

zelítésben azt tekintik kis dózissnak, amikor a célpont-terefogat 20%-át éri találat. A sejtszintű reagálásoknál hangsúlyozni kell, hogy ezek nem vezetnek feltétlenül károsodásokhoz, hiszen a reagálás, a hibák, elváltozások kijavítását is magába foglalja.

Következtetések

- Az ionizáló sugárzás jól ismert sztochasztikus hatása a rosszindulatú daganatkeltés. A legkisebb dózis, amely statisztikailag szignifikáns módon emeli a kockázatot, 100 mSv körül van. Ez önmagában még nem jelenti küszöbdózis létezését, de arra utal, hogy az egyéb, rákkeltő hatások között ekkora sugárterhelés kockázata eltörlődik.

- A mesterséges sugárforrásoktól származó mintegy 1 mSv évenkénti terhelés kockázata a természetes háttér felett, jelenleg nem különböztethető meg a mindennapos, különböző okú egészségkárosító veszélyek között.

- Megfelelő tájékoztatás, gazdasági, környezeti, etikai és pszichológiai ismeretek bővítése szükséges ahhoz, hogy a biztonságos alkalmazás megvalósuljon és azt a társadalom elfogadja éppen a saját jóléte, biztonsága, egészsége és közegészségügye érdekében.

- A kis dózissal szembeni aggályoskodás nem szabad, hogy eltérítse a társadalmat az orvosi alkalmazások jótékony hatásainak kihasználásától.

- További kutatások szükségesek a különböző hatások dózis-hatás viszonyainak tanulmányozására, a kisdózisú sugárzás biológiai hatásainak vizsgálatára, a sejtek és

a szervezet védekezési és alkalmazkodási mechanizmusainak megismerésére, az exponált emberi közösségek epidemiológiai elemzésének kiterjesztésére, finomítására.

Irodalom

- BISZTRAY-BALKU SÁNDOR, BOZÓKY LÁSZLÓ, KOBLINGER LÁSZLÓ: *A sugárvédelem fejlődése Magyarországon* – Akadémiai Kiadó, Budapest, 1982
- 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection – ICRP60, Annals of the ICRP, 21, No. 1–3, 1991
- Relative biological effectiveness (RBE), quality factor (Q), and radiation weighting factor (W_R) – ICRP92, Annals of the ICRP, 2003, Pergamon
- B. KANYÁR, G.J. KÖTELES: *Dosimetry and biological effects of ionizing radiation in „Radiochemistry and radiopharmaceutical chemistry in life sciences”* – ed. Rösch, F., Handbook of Nuclear Chemistry, Vol. 4. Chapter 10., Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, Boston, London, 2003
- KÖTELES GYÖRGY: *Ionizáló sugárzás kiváltotta biológiai hatások és közegészségügyi jelentőségük* – Egészségtudomány 38 (1994) 195–206
- KÖTELES GYÖRGY, TÓTH ESZTER: *Gondolatok az ionizáló sugárzás kis dózisainak hatásairól* – Fiz. Szle. 49 (1999) 394–400
- KÖTELES GYÖRGY: *Civilek és szakemberek a nukleáris arénában* – Környezetvédelem 2000. XII. 21.
- KÖTELES GYÖRGY: *A sugáregészségügyről dióhéjban* – Tisztiorvos 3 (2000) 11–14
- KÖTELES GYÖRGY: *Új szempontok a sugárvédelem biológiai alapjaiban* – Egészségtudomány 44 (2000) 312–321
- KÖTELES GYÖRGY: *A csernobili baleset miatt bekövetkezett lakossági sugárterhelés egészségi kockázatai* – Orvosi Hetilap 143 (2002) 1411–1414
- LÁZÁR ISTVÁN, KÖTELES GYÖRGY: *Sugárzás és biológiai rejtélyek* – Fiz. Szle. 52 (2002) 151–154
- LINDELL BO: *A brief history of ICRP* – NRPB Radiol Prot. Bull., No. 209, 210, 211 (1999)
- Sugáregészségtan* (szerk.: Koteles György) – Medicina Kiadó, Budapest, 2002
- Sources and effects of ionizing radiation* – United Nations, New York, 1993
- Sources and effects of ionizing radiation* – United Nations, New York, 2000

A HAZAI SUGÁRVÉDELMI MŰSZERGYÁRTÁS MŰLTJA ÉS JELENE

Bäumler Ede, Gamma Műszaki Rt.

Deme Sándor, KFKI AEKI

Vincze Árpád, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem

A nukleáris mérőműszerek az ionizáló sugárzás mérésére szolgálnak, ezeken belül azokat tekintjük sugárvédelmi műszernek, amelyeket csak sugárvédelmi célra lehet használni, így a sugárzás dózisát, dózisteljesítményét, a felületi szennyezettséget mérő eszközök alkotják a csoport zömét. A sugárvédelem használ más műszereket is, például számlálókat, spektrométereket, de ezeket már nem soroljuk a sugárvédelmi műszerek közé, ahogy az orvosi célú sugázmérőket sem.

A sugárvédelmi műszerek együtt fejlődtek a sugárzás alkalmazásával. Kezdetben a rádium- és a röntgensugárzást kellett csak mérni, de attól a pillanattól kezdve, hogy működésbe lépett az első atommáglya, majd felvillant az első atombomba, a sugárvédelem mérés technikájának az új terület követelményeinek is meg kellett felelnie.

A múlt század ötvenes éveinek közepén már magas színvonalú nukleáris kultúra alakult ki hazánkban, első sorban a Központi Fizikai Kutatóintézet (KFKI) vezetésével. Ez megnyilvánult a nukleáris, köztük a sugárvédelmi eszközök fejlesztésében és gyártásában is. Nem véletlen,

hogy már az első szovjet licencek honosításával egyidejűleg elkezdődhetek az első hazai fejlesztések, hiszen éppen állt a tudományos háttér, a szakembergárda. A kutató-fejlesztő intézmények között a KFKI mellett fontos szerepet játszott a debreceni Atommagkutató Intézet (ATOMKI), az Izotóp Intézet, a Mecseki Érbányászati Vállalat (MÉV), a Budapesti Műszaki Egyetem (BME), a Semmelweis Orvostudományi Egyetem (SOTE), a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem és más egyetemek, az utóbbiak általában egy-egy speciális kérdésben. Emellett az igények révén lényeges szerepük volt a felhasználóknak, köztük az orvosi intézményeknek, majd a nukleáris létesítményeknek, elsősorban a Paksi Atomerőműnek.

A hazai műszergyártás kezdetei

Az 1950-es években az atomháború veszélye reális fenyegetésnek tűnt, ezért sürgetővé vált a hadsereg és a polgári védelem ellátása sugázmérő műszerekkel. A

kormány döntést hozott: az 1920-ban alapított, a haditechnikai fejlesztés-gyártásban nagy hagyományokkal és magas műszaki kultúrával rendelkező Gamma Műveket jelölte ki a nukleáris műszergyártás profilgazdájának. A sugárvédelmi eszközök területén elsőként a KFKI által kifejlesztett Bozóky-féle dózismérő toll (kisméretű, zsebben hordható ionizációs kamra) és töltőkiértékelő készüléke került sorozatgyártásba. Speciális fejlesztések területén meg kell említeni az uránbánya eredményeit, elsősorban a terepi körülmények között használható nagyérzékenységű sugárzás intenzitásmérő műszerek területén.

Az első katonai radioaktív sugázmérő műszer honosításával (IH-1) a Haditechnikai Intézet (HTI) az Irodagépipari Vállalatot (IGV) bízta meg. A két cég nevének kezdőbetűiből ered a mai napig használt típusszám jelölés, az IH. Egyéni sugáradagmérő, ismertebb nevén dózismérő toll és töltő-mérő készülékének honosítását – szovjet licenc alapján – szintén az IGV végezte, gyártását azonban már a Gamma Művekre bízta. Egyidejűleg megkezdődött egy új gyártmánycsalád fejlesztése is a Gamma területén működő Optikai Kutató Laboratóriumban (OKL), ezek az ionkamrás detektorral működő IH-2 sugárszintmérő, az IH-3M járműfedélzeti sugárszintmérő és a GM-csőves IH-12 sugárszennyezettség-mérő műszerek. Az OKL által fejlesztett műszerek gyártása szintén a Gamma Művekhez került, a szovjet DKP-50 önleolvasós zsebdózismérő honosítása már ott történt. A felsorolt eszközök a háborús, nagy intenzitású sugárzások mérésére készültek, érzékenységük nem volt elegendő polgári sugárvédelmi feladatokra.

Polgári célra a Gamma az Elektromechanikai Vállalat (EMV) által kifejlesztett „Transrate” tranzistoros, GM-csőves sugázmérőt vitte gyártásba. A zsebrádió méretű, már a háttérsugárzást is jelző dózisteljesítmény- és felületi szennyezettségmérő volt az első univerzális kedvenc.

Az új technológiák beruházásokat igényeltek, speciális szerelő és vizsgáló részlegek kialakítására volt szükség. Példaként a DKP önleolvasós személyi dózismérő kvarc szálainak aranyozása, szerelése zsilipkamrával ellátott helyiségben, huzat- és pormentes boksokban történt.

A hazai nukleáris műszergyártó bázis megteremtése nem csak a katonai műszerek gyártására korlátozódott. Egyidejűleg a Gamma – a SOTE Biofizikai Intézet fejlesztésére alapozva – elkezdte a szcintillációs kristály- és detektorgyártást, és átvette a Központi Fizikai Kutatóintézet-től a rack rendszerű, laboratóriumi nukleáris elektronikus egységek gyártását, így megteremtődött a későbbi orvosi nukleáris profil alapja is. Összességében az 1965-ig tartó időszakban létrejött a hazai fejlesztő- és gyártókapacitás, elindult a gyártás honosított dokumentáció alapján a Gammában, sugárszintmérő, sugárszennyezettség-mérő, járműfedélzeti műszerekből több ezres, egyéni dózismérőkből százezres sorozatokban.

1965-től a HTI vezényletével intenzív fejlesztések indultak a Gammában, a Villamos Automatika Intézetnél (VILATI) és a Műszeripari Kutatóintézetben (MIKI), illetve az OKL-ből lett Elektronikai és Finommechanikai Kutatóintézetben, az EFKI-ben (még később Videoton Fej-

lesztési Intézet, VIFD). Kifejlesztették a szilícium alapú félvezető detektorokat, amelyek egy új sugázmérő család létrehozását tették lehetővé a Gammában. A család legismertebb tagjából, az IH-5 egységes sugázmérő műszerből majd tízezer darab készült. A műszer két – különböző térfogatú, így érzékenységű – Si(Li)-detektora hét nagyságrend dózisteljesítmény mérést tett lehetővé, ami több, mint a korábban gyártott IH-12 és IH-2 tartománya együttesen.

A járműfedélzeti sugárszintmérő műszert és helikopterre szerelt légi változatának fejlesztését és gyártását a VILATI és a Gamma közösen végezte. Ezek voltak az első, digitális kijelzéssel rendelkező készülékek. A MIKI kifejlesztette a WS-67 atomrobbanás-bemérő műszert, amely a villanás intenzitása, valamint a fény és a hang időkülönbségéből hatóerőt és távolságot számolt. Gyakorlati felhasználására – szerencsére – nem került sor.

A félvezető detektorok alkalmazása szélesebb mérés-tartományú, nagyobb pontosságú és hosszabb élettartamú műszerek gyártását tette lehetővé, másrészt viszont ezek a műszerek bonyolultabb elektronikát, elektronikus és/vagy izotópos fényforrással működő stabilizálást igényeltek. 1970-ben avatta a Gamma új izotóp laboratóriumát, amelyet akkor Közép-Európa legkorszerűbb ilyen létesítményeként tartottak számon. A katonai műszereknél megtörtént a generációváltás. Megjegyzendő azonban, hogy ebben az időszakban a hazai polgári célú fejlesztés-gyártás megszűnt, mivel arra a KGST Csehszlovákiát és Lengyelországot szakosította. Egyedül az IH-5 polgári célra felszabadított, kékre festett változata volt kapható a piacon.

A 70-es és 80-as években már sor kerülhetett a honvédség és a polgári védelem speciálisabb igényeinek kielégítésére is. A „spec” (azaz katonai) műszerek fejlesztője: Gamma – HTI, gyártója a Gamma. Az IH-63 sugárszintjelző egy egyszerű hangriasztást adó személyi eszköz volt, detektora egy kamrába zárt FET tranzisztor. Az IH-81 kombinált sugárszint és szennyezettségmérő műszer forgódobbal ellátott alaplámpáról – a megengedett maximális dózishatár, illetve a mért dózisteljesítmény értékéből – a logarléc elve alapján a tartózkodási idő is leolvasható volt.

A polgári védelem ellátása korábban a honvédségen keresztül történt, így ugyanazokat az eszközöket használták. A 80-as évek elejétől a Polgári Védelem Országos Parancsnoksága (PVOP) független megrendelőként jelentkezett a Gammánál, saját feladataira specializált eszközöket rendelt, ilyenek voltak a sugárveszély fokozatát jelző készülékek, vagy a szennyezettség- és hasadványkeverék életkorát mérő műszer. Az előző az atomrobbanást követően a sugárzás intenzitásának változása sebességéből számította a végtelen tartózkodási időre vonatkoztatott dózist, és ehhez rendelt veszélyességi fokozatokat. A szennyezettség- és életkormérő műszer a hasadási termékek átlagos energiájának változásából számította a kihullástól eltelt időt (azaz a hasadványok „életkorát”, majd a szennyezettség mértéke és az életkor alapján terepi körülmények között határozta meg az élelmiszer, víz, takarmány fogyaszthatóságát. A műszerek fejlesztése a BME Fizikai-Kémia Tanszékkal közösen történt.

A KFKI kis sorozatban gyártotta az általa kifejlesztett laboratóriumi termolumineszcens dózismérő (TLD) kiértékelő készüléket, ehhez a dózismérő anyagát BME Fizikai-Kémia Tanszéke dolgozta ki. A több mint tíz kilós TLD kiértékelő laboratóriumi készülék kisöccse, az egykilós Pille kijutott a világűrbe is. Erre a műszerre azért volt szükség, mert a kozmikus sugárzás a hosszú időtartamú űrutazások egyik jelentős egészségi kockázati tényezője. A Pillevel először *Farkas Bertalan* végzett méréseket 1980-ban, a Szaljut-6 űrállomáson, később járt e műsértípus a Szaljut-7-en, a Space Shuttle fedélzetén, a Mir űrállomáson. Jelenleg a Nemzetközi Űrállomás rendszeresített eszközeként kering a Föld körül. A Pille a maga nemében egyedülálló műszer az űrben, földi változatát a Tungsram kissorozatban gyártotta.

Csernobil után

A csernobili katasztrófa jelentős hatást gyakorolt világképzőnkre, ezen belül a sugárvédelmi mérőműszerek iránti követelményekre szerte a világon, így hazánkban is. Az események után a határokon beérkező szállítmányok radioaktív szennyeződésének vizsgálata a fegyveres testületek feladata volt, a műszerek azonban gyakorlatilag nem voltak alkalmasak a sugárzási háttérhez közeli szintek mérésére. Az egyetlen – akár a zöldségpiacon is – jól használható hazai műszer a Gamma „Contameter” nevű felületi szennyezettségmérő műszere volt, abból viszont nagyon kevés készült, a korábban említett KGST-szakosítás miatt. A probléma megoldására a Gamma átadta nagyfelületű GM-cső-raktárcsészletét az Izotóp Intézetnek, ahol rekordidő alatt kifejlesztették az „Autocont” szennyezettségmérőt, amelybe az érzékeny felület növelése céljából nem egy, hanem két GM-cső került. A ma is jól használható műszerrel az Izotóp Intézet el tudta látni legalább a szakma szűkebb igényeit. A Gamma pedig a PVOP kérésére 8 nap alatt kifejlesztett egy olyan sugárkaput, amely Záhonyban változó háttérsugárzás mellett is használható volt.

Csernobil szemléletbeli változást hozott a katonai doktrínában is, mely szerint elsősorban az ipari katasztrófák elhárítására kell felkészülni, nem a katonai atomcsapásra. Ez azt vonta maga után, hogy a sugárvédelmi műszereknek már a természetes háttérsugárzás szintjétől kell mérni, a korábbi katasztrófaszintekig.

A 90-es évektől fejlesztett műszerek közös jellemzője, hogy mikrokontroller-vezéreltek és számítógépes kapcsolatok van. Azon túl, hogy a divatosá vált mikroprocesszoros műszerek elegánsabb megjelenést, komfortosabb kezelést tettek lehetővé, a hazai fejlesztésű eszközökben új mérési eljárások is megvalósulhattak. A Gamma-HTI katonai műszerfejlesztések folytatódtak.

Az IH-90 sugárszennyezettség-mérő műszerben – a BME Fizikai-Kémia Tanszék közreműködésével – megvalósított mérési eljárások kihasználták a félvezető detektor energiaszelektív voltát, így lehetővé vált a felületi alfa- és béta-sugárzó szennyezettség meghatározása magas gamma-sugárzási háttérben is. Ez volt az utolsó Gamma gyártmányú félvezető detektoros műszer, ezt követően nagyfelületű GM-csővek kerültek alkalmazásra.

Az új járműfedélzeti sugárszintmérő műszer a terep sugárszintjének felderítésekor a mérési eredményeket már összerendelte az idő- és helykoordináta-adatokkal. A SOJKA pilóta nélküli repülőgépre sugárfelderítő detektor került. A földi állomás a rádióon keresztül érkező fedélzeti dózisteljesítmény, magassági és helykoordináta-adatokból meghatározza a terep sugárszintjét és térképesen megjeleníti azt.

A jelenlegi helyzet és kilátások

A rendszerváltást követően a nagy volumenű központi beszerzések hiánya és a konkurens külföldi cégek megjelenése minden magyar cégre hátrányosan hatott, ezért a 90-es évek elején 14 cég létrehozta érdekvédelmi szervezetét, a Magyar Nukleáris Műszeripari Egyesületet (NUME). A NUME nem volt hosszú életű, talán azért mert tagjai egymás konkurenciái voltak a piacon. A 14 cég zöme ma is jeleskedik a szakmában, de elsősorban nagyobb mérőrendszerek (atomerőművi ellenőrzés, mérő és adattovábbító hálózatok stb.) kialakításában egy-egy speciális feladattal, eszközzel, egyetemi tanszékekkel, kutatóintézeti részlegekkel, nemzetközi csoportokkal együttműködve. Itthon sugárvédelmi célú műszerfejlesztéssel és -gyártással elsősorban a Gamma Műszaki Rt.-ben foglalkoznak.

Az 1990-es évek második felétől kifejlesztett korszerű eszközök képezik a Gamma Rt. jelenlegi termékpalettáját. A paletta széles, a fontosabbak a következők:

- Az IH-95 sugárszint- és szennyezettségmérő műszer több műszer funkcióját egyesítő eszköz, egyetlen detektorral alkalmas dozimetriai célokra és alfa-, béta-felületi szennyezettség mérésre, béta-radioaktív koncentráció meghatározására. A műszer detektora egy nagyfelületű GM-cső, amely lehetővé teszi a természetes háttérsugárzás szintjétől történő mérést. A 95-ös bázisán további műszerek születtek: BNS-97 Sugárvédelmi monitor, BNS-98 Dózisteljesítmény-távadó.

- Katonai TL sugáradagmérő kiértékelő készülék-korszerűsítés. Az egyéni sugáradagmérő kiértékelő készülék termolumineszcens sugáradagmérő kiolvasására szolgál. A korábbi NDK gyártmányú készülék a korszerűsítés után ismét kalibrálhatóvá vált, a kimutathatóság alsó határa két nagyságrenddel alacsonyabb lett, megoldódott több százezer doziméter további rendszerben tartása, lehetőség van számítógépes dozimetriai rendszer kialakítására.

- Monitoring rendszerek távadóval. A Magyar Honvédség automata mérésadatgyűjtő rendszerének (AMAR) korszerűsítése az elmúlt évben fejeződött be. A dózisteljesítmény és meteorológiai adatok GSM-hálózaton keresztül jutnak a központ szerver gépére, onnan SMS-formátumban kerülnek tovább a felhasználókhoz.

- Szcintillációs kristályok és detektorok. A szcintillációs kristályok növesztése, a detektorok gyártása továbbra is folyik. Az új fejlesztésű „intelligens szcintillációs detektor” lehetővé teszi például – egyetlen szendvics kristállyal szerelt detektorral – a szelektív α - és β -számlálást, γ -spektrometriával egyidejűleg.



Ábra. Határátkelőhelyre telepített sugárkapu

- Laboratóriumi összeállítások. Szcintillációs detektort és ólomárnyékolást tartalmazó különböző célú laboratóriumi összeállítások készültek az elmúlt években.

- Sugárkapuk járművek, személyek és poggyászok sugárszennyezettségének felderítésére. A sugárkapuk nukleáris detektora gamma–neutron kristállyal szerelt intelligens szcintillációs detektort. Az országhatárainkra a környezetvédelmi tárca és Phare tender finanszírozásában kerültek a kapuk, további rendszerek települtek kohókban a fémhulladék ellenőrzésére, postákon csomagvizsgálatra. Készül a mobilizálható katonai változat járművek szennyezettségének felderítésére, a dekontamináció sikerességének ellenőrzésére. Elkészült egy táskasugárkapu prototípusa, amely alkalmas például rendezvények résztvevőinek átvizsgálására. A vasúti ellenőrzéshez telepített sugárkapu detektorai látszanak az *ábrán*.

- Járműfedélzeti sugárfelderítő rendszer. A sugárszintmérőket, vegyjelzőt, mobilizálható meteorológiai állomást, adatgyűjtőt és GPS-vevőt tartalmazó rendszer vegyi- és sugárfelderítő páncélozott járművekbe kerül beépítésre. A program automatikusan készít és továbbít NATO-formátumú jelentéseket.

- Légi sugárfelderítő rendszer. Az elmúlt évben harci helikopterre függesztett konténerbe épített rendszerrel sikeres repülési vizsgálatokat hajtottunk végre. A konténerbe kétféle nukleáris detektor (szcintillációs és GM-csőves), adatgyűjtő, magasságmérő és GPS-vevő került beépítésre. A dózisteljesítmény-távadó adataiból a program kiszámítja a terep sugárszintjét és digitalizált térképen jelöli a szennyezett terepszakaszokat. A jelenleg folyó továbbfejlesztés kapcsán videokamera és rádiós adatátviteli rendszer kerül pótlólagosan beépítésre.

Egyes fejlesztések intézmények, egyetemi tanszékek közreműködésével valósulnak meg. A sugáradagmérő témában a KFKI AEKI működött közre, a különböző laboratóriumi összeállítások algoritmusának kidolgozásában, kalibrálásában a BME Nukleáris Technikai Intézete. Az intelligens szcintillációs detektorok tesztelésével, alkalmazási lehetőségeinek bővítésével a Veszprémi Egyetem foglalkozik. A haditechnikai fejlesztések jelenleg is a volt HTI, mai nevén HM Technológiai Hivatal témavezetése mellett történnek.

A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Vegyi és környezetbiztonsági tanszéke a SOMOS Környezetvédelmi Kft.-vel közösen fejlesztett intelligens sokcsatornás nukleáris spektrométere DSP-vel. Az energiamérést megvalósító spektrométerekben hagyományosan az úgynevezett Wilkinson-típusú analóg–digitális átalakítókat alkalmazzák. Ezek kiváló linearitással rendelkeznek, de holtidejük aránylag nagy, és az áruk is meglehetősen magas. A kifejlesztett módszer és eszköz az egyes jeleken végzett többszörös kvantáláson (mintavétel és analóg–digitális átalakítás) és a kvantált minták súlyozott átlagolásán alapszik. Ehhez olcsó, relatíve kis bitszámú (10 bit), gyors analóg–digitális konverter és digitális jelfeldolgozó (DSP) integrált áramkörre van szükség. A DSP segítségével intelligensen lehet kommunikálni a külvilággal (PC), ez vezérli a jelfeldolgozás folyamatát, tartalmazza és kezeli (írja és olvassa) a sokcsatornás spektrummemóriát, beállítja a spektrométer paramétereit (erősítés, detektálási küszöbszint, detektor-tápfeszültség, mérési idő stb.). Elegendően gyors DSP-t választva, az a fenti feladatokon felül elvégzi a kvantált minták súlyozott átlagolását is. Kimutatható, hogy ez esetben – elegendő mintaszám esetén – a kívánt csatornaszám kisebb bitszámú konverterrel is megvalósítható, ami olcsóbbá teszi a rendszert, és egyben az egy impulzus feldolgozásához szükséges holtidőt is jelentősen csökkenti. Ezzel együtt jelentősen nő az intenzitásmérés pontossága, különösen nagy intenzitásoknál. A SOMOS Kft. szintén részt vesz sugárvédelmi ellenőrző rendszerek fejlesztésében elsősorban nukleáris létesítmények munkahelyein [6–8].

A KFKI AEKI, az ATOMKI és más kutató-, illetve egyetemi intézmény továbbra is részt vesz nagyobb sugárvédelmi rendszerek kialakításában, például a Paksi Atomerőmű környezetellenőrző rendszerének rekonstrukciójában.

Összefoglalás

Miközben a hazai intézmények és műszergyártók kezdetben, a múlt század második felében igen jó eredményeket értek el a sugárvédelmi műszerek fejlesztése és gyártása területén, az utóbbi évtizedben, egyrészt a piac beszűkülése, a tőke hiánya, másrészt a konkurens külföldi cégek markáns megjelenése miatt csökkent az értékesítés mind a hazai, mind a nemzetközi piacon. A visszaesés nem a szakterület sajátossága, hanem az egész magyar gazdaságé. Ebben az időszakban egész iparágak szűntek meg, csak azok maradtak talpon, akik világpiacon is versenyképes terméket tudtak előállítani. A hazai sugárvédelmi műszerfejlesztést a kezdetektől fogva az jellemezte, hogy nem követő fejlesztések voltak, hanem mindig meglettek a szakmát valami újdonsággal, ezért a megvalósult eszközök mindenkor versenyképesek voltak.

A nem költségvetési beruházások piacára az a jellemző, hogy bár fejlesztésekben most sem szűkölködünk, a szóba jöhető piac kicsi egy-egy nagyobb széria gyártásához. Ezért elsősorban speciális eszközök és rendszerek fejlesztése és gyártása jöhet számításba.

A költségvetésből finanszírozott beruházások a NATO-ba és az EU-ba belépvé várhatóan ismét növekednek, mivel az államnak kötelezettségei vannak a környezetvédelem, az államhatárok szigorúbb ellenőrzése és a haditechnikai korszerűsítés területén.

Az Unióban sem lehet arra számítani, hogy azok az országok, amelyek fejlett sugárvédelmi műszergyártással rendelkeznek, valaha is magyar műszert vásároljanak sajátjuk helyett. Intenzív marketingmunkával viszont elérhető, hogy akinek nincs megfelelő, saját fejlesztésű, gyártású műszere, az magyart válasszon.

Ismertetőnk – a téma jellege miatt – nem lehetett teljes. Reméljük, hogy a szakmában dolgozók kiegészítik az általunk leírtakat, így a sugárvédelmi műszerek hazai gyártásának nyoma marad, s jelenét is megismerhetik a potenciális felhasználók és a téma iránt érdeklődők.

Irodalom

1. SOLYMOSI J., BÄUMLER E. és társai: *Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy többkomponensű, főként basadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének földi felderítésére* – 198798 B BME–GAMMA szolgálati találmány

2. SOLYMOSI J., BÄUMLER E. és társai: *Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy többkomponensű, főként basadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének légi felderítésére* – 201161 B BME–GAMMA szolgálati találmány

3. BÄUMLER E., ERDŐS K., PINTÉR I., SARKADI A., SOLYMOSI J. és társai: *Univerzális radioaktív sugázmérő műszer és eljárás, valamint rendszertechnikai elrendezés mérésbatárájának kiterjesztésére* – P9700746 HTI–GAMMA–BME szolgálati találmány bejelentés

4. BÄUMLER E., ERDŐS K., SARKADI A.: *Eljárás, valamint rendszertechnikai elrendezés basadási és aktivációs radioizotópokkal kontaminált élelmiszerek fogyaszthatóságának eldöntésére* – P0301996 GAMMA szolgálati találmány bejelentés

5. BÄUMLER E., ERDŐS K., SARKADI A.: *Eljárás, valamint rendszertechnikai elrendezés járművek és/vagy rakományok radioaktív szennyezettségének – mobil sugárforrás – kimutatására* – 220207 GAMMA szolgálati találmány

6. Á. VINCZE, J. SOLYMOSI, K. NAGY, I.C. SZABÓ, G. VOLENT, Á. GUJGICZER, O. ZSILLE: *Monitoring of the fuel-cassette-free state of the control rod sleeves during its lift by radiation measurement* – IRPA Regional Congress on Radiation Protection in Central Europe, 22–27, August, 1999, Budapest, Hungary, Proceedings, 184–192, 1999

7. Á. VINCZE, G. VOLENT, J. SOLYMOSI: *A procedure for the continuous control of the retention properties of gas adsorber systems* – J. Radioanal. Nucl. Chem., 218/1 (1997) 81

8. K. NAGY, Á. VINCZE, J. SOLYMOSI, G. EIGEMANN, G. VOLENT, Á. GUJGICZER, O. GIMESI, O. ZSILLE, GY. PLACHTOVICS: *Measuring the filter efficiencies of iodine filters at NPP Paks* – V. Nemzetközi Atomtechnikai Szimpózium, Paks, 2000 október

SUGÁRVÉDELEM A FELSŐOKTATÁSBAN

Kanyár Béla, VE Radiokémia Tanszék
 Zagyvai Péter, BME Nukleáris Technikai Intézet
 Homonnay Zoltán, ELTE TTK Magkémia Tanszék
 Dezső Zoltán, DE Környezetfizika Tanszék
 Farkas György, SE Sugárvédelmi Szolgálat
 Fehér István, KFKI AEKI
 Ozoray Kamilla, ÁNTSZ Országos Tisztifőorvosi Hivatal
 Pellet Sándor, OOK OSSKI
 Uray István, ATOMKI
 Vincze Árpád, ZMNE Vegyi és Környezetbiztonsági Tanszék
 Zombori Péter, ELTE TTK Sugárvédelmi Oktatási Laboratórium

A természettudományok, azon belül a fizika tanítása keretében többször találkozunk a nukleáris tudományok, köztük a sugárvédelem oktatásának problémáival, mind a *Fizikai Szemle*ben, mind a sugárvédelmi kiadványokban [1–4]. A sugárvédelmi rendezvények között megemlíthető a 25. Sugárvédelmi Továbbképzés felkért előadása *A sugárvédelmi képzési formák kialakulása és fejlődése Magyarországon* címmel [5], az ELFT Sugárvédelmi szakcsoport 2001-ben tervezett tanulmánya a sugárvédelem helyzetéről (az oktatási részt ezen írás első 3 szerzője vállalta) és a 2002. áprilisban szervezett akadémiai ankét [6]. A hazai sugárvédelem bemutatása keretében készített jelen munka elsősorban a felsőfokú, a graduális képzésben és a továbbképzésben szerzett tapasztalatokkal foglalkozik, figyelembe véve a helyi és speciális sajátosságokat. Ez utóbbi célkitűzés indokolja a szerzők viszonylag magas számát. Természetesen tudjuk, hogy a középiskolai, a felsőfokú és a speciális képzések mereven nem különíthetők el egymástól, egymásra épülnek, többek közt számos szakember érdekelte a sugárvédelmi képzés különböző szintjein.

A sugárvédelem oktatását a felsőfokú, elsősorban tanári képzésben a lakossági tájékoztatás szempontjából is fontosnak tartjuk, ugyanis a felsőfokú képzés kikerülő tanárai, mérnökei, azaz a későbbi helyi értelmiség hozzájárulása révén mind az iskolákban, mind a lakosság körében a jelenleginél szakszerűbb és hitelesebb információ alakulhat ki, és reálisan tudják megítélni a közvetlen őket érintő helyzetet, esetleg problémát. Mindezek természetesen érvényesek a környezetvédelem, egészségvédelem stb. oktatásánál is, melyek része lehet a sugárvédelmi képzés [7, 8].

Mint már több kiadványban is szerepel, a képzés sugárvédelemre vonatkozó általános céljai közé tartozik, hogy minden érintett személy – akár dolgozóként, akár a lakosság tagjaként – lehetőséget kapjon a sugárzásokkal veszélyeztetett munka- és lakókörülményeinek, az esetleges káros hatások elleni védekezés eljárásainak, eszközeinek, az ellenőrzés módszereinek és eredményeinek megismerésére. Különösen fontos ez a jelen társadalmi viszonyok között, amikor potenciális környe-