

A BME NTI részvétele a Nemzeti Nukleáris Kutatási Programban

Dr. Czifrus Szabolcs
igazgató

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Nukleáris Technikai Intézet

SZÉCHENYI  2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

NEMZETI KUTATÁSI,
FEJLESZTÉSI ÉS
INNOVÁCIÓS ALAP

BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A BME NTI bemutatása

Az NTI fő tevékenységi körei:

- Oktatás:
 - magyar és külföldi fizikus és mérnök hallgatók oktatása BSc, MSc és PhD szinten
 - szakmérnökképzés
 - angol nyelvű tanfolyamok, kurzusok szervezése, tartása
- Kutatás:
 - Fő területek: reaktorfizika, termohidraulika, nukleáris mérés technika, magfúzió, radiokémia, sugárvédelem, orvosi fizika
- Az Oktatóreaktor üzemeltetése

Több területen 20-40 éves tapasztalat

Kiterjedt magyar és nemzetközi kutatási és oktatási kapcsolatrendszer

Részvétel hazai és nemzetközi pályázatokban



Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Nukleáris Technikai Intézet



A kutatási feladatok áttekintése

- **Reaktorfizika**
 - Reaktordinamikai kódfejlesztés atomreaktorok tranziens folyamatainak vizsgálatára
 - Monte Carlo módszer fejlesztése reaktorfizikai szimulációkhoz
 - Szubkritikusság mérési módszereinek kísérleti és elméleti vizsgálata
 - A BME NTI-nél fejlesztett és használt alapelvi szimulátorpark felújítása és bővítése
 - Folyékony ólom és ólom-bizmut hűtésű reaktorok vizsgálata
 - Zónaszámítások az ALLEGRO kísérleti reaktorra
- **Thermohidraulika**
 - CFD-kódok modellrendszerének kiterjesztése kétfázisú folyamatokra
 - Keveredési folyamatok mérése és modellezése üzemanyag-kazettákban
 - Az ALLEGRO fűtőelem-kazettáinak és zónájának elemzése CFD-szimulációval
 - Sóolvadékos reaktorok biztonságának kutatása
- **Sugárvédelem és radioaktív hulladékok**
 - Radioanalitikai fejlesztések nukleáris eredetű hulladékok minősítéséhez
 - A kis dózisok genetikai hatásának kutatása



Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Nukleáris Technikai Intézet



Reaktordinamikai kódfejlesztés atomreaktorok tranziens folyamatainak vizsgálatára

Főbb célkitűzések:

- Időfüggő, 3D-s diffúziós kód fejlesztése és csatolása termohidraulikai kódokhoz (pl.: APROS)
- A csatolt kódrendszerrel megvizsgálni az Oktatóreaktor tranziens folyamatait, különös tekintettel a természetes cirkuláció reaktorfizikai paraméterekre gyakorolt hatására
- Esetleges 3D reaktorfizikai kód csatolása 3D termohidraulikai kódhoz
- Sztochasztikus és determinisztikus perturbációk okozta fluxusperturbációk és reaktivásperturbációk vizsgálata, technológiai bizonytalanságok minél pontosabb becslése



Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Nukleáris Technikai Intézet



Monte Carlo módszer fejlesztése reaktorfizikai szimulációkhoz

Kutatás iránya :

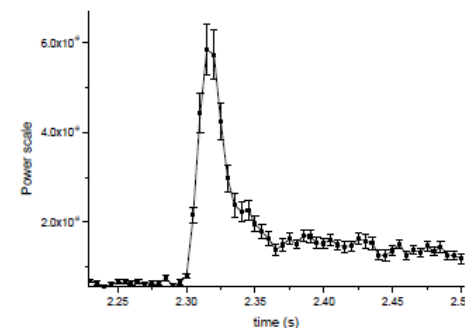
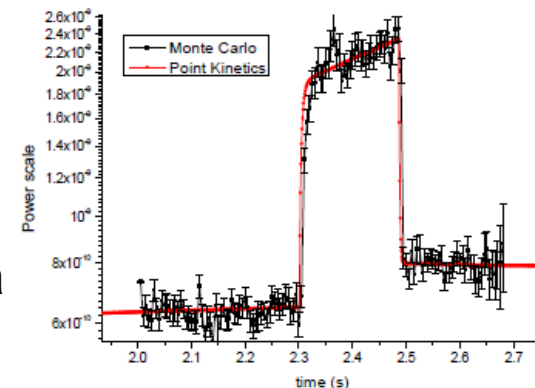
- GPU alapú Monte Carlo neutrontranszport-számítás

Főbb kihívások:

- a prekursor- és időintervallum-populáció fésülés szóráscsökkentési eljárásainak továbbfejlesztése
- a hasadási láncok szóráscsökkentése, különös tekintettel a kritikus rendszerekben degenerálódó súlyspektrumokra
- GPU-architektúrákhoz illesztett transzport-algoritmusok

Célkitűzések:

- TH-visszacsatolásos rendszerekben realiztikus geometriák melletti modellezés elfogadható számítási időtartam mellett
- Nemzetközileg elterjedt Monte Carlo kódok (MCNP, Tripoli, Serpent stb.) kibővítési lehetőségei GPU-alapú architektúrákra



Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Nukleáris Technikai Intézet



Szubkritikusság mérési módszereinek kísérleti és elméleti vizsgálata

Motiváció: szubkritikus állapotú rendszerek reaktivitásának pontos meghatározása több területen is előnyös lehet:

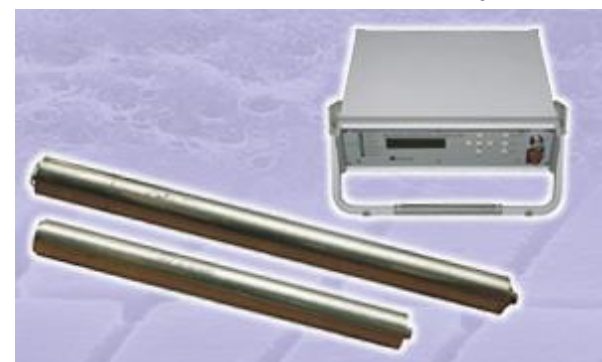
- Üzemi paraméterek mérése, ellenőrzése leállított reaktorzónában
- Hasadóanyagok biztosítéki ellenőrzése (pl. pihentető medence, üzemanyag tároló)
- Gyorsítóval hajtott szubkritikus rendszerek reaktivitásának monitorozása

Célkitűzéseink:

- Hasadási kamrák fluktuációs tartományában megvalósítható neutronzaj módszerek elméleti és kísérleti vizsgálata az Oktatóreaktorban
- Neutrongenerátor beszerzésével a pulzált neutronforrásos módszerek vizsgálata az Oktatóreaktorban
- Bekapcsolódás nemzetközi kísérleti projektekbe
 - VENUS-F szubkritikus rendszer, Mol, Belgium
 - Kiotói Egyetem szubkritikus rendszere, Japán



Az Oktatóreaktor aktív zónája



ING-12 neutrongenerátor



Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Nukleáris Technikai Intézet



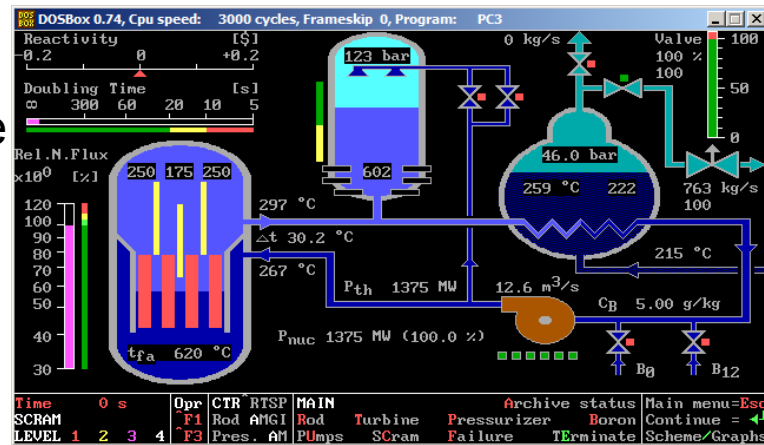
A BME NTI-nél fejlesztett és használt alapelvi szimulátorpark felújítása és bővítése

Előzmények

- Az elmúlt 3 évtizedben az NTI-nél 6 különböző oktatási szimulátor kifejlesztésére került sor, melyek az egyetemen folyó hazai és nemzetközi oktatás nélkülözhetetlen eszközévé váltak
- Az NTI-nél nemcsak a szimulátorok fejlesztésében, hanem a velük való oktatásban is jelentős tapasztalat halmozódott fel

Célkitűzések:

- Egy olyan egyszerű – a PC²-hez hasonló funkcionalitású – szimulátor, amely egyszerűsége folytán lehetővé teszi a kezelése gyors elsajátítását
- Egy olyan moduláris, a későbbiekben is továbbfejleszhető szimulátor, amely a primer- és a szekunderkörre egyaránt kiterjed, és az előzőeknél összetettebb, fejlettebb fizikai modellek befogadására is képes



Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Nukleáris Technikai Intézet



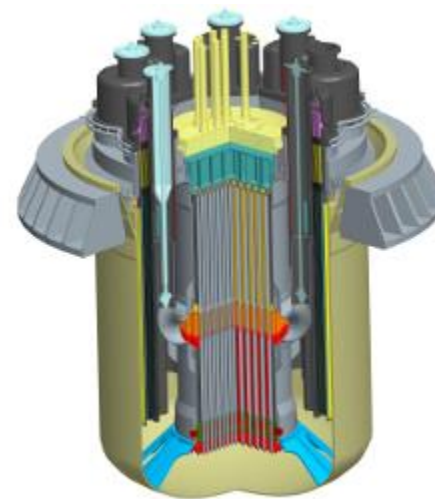
Folyékony ólom és ólom-bizmut hűtésű reaktorok vizsgálata

Motivációk:

- Az ólomhűtésű gyorsreaktor az egyik perspektivikus gyorsreaktor-technológia
- Az ALFRED demonstrációs reaktort Romániában tervezik megvalósítani

Célkitűzések:

- Validációs számítások a VENUS-F berendezésen (Mol, Belgium) végzett mérésekre
- Bekapcsolódás az ALFRED megvalósításával kapcsolatos feladatokba
- Másodlagos aktinidák betáplálásának vizsgálata
- Üzemanyagciklus szimulációk tenyésztési és transzmutációs képességek vizsgálatára
- Reaktorfizikai bizonytalanságok elemzése



ALFRED reaktor koncepció

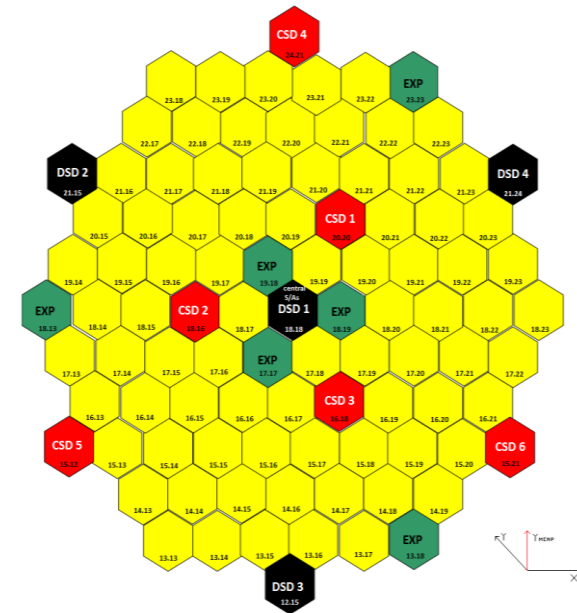
Zónaszámítások- és tervezés az ALLEGRO kísérleti reaktorra

Motivációk:

- A gázhűtésű gyorsreaktor szintén perspektivikus gyorsreaktor-koncepció
- Az ALLEGRO demonstrációs reaktor várhatóan Közép-Európában épülhet meg

Célkitűzések:

- A jelenlegi tervek szerinti zónára vonatkozó modellek kidolgozása, számítások végzése
- Az ALLEGRO tervezésével kapcsolatban felmerült problémák vizsgálata
- Zónatervezés az ALLEGRO Roadmap irányjaival összhangban, új zónakoncepció kidolgozása
- Üzemanyagciklus, tenyésztési és transzmutációs képességek vizsgálata
- Reaktorfizikai biztonsági paraméterek elemzése



ALLEGRO reaktor jelenlegi zónaterve



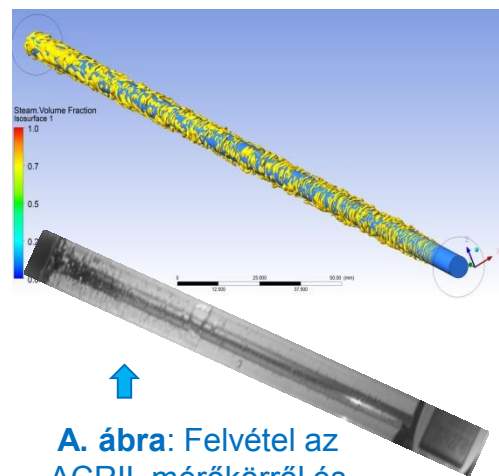
Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Nukleáris Technikai Intézet



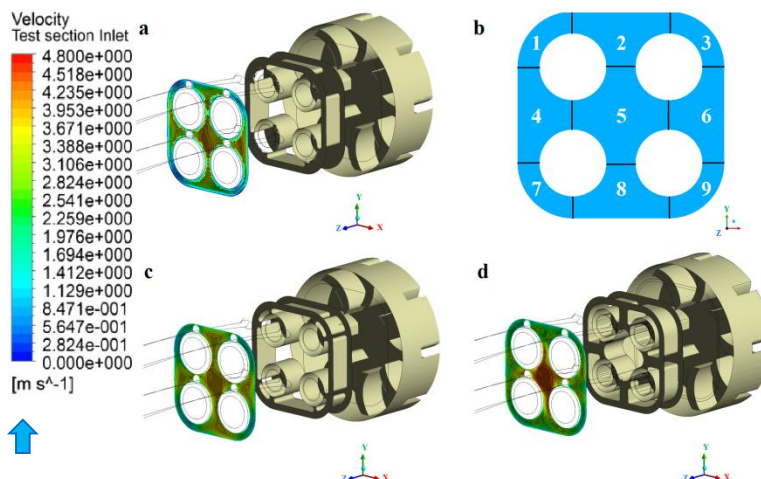
CFD-kódok modellrendszerének kiterjesztése kétfázisú folyamatokra

Célkitűzések:

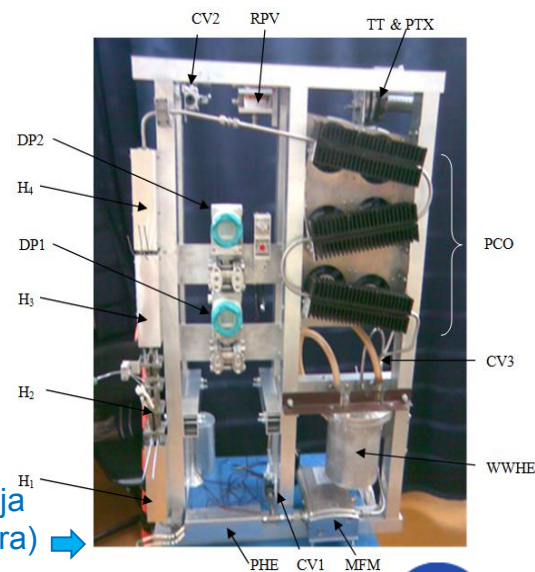
- CFD-kódok modellrendszerének kiterjesztése kétfázisú és speciális egyfázisú folyamatokra
- Bekapcsolódás nemzetközi együttműködésben különböző benchmark feladatokba
- A CFD modellek fejlesztése és elvégzett számítások eredményei alapján lehetővé válhat a csatornakódokba, rendszerkódokba beépített kétfázisú és speciális egyfázisú modellek fejlesztése, illetve a hőátadási, nyomásesési korrelációk pontosítása



A. ábra: Felvétel az ACRIL mérőkörrel és CFD számítás a mérési eredményekre



B. ábra: Speciális egyfázisú közeg (SCW) termohidraulikája
C. ábra: Az ANCARA mérőkör (SCW th. vizsgálatra)



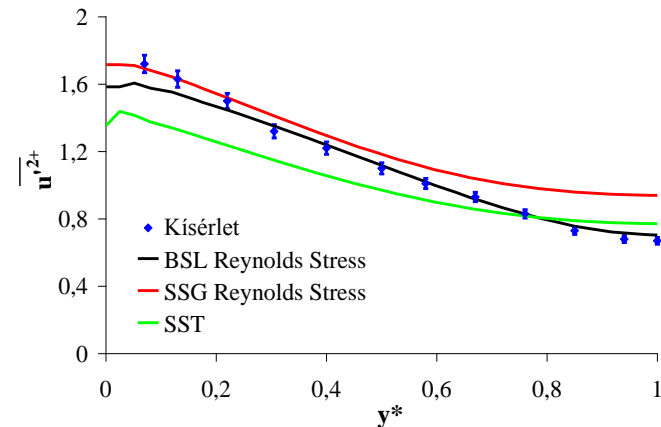
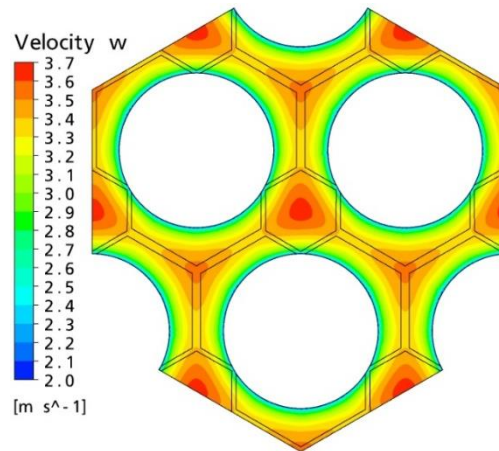
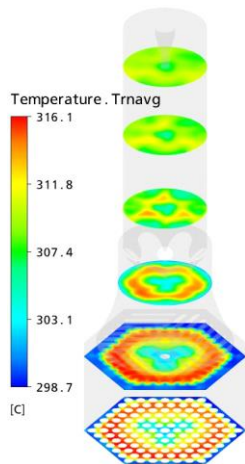
Budapesti Műszaki és
 Gazdaságtudományi Egyetem
 Nukleáris Technikai Intézet



Keveredési folyamatok mérése és modellezése üzemanyag-kazettákban

Célkitűzések:

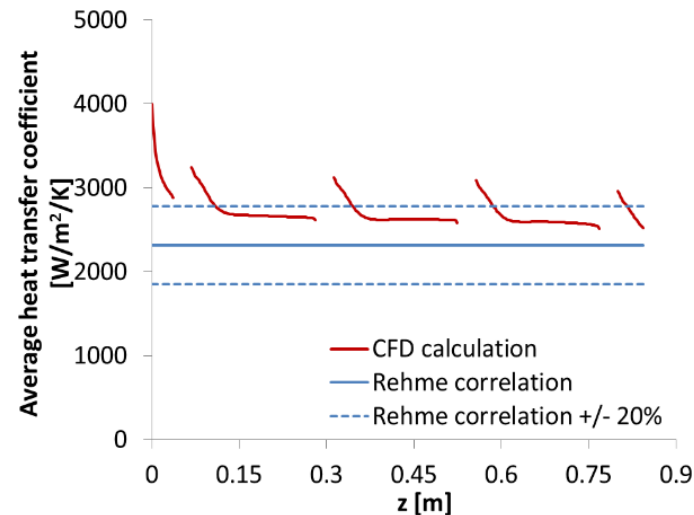
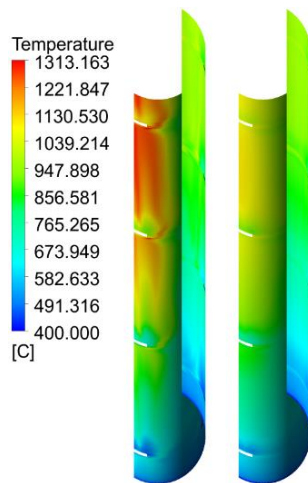
- Nyomottvizes reaktorok üzemanyag-kazettáinak különböző részeiben kialakuló termohidraulikai folyamatok CFD modellezése
- PIV/LIF mérések a kazetták különböző részeire épített kisminta kísérleteken
- Validációs számítások a PIV/LIF mérésekre / benchmarkokra
- A CFD számítások és mérések eredménye alapján hozzájárulás a nyomottvizes blokkok engedélyeztetéséhez és biztonságos üzemeltetéséhez



Az ALLEGRO fűtőelem-kazettáinak és zónájának elemzése CFD-szimulációval

Célkitűzés:

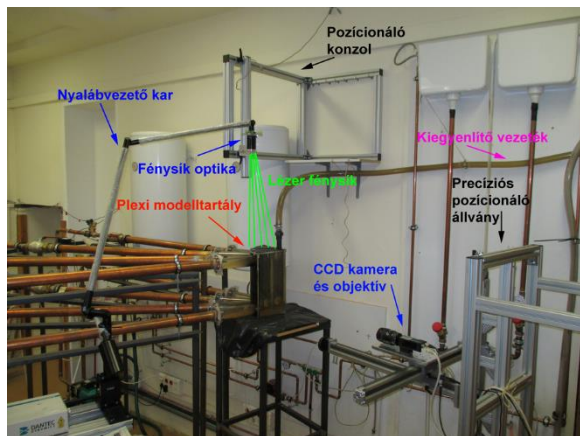
- CFD modellek fejlesztése az ALLEGRO reaktor MOX és kerámia kazettáinak különböző részeire
- Egyenletesebb hőmérséklet-eloszlás megvalósítási lehetőségeinek vizsgálata
- Részvétel a kazetták tervezésében és fejlesztésében
- A kazetták nukleáris biztonságának értékelése



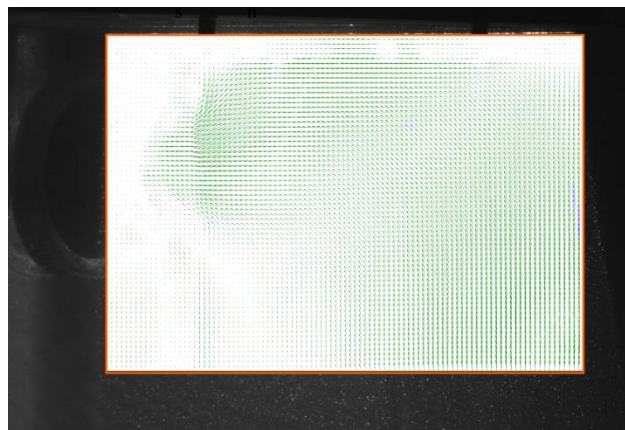
Sóolvadékos reaktorok biztonságának kutatása

Célkitűzés:

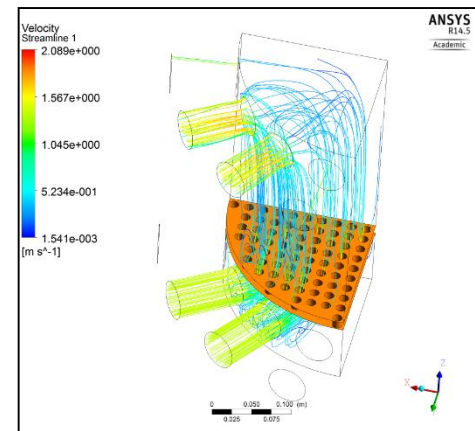
- Sóolvadékos rendszer kísérleti modellezése és termohidraulikai vizsgálata
- A kísérleti eredmények segítségével részletes CFD szimulációk végzése
- A két módszer segítségével az aktív zóna geometriájának optimalizálása, a koncepció továbbfejlesztése



Kísérleti modell a PIV mérőrendszerrel



Mért kétdimenziós sebességmező a nyers PIV képpel a háttérben



Áramlásterelő perforált lemez a CFX modellben, a kialakuló áramlást szemléltető áramvonalak



Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Nukleáris Technikai Intézet



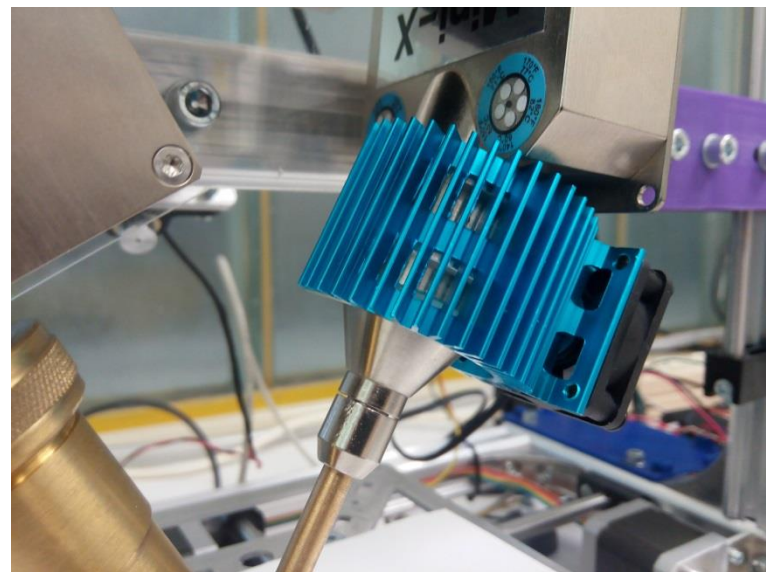
Nukleáris analitikai fejlesztések

Motiváció

Nukleáris hulladék anyagok szelektálása és osztályozása szükségessé teszi azok inaktív elemi összetételének és radioaktivitásának meghatározását helyszíni és laboratóriumi körülmények között.

Célkitűzés:

- Röntgen-gamma kombinált spektrométer és eljárás kifejlesztése röntgenemissziós- és gamma-spektrometria egyidejű alkalmazására.
- Radioaktív anyagok elemi összetételének és izotóp-szelektív radioaktivitásának kvantitatív elemzése.



Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Nukleáris Technikai Intézet



A kis dózisok genetikai hatásának kutatása

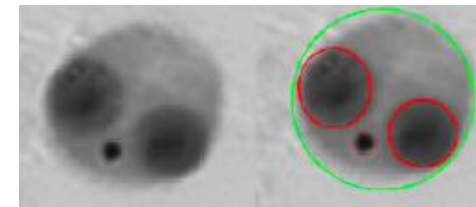
Célkitűzés: A kis dózisok hatásával foglalkozó kutatási módszerek megismerése és új irányvonalak lehetőségének feltérképezése.

Módszerek: Biodozimetriai módszerekkel a sejtek ionizációs sugárzás okozta károsodásának mértéke meghatározható. E módszerek egyike az in vitro micronucleus számolás. A mérésekhez használatos optikai mikroszkópok alsó mérési határa 0,2 Gy, ami még nem felel meg a kis dózisok meghatározásának, ezért in vitro kutatásokat kell végezni e méréshatár csökkentése érdekében.

Várható eredmények: A módszer alkalmas lehet különböző populációk összehasonlítására kutatási célból, valamint a radon (Rn-222) és thoron (Rn-220) leányelemek egészségkárosító hatásának vizsgálatára is.

Együttműködő partnereink:

- OKK Központ, Országos Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Igazgatóság
- MTA Energiatudományi Központ



Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Nukleáris Technikai Intézet



A hazai nukleáris kutatási infrastruktúra középtávú fejlesztési terveinek kidolgozása

A nukleáris kutatási és oktatási infrastruktúra jelenlegi fő elemei:

- Budapesti Kutatóreaktor,
 - Oktatóreaktor,
 - MTA EK egyéb közepes méretű kutatási berendezései.
- Az üzemidő véges, a működés fenntarthatósága kérdéses.

Célkitűzés:

- Megvizsgáljuk, hogy a nukleáris kutatási-oktatási infrastruktúra fenntarthatóságához milyen intézkedések szükségesek, melyek az optimális irányvonalak
- Kidolgozzuk a kutatási infrastruktúra fejlesztésének középtávú koncepcióját



Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Nukleáris Technikai Intézet



Összefoglalás

A BME NTI a Nemzeti Nukleáris Kutatási Program feladatainak megvalósítása során fontos célokat tűzött ki:

- A nukleáris biztonság növelése a tudásbázis és az alkalmazható elemző rendszerek fejlesztésével
- Innovatív, újszerű, tudományos kihívást jelentő feladatokat fogalmaztunk meg, melyekbe fiatal kutatókat és hallgatókat vonunk be
- A 4. generációs reaktorkoncepciók kutatásával a hosszú távú stratégiai gondolkodást, kutatás-fejlesztést tűzzük ki célul
- A legtöbb feladat megvalósításában nemzetközi partnerekkel működünk együtt
- Minőségi felsőoktatás csak kutatással együtt képzelhető el
- Motivált, lelkes, sokszor kiemelkedő képességű hallgatók bekapcsolódnak az NTI által kitűzött célok megvalósításába



Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Nukleáris Technikai Intézet

