

Szerzők: Baranyai Rózsa, Fábíán Margit

# A BKR tudományos és ipari nukleáris kutatóbázis



A Budapesti Kutatóreaktor (BKR) közel 60 éve üzemel biztonságosan Budapest központjától 10 kilométerre, a csillebérci campuson. Az eltelt hat évtizedben komoly szaktudás alakult ki az üzemeltetésben, valamint a neutronfizika, a magkémia, a reaktorfizika, a szilárdtestfizika és a sugárvédelem területén.



A kutatóreaktor teljesítménye az 1959-es indulásakor 2 megawatt volt, ezt 1967-ben, az első rekonstrukció után 5 megawatt-ra növelték. 1992-ben, a második rekonstrukció során megtörtént a reaktor teljes körű felújítása, teljesítményét 10 megawatt-ra növelték; valamennyi szerkezeti

elemét kicserélték, biztonságnövelő beruházást hajtottak végre. A megújult reaktor 1993-ban kapta meg a működési engedélyt, azóta folyamatosan és biztonságosan üzemel.

A tudományos hasznosítás mellett a kutatóreaktor társadalmi beágyazódása nálunk is megvalósult, izotópot állítunk

elő ipari és gyógyászati alkalmazásra (daganatos megbetegedések diagnosztizálására és kezelésére). A kutatóreaktor egyedi tulajdonságokkal rendelkező részecskét állít elő, a neutronokat (nagy áthatolóképesség, nincs töltése, van mágneses momentuma), amelyek kiválóan alkalmasak kutatási célokra. A kutatóreaktor vízszintes csatorná-



A Budapesti Kutatóreaktor

seget biztosítanak kulturális örökségünk tárgyainak vizsgálatára, vagy az egyik leg-életőbb energetikai kérdés megoldására is, de alkalmasak mind a biológiai rendszerek jobb megértéséhez, mind az autóiipari kérdések megválaszolására.

**A Szépművészeti Múzeum egyik leg-híresebb alkotását, a Leonardo da Vincinek tulajdonított Lovas kisbronzot** először 2009-ben a washingtoni National Gallery of Art szakemberi vizsgálták, és arra a megállapításra jutottak, hogy a szobor üreges öntvény, amely a 16. század elején készülhetett. 2017–2018-ban a kutatóreaktornál roncsolásmentes vizsgálatokra került sor. A neutrontomográfias mérés lehetővé tette a 3D kép elkészítését a lóról és lovasról, így a kisbronz belsejéről és a bronz falának vastagságáról is pontos információt kaptunk. A szobor belső, hozzá nem férhető részein meghatározott pontokon lokális elemösszetétel-analízist végeztünk, amely az öntési mag összetételét vizsgálta. Elvégeztük a bronz összetétel-vizsgálatát a lovason, a lovon és a ló farkán is azzal a céllal, hogy a láthatóan külön öntött részek esetleges összetételbeli eltérését kimutassuk.

**A nukleáris energiatermelés** során, az üzemanyagciklus végén kiégett fűtőelem keletkezik, amelynek végső, biztonságos elhelyezése a jelen nemzedék felelőssége. A kiégett fűtőelemek kémiai feldolgozása során a visszamaradó nagy aktivitású radioaktív hulladékok stabilizálása a legelső és legfontosabb lépés a biztonságos tárolás

hoz közvetlenül vagy neutronvezetőkön keresztül 15 mérőberendezés kapcsolódik, amelyek anyagtudományi, mérnöki, biotechnológiai és szilárdtestfizikai kutatásokat tesznek lehetővé.

A Budapesti Kutatóreaktor folyamatosan megújuló és bővülő műszerparkja hazánk legnagyobb, nemzetközileg is elismert kutatási infrastruktúrája. A nagyberendezések kihasználtságát a Budapest Neutron Centrum (BNC) – nemzetközi bírálók által felügyelt felhasználói rendszeren keresztül – koordinálja. A program keretében a világ minden részéről pályáznak kutatók mérési időre.

A BNC kutatói közössége nyitott az új tudományos és ipari kapcsolatokra. A teljesség igénye nélkül néhány tematikus munkát mutatunk be, szemléltetve, hogy a neutronos módszerek egyedülálló lehető-



A Leonardo da Vincinek tulajdonított Lovas kisbronzot 1914-ben vásárolta a Szépművészeti Múzeum.

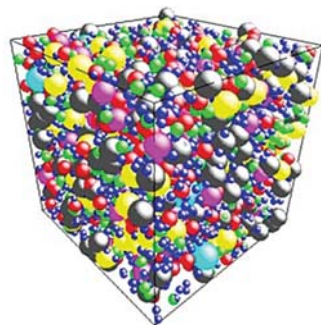
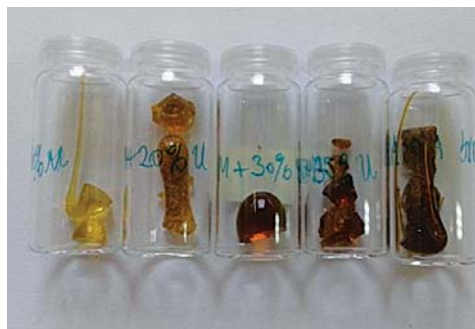
folymatában. A kutatóreaktor épületében működő radiokémiai laboratóriumban végzük a nagy aktivitású radioaktív hulladékok tárolására alkalmas amorf mátrixanyag fejlesztését, optimalizálását. Az előállított anyagokon neutrondiffrakciós mérést végezve meghatározzuk az anyag atomi szerkezetét. Az atomi távolságok, az atomi koordinációs környezetek meghatározásával

zárnak egy másik vizes fázisú kompartmentet. Magasabb rendű növények (spenót, dohány) intakt leveleiben, kisszögű neutronszórással (SANS), neminvazív módon, mezoszkópikus léptékben (1–100 nm) vizsgáltuk a multilamelláris membránrendszert (például a gránumos tilakoid membránokat), azok legfontosabb szerkezeti paramétereit, és ezáltal meghatároztuk azok dinamikai

3000 üzemórán át használt autóalkatrész-csapágyat hasonlítottunk össze. A használt csapágyon mechanikai károsodást azonosítottunk, amelyet kimutathatóan a kenés elégtelensége okozott. A neutronos képalkotással – a roncsolásmentes ipari anyagvizsgálatban elterjedt röntgentomográfiával szemben – a fémek mellett a szerves anyagok is kiválóan megjeleníthetők. Fontos volt a roncsolásmentes vizsgálat, mivel a csapágy több darabból áll, némelyike repedt és töredezett volt, emiatt szétszerelés után az eredeti állapot már nem állítható vissza. A neutronos képalkotás kiválóan alkalmas a belső alkatrészek 3D megjelenítésére, valamint a további vizsgálatok pozícióinak kijelölésére. Eredményeink segítségével a gyártási-hőkezelési folyamat javítható, a kenés feltele optimalizálható, így a termék élettartalma jelentősen megnövelhető.

**A Budapesti Kutatóreaktor** teljes kihasználtsággal működik, a bemutatott néhány példa mellett számos élvonalbeli kutatási területen végzünk tudományos munkát. Biztonságos üzemeltetéséről és üzemanyag-ellátásáról az MTA Energiatudományi Kutatóközpont gondoskodik. Terveink szerint, a szükséges felújítások elvégzése után, a BKR még sokáig szolgálhatja a tudományos közösséget.

Ezúton szeretnénk megköszönni **Szőcs Miriam** (Szépművészeti Múzeum) és **Szentmiklósi László** (MTA Energiatudományi Kutatóközpont) hozzájárulását a cikkhez. ■



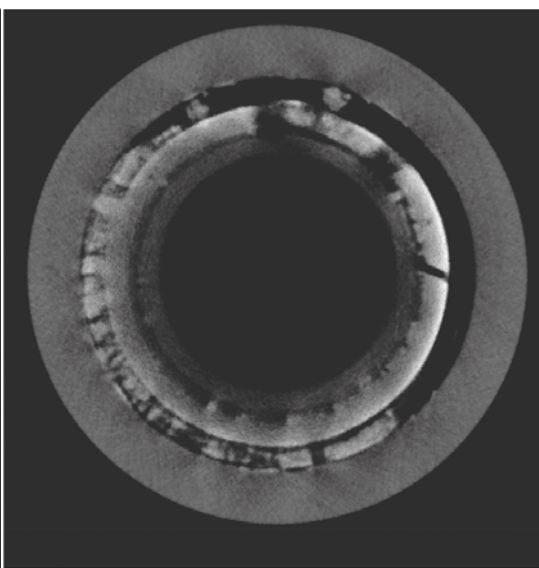
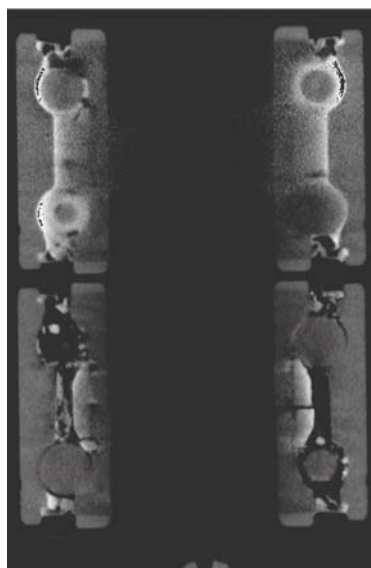
Urántartalmú amorf anyagok és az atomi szerkezet 3D modellezése.

választ adunk az amorf anyagban történő radionuklidok beépülésére. Ezzel egy új technológiát tudunk biztosítani a nagy aktivitású radioaktív hulladékok stabilizálására. (Fábián M. et al. Mat Science Forum 885 [2017] 48)

**A szárazföldi növények** fotoszintézise során a napfény elnyelése a tilakoid membránokban található klorofil-fehérje komplexekben megy végbe. A tilakoid membránok egymással összefüggő hálózatot alkotnak a kloroplasztisz alapállományában, és közre-

jellegzetességeit is. A kisszögű neutronszórás módszer segítségével nyomon követhetők a fény hatására végbemenő kloroplasztiszok szerkezetváltozásai, ami segít a multilamelláris membránok változásainak jobb megértésében. (Ünnep R. et al. Biochim Biophys Acta 1837 [2014] 1572)

**Hazánkban az autóiipar** kiemelt iparág, ahol egyedülálló vizsgálati lehetőséget tudunk biztosítani új és használt alkatrészek tesztelésére, hitelesítésére. Neutronos képalkotás segítségével egy új és egy körülbelül



A neutrontomográfiai felvételek függőleges és vízszintes metszetei, valamint 3D ábrázolása.