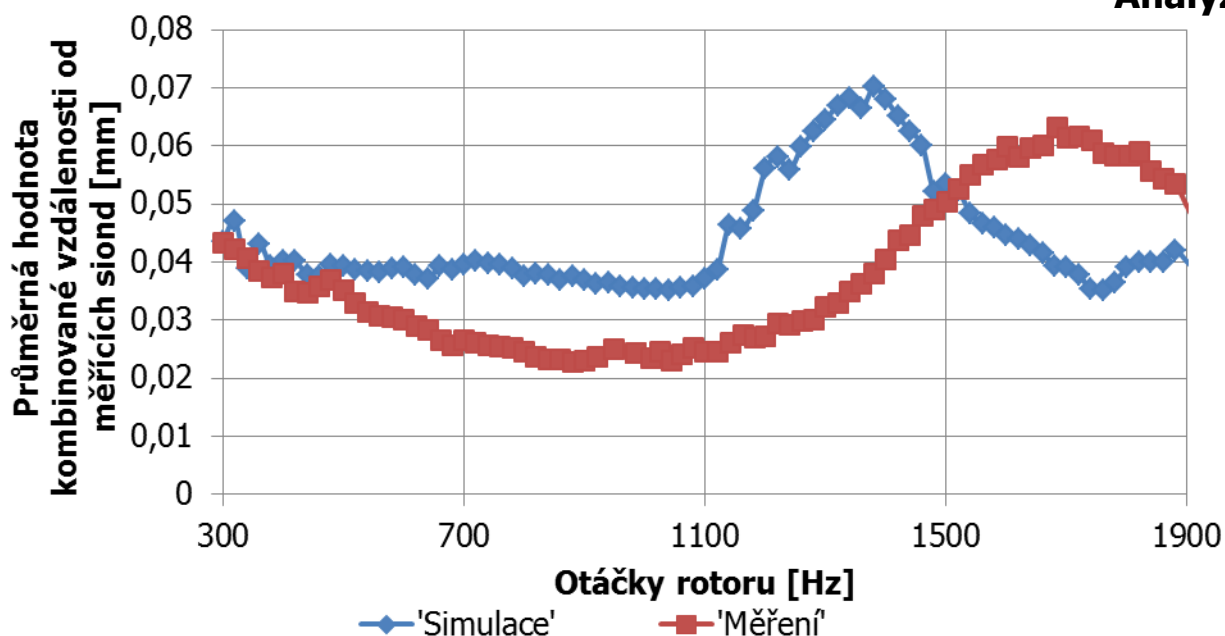
Virtuální prototyp turbodmychadla:



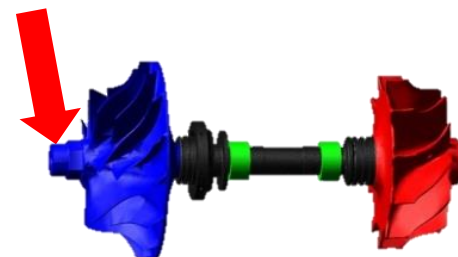
Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Virtuální prototyp turbodmychadla:

Výchylka rotoru turbodmychadla



Analyzované místo

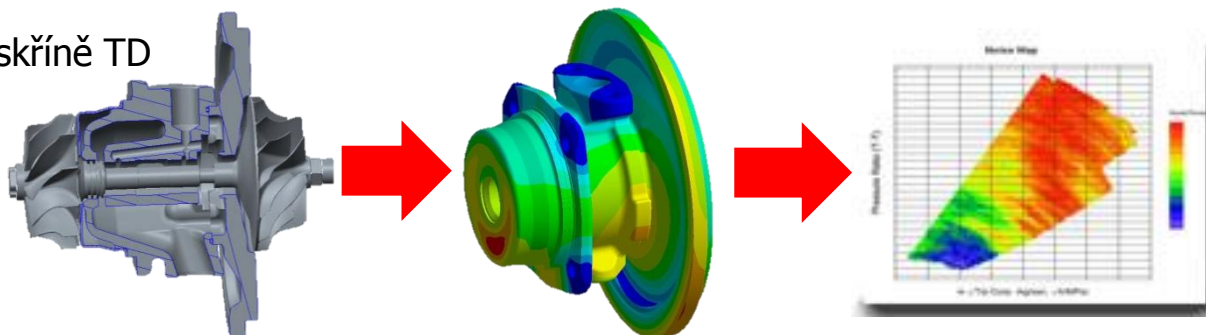


Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

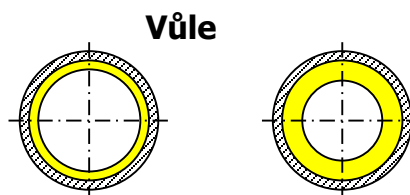
Virtuální prototyp turbodmychadla:

– Možné aplikace modelu:

- Analýza hluku a vibrační skříně TD

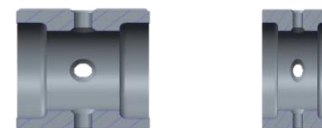


- Parametrické studie ložisek

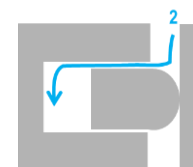
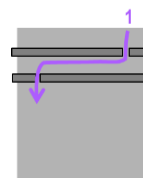


- Snížení ztrátového výkonu

Šířka/průměr



- Propojení s analýzou profuku pístními kroužky



Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Plnění dílčích cílů, milníků a výstupů – ČVUT:

WP06M01 (2014): Rychlý 0-D model motoru (včetně turbodmychadla) pro vyhodnocení experimentálních dat a úvodní návrh turbodmychadla.

WP06C05 (2014): Zjednodušený CFD nástroj vhodný pro kalibraci 1-D modelu turbíny/kompresoru.

Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Plnění dílčích cílů, milníků a výstupů – Honeywell:

WP06M02 (2014): Výběr konceptu systému přeplňování s výkonovou turbínou, konstrukční studie realizace vybraného konceptu, plán vývoje a optimalizace turbíny pomocí analytických simulačních nástrojů s podporou testování a ověřování na zkušebně.

Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Plnění dílčích cílů, milníků a výstupů – VUT:

WP06M03 (2014): Turbodmychadlo s optimalizovanými parametry rotoru a nekonvenčním provedením hydrodynamických kluzných ložisek.

WP06C04 (2014): Ověření funkce nově navrženého turbodmychadla.

Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Přehled splatných výsledků a jejich plnění – ČVUT:

WP06V004: Metoda proudového výpočtu elementů průtočné části turbíny.
(2014)

- Furst, J., Fort, J., Halama, J., Holman, J., Karel, J., Prokop, V., Trdlička, D., "Numerical Simulation of Flow in a Meridional Plane of Multistage Turbine," Finite Volumes for Complex Applications VII-Elliptic, Parabolic and Hyperbolic Problems, p. 847-855, Springer International Publishing, 2014.

WP06V006: Rychlý 0-D model motoru včetně turbodmychadla. (2014)

- Qqq Macek

Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Přehled splatných výsledků a jejich plnění – Honeywell:

WP06V005: Studie realizace vybraného konceptu využití energie výfukových plynů. (2014)

- “Turbocompound unit configuration study”, internal Honeywell report 14-1241.

Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Přehled splatných výsledků a jejich plnění – VUT:

WP06V007: Funkční vzorek turbodmychadla. (2014)

- Funkční vzorek rotoru turbodmychadla (Honeywell + VUT v Brně)

Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

Návrh dalšího postupu včetně návrhů na spolupráci a realizaci výstupů

ČVUT: dle plánu + spolupráce s WP20 při „ladění“ řízení motoru/simulace

Honeywell: dle plánu (výkonová turbína)

VUT: oficiální ukončení aktivit v rámci WP06

Poděkování za podporu balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

??? Poděkování???

??Přínosy aktivit v rámci balíčku??

Popis plnění balíčku WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

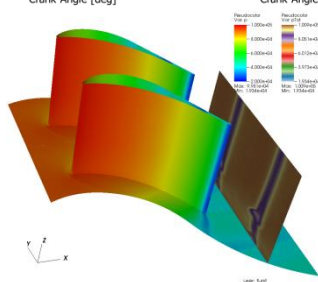
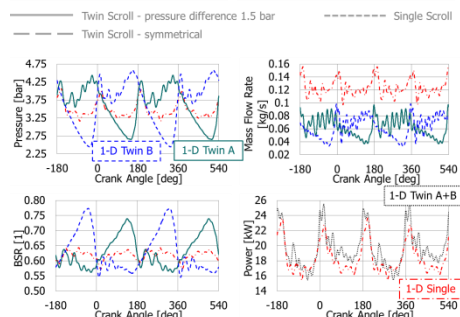
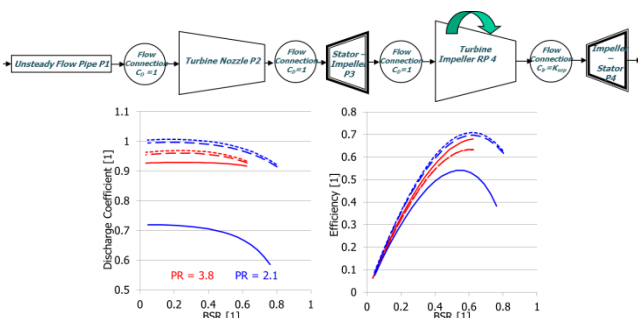
Přílohy

Pokud jsou zapotřebí pro elektronickou formu sborníku.

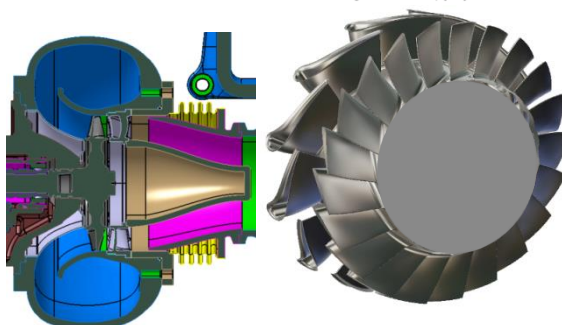
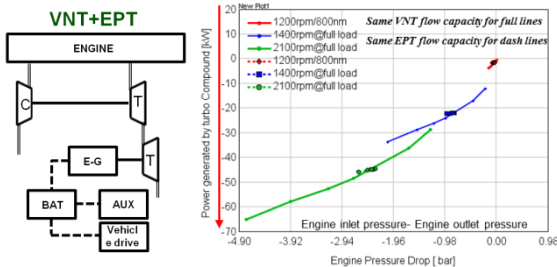
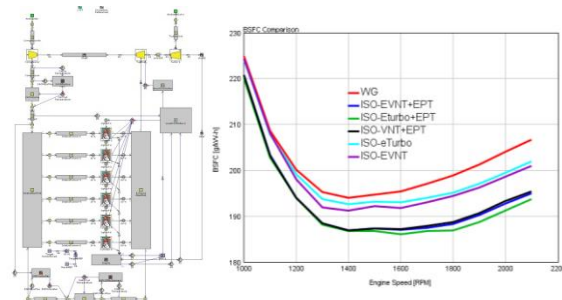
Rozsah libovolný do celkového pdf rozsahu presentace 10 MB.

Výťah z prací 2012-2014 na WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přeplňované motory

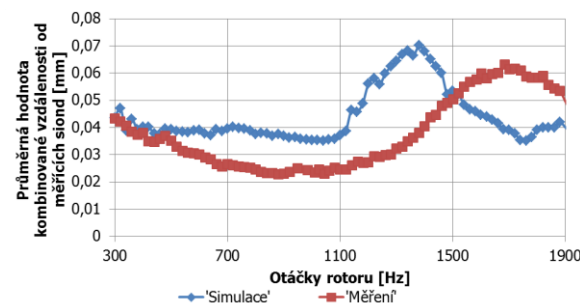
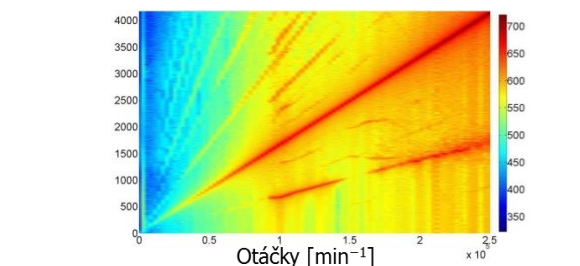
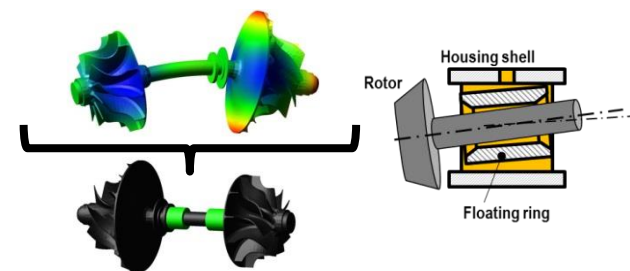
ČVUT: CFD modely turbíny



Honeywell: výkonová turbína



VUT: virtuální prototyp turbodmychadla



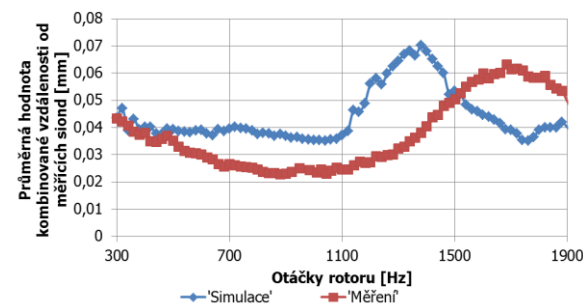
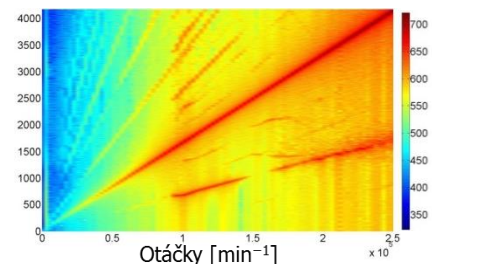
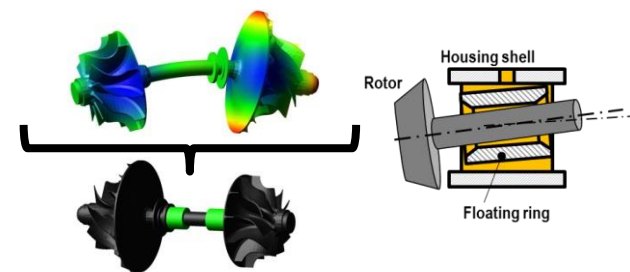
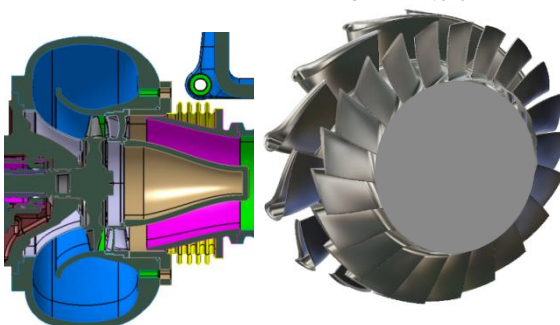
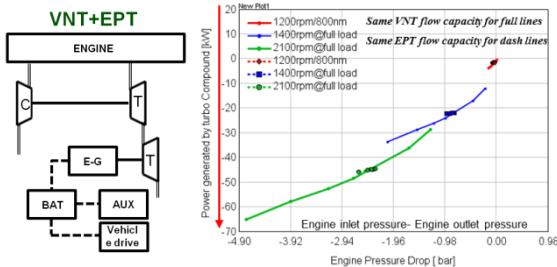
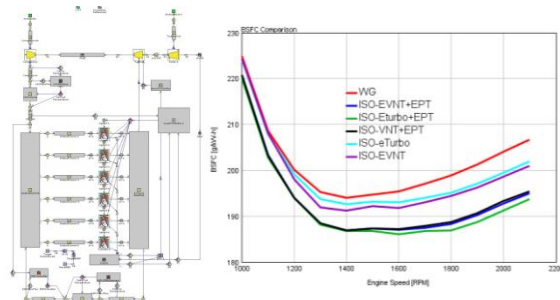
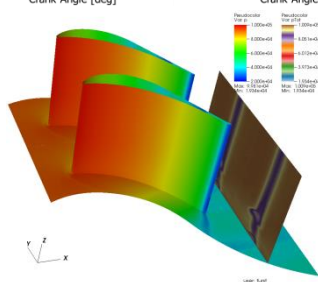
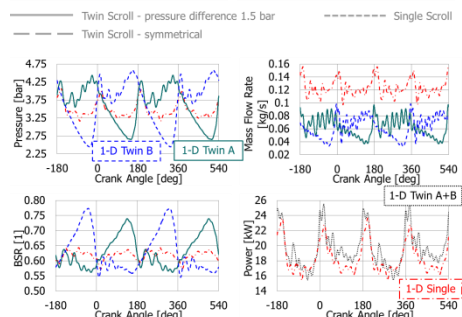
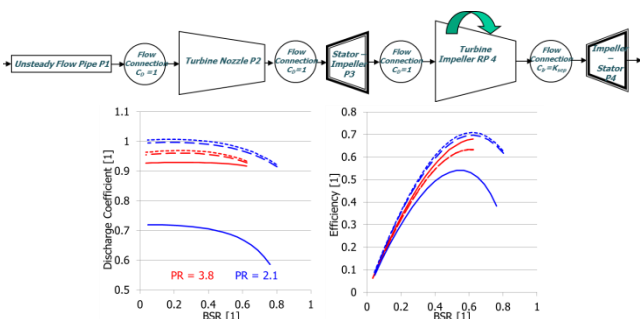
Results of WP06 Turbochargers and power turbines – aerodynamic optimization, rotor dynamics and matching for highly efficient engines –

Achieved 2012-2014

ČVUT: CFD turbine models

Honeywell: power turbine

VUT: virtual turbocharger

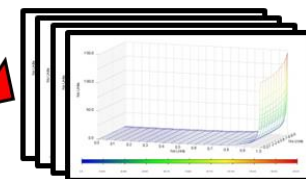
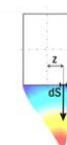
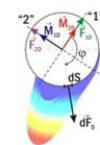
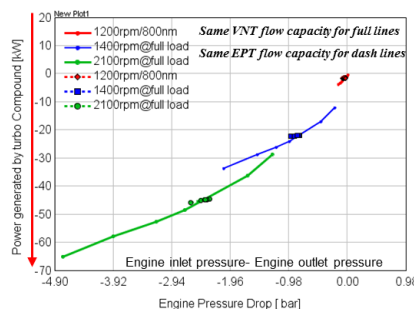
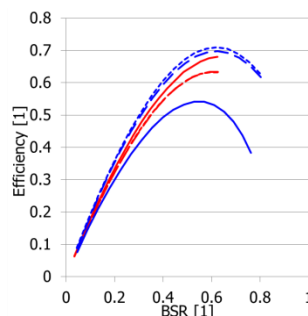
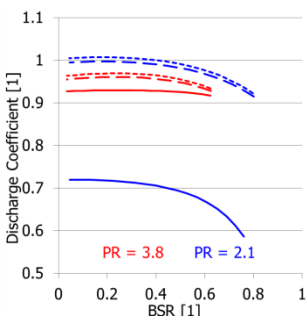
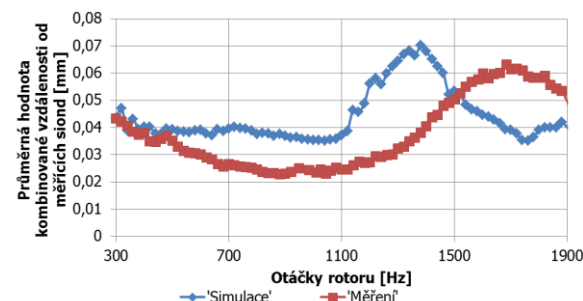
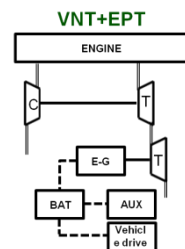
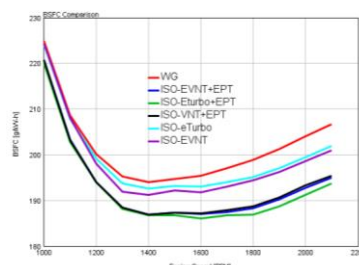
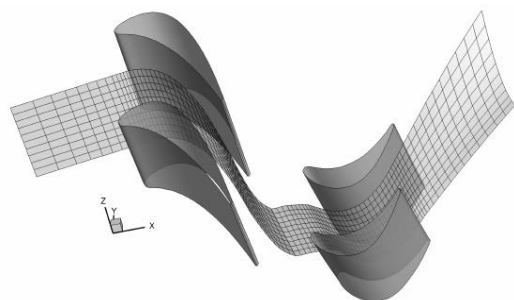


Výťah z provedených prací na WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – aerodynam. optimalizace, dynamika rotorů a přiřazení pro účinné přepřínované motory

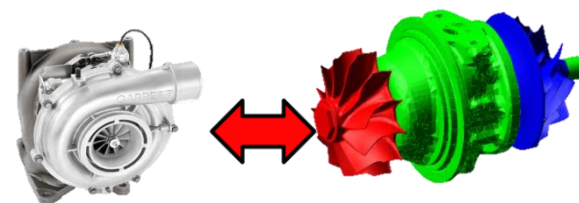
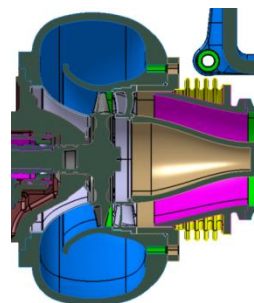
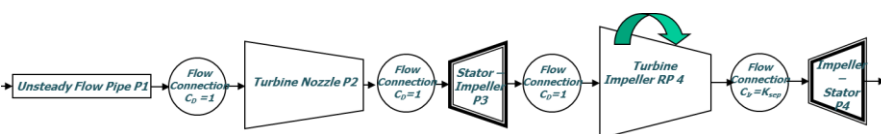
ČVUT: CFD modely turbíny

Honeywell: výkonová turbína

VUT: virtuální prototyp turbodmychadla



— Twin Scroll - pressure difference 1.5 bar
- - - Single Scroll
- - - Twin Scroll - symmetrical

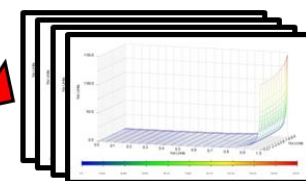
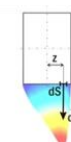
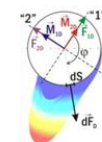
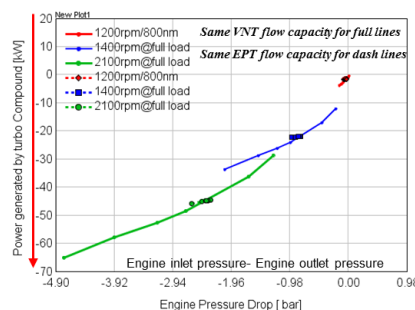
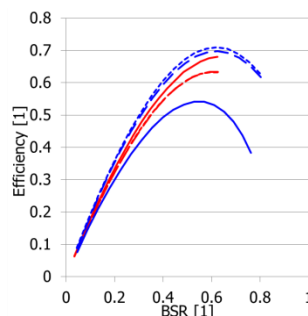
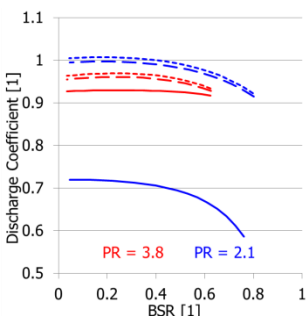
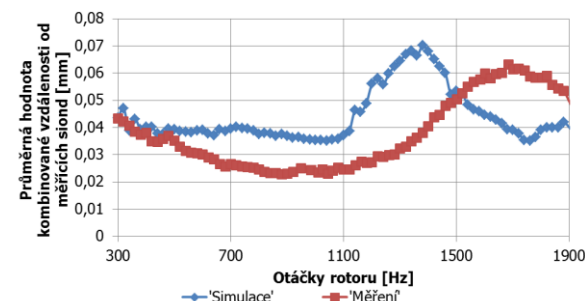
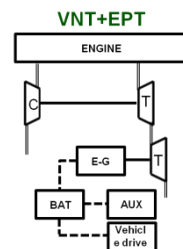
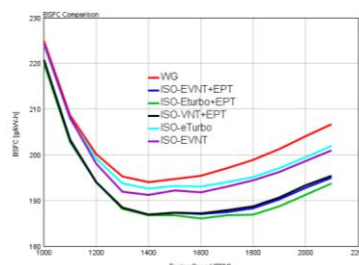
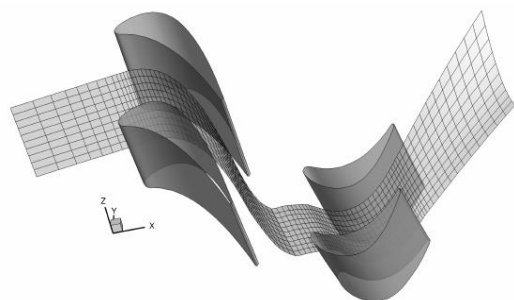


Abstract 2014 of WP06 Turbodmychadla a výkonové turbíny – Turbochargers and power turbines – aerodynamic optimization, rotor dynamics and matching for highly efficient engines

ČVUT: CFD turbine models

Honeywell: power turbine

VUT: virtual turbocharger



— Twin Scroll - pressure difference 1.5 bar
- - - Single Scroll
— — — Twin Scroll - symmetrical

