

reaktorok hosszú távú működésének egyik kritikus kérdése a reaktortartály szerkezeti anyagainak – főként a neutronbesugárzás által okozott – elöregedése. A projekt a reaktoracélok hosszú távú üzemeltetés során, a neutron fluxus és fluens hatására bekövetkező elridegedésével foglalkozik. Az projekt során elvégzett anyagvizsgálatok eredményei felhasználhatók az öregedési modellek érvényességének vizsgálatára 60+ éves üzemidő esetén, továbbá kispóbateszt vizsgálati technológiák fejlesztésére a felügyeleti programokhoz kapcsolódóan. Az eddigi eredmények igazolják a vizsgált acél fajták Nikkel és Mangán tartalmának szinergikus hatását a sugárkárosodott acélokban. Igazolódott, hogy a termikus lágyítás visszaállítja a besugárzott anyagok kezdeti szakítószilárdságát. A projekt koordinátora a HUN-REN EK és az NRG, magyar résztvevő még a BAY Zoltán Kutatóintézet.

DELISA-LTO projekt (Description of the Extended Lifetime and its Influence on the SAFETY operation and construction materials performance – Long Term Operation with no compromises in the safety): A projekt célja a nyomottvízes reaktorok hosszú távú működés szempontjából leginkább érintett és veszélyeztetett komponenseik meghatározása, a termikus öregedés hatásának és az anyag duzzadásának leírása, követése roncsolásmentes vizsgálatok alkalmazásával, valamint egy olyan szimulációs eszköz kifejlesztése, amely képes előre jelezni az anyag állapotának öregedését. A projekt első éve alatt a kritikus elemek felmérését, vizsgálatukhoz rendelkezésre álló anyagok kigyűjtését, az elvégzendő vizsgálatok mátrixának kidolgozását és a kapcsolódó szabványok, kódok, előírások összegzését végezték el. A projekt résztvevői magyar részről a HUN-REN EK és a BAY Zoltán Kutatóintézet.



ENTENTE (European Database for Multiscale Modelling of Radiation Damage): Európai adatbázis a sugárkárosodás többszálás modellezéséhez. Az eddig elvégzett munkát a szabványok referenciaesetein keresztül mutatták be: "ASME Code Case N-830-1: use of the KJc 95% lower bound master curve indexed using T0 directly", "ASME Code Case N-914 Accounting for the Effect of Embrittlement on Fracture Toughness Properties Used in Evaluations of Pressure Boundary Materials in Class 1 Ferritic Steel Components, Section XI, Division 1" alapként használva az EPRI jelentését: "EPRI-R-3002010332-MRP-418 Use of Master Curve For Pressure-Retaining Materials". A projekt résztvevője magyar részről a Bay Zoltán Kutatóintézet (BZN).



OFFERR (eurOpean platform For accessing nuclear R&d facilities): Európai platform a nukleáris K+F tudományos infrastruktúrákhoz való hozzáféréshez. Az OFFERR ezt az Euratom kutatási és képzési programja által biztosított pénzügyi támogatások csatornáján keresztül fogja elérni, amely a Horizont Európa



nukleáris kutatásra és innovációra vonatkozó kiegészítő finanszírozási programja. Kétféle pályázat várható, Fast Track (<50k euró és <6 hónap) és komplex (>50k euró, <1,5 év).

ORIENT-NM (Organization of the European Research Community on Nuclear Materials): A három éves projekt alatt a résztvevők egységes jövőképi stratégiai kutatási menetrendet dolgoztak ki a nukleáris anyagokkal kapcsolatban a reaktorok minden generációja számára 2040-ig.



INCEFA-SCALE (INcreasing safety in NPPs by Covering gaps in Environmental Fatigue Assessment – focusing on gaps between laboratory data and component SCALE): A projekt a laboratóriumi vizsgálatok és a gyakorlatban nyert adatok közötti szakadék megszüntetésére összpontosít, kísérleti és analitikai módszereket alkalmazva.



NUCOBAM (NUclear COmponents Based on Additive Manufacturing): A 4 éves projekt célja az „additive manufacturing” anyagok üzem közbeni viselkedésének értékelése, a minősítési folyamatok fejlesztése. A projekt a továbbiakban a nukleáris iparban felhasználható additív gyártású 316L acél minősítésére összpontosít.



A második napon a pályázatokat készítő koordinátorok a tervezett új projektekről számoltak be:

ICARUS+ (Improved Component integrity Assessment for structural Safety; koordinátor: Teknologia Kutásközpont VTT OY - röviden VTT): A projektjavaslat célja a szerkezetintegritás témakörében, öregedéskezelésre alkalmas, a tönkremenettel kapcsolatos mechanizmusokat: pl. a másodlagos feszültségeket és törést nyomonkövető és kezelő local approach (LA) megközelítésű szimulációs és modellező eszköz fejlesztése, használata hosszú távú üzemelés (LTO) esetén, standardizálás. A munka első része az adatok összegyűjtése mechanikai vizsgálatok alapján, majd a törés modellezése, maradó feszültségek, Post Weld Heat Treatment (PWHT) hatásának vizsgálata.

STRUMAT-LTO+ (koordinátor: HUN-REN EK és az NRG): a fentebb ismertetett, jelenleg futó STRUMAT-LTO projekt folytatása, cél a besugárzott reaktortartály anyagok mechanikai és mikroszerkezeti jellemzőinek meghatározása további hőkezelés, illetve besugárzás után, ennek alapján a tönkremetel nagy fluenciáknál is érvényes modelljének kidolgozása, a modell alkalmazhatóságának definiálása a reaktortartály szerkezetintegritási vizsgálatához LTO körülmények között. További fókusz tevődik a reaktortartály plattírozásának szerepére a kifejlesztésre kerülő új modellben. A projekt során további anyagbesugárzást és hőkezelést terveznek elvégezni: 4-6

ciklust a HFR-ben (High Flux Reactor), esetleg a budapesti Kutatóreaktorban, majd az anyagok mechanikai, mikroszerkezeti vizsgálatát, kiemelt figyelmet fordítva a plattírozás anyagára. Tervezik a más projektek, mint pl. az ENTENTE, FRACTESUS, stb. adatbázisából nyert adatok átfogó értékelését, a magas neutronfluenciáknak megfelelő modell validálását LTO esetére, a mestergörbe modell kiterjesztését a szerkezetintegritási vizsgálatokhoz. A projekt tervezett futamideje 4 év 2024 szeptemberétől, kb. 5 millió euró támogatással.

MARISSA (Methods for Assessment of RPV Integrity During a Severe Accident; koordinátor: UJV REZ, a.s., UJV): A reaktortartály szerkezetintegritási vizsgálata külső hűtés megvalósulása esetén: cél a repedés kialakulásának modellezése "local approach" módszerrel, a törés várható idejének és helyének szimulálása, a keletkező corium vizsgálata Lumped Parameter (LP) és Computational Fuel Dinamic (CFD) kódok együttes használatával, esetleg az Accident Source Term Evaluation Code (ASTEC) kód alkalmazásával. A projekt tervezett ideje 2024. márciusától 4 év, 5 millió euró támogatással.

INDEED (Intelligent non-destructive in-service inspection tool for early detection of operation-induced material degradation in reactor pressure vessels; koordinátor: Fraunhofer Institute for Nondestructive Testing IZFP, Fraunhofer IZFP): A mágneses tulajdonságok és a Charpy átmeneti hőmérséklet közötti kapcsolatot kereső NOMAD – „Nondestructive Evaluation (NDE) System for the Inspection of Operation-Induced Material Degradation in Nuclear Power Plants” projekt folytatása. A NOMAD projektben két intézet, a HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont és a Fraunhofer kutatóintézet vizsgálata adott eredményt, azonban csak két fluenciára, amely így nem alkalmas trendgörbe meghatározására. A tervezett projekt során több fluencián vizsgálják a két NDE mérési módszer alkalmasságát, keresve a mérések mögötti fizikai jelenségeket, a mikroszerkezeti hátteret. Az adatok elemzését mesterséges intelligencia felhasználásával végzik, a két mérési módszer integrálásával mérő mérőműszer kifejlesztésére készülnek. A 4 éves projekt 2024-től indulna, az igényelt támogatás 5 millió euró.

FIND (Future Instrumentation and coNtrol based on innovative methods and Disruptive technologies for higher safety level; koordinátor: Institute for Radiation Protection and Nuclear Safety, IRSN): A reaktortartályt és reaktor-belső szerkezeti elemek vizsgáló rendszer fejlesztése, amely folyamatos működéssel alkalmas a szerkezetek

integritásának vizsgálatára, a biztonsági rendszerek folyamatos monitorozásával nyomon kísérve a károsodás mértékét, egyben előjelezve a tönkremenetelt is. Lehetséges irány a mágneses mérések felhasználása. A pályázatban igényelt támogatás 5 millió euró.

CONNECT-NM (Coordination of the European Nuclear Materials Community for Energy Innovation, koordinátor Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT), az ORIENT-NM alapjaiból tovább épülő, európai partnerségen alapuló együttműködés, amely legkevesebb 5 évig az atomenergiára összpontosító anyagtudományi kutatások folytonosságát hivatott biztosítani, optimalizálni az erőforrásokat, a „megfigyelés és minősítés” paradigmáról a „tervezés és ellenőrzés” irányába fókuszot váltva.

ISAHEL (Improved Safety Assessment of High Energy Lines for Leak and Break; koordinátor: VTT): primerköri elemek emelt szintű biztonsági elemzése: törés és lyukadás. A projekt részeként valós körülmények között végzett kísérleteken keresztül tervezik vizsgálni a nagy terhelésű csővezetékek lyukadását, törését, ezek keletkezésének folyamatát, kiegészítve a mért adatok alapján történő modellezéssel és szimulációval.

EmbrACE (Healing of thermal and radiation embrittled components by controlled annealing comprehensive exploration; koordinátor: BZN) A reaktortartály anyag öregedését okozó hő hatásának azonosítása, elkülönítése a neutronbesugárzás által okozott öregedés hatásától. Ehhez a jelenleg rendelkezésre álló tapasztalatok összegzése, analízisa, majd hőkezelési kísérletek végzése, a kísérletek értékelése, modellezés. A hőterhelés hatása LTO esetén, kódokba építése. A kutatás tervezett időtartama 4-5 év, 2024-es indulással, a tervezett költség 6,5 millió euró, max. 75%-os intenzitástámogatás mellett.

A tervezett projektjavaslatok nagy része kapcsolódik a jelenleg már működő reaktorok 60 éven túli biztonságos üzemeltetéséhez, a primerköri rendszerek, reaktortartály integritásának témaköréhez. Javaslat hangzott el a reaktor zónájával kapcsolatos tudás kiterjesztésére, ezirányú kutatási témák indítására. Bár a javaslatok beadásának határideje ez év novembere, a felvetett témajavaslatok a következő évek kutatási irányait is előrevetítik, így az elhangzott projektötletek ismerete a hazai kutatóműhelyek csatlakozását is elősegítheti.

Szenthe Ildikó

Reaktoranyagok kutatócsoport vezető, HUN-REN EK