

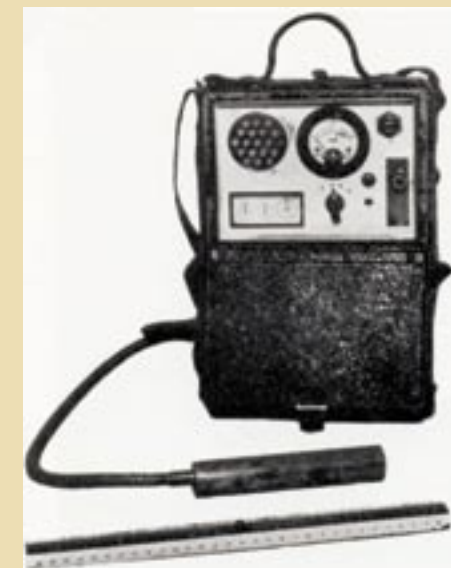
## Az **Atomki** kisugárzása

### Az Atomki 50 évének gyakorlati eredményeiből

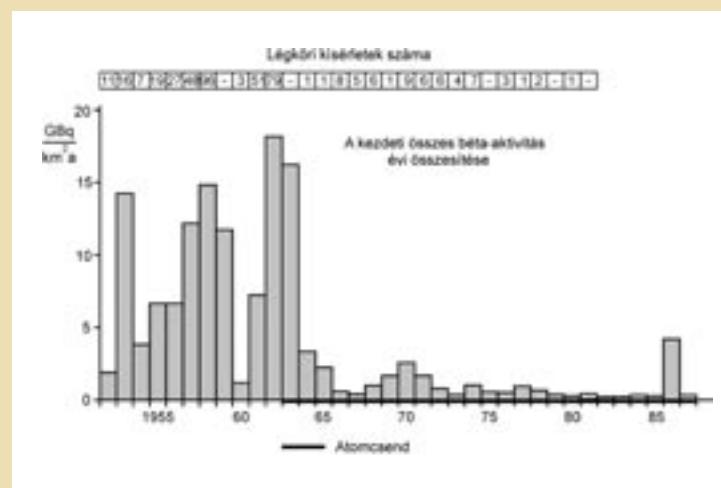
Az MTA debreceni Atommagkutató Intézetét 1954-ben alapították. Működésének 50 éve alatt nemcsak természeti törvényekre irányuló alapkutatásban ért el eredményeket, hanem gyakorlati hasznosításban is. E lapokon ezekből az eredményekből mutatunk be néhányat.

### A hazai uránkincs felfedezése és a nyomelemkutatás

Szalay Sándor, az Atomki alapító igazgatója kezdeményezte az uránkutatást 1949-ben Magyarországon, és az ő eredményei nyomán akadtak rá később a mecseki uránlelőhelyre. A képen a hazai uránkutatásban használt első hordozható, GM-csöves számláló látható.



Szalay Sándor felismerése szerint az urándúsulását a szerves rothadás során keletkező humuszsavak felelősek. Ezek ioncsere révén megkötik a nagy atomsúlyú többvegyértékű kationokat – így az urániumot is. E tárgykör további tanulmányozása olyan eredményekhez vezetett, amelyek hazánkban százezer hektáryi föld művelése szempontjából jelentősek. A humuszsavak ionmegkötő hatása miatt ugyanis tőzezes talajokon a növények nyomelemhiánytól szenvednek, még akkor is, ha ezeket az elemeket nagy mennyiségben bevisszük a talajba. Ám a szántóföldi kísérletek megmutatták, hogy a levelek permetezése e nyomelemek oldatával a termést tetemesen növeli és minőségét is javítja.



### A csapadék radioaktivitása

Az Atomki kutatói az ötvenes évek elejétől több évtizeden át mérték a légtéri atomfegyver-kísérletekből származó radioaktív hasadási termékek béta-aktivitását a Debrecenben lezuhlott csapadékban. A mért béta-aktivitások évi összegét ábrázoló grafikon mutatja, hogy a légtéri atomfegyver-kísérletek hogyan növelték a környezet szennyezettségét, és az atomcsend-egyezmény hogyan csökkentette. Azt is látjuk, hogy Csernobil hatása hogyan aránylik az atomfegyver-kísérletekéhez.

### Földtani kormeghatározás

A képen látható K/Ar-laboratóriumban kőzetek korának meghatározására van mód. Ezek a mérések nemcsak a geológia tudománya számára fontosak, hanem a nyersanyagkutatás szempontjából is. A laboratóriumban az eltelt évtizedek során sok vizsgálatot végeztek érckutatással és olajkutatással foglalkozó vállalatok megbízásából. Radioaktív hulladék-tárolók elhelyezésének tervezéséhez is fontos adatokat szolgáltatottak méréseikkel.





## Vákuumtechnika



A vákuumfizikai vizsgálatok fontos gyakorlati eredményekhez vezettek. Vákuumtechnikai (közte ultravákuum) eszközök széles skáláját gyártották több évtizeden át külső felhasználóknak, diffúziós szivattyú gyártási jogát adták át saját szabadalom alapján. Kb. 200 db saját fejlesztésű „kvadrupól tömegspektrométer” készült az Atomkiban, amelyeket önállóan vagy mérőrendszerekbe építve használnak. Az itt kidolgozott ilyen mérőrendszerek a következők: szivárgásmérő, kvadrupól-elektron diffraktográf csatolása, kvadrupól-derivatógráf csatolása, légzésvizsgáló berendezés, mérőrendszerek ipari fermentumlevek oldott és elemző gázainak monitorozására és növényi gázok invivo mérésére. A képen tömegspektrométeres légzésvizsgálók láthatók. A MEDICOR részére kifejlesztett berendezésből 27 db készült, nagyjából intézeti kivitelezésben.

## Gyors sárgarézelemző berendezés

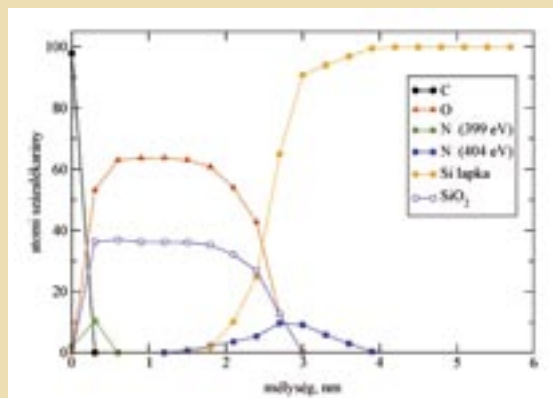
A röntgenemissziós analitikai módszerrel az Atomki a gyakorlati anyagvizsgálatok széles körében ért el jelentős eredményeket: nyersanyagkutatásban, iparban, környezetvédelemben, biológiában, orvostudományban, régészetben. Az alkalmazások egy kiemelkedő példája a Csepel Művek Fémművének Székesfehérvári Gyáregysége részére készített gyors sárgarézelemző készülék. A berendezés két évtizeden át működött a gyárban. Segítségével lehetővé vált a különböző rézalapú ötvözetek olvadékának gyártás közbeni gyors analízise a szabványokban előírt összetétel betartása céljából.



## Elektronspektroszkópia kémiai analízisre

Az Atomkiban az elektronspektroszkópiát a hetvenes évektől kezdődően alkalmazzák kémiai összetétel meghatározására. E vizsgálatok egyik modern módszere a szögfelbontású fotoelektronspektroszkópia, amellyel meg lehet meghatározni különösen vékony (<5nm) rétegek

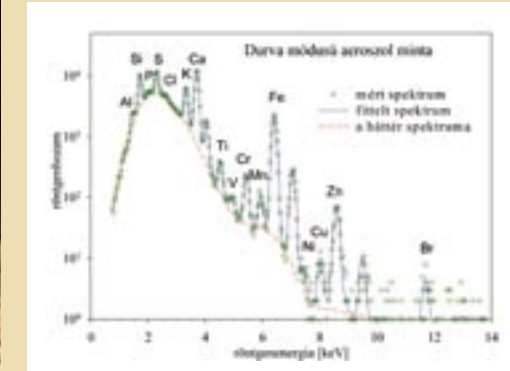
kémiai összetevőinek mélységi koncentrációeloszlását. Az ábrán egy Si lapkán növesztett oxinitrid nanoréteg vizsgálatának eredménye látható. A mintáról röntgensugárzás hatására kilépő fotoelektronok intenzitását különböző kilépési szögeknél mérték meg, s ebből meghatározták az összetevők százalékos arányát a felületről mért mélység függvényében. A vékony felületi szennyezőréteg alatt kb. 3 nm vastagságú SiO<sub>2</sub> réteget találtak, valamint két különböző kémiai állapotú nitrogén összetevőt, amelyek különböző mélységben helyezkednek el. A vizsgálatokat a Samsung Advanced Institute of Technology munkatársaival együttműködve, az Atomkiban végezték. Az ilyen vizsgálatok fontos szerepet játszanak az elektronikus eszközök további méretcsökkentésében.



## Légköri aeroszol vizsgálata

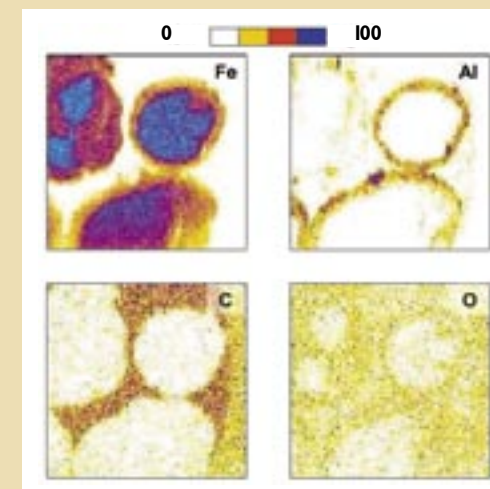


Az Atomki Van de Graaff-gyorsítóján végzett analitikai vizsgálatok egyik jelentős területe a légköri aeroszol elemzése. Ha meghatározzuk a levegőben található porszemek elemösszetételét — ilyen eredményre példaként az ábrán látható spektrum szolgál —, abból számos gyakorlati fontosságú következtetés vonható le. Példaként a budai Szemlő-hegyi-barlang levegőjére vonatkozó vizsgálatot említjük. Ennek a barlangnak a légterét asztma kezelésére használják. A barlangi aeroszolok részletes vizsgálata hozzájárult a barlangterápia hatásmechanizmusának megismeréséhez.



## Radonvizsgálat

A természetben előforduló urán és tórium radioaktív bomlása során radon nemesgáz is keletkezik, amely maga is radioaktív. Az embert érő természetes sugárterhelés legnagyobb része a talajból az épületekbe szivárgó radon belégzéséből származik. Az Atomki munkatársai módszert dolgoztak ki egy lakásépítésre kijelölt terület radonveszélyességének meghatározására. A képen látható eszközökkel mérik a talaj radonkibocsátását, s ebből megbecsülik, hogy azon a területen szükség van-e különleges radonbiztos építési technológiák alkalmazására.



## Mikroanalízis

Az Atomki pásztázó nukleáris mikroszondájával igen kis anyagszemcsék elemösszetételének finom térbeli eloszlását lehet vizsgálni. A képen a Fe, Al, C és O elemekre készített elem térképek láthatók, amelyeken az ábrázolt négyzetek oldalhosszúsága 1 mm-es mintaméretnek felel meg. A minta egy meteorkráter környezetében gyűjtött anyagszemcsé volt. A vizsgálatból a szemcsé égi vagy földi eredetére és más kozmológiai megállapításokra lehet következtetni.





## Sugárbiztonság – Paks

Az atomerőművekre vonatkozó hatósági előírások betartásának egyik alapvető feltétele, hogy minél alaposabb információk legyen a sugárzásról. Ehhez sok mérésre és fejlett műszerekre van szükség. A Paksi Atomerőműnél az Atomki Környezetanalitikai Laboratóriumának mérései jelentősen hozzájárulnak ennek a feladatnak a megoldásához. Az intézet automatikus mintavevő-berendezéseket fejlesztett ki és telepített Paksra. Segítségükkel az erőmű által a levegőbe és vízbe kibocsátott sugárzó  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$  és  $^{85}\text{Kr}$  mennyiségét mérik. A mintavevőkkel kapott mintákat jelentős részben Debrecenben az Atomki műszereivel vizsgálják. A mérések több éve folyamatosan szolgáltatnak adatokat. Az alsó képen a 2004-ben felújított mintavevőrendszer egy részlete látható. Az említeteken kívül az intézet számos más vizsgálattal is hozzájárul az erőmű sugárbiztonságának ellenőrzéséhez.



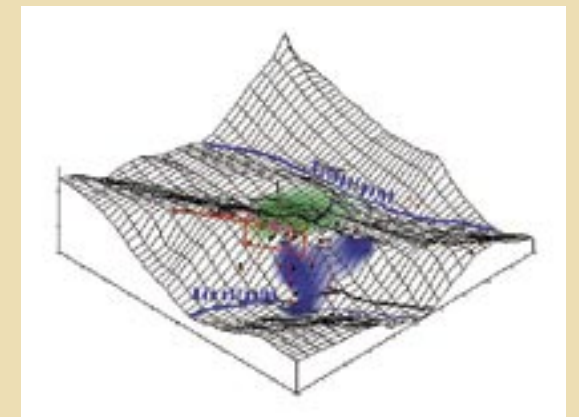
## Vízbázisok

A Föld mélyében több tízezer éve háborítatlanul létező vízrétegek kiváló ivóvizet tartalmaznak. Az Atomkiban számos olyan műszer van, amelyek segítségével meg lehet határozni a vízben előforduló S, C, H, O, N elemek különböző izotópjainak arányát. Ezek az arányok érzékenyen függenek a víz mozgásának, történetének geológiai és éghajlati viszonyaitól. Amikor egy sokezer éves víztelepre kutakat építenek, a kitermelt ivóvíz helyén kialakuló új nyomásnövekedést okoz, és így a korábbi áramlási viszonyok megváltoznak. Előfordulhat, hogy emiatt szennyeződések áramlanak be.

## Sugárbiztonság – Püspökszilágy

Az Atomki Környezetanalitikai Laboratóriuma a Püspökszilágy közelében lévő radioaktív hulladék-tároló sugárbiztonságával kapcsolatban is sok mérést végzett és végez. Fontos ismerni pl. a terület vízháztartását, hogy szivárgás esetére a radioaktív anyagok lehetséges terjedési útvonalát fel lehessen mérni. Az Atomki munkatársai 1998 óta folyamatosan mérik a tároló körüli észlelőkutak vízmintáinak általános kémiai jellemzőit, fémion-koncentrációit, a trícium, a  $^{14}\text{C}$ , a gamma-sugárzó izotópok koncentrációját és a teljes béta-aktivitást. Ezeket a méréseket kiegészítették a vízminták stabilizotóp-arányainak meghatározásával és a vizsgálatokat kiterjesztették a Szilágyi- és a Némedi-patakra is. A légifelvétel a püspökszilágyi radioaktív hulladék-tároló látható, a másik ábra pedig a tároló környezetének domborzati térképén mutatja a vizsgálatok néhány eredményét. A kék színnel jelölt tartományon olyan víz található, amelyhez évezredek óta nem szivárgott le jelentős csapadékmennyiség, a zölddel jelölt tartományon a víz jóval fiatalabb. A terület vízháztartásának felderítésével és más vizsgálatokkal az Atomki résztvevője volt annak a hivatalos biztonsági elemzésnek, amelyet a hazai törvények és nemzetközi szabályok a püspökszilágyi tárolóra is előírtak. Az elemzés eredményeként a tároló biztonsága megfelelőnek minősült.

Az Atomki részt vett abban a nagy erőket megmozgató vizsgálat sorozatban is, amelynek célja egy új radioaktív hulladék-tároló helyének kiválasztása volt. Több lehetőség alapos elemzése alapján a választás a tolnai Üveghuta térségére esett.



## védelme

A különböző helyekről vett vízminták izotóparányainak meghatározásával az áramlási viszonyok feltérképezhetők. Ez az információ nélkülözhetetlen a helyes vízgazdálkodási tervek kialakításához. Az Atomki Környezetanalitikai Laboratóriuma a „Sérülékeny földtani környezetben üzemelő ivóvízbázisok biztonságba helyezése” elnevezésű kormányprogram keretében nyolc különböző vízműhöz tartozó vízbázisok vizsgálatát végezte el, de ezeken túlmenően is széles körben végez vízgazdálkodással kapcsolatos méréseket.







## <sup>14</sup>C-es kormeghatározás

Magyarország egyetlen radiokarbonos kormeghatározásra berendezkedett laboratóriuma az Atomkiban van. A sugárbiztonsággal és a vízbázisokkal kapcsolatos mérések mellett az intézet éghajlattörténeti, régészeti és művészettörténeti kormeghatározásokat is végez. Méréseket végeztek például a Százhalombattán feltárt bronzkori telepek korviszonyainak tisztázása érdekében, részt vettek az M5-ös autópálya építése során feltárt leletek korának megállapításában. Méréseik segítséget nyújtottak az alföldi neolitikus tell telepek kronológiai viszonyainak és az alföldi neolitikus kultúrák élettartamának meghatározásában. Részt vettek számos művészeti tárgy (szőnyeg, kép, fafaragás) eredeti korának megállapításában.



Vizsgálataik egyik példája a képen látható csontváz korának meghatározása. A Vörs-Máriaasszony szigeti ásatáson (Kisbalaton) feltárt leletről az antropológiai eredmények alapján megállapították, hogy az egy 15 éves korában elhalálozott lány csontváza. A csontoknak az Atomkiban végzett <sup>14</sup>C-es vizsgálatából pedig kiderült, hogy a lány halála 5400-5500 évvel Krisztus előtt következett be. Ez az időmeghatározási információ igen megbízható, és ezért a régészetben nagy értéket jelent.

Az üledékes kőzetekbe temetett kagylókról az őslénytan kutatói meg tudják mondani, hogy a hideg, száraz éghajlatot, vagy a nedves, meleg klímát kedvelték-e. Ha ezeknek az elhalt lényeknek a korát radiokarbonos módszerrel meghatározzuk, akkor a klímaváltozások idejét is megállapíthatjuk. A módszer alkalmazásával az Atomki részt vett abban a munkában, amelynek eredményeként meghatározták Tokaj környezetének az utóbbi 30 ezer évben végbement éghajlatváltozásait.



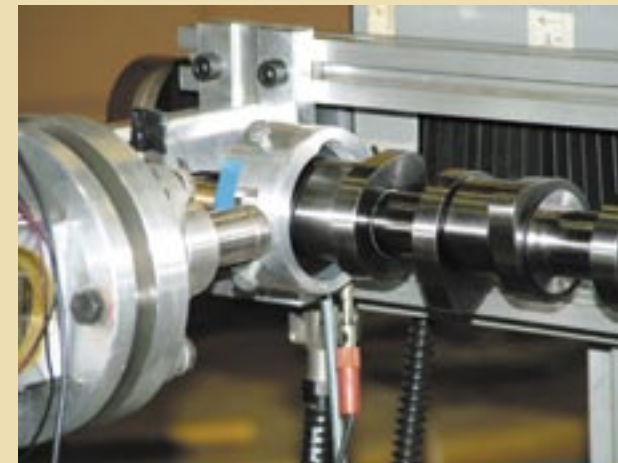
## Tömörségvizsgálat

Azok a tapasztalatok, amelyek a kutatásban használt eszközök vákuumtechnikai tömörségének vizsgálata során felgyűltek, az iparban is alkalmazhatók. A mellékelt képen ipari tömörségvizsgáló berendezés látható, amely hűtőszekrény elpárologtató egységének minőségellenőrzését végzi a gyártósorban. A műszer 2002 óta működik az Electrolux jászberényi üzemében.

Felelős kiadó: dr. Lovas Rezső, az ATOMKI igazgatója  
Szerkesztette: dr. Máté Zoltán, dr. Rajta István  
Készült a Rexpo Kft. Nyomdájában, 2004-ben

## Kopásvizsgálat vékonyréteg-aktivációval

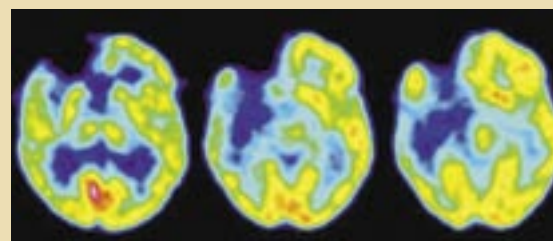
Az ipari fejlesztési tevékenység egyik lényeges területe a gépalkatrészek kopásának vizsgálata. Ciklotronon végzett besugárzásokkal az Atomki is részt vesz ilyen vizsgálatokban. Ennek során gyorsított töltött részecskékkel besugároznak egy gépalkatrész felületén egy néhány cm<sup>2</sup>-es kijelölt zónát, aminek következtében radioaktív izotópok keletkeznek az alkatrészben a bombázó energiától, a részecskétől és az anyagösszetételtől függő mélységben (mikrométer – milliméter). A besugárzás után az alkatrészt beszerelik a gépbe, és működtetik azt. A radioaktív izotópok az inaktív anyaggal együtt kopnak le, és a kenőanyagban megjelenő aktivitásuk vagy az alkatrész aktivitáscsökkenése mérhető. Az aktivitás változása alapján (kalibrálás után) meghatározható a kopás során elvesztett rétegvastagság nagysága. A fényképen egy besugárzásra előkészített vezérműtengely látható.



## Pozitronemissziós tomográf (PET)

A Debreceni Egyetem Orvos- és Egészségtudományi Centrumának pozitronemissziós tomográfja (PET) 10 éve működik az Atomki ciklotronlaboratóriumában. A ciklotron és a mellé telepített radiokémiai laboratórium fontos feltétele volt a hazai PET-program 1994-es elindításának. Jelenleg a vizsgálatok átlagos évenkénti száma kétezernél több, százalékos megoszlásuk pedig: onkológiai 87%, neurológiai 10%, kardiológiai 3%. A PET-vizsgálat az egyik legmodernebb orvosi biológiai képalkotó eljárás, amely lehetővé teszi az élő szervezet működésének megfigyelését.

Az első illusztráció agyi PET-vizsgálat során kapott képeket mutat. Az első felvétel 1994-ben készült azt követően, hogy az 1987-ben agytumor miatt operált betegnél epilepsziás roszullétek léptek fel. A következő két felvétel az 1995-ben és 1996-ban végzett kontrollvizsgálat eredményét mutatja. Az 1994-es felvételen a bal oldali homlokleány területén



ben látható sötét folt a műtét során eltávolított agyrésznek felel meg. Az 1995-ös és 1996-os felvételeken a folt szomszédságában a daganat visszatérésére utaló jelek mutatkoznak. A roszullétek gyakoribbá válását követően újabb műtét történt, mely után a beteg rohammentessé vált.

Az egésztest-vizsgálat illusztrációja olyan esetet mutat be, ahol az emésztőrendszerben fellépő tumoros betegségek diagnosztizálását segítették a PET-felvételek. A 2001. júniusi vizsgálat bal oldali képen látható eredménye a hasban mutat kóros elváltozásokat. A jobb oldali, 2001. szeptemberi felvétel a gyógyszeresedés utáni állapotot mutatja, és a daganat nagyfokú visszaféjlődését tanúsítja.

