

# ASOCIACE STROJNÍCH INŽENÝRŮ



**Bulletin Asociace strojních inženýrů vydává pro své členy**  
**Adresa: ASI, Technická 4, 166 07, Praha 6**  
**[www.asicr.cz](http://www.asicr.cz)**

CALL FOR PAPERS

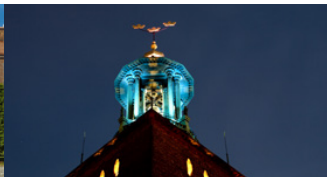


**12<sup>TH</sup> EUROPEAN CONFERENCE ON**  
**TURBOMACHINERY**  
FLUID DYNAMICS AND THERMODYNAMICS

3-7 APRIL 2017 STOCKHOLM SWEDEN



KTH Royal Institute of Technology



**„Není moudrý ten, kdo ví mnoho, ale, ten, kdo ví, co je třeba.“**

**Ezop**

## OBSAH

<i>Doc. Ing. Daniel Hanus, CSc., EUR ING, AFAIAA</i> <b>Praha 2023 – Světový inženýrský konvent</b> .....	5
<i>Ing. Michal Hoznedl, Ph.D.</i> <b>Wet Steam Conference Prague 2016</b> .....	7
<i>Dr. Ing. Blanka Vičková</i> <b>Hlavním úkolem A.S.I. Klub Plzeň byla příprava a realizace konference Turbostroje 2016</b> .....	8
<i>Prof. Ing. Miroslav Šťastný DrSc</i> <b>Cesta do Cách</b> .....	9
<i>Ing. Miroslava Poskočilová</i> <b>Noc vědců 2016</b> .....	11
<i>PhDr. Jan Stolár, ŠKODA JS a.s.</i> <b>60 let pro jadernou energetiku - tradice, kvalita a inovace</b> .....	12
<b>Západočeská univerzita v Plzni dovršila 28. září 2016 dvacet pět let své existence</b> .....	16
<i>Anna Janelová</i> <b>Rozhovor s Dr. Ing. Jaroslavem Synáčem</b> .....	17
<i>Ing. Antonín Živný a kol.</i> <b>Simulace proudění v NT tělese parní turbíny 1 090 MW na sytou vodní páru</b> .....	20



## INVITATION

### 13th International Symposium on Experimental and Computational Aerothermodynamics of Internal Flows,

May 8-11, 2017, Okinawa, JAPAN

<http://mechsys.tec.u-ryukyu.ac.jp/isaif13/>

#### Topics of Interest

- Flows in compressors and turbines, intakes, nozzles and channels
- Transonic, supersonic flows
- Compressible internal flows
- Laminar and turbulent boundary layer flows
- Flow induced noise & vibrations and aerodynamic acoustics
- Multiphase flows and reacting flows
- Environmental flows and renewable energy
- Bio-fluidics and micro & nano-flows
- Internal flow measurement and control
- Mass and Heat transfer

#### Important Dates

December 12, 2016  
Deadline for abstract submission  
January 10, 2017  
Notification of abstract acceptance  
February 10, 2017  
Deadline pre-registration  
March 6, 2017  
Full Paper Submission

#### Registration Fee

Pre-registration Fee	\$500 (¥50000)
On site	\$600 (¥60000)
Student	\$300 (¥30000)
Accompanying Person	\$200 (¥20000)



Další informace: **Ing. Martin Luxa, Ph.D.** ([luxa@it.cas.cz](mailto:luxa@it.cas.cz))  
člen mezinárodní vědecké komise symposia



Ústav termomechaniky  
AV ČR, v.v.i.

#### Redakční rada

Toto číslo Bulletinu připravil redakční kolektiv Klubu Plzeň ve složení:  
Dr. Ing. Blanka Vlčková, Ing. Miroslava Poskočilová.

Titulní list: Areál průmyslového partnera Doosan Škoda Power s.r.o., Plzeň

# Praha 2023 – Světový inženýrský konvent

*Doc. Ing. Daniel Hanus, CSc., EUR ING, AFAIAA*

*Prezident ČSVTS a A.S.I. ČR*

Valné shromáždění Světové federace inženýrských organizací WFEO na svém jednání v Kyótu 5. prosince 2015 jednomyslně hlasovalo pro nabídku Českého svazu vědeckotechnických společností (ČSVTS) uspořádat Světový inženýrský konvent – World Engineering Convention WEC v roce 2023 v Praze. Světový inženýrský konvent WEC 2023 bude ČSVTS organizovat ve spolupráci se smluvním partnerem, GUARANT international spol s r.o., organizací, která disponuje vynikajícími schopnostmi a zkušenostmi z množství úspěšně zajišťovaných světových kongresů.

WFEO je iniciátorem světových setkání inženýrů, která jsou pořádána každé čtyři roky jeho členskými organizacemi v různých zemích světa. Jde o vrcholný inženýrský vědeckotechnický kongres globálního charakteru. O pořádatelství těchto vrcholných inženýrských kongresů se mohou ucházet členské organizace WFEO v soutěži s dalšími a o udělení souhlasu rozhoduje Valné shromáždění WFEO, zpravidla čtyři roky před konáním kongresu. O získání souhlasu s pořádáním této naprosto prestižní akce, která se koná pod záštitou OSN, je mezi členskými organizacemi

WFEO přirozeně veliký zájem a pořadatelstvím jsou pověřovány ty nejspíchovější inženýrské organizace vyspělých zemí světa. Světový inženýrský konvent je považován za inženýrskou Olympiádu, je to obdoba Olympijských her.

Světová federace inženýrských organizací WFEO je globální inženýrskou organizací sdružující více než 20 milionů inženýrů z více než 90 zemí světa, která byla založena v roce 1968 z iniciativy skupiny inženýrských organizací v Paříži pod patronací UNESCO. ČSVTS je zakládajícím členem této celosvětové inženýrské a vědecko - technické federace a podílí se na její činnosti účastí v pracovních komisích.

Nejvýznamnější aktivitou WFEO je pořádání inženýrských konventů, které jsou odborně zaměřovány na problémy globálního vývoje lidstva, které spadají do kompetence inženýrských řešení. Čtyřletá perioda jejich konání podtrhuje význam této aktivity a umožňuje tak lépe precizovat odborné zaměření s ohledem na aktuální problémy. Závěry a doporučení z jednání jsou významným přínosem a podkladem pro zásadní politická rozhodnutí ovlivňující vývoj společnosti do budoucnosti.



Světové inženýrské konventy WEC zahrnují především kongres uvádějící orální a posterové prezentace špičkových odborníků z řady oblastí inženýrství, vědy a techniky, dále rozsáhlou průmyslovou a vědeckou výstavu, diskusní fóra, panelové diskuse a technické exkurze. Souběžně s programem kongresu probíhají pracovní jednání odborných komisí a prezidia WFEO, včetně Valného shromáždění WFEO. Vrcholnou vědeckou úroveň konventů WEC dodávají vyzvané přednášky špičkových světových kapacit, nositelů Nobelovy ceny a vrcholnou společenskou úroveň pak dodávají osobní účasti při zahájení hlavy států, členové vlád a vrcholní představitelé OSN a mezinárodních organizací. Inženýrských konventů WEC se obvykle účastní zhruba 3500 až 5000 účastníků, délka trvání všech odborných akcí, včetně doprovodného odborného programu a jednání WFEO, je 7 dnů.

Minulý Světový inženýrský konvent WEC 2015 se konal v Mezinárodním konferenčním centru v japonském Kyótu v prosinci 2015 za osobní účasti korunního prince, ministerského předsedy a řady ministrů japonské vlády, pod heslem „Engineering: Innovation and Society“.

Součástí kongresu byla rozsáhlá průmyslová a vědecká výstava představující poslední inovační výrobky a systémy v řadě průmyslových odvětví, zejména dopravy, energetiky a aplikací umělé inteligence a robotiky. Na obrázku je nejnovější osobní automobil Toyota MIRAI s elektrickým vodíkovým pohonem s palivovými články.

Inženýrské konventy WFEO mají již šestnáctiletou tradici. První inženýrský konvent WEC 2000 se konal v Hannoveru a organizátorem byl Německý svaz inženýrů VDI, druhý WEC 2004 se konal v Shanghai a organizátorem byla Čínská asociace pro vědu a techniku CAST, třetí WEC 2008 se konal ve městě Brasílii a organizátorem byla Federace brazilských inženýrů FEBRAE, čtvrtý WEC 2011 se konal v Paláci národů OSN v Ženevě a organizátorem byl Švýcarský svaz inženýrů a architektů SIA a konečně současně poslední, v pořadí pátý WEC 2015, se konal v Kyótu a organizátorem byla Japonská federace inženýrských společností JFES.



*Jednání Valného shromáždění WFEO, na kterém bylo hlasováno o místě konání WEC 2023 po přednesení návrhu ČSVTS.*



*Po úspěšném získání hostitelství sedmého WEC 2023 s výkonným výběrem WFEO. Jedinou ženou (z čelního pohledu vlevo od autora článku) je nově zvolená prezidentka WFEO, President-Elect WFEO Dr. Ing. Marlene Kanga, prezidentka Australského svazu inženýrů, vlevo od ní Past-President WFEO Ing. Marwan Abdelhamid, vpravo od autora článku President FEANI, prof. Dr. Ing. José Vieira, dále Vice-President WFEO Ing. Črtomir Remec a President WFEO Ing. Jorge Spitalnik.*

O konání šestého WEC 2019 bylo rozhodnuto již na jednání Valného shromáždění WFEO v Ženevě v roce 2011 a organizace byla svěřena Svazu australských inženýrů EA, kteří uspořádají v pořadí šestý WEC 2019 v Melbourne.

ČSVTS ve spolupráci s partnerskou organizací GUARANT international spol s r.o. připravili detailní projekt konventu včetně návrhu odborného obsahu. Hlavním motivem pro odborné zaměření WEC 2023 byl důraz na potřebu řešení aktuálních globálních problémů

rozvoje lidské civilizace s dlouhodobou vizí let 2050 a zajištění kvalitního a bezpečného života a zdravého životního prostředí.

Návrh programu kongresu předpokládá, vedle cca 14 paralelních sekcí, také 4 plenární sekce s celkem 20 vyzvanými přednáškami špičkových světových odborníků, včetně nositelů Nobelovy ceny.

WEC 2023 bude probíhat v Pražském kongresovém centru, se zástupci kterého jsme v pracovním kontaktu, a kteří konání konventu podporují, stejně tak, jako celá řada domácích i zahraničních institucí.

V nejbližší době budou ustaveny příslušné organizační, vědecké a logistické přípravné výbory konventu, včetně mezinárodního poradního výboru, jehož předsednictví již

přislíbil WFEO Past-President, pan Marwan Abdelhamid.

Konání Světového inženýrského konventu v Praze v roce 2023 bude beze sporu jednou z nejvýznamnějších událostí v České republice a bude příležitostí představit světu, mimo jiné, také naši vysokou úroveň vědy, techniky a inovací a také zdůraznit význam inženýrství, vědy a techniky pro zajištění prosperity a dobrého a bezpečného života.

Závěrem bych chtěl říci, že počítáme se spoluprací a spoluúčastí se všemi zainteresovanými partnery z řad inženýrských a vědeckotechnických společností, vysokých škol a vědeckých a výzkumných institucí ČR jakož i orgánů státní správy a vlády České republiky.

## Wet Steam Conference Prague 2016

*Ing. Michal Hoznedl, Ph.D.*

Ve dnech 12. – 14.9.2016 proběhla v prostorách ČVUT Praha vysoce specializovaná mezinárodní konference, kterou organizoval Ústav Energetiky v čele s doc. Ing. Michalem Kolovratníkem, CSc. a Ing. Ondřejem Bartošem, Ph.D. Partnerem byla společnost Doosan Škoda Power. Odborné zaměření konference bylo na proudění mokré vodní páry zejména v parních turbínách a dýzách.

Celkem se sjelo 60 účastníků z 12 zemí světa (např. Německo, Velká Británie, Finsko, Japonsko, Korea), kteří přednesli 19 příspěvků s velmi vysokou odbornou úrovní. V oblasti mokré vodní páry tradičně platí, že Česká Republika je „velmocí“. To se potvrdilo i nyní, kdy počet příspěvků z ČR tvořil z celkového počtu asi 1/3, stejně jako na předchozí obdobné konferenci v r. 2012 v Cambridge. České příspěvky se zabývaly zejména numerickým modelováním proudění v turbínových stupních nebo dýzách a porovnání s experimenty. Týkaly se i experimentálního výzkumu mokré vodní páry na elektrárnách – v oblasti posledních stupňů, případně regulačních ventilů.

Závěrem setkání je, že mokrá vodní pára je z pohledu jak výpočtů, tak experimentálních měření stále na tenké hranici základního a aplikovaného výzkumu. Ukázalo se, že řadu

problémů se zvládnutím této problematiky mají nejen světově uznávané univerzity, ale i průmysl. Tématem je však nutné se zabývat, neboť například lepším profilováním lopatek při uvažování vlivu vlhkosti páry je možné získat v některých případech až 0,5 % účinnosti turbínových stupňů navíc.



## Hlavním úkolem A.S.I. Klub Plzeň byla příprava a realizace konference Turbostroje 2016

*Dr. Ing. Blanka Vlčková*

Konference Turbostroje se konají pravidelně od roku 2010. V sudých letech jsou pořádány v Plzni. V lichých letech se účastníci scházejí v Praze.

V letošním roce se konference konala v konferenčním sále Techmania Science Center v Plzni, ve dnech 21. 9. a 22. 9. 2016. Konferenční sál je obklopen zajímavými technickými exponáty, což se setkalo s příznivým ohlasem zúčastněných. Během přestávek byl možný volný pohyb po výstavním prostoru s možností vyzkoušet si různé druhy experimentů.

Na konferenci jsme přivítali 73 účastníků z 24 společností, mezi kterými byli zástupci průmyslu, vysokých škol i výzkumných ústavů.



*Společné foto účastníků konference*

Na konferenci bylo předneseno 29 příspěvků, které byly rozděleny do osmi bloků. Do prvního jednacího dne byly zařazeny příspěvky z oblasti proudění. Ve druhém jednacím dnu byl jeden blok věnován kompresorům a další bloky se zabývaly různou problematikou související s turbostroji.

Součástí konference byl také společenský večer, ke kterému se účastníci sešli v Kongresovém a společenském centru Secese Plzeňského Prazdroje.



*Pohled do jednacího sálu při prezentaci příspěvku*

Členská základna A.S.I. Klub Plzeň je převážně tvořena zaměstnanci společnosti Doosan Škoda Power s.r.o. Velmi si vážíme podpory této společnosti při pořádání konferencí.

### Poděkování

všem aktivním členům klubu A.S.I. Klubu Plzeň za zorganizování letošní konference Turbostroje 2016. Zejména děkujeme předsedovi klubu Dr. Ing. Jaroslavu Synáčovi a jeho pravé ruce Dr. Ing. Blance Vlčkové. Konference se konala za spoluúčasti dalších pracovníků, firmy Doosan Škoda Power a ZČU – a o to v činnosti klubů jde, ve spolupráci s ostatními fandami strojařiny podporovat její rozvoj. Na vaší konferenci byla mimo jiné obdivuhodná velká účast mladých inženýrů a výzkumníků. V tom je váš klub vzorem pro další naše kluby. Akce klubů také pomohou celé asociaci v naší zemi více vyniknout a více se prosadit a to je také důležité.

Za hlavní výbor A.S.I. ČR  
Ing. Josef Vondráček



## Cesta do Cách

*Prof. Ing. Miroslav Štastný DrSc  
čestný předseda A.S.I. Klubu Plzeň*

Od r. 1993 jsem se podílel na založení a pořádání evropské konference „Turbomachinery – Fluid Dynamics and Thermodynamics“. Jde o konferenci, která vznikla pod záštitou Evropské komise a opakuje se ve vybraných evropských městech každé dva roky. Jejího založení se za Německo zúčastnil Prof. Günter Dibelius z RWTH, Cáchy (Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule in Aachen), vedoucí Institutu parních a plynových turbín. Později se na konferencích objevil i jeho nástupce Prof. Dieter Bohn.

Pátou evropskou konferencí jsme uspořádali r. 2003 v rámci A.S.I. (Asociace strojních inženýrů) za mého předsednictví v Praze.

V r. 2006 mě pozval Prof. Bohn do Cách, abych oponoval doktorskou disertací Dipl. Ing. Norberta Sürkena a abych přednesl přednášku o kondenzaci proudící páry.

Den po přednášce, se mě ujal Prof. Dibelius, aby mi ukázal krásy Cách. Byli jsme u starých vstupních bran do města a navštívili historickou tržnici. Neobyčejná byla radnice, kde se každoročně uděluje cena Karla Velikého za zásluhy o zachování míru, v r. 1991 ji dostal Václav Havel a mají tam jeho obraz. Nejkrásnější je katedrála Panny Marie – viz Obr. 1.



Obr. 1. Katedrála Panny Marie.



Obr. 2. Mramorový trůn.

V katedrále je oltář s obrazem svatého Václava (Wenzel von Böhmen). Nejstarší, střední část katedrály tvoří oktagon románského chóru z r. 800, založený Karlem Velikým. Je v něm umístěn mramorový trůn – Obr.2. Na něm proběhla r. 1349 druhá korunovace Karla IV. na římského krále. První korunovace v Bonnu z r. 1346 nebyla platná. Karel IV. si nechal zhotovit římskou královskou korunu v Praze a přivezl si ji do Cách. Na čelní straně koruny je zobrazen ženský akt při pohledu zezadu, papež o tom asi nevěděl – viz. Obr. 3. V r. 1356 byla vydána Zlatá bula Karla IV., ústavní dokument Svaté říše římské, kde bylo jmenováno sedm dědičných kurfiřtů a hlavním byl český král - viz. Obr. 4. Český král je uprostřed. Byla to vlastně říšská rada, která se scházela jednou ročně a také volila krále.



Obr. 3. Římská královská koruna.



Obr. 4. Kurfiřti Svaté říše římské.

Zlatá bula Karla IV. platila 450 let do r. 1806. Na římského krále byli v Čáchách korunováni další čeští králové: 1376 Václav IV., 1411 Zikmund. V r. 1410 byl zvolen za římského krále Jošt, markrabě moravský, ale ten se korunovace nedožil. Karel IV. a Zikmund byli navíc korunováni na římské císaře, vladaře křesťanského světa. Později převzali místo českých králů zejména Habsburkové.

Z Čách jsem si přivezl poznatek, že Karel IV. nám především odkázal, abychom v Evropě spolupracovali. Snaží se o to evropští turbínáři, pod patronací Evropské komise započali v r. 1993 pořádání evropské konference, které v r. 2012 přeměnili v evropskou společnost „European Turbomachinery Society“. Jejím současným prezidentem je Prof. Francesco Martelli z Univerzity ve Florencii. S evropskou společností spolupracuje i náš A.S.I. Klub Plzeň.



## Noc vědců 2016

*Ing. Miroslava Poskočilová*

Noc vědců 2016 byla zasvěcená tématu Bezpečnost. Opět překonala návštěvnický rekord z loňského roku, když program 30. 9. 2016 na více než pěti desítkách míst po celé republice navštívilo téměř 47 tisíc návštěvníků všeho věku. „Velmi nás těší, jak zájem o vědu a techniku rok od roku roste, a to jak na straně návštěvníků, tak na straně organizátorů. Téma bezpečnosti bylo velmi široké a nabídlo možnost prezentace i subjektům, které se v minulých ročnících k Noci vědců nepřipojovaly,“ říká národní koordinátorka Noci vědců Hana Královcová z Techmania Science Center v Plzni.

Ojedinelou ukázkou pohledu na bezpečnost představila v Plzni společná expozice „Bezpečná energetika“. Vystavovali zde klíčoví čeští hráči v oboru energetiky: ČEZ jako hlavní dodavatel elektřiny v ČR, Doosan Škoda Power (prostřednictvím řady členů A.S.I. Klubu Plzeň) jako výrobce parních turbín, Škoda JS jako dodavatel jaderných reaktorů, SÚRAO jako představitel bezpečného skladování vyhořelého jaderného paliva a ze ZČU – Katedra Energetických strojů a zařízení, jež je pro všechny uvedené zdrojem nových mladých techniků.



## 60 let pro jadernou energetiku - tradice, kvalita a inovace

PhDr. Jan Stolár, ŠKODA JS a.s.

Dnešní ŠKODA JS a.s. se zrodila v polovině padesátých let dvacátého století, kdy se ve světě o jaderné energetice teprve začínalo uvažovat. Stalo se tomu v roce 1956, kdy byla v tehdejší plzeňské Škodovce založena pracovní skupina konstruktérů pro jadernou oblast. ŠKODA JS po celých šedesát let nejen udržela krok s rozvojem oboru, ale v mnoha případech jej také pomáhala určovat. Je stále žádaným partnerem všech významných světových i domácích hráčů v tomto technologicky náročném odvětví. Dnes v ČR pokrývá jaderná energetika 32 % spotřeby, na výstavbě všech šesti českých blocků se ŠKODA JS podílela rozhodujícím způsobem, zajišťuje jejich servis, údržbu a modernizaci. Byla a zůstává nositelem a pokračovatelem nejlepších škodovských tradic, představuje kontinuitu v inovativnosti, technický pokrok i péči o lidi.

Za dobu své existence firma dodávala inženýring, zařízení a servis pro jaderné elektrárny, výzkumné reaktory a sklady použitého jaderného paliva ve střední a východní Evropě, Skandinávii, Francii, Německu, USA a na Dálném východě. ŠKODA JS vyrobila a dodala 21 kompletních jaderných reaktorů typu VVER 440 a tři reaktory typu VVER 1000. ŠKODA JS od devadesátých let aktivně vkročila na světové trhy jaderné energetiky. Spektrum projektů, na nichž se podílí, zahrnuje nejen jaderné elektrárny typu VVER, ale také RBMK, PWR a BWR.

Z celkových 3,5 miliardy korun tržeb připadalo v roce 2015 přes 47 % na investiční inženýring, necelých 20 % na servis pro jaderné elektrárny, a téměř 33 % na výrobu zařízení pro jaderné elektrárny. Více než polovina byla dosažena v exportu. Mezi hlavní projekty patřily a patří obnova systému kontroly a řízení jaderné elektrárny Dukovany, servis a údržba všech šesti blocků v ČR, dostavba 3. a 4. bloku jaderné elektrárny Mochovce, obnova systému kontroly a řízení jaderné elektrárny Pakš, výroba lineárních krokových pohonů pro 2. blok Záporožské jaderné elektrárny. ŠKODA JS získala smlouvu na dodávky kontejnerů vlastního designu na použité jaderné palivo pro JE Temelín a JE Dukovany.



Tým ŠKODA JS tvoří 1100 zaměstnanců, z nichž 800 pracuje na dvou místech v Plzni, tým je stabilizován a současně kontinuálně doplňován podle potřeb oborů i v rámci přirozené generační obměny. Ve společnosti tak pracuje již třetí generace škodováků, v rámci některých rodin doslova. ŠKODA JS se dlouhodobě podílí na přípravě odborníků v rámci partnerství se Západočeskou univerzitou v Plzni, spolupracuje s ČVUT a Střední průmyslovou školou strojnickou a odborným učilištěm. Je významným partnerem Technia Science Center, jejímž prostřednictvím se snaží získat a udržet zájem dětí a mladých lidí o přírodovědné a technické obory.

Výrazným rysem celé šedesátileté historie ŠKODA JS je invence a tvůrčí přístup. Prvek vývoje a výzkumu byl uplatněn ve všech etapách historie firmy, včetně prací na prvních reaktorech pro A1, potom na kompletech pro VVER 440 a VVER 1000. Vlastními patenty společnost vylepšila pohony řídicích tyčů či utahovky spojníků přírubových spojů, které dnes dodává na řadu elektráren. Kreativní přístup si vyžádaly i projekty modernizace a prodlužování životnosti reaktorů. Nové postupy vyžaduje každá specifická zakázka, ať už jde o kontejnery na použité palivo, vyvážecí zařízení pro různé typy reaktorů v zahraničí nebo dodávky pro výzkumné reaktory v Belgii, Rakousku a Kazachstánu.

Na jaře se konala v Plzni konference 60 let pro jadernou energetiku, která potvrdila postavení a vážnost společnosti ŠKODA JS v mezinárodní jaderné komunitě. Zástupci klíčových firem - Rosatom, Westinghouse, Areva, ČEZ, Energoatom, Fortum Power and Heat Oy, OMZ ocenili přínos ŠKODA JS nejen k historii, ale zejména k současnosti a perspektivám oboru.



*Výroba hrdlového prstence pro jadernou elektrárnu A-1 v hale 1 v Plzni-Bolevci (60. léta 20. století)*



*Pro belgický výzkumný reaktor BR2, jeden z nejnáročnějších výzkumných reaktorů světa, vyrobila ŠKODA JS a.s. novou vnitřní vestavbu. Celkem bylo belgické firmě SCK•CEN dodáno 158 hlavních a dalších několik stovek menších dílů z nerezavějící oceli.*

# HISTORIE SPOLEČNOSTI



Vládami Československa a Sovětského svazu byla podepsána mezivládní dohoda o výstavbě první jaderné elektrárny v Československu, kterou byly Jaslovské Bohunice A-1.



Josef Hauer

Založena pracovní skupina konstruktérů Závodů V. I. Lenina pro jadernou oblast – pod vedením Josefa Hauera, následně vzniká u útvaru hlavního konstruktéra ve Škodových závodech Odbor výstavby A-1. Tento moment považujeme za počátek jaderného programu v naší společnosti. Od 5. srpna 1956 začali ve strojírenském závodě LMZ v Petrohradě pracovat první pracovníci ze Škodovky, aby se zde podíleli s ruskými projektanty na přípravě elektrárny A-1.

## 1956

Založení strojírenského závodu hrabětem Valdštejnem.

## 1859

## 1956-1972

## 1869

Emil Škoda kupuje pizeňský závod hraběte Valdštejna.



Emil Škoda

## 1964

Zahájena výroba zařízení pro jadernou elektrárnu A1 Jaslovské Bohunice.

## 1970

Zahájen provoz experimentálního reaktoru ve Vochově.

Vládami Československa a Sovětského svazu byla podepsána mezivládní dohoda o stavbě jaderné elektrárny Jaslovské Bohunice V-1 se dvěma reaktory typu VVER 440, vládou bylo rozhodnuto založit další vývoj jaderné energetiky na reaktorech VVER.



Na základě mezivládní smlouvy začala v podniku Skoda výroba komponent pro primární okruh jaderných elektráren.

## 1974

Uvedení jaderné elektrárny A-1 Jaslovské Bohunice (1x 150 MW GCHWR) do provozu.

Zahájena výstavba jaderné elektrárny Jaslovské Bohunice V-1, typ VVER 440/V-230.

## 1972

Zahájení výroby reaktorů v nové Reaktorové hale, v té době jedné z nejmodernějších v Evropě.

## 1979

## 1973-1989

## 1973

Mezivládní smlouva o spolupráci v oblasti rozvoje jaderné energetiky v rámci RVHP.

## 1980

Výroba a dodání první tlakové nádoby VVER 440/V-213 do jaderné elektrárny Paks, Maďarsko.



## 1990

Výroba a dodávka školního reaktoru VR 1 – Vrabec pro ČVUT FJFI.



## 1985-1987

Spuštění jaderné elektrárny Jaslovské Bohunice V-2. Spuštění jaderné elektrárny Dukovany, bloky 1-4.

Komplexní rekonstrukce výzkumného reaktoru LVR-15 v ÚJV Řež.

Dodávka prvního reaktoru VVER 1000 pro jadernou elektrárnu Belene, Bulharsko, tlaková nádoba reaktoru později umístěna na Kalininskou JE 4. blok, Rusko.

## 1989

Dodávka reaktorů VVER 1000 pro jadernou elektrárnu Temelín 1,2.

## 1991-1993

## 1990-1994

Výroba 2-3 kompletů reaktorů VVER 440 ročně (JE Paks, Maďarsko; JE Jaslovské Bohunice V-2; JE Nord, Německo; JE Zarnowice, Polsko; JE Mochovce 1,2, Slovensko; JE Dukovany, ČR)



## Současné aktivity

Finální dodavatel významné technologické části – systému primárního okruhu a transportně-technologické části pro jadernou elektrárnu Mochovce 3,4, servis všech bloků českých jaderných elektráren, pokračují dodávky pohonů regulačních orgánů pro rekonstrukce českých, slovenských a ukrajinských jaderných elektráren, rozšíření dodávek v oblasti výzkumných reaktorů, pokračování v dodávkách zařízení pro elektrárny typu VVER I EPR.



První velký kontrakt na Ukrajině – kompaktní skladovací míže pro použité jaderné palivo na Rovenskou jadernou elektrárnu.

Zahájení výroby kontejnerů pro použité palivo typu CASTOR®.

**1994**

První úspěšná dodávka kompletu pohonů regulačních orgánů a řídicí elektroniky pro ukrajinské jaderné elektrárny (Jižněukrajinská jaderná elektrárna).

**1995**

Otevření nové výrobní haly v Bolevci pro výrobu komponent pohonů.

**1997**

Dodávka vnitřních částí pro reaktory západního typu BWR pro jadernou elektrárnu Forsmark, Švédsko

Vítězství v tendru na dodávku závodu na úpravu zemního plynu v Sosnogorsku

Vznik akciové společnosti ŠKODA JS a.s.

**1999**

Vítězství v tendru ČEZ na dodávku a rekonstrukci systému kontroly a řízení na jaderné elektrárně Dukovany.

**2000**

Prodej společnosti ŠKODA JS a.s. ruské strojírenské skupině OMZ.

**2004**



Uzavření kontraktů s německou společností GNB na dodávku kontejnerů na použité jaderné palivo pro jaderné elektrárny Obrigheim, Kozloduj a Ignalina.

**2005**

Uzavření kontraktu s Electricité de France na dodávku zařízení na vyvážení použitého paliva pro nový blok francouzské jaderné elektrárny Flamanville s reaktorem EPR.

**2007**



Dodávka vnitřních částí reaktoru EPR pro francouzskou společnost Areva určených pro jadernou elektrárnu Olkiluoto, Finsko.

**2010**

Vítězství v tendru Obnova systému kontroly a řízení jaderné elektrárny Pakš, Maďarsko.

**2014**

Vítězství v tendru na dodávku transportních a skladovacích kontejnerů pro jadernou elektrárnu Temelín v letech 2018–2035 (kontejnery vlastního designu ŠKODA JS).

**2015**

**1995–2004**

**2005–2016**

**1993**

Privatizace a založení společnosti ŠKODA JADERNÉ STROJŘENSTVÍ, Plzeň, s.r.o.

První dodávka zařízení pro západní typy jaderných reaktorů (opěrný rám tlakové nádoby reaktoru PWR, JE Civaux, Francie).

**1996**

Zahájení výroby komponent palivových souborů pro firmu Westinghouse.



**1998**

Změna názvu společnosti na ŠKODA JS s.r.o.

**1998–2000**

Uvádění do komerčního provozu jaderné elektrárny Mochovce 1,2.

**2002**

Dodávka utahovací matic hlavního přírubového spoje pro firmu GE na jadernou elektrárnu Lungmen, Tchaj-wan.

**2002–2003**

Uvedení jaderné elektrárny Temelín 1,2 do komerčního provozu.

**2006**

Uzavření kontraktu na modernizaci výzkumných reaktorů LVR-15 a LR-0 v ÚJV Řež a.s.

Dodávka 16 ks kontejnerů VPVR pro transport paliva z výzkumných reaktorů pro IAEA a ÚJV Řež.

**2016**

Vítězství v tendru na dodávku transportních a skladovacích kontejnerů vlastního designu ŠKODA 440/84 pro JE Dukovany v letech 2021–2031.

**2012**

Dodávka vnitřních částí reaktoru EPR pro francouzskou společnost Areva určených pro jadernou elektrárnu Taishan, Čína.

## Západočeská univerzita v Plzni dovršila 28. září 2016 dvacet pět let své existence



Západočeská univerzita v Plzni vznikla v roce 1991, kdy se spojila Vysoká škola strojní a elektrotechnická s Pedagogickou fakultou. Z původních pěti zakládajících fakult – strojní, elektrotechnické, pedagogické, aplikovaných věd a ekonomické – se během čtvrt století rozrostla ještě o právnickou, filozofickou, zdravotnických studií a fakultu designu a umění Ladislava Sutnara. Vznikly také dva samostatné vysokoškolské ústavy – Nové technologie – výzkumné centrum a Ústav jazykové přípravy – a tři nová výzkumná centra vybudovaná z evropských dotací: Nové technologie pro informační společnost (NTIS), Regionální technologický institut (RTI) a Regionální inovační centrum elektrotechniky (RICE).

„Západočeská univerzita vyrostla na technických kořenech, ale současně má řadu prosperujících humanitních oborů. Díky této

rozmanitosti a mezioborovému propojení jsme univerzitou, která se v letošním roce otevřeně hlásí k myšlence Průmyslu 4.0,“ říká rektor Miroslav Holeček. V tomto duchu je také koncipováno motto letošních oslav: sjednocujícím prvkem je myšlenka propojování lidí a chytrých strojů, mozků a technologií, věcí a internetu, kterou s sebou přináší 21. století.

K 25. výročí univerzity vzniklo také logo, jehož vytvoření bylo součástí klauzurních prací zimního semestru fakulty designu a umění Ladislava Sutnara. Zvítězil návrh Terezy Pejřimovské, zejména pro svou grafickou čistotu, nápaditost a moderní styl. Sama autorka logo vysvětluje následovně: „Logo je složeno z trojúhelníků, které římskými číslicemi znázorňují číslo 25. Zároveň připomínají přesypací hodiny jako symbol plynutí času.“





## Rozhovor s Dr. Ing. Jaroslavem Synáčem

*Anna Janelová, Doosan Škoda Power*



*Dr. Ing. Jaroslav Synáč*

V letošním roce se stal novým předsedou A.S.I. Klubu Plzeň Dr. Ing. Jaroslav Synáč. A to nakonec nebyla jediná osobní změna v tomto roce. Po více než 40 letech práce ve společnosti Doosan Škoda Power s.r.o. (DSPW) nastoupil jako vedoucí Katedry energetických strojů a zařízení (KKE) na Fakultě strojní, ZČU v Plzni

Po ukončení vysokoškolského studia nastoupil Dr. Ing. Synáč do konstrukce parních turbín Škoda Plzeň (dnes Doosan Škoda Power). Po pětileté praxi začal pracovat ve výzkumu parních turbín, kde se zaměřil na vývoj nových lopatek parních turbín s vysokou účinností a provozní spolehlivostí.

Již při svém působení ve společnosti DSPW byl v kontaktu se studenty ZČU, ve funkci vedoucího diplomových prací. Potom jim odbornými radami pomáhal při jejich nástupu do praxe. Takto nabyté zkušenosti v práci se studenty uplatňuje i v současné funkci. Snaží se motivovat studenty k zájmu o studium technických předmětů, zejména parních turbín. Může se opírat také o spolupráci s průmyslovými podniky jako jsou Doosan Škoda Power, Škoda JS nebo ČEZ.

Přáním Dr. Ing. Synáce je, aby stál se silným průmyslem a potřebou technických expertů více investoval do výuky vysokoškolských studentů technických oborů.

***Ve funkci vedoucího Katedry energetických strojů a zařízení (KKE) Fakulty strojní působíš několik měsíců. Co reprezentuje změna z výzkumného pracovníka na vedoucího katedry na vysoké škole v profesním a osobním životě?***

Ano, ve funkci působím poměrně krátce, a to od 1. dubna tohoto roku. Předcházelo 40 let ve výrobní společnosti, tedy v dnešním Doosan Škoda Power. Samozřejmě prostředí univerzitní a podniková jsou odlišná. Ale mají jeden styčný bod, a tím jsou studenti. Nejen ti magisterští, kteří v posledním semestru pracují na diplomových projektech s tématy zajímavými průmyslové podniky, ale také doktorandi. Tito studenti mají dvojí zřetelnou motivaci: dokončit úspěšně studium a současně se uplatnit v praxi. V profesním životě je moje práce na KKE stále nová a nebyla by možná bez podpory mých kolegů. A v osobním životě? Bylo to doma trochu překvapení.

***Kolik studentů v současnosti studuje?***

Ve 3. ročníku studuje 18 bakalářů, tedy studentů, kterým KKE zadala bakalářské práce. V navazovacím magisterském studiu je ve 4. ročníku 11 studentů a v 5. ročníku 19 studentů. K tomu na katedře dále studuje 24 doktorandů. U bakalářů musíme svojí práci zaměřit na to, aby po ukončení bakalářského studia neodcházeli na jiné katedry pokračovat v navazujícím studiu, ale aby pokračovali právě na KKE.

***Proč se studenti do technických oborů příliš nehrnou?***

Mladí lidé mají pocit, že technika je na vystudování příliš složitá. Studovat k nám jdou ti, kteří už se rozhodli, že v technice chtějí pracovat, že chtějí být strojaři. Hodně mladých lidí totiž často ještě neví, co by chtěli v životě dělat. Lákají je hlavně manažerské posty, velmi často si vybírají ke studiu huma-

nitní obory. Samozřejmě rozdíl ve způsobu technického a humanitního studia existuje. V tom technickém je třeba navíc prakticky počítat a experimentovat v laboratořích.

### ***Jak se vyvíjí z pohledu Katedry spolupráce s DSPW?***

Práce pro katedru je různorodá, má více vrstev. To se promítá také do spolupráce s Doosan Škoda Power. Je to spolupráce zaměřená na propagaci studia na Západočeské univerzitě a na Katedře energetických strojů a zařízení. Potřebujeme opakovaně potenciální studenty pozvat a přesvědčit, že studium u nás je správná volba. V řadě předmětů přednáší přímo odborníci z praxe, to je další výrazná podpora katedry, kromě té přímé finanční, ale těchto studijních předmětů vůbec – jsou tak neustále konkretizovány, aktualizovány. Personální oddělení Doosan Škoda Power pro naše studenty opakovaně připravuje velmi atraktivní trainee programy přímo ve firmě anebo střednědobé stáže v rámci programu Erasmus+ na významných institutech či energetických stavbách, například v Polsku, Irsku, Anglii, Dánsku nebo Švédsku. Pro naše studenty se tak otevírají zajímavé možnosti odborného růstu již v době jejich studia.

### ***Jak se Ti jeví současný systém vysokého školství u nás a co bys změnil?***

Největším překvapením pro mne bylo, jak je státní vysoké školství podfinancováno. Za peníze, které přichází od státu se, zejména na technických fakultách, učit nedá. Navíc technické fakulty v porovnání například s humanitními studii potřebují pro své studenty laboratoře. Vybavení laboratoří, provoz stendů a pro výuku i výzkum nutných experimentálních zařízení, to není nic levného. Abychom se užívali, musíme se až neúměrně zapojovat do evropských či státních projektů. Tím se ale vyčerpává kapacita akademických pracovníků, kteří místo aby pracovali na svém žádoucím odborném růstu, tzv. „píší projekty“. Podle mne by měl stát se silným průmyslem a potřebou technických expertů více investovat do výuky.

### ***Myslíš, že jsou studiem absolventi dobře připraveni na uplatnění v praxi? Co by bylo třeba změnit nebo zlepšit pro jejich vstup do „reálného“ života?***

Podle mého názoru jsou naši studenti dobře připraveni na uplatnění v praxi. Také proto jsou „rozebráni“ ještě dříve, než dokončí své studium, je u nich nulová nezaměstnanost. Ale vždy je co zlepšovat. Musíme neustále modernizovat osnovu výuku pro potřeby současné praxe. S tím souvisí doplňování předmětů do výuky, které se v současnosti neučí. To je spolu se zajištěním financování a podporou odborného růstu pedagogického sboru katedry můj hlavní úkol.

Děkuji za rozhovor a přeji Ti úspěšné působení na škole.





FAKULTA STROJNÍ  
ZÁPADOČESKÉ  
UNIVERZITY  
V PLZNI

KATEDRA ENERGETICKÝCH  
STROJŮ A ZAŘÍZENÍ



Doosan Škoda Power

[www.kke.zcu.cz](http://www.kke.zcu.cz)

Západočeská univerzita v Plzni  
Univerzitní 8, 306 14 Plzeň  
+420 377 638 100  
[www.facebook.com/kke.zcu](http://www.facebook.com/kke.zcu)

# KATEDRA ENERGETICKÝCH STROJŮ A ZAŘÍZENÍ FST ZČU

S NÁMI MÁŠ PERSPEKTIVNÍ PROFESIONÁLNÍ KARIÉRU JISTOU!

- ▶ Naučíš se navrhovat turbíny pro klasické i jaderné elektrárny
- ▶ Dozvíš se, co se děje v jaderném reaktoru
- ▶ Ukážeme ti, jak se staví elektrárna na zahraničních stážích Doosan Škoda Power
- ▶ Zvládneš počítačové simulace proudění v lopatkových strojích
- ▶ Budeš mít široké a nadstandardně finančně ohodnocené uplatnění
- ▶ Budeš mít možnost praxe i budoucího uplatnění ve společnosti Doosan Škoda Power
- ▶ Zjistíš, že studium na KKE je výzva a skvělá volba!

KKE – BUDOUCNOST JE V ENERGETICE

[WWW.KKE.ZCU.CZ](http://WWW.KKE.ZCU.CZ)

[WWW.FACEBOOK.COM/KKE.ZCU](http://WWW.FACEBOOK.COM/KKE.ZCU)



# Simulace proudění v NT tělese parní turbíny 1 090 MW na sytou vodní páru

Antonín Živný – NUM solution, s.r.o.

Aleš Macálka – NUM solution, s.r.o.

Michal Hoznedl – R&D, Doosan Škoda Power, s.r.o.

Kamil Sedlák – R&D, Doosan Škoda Power, s.r.o.

Miroslav Hajšman – R&D, Doosan Škoda Power, s.r.o.

**Klíčová slova:** CFD, parní turbína, výstupní těleso, difuzor, poslední stupeň, experiment

## Anotace

Hlavním cílem práce je validovat proudění v nízkotlakém (NT) tělese parní turbíny 1090 MW pomocí CFD kódu a výsledky výpočtů porovnat s unikátními daty získanými experimentálním měřením na díle. Je porovnáno především rozložení statického tlaku a vektoru rychlosti podél délky lopatky posledního stupně v traverzovací rovině na vstupu do difuzoru. Dále jsou vzájemně srovnány velikosti statických tlaků v tlakových odběrech v difuzoru a tělese turbíny.

## Abstract

This article is focused to the CFD simulation of the LP exhaust hood of 1 090 MW steam turbine flow field. Simulation results were compared to data obtained by measurement. Radial pressure and velocity distribution in traverse location at the inlet to the diffuser were mainly compared. Further, wall pressure in diffuser and in exhaust hood were also compared.

## 1. Úvod

Poslední NT stupně parních turbín zpravidla zpracovávají poměrně velký entalpický spád. Velikost spádu úzce souvisí s tím, jak dobře pracuje difuzor a výstupní těleso, jejichž úkolem není pouze odvést páru z turbíny, ale i zvýšit entalpický spád neboli výkon posledního stupně. Výstupní tělesa jsou zároveň jedním z finančně nejnákladnějších komponentů parní turbíny. Měření na díle je finančně drahé a to nás vede ke snaze proudění simulovat pomocí numerických metod.

Přístupů k počítání a modelování proudění v difuzorech a výstupních tělesech je řada. Každá z metod vykazuje jinou přesnost

a náročnost na přípravu modelu. Proto pokud je to možné, výsledky je potřeba validovat na experimentálně získaných datech. V našem případě máme k dispozici unikátní data z měření na parní turbíně 1 090 MW. Konkrétně máme k dispozici radiální rozložení veličin v traverzovací rovině a statické tlaky v místech tlakových odběrů.

Proudění v celém výstupním NT hrdle je velice komplexní a tato práce je primárně zaměřena na jeho CFD simulaci a její porovnání s měřením. Celá CFD simulace je provedena v komerčním softwaru.

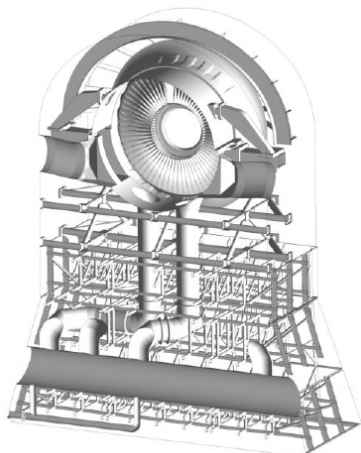
## 2. CFD model

Výpočetní doména obsahuje poslední NT stupeň, difuzor a těleso s nástavbou kondenzátoru. Vzhledem ke komplexnosti a velikosti celé úlohy modelujeme pouze jednu rozváděcí lopatku (RL) s uvažováním rotační periodicity. Oběžné kolo modelujeme s uvažováním bandáže a modelujeme ho celé, z důvodu co nejlepšího zachycení proudového pole na vstupu do difuzoru. Těleso s nástavbou kondenzátoru uvažujeme jako symetrické, neboli modelujeme pouze jeden proud.

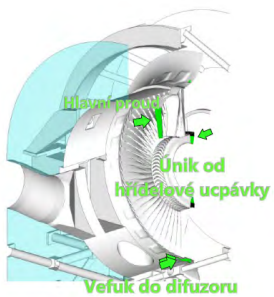
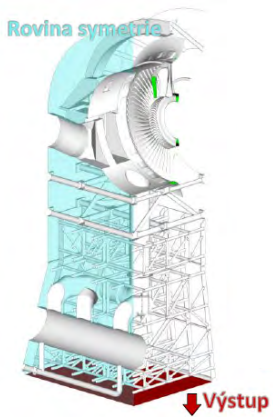
Mimo hlavní proud doména respektuje wi únik z hřidelové ucpávky. Únik vstupuje do hlavního proudu za patou poslední oběžné lopatky (OL). Dále uvažujeme vefukování do difuzoru, jehož funkcí je stabilizovat mezní vrstvu a zamezit tak předčasnou separaci proudu.

### 2.1 Výpočetní síť

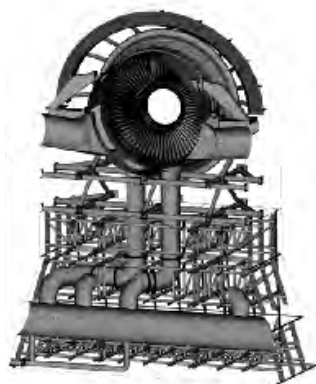
Výpočetní síť RL i OL jsou čistě šestistěnné. Z Obr. 1 je zřejmé, že doména výstupního tělesa s nástavbou je tvarově komplexní a proto v ní byla vygenerována tzv. „hexa-core“ hybridní síť (viz Obr. 3). Celou výpočetní síť tvoří necelých 100 mil. buněk, respektive 51 mil. výpočetních uzlů.



Obr. 1: Výpočetní doměna



Obr. 2: Okrajové podmínky



Obr. 3: Výpočetní síť

## 2.2 Nastavení řešiče

Úloha byla řešena stacionárně, protože nás zajímaly ustálené hodnoty. Základní nastavení řešiče je rozeepsáno níže:

- Proudění doménou je modelováno jako vazka a plně turbulentní. Volíme dvourovnicový SST model, který je vhodný pro simulace lopatkových strojů.
- Nutností je uvažovat proudící médium jako stlačitelné, protože proudění posledními NT stupni dosahuje zpravidla  $Ma \sim 1$  [1].
- Diskretizační schémata jsou druhého řádu.
- Všechny stěny jsou uvažovány jako adiabatické a dokonale hladké.
- Proudícím médiem je pára podle IAPWS-IF97.

## 2.3 Okrajové podmínky

Okrajové podmínky byly převážně převzaty z naměřených dat. Vstup do stupně byl zadán profily celkového tlaku, celkové entalpie a směrových vektorů. Tyto profily vychází z naměřených dat sondováním za předposledním stupněm.

Výstupní okrajovou podmínkou byl statický tlak, který uvažujeme jako průměrný tlak ze dvou tlakových odběrů na výstupu z nástavby.

Zbýlé okrajové podmínky vychází buď z interních výpočetních softwarů DSPW anebo byly stanoveny na základě zkušeností z praxe.

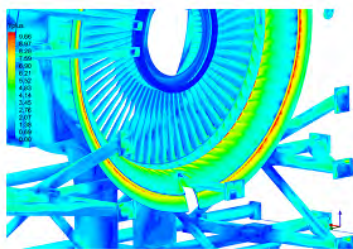
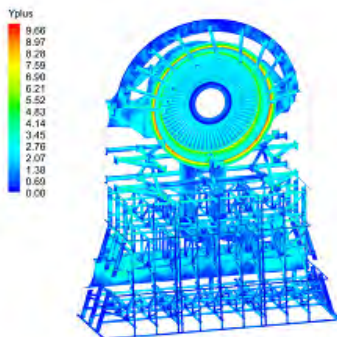
## 3. Vyhodnocení

Nezbytnou součástí CFD simulací by měla být vizuální kontrola výsledků. To nás vedlo ke kontrole proudového pole a ke kontrole základních bilancí. V první řadě byla věnována pozornost proudění v tělese jako takovém a poté byly porovnána vypočtená data s hodnotami získanými z měření na díle.

### 3.1 CFD výsledky

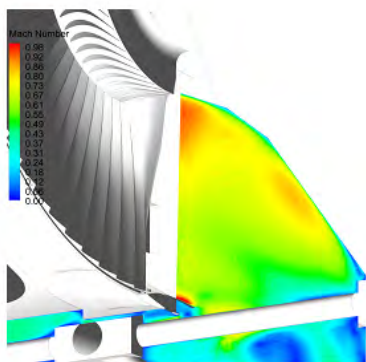
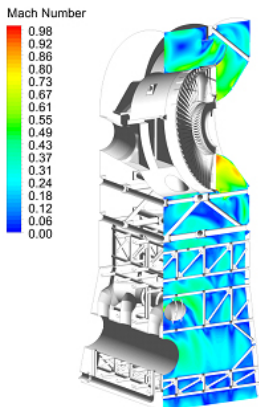
Při pohledu na Obr. 4 je vidět, že bezrozměrná vzdálenost od stěny  $y^+$  je pro námi zvolený model turbulence vhodná [2]. Vyšších hodnot veličina dosahuje v místech s vyššími rychlostmi, tj. za břitem nadbandážové ucpávky

a ve vefuku do difuzoru. V těchto místech ovšem nedochází k separaci proudu a proto i tady považujeme výpočetní síť za kvalitativně vyhovující.



Obr. 4: Bezrozměrná vzdálenost od stěny  $y^+$

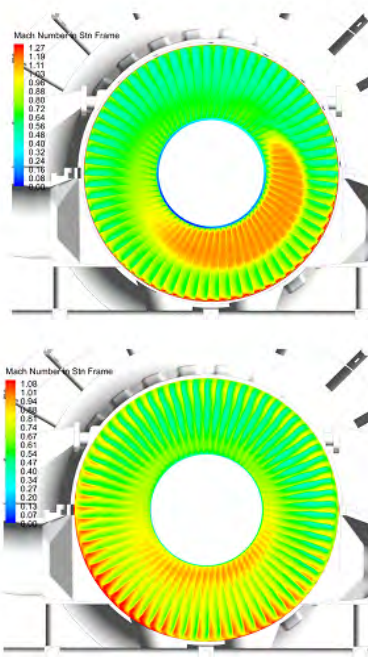
Obr. 5 zobrazuje Machovo číslo ( $Ma$ ) ve vertikálním řezu tělesem. Na detailu  $Ma$  v difuzoru vpravo je patrné urychlení proudu na patě, ve spodní části difuzoru. Urychlené místo se v axiálním směru přesouvá do spodní poloviny difuzoru, jak je vidět na Obr. 6. Pohyb nerovnoměrnosti je částečně způsobený smyslem otáčení rotoru. Druhý významný důvod nerovnoměrnosti proudového pole na vstupu do difuzoru je fakt, že spodní část radiálního difuzoru vykazuje menší tlakovou ztrátu, než část horní. Toto chování je také zřejmé z Obr. 6.



Obr. 5: Kontura Ma ve vertikálním řezu tělesem

### 3.2 Porovnání výpočtu s měřením

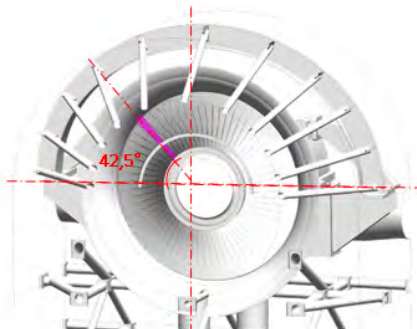
Pro porovnání CFD s experimentem musí být zvolen adekvátní přístup k vyhodnocení simulace. Z výše uvedených kontur Machova čísla je zřejmé, že pro vyhodnocení v místě sondování musí být brány v potaz úplavy vstupující do difuzoru. Obdobným způsobem je nutné přistupovat také v případě tlaků měřených některými odběry.



Obr. 6 Nahoře – Ma za odtokovou hranou OL, dole Ma na vstupu do difuzoru

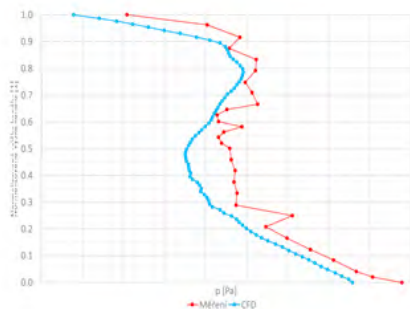
#### 3.2.1 Sondování na vstupu do difuzoru

Do místa sondování bylo pod stejným obvodovým úhlem, jako v měření, umístěno 86 vyhodnocujících plošek o výšce jedné oběžné lopatky. Vyhodnocovací plošky zajišťují zprůměrování úplavů (viz Obr. 7). Popis metodiky měření pneumatickou sondou a umístění tlakových odběrů jsou uvedeny v technické zprávě [3].

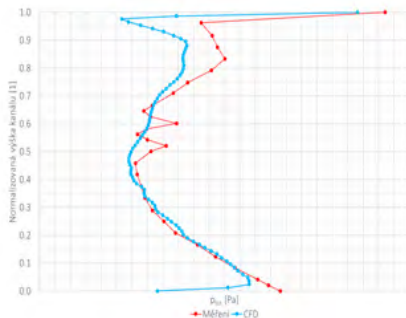


Obr. 7: Nahoře-pohled do generátoru, dole – detail vyhodnocovacích ploch

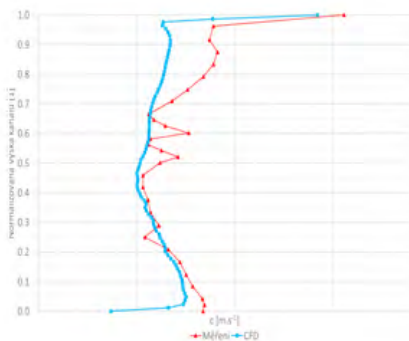
V místě sondování jsou porovnány průběhy celkového a statického tlaku, rychlost a její složky.



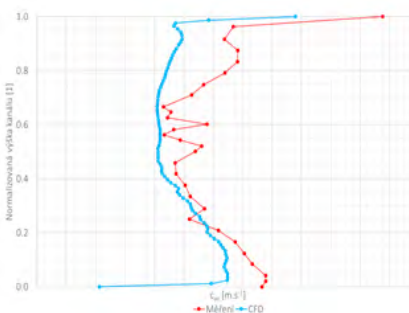
Obr.8: Rozložení statického tlaku po délce lopatky



Obr.9: Rozložení celkového tlaku po délce lopatky

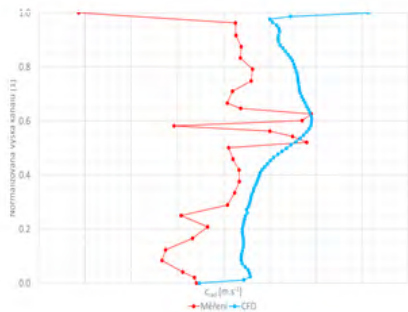


Obr.10: Rozložení absolutní rychlosti po délce lopatky

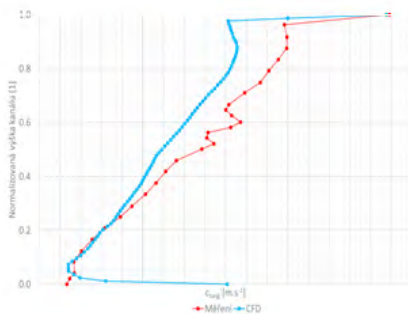


Obr.11: Rozložení axiální rychlosti po délce lopatky





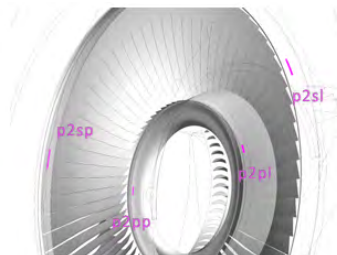
Obr. 12: Rozložení radiální rychlosti po délce lopatky



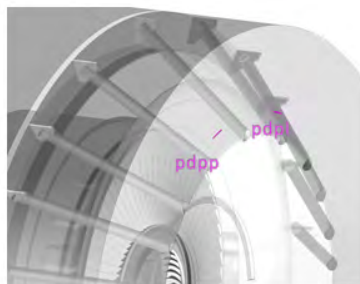
Obr. 13: Rozložení obvodové složky absolutní rychlosti po délce lopatky

Porovnáním výše uvedených průběhů je vidět poměrně dobrá shoda. Je zřejmé, že v CFD výpočtech pro průběhy tlaků je zanedbán vliv tie-bossu. Maximální rozdíly mezi měřeními a výpočtem jsou právě v oblasti tie-bossu, kde se nacházejí i poruchy proudů vlivem úplavů. Navíc tie-boss zvyšuje lokálně hodnotu tlaku za OL, což vede ke snížení účinnosti. V dalších verzích výpočtu se bude uvažovat i s tie-bossem [4].

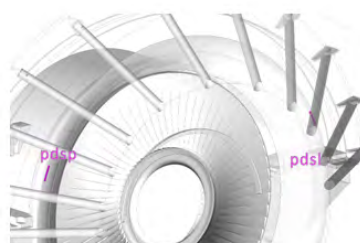
Z Obr. 12 jsou vidět dva víry za tie-bossem. Naměřená výstupní velikost rychlosti na špičce (a tedy i ostatní komponenty rychlosti) je až o 16% vyšší, než je rychlost z CFD. To je způsobeno výraznějším vlivem difuzoru, než prokázaly numerické simulace. Na tento jev je důležité se zaměřit, protože průběhy rychlostí u paty jsou v dobré shodě.



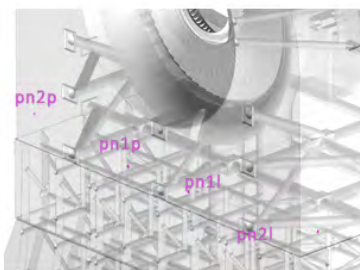
a)



b)



c)



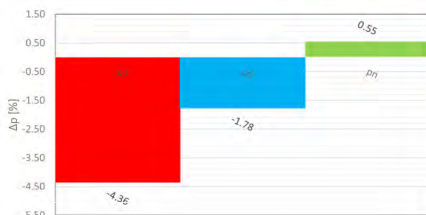
d)

Obr. 14: Pozice vyhodnocovacích plošek pro porovnání statického tlaku v místech tlakových odběrů; (a) vstup do difuzoru; b),c) výstup z difuzoru; d) výstup z tělesa)

### 3.2.2 Porovnání tlaků z odběrů

Na díle byla osazena celá řada odběrů statického tlaku [5]. Tento příspěvek se zaměřuje na proudění v difuzoru, tělese a nástavbě. Proto byly porovnány pouze tlaky z odběrů statického tlaku, viz Obr. 14.

Odběry statického tlaku byly navrženy symetricky na levé i pravé straně výstupního tělesa. Do měřících míst v difuzoru byly opět kvůli průměrování umístěny vyhodnocovací plošky o výšce jedné oběžné lopatky. Na Obr. 14 je umístění vyhodnocovacích ploch na vstupu a výstupu difuzoru a na výstupu z tělesa. Ve sloupcovém diagramu na Obr. 15 jsou vyneseny a porovnány průměrné hodnoty z levé i pravé strany.



obr. 15: Procentuální rozdíl mezi měřeními a vypočtenými tlaky z CFD z odběrů statického tlaku

Porovnání tlaků v místech odběrů mezi CFD a měřeními vykazuje obdobně přijatelnou shodu jako v místě sondování.

## 4. Závěr

Ve spolupráci s Doosan Škodou Power byl validován CFD výpočet výstupního NT tělesa na datech získaných z měření na parní turbíně 1 090 MW. Vypočtená a naměřená data jsou v dobré shodě. CFD model bude dále zpřesňován a v rámci zlepšení výsledků chceme do budoucího modelu zahrnout detailnější geometrii, konkrétně tie-boss a odsávání vlhkosti z rozváděcí lopatky a obvodovou drážkou na špičce za poslední rozváděcí lopatkou.

Díky validaci s měřeními víme, že touto metodikou dokážeme z hlediska proudového pole a tlakových poměrů simulovat proudění v komplexních výstupních tělesech bez nutnosti měření. Pomocí CFD simulací jsme schopni poměrně rychle najít kritická místa ovlivňující účinnost posledního stupně

a efektivně ji zvyšovat, včetně hlubšího porozumění dějům probíhajících v posledním NT stupni a výstupním tělese.

## Literatura

- [1] John D. Anderson, Jr. „Fundamentals of Aerodynamics (Fifth Edition)“, 2010.
- [2] F. R. Menter, M. Kuntz, R. Langtry “Ten Years of Industrial Experience with the SST Turbulence Model”, 2003.
- [3] Hoznedl M., Sedlák K., Bednář L., Mrózek L., Kolovratník M. „Proudové poměry na posledním stupni a v tělese turbíny 1078 MW“, Výzkumná zpráva Škoda, VZTP 1088, 2015.
- [4] M. Häfele, C. Traxinger, M. Grübel, M. Schatz and D. M. Vogt, „EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF THE FLOW IN A LP INDUSTRIAL STEAM TURBINE WITH PART-SPAN CONNECTORS“, 2015.
- [5] Michal Hoznedl, Kamil Sedlák, Lukáš Mrózek, Lukáš Bednář, Robert Kalista, „Experimental investigation on flow in diffuser of 1090 MW steam turbine“, 2016.

# Hledáte zkušeného partnera v oblasti technických analýz?

Jsmo česká nezávislá společnost. Naše odborné zaměření je zejména v oblasti točivých strojů, energetiky, automobilové a dopravní techniky.

Poskytujeme efektivní řešení technických problémů na úrovni teoretického rozboru i s použitím nejmodernějších CAE systémů, včetně vlastních produktů a metodických postupů ověřených řadou úspěšně dokončených projektů.

Zaměstnáváme odborníky s dlouholetými zkušenostmi v oblasti technických analýz a výzkumných projektů. Aktuálně hledáme nové spolupracovníky do našeho týmu.

## V jaké oblasti vám můžeme pomoci:

### Technické analýzy a studie v oblastech

- proudění tekutin CFD
- přestup tepla vedením, konvekcí a sáláním
- multifyzikální analýzy, FSI (Flutter, Akustika)
- pevnostní analýzy MKP

### Konzultační a poradenská činnost

### Návrh a optimalizace

- točivých strojů s využitím 1D až 3D přístupů
- strojních součástí

### Podpůrná činnost

- programovací činnost
- přípravu kvalitních výpočetních sítí na složitých geometrických modelech
- IT podpora



## Doosan Škoda Power

- Výrobce a dodavatel zařízení a služeb pro energetiku s více než stoletou tradicí výroby parních turbín vlastního designu
- Součást skupiny Doosan

### Nabízíme:

**Optimální řešení projektu turbosoustrojí, turbínových ostrovů a strojoven parních turbín s parními turbínami 10 až 1200 MW vlastního designu v aplikacích pro:**

- Kombinované cykly
- Průmysl
- Fosilní elektrárny včetně superkritických
- Jaderné elektrárny
- Obnovitelné zdroje

### Komplexní služby pro zákazníky včetně:

- Dlouhodobé údržby
- Modernizací/retrofitů zařízení vlastního designu i zařízení jiných výrobců

### Vybrané projekty v realizaci:

- Modernizace nízkotlakových dílů turbín 2×1000 MW – JE Temelín
- Turbosoustrojí 200 MW, PPC Punta del Tigre – Uruguay
- Modernizace vysokotlakových dílů parních turbín 4×262 MW cizího výrobce, JE Loviisa – Finsko
- Strojovna s parní turbínou 116 MW, PPC Lichterfelde – Německo
- Turbosoustrojí 375 MW, uhelná elektrárna Red Dragon – Chile
- Turbosoustrojí 2×160 MW, uhelná elektrárna Paco – Panama
- Turbosoustrojí 179 MW, PPC Kelar – Chile
- Turbosoustrojí 2×90 MW, PPC Salalah – Oman
- Turbosoustrojí 182 MW, PPC Zarga – Jordánsko
- Turbínový ostrov 70 MW, spalovna Dublin – Irsko
- Turbínový ostrov 32 MW, Mazidagi – průmysl, Turecko

### Kontakt:

Doosan Škoda Power s.r.o.  
Tylova 1/57, 301 28 Plzeň  
Česká republika  
Tel.: +420 378 185 000,  
Fax: +420 378 185 910