

SOUČASNÝ STAV PROJEKTU HORIZON 2020 IVMR (UDRŽENÍ ROZTAVENÉHO CORIA UVNITŘ TLAKOVÉ NÁDOBY VVER 1000)

PRESENT STATUS OF THE HORIZON 2020 IVMR PROJECT (IN VESSEL MELT RETENTION INSIDE THE RPV FOR THE VVER 1000)

Jiří Žďárek, David Bátěk a Svatopluk Vlček

ÚJV Řež a.s.

Abstrakt

Jaderná energetika má za sebou tři těžké havárie, které se opakují s pravidelností téměř každých deset let. Je proto velmi důležité podpořit výzkumný projekt, jehož cílem je prokázat udržet roztavené Corium uvnitř tlakové nádoby reaktoru i pro reaktory s vyšším výkonem. Evropský projekt HORIZON 2020 IVMR má tento cíl. ÚJV Řež a.s. tento projekt iniciovalo a v současné době se projektu účastní 13 států EU a přibývají organizace mimo EU. ÚJV Řež a.s. vede Task č. 4. jehož cílem je postavit velkorozměrný experiment prokazující uchlazenost vnějšího povrchu TNR VVER 1000. V prezentaci uvedeme základní cíle celého projektu a současný stav velkorozměrného experimentu v ÚJV Řež a.s.

Nuclear energy already experience three severe accidents which are repeating almost every ten years. Therefore it is very important to support research project with key goal to confirm the ability to keep the melted Corium inside the RPV even for reactors with higher power. The European project HORIZON 2020 IVMR has this goal. The UJV Rez a.s. initiated this project and at present 13 EU countries are participating and also new countries outside the EU are joining the project. The UJV Rez a.s. is leading TASK 4 with goal to build the large scale experiment which will prove ability to cool the outside surface of the VVER 1000 RPV. In our paper key goals of the whole project will be described and also present status of the large scale experimental facility to be build at UJV Rez a.s.

1. Nejdůležitější získané výsledky v polovině trvání celého projektu.

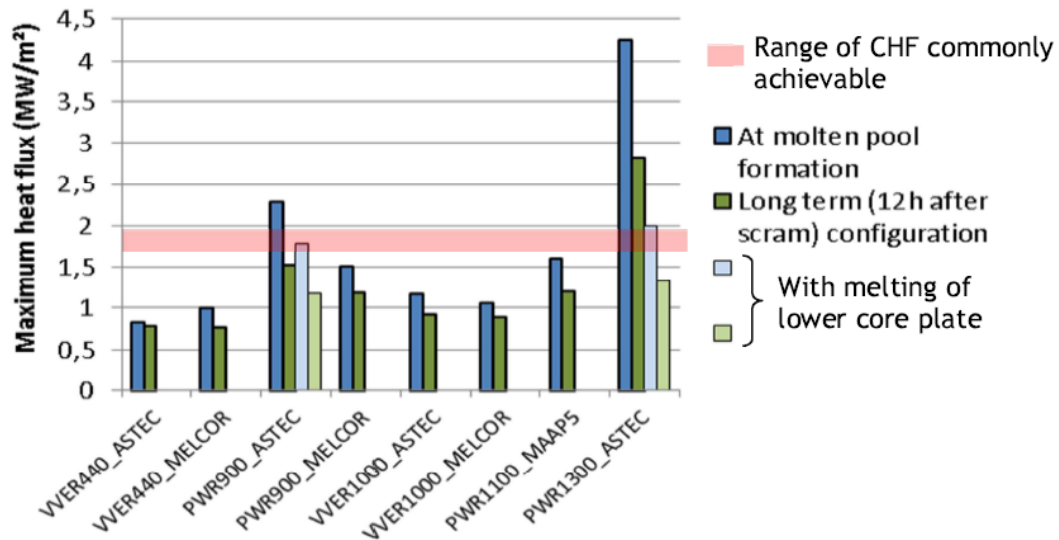
Analytické výpočty a použité kódy jsou velmi důležitou částí projektu. Zásadní současné poznatky je možné shrnout takto:

- Je identifikováno několik postupů zajišťujících zvýšení spolehlivosti při používání výpočtových kódů.
- Byly definovány perspektivy pro použití výpočtových kódů k určení zbytkové odolnosti stěny TNR po jejím výrazném roztavení (ablation).
- V současné době není dostatek spolehlivých creepových dat v oblasti teplot 350-600 °C. EdF předložilo návrh možných experimentů.
- Předběžné výpočtové hodnocení integrity stěny TNR provedené EdF prokázalo, že zbytková tloušťka stěny TNR cca 16 mm (odpovídající působení tepelného toku 2 MW/m²) je stále dostačující i při tlaku 30 bar.
- CFD kódy je bude nutné používat k náhradě dosud neprovedených experimentů, zejména pro hodnocení vlivu tenkých vrstev v bazénu Coria i k celkovému 3D hodnocení stavu.
- Výše uvedené poznatky byly již použity v revidované metodologii pro hodnocení IVR.

Zcela zásadní poznatky jsou:

- Nejvíce relevantním parametrem pro hodnocení potenciálního úspěchu strategie IVR není výkon reaktoru, ale poměr hmoty paliva k hmotě oceli (ocel, která je nakonec rozpuštěna v bazénu Coria). Na základě tohoto hodnocení je možné již nyní

jednoznačně konstatovat vysokou pravděpodobnost úspěchu aplikace IVR pro VVER 1000. Porovnání pro několik typů JE na následujícím obr. č. 1.



Obr. č. 1. Porovnání různých typů JE s CHF pro okamžitý a ustálený stav

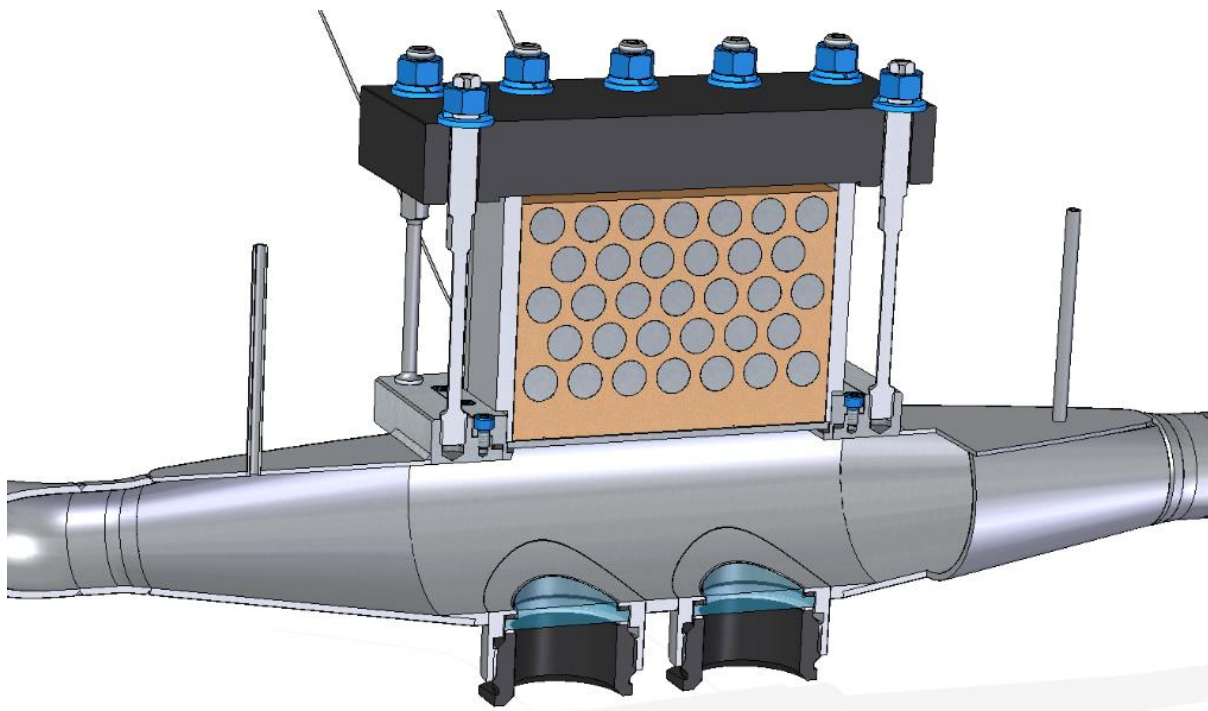
- Pro reaktory vyšších výkonů, simultánní vstřik chladícího media do TNR se simultánním chlazením vnějšího povrchu TNR se ukazuje jako relevantní opatření snižující intenzitu fokusačního efektu. Podmínky vstřiku je však nutné ještě prozkoumat (pasivní systémy, optimální flow rate).

Kromě uvedených důležitých výsledků analytických výpočtů a hodnocení je prováděno velké množství malých experimentů s cílem lépe definovat podmínky v bazénu Coria při stratifikaci s vytvářením různých mezi vrstev. Velká pozornost je rovněž věnována vlivu stavu povrchu TNR na charakteristiky odvodu tepla. EDF velmi aktivně sleduje vliv oxidace vnějšího povrchu.

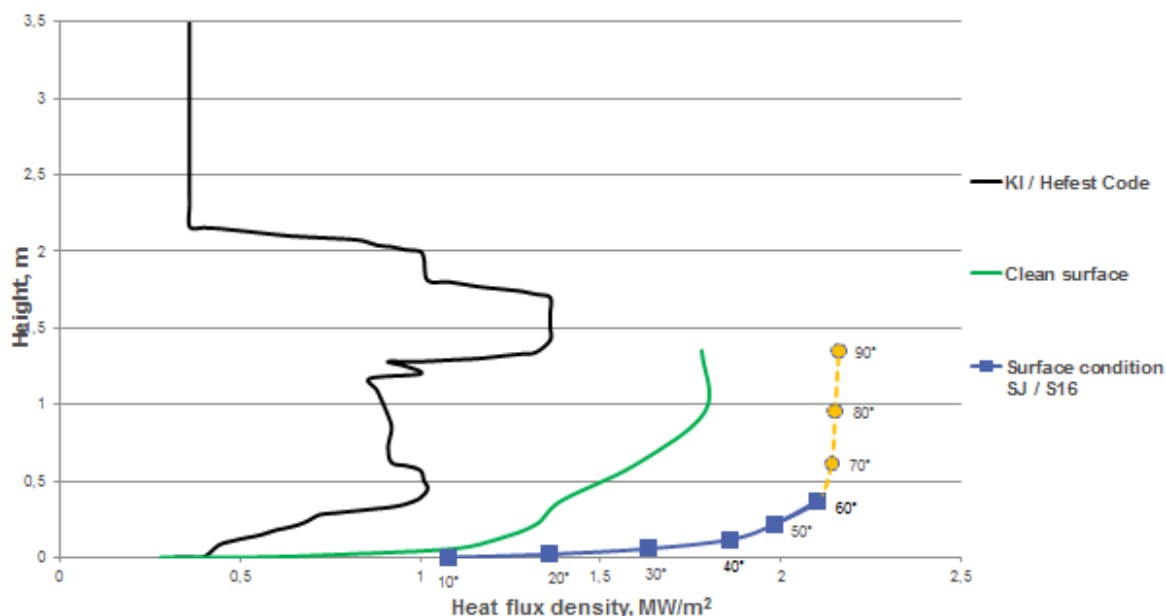
2. Výsledky UJV Řež a.s.

2.1. Výsledky na malém experimentálním zařízení BESTH

Experimentální zařízení BESTH bylo vybudováno na základě podpory Grantové agentury v projektu TAČR Beta. Cílem bylo provést experimenty s různým náklonem, ověřit technologii svaření bloku mědi s ocelí a rovněž provést ověření úpravy povrchu na hodnoty kritického tepelného toku. Základní schéma umístění zkušební vzorku v chladicím kanále je na obr. č. 2, získané výsledky v porovnání čistého povrchu a povrchu s úpravou jsou na obr. č. 3.



Obr. č. 2. Schéma umístění vzorku v chladícím kanále

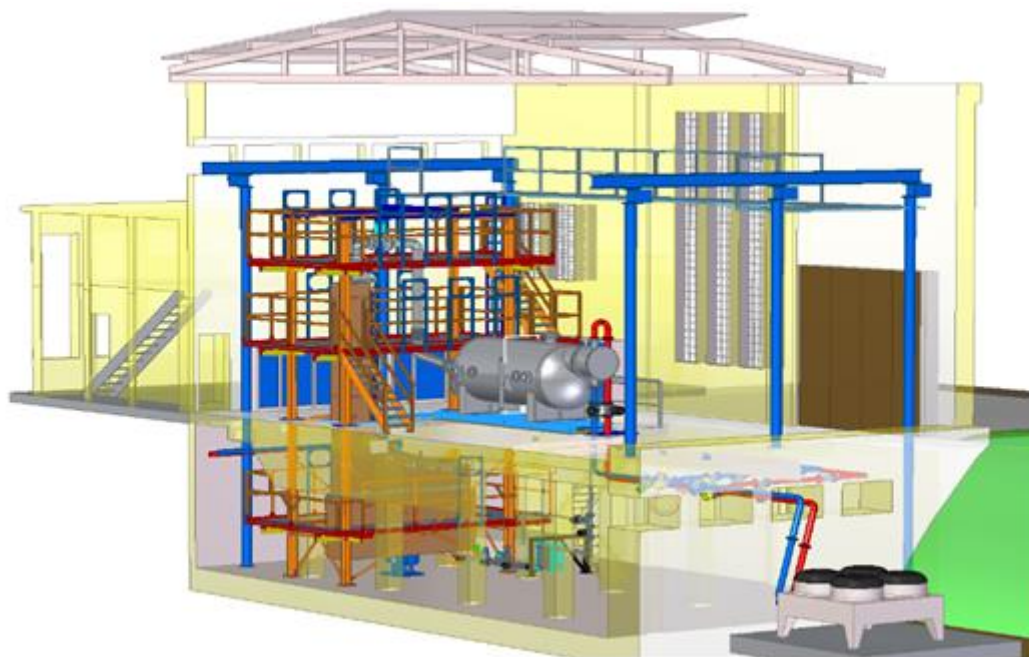


Obr. č. 3. Základní porovnání čistého povrchu a povrchu s novou technologií úpravy povrchu s výpočtem stabilizovaného tepelného toku.

2.2. Principiální design velkorozměrného experimentu THS-15

Návrh velkorozměrného experimentu plně respektuje doporučení z již provedeného experimentu ULPU pro WEC AP 1000. Zejména je nutné přesně dodržet rozměry a tvar semieliptického dna a válcové stěny a rozměry šachty reaktoru. Dále je nutné přesně simulovat přívod vody do šachty a odvod páry. Aby bylo možné simulovat různé hodnoty tepelných toků jak z hlediska jejich velikosti, ale i polohy po celé výšce kanálu, je k dispozici celkem 17 regulovatelných topných sekcí s celkem 1200 topnými patronami a přes 100 děr pro umístění termočlánků. V jedné je i možnost umístění speciálních opto sond k měření množství objemu bublin. Chladicí kanál je dimenzován na šířku 150 mm. Je možná montáž

i demontáž celého kanálu ve dvou sekcích, což umožní provedení experimentů s čistým a upraveným povrchem, dále pro obě varianty s deflektorem a bez deflektoru. Schéma celého zařízení je na obr. č. 4.



Obr. č. 4. Schéma THS-15

2.3. Cíle pro rok 2017

Je dokončena výroba všech topných segmentů mědi s ocelí s otvory pro topné patrony a termočlánky. Probíhá výroba chladicího kanálu, která má být dokončena do konce srpna. Následně bude zahájena montáž ve zkušební hale, včetně instalace primárního i sekundárního okruhu. Kondenzátor je již vyroben a instalován v hale. Celá instalace kanálu, včetně elektroinstalace bude dokončena do konce roku 2017.

2.4. Cíle pro dokončení projektu HORIZON 2020 IVMR

Na základě již provedených analytických výpočtů a expertních znalostí máme vedením celého projektu potvrzeny kritické hodnoty tepelných toků, které musíme být schopni na THS-15 dosáhnout pro stabilizovaný i okamžitý průběh v různých výškách celé tlakové nádoby. Návrh THS-15 včetně osazení tepelnými patronami umožní dosáhnout požadované tepelné toky. Experimenty provedeme s čistým i upraveným povrchem s deflektorem a bez deflektoru. Vzhledem k náročnosti všech experimentů z hlediska životnosti topných elementů, musíme být schopni zajistit i případnou výměnu topných patron.

3. Závěr

Experimentální zařízení THS-15 splňuje požadavky projektu HORIZON 2020 IVMR. Všechny dosud provedené velké experimenty v USA, Korea a Čína nemají komplexní řešení, které je navrženo a bude realizováno s THS-15. Tento fakt by měl výrazně posílit aplikaci IVMR na stávajících VVER 1000, ale i potenciál aplikace pro nově budované JE.