



Jaderník

SPECIÁL 2017

SUSEN 2017

- výstavba ukončena, výzkum pokračuje!

Člověk ke svému životu potřebuje externí dodávky energie – doba, kdy jako lovec či primitivní zemědělec vystačil jen s energií produkovanou jím samotným a energií z ohně k přípravě potravy dávno minula a nechceme (a ani nemůžeme) se do ní vrátit. Otázka proto není, zda „vyrábět“ energii (přesněji řečeno přeměňovat v přírodě dostupné energetické zdroje do formy vhodné k použití člověkem), ale kolik energie potřebujeme a jak ji získat za co nejnižší náklady při minimálním dopadu na životní prostředí. Potřebujeme koncepci Udržitelné energetiky (Sustainable Energy, SUSEN). více na straně 3

HELICZA, zařízení pro výzkum materiálů první stěny fúzního reaktoru

Jsme Skupina ÚJV

Každá z pěti zapojených společností má dlouholeté zkušenosti ve výzkumu a vývoji, projekčních a inženýrských službách, technickém inženýringu, výrobě speciálních produktů nebo zařízení a expertních činnostech v energetice (jaderné i klasické), průmyslu, dopravě a obnovitelných zdrojích.

Mateřskou společností Skupiny ÚJV a zastřešujícím činitelem je ÚJV Řež, a. s. Jejími členy pak výzkumná organizace Centrum výzkumu Řež (CVŘ) a společnosti EGP INVEST (EGPI) z Uherského Brodu, Ústav aplikované mechaniky Brno (ÚAM Brno) a Výzkumný a zkušební ústav Plzeň (VZÚ Plzeň).

Když nastal „Den R“

Jaderná energetika byla na konci padesátých let minulého století v plenkách. Před nocí z 24. na 25. září 1957 bylo jen osm zemí na naší planetě, které dokázaly provést štěpnou jadernou reakci. V tento Den R se k nim, jako deváté, přidalo Československo. Stalo se tak ve výzkumném ústavu v Řeži, kde byl vybudován první středoevropský jaderný reaktor. Za šedesát let ušla jaderná energetika v naší zemi obrovský kus cesty. Ale prvenství už zůstane reaktoru VVR-S. více na straně 8



Historická fotografie VVR-S z roku 1957



Martin Ruščák

ředitel
Centrum výzkumu Řež s.r.o.

Braunovy Ctnosti a jaderné technologie

Když před šedesáti lety naši předchůdci začali stavět jaderný areál v Řeži, bylo pro ně druhé desetiletí 21. století dobou vzdálenou. Vědeckofantastické romány byly plné osídlování vesmíru a jaderná energie pomáhala pomalu v každém domě. Měla to být doba, do které lidstvo tak nějak samovolně vpluje, že?

Filmy z té doby ukazují, že se Řež stavěla v podmínkách, které bychom za příliš technologicky pokrokové nepovažovali. Jednoduché stroje, žádné 3D modely, logaritmické pravítko. Navzdory tomu ta inženýrská generace číslo -3, počítáme-li od té dnešní, postavila technologie, které využíváme.

Ti lidé měli jenom tušení, kudy se budou ubírat cesty jaderné energetiky, nevěděli, jaká zařízení budou potřeba za desítky let. Navzdory tomu téměř pokaždé, když jdu kolem těch budov z padesátých let, smeknu v obdivu virtuální klobouk s vědomím jejich předvídavosti, píle, invence a naděje.

Píle, invence, naděje. Všiml jsem si v Kuksu u Braunových soch Ctností – Píle třímá včelí úl a přesýpací hodiny (technologie!), Naděje kotvu jako symbol dalek a očekávání (a také technologie ☺). Invenci dal Braun do všech. Píle, invence a naděje tehdejších inženýrů a techniků postavily naše technologické údolí.

Naše země se za šedesát let změnila. Sice ještě nelétáme na výlet na jiné planety, ale Česko je zemí s vysokým podílem na tvorbě a využití znalostí z jaderných technologií a s vysokou důvěrou obyvatelstva v ně. Zemí, která provozuje jaderné elektrárny a významně přispívá do vývoje reaktorů nových generací.

Píle, invence, naděje. Stály také za neskutečným úsilím týmu projektu SUSEN i dalších kolegů z CVŘ a ze Skupiny ÚJV, kteří projekt SUSEN svojí prací podporovali. Často jsme se učili za pochodu. Občas s chybami, vždy s poučením. Chtěli jsme dělat vědu, ale museli jsme se víc než občas věnovat nakupování a vyjednávání s dodavateli.

Infrastruktura SUSEN změnila výzkumnou tvář české jaderné komunity. Mnohé technologie postavené v SUSEN přitom v roce 2011 neexistovaly víc jak v myšlenkách několika lidí. Vysoké teploty, tepelné toky, nové možnosti analýzy materiálů... příležitosti pro naše týmy k mezinárodní spolupráci na mnoho let.

Čeká nás spousta práce na projektech a jejich získávání, spolupráce s výzkumnou komunitou a průmyslem. Dovolme si pro tuto chvíli luxus radosti z úspěchu. Děkuji všem, kteří se o úspěch projektu zasloužili, našim sponzorům, Evropské komisi a Ministerstvu školství, mládeže a tělovýchovy, dodavatelům za špičková řešení, obci Řež za pochopení. Všem ze Skupiny ÚJV, kteří nám drželi palce a přímo nebo nepřímo v tom „jeli“ s námi, i Západočeské univerzitě v Plzni – našemu partnerovi v projektu.

Především ale děkuji kolegyním a kolegům z CVŘ. Máte můj obdiv za píli, invenci a naděje, které jste do projektu SUSEN dali.

Řekli o SUSEN:



Karel Křížek

předseda představenstva
ÚJV Řež, a. s.

„Projekt SUSEN je nejvýznamnější investicí ve Skupině ÚJV za posledních 50 let. Jeho příprava a realizace byla mimořádně náročná nejen technicky, ale i procesně a administrativně, protože bylo nutné dodržovat všechny české i evropské předpisy pro dotační projekty. Zúčastnění pracovníci odvedli skvělou práci a patří jim uznání. Díky jim máme moderní zařízení a infrastrukturu pro výzkum a průmyslové využití. Blahopřeji kolegům z Centra výzkumu Řež k dosaženému úspěchu a přeji jim mnoho zajímavých projektů.“



Erich Unterwurzacher
ředitel Generálního
ředitelství pro Regionální
a městskou politiku
Evropské komise

„Blahopřeji týmu Centra výzkumu Řež za hmatatelné výsledky investic politiky soudržnosti Evropské unie ve výzkumu. Oceňuji, že cíl infrastruktury projektu SUSEN je zaměřen na energetický výzkum včetně posílení mezinárodní spolupráce. Vítám kooperaci navázanou s univerzitami a nelze opomenout také příspěvek projektu ke vzniku pracovních míst. Chtěl bych dále zdůraznit, že v období 2014 – 2020 rozpočet ze strukturálních fondů Evropské unie pro vědu a inovaci v České republice činí 111 miliard Kč.“



Jakub Uchytíl
ředitel odboru
administrace projektů
výzkumu a vývoje MŠMT

„S projektem SUSEN si spojují řadu vzpomínek na jeho jedinečnost, na znalosti a nadšení výzkumníků, a na urputné úsilí vedení i realizačního týmu, díky kterému se podařilo urazit celou dlouhou a spletitou cestu až do úspěšného konce. Z pohledu MŠMT šlo o jediný „velký projekt“ v druhé prioritní ose, jeden z mála podpořených projektů soukromých výzkumných organizací. V průběhu realizace se potýkal s řadou změn vyvolaných důsledky a úpravou priorit po havárii ve Fukušimě. I po slibném začátku narážel na překážky spojené s legislativou veřejných zakázek. Jsem velmi rád, že se všechny potíže nakonec podařilo překonat a projekt byl z prostředků operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání úspěšně dokončen. Jsem přesvědčen, že má potenciál ve svém oboru přispět k excelenci výzkumu v ČR.“



SUSEN 2017

- výstavba ukončena, výzkum pokračuje

„Hovoříme-li o „udržitelné energetice“, máme na mysli takový způsob člověku prospěšných energetických přeměn, který vytvoří podmínky pro zachování a postupné zlepšování životního standardu, přičemž nedílnou součástí životního standardu je životní prostředí. Udržitelnou energetikou tedy není výroba energie zatěžující nepřijatelným způsobem životní prostředí, ale ani systém spotřebovávající zbytečně velké množství energie či pošuzující energii za náklady znemožňující globální růst životní úrovně, upřesňuje **Jiří Richter, hlavní manažer projektu SUSEN.**

Současný svět udržitelnou energetiku zatím nemá – řada energetických zdrojů (zejména v rozvojových zemích) má nízkou účinnost a ovlivňuje životní prostředí emisemi je poškozujícími, měrná energetická spotřeba je zbytečně vysoká v důsledku používání zastaralých technologií a náklady na výrobu energie hrozí překročením limitní hranice pro růst životního standardu. Podmínkou změny tohoto stavu je vývoj technologií jak na straně spotřeby, tak na straně výroby energie. Náš projekt „Udržitelná energetika – SUSEN (SUSustainable ENergy)“ má ambiciózní cíl k tomuto vývoji přispět.

SUSEN OD ZAČÁTKU K DNEŠKU

Kořeny projektu SUSEN sahají hluboko do prvního desetiletí 21. století, kdy se v souvislosti s nabídkou podpory Evropské unie zaměřené na vyrovnání ekonomické úrovně jednotlivých regionů naskytla příležitost doplnit a kvalitativně zlepšit technickou infrastrukturu pro výzkum a vývoj, mj. i pro výzkum a vývoj v energetice. Po pracném vyjednávání, mnohých slepých uličkách a obdobích beznaděje se podařilo dospět k zadání akceptovatelnému pro nás, vládní instituce České republiky i Evropskou komisí a projekt byl koncem roku 2011 – s více než ročním zpožděním proti původním plánům – schválen jako součást programu Výzkum a vývoj pro inovace řízeného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy.

Nadšení bylo velké, ale oslavné chorály

se nezpívaly – všichni si byli vědomi, jak tvrdá práce nás v následujících letech čeká. Nejprve bylo nutno připravit pro nově připravovaná experimentální zařízení vhodné prostory, konkrétně postavit novou Experimentální halu v Plzni a Diagnostické centrum v Řeži a rekonstruovat pět starých objektů v Řeži. A kolegové výzkumníci byli postaveni před první pro ně neobvyklý, ale pro úspěch projektu klíčový úkol – stanovit požadavky na stavební řešení těchto budov, aniž by znali konkrétní technické řešení v budoucnu pořizovaných a mnohdy teprve vyvíjených přístrojů a zařízení, neboť čekání na projektové podklady od těchto zařízení by znemožnilo dodržet projektem stanovené milníky. Krok velmi riskantní, avšak pro úspěch projektu nezbytný, se podařil.

Úspěchem skončila i další fáze projektu – zadání a realizace stavebních prací. Na rozdíl od některých jiných velkých projektů jsme dokázali provést zadávací řízení bez významných zádrhelů a naprostou většinu objektů ve spolupráci s generálními dodavateli Metrostavem a Zlínstavem postavit v termínech dle plánu projektu a – díky příznivé situaci na trhu stavebních prací – za ceny podstatně nižší než plánované.

Schylovalo se však k mnohem závažnějším problémům, tentokrát s byrokratickým podhoubím. Zákonnodárci v domnění, že každý, kdo zadává veřejné zakázky je lump a gauner, a ve svatém nadšení potlačit korupci přijali novelu zákona o veřejných zakázkách ukládající zadavatelům povinnost zrušit zadávací řízení v případě, že obdrží jedinou nabídku. Řada námi požadovaných přístrojů a zařízení byla přítom unikátních, pracujících na špičkových technických parametrech, které byl schopen nabídnout velmi omezený počet výrobců. Svoji roli hrál i fakt, že někteří renomovaní dodavatelé nepodali nabídky na plnění našich zakázek z prozaického důvodu – byli si vědomi, že danou dodávku je schopen splnit i některý z domácích dodavatelů, kterému nejsou, vzhledem k rozdílné ceně pracovní síly a podílu lidské práce na zakázce, schopni cenově konkurovat.

Důsledky byly zničující – do doby, než Parlament ČR po (nejen) našem tlaku svůj nedomyšlený krok v roce 2015 revidoval, jsme museli zrušit více než 40 zadávacích řízení pro nedostatečný počet nabídek.

Náprava legislativních podmínek přišla tak pozdě, že již nebylo možno projekt dokončit v původně plánovaném termínu (12/2015). Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy proto na naši žádost rozhodlo o dokončení projektu jeho druhou fází realizovanou v programu Výzkum, vývoj a vzdělávání s podporou Evropské unie v letech 2016 a 2017. To se nám – přes všechny problémy a peripetie – díky úsilí našich zaměstnanců (jen málo pracovníků CVŘ nebylo nějakým způsobem do projektu SUSEN zapojeno), spolupráci dodavatelů a podpoře naší mateřské společnosti ÚJV Řež, a. s., a Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy, podařilo.



ROKEM 2017 TO NEKONČÍ...

Vybudování technické infrastruktury SUSEN je sice významným cílem projektu SUSEN, zůstává však pouhým nástrojem k dosažení cílů vědecko-výzkumných plánovaných na období do roku 2023. Získali jsme základnu, která nás v některých oborech řadí k nejlépe vybaveným centřům jaderného a energetického výzkumu na světě, a je už jen na nás, jak tuto neopakovatelnou příležitost zařadit se mezi ně i výsledky našich prací využijeme. ■



SUSEN

Podpora vývoje nových štěpných a fúzních technologií ...



... je logickou reakcí na rapidní rozvoj společnosti, a s ním souvisejícím zvyšováním potřeby energií,

které koliduje s klesajícími zásobami fosilních paliv a projekty nových bezemisních zdrojů pro ochranu klimatu, říká **Markéta Kryková z programu Technologické experimentální okruhy (TEO) projektu SUSEN v CVŘ** a dodává: proto je modernizace a transformace struktury a charakteru energetických zdrojů zcela nevyhnutelná. A na to musíme reagovat, hledat řešení. Projekt SUSEN je jednou z cest.

ENERGETICKÉ ZDROJE PRO BUDOUCNOST

Musí dnes splňovat přísné nároky z důvodu udržitelného rozvoje i z hlediska socio-ekonomických preferencí a požadavků. Variantou, která nabízí řešení hned několika otázek souvisejících s dalším vývojem energetiky a zároveň vyhovující těmto požadavkům, jsou beze sporu jaderné reaktory nové generace, a to jak štěpné reaktory Generace IV, tak reaktory fúzní.

Vstříc tomuto vývoji a potřebám vychází infrastruktura budovaná v rámci výzkumného programu Technologické experimentální okruhy. Jednotlivá výzkumná témata jsou sdružena podle chladicího média užívaného v daném typu reaktoru, neboť hlavní část výzkumu se soustřeďuje na vzájemné působení chladicího média s konstrukčními nebo funkčními materiály a výzkum technologií a komponent. Výzkum a vývoj je tedy orientován zejména na prostředí superkritické a ultrakritické vody, vysokoteplotního helia, tekutých solí, superkritického oxidu uhličitého a těžkých tekutých kovů, interakce s ionizačním zářením a vysokými tepelnými toky.

EXPERIMENTÁLNÍ VYBAVENÍ - SMYČKY

Jsou základem velkých technologických celků v rámci tohoto výzkumu. Významnou částí infrastruktury TEO jsou reaktorové smyčky (vysokoteplotní heliová smyčka HTHL-2 a superkritická vodní smyčka SCWL), které budou sloužit k výzkumu simultánního působení parametrů reaktorů Generace IV a radioaktivního

záření. Tato unikátní kombinace je centrem zájmu mnoha zahraničních partnerů (v Evropě, ale i mimo ni), neboť umožňuje posun výzkumu technologií probíhajícího již několik desítek let na další úroveň. Smyčky SCWL a HTHL-2 jsou navrženy především pro využití v materiálovém výzkumu a výzkumu chemie chladicího média vč. radiolýzy. Na infrastrukturu SCWL smyčky navazuje ultrakritická vodní smyčka (UCWL) sloužící k materiálovému výzkumu pro novou generaci fosilních zdrojů.

Další skupinou jsou smyčky experimentální, které svým zaměřením přispívají k výzkumu komponent a ověření termohydraulických simulací a vlastního přenosu tepla v systémech. Jedná se o smyčku S-ALLEGRO, která svým konceptem odkazuje na reaktor ALLEGRO a slouží k testům komponent jako je systém havarijního odvodu tepla, ventily, či tepelné výměníky a smyčku S-CO₂ pracující na parametrech superkritického oxidu uhličitého a sloužící jak k materiálovému výzkumu, tak k testům komponent pro pracovní okruhy reaktorů Generace IV, kde je CO₂ jako pracovní médium jednou z možností.

FÚZNÍ TECHNOLOGIE

Tuto skupinu zastupuje zařízení HELCZA



Smyčka SCWL

(zkratka vytvořená z názvu High Energy Load Czech Assembly). Tento zcela unikátní experimentální celek umožňuje vystavovat vysokému tepelnému toku panely první stěny a divertoru fúzního reaktoru v jejich skutečné velikosti, hodnotit a zkoumat jejich případné poškození a umožnit tak kvalifikaci těchto komponent před instalací ve fúzním reaktoru. Součástí infrastruktury TEO je i maketa Test blanket modulu (TBM), která bude využívána pro kvalifikaci robotů a dálkově ovládaných údržbových strojů v budoucím fúzním reaktoru ITER. V rámci projektu SUSEN byla dále vybudována a dovybavena laboratoř neutronových generátorů a laboratoř vodíkových technologií jako důležité technologie ukládání energie.

VÍCEVRSTVÁ INFRASTRUKTURA

Na jedné straně umožňuje, aby bylo její základní zapojení zaměřeno především na aplikovaný a pre-komerční výzkum, současně ale do značné míry determinuje její současné a budoucí využití z hlediska zapojení do projektů a zakázek. Centrum výzkumu Řež je členem mnoha významných mezinárodních skupin a platforem (a to jak přímo, tak přes mateřskou společnost ÚJV Řež, a. s.). Tato síť kontaktů tvoří základ jak pro stávající, tak pro budoucí konsorcia zaměřená na kooperativní výzkum a vývoj v oblasti reaktorů Generace III+, Generace IV a jaderné fúze. ■



Smyčka HTHL-2



SUSEN

Podpora bezpečnosti a spolehlivosti dnešních jaderných elektráren ...



... jak k ní přistupujeme u nás, vychází z jednoduchého hesla: Maximální podpora provozu, vysvětluje

Marek Mikloš, vedoucí programu Strukturální a systémová diagnostika (SSD), projektu SUSEN v CVŘ. Tady se zaměřujeme na studium tepelného, mechanického a radiačního stárnutí konstrukčních materiálů a komponent jaderných elektráren zjišťováním kořenových příčin jejich poškození a vývojem nových diagnostických systémů a postupů nedestruktivních kontrol pro včasnou identifikaci vad a netěsností. S cílem podpořit bezpečný a spolehlivý provoz současných jaderných elektráren i reaktorů Generace III+ a Generace IV, na které jsou kladeny náročnější požadavky na funkce a spolehlivost diagnostických systémů. Ale jen jaderná energetika není náš jediný „zákazník“.

UNIKÁTNÍ TECHNOLOGIE - MIKROSKOPIE

K tomu, abychom to všechno mohli zvládat, potřebujeme právě je. Nelze vypsát a podrobně popsat všechny, a tak se zastavíme u některých, které vybočují z běžných standardů a které najdete v Centru vysoce citlivých analytických přístrojů (CVCAP). Tady používáme například nejmodernější mikroskopy pro detailní hodnocení mikrostruktury po tepelné, mechanické nebo radiační expozici. Za zmínku určitě stojí vysokorozlišovací skenovací transmisní elektronový mikroskop. Viděli jste někdy atom? Tady jej uvidíte. Nebo řádkovací elektronový mikroskop s fokusovaným iontovým svazkem a hmotnostní spektrometr sekundárních iontů. CVCAP také disponuje dvěma unikátními přípravami pro zpracování aktivních i neaktivních vzorků pro následnou mikroskopii.

HORKÉ KOMORY

K poradiačnímu hodnocení vlastností materiálů slouží komplex horkých komor, které jsou vybaveny nejmodernějšími experimentálními zařízeními pro komplexní analýzu konstrukčních materiálů. Příkladem je univerzální hydraulický trhací stroj se silovou kapacitou ± 250 kN a možností zkoušení v intervalu teplot od -160 °C do $+1200$ °C (vakuum/argon). Najdete zde také autoklávový zkušební systém s vodní



Zařízení LOCA

smyčkou s kontrolovaným chemickým složením a zatěžováním pro měření citlivosti ke koroznímu praskání v tlakovodním nebo varném prostředí. Součástí komplexu horkých komor je i polohorká komora s řádkovacím elektronovým mikroskopem pro mikrostrukturní a chemické analýzy.

LOCA PRO SIMULACE HAVÁRIÍ

Jedním z největších zařízení výzkumného programu SSD je zkušební zařízení LOCA (Loss Of Coolant Accident), sloužící k simulaci podmínek vnějšího prostředí, které vznikají v případě maximálních projektových havárií s únikem chladiva na jaderných elektrárnách nebo k simulaci podobných termodynamických podmínek v jiných zařízeních. Nedílnou součástí je kobaltová ozařovna zaměřená na testování radiačního a tepelného stárnutí komponent, materiálů a vzorků používaných na elektrárnách a akreditovaná zkušebna s vybavením pro vysokonapěťové zkoušky a testování elektrických komponent.

PLZEŇSKÁ STOPA

Neoddělitelnou součástí podpory provozu energetických bloků jsou laboratoře nedestruktivního testování se sídlem v Plzni, v areálu Vědeckotechnického Parku. Zde se za pomoci nejmodernějších metod vyvíjejí metodiky nedestruktivního zkoušení důležitých komponent energetického průmyslu s cílem nalezení povrchových i podpovrchových necelistvostí.

Zdejší laboratoře disponují unikátním tech-

nickým a expertním vybavením, jako je moderní ultrazvukový přístroj Dynaray sloužící zejména pro měření technikou phased array, která umožňuje snadno detekovat skryté vady v kovech, plastech a kompozitech. Jsou zde moderní přístroje pro zkoušení metodou vířivých proudů s různými typy sond a modulární systém National Instruments pro ultrazvukové zkoušení betonových konstrukcí, nebo 3D skenery, které umožňují nalézt povrchové necelistvosti, korozní důlky nebo vytvářet modely pomocí reverzního inženýrství. To vše poskytuje významné informace přispívající k znalosti chování materiálu v podmínkách dlouhodobého provozu jaderných zařízení.

ENERGETIKA (NEJENOM) JADERNÁ

I když se zatím hovořilo převážně o výzkumu a metodice ve vztahu k jaderným elektrárnám, nezapomínáme ani na klasickou energetiku. Ve spolupráci s ČEZ vzniká metodika pro nedestruktivní kontroly lopatek turbín klasických a vodních elektráren, vyvíjíme metodiku a provádíme ultrazvukové měření oxidických vrstev vnitřních povrchů kotelních trubek tepelných elektráren, v rámci Joint Programme on Nuclear Materials of the European Energy Research Alliance aktivně studujeme nové slitiny pokrytí jaderného paliva a pro finské technologické centrum výzkumu ozařujeme vzorky kabelů a lopatek specifických materiálů. To vše s cílem podpory dlouhodobého a spolehlivého provozu zejména evropských energetických bloků. ■





SUSEN

Podpora bezpečného nakládání s radioaktivním odpadem ...



...žádná lidská činnost se neobejde bez produkce odpadů, ale zpracování radioaktivních odpadů je specifické, protože hlavní důraz je kladen na bezpečnost, popisuje situaci **Martin Mareček, vedoucí výzkumného programu Jaderný palivový cyklus (JPC),** projektu SUSEN v CVŘ.

Radioaktivní odpady vznikají v jaderné energetice v podstatě v průběhu celého palivového cyklu, od vytěžení uranové rudy až po likvidaci elektrárny na konci její životnosti.

Výzkumný program JPC je zaměřen především na oblast konce palivového cyklu, do kterého také patří nakládání s radioaktivními odpady (RAO) a použitým jaderným palivem. Přestože se nejspíš životnost současně provozovaných jaderných elektráren v České republice bude prodlužovat, bude zcela jistě nezbytné, abychom byli připraveni na realizaci výstavby hlubinného úložiště (HÚ). Proto se aktivně zapojujeme do podpory výzkumu a vývoje moderních odpadových technologií a jejich budoucí implementaci, abychom zajistili bezpečné uložení radioaktivních odpadů, tzn. jejich oddělení od životního prostředí po dobu, kdy tyto materiály budou představovat riziko pro své okolí.

PRO BEZPEČNÉ NAKLÁDÁNÍ S RAO

Oddělení JPC není úzce zaměřeno jen na vývoj technologií pro HÚ, ale zaměřuje se i na chování paliva při velmi těžkých haváriích a také na možnosti dalšího využití vyhořelého jaderného paliva. K těm

unikátním zařízením patří tzv. studený kelímek, který využívá indukčního ohřevu k dosažení velmi vysokých teplot a umožňuje simulovat nestandardní stavy v jaderných reaktorech pro studium velmi těžkých havárií. Při simulacích studujeme fyzikálně chemické vlastnosti coria - oxidické směsi tavenin komponent aktivní zóny lehkovodních reaktorů vznikající při těžkých haváriích. Obdobné zařízení lze využít i na vitifikaci radioaktivního odpadu, tedy na jeho fixaci do skelných nebo keramických matic, které pak budou moci být skladovány v hlubinných úložištích.

FLUORIDOVÉ TECHNOLOGIE

Jsou důležitou součástí výzkumu a vývoje separačních metod vhodných pro pokročilé technologie přepracování moderních typů jaderných paliv vybraných typů reaktorů Generace IV. Jedná se o technologie vhodné pro přepracování paliva rychlých reaktorů a kapalného paliva solných reaktorů typu MSR pracujících v thorium-uranovém palivovém cyklu. Oddělení JPC disponuje poměrně rozsáhlou experimentální základnou pro výzkum a vývoj palivového cyklu solných reaktorů, která je v Evropě zcela ojedinělá a vytvořilo tak pro Českou republiku zcela mimořádnou pozici i v mezinárodním kontextu.

PODPORA VÝZKUMU HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

Tento výzkum a vývoj na národní úrovni v České republice zajišťuje a koordinuje Správa úložišť radioaktivního odpadu (SÚRAO). V oddělení JPC fungují nově



Anaerobní boxy

vybudovaná pracoviště zabývající se podporou výstavby hlubinného úložiště v ČR studiem chování materiálů v anaerobním prostředí, transportu radionuklidů v inženýrských bariérách hlubinného úložiště a modelováním procesů probíhajících v hlubinném úložišti. Nově vybudovaná geologická laboratoř může být ideálním mezistupněm pro podporu přechodu z čistě laboratorního výzkumu na připravovaný výzkum v podzemní laboratoři ve finální lokalitě, kterou SÚRAO plánuje vybudovat okolo roku 2030.

ANALYTIKA NA PRVNÍM MÍSTĚ

Současný výzkum a vývoj se neobejde bez analytické podpory Centra vysoce citlivých analytických přístrojů (CVCAP). Zde se provádí analýzy chemického a izotopického složení především povrchů látek pevného skupenství. Výsledkem jsou zejména hloubkové koncentrační profily prvků a izotopů, které slouží zejména ke kontrole kvality výrobních procesů a k charakterizaci materiálů. I když v CVCAP najdeme plno unikátních zařízení, výjimečné postavení má zařízení hmotnostní spektrometrie sekundárních iontů (SIMS), protože tato metoda se vyznačuje největší absolutní citlivostí ze všech povrchově analytických metod, schopností analyzovat všechny prvky periodické tabulky, možností provádět přesnou lokalizovanou izotopickou analýzu, možností měřit hloubkové koncentrační profily s vysokým hloubkovým rozlišením a možností prvkového i molekulárního zobrazování povrchu s vysokým obrazovým rozlišením. ■



Laboratoř studených kelímků



SUSEN

Materiálový výzkum ...



...je nutností pro úspěšnou realizaci pokročilých konceptů štěpných a fúzních technologií, zdůrazňuje

Josef Strejcius, vedoucí programu Materiálový výzkum (MAT), projektu SUSEN v CVŘ. Reaktory Generace IV jsou konstruovány pro mnohem vyšší pracovní teploty než současné varné a tlakovodní systémy, pro představu: 550 °C pro reaktory chlazené superkritickou vodou nebo kapalným sodíkem až po 1 100 °C u vysokoteplotních plynem chlazených variant, to vše s projektovanou životností 60 let.

VOLBA MATERIÁLU, TO JE OČ TU BĚŽÍ!

Kromě vysokých teplot, působení mechanických statických i dynamických sil, silných elektromagnetických a částicových polí, jsou konstrukční materiály těchto reaktorů vystaveny také koroznímu prostředí, proto při výběru materiálu musí být zvažována též dobrá kompatibilita s předpokládaným chladivem. Rovněž v oboru klasické energetiky je zřetelný posun k vyšším teplotám admisní páry až na 760 °C, zaručujícím vyšší tepelnou účinnost ultrakritických bloků, snížení palivové náročnosti a emisí skleníkových plynů. Je proto přirozené, že v popředí zájmu se v množině nových vyvíjených materiálů stále častěji vedle klasických feriticko-martenzitických a austenitických nerezavějících ocelí objevují niklové superslitiny, ale i další žáruvzdorné materiály jako jsou slitiny wolframu, technické keramické materiály, kompozity C-C a SiC-SiC.

LABORATOŘE EXTRÉMních PODMÍNEK ...

Má-li být dosaženo zmíněné funkčnosti nejméně šesti desetiletí pro materiály určené k výrobě například komponent štěpných a fúzních systémů, musí tomu odpovídat výzkumné zázemí. MAT dnes disponuje komplexem špičkové vybavených laboratoří v Řeži a Plzni. Mechanické laboratoře jsou určené pro hodnocení statické, dynamické a rázové pevnosti, silová kapacita instalovaných zkušebních strojů je od 10 do 400 kN, resp. od 10 do 450J, což umožňuje zkoušení těles různých typů a velikostí, též zkoušky při

kombinovaném namáhání tah-tlak-krut. Všechny mechanické testy je možno provádět za horka do teploty 1 100 °C, stroje jsou vybaveny odporovými pecemi a indukčními systémy ohřevu. Samozřejmostí je on-line měření deformace vzorků, mechanické testy je možno realizovat jak v režimu řízení síly, tak deformace. Vytvořená infrastruktura umožňuje provádět zkoušky tečení, relaxace a zkoušky při kombinovaném namáhání tzv. creep-únava.

... A ŠPIČKOVÉHO VYBAVENÍ

Unikátní jsou laboratoř korozně-mechanických zkoušek pro testy s řízenou rychlostí deformace vzorků exponovaných v olovu nebo eutektiku olovo-vismut nebo obdobná laboratoř pro korozní testy v roztažených fluoridových solích. Laboratoře chemické instrumentální analýzy jsou vybaveny moderními analyzátoři: např. spektrometrem s doutnavým výbojem GDOES pro simultánní analýzu až čtyřiceti prvků a možností volby libovolné spektrální čáry, atomovým absorpčním spektrofotometrem s kontinuálním zdrojem záření a s monochromátorem o vysokém rozlišení nebo fúzním analyzátořem vodíku, dusíku a kyslíku v kovech. K hodnocení struktury a substruktury stu-



Zkušební zařízení pro mechanické testy v HLM



Laboratoř mezních stavů materiálů

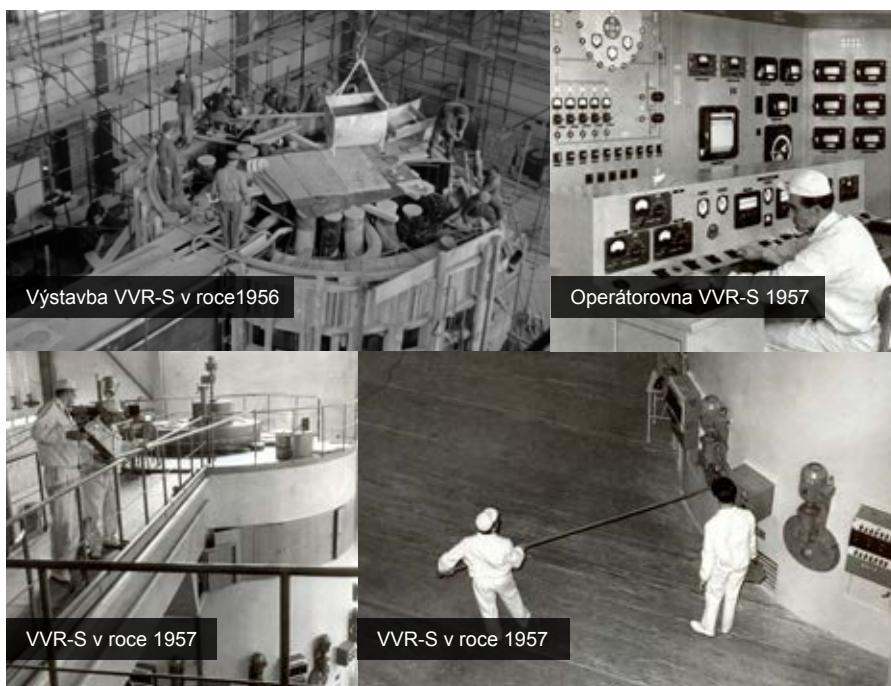
dovaných materiálů v laboratořích metalografie a povrchové analýzy slouží invertovaný metalografický mikroskop, optický laserový profiloměr a rastrovací elektronový mikroskop se Schottkyho autoemisní katodou a velkou analytickou komorou s plasmovým dekontaminátorem a s nadstandardní funkcí provádění in-situ tahových zkoušek se zatížením do 2 kN při teplotách do 600 °C ve vakuu.

ŠIROKÉ SPEKTRUM ÚKOLŮ

Využití laboratoří pro výzkum vlastností materiálů zahrnuje spektrum od hodnocení pevnostních charakteristik žárupevných martenzitických ocelí a austenitických nerezavějících ocelí, homogenních a heterogenních svarových spojů až po zapojení do projektů řízeného stárnutí tepelně namáhaných komponent. Dále provádí ověřování mikrostrukturní stability žárupevných ocelí a v neposlední řadě analýzy provozních poruch. Specifické místo bude mít výzkum a vývoj materiálů pro komponenty jaderných reaktorů Generace IV chlazených těžkými kapalnými kovy a roztavenými solemi, tady půjde o aktivní vstup do vývoje malého modulárního vysokoteplotního reaktoru FHR chlazeného roztavenými fluoridy. Výzkum a vývoj nových materiálů je časově i finančně mimořádně nákladný, proto máme zájem o širokou spolupráci v dané oblasti jak v národním, tak mezinárodním měřítku. Systematicky sledujeme inovativní výrobní technologie například pro výrobu rozměrných komponent a zvyšování užitečných vlastností materiálů. ■



Řež: Tady se psala jaderná historie



Výstavba VVR-S v roce 1956

Operátorovna VVR-S 1957

VVR-S v roce 1957

VVR-S v roce 1957

NOC Z 24. NA 25. ZÁŘÍ 1957

Vypadala, z pohledu většiny z devíti a půl miliónu občanů Československa, asi stejně jako kterákoliv jiná. Pro československý jaderný výzkum však představovala přelom. Přibližně ve 23:52 totiž do prvního československého jaderného reaktoru vložili poslední, 26. palivovou kazetu, a tím bylo dosaženo tzv. kritičnosti, přeloženo do běžného jazyka, reaktor „začal pracovat“. Sedm minut po půlnoci pak vedoucí směny vydal příkaz k odstavení reaktoru. Tato přibližně patnáctiminutová epizoda znamenala vyvrcholení několikaleté snahy odborníků i techniků různých průmyslových odvětví o rozvoj a mírové využití jaderné energie. V reaktoru v Řeži se uskutečnila první řízená řetězová štěpná reakce. Československo se stalo devátou zemí světa, která to dokázala.

REAKTOR JEDE!

Reaktor byl postaven v tehdejším Ústavu jaderné fyziky (od roku 1956 ÚJF ČSAV) v Řeži u Prahy. Dodnes je fascinující s jakou rychlostí byla v tehdejší ČSR zaváděna jaderná věda a technika. Jak vzpomínal první ředitel ústavu Čestmír Šimáně, v létě roku 1955 začaly po pozemku jezdit buldozery a připravovat staveniště. O dva roky

později zde stál funkční jaderný reaktor VVR-S. Měl jmenovitý tepelný výkon 2 000 kW. Palivem byl uran obohacený na 10 % izotopem ²³⁵U.

KDYŽ STARÉ KONČÍ ...

Původním zaměřením reaktoru VVR-S měla být výroba radioizotopů a výzkum v jaderné fyzice, chemii a biologii, čemuž odpovídalo i tehdejší experimentální vybavení reaktoru. Od začátku provozu se však

ukazovalo, že reaktor VVR-S bude do budoucna používán i v dalších výzkumných odvětvích, převážně k výzkumu reaktorové techniky. Proto byla během dalších desetiletí provozu reaktoru VVR-S provedena řada změn a vylepšení včetně rozsáhlé rekonstrukce a modernizace v sedmdesátých letech dvacátého století. Ale i tak byl postupně pocítován nedostatek v kapacitách reaktoru. Proto byl koncem roku 1981 vypracována studie přestavby na lehkovodní výzkumný reaktor. Odstavení se uskutečnilo 28. října 1987. Po více než třiceti letech od spuštění přestal reaktor VVR-S existovat.

... A NOVÉ ZAČÍNÁ: LVR-15

Přestavba trvala přes dva roky. Zkušební provoz nového reaktoru nesoucího nyní označení LVR-15 byl oficiálně zahájen 8. srpna 1989 a ukončen 31. května 1995. Od 1. června 1995 pracuje reaktor v trvalém provozu. Reaktor LVR-15, jak ho známe dnes, je lehkovodní výzkumný reaktor vlastněný a provozovaný Centrem výzkumu Řež s.r.o., dceřinou organizací ÚJV Řež, a. s. Je využíván především pro materiálový výzkum, základní výzkum o hmotě, aktivační analýzu nebo ozařování vzorků ve vertikálních kanálech (tímto způsobem jsou ozařována radiofarmaka, geologické vzorky, vysoce obohacený uran pro výrobu Mo99). Je důležitým článkem v řetězu výzkumných úkolů v rámci projektu Udržitelná energetika (SUSEN). ■



Reaktor LVR-15, současnost

JADERNÍK 2017 - speciální vydání zpravodaje ÚJV Řež a Centra výzkumu Řež; Vydavatel: ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, 250 68 Husinec-Řež; www.ujv.cz.

Redakce: Monika Procházková, Jiří Kuf (CVR), Alena Rosáková (ÚJV Řež); Šéfredaktor: Vladimír Věřčák, tel.: 266 17 3235, vladimir.vercak@ujv.cz.

Fotografie: Jakub Rychec, Lukáš Slavík a archiv redakce. Grafika, DTP a tisk: Studio Petr, www.studiopetr.cz. Uzávěrka: 15. srpna 2017 (přetiskování textů je možné jen se souhlasem redakce).