

## **BEVÁLTJA-E A WENDELSTEIN 7-X SZUPRAVEZETŐ SZTELLARÁTOR A HOZZÁ FŰZÖTT REMÉNYEKET?**

**Szepesi Tamás**

tudományos főmunkatárs, MTA Wigner FK

1525 Budapest, Pf. 49, +3613922222/3463, szepesi.tamas@wigner.mta.hu

**Anda Gábor, Cseh Gábor, Dunai Dániel, Kocsis Gábor,**

**Szabolics Tamás, Zoletnik Sándor**

MTA Wigner FK

**Christoph Biedermann, Matthias Otte, Thomas Sunn Pedersen**

MPI für Plasmaphysik, 17491 Greifswald, Wendelsteinstrasse 1, Németország

A sztellarátorok számos előnnyel kecsegtetnek, mint például a folyamatos üzemű működés lehetősége, cserébe viszont olyan alapvető hiányosságok léphetnek fel, mint amilyen a plazmaösszetartás alapját jelentő, egymásba ágyazott mágneses fluxusfelületek megléte – ami viszont a tokamakok működési elvéből eredendően adott. A W7-X összeszerelését követően egy közvetlen mérési módszerrel  $10^{-6}$  pontossággal sikerült megmérni – és egyben igazolni – a mágneses felületek létezését, megnyitva az utat a valódi kísérletek előtt.

A W7-X-et több fázisban szerelik össze, és ezen fázisokhoz mérési kampányok is tartoznak, amelyek célja, hogy igazolják és optimalizálják az új komponensek működését. A berendezés jelenleg két fejlesztési fázison esett már át; az első kampány (OP1.1) közvetlenül az építés után volt, amelyben a sztellarátort öt grafit limiterrel indították el, és célja legfőképpen a magának a sztellarátornak, illetve a különféle kiegészítő rendszerek a tesztelése volt. Az első fejlesztési fázisban a limitereket aktív hűtéssel nem rendelkező ún. sziget-divertorokra cserélték le, a másodikban pedig a semleges atomnyaláb fűtést installálták. Az ezekhez a fázisokhoz tartozó mérési kampányok (OP1.2a és OP1.2b) már valódi fizikai eredményeket is szolgáltatottak.

Az MTA Wigner FK kutatói két diagnosztikai rendszerrel is hozzájárultak a W7-X-en végzett kísérletekhez. Az egyik diagnosztika egy tízcsatornás, látható tartományban működő, intelligens gyorskamera-rendszer, amely egyszerre képes biztonsági funkciók ellátására és fizikai mérések végzésére is. A másik rendszer az alkáli atomnyaláb diagnosztika, amely plazmaszéli sűrűségprofil és plazmaturbulencia mérésére alkalmas. A Wigner kutatói és mérnökei nemcsak a rendszerek fejlesztését, hanem az üzemeltetését is végzik.

Az előadásban bemutatom a W7-X fejlesztésének lépéseit, az egyes mérési ciklusokban elért főbb eredményeket, különös tekintettel a magyar kutatók teljesítményére.

## **IDŐSZAKOS BIZTONSÁGI FELÜLVIZSGÁLATOK HAZAI NUKLEÁRIS LÉTESÍTMÉNYEKBEN**

**Cserhádi András**

műszaki főszakértő, projektvezető, MVM Paksi Atomerőmű Zrt.  
7031 Paks, pf. 71. +36 75 508518, cserhati@npp.hu

Az első IBF-et itthon a kilencvenes években, az atomerőműben hajtottuk végre, néhány európai ország gyakorlatát és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség útmutatásait követve. Az a vizsgálat első volt VVER típusú atomerőműben is. Mivel 10 évenként esedékes, a közelmúltban harmadszor került sorra. Időközben beépült a hazai jogrendbe, és más hazai nukleáris létesítmények számára is kötelezővé vált. Később egyre több, kezdetben idegenkedő ország vezette be világszerte.

Az előadás elsősorban az atomerőműre koncentrál, de röviden kitér a csillebérci és a műegyetemi reaktorok valamint a paksi kiégett üzemanyag tároló vizsgálataira is. Főként az engedélyesek nézőpontjából, a téma hatósági vonatkozásait kevésbé taglalva.

Az alapos felülvizsgálat célja, hogy a nukleáris létesítmény biztonságának átfogó értékelésével és a további időszakra vonatkozó garanciák meghatározásával lehetővé tegye a működési engedély megújítását. Két fő szakaszból áll: 1) a létesítmények szakemberei és külső szakértők elvégzik a vizsgálatot, összeállítják az Időszakos Biztonsági Jelentést, 2) a hatóság ezt értékeli, határozatában előírja az engedélyes által javasolt és esetleg további javító intézkedések végrehajtását, határidőit.

A vizsgálat műszaki területeken túl lefed adminisztratív és humán területeket is. A legfontosabb témák: telephely, tervezés, külső veszélyek, berendezések és építmények jelenlegi állapota, öregedéskezelése, minősítése, biztonsági elemzések és veszélyeztető tényezők, biztonsági mutatók, biztonsági kultúra, működési tapasztalatok, tudományos eredmények hasznosítása, szervezet, eljárások, emberi tényező, környezeti hatások, baleset elhárítás, sugárvédelem, fizikai védelem és végül a leszerelés. Kutató létesítményeknél a kísérleti infrastruktúra is.

Néhány szám. A vizsgálatokat 10-200 munkatárs végzi. A jelentés rendszerint 200-2500 oldal mellékletek nélkül. 20-70 javító intézkedést azonosítanak. Nagy kockázatú eltérés nincs, közepes 5-10%, tehát a jellemzők a kicsik. Az intézkedések mintegy 70%-a adminisztratív intézkedés – „papír”, 30%-a műszaki beavatkozás, technológiai módosítás, átalakítás – „vas”. A feladatok 40%-a megoldódik az első évben, 75%-a 3 éven belül, csak a legnagyobb terjedelmű és leghosszabb átfutású műszaki intézkedések maradnak a végére (atomerőműnél illeszkedve a ritkább tervezett blokkleállításokhoz is).

## **SZIMULÁTOR ÚJ KÖNTÖSBEN**

**Páles József**

csoportvezető, MTA Energiatudományi Kutatóközpont  
1121 Konkoly Thege Miklós út 29-33, 06-1-392-2222/11-31, pales.jozsef@energia.mta.hu

**Horváth Csaba**

szakalkalmazott, MTA Energiatudományi Kutatóközpont  
1121 Konkoly Thege Miklós út 29-33, 06-1-392-2222/12-02, horvath.csaba@energia.mta.hu

**Fogd Tamás**

szakalkalmazott, MTA Energiatudományi Kutatóközpont  
1121 Konkoly Thege Miklós út 29-33, 06-1-392-2222/34-39, fogd.tamas@energia.mta.hu

**Házi Gábor**

tudományos tanácsadó, MTA Energiatudományi Kutatóközpont  
1121 Konkoly Thege Miklós út 29-33, 06-1-392-2295, hazi.gabor@energia.mta.hu

Az MTA EK folyamatosan aktív szerepet vállal az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. teljes léptékű szimulátorának fejlesztésében annak létesítése óta. A szimulátor felújításának igénye jó néhány évvel ezelőtt megfogalmazott az erőmű oktatási osztályának dolgozóiban. Az igényt elsősorban az a tény motiválta, hogy a szimulátor fejlesztéséhez használt eszközbázis az elmúlt évtizedek alatt elavult, napjaink szimulátorait nem programozók, hanem a technológiát ismerő szakemberek hozzák létre, modern grafikus eszközök felhasználásával.

A felmerülő igényre reagálva intézetünk 2014-ben egy új szimulációs platform létrehozását kezdte meg, megalkotva a SIMTONIA (SIMulation TOols for Nuclear Industrial Applications) keretrendszert. A keretrendszer egyes elemeit sikeresen használtuk fel különböző projekteken, mint például a VERONA zónaellenőrző rendszer sémakép rendszerének átalakítása, a blokkszámítógép kritikus biztonsági funkciókat modellező moduljának a felújítása, vagy például a Szabályozó és Biztonság Védelmi rekonstrukciója során az új rendszer gyártóműi tesztelésére.

Mindezen fejlesztésekkel párhuzamosan megkezdődött a jelenlegi teljes léptékű szimulátor „SIMTONIA-sítása” is.

Az előadásban röviden bemutatjuk a SIMTONIA keretrendszer egyes elemeit és az ezen elemekkel összeállított komplex modellrendszert, amely a jelenlegi szimulátor modelljei alapján lett megalkotva. Röviden ismertetjük a neutronkinetikai, a primer és szekunderköri fő- és segédrendszerek termohidraulikai modelljeit, kitérünk a különböző technológiai rendszerek irányítástechnikai modelljeinek ismertetésére. Bemutatjuk továbbá a szimulátor felhasználói felületét reprezentáló érintőképernyőkön alapuló megoldásunkat, amely jelenleg egy kompakt szimulátor felületeként funkcionál a teljes léptékű szimulátor modellrendszerét felhasználva a háttérben. Az előadás végén kitekintünk és ismertetjük a keretrendszerrel kapcsolatos további terveinket.

## **CONVEX-3 (2017)** **NUKLEÁRISBALESET-ELHÁRÍTÁSI GYAKORLAT**

**Balogh Csaba István**

nukleáris biztonsági felügyelő, OAH

1539 Budapest, Pf. 676, 1 4364 820, balogh.csaba@haea.gov.hu

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség és Magyarország 2017. június 21-22. között kétnapos nukleárisbaleset-elhárítási gyakorlatot rendezett, amelyben 82 NAÜ-tagállam és 11 nemzetközi szervezet vett részt abból a célból, hogy a Paksi Atomerőműben szimulált baleset során teszteljék a felkészültséget a nukleárisbaleset-elhárítási feladatokra.

A feltételezett baleset forgatókönyve szerint jelentős mennyiségű radioaktív anyag került ki a légkörbe. Emiatt a gyakorlaton részt vevő országoknak azonnali információcserével, helyzetértékeléssel, valamint lakosságvédelmi óvintézkedésekkel kapcsolatos feladatokat kellett végrehajtaniuk, ideértve pl. a közegészségügyet, a lakosság tájékoztatását, az áruk importját és exportját, valamint a határforgalmat érintő intézkedéseket.

A NAÜ legmagasabb szintű és legösszetettebb nukleárisbaleset-elhárítási gyakorlata a ConvEx-3, amely az egyik kijelölt tagállamban modellezi a veszélyhelyzetet. Három-ötévente kerül sor hasonló jellegű nagyszabású nemzetközi gyakorlatra, mely során tesztelik a nukleáris baleset, vagy más radiológiai veszélyhelyzet során a gyorsértesítésről és a segítségnyújtásról szóló egyezmények szerinti kötelezettségek teljesítését is.

A gyakorlat segítséget nyújt a résztvevő szervezetek számára, hogy fejleszthessék a veszélyhelyzeti együttműködést nemzeti és nemzetközi szinten az információcsere, a helyzetértékelés, az előrejelzés, a nemzetközi segítségnyújtás, továbbá a lakossági tájékoztatás tekintetében.

A gyakorlat végrehajtása után a résztvevő országok és nemzetközi szervezetek elkészítették értékelő jelentéseiket, amelyeket megküldtek a NAÜ-nek. A NAÜ pedig egy jelentésben összegezte a gyakorlaton résztvevő tagállamok és nemzetközi szervezetek észrevételeit, azonosította a jó gyakorlatokat, valamint a nemzeti és nemzetközi szinten fejlesztendő területeket. 2017 decemberében a NAÜ szervezett egy értékelő megbeszélést, amely során a gyakorlat értékelői megoszthatták egymással a tapasztalataikat és kifejezheték észrevételeiket a gyakorlat értékelő jelentésével kapcsolatban. Ez alapján a NAÜ véglegesített értékelő jelentése 2018. februárjában jelent meg.

Az előadás célja ismertetni a gyakorlat szervezését és lebonyolítását, majd kitérni a gyakorlat során azonosított észrevételekre és jó gyakorlatokra.

## **C-PORCA/HELIOS NEUTRONFIZIKAI MODELLEK ALKALMAZÁSA VVER ÜZEMANYAG TÖLTETEK VIZSGÁLATÁRA**

**Pós István, Kálya Zoltán, Parkó Tamás, Horváth Márton**

MVM PA Zrt. Reaktorfizikai Osztály

**Patai Szabó Sándor**

TS Enercon Kft

**Rovni István, Szabó Ferenc**

Paks II. Zrt. Nukleáris Osztály

Atomerőművekben a reaktorok üzemeltetése csak meghatározott zónán belüli töltetelrendezés esetén lehetséges. Minden új töltetre, azaz az üzemanyag kazetták zónán belüli elrendezésére igazolni kell, hogy azok megfelelnek az előírt reaktorfizikai paramétereknek, limiteknek. Ezt a feladatot az atomerőművek üzemeltetése során speciális neutronfizikai, reaktorfizikai programokkal végzik.

A Paksi Atomerőműben a kilencvenes évek közepétől a fenti feladatra a C-PORCA/HELIOS programrendszert alkalmazzák. Ezek a programok mind az off-line töltettervezés, mind az on-line zónamonitorozás során bizonyítottak az elmúlt évek során. Segítségükkel számos, a gazdaságos és biztonságos energiatermelést elősegítő fejlesztés valósult meg.

A fenti programok alapvető tulajdonságuknál fogva természetesen alkalmasak a VVER-1200-as blokkok off-line és on-line analízisére is. Ezt kihasználva az elmúlt években elkészült a C-PORCA diffúziós modell alkalmassá tétele a VVER-1200 zónák számítására, továbbá a HELIOS program számára részben elkészültek azok az inputok, amelyek szükségesek a VVER-1200-as kazetták részletes vizsgálatára.

A jelen előadás ennek a munkának a jelenlegi állapotát mutatja be. A modellek ismertetése mellett részletes adatokat közöl az elvégzett verifikációs és validációs tesztekéről is. Ezek a tesztek részben nemzetközi benchmark összehasonlításon, részben a paksi VVER-440 reaktorokon végzett méréseken alapulnak.

## **ÚJ TÍPUSÚ, VÍZ-URÁN VISZONYRA OPTIMALIZÁLT ÜZEMANYAG BEVEZETÉSE A PAKSI ATOMERŐMŰBEN**

**Bóna Gábor**

reaktorfizikus, MVM PA ZRt.,  
7031 Paks, pf. 71, +36 75-505790, bonag@npp.hu

**Dr. Nemes Imre**

osztályvezető, MVM PA ZRt.

Az MVM Paksi Atomerőműben 2015-ben bevezetett 15 hónapos kampányokban 4,2% és 4,7% dúsítású üzemanyagot használnak. Azonos dúsítás mellett, az üzemanyag pálcák geometriájának kis mértékű változtatásával lehetőség van javítani az üzemanyag felhasználás gazdaságosságán.

Az előadás bemutatja azokat a változtatásokat, melyek hármas (orosz – finn – magyar) együttműködésben megvalósulva lehetővé teszik, hogy azonos kampányhosszak mellett kevesebb friss fűtőelem felhasználásával üzemeljenek a blokkok. Összefoglalja a fejlesztés során eddig elvégzett és az elkövetkező években elvégzendő további munkákat, melyek segítségével 2020-ban bekerülhetnek a reaktorba az első tesztkezetták, majd 2022-ben egy teljes átrakásnyi módosított üzemanyag.

Az új üzemanyag használata a gazdasági haszon mellett a nukleáris biztonság szintjének fenntartásával az üzemviteli személyzet számára is számos előnnyel jár majd.

## **ATOMERŐMŰ MŰSZAKI SZÓTÁR KÉSZÍTÉSE**

**Dr. Móga István**

ügyvezető, MORITA Mérnökiroda Kft.

1117 Budapest, Bogdánfy út 7/B., +3630 9241 441, eng@mogaistvan.hu

Az Atomerőmű szótár a multidiszciplináris szakmai terület átfogó és egyeztetett útmutatója funkcióját kívánja betölteni, hozzájárul a műszaki kommunikáció könnyebbé tételéhez és minősége javításához. A tervezési munka és a szakértői tevékenység tapasztalataira, valamint autentikus szövegek elemzésére alapozva lefedi az iparág szakterületei széles körét.

A szótár tartalmazza az atomerőmű tervezésével, engedélyezésével, megvalósításával és üzemeltetésével kapcsolatos főbb fogalmakat. Felöleli a nukleáris, gépész, villamos és építési szakterületek mellett a pénzügyi és gazdasági jogi területek, nukleáris projekt vezetője által használt kifejezéseit.

Az előadás ismerteti a magyar-oroszb-angol nyelvű műszaki szótár szerkesztési elveit, a kidolgozás körülményeit.

## KIÁLLÍTÁS AZ IONIZÁLÓ SUGÁRZÁSRÓL

**Madas Balázs Gergely**

tudományos munkatárs, MTA Energiatudományi Kutatóközpont

1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33., +36 1 3922222/1981, madas.balazs@energia.mta.hu

A Magyar Nukleáris Társaság feladatának tekinti a nukleáris kultúra fejlesztését. A Társaság céljai között szerepel egyebek mellett, hogy elősegítse a nukleáris technológiákkal kapcsolatos ismeretek oktatását - az általános és középiskolától kezdve az egyetemi oktatáson át a felnőttoktatásig. Miközben a Társaság ezeken a területeken is lényeges eredményeket tud felmutatni, érdemes figyelemmel kísérni, hogy más országokban milyen hasonló tevékenységek zajlanak.

Az atomenergetika megítélése Németországban lényegesen rosszabb, mint hazánkban. Úgy tűnik, hogy az ionizáló sugárzástól való félelem ott is elsősorban az ismeretek hiányából fakad. Ebben a helyzetben előrevivő, ha a sugárzás fizikai és biológiai hatásai újra és újra bemutatásra kerülnek a lakosság minél nagyobb része számára.

A darmstadti GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung néhány éve kezdte meg olyan kiállítások szervezését, ahol az ionizáló sugárzással kapcsolatos alapvető tényeket, főbb kutatási területeket, illetve az alkalmazások társadalmi hasznát mutatják be. Az elsődleges célközönséget az iskolások jelentik. Huszonhat poszteren közérthetően ismertetik egyebek mellett a természetes sugárterhelés forrásait, a kutatás alapvető módszereit, az ionizáló sugárzás atomenergetikai, orvosi diagnosztikai és terápiás alkalmazásait. A posztereket egy füzetbe összefűzve magukkal is vihették az érdeklődők, ahol minden poszter mellett részletesebb ismertetést is találtak. A kiállítást számos iskolában bemutatták, és több mint húszezer diák fogadta pozitívan.

Mind a módszer, mind az átadott ismeretek szempontjából példaként szolgálhat ez a kiállítás, amelynek az atomenergetika szempontjából akár az is előnye lehet, hogy nagyobb részben foglalkozik a sugárzás olyan alkalmazásaival, melyek társadalmi megítélése az atomenergiáénál is jobb.



## SAFECAST PROJEKT NUKLEÁRIS BIZTONSÁGÉRZETÜNK NÖVELÉSÉÉRT

Garamhegyi Gábor

fizikatanár, Gábor Dénes Gimnázium és Szakgimnázium

2117 Isaszeg, Gábor Dénes köz 1. Tel.: 20-2036610 e-mail: [garamhegyi@invitel.hu](mailto:garamhegyi@invitel.hu)

Sajátos ellentmondás feszül korunk fejlett nukleáris technikáira való igény és a nukleáris technikák elutasításával kapcsolatos társadalmi attitűd között. Egy középiskolás diák kutató munka keretében 2010-ben Isaszeg és vonzáskörzetére (28 településre) kiterjedő, 400 fős mintára alapuló felmérés szerint, az atomenergia elutasítása 80%-os volt. A 2018-ban megismételt mérés nem mutatott jelentős elmozdulást. Félünk a sugárzásoktól. Félelmeink nagy része ismerethiányból táplálkozik, tudatlanságra vezethetők vissza.

A helyzet megváltoztatására egy ígéretes lehetőség a Safecast projekt, mint az iskolán kívüli fizikatanítás, tudományos ismeretterjesztés egyik eszköze.

Ezt a „crowdsourcing” modellt használó, mára már nemzetközi projektet, a 2011. március 11-i japán Fukushima Daiichi atomerőmű katasztrófa után hívták életre. Ennek keretében, az ehhez önkéntesen csatlakozók, a tudományos kutatások módszertanának megfelelően mérhetnek, gyűjthetnek a környezeti ionizáló sugárzásokkal kapcsolatos megbízható, hiteles adatokat, az erre a célra tervezett, saját maguk által épített korszerű hordozható mérőkészülékkel. A mért adatokat pedig, (ellenőrzés után „jóváhagyva”) egy mindenki számára nyilvános elérésű, térképpel is támogatott adatbázisba töltik föl, amely az interneten elérhető.

Tudomásunk szerint, az Isaszegi Gábor Dénes Gimnázium tanulói által összeszerelt Safecast bGeige Nano mobil az első ilyen készülék az országban. Adatai már láthatóak a világ számára a <https://safecast.org/tilemap/> weboldalon, rákeresve Magyarország térképére.

A hordozható készülék 5 másodpercenként mér aktivitást (CPM), amit automatikusan  $\mu\text{Sv/h}$  értékre konvertál. A mért értékekhez a beépített GPS segítségével helykoordinátákat rögzít, amit időbélyeggel lát el. Digitális kijelzőjén az értékek és azok frissülése, az éppen befogott műholdak száma jól nyomon követhetők. Naplózó üzemben pedig, a mért adatok egy microSD kártyára ASCII karakterláncot tartalmazó szöveges fájlban kerülnek tárolásra az NMEA 0183 protokoll szerint, (National Marine Electronics Association szabvány). Ezek az adatfájlok küldendők tovább (a mérés egyéb körülményeit tartalmazó meta adatokkal kiegészítve) a mindenki számára nyílt, kutatható adatbázisba.

A Safecast projekt országos elterjesztésével, az ionizáló sugárzásoktól való félelmek, negatív attitűdök jelentősen mérsékelhetők. Az élményszerű, saját mérési tapasztalattal nyert, aktivitás, és egyenértékdózis értékek, valamint azok nagyságrendjének megismerése, összehasonlítása más humán környezetek értékeivel, minden egyéb meggyőzőési módszernél hatékonyabb a projektben résztvevők személyes nukleáris biztonságérzetének növelésére.

## **ENEN+ H2020 PROJEKT - A NUKLEÁRIS OKTATÁSÉRT**

### **Pesznyák Csilla**

egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 9., +36-1/463-1997, [pesznyak@reak.bme.hu](mailto:pesznyak@reak.bme.hu)

### **Behrooz Bazargan-Sabet**

Université de Lorraine, Franciaország

### **Abdesselam Abdelouas**

IMT Atlantique (IMTA), Franciaország

### **Filip Tuomisto**

Aalto University, Finnország

### **Michèle Coeck**

SCK•CEN, Belgium

### **Leon Cizelj**

Jožef Stefan Institute, Szlovénia

### **Pedro Dieguez Porras**

ENEN Association, Franciaország

Az ENEN+ projekt az Európai Unió által a H2020-as keretprogramban finanszírozott nemzetközi koordinációs és támogató (Coordination and Support Action, CSA) projektek egyike. Elsődleges célja, hogy segítse az új tehetségek felkutatását, megtartását, képzését és folyamatos szakmai fejlődését, az Európai Unión belül és kívül egyaránt.

A projektben Európa 22 intézete és tudományos társasága vesz részt. Az ENEN+ konzorcium egyaránt támogatja a nukleáris technika és biztonság, a radioaktív hulladék menedzsment, a sugárvédelem és az orvosi fizika területén dolgozni, fejlődni kívánó hallgatókat, fiatalokat. Erre a célra a vezetőség egymillió eurós kerettel rendelkezik, amit pályázat útján ítélnék oda a jelentkezőknek.

Az ENEN+ projekt keretein belül kerül megrendezésre az első nukleáris verseny középiskolásoknak, a verseny házigazdája a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technika Intézete.

Az előadásban részletesen bemutatásra kerülnek a projekt célkitűzései, az egyes munkacsoportok munkájának eredményei, illetve az eddigi nyertes pályázatok.

Az ENEN + projekt az H2020 EURATOM NFRP 12, 2016-2017 kutatási és képzési munkaprogramjának támogatásban részesült a 755576. számú támogatási megállapodáson keresztül.

## **SZTENDERD NUKLEÁRIS MŰKÖDÉSI MODELL ADAPTÁCIÓ A PAKSI ATOMERŐMŰBEN**

**Czibula Mihály**

kiemeltprojekt-vezető, MVM Paksi Atomerőmű Zrt.  
7031 Paks, pf. 71, +36 20 6648594, czibulam@npp.hu

Egy atomerőmű folyamatirányítási rendszerének hatékonysága közvetlenül hat a nukleáris biztonságra, a létesítmény versenyképességére és a működési kiválóságra. Ezért az atomerőművek folyamatosan keresik a hatékonyabb működés lehetőségeit, független felülvizsgálatokban résztvevőként, tapasztalatokat közvetlenül, vagy közvetetten megosztva.

Észak-Amerikában az olajválságot követően az atomerőművek versenyképessége megkérdőjeleződött. A költséghatékonyság nukleáris biztonságot figyelembevevő növelésére az Egyesült Államok nukleáris ipara a Nuclear Energy Institute, az Institute of Nuclear Power Operations és az Electric Power Research Institute és az atomerőmű üzemeltetők összefogásával egy szabványos, biztonságfókuszú, a versenyképességet figyelembevevő minden atomerőműben alkalmazható folyamatirányítási modell kialakítása mellett döntött. A Sztenderd Nukleáris Működési Modellt mára a világ atomerőműveinek 80%-a alkalmazza, köztük a cseh és a szlovák VVER-440-es blokkok is. A folyamatirányítási modell biztonság fókuszú, költségközpontú, magában foglalja a legkorszerűbb karbantartási filozófiákat. Felülvizsgálata folyamatos, teljesítménymutató rendszere lehetőséget ad az atomerőművek folyamati hatékonyságának és működési kiválóságának összehasonlítására. A modell legfontosabb elemeit a termelési alrendszer fő folyamatai a berendezés megbízhatóság, a konfiguráció menedzsment, az erőmű üzemeltetés, a munkairányítási és az ellátási lánc folyamatok alkotják.

A Paksi Atomerőmű menedzsmentje 2017-ben megkezdte a Sztenderd Nukleáris Működési Modell és a jelenlegi működés összehasonlítását, aminek eredményeképpen a modell termelési alrendszerre vonatkozó folyamatainak adaptációja mellett döntött.

**INPO AP-913 (EQUIPMENT RELIABILITY)  
BERENDEZÉS MEGBÍZHATÓSÁGI FOLYAMAT  
BEVEZETÉSE A PAKSI ATOMERŐMŰBEN**

**Wolf Gábor**

csoportvezető, MVM Paksi Atomerőmű Zrt.  
7031 Paks, Pf.:71., telefon: 0675/505-066, e-mail: wolfg@npp.hu

Észak-Amerikában az olajválságot követően az atomerőművek versenyképessége kérdésessé vált. A költséghatékonyság nukleáris biztonságot figyelembe vevő növelésére az Egyesült Államok nukleáris ipara egy szabványos, minden atomerőműben alkalmazható folyamatirányítási modell kialakítása mellett döntött.

A Sztenderd Nukleáris Működési Modell (Standard Nuclear Performance Model, SNPM) a világ atomerőműveinek közel 80%-a által adaptált folyamatirányítási rendszer, ami az elmúlt 20 évben iparági sztenderddé vált. A modell alapján működik a teljes észak-amerikai atomerőművi flotta, az EDF energetikai blokkjai (beleértve a nem nukleáris erőműveket is) és a VVER-440-es atomerőművek közül a Loviisa (Framatome), a Bohunice és Mochovce blokkok (SE). A modell középpontjában a munkairányítás folyamat áll, amely szoros összefüggésben van az üzemviteli folyamatokkal, a konfiguráció menedzsment folyamatokkal és a berendezés megbízhatóság folyamatokkal. A munkautasítás (MUT) feladatok végrehajtásához szükséges erőforrás szükségletet az anyag és szolgáltatás beszerzés folyamat biztosítja. A Sztenderd Nukleáris Működési Modell a világ atomerőműveinek közel 80%-a által adaptált folyamatirányítási rendszer, ami az elmúlt 20 évben iparági sztenderddé vált.

Az előadás célja, hogy bemutassa az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-ben az INPO (Institute of Nuclear Power Operations) AP-913 (Equipment Reliability Process) folyamatának bevezetését. 2018-ban létrejött a Termelési Alrendszer Működésfejlesztési Projekt (TAMF), melynek célja: a sztenderd működési modell bevezetésével olyan folyamatok kialakítása, melyek a piaci kihívások figyelembe vételével a maradék üzemidő optimális kihasználása érdekében hatékonyabb és gazdaságosabb működést tesznek lehetővé.

A Berendezés megbízhatóság célja: olyan állapotfenntartási folyamat működtetése, amely megbízhatósági és gazdasági optimum elérését szolgálja: a korlátozott erőművi erőforrásokat úgy osszuk szét, hogy azok a legnagyobb megtérülést hozzák / a nemzetközi jó gyakorlat implementálása / a karbantartási program folyamatos optimalizálása / hosszú távú tervezés (élettartam gazdálkodás)

## **A FŐKERINGTETŐ SZIVATTYÚ KARIMAKÖTÉSÉNEK REKONSTRUKCIÓJÁT TÁMOGATÓ VIZSGÁLATOK**

**Treszl Gábor**

berendezés felelős, MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

7031 Paks, Pf.:71., telefon: 0675/505-521, e-mail: treszlg@npp.hu

A Paksi Atomerőmű blokkjain üzemelő GCN-317 típusú főkeringtető szivattyú karimakötése konstrukciós eredetű sajátosságokkal, hátrányokkal rendelkezik. Üzem közben a csavarzat meglazul, ami a tömítőerő csökkenését eredményezi. Ezt a lazulást a blokk következő főjavítása alkalmával a csavarok utánhúzásával lehetséges megszüntetni, mely művelet jelentős erőforrás igényel bír, valamint hosszabbíthatja is a blokk főjavítási időtartamát. A tanulmány a lazulási folyamat okait, körülményeit vizsgálja, és mérési eredményekkel, mozgóképes animációval is megtámogatva rávilágít a probléma elsődleges forrására: a 35 elemből álló tányérrugó köteg működése folytán jelentős súrlódási eredetű hiszterézis veszteséget okoz. Ez az energiaveszteség a csavarzat lelazulásában mutatkozik meg. Az elmúlt 5 évben a karimakötés rekonstrukcióját első lépésben a fő tömítés átalakításával végrehajtottuk. Ennek tapasztalatai rámutatottak arra, hogy a jelenlegi rugóblokk eltávolításával, átalakításával jelentős mértékben javítható a berendezés üzemeltetési és karbantartási hatékonysága.

## **DATA RECONCILIATION ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A PAKSI ATOMERŐMŰBEN**

**Jakab Albert**

Csoportvezető, MVM Paksi Atomerőmű Zrt.  
7031 Paks, Pf.:71., telefon: +36 75 507-030, e-mail: jakab@npp.hu

A Paksi Atomerőmű blokkjainak üzemmód táblázatának meghatározása eddig hőbalanszon alapuló számításokkal történt. A primerköri forgalom közvetlenül nem mérhető és a '90-es években előfordult mérési anomáliák miatt a reaktorok teljesítményszintje alapvetően a primerköri hőhordozó felmelegedésére lett visszavezetve. A primerköri forgalom és ezzel a reaktor tényleges teljesítményszintjének ellenőrzése úgynevezett hatásfokmérés keretében általában évente négy alkalommal történik.

Az adatelemzés módszerével (data reconciliation) történő felülvizsgálat lényege, hogy a hőkörfolyamatot, mint egészet vizsgálja és az anyag- és energia megmaradás törvények betartása mellett az egyedi mérések pontosságának figyelembe vételével egy, a teljes hőkörfolyamatra vonatkozó egyensúlyi helyzetet határoz meg. Így egy-egy fizikai paraméter meghatározásához már nem csak a ténylegesen mért érték, de a teljes körfolyamat mérései is információt jelentenek. Ezzel tulajdonképpen az egyedi mérések bizonytalansága lecsökken, és az eredmények pontosabbak lesznek. Ilyen módon pl. a hőteljesítmény meghatározás jelenlegi 2%-os bizonytalansága ~1%-ra csökkenthető.

A data reconciliation módszertana szerepel a No NP-T-3.9 sz. NAÜ útmutatóban mint jó gyakorlat és több európai PWR blokknál már sikerrel alkalmazták. Németországban a módszerre vonatkozó szabványt is kiadtak (VDI 2048). A módszer leírása megjelent a 3002005345 sz. EPRI Technical Report-ban, „Program on Technology Innovation: Evaluation of Data Reconciliation Methods for Power Recovery” címmel.

Az előadásban röviden bemutatásra kerül az adategyeztetés módszertana, továbbá annak használati lehetősége az atomerőművi hőtechnikai ellenőrzéseknél, többek között a blokkok tényleges teljesítményszintjének pontosabb meghatározásánál.

Pakson az adategyeztetés módszertan tesztelésre kísérleti jelleggel egy német cég által készített szoftver ideiglenes telepítése történt meg 2018. márciusban. A programban alkalmazott kezdeti modellen több pontosítás történt. Az előadás kitér a program futtatásának eddigi tapasztalataira, a jelenlegi modellel kapott eredményekre és a további lépési lehetőségekre.

## TERMÉSZETES NYELVŰ KÖVETELMÉNYKEZELÉS

Rédey Gábor

Felügyelő, Országos Atomenergia Hivatal

1036 Budapest, Fényes Adolf utca 4.; 061 436 4828; [redey@oah.hu](mailto:redey@oah.hu)

Az elmúlt időben az Országos Atomenergia Hivatalban is megsokasodtak az olyan jellegű feladatok, amelyek követelmények valamilyen meghatározott célú feldolgozását kívánják meg: pl. karbantartás, elemzés, tényadatok megfelelőségének vizsgálata. Elegendő ebben a vonatkozásban arra utalni, hogy a Paks II engedélyezési eljárása keretében került sor az IBM Rational DOORS (Dynamic Object Oriented Requirements System) követelménykezelő szoftver megvásárlására. Ehhez az alkalmazási körhöz tartozik pl. a Nukleáris Biztonsági Szabályzat, az útmutatók, az OAH illetékességi körébe tartozó jogszabályok karbantartásának és fejlesztésének feladata, a határozatokban előírt követelmények nyomon követése és sok más hasonló jellegű vagy ezekhez kapcsolódó kötelezettség.

A követelménykezelés (requirements engineering) nem újkeletű probléma, eredete az 1970-es évekre nyúlik vissza, vagyis arra az időre, amikor a mesterséges intelligencia kutatások első generációja megkülönböztetett figyelemmel kezdett érdeklődni e terület iránt. Általában követelménynek mondunk egy alkotásra vagy egy rendszer valamilyen funkciójára, viselkedésére, tulajdonságára, minőségére vonatkozó verbálisan megfogalmazott döntést vagy elvárást. A követelményeket általában valamilyen rendszerbe foglaltan (jogszabály, útmutató, belső folyamatleírás, szabályzat), természetes nyelvű szövegekben, sokszor szakmai zsargonban megfogalmazva adják közre. A szövegesen megfogalmazott követelmények azonban általában csak a kifejezett részét jelentik azoknak az elvárásoknak, amelyeket a szöveg alkotói írásba foglaltak. Az explicit ismeretek mellett mindig számítanunk kell előfeltevésekben, háttérismeretekben implicit módon rendelkezésre álló ismeret elemekre, amelyeknek rendszerint nincs verbálisan kifejtett nyoma. Ez tehát azt jelenti, hogy a követelményeket tartalmazó szövegeink általában nem teljesek, néha inkonzisztenciával is terhelték, sőt gyakran a többértelmű, félreérthető fogalmazás, a nyelvtani, helyesírási pontatlanságok is zavarják a megértést, a helyes értelmezést.

A mai felgyorsult viszonyok között a szöveges formában hozzáférhető követelmények gépi feldolgozására, karbantartására tehát egyre sürgetőbb igény mutatkozik mind a szövegek alkotói, mind a felhasználói körében. Ezzel szemben az e téren felkínált lehetőségek nem mindig túl igényesek, így a kitűzhető célok igen sokrétűek. Egyrészt javítani lehet a szövegek minőségét: ki lehet küszöbölni a nyelvtani hibákat, a pontatlan, félreérthető vagy többértelmű megfogalmazásokat; másrészt tartalmilag ki lehet egészíteni: fel lehet tární az esetleges inkonzisztenciákat, és világossá lehet tenni jelentést a megfelelő háttérismeretek és előfeltevések kifejezett megfogalmazásával. Ezek a tevékenységek ugyan, nélkülözhetetlen hasznuk mellett, csak a szöveggondozás mindennapos aprómunkáját jelentik, ami voltaképpen szükséges minőségjavító rutin feladat, a tulajdonképpeni cél azonban sokkal inkább a szövegben megfogalmazott információk megismerése, megértése, értékelése, keresések végrehajtása, kérdések kiértékelése révén.

A követelménykezelésnek számos jól bevált rendszere ismert, elegendő itt ismét az IBM Rational DOORS több évtizedes múltú rendszerére utalni, de ebben az összefüggésben említhetjük az ISO/IEC 13568 szabvány által közreadott Z számítástechnikai követelmény specifikációs nyelvet, vagy a Common Criteria ISO/IEC 15408 IT Security Evaluation szabványt is. Általában közvetve vagy közvetlenül e módszerek mindegyike támaszkodik valamilyen saját, esetleg szabványos, belső ismeretrepresentációs nyelvre (DXL, Z, UML, SysML stb.), amelyek azonban kifejezőerő tekintetében igen változatos képet mutatnak. Az IBM Rational DOORS és a Common Criteria elsősorban a követelmények adminisztratív kezeléséhez nyújtanak segítséget, a Z és az UML valamint a SysML viszont számítástechnikai

rendszerek leírására, illetve általános rendszermodellezésre alkalmas formális nyelvek. Közös sajátosságuk, hogy kifejező eszközeikben nem kötődnek szervesen a természetes nyelvekhez.

Önmagában a formalizált nyelvek ismeretrepresentációs célra való alkalmazása az előnyök mellett több problémát is felvet. Ezek közül az egyik legsúlyosabb nehézség az, amit talán a kifejezőerő fogalmával lehet jellemezni. Magától értetődő, hogy a reprezentáció formális nyelvének legalább a szükséges mértékig követnie kellene a természetes nyelvek alapvető kifejező eszköz készletét, vagyis tudnia kellene reprodukálni az általánosan használt természetes nyelvű szintaktikai eszközöket. Alapvető igény továbbá, hogy a formális reprezentációs nyelv és a természetes nyelv közötti fordítás emberileg követhető és automatikusan végrehajtható legyen.

A fentieknek megfelelően egy kifejezőerő szempontjából a természetes nyelvhez hasonló lehetőséget ismertetünk. Abból indulunk ki, hogy a követelményeket általában természetes nyelvű szövegekben fogalmazzák meg, ebben a formában használják, így kerülnek be a hivatalos dokumentumokban, tehát a természetes nyelv, mint információhordozó nyelv is elsődleges fontosságú. A természetes nyelvet akár mércének is tekinthetjük, hiszen – minden valós vagy vélt hátránya ellenére – nincs ennél alkalmasabb magas szintű univerzális eszköze az emberi ismeretek reprezentálásának. Az ilyen alapokon álló ismeretrepresentáció előnye, hogy nem válik el jelentősen az ember számára megszokott és követhető kifejezőmódtól, mindamelllett megfelelő eszközökkel képes annak gyengeségein is úrrá lenni. Kikényszerítheti pl. az egyértelmű, tömör és átlátható megfogalmazást, felhívhatja a figyelmet az érvényes logikai kapcsolatokra. Ennek megfelelően a céljainknak egy olyan formális logikai nyelv felel meg, amely teljes mértékben a természetes nyelvű szintaxishoz idomul.

A nyelvtechnológia fejlődésével, legújabb eredményeinek felhasználásával a fenti követelmények jórészt teljesíthetők. A nyelvtechnológia jelenleg olyan hatékony eszközöket kínál, amelyek képesek nagy megbízhatósággal feltárni a természetes nyelvű mondatok grammatikai szerkezetét. Ez számunkra azért előnyös, mivel „a magyar mondat felszíni szerkezete azonos a mondat logikai szerkezetével”. Ez az egybeesés ugyanakkor súlyos problémát is jelent, nevezetesen, hogy az ismeretrepresentáció formális nyelvére történő automatikus fordítás folyamán milyen mértékben lehet a feltárt grammatikai szerkezetre támaszkodni, vagyis felmerül a fordítási munka pontosságának és hatékonyságának kérdése.

A gépi fordítás hatékonysága és pontossága javításának egyik elvi lehetősége a forrásnyelv grammatikai és lexikális megszorítása. A másik módszer ezzel kapcsolatban a reprezentációs nyelv kifejezőerejének szükséges mértékű gazdagítása. A hatékony megoldás kétségkívül a két elv együttes alkalmazása.

A követelmény kezelés representációs nyelveként olyan ismeretrepresentációs nyelvet ajánlunk, amely az előbb vázolt kritériumoknak mindenben megfelel, az ún. szövegrepresentációs nyelv éppen ilyen lehetőséget kínál. Ennek az állításnak az igazolása azonban meghaladja e rövid összefoglaló kereteit, így itt csak a vonatkozó irodalomra utalhatunk. Az előadásban körüljárjuk a szövegformalizálás lehetőségeit, és bepillantást engedünk a szövegrepresentációra alapozott kérdés-válasz rendszerek működésébe.



## **AZ OAH FELKÉSZÜLÉSE AZ ÚJ ATOMERŐMŰVI BLOKKOK HATÓSÁGI FELÜGYELETÉRE**

**Sárdy Gábor**

Nukleáris biztonsági felügyelő, OAH

1036 Budapest, Fényes Adolf u. 4., +36 1 4364 953, sardyg@haea.gov.hu

A magyarországi atomenergia kapacitás fenntartásának céljából 2014. január 14-én megszületett az a magyar-orosz államközi megállapodás, mely részeként két új atomerőművi blokk építését kezdeményezték Pakson. Ez a projekt nemcsak a beruházó és az állam részéről lett egy hatalmas feladat, hanem az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) számára is egy új kihívást jelentett.

Előadásomban először röviden ismertetem a megállapodás előtti előzményeket az OAH részéről, majd bemutatom az új atomerőművi blokkok hatósági felügyeletére való felkészülést. Ezen folyamat eredményeként született meg egy képzési terv, melyet hazai és nemzetközi tapasztalatokra támaszkodva készített el a hivatal. Az előadás során ismertetem ennek a képzési tervnek a részeit, illetve a hozzá kapcsolódó speciális szakterületi képzéseket is. Végezetül a program végrehajtása során szerzett tapasztalatok értékelésével zárok.

**AZ EU NUKLEÁRIS BIZTONSÁGI IRÁNYELVE SZERINTI  
TEMATIKUS SZAKÉRTŐI FELÜLVIZSGÁLAT  
ÖREGEDÉSKEZELÉSI TERÜLETEN  
A HAZAI NUKLEÁRIS LÉTESÍTMÉNYEK BEN**

**Rétfalvi Eszter**

főosztályvezető-helyettes, OAH

1036 Budapest, Fényes Adolf u. 4., +36 1 4364 913, retfalvi@haea.gov.hu

Az Európai Unió nukleáris biztonságról szóló 2014/87 / EURATOM (NSD) irányelve előírja, hogy a tagországok 2017-től kezdődően, hatévente végezzenek tematikus szakértői értékelést (TPR). A felülvizsgálat célja, az adott területen a tagállami szabályozás átvilágítása, a problémák és a jó gyakorlatok azonosítása, a létesítményi üzemeltetési tapasztalatok azonosítása és megosztása, valamint az európai szakértői felülvizsgálat elvégzése és a főbb közös problémák feltárása. Az első jelentés vizsgálandó területeként a kábelek, az eltakart csővezetékek, a reaktortartály és a konténment öregedéskezelését jelölték ki. Magyarországon a Paksi Atomerőmű és a Budapesti Kutatóreaktor öregedéskezelési programjának felülvizsgálata tartozott a TPR terjedelmébe. A WENRA által összeállított útmutató alapján készült nemzeti jelentést a többi tagállam és egy nemzetközi szakértői csoport véleményezte, továbbá a nyilvános jelentésekhez bárki tehetett fel kérdéseket. Az EU összegző jelentése ezeket is figyelembevéve készült el.

A jelentés fontosabb megállapításai között szerepel, hogy Magyarországon a nukleáris létesítmények öregedéskezelésének szabályozása szerves része a nukleáris biztonsági követelményeknek. Az OAH hatósági tevékenységének részeként felügyeli az öregedéskezelési programok megfelelőségét és végrehajtását. A magyarországi nukleáris létesítmények mindegyike – összhangban a nemzetközi gyakorlattal – öregedéskezelési program végrehajtásával biztosítja a romlási folyamatok ellenőrzését és kezelését a biztonságos üzemeltetés érdekében.

## **KIS BIZTONSÁGI SÚLYÚ ESEMÉNYEK KIVIZSGÁLÁSA AZ OAH-NÁL**

**Laczkó Balázs**

nukleáris biztonsági felügyelő, Országos Atomenergia Hivatal  
1036 Bp., Fényes Adolf u. 4., +36 1 4364 856, laczkob@haea.gov.hu

Az Országos Atomenergia Hivatal az Atomtörvény felhatalmazása alapján végzi a kiemelt létesítményekben történt, rendkívüli események kivizsgálását. Jelen előadás bemutatja a hétköznapokban is előforduló, kis biztonsági súlyú események kivizsgálásának néhány, jellegzetes vonását.

A jogszabályi háttér rövid áttekintése után az előadás szól az engedélyesnél, majd pedig az OAH-nál folytatott kivizsgálások legfontosabb részleteiről, összehasonlítást biztosítva a két félnél végzett, azonos célú tevékenységek eltérései között. A kivizsgálási módszertan fontosabb eljárásai, és a segítségükkel megtalálható, ún. alapvető ok bemutatása alapozza meg a kis biztonsági súlyú események kivizsgálásnak jellemzését. Ezek a leggyakrabban előforduló események, melyek súlyuk miatt – figyelembe véve a fokozatos megközelítés elvét – nem igényelnek mélyreható vizsgálatokat. Mégis, szerepük fontos a biztonság szintje romlásának előrejelzésében, ezért lényeges ezekkel foglalkozni. Az általános tapasztalatok, az emberi tényező szerepének, illetve az OAH specifikus adatbázisának rövid bemutatása után az előadás a javító intézkedések szerepének, tulajdonságainak, hatékonyságának ismertetésével zárul.