

## VÝPOČTY A BEZPEČNOSTNÍ ANALÝZY

- Termohydraulické výpočty JE
- Accident Management
- Bezpečnostní výpočtové analýzy
- CFD výpočty, 3D modelování

Společnost TES s.r.o. se v rámci technické podpory provozovatelů jaderných elektráren (JE) dlouhodobě věnuje oblasti výpočtů a bezpečnostních analýz. Pomocí nejmodernějších výpočetních prostředků dovedeme věrohodně modelovat dynamiku tepelných, neutronově-fyzikálních a hydraulických procesů v jaderných zařízeních. V této oblasti nejčastěji provádíme analýzy provozních, abnormálních a havarijních stavů JE. Pro provozovatele JE poskytujeme i další servis v podobě zpracování a vyhodnocení vybraných zkoušek a testů formou ověřovacích pre-test a post-test výpočtů.

Nedílnou součástí naší podpory v oblasti jaderné bezpečnosti je provádění bezpečnostních výpočtových analýz nebo jejich nezávislé posuzování. Praktické zkušenosti našich expertů s řízením a provozem jaderných bloků v ČR jsou značnou výhodou při vývoji a validaci výpočtových modelů a následně i při provádění a vyhodnocování výpočtů a formulaci doporučení pro provozovatele JE.

## Termohydraulické výpočty JE

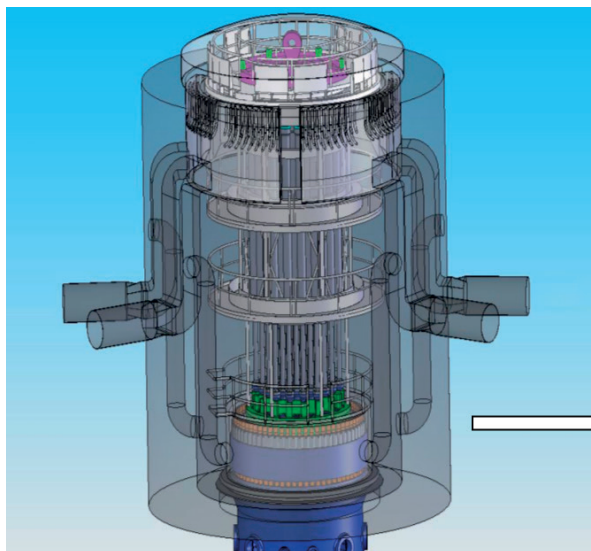
Mezi nejčastěji prováděné analýzy z oblasti termohydrauliky patří výpočty provozních, abnormálních a havarijních stavů jaderných elektráren typu VVER-440 a VVER-1000. Analýzy provádíme za použití pokročilých systémových výpočtových kódů RELAP5 a TRACE, pro řešení těžkých havárií máme k dispozici výpočtové programy MAAP4 a MELCOR, pro detailní 3D výpočty používáme CFD program ANSYS Fluent.

Výpočtové programy RELAP5, TRACE a MELCOR byly vyvinuty pro potřeby U.S. NRC a byly v širokém rozsahu validovány pro různé typy provozních a havarijních stavů JE. Tyto programy jsou v TES s.r.o. využívány v rámci mezinárodní spolupráce v programu CAMP (Code Applications and Maintenance Program), respektive v programu CSARP (Cooperative Severe Accident Research Program),

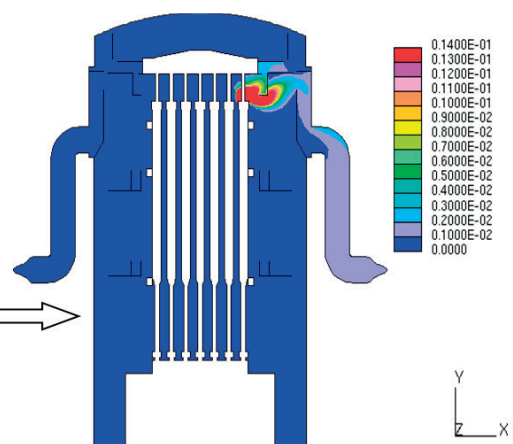
v rámci kterých se TES s.r.o. aktivně podílí na dalším vývoji a nezávislé validaci těchto výpočtových programů. Pro výpočtové analýzy jaderných bloků byly v TES s.r.o. vyvinuty následující komplexní výpočtové modely:

- Jaderný blok VVER-1000 (RELAP5, TRACE).
- Jaderný blok VVER-440 (RELAP5, TRACE, Fluent).
- Experimentální zařízení PSB-VVER (RELAP5, TRACE).
- Experimentální zařízení BC V-213 (MELCOR).
- Dílčí subsystemy a komponenty JE – např. BSVP ETE (Fluent, TRACE), kontejnment VVER-440 (MELCOR), aktivní zóna VVER-1000 (PARCS).

Všechny výpočtové modely byly v širokém rozsahu validovány na základě dat z reálných provozních událostí na JE a testů spouštění JE, případně na základě dat z testů na experimentálních stendech.



### Leak Analysis in Upper Shaft of VVER-440/213 Reactor



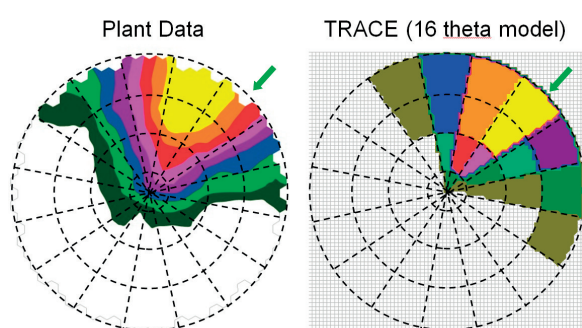
## Accident Management

Experti firmy TES s.r.o. získali rozsáhlé zkušenosti v průběhu dlouhodobé spolupráce při vývoji, validaci a implementaci dokumentů Accident Management (AM) pro JE Dukovany i JE Temelín. Většina výpočtových prací při podpoře předpisů AM byla prováděna v prostředí systémových výpočtových programů RELAP5 a TRACE, naši experti se dále významně podílejí i na validaci předpisů AM na plnorozsahových simulátorech JE Dukovany a JE Temelín. Výpočtová validace předpisů AM je charakteristická zejména svou náročností při vytváření scénářů a simulování zásahů operativního personálu, což vyžaduje i značnou praktickou zkušenost s řízením reálného jaderného bloku, dostupností personálu a také při stanovování časové odezvy personálu a manipulačních časů pro jednotlivé činnosti. V této oblasti firma TES s.r.o. využívá přímé zkušenosti svých expertů s řízením jaderného bloku z pozice operativního personálu JE.

V oblasti vývoje, validace a implementace předpisů AM nabízíme následující služby:

- Výpočtové analýzy pro vývoj a validaci předpisů AM v následujících oblastech.
  - předpisy pro likvidaci abnormálních stavů (LAS),
  - předpisy pro likvidaci mimořádných stavů (LMS),
  - návody pro zvládnutí následků těžkých havárií (SAMG),
  - manuály (návody) pro technické podpůrné středisko (TPS).
- Nezávislé posouzení výpočtových analýz pro předpisy AM provedených jinými subjekty.
- Tvorba textové části a příloh předpisů AM.
- Spolupráce při validaci a vyhodnocení validace předpisů AM na simulátoru JE.
- Výpočet a zpracování systematického souboru setpointů pro předpisy AM.
- Revize a revalidace předpisů AM a setpointů v souvislosti s modifikacemi JE (záměna SKŘ, zvýšení výkonu, záměna paliva, apod.).

## Bezpečnostní výpočtové analýzy



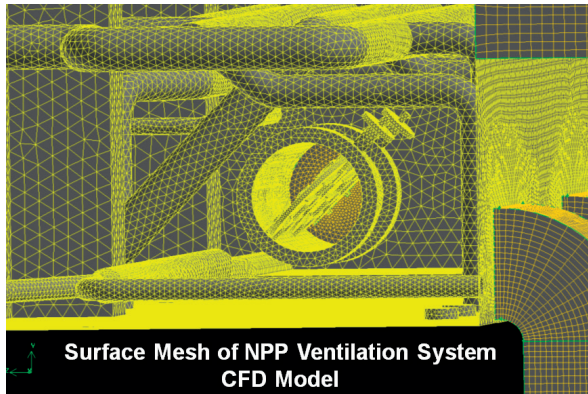
**Measured and TRACE calculated Loop1 mixing factors at VVER-440 reactor core outlet**

Firma TES s.r.o. se dlouhodobě podílí na zpracování bezpečnostní dokumentace pro JE i na dalších činnostech souvisejících s jadernou bezpečností. Naší významnou předností v této oblasti je nezávislost firmy TES s.r.o. na provozovateli JE i na státním jaderném dozoru v ČR. Na výpočtové programy používané pro bezpečnostní analýzy

jsou jaderným dozorem i provozovateli jaderných zařízení kladeny zvýšené nároky. Proto pro účely provádění bezpečnostních výpočtů v ČR používáme výhradně pokročilé výpočtové programy, které prošly hodnocením Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB). V oblasti podpory jaderné bezpečnosti a zpracování bezpečnostní dokumentace nabízíme následující služby:

- Bezpečnostní výpočtové analýzy.
- Nezávislé posouzení bezpečnostních výpočtových analýz.
- Rozbory událostí na JE a analýza jejich vlivu na jadernou bezpečnost.
- Odborné konzultace a posudky při zpracování bezpečnostní dokumentace.
- Zpracování databáze vstupních dat pro bezpečnostní analýzy.
- Spolupráce při zpracování vybraných kapitol Periodic Safety Review (PSR).

## CFD výpočty



Computational Fluid Dynamics (CFD) je výpočetní metoda, která umožňuje detailně modelovat dynamiku proudění kapalin a plynů. Kromě toho však dokáže počítat s přestupem tepla či hmoty, fázovými změnami, chemickými reakcemi, mechanickým pohybem a napětím i deformací pevných materiálů. Firma TES s.r.o. používá univerzální multioborový CFD kód ANSYS Fluent.

Analýzu pomocí CFD výpočtů nabízíme pro tyto oblasti:

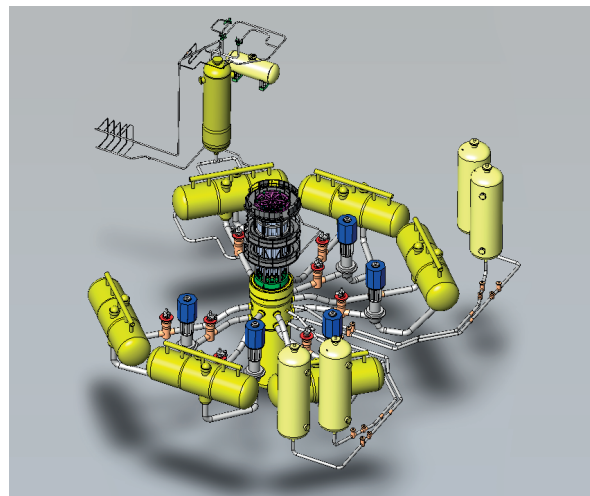
- Energetika jaderná i klasická.
- Chlazení elektrických zařízení a elektronických obvodů.
- Ekologie – úniky látek do životního prostředí, šíření emisí.
- Technika prostředí – chlazení, ventilace, vytápění, klimatizace.
- Automobilový a letecký průmysl – vnitřní a vnější aerodynamika.
- Točivé stroje – ventilátory, kompresory, turbíny atd.

V oblasti jaderné energetiky používáme ANSYS Fluent zejména v aplikacích s převažujícími prostorovými (3D) efekty. Zde CFD simulace poskytují data, která obvykle nelze získat měřením na reálné technologii ani simulací pomocí systémových kódů jako jsou RELAP5 nebo TRACE (např. při výpočtech 3D proudění a teplotních polí v jaderném reaktoru nebo v bazénech skladování vyhořelého paliva).

## 3D modelování

Pro 3D modelování používáme 3D CAD systém SolidWorks. Firma TES disponuje týmem zkušených odborníků, kteří Vám v oblasti 3D modelování mohou nabídnout následující služby:

- Modelování na zakázku podle dodané dokumentace.
- Animace vytvořených 3D modelů pro montážní, prezentační a obchodní účely.
- Prezentace virtuálních výrobků na webu.
- Sdílení 3D modelů zákazníkem v prostředí eDrawings.
- Základní statická pevnostní analýza MKP (napětí a deformace).
- Vytvoření standardní 2D výkresové dokumentace z hotového 3D modelu.
- Vytváření katalogových listů.
- Vytváření geometrických modelů pro CFD analýzy proudění a tepelných procesů.



- Provedení laserového skenování vybrané technologie (ve spolupráci s firmou CSA Systems) a následné vytvoření 3D CAD modelu naskenované technologie.