

Horváth Kristóf - Kátai-Urbán Lajos - Sebestyén Zsolt  
[horvathk@oah.hu](mailto:horvathk@oah.hu); [katai.lajos@uni-nke.hu](mailto:katai.lajos@uni-nke.hu), [sebestven@oah.hu](mailto:sebestven@oah.hu);

## A NUKLEÁRIS BIZTONSÁG ÉS VÉDETTSÉG HAZAI KUTATÁSI- FEJLESZTÉSI EREDMÉNYEI

### *Absztrakt*

*A nukleáris biztonság és védetség kutatási-fejlesztési eredményeinek az időszakos értékelése előfeltétele a sikeres felkészülésnek és védekezésnek. A sugárvédelmi szabályozás, eljárások és eszközök korszerűsítésének napjainkban kiemelten fontos szerepe van, mivel a meglévő jelentős számú hazai nukleáris létesítmény mellett az atomerőművi blokkok bővítését tervezzük. A szabályozási változások és az atomenergia széleskörű alkalmazása miatt szükséges a nukleáris létesítmények telephely-vizsgálati és radiológiai értékelési rendszeréhez tartozó korszerűsítési lehetőségek rendszeres feltárása. A sugárvédelmi eljárások és műszerek fejlesztése terén elért fontosabb hazai kutatási-fejlesztési és felhasználói eredmények rendszeres áttekintő értékelése elengedhetetlen a nukleáris biztonság és a nukleáris védetség sikere érdekében. A két cikkre tervezett cikksorozatunk jelen első közleményében irodalmi áttekintést adunk a sugárvédelmi eljárások és műszerek fejlesztése terén elért fontosabb hazai kutatási-fejlesztési és innovációs eredményeiről. A második cikkben elemzést teszünk közzé a hazai és nemzetközi szabályozási rendszerek korszerűsítési lehetőségeiről.*

*The periodic assessment of the research and development results of nuclear safety and security is a prerequisite for successful preparation and protection. The modernization of radiation protection regulations, procedures and instruments has an essential role as in addition to the significant number of existing domestic nuclear facilities, nuclear power plant expansion is being planned. Due to the regulatory changes and the extensive use of nuclear energy, it is very important to regularly review the modernization possibilities of site examination and radiological assessment of nuclear facilities. Major domestic research and development results and user records in the field of radiation protection procedures and instruments had to be regularly assessed to ensure effective nuclear safety and nuclear security. In this first release of our two planned papers we provide an overview of the literature on the most important domestic research, development and innovation results of radiation protection in the field of development procedures and instruments. In the second publication we offer an analysis about the modernization possibilities of the domestic and international legislation.*

**Kulcsszavak:** nukleáris biztonság, sugárvédelem, korszerűsítés, Magyarország ~ nuclear security, radiation protection, modernization, Hungary

## BEVEZETÉS

A közlemény áttekintő értékelést tartalmaz a nukleáris biztonság és védetség hazai sugárvédelmi eredményeiről. A téma aktualitását indokolja, hogy az időszakos értékelés állandó előfeltétele a sikeres felkészülésnek és védekezésnek. A sugárvédelem legfontosabb elemeit képező jogi szabályozások, valamint a sugárvédelmi eljárások és eszközrendszerek korszerűsítése értékelésének napjainkban azért van kiemelten fontos szerepe, mivel a meglévő jelentős számú hazai nukleáris létesítmény mellett napirenden van az atomerőművi blokkok bővítése.

A két cikkre tervezett cikksorozat jelen első közleményében irodalmi áttekintést adunk a sugárvédelmi eljárások és műszerek fontosabb hazai kutatási-fejlesztési és innovációs eredményeiről, a nukleáris biztonság és a nukleárisbaleset-elhárítás érdekében. A hazai és nemzetközi szabályozási rendszerek korszerűsítési lehetőségeiről a második cikk ad elemzést.

Az adott témakörben a katonai műszaki tudományos szemléletnek megfelelően feltétlenül foglalkoznunk kell a lakossági sugárvédelem mellett, az annak a biztosítása érdekében tevékenykedő, első beavatkozó állomány megfelelő védelméről is. Nevezetesen a mentő egységek, a Magyar Honvédség, a Katasztrófavédelem, a mentők, a rendészeti személyzet megfelelő sugárvédelme rendkívül fontos feladat.

A cikk megírásánál figyelembe vettük Csurgai József és társa által írt, a nukleáris létesítmények telephely-vizsgálatának és értékelésének korszerűsítéséről szóló összefoglalóját. [1]

### A HATÓSÁGI SZABÁLYOZÁS JELENLEGI EGYSÉGES HAZAI RENDSZERE

Az egységes atomenergia-felügyelet megteremtése érdekében a Paksi Atomerőmű bővítéséhez alkotott törvény (2015. évi VII. törvény) [2]) az atomenergia-felügyeleti szerv (Országos Atomenergia Hivatal - OAH) hatáskörébe adta a sugárvédelmi szakterület felügyeletét is 2016. január elsejétől. A törvény az OAH hatáskörébe telepíti a radioaktív anyagok és ionizáló sugárzást létrehozó berendezések felügyeletét, a kötelezően mérendő adatok meghatározását, azok gyűjtésének, nyilvántartásának, értékelésének módját, személyi sugárvédelmi ellenőrzési kötelezettség megállapítását, a személyi dózisek nyilvántartását, védőeszközök minősítését, forgalomba hozatalát, engedélyezését, sugárvédelmi képzések, továbbképzések tematikájának, vizsgakövetelményeinek jóváhagyását, valamint dóziskorlátok megállapítását és dózismegszorítások jóváhagyását.

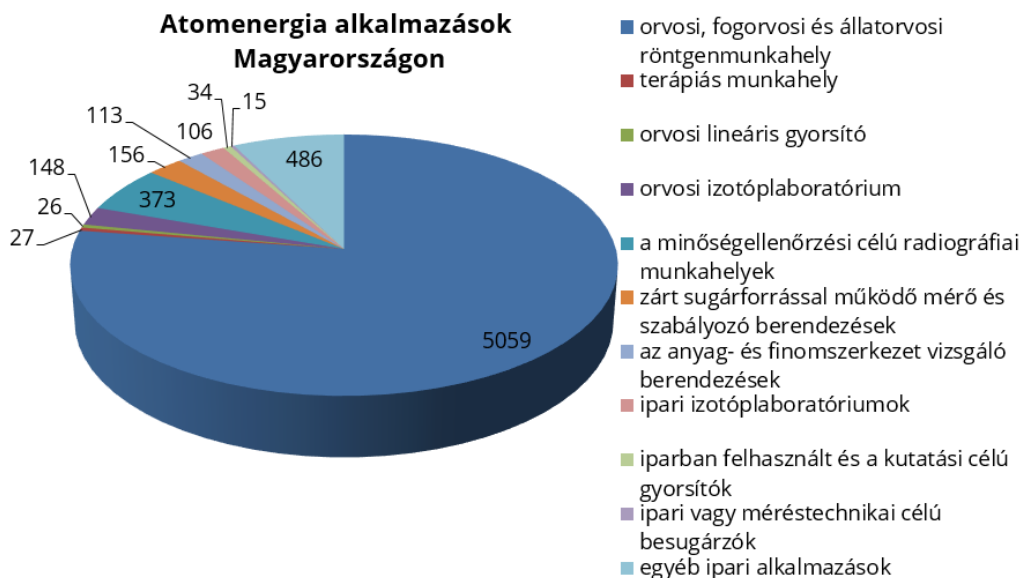
Az egységesítés célja, hogy egy hatóság alá tartozzon a nukleáris biztonság, a sugárvédelem, a kizárólag békés célú alkalmazás és a fizikai védelem felügyelete, hogy megvalósuljon egy egyszintű, országos hatáskörű, ügyfélbarát hatósági rendszer, hogy az engedélyek kérelmezése és kiadása egyszerűsödjön, az egy engedélyesre jutó eljárások száma csökkenjen, illetve hogy az atomenergia alkalmazói által nyújtandó adatszolgáltatás egységes legyen. A sugáregészségügyi kérdésekben továbbra is az egészségügyi hatóság (Országos Tisztifőorvosi Hivatal) az illetékes. A hatósági engedélyek feltételeinek vizsgálatára az atomenergia-felügyeleti szerv – szakértői közreműködés érdekében – más intézményt is igénybe vehet és a leggyakrabban igénybe vett intézetekkel, intézményekkel együttműködési megállapodást köt [3].

Magyarország az atomenergia alkalmazás területén sokszínű országnak számít, mivel a következő tizenkét szakterületen összesen 6540 felhasználó található szerte az országban:

- orvosi, fogorvosi és állatorvosi röntgenberendezést alkalmazó nyilvántartott egység – 5056,
- terápiás nyilvántartott egység – 27,
- orvosi lineáris gyorsítót alkalmazó nyilvántartott egység – 26,
- orvosi izotóplaboratóriumi egység – 148,

- minőségellenőrzési célú radiográfiai munkahelyek – 373,
- zárt sugárforrással működő mérő és szabályozó berendezések – 156,
- az anyag- és finomszerkezet vizsgáló berendezések – 113,
- az ipari izotóplaboratóriumok – 106,
- iparban felhasznált és a kutatási célú gyorsítók – 34,
- az ipari vagy mérés technikai célú besugárzók – 15,
- egyéb ipari alkalmazások – 486.

Az atomenergia hazai alkalmazásának a számszerű megoszlása jól látható az 1. ábrán. Az 1. ábrát az OAH központi nyilvántartások 2015. évi adatai alapján szerkesztették meg a szerzők.



1. ábra. Atomenergia alkalmazások Magyarországon

Csak érdekességként említjük meg, hogy az alkalmazói csoportok elnevezése szerint az egyéb ipari alkalmazások címszó alatt – amely a máshová be nem sorolható nukleáris létesítményeket tartalmazza – olyan szerényen megbúvó, de korántsem jelentéktelen létesítményeket találunk, mint egy oktató reaktor, egy kutatóreaktor, két radioaktív hulladéktároló, a Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója, és végül, de nem utolsó sorban a Paksi Atomerőmű 4 blokkja.

## NEMZETKÖZI AJÁNLÁSOK ÉS IRÁNYELVEK

A hazai szabályozásnak 2018. február 6-ig meg kell felelnie az ionizáló sugárzás okozta sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról, valamint a 89/618/Euratom, a 90/641/Euratom, a 96/29/Euratom, a 97/43/Euratom és a 2003/122/Euratom irányelv hatályon kívül helyezéséről szóló, a Tanács 2013/59/EURATOM irányelvének. [4]

Az irányelv a korábbi BSS (96/29/Euratom) és négy további specifikus irányelv (az orvosi célú besugárzások sugárvédelmi kérdéseivel foglalkozó 97/43/Euratom, a veszélyhelyzetek esetére vonatkozó 89/618/Euratom, a külső munkavállalók sugárvédelmét szabályozó 90/641/Euratom és a nagy aktivitású zárt sugárforrások védelmét szabályozó 2003/122/Euratom) felülvizsgálatával és összeépítésével keletkezett.

Az irányelvek a Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság<sup>1</sup>, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség<sup>2</sup> (továbbiakban: NAÜ) és más szervezetek újabb ajánlásait is figyelembe vették az új irányelv készítése során.

A NAÜ sugárvédelmi biztonsági alapszabályzatát [5] 2011-ben aktualizálták az új kutatási fejlesztési eredményekkel. A szabályzat többek között tartalmaz általános követelményeket a védelemre és biztonságra, illetve a tervezett-, a veszélyhelyzeti-, valamint a fennálló sugárzási helyzetekre speciális ajánlásokat. A mellékletei tartalmazzák a felszabadítási és mentességi szinteket, a zárt sugárforrások kategorizálását, a tervezett besugárzási helyzet dózis korlátait, valamint azok kiszámításához szükséges dóziskonverziós tényezőket.

## **NUKLEÁRIS LÉTESÍTMÉNYEKRE VONATKOZÓ SZABÁLYOZÁS**

A nukleáris létesítményekre vonatkozó hazai szabályozás csúcspontján az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény [3] áll, melynek végrehajtó rendelkezései közül a legfontosabbak a következők: a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet [6] és mellékletei, a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok [7]; a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tároló létesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet [8], az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet [9], valamint a 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről [32].

A 118/2011.(VII. 11.) Korm. rendelet és a 155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet célkitűzése, hogy a nukleáris létesítmények nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszereit, szerelemeit úgy kell megtervezni, hogy a nukleáris létesítmények alkalmazásával összefüggő általános nukleáris biztonság, valamint az azt megalapozó sugárvédelmi és műszaki biztonság megvalósíthatók legyenek.

Az üzemeltető személyzet és a lakosság sugárterhelése a nukleáris létesítmény üzemeltetése során mindenkor az előírt határértékek alatti, az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szintű legyen.

A változás végrehajtása érdekében az OAH kidolgozta a 16/2000. EüM rendelet [10] átalakításaként, valamint az EU BSS megfeleltetéseként az új sugárvédelmi rendeletet, melyet a Kormány hatályba léptetett a 487/2015. (XII.30.) Korm. rendeletként. A rendelet többek között tartalmazza a lakosság dózisbecsléséhez szükséges, kötelezően mérendő adatok meghatározását, a mérést végző szervek tevékenységének összehangolását, az adatok gyűjtését, feldolgozását, nyilvántartását és értékelését.

Az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat Országos Tisztifőorvosi Hivatal hatáskörében maradt sugáregészségügyi követelmények továbbra is az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során ionizáló sugárzásnak kitett személyek egészségének védelméről szóló 31/2001. (X. 3.) EüM rendeletben EüM rendeletben maradtak. Ezekon felül hatályba lépett a lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezően mérendő mennyiségek köréről szóló 489/2015. (XII.30.) Korm. rendelet [11], valamint a hiányzó, a talált, valamint a lefoglalt nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos bejelentésekről és intézkedésekről, továbbá a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos egyéb bejelentést követő intézkedésekről szóló 490/2015. (XII.30.) Korm. rendelet [12] a sugárvédelmi feladatok

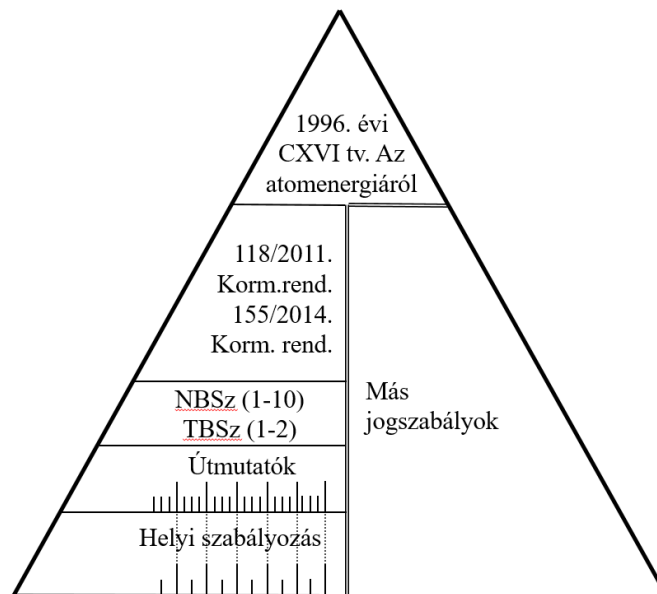
---

<sup>1</sup> International Commission on Radiological Protection, ICRP

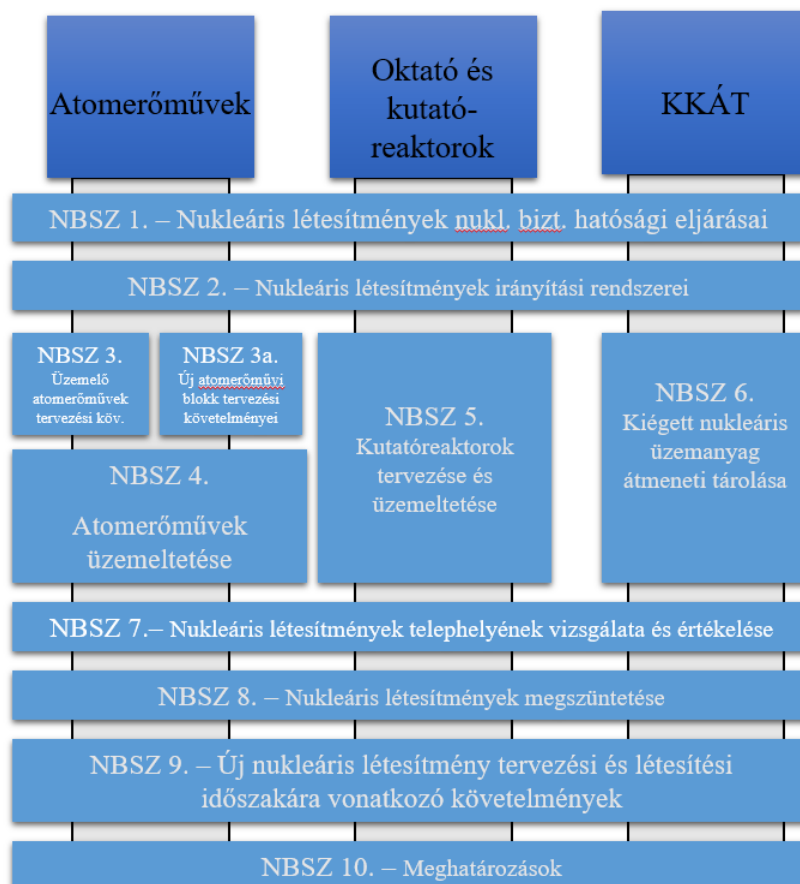
<sup>2</sup> International Atomic Energy Agency, IAEA

ellátása érdekében. A hatáskörök változása miatt több jogszabályt módosítani kellett, úgymint a 112/2011 Korm. rendeletet [13] is.

A 2. ábra a nukleáris létesítmények és radioaktív hulladéktárolók biztonságának hazai jogszabályi rendszerének felépülését szemlélteti.



2. ábra. Nukleáris létesítmények szabályozási rendszerének sematikus ábrája [1]



3. ábra. a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok [1]



4. ábra. a Tároló Biztonsági Szabályzatok, forrás: OÁH

A nukleáris létesítményekre vonatkozó előírások hazai és nemzetközi jogi szabályozását a Feldolgozandó irodalomban adjuk meg.

A hazai jogszabályok megfelelnek az EU-s követelményeknek, ugyanakkor szükség lehet a tovább fejlesztésükre a sugárvédelem területén. Jelenleg a 487/2015 (XII.30.) Korm. rendelet tartalmazza a sugárvédelmi szabályozást minden létesítményre, alkalmazásra, berendezésre, munkahelyre. Néhány specifikus követelmény megjelenik a 118/2011 Korm. rendeletben [3], valamint a 155/2014. Korm. rendeletben [8], de szükség lehet azok fejlesztésére, hogy folyamatosan a modern fejlesztések, kutatások eredményeinek megfeleljen.

Nukleáris létesítményekre vonatkozó előírások: Az 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról [3], 2004. évi CXL. törvény a közigazgatási hatósági eljárás és szolgáltatás általános szabályairól [14], 112/2011.(VII. 4.) Korm. rendelet az Országos Atomenergia Hivatal nukleáris energiával kapcsolatos európai uniós, valamint nemzetközi kötelezettségével összefüggő feladatköréről, az Országos Atomenergia Hivatal hatósági eljárásaiban közreműködő szakhatóságok kijelöléséről, a kiszabható bírság mértékéről, valamint az Országos Atomenergia Hivatal munkáját segítő tudományos tanácsról [13], 118/2011.(VII. 11.) Korm. rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről [6], Nukleáris Biztonsági Szabályzatok [7], 246/2011.(XI. 24.) Korm. rendelet a nukleáris létesítmény és a radioaktív hulladék-tároló biztonsági övezetéről [15], 247/2011.(XI. 25.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében eljáró független műszaki szakértőről [16], 167/2010.(V. 11.) Korm. rendelet az országos nukleárisbaleset-elhárítási rendszerről [17], 146/2014 (V.5.) Korm. rendelet a felvonókról, a mozgólépcsőkről és a mozgójárdákról [18], 215/2013. (VI. 21.) Korm. rendelet a radioaktív hulladékokkal és a kiégett üzemanyaggal kapcsolatos egyes feladatokat ellátó szerv kijelöléséről, tevékenységéről és annak pénzügyi forrásairól [19], 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról [10], 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről [20], 5/2015. (II. 27.) BM rendelet az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos sajátos tűzvédelmi követelményekről és a hatóságok tevékenysége során azok érvényesítésének módjáról [21], 55/2012. (IX. 17.) NFM rendelet a nukleáris létesítményben foglalkoztatott munkavállalók speciális szakmai képzéséről, továbbképzéséről és az atomenergia alkalmazásával összefüggő tevékenységek folytatására jogosultak köréről [22], 108/2001. (XII. 23.) FVM-GM rendelet a felvonók biztonsági követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról [23].

Sugárvédelmi előírások: A TANÁCS 2013/59/EURATOM IRÁNYELVE az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető

biztonsági előírások megállapításáról, valamint a 89/618/Euratom, a 90/641/Euratom, a 96/29/Euratom, a 97/43/Euratom és a 2003/122/Euratom irányelv hatályon kívül helyezéséről **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**, 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről [9], 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet a lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezően mérendő mennyiségek köréről [11], 165/2003. (X. 18.) Korm. rendelet a nukleáris és radiológiai veszélyhelyzet esetén végzett lakossági tájékoztatás rendjéről [24], 167/2010. (V. 11.) Korm. rendelet az országos nukleárisbaleset-elhárítási rendszerről [17], 4/2016. (III. 5.) NFM rendelet az Országos Atomenergia Hivatal egyes közigazgatási eljárásaiért és igazgatási jellegű szolgáltatásaiért fizetendő díjakról [25], 16/2000. (VI. 8.) EüM rendeletet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról [10], 31/2001. (X. 3.) EüM rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során ionizáló sugárzásnak kitett személyek egészségének védelméről [26], 47/2003. (VIII. 8.) ESzCsM rendelet a radioaktív hulladékok átmeneti tárolásának és végleges elhelyezésének egyes kérdéseiről, valamint az ipari tevékenységek során bedúsuló, a természetben előforduló radioaktív anyagok sugár-egészségügyi kérdéseiről [27].

Fizikai védelmi előírások: 1987. évi 8. tvr. a nukleáris anyagok fizikai védelméről szóló egyezmény kihirdetéséről [28], 2007. évi XX. törvény a nukleáris terrorcselekmények visszaszorításáról szóló nemzetközi Egyezmény kihirdetéséről [29], 2008. évi LXII. törvény a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) keretében 1979-ben elfogadott, és az 1987. évi 8. törvényerejű rendelettel kihirdetett nukleáris anyagok fizikai védelméről szóló Egyezménynek a NAÜ által szervezett diplomáciai konferencia keretében, 2005. július 8-án aláírt módosítása kihirdetéséről [30], 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról [1], 2004. évi CXL. törvény a közigazgatási hatósági eljárás és szolgáltatás általános szabályairól [14], 1997. évi CLIX. törvény a fegyveres biztonsági őrsegről, a természetvédelmi és a mezei őrszolgálatról [31], 112/2011. (VII. 4.) Korm. rendelet az Országos Atomenergia Hivatal nukleáris energiával kapcsolatos európai uniós, valamint nemzetközi kötelezettségével összefüggő feladatköréről, az Országos Atomenergia Hivatal hatósági eljárásaiban közreműködő szakhatóságok kijelöléséről, a kiszabható bírság mértékéről, valamint az Országos Atomenergia Hivatal munkáját segítő tudományos tanácsról [13], 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről [32], 47/2012. (X. 4.) BM rendelet az atomenergia alkalmazásával összefüggő rendőrségi feladatokról [33], 7/2007. (III.6.) IRM rendelet a nukleáris anyagok nyilvántartásának és ellenőrzésének szabályairól [34], 11/2010. (III. 4.) KHEM rendelet a radioaktív anyagok nyilvántartásának és ellenőrzésének rendjéről, valamint a kapcsolódó adatszolgáltatásról [35], A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség nukleáris védelemre vonatkozó ajánlásai (Nuclear Security Series Publications) [36], 490/2015 (XII. 30.) Korm. rendeletet a hiányzó, a talált, valamint a lefoglalt nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos bejelentésekről és intézkedésekről, továbbá a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos egyéb bejelentést követő intézkedésekről. [12].

Radioaktív hulladék-tárolóra vonatkozó előírások: 2004. évi CXL. törvény a közigazgatási hatósági eljárás és szolgáltatás általános szabályairól [14], 112/2011. (VII. 4.) Korm. rendelet az Országos Atomenergia Hivatal nukleáris energiával kapcsolatos európai uniós, valamint nemzetközi kötelezettségével összefüggő feladatköréről, az Országos Atomenergia Hivatal hatósági eljárásaiban közreműködő szakhatóságok kijelöléséről, a kiszabható bírság mértékéről, valamint az Országos Atomenergia Hivatal munkáját segítő tudományos tanácsról [13], 155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tároló létesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről [8], melléklet: A tároló létesítmény irányítási rendszerei,

melléklet: A tároló létesítmény tervezése, létesítése, üzemeltetése, lezárása és intézményes ellenőrzései, 246/2011. (XI. 24.) Korm. rendelet a nukleáris létesítmény és a radioaktív hulladék-tároló biztonsági övezetéről [15], 247/2011.(XI. 25.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében eljáró független műszaki szakértőről [16], 167/2010.(V. 11.) Korm. rendelet az országos nukleáris baleset-elhárítási rendszerről [17], 146/2014 (V.5.) Korm. rendelet a felvonókról, a mozgólépcsőkről és a mozgójárdákról [18], 215/2013. (VI. 21.) Korm. rendelet a radioaktív hulladékokkal és a kiégett üzemanyaggal kapcsolatos egyes feladatokat ellátó szerv kijelöléséről, tevékenységéről és annak pénzügyi forrásairól [19], 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról [10], 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről [20], 5/2015. (II. 27.) BM rendelet az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos sajátos tűzvédelmi követelményekről és a hatóságok tevékenysége során azok érvényesítésének módjáról [21], 108/2001. (XII. 23.) FVM-GM rendelet a felvonók biztonsági követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról [23], 47/2003. (VIII. 8.) ESzCsM rendelet a radioaktív hulladékok átmeneti tárolásának és végleges elhelyezésének egyes kérdéseiről, valamint az ipari tevékenységek során bedúsuló, a természetben előforduló radioaktív anyagok sugár-egészségügyi kérdéseiről [27], 213/2013. (VI. 21.) Korm. rendelet a Központi Nukleáris Pénzügyi Alap Szakbizottságról [37], 214/2013. (VI. 21.) Korm. rendelet a Központi Nukleáris Pénzügyi Alapból az ellenőrzési és információs célú önkormányzati társulásoknak nyújtott támogatások szabályairól [38].

## **FONTOSABB HAZAI KUTATÁSI EREDMÉNYEK**

Hazánkban a nukleáris biztonság- és balesetelhárítás érdekében már az 1970-es évektől kezdve intenzív fejlesztési tevékenység indult meg a veszélyhelyzeti sugárvédelmi eljárások és műszerek fejlesztése terén a HM Haditechnikai Intézet, a Budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki Kar, Fizikai Kémia Tanszék és a Gamma Művek együttműködésével. Solymosi József vezetésével korszerű új mérési eljárások kerültek kifejlesztésre a maghasadás radioaktív (hasadási) termékeinek kormeghatározására és az ismeretlen és/vagy összetételű, többkomponensű radioaktív anyagoktól származó elnyelt dózis folyamatos értékelésére és prognosztizálására. [39][40] Hatékony eljárást fejlesztettek ki a béta-sugárzó radionuklidoktól származó felületi szennyezettség és (térfogati) radioaktív koncentráció egyszerű, gyors meghatározására. Egyedi eljárást fejlesztettek ki az intenzív gamma-háttérsugárzásban történő béta-sugárzás mérése során a jel/zaj viszony javítására energiakompenzációs módszerrel, valamint a radionuklidokkal kontaminált terep légi- és földi sugárfelderítésére.

A közös fejlesztések eredményeként jött létre több sugárvédelmi mérőműszer és rendszer, amelyeket a Gamma Műszaki Zrt. napjainkban is sorozatban gyárt és értékesít itthon és a világ számos országában.

A kezdeti időszak kormeghatározási eljárását Csurgai József vezetésével jelentősen továbbfejlesztették.[41] Iterációs módszer alkalmazásával számolták az ismeretlen összetételű hasadási termékeket tartalmazó mintáktól származó dózis prognosztizált értékét. Ezzel az értékelés pontossága jelentősen megnövekedett, és az atomrobbanási termékek mellett a továbbiakban alkalmassá vált az atomerőmű kiégett fűtőelemeinek az értékelésére is.

Csurgai József kidolgozta a Magyar Honvédségnél alkalmazott sugárhelyzet prognosztizálási és értékelési eljárások továbbfejlesztését számítógépes megvalósítással.[42] Kutatási eredményének a téziseit doktori PhD értekezésében tette közzé: Nukleáris baleset-elhárítás és vegyi katasztrófák összefüggésrendszerének tudományos vizsgálata. [43]



## Bétaszennyezettség mérése intenzív gamma-háttérben

A radioaktív felületi bétaszennyezettség, majd azt követően a béta-sugárzó izotópo(ka)t tartalmazó minta aktivitásának mérésére nagy intenzitású gamma-sugárzási háttérben mérésére fejlesztettek ki szabadalmi oltalommal védett eljárást Solymosi József és munkatársai. [44][45][46][47][48]

Kimagasló eredménynek minősíthető az alkotói kollektíva találmánya az Univerzális radioaktív sugázmérő műszer és eljárás, valamint rendszertechnikai elrendezés a méréshatárának kiterjesztésére. [49][50][51]

Részletesen bemutatjuk az ionizáló sugárzások ( $\alpha$ -,  $\beta$ - és  $\gamma$ ) mérésére a találmány szerinti eljárás gyakorlati megvalósítását, amely alapján a Gamma Műszaki Zrt., Budapest sorozatban gyártja a széles méréshatárú, "Gammacont" elnevezésű univerzális sugázmérő műszert.

A GM-csővek méréshatárának kiterjesztésére régóta használt módszer több GM-cső használata, illetve az impulzus-üzemű alkalmazás. Ha az anódfeszültséget 10-20  $\mu$ s-os időtartamig – ami a holtidőhöz képest rövid idő – megnöveljük úgy, hogy az a platótartományba essen, akkor a látszólagos holtidő erre a 10-20  $\mu$ s-os értékre csökken.

A GAMMA Rt. által kifejlesztett - GAMMACONT - műszerben ezek továbbfejlesztett kombinációját valósítottuk meg. Több GM-cső helyett egyetlen 10 anódos típust használunk kapcsolt anódokkal, illetve új impulzusüzemű algoritmussal. A legérzékenyebb méréstartományban mind a tíz anódra jut nagyfeszültség. A nagyobb tartományban csak egy anód marad bekapcsolva. A nem használt anódokra 200 V feszültség jut. A beérkező impulzus hatására az áramkör 400 V-ról - 200 V-ra csökkenti az anódfeszültséget kb.  $t = 1$  ms időtartamra. Ez alatt a GM-cső gázterében a tértöltés az alacsony anódfeszültség miatt további sokszorozás nélkül megszűnik.

Az IH-95 sugárszint- és szennyezettség- mérő műszer sugárvédelmi célú mérésekre alkalmas hordozható kivitelű dózismérő, és felületi radioaktív-szennyezettségmérő.

A műszer dózismérés és dózisteljesítmény mérés üzemmódban a foton sugárzás levegőben elnyelt dózist és dózisteljesítményt mér és jelzi ki. A beállított riasztási szint elérésekor mind dózismérés mind dózisteljesítmény mérés esetén hangjelzéssel riaszt.

Szennyezettségmérőként a műszer alfa és béta felületi szennyezettséget, illetve béta folyadék térfogati aktivitáskoncentrációt mér.

Az IH-95 szabványos RS-232 soros kimeneten a mérések eredményeit továbbítani tudja IBM AT kompatibilis számítógépnek további feldolgozásra.

A műszer főbb műszaki (metrológiai) jellemzői:

### Dózismérő:

méréstartomány: 10 nGy ... 1 Gy

50 nGy/h ... 500 mGy/h

energiatartomány: a foton sugárzás 60 keV ... 1,5 MeV tartománya

mért mennyiség: levegőben elnyelt dózis  $D$  [Gy] és

levegőben elnyelt dózisteljesítmény  $\dot{D}$  [Gy/h]

### Szennyezettségmérő:

méréstartomány: 0,2 ... 500 kBq·cm<sup>-2</sup>

energiatartomány: >50 keV béta- és >4 MeV alfa sugárzókra

mért mennyiség: felületi béta-szennyezettség (Bq·cm<sup>-2</sup>)

felületi alfa-szennyezettség (Bq·cm<sup>-2</sup>)

béta aktivitáskoncentráció (Bq·l<sup>-1</sup>)

Az akkumulátoros műszer egyesíti a hordozható dozimetriai és a szennyezettségmérő műszerek funkcióit. A készülék nyakba akasztható hordtáskájában gamma dózis és dózisteljesítmény mérésére szolgál. A táskában a beépített dozimetriai szűrők az érzékenység energiafüggését linearizálják a 60 KeV - 1,5 MeV tartományban.

Hordtáskájából kivéve a műszer automatikusan szennyezettség-mérővé változik. A mérések előtt célszerű a helyszínen háttérsugárzást mérni, amely alapján a műszer háttérlevonást végez. A beállítható üzemmódok a következők:

- összegzett  $\alpha$  -  $\beta$  -  $\gamma$  felületi szennyezettség folyamatos keresés,
- felületi  $\beta$  szennyezettség mérés - beállítható sugárminőséggel (90Sr, 204Tl, 14C),
- felületi  $\alpha$  indikálás,
- térfogati  $\beta$  koncentráció mérés - beállítható sugárminőséggel (90Sr, 204Tl, 14C),
- 2 perces háttér mérés.

A műszer detektora az SZBT-10 típusú, orosz gyártmányú GM-cső. A készülék  $11 \mu\text{Gy/h} \pm 20\%$  dózisteljesítmény értéktől felfelé 10 elektródáról 1-re vált, amellyel együtt a mérés elve és a beütésszám-feldolgozás algoritmus is változik.  $11 \mu\text{Gy/h}$  alatti dózisteljesítménynél 180 impulzus beérkezésének idejéből számolja a kijelzett értéket  $30 \text{ nGy/impulzus}$  állandó hatásfokkal.  $11 \mu\text{Gy/h}$  felett 2 másodperces mérési ciklusban egy anódot használva, a nagyfeszültséget 1 ms-onként ki-be kapcsolja, a bekapcsolás után a holtidő korrekciót figyelembe véve az első bejövő impulzusok beérkezési idejének átlagából számítja és jelzi ki a mérési eredményt.

Ezzel a kombinált mérési eljárással sikerült a természetes háttérsugárzás mérésére készült nagyérzékenységű mag sugárzás detektor detektálási hatásfokát kiterjeszteni a magasabb méréshatár irányában egészen a katasztrófa szintig. Ily módon egyetlen detektor 8-9 nagyságrendet fog át szinte lineárisan.

Külön említést érdemel, hogy a kapcsoló üzemi tápfeszültség alkalmazásával sikerült megvalósítani a GM-cső gerjedés elleni védelmét. Azaz a cső intenzív sugárzási térben nem megy át önkisülési üzemmódba és megtartja üzemképességét, - míg az általunk alkalmazott eljárás hiányában - a GM-cső ilyen esetben köztudottan tönkremenne.

### **Terepszakaszok sugárszintjének földi felderítése**

Az ismeretlen összetételű és/vagy többkomponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének földi felderítésére Solymosi József és munkatársai egyszerű mérési eljárást fejlesztettek ki, amelyre szabadalmi oltalmat szereztek. [52]

A sugárszint definíciója szerint megegyezik a talaj felszínétől egy méteres magasságban és nyílt elhelyezésben mért dózisteljesítménnyel.

$$P = P(1\text{m}; \text{nyílt elhelyezés})$$

Azonban a gyakorlatban soha nem teljesül ez a két feltétel - sem a gyalogos, sem a gépjárművel történő sugárfelderítés alkalmával. Valójában esetben sem biztosítható, hogy a sugárzásmérő műszer a sugárfelderítés ideje alatt a talaj felszínétől egy méteres magasságban és nyílt elhelyezésben legyen. Ezért szükséges egy kalibrációs faktor, a Kgy gyengítési tényező használata.

Gyengítési tényező alatt a talaj felszínétől egy méteres magasságban és nyílt elhelyezésben mért dózisteljesítmény, valamint a sugárzásmérő műszer rendeltetésszerű elhelyezésében mért érték hányadosát értjük. A gyengítési tényező, mint kalibrációs faktor meghatározása ezzel a két méréssel történik.

$$Kgy = P(1\text{m}; \text{nyílt elhelyezés}) / P(X\text{m}; \text{adott elhelyezés})$$

Tehát a sugárszint értékét a sugárzásmérő műszer rendeltetésszerű elhelyezésében mért dózisteljesítmény és a gyengítési tényező szorzata adja.

A gyengítési tényező értéke erősen függ a mérőműszer elhelyezése mellett a mérendő gammasugárzás energiájától is. Ez utóbbi változó értékű lehet a felderítés során.

$$K_{gy} = f(E_{gamma})$$

De a hordozójármű saját kontaminációja ugyancsak megváltozhat, amely a kalibrációs feltételektől eltérő háttérként meghamisíthatja a sugárszint mérési adatokat.

A sugázmérő szonda - az elterjedten alkalmazott belső elhelyezéstől eltérően - a felderítő gépjárműn kívül kerül elhelyezésre úgy, hogy a szonda és a gépjármű között elhelyezünk a gammasugárzás teljes elnyelődését biztosító, úgynevezett végtelen vastag árnyékoló lemezt. Ezzel kettős előnyös hatást érünk el. Egyfelől kiszűrjük a gépkocsi kontaminációjából eredő saját gamma háttérrel. Másfelől pedig a gyengítési tényező állandó értékű lesz, és nem függ a gammasugárzás változó energiájától, sem a mérőműszer elhelyezéstől a gépkocsiban.

Tehát a sugárfelderítés során a gyengítési tényezőnek mindvégig a kalibrált, állandó értékével lehet számolni:  $K_{gy} = konstans$ .

Az ismeretlen összetételű és/vagy többkomponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének földi felderítésére szolgáló mérőrendszerek megvalósítási lehetőségeit és feltételeit vizsgálta Pintér István: A járműfedélzeti sugárszintmérés elvei és gyakorlati megvalósításuk harctevékenység illetve nukleáris baleset-elhárítás során című doktori (PhD) értekezésében.[53]

A Gamma Műszaki Zrt. sorozatban gyártja az 5. ábrán bemutatott járműfedélzeti ABV felderítő rendszert.



5. ábra. Járműfedélzeti ABV felderítő rendszer [57]

### Légi ABV felderítő rendszerek fejlesztése

A légi sugárfelderítés katonai alkalmazásának elsődleges követelménye a gyorsaság és a hajózó állomány távolságvédelme. Hazai feltalálók szabadalma oldotta meg ezt a feladatot:

Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy több komponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének légi felderítésére. [54]

Zelenák János és társai a munkájuk során vizsgálták az elveszett vagy az elloptott sugárforrások felkutatása, illetve szennyezett terepszakaszok felderítése során a légi felderítés alkalmazhatóságát. A módszer és az erre kifejlesztett eszköz, a sugárszennyezett terepszakasz teljes körű feltérképezése, illetve pontszerű sugárforrás pozíciójának meghatározása érdekében egy hármas feladatrendszert valósít meg:

1. A terepszennyezés felderítése: nagy kiterjedésű szennyezés feltérképezése során az egyes területek sugárszintjét a repülési magasság, a légköri- és talajviszonyok figyelembevételével számítással meghatározza, amelynek alapjai az alábbiakban látható:

$$P_1 = k_1 \cdot P_h e^{k_2 h}$$

ahol

$P_1$  = sugárszint, Gy/h,

$P_h$  = h magasságon mért dózisteljesítmény, Gy/h,

h = mérési magasság, m,

$K_1$  = terepviszony elnyelési faktor (1,7 – 2),

$K_2$  = légkör elnyelési faktor (0,007 - 0,012).

A magassági gyengítési tényezőknek a fenti összefüggéssel való közelítése figyelembe veszi különböző terep- és légköri elnyelési viszonyokat és gyakorlatban végrehajtott, nagyszámú méréssel alá lett támasztva [55][56]. Ezen értékek összhangban vannak a NATO STANAG 2112 által ajánlott gyengítési tényező (AGRCF) értékeivel, valamint a régebbi, már nehezen fellelhető szovjet irodalomban található összefüggésekkel, de ami a legfontosabb, terepviszony és légkör elnyelési faktoroktól függetlenül, 100 m-es repülési magasság alatt 10-25 %-os relatív hibán belül közelíti a terepen, gyalogosan mért sugárszint értékeket.

2. Pontszerű radioaktív források behatárolása: a háttérsugárzástól szignifikánsan eltérő pontok indikálásával meghatározza a források földrajzi koordinátáit. Nagy aktivitású forrás esetén dózisteljesítmény konverzió is alkalmazható a mérések végrehajtására, az alábbi összefüggéssel [55]:

$$P_1 = k_3 \cdot P_h h^{k_4}$$

ahol:

$P_1$  = a forrástól 1 méterre mért dózisteljesítmény, Gy/h,

$P_h$  = h magasságon mért dózisteljesítmény, Gy/h,

h = mérési magasság, m,

$K_3$  = terepviszony elnyelési faktor (1 –1,18),

$K_4$  = légkör elnyelési faktor (2 –2,4).

Kis aktivitású források esetén nagy hatásfokú üreges szcintillációs detektorral végzett beütésszámlálással lehet nagy pontossággal meghatározni egy forrás pozícióját, az adott módszer az irodalomban jól le van írva [56]. Igaz, kis aktivitások esetén, kis magasságokon (40-60 m) végzett repülésekkel a detektálható aktivitások az alsó korlátja mintegy 500 kBq – 1 MBq.

3. Radioaktív izotópok azonosítása. Energia-szelektív mérésekkel támpontot nyújtani a radioaktív szennyezettség összetételének becsléséhez. Itt azonban meg kell jegyeznünk, hogy a repülési magasságon történő méréseknél egyrészt a levegőréteg gyengítése, másrészt az intenzív Compton-szórás jelentős mértékben csökkent ezt a képességet.

A Gamma Műszaki Zrt. ipari kivitelben gyártja a RABV (6. ábra bal oldala) sugárfelderítő rendszert UAV-ra, valamint a LABV Légi ABV-felderítő rendszert (6. ábra jobb oldala), mint harci helikopterre telepített változatot.



6. ábra. LABV Légi ABV felderítő rendszer [57]

A légi sugárfelderítő rendszer korszerűsített változata alkalmas az elveszett vagy elloptott radioaktív sugárforrások felkutatására is, pontosság tekintetében pedig egyenértékű a földi felderítéssel.

A modern légi sugárfelderítés új eszköz- és eljárásrendjének előnyei az alábbiakban foglalhatók össze:

- a konténerbe épített rendszer környezeti hatásokkal szembeni állékonysága megfelelő;
- a konténer gyorsan, könnyen szerelhető a helikopterre;
- a rendszer pontszerű és kiterjedt sugárforrások felderítésére egyaránt alkalmas;
- a négycsatornás spektrometria támpontot nyújt az izotópazonosításhoz;
- A felderítések során az idő-, hely- és magasság koordináták hiánytalanul rögzítésre kerülnek,
- a repülés útvonala digitális térképen pontosan jelenik meg;
- a felvételek rendben archiválódnak, visszajátszhatók, kiértékelhetők;
- a mérési eredmények reálisak, pontosságuk a földi rendszerekével egyenértékű;
- Az on-line adattovábbítás digitális adatrádió segítségével történik.

A mérési eljárás és az adatok kiértékelése térinformatikai platformon történik, aminek a feltételei az alábbiak szerint teljesülnek:

- a GPS magasságmérés korrekciója a DDM-50 digitális domborzati modell és a barometrikus magasságmérő adatai segítségével történik;
- digitális térkép használata: az adatfeldolgozó szoftver teljes körűen kezeli a DTA-50-es térképészeti adatbázist;
- a felderítési adatok memóriakártyára íródnak;
- a mérési eredmények megjelenítése NATO szabvány szerinti térképi jelekkel, jelzésekkel történik.

A légi sugárfelderítés fenti új eszköz- és eljárásrendjének a rendszerbe állítása mérföldköves előrelépés a vegyvédelmi csapatok képességeiben.

### Sugárvédelmi kutatások áttekintése

Az eddigiekben itt bemutatott sugárázsmérési eljárások és eszközök összességének az elméleti és gyakorlati ismereteit, valamint a megvalósított alkotások alapját képező szabadalmakat együttesen tartalmazó egyetemi tankönyvben foglalták össze: Erdős József, Pintér István, Solymosi József: Magyar ABV védelmi technikai almanach. [57]

Csurgai és társai az ABV (NBC) anyagok terjedését vizsgálták szimuláció segítségével. [59]

Csécs és társai az ABV (NBC) anyagok terjedését vizsgálták az akkor legszélesebb körben alkalmazott, korszerű FLUENT numerikus áramlástani szimulációs kód segítségével, hogy megállapíthassák, milyen mértékben alkalmas a légáramlással együttmozgó anyagok terjedésének leírására zárt terekben. [60]

Kiss Enikő és társai olyan eljárás kidolgozásán dolgoznak, ami a sugárérzékenység kimutatására alkalmas lehet. Ezt az eljárást alkalmazni lehetne a sugárkezelésre váró betegek körében is. Eredményeik nagy haszonnal járhatnak, így érdemes figyelemmel kísélni azokat. [61]

Vincze Árpád és társai egy esetlegesen a Paksi Atomerőműben történő, radioaktív vizet szállító cső lyukadásának környezeti hatásait vizsgálták. [62]

Rónaky József és társai egy cikk-sorozat keretében a nukleáris létesítmények katonai terror-fenyegetettségének értékelését vizsgálták, mely során áttekintették a nemzetközi és hazai szabályozást és gyakorlatot, majd ezek alapján kidolgozták a Paksi Atomerőmű katonai terror-fenyegetettségének értékelési eljárását. [63][64] Vizsgálták a 2. számú akna balesetét és a dekontaminálás ellenőrzését. [65][66]

Petőfi Gábor és társai kutatásuk során megvizsgálták a nukleárisbaleset-elhárítási követelmények fejlődését. A későbbiekben ez alapján tettek javaslatot a jogszabályok fejlesztésére. [67]

Rónaky József és társa 2007-ben elsőként tett közzé részletes elemzést a hazai sugárvédelmi, biztosítéki, nukleáris biztonsági, és nukleáris veszélyhelyzeti felkészülési jogkörök egyesítéséről. [68] A Katonai Műszaki Tudományok doktori PhD értekezésében már akkor tudományosan megalapozott tézisként deklarálta a hatósági jogkörök egyesítése jogi szabályozásának potenciális lehetőségét. [69]

Sebestyén Zsolt a leszerelés és a környezeti remediációs programok globális végrehajtásának a fejlődése témakörökkel foglalkozó nemzetközi konferencián beszámolt a magyarországi szabályozási rendszer változásairól, a radioaktív hulladék-tárolók és a sugárvédelmi felügyeleti feladatok változásáról. [70]

Lucas Grégory és társai arról számoltak be, hogy miként kívánják kutatni a kontaminált talaj radioaktivitásának mérési módszereit, légi távérzékelési rendszerek alkalmazásával. Megvizsgálták, hogyan lehetne integrálni a nukleáris felismerő rendszerekbe alternatív technológiákat (hiperspektrális, termális, LiDAR), illetve melyek lennének a hozzáadott értékek. [71][72][73][74]

A cikk bemutatja a környezet kármentési terv automatikus előkészítésére és a nehéz gépezetek pontos utasításához szükséges irányítási adatokhoz végzett kutatást egy ipari katasztrófát követően végzett tisztítási munkák során. A bemeneti vizsgálati adatok a kolontári vörös iszap katasztrófánál, a hiperspektrális légi felmérési adatok feldolgozásából származtatott szennyezés kiterjedésének shape fájlja volt.

2010 október 4-én Magyarország története során az egyik legnagyobb környezeti katasztrófa következett be, amikor egy mérgező hulladék tároló medencéjének sérülése következtében 600.000 - 700.000 m<sup>3</sup> vörösiszap és víz jutott ki a környezetbe. 10 ember meghalt és 120 ember sérült meg. A vörösiszap 4 km<sup>2</sup>-nyi területet árasztott el.

Az ötlet, ami motiválta a kutatómunkát, a kolontári szennyezett területen végzett tisztítási munkát követően fogalmazódott meg. Míg a szennyezett terület körvonalát a digitális térképek mutatták és a környezetszennyezés vastagsága rendelkezésre állt, addig az ásatási munkák a hagyományos módon zajlottak, helyzetmeghatározás és navigációs technológia nélkül. Tehát a pontos és részletes információk már a helyreállítási folyamat korai szakaszában rendelkezésre álltak, ugyanakkor azok kihasználása nem volt hatékony.

Tágabb összefüggésben, a kutatási munkánk olyan módszerek és eszközök fejlesztését célozta meg, amelyek a geográfiai információk kihasználásának/támogatásának folytonosságán keresztül egy pontos helyreállítási folyamatot biztosítanak. A katasztrófa értékelési szakasz során gyűjtött GI-t a tervezési fázisban kellene alkalmazni és használni; ez

gondoskodhatna a tisztítási fázis terveiről és navigációs adatairól. Emellett a következőket is célszerű lenne kutatni: technológiák integrálása (távérzékelés (detektálás), GIS (tervezés), helymeghatározás és navigáció (tisztítás)).

A kutatás eredménye, hogy az optimális irány megállapításával munkát, időt és pénzt spórolhatunk meg a kármentesítés során.

A légi távérzékelési rendszerek (hiperspektrális, termális, LiDAR) felhasználása alkalmas lehet a talaj radioaktivitásának feltérképezésére, egyben a remediáció alakulásának a szakaszos nyomon követésére több, a kontaminált terület fölött, egymást követően eltérő időben végrehajtott pásztázó repüléssel.

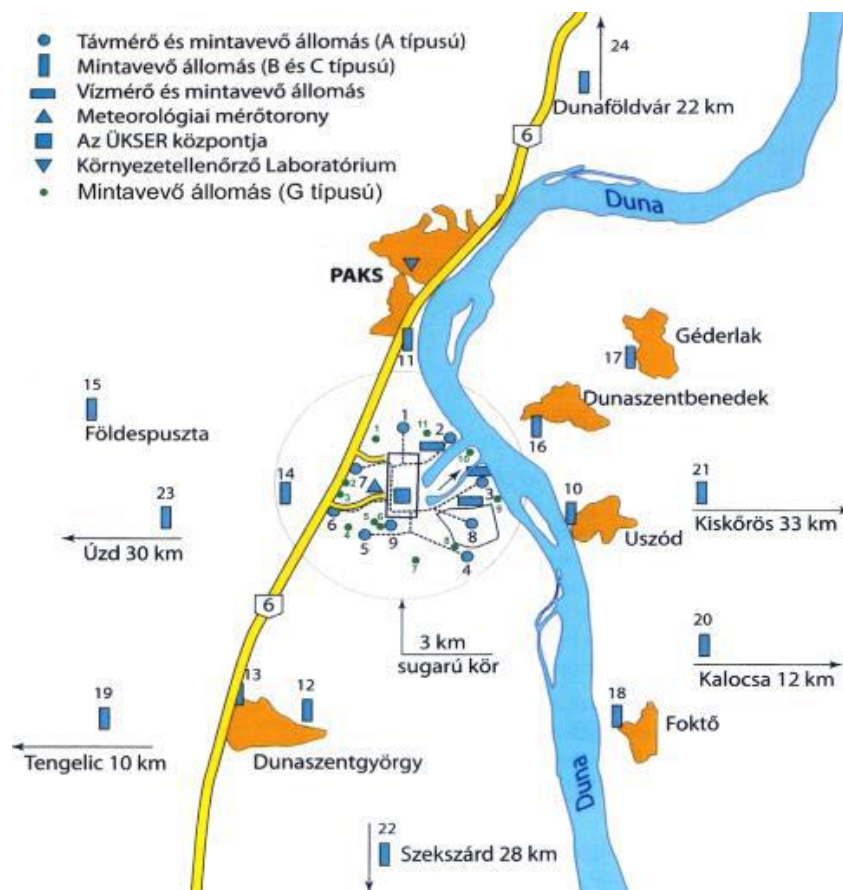
A fenti légi távérzékelési rendszerek, mint alternatív technológiák, a jövőben alkalmasak lehetnek a nukleáris létesítmények leszerelését követően a környezeti remediáció felmérésére gyors és átfogó módon, továbbá a változások időszakos nyomon követésére.

Bujtás Tibor és társai a Paksi Atomerőmű Környezetellenőrző Laboratóriuma mintavételi adatbázisának korszerűsítésének eredményeiről számoltak be.[75]

Az erőmű környezeti sugárvédelmi ellenőrzésének feladata és célja hogy közvetlen mérésekkel bizonyítsa, az erőmű normál üzemben radioaktív izotópokkal, illetve sugárzásukkal kevésbé terheli a környezetet, mint az elfogadhatónak megállapított érték. További feladata, hogy – elsősorban az üzemi területen végzett méréseivel – hozzájáruljon a környezetet veszélyeztető technológiai rendellenességek feltárásához, kiküszöbölésük után pedig ellenőrizze a környezetveszélyeztetés megszűnését. Végül, egy esetleges üzemzavar környezeti következményeinek megítéléséhez, a lakosságot érintő beavatkozások megalapozásához a környezet sugárzási állapotáról gyorsan, megbízható adatokat szolgáltatasson.

A radioaktív anyagok kibocsátásának, valamint a környezet radioaktív terhelésének ellenőrzése céljából a Paksi Atomerőmű (PAE) egy széleskörűen kiépített üzemi kibocsátás- és környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszert (ÜKSER) üzemeltet. A rendszert egyrészt távmérő hálózatok, másrészt laboratóriumi mintavételes vizsgálatok alkotják.

A telepített kibocsátás és környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszer (KKSER) egy szűkebb részét a környezeti A és B típusú levegőmonitoring távmérő állomások hálózata, a G típusú dózisteljesítményt mérő állomások hálózata, a V típusú vízmintavételeket ellátó állomások hálózata továbbá a meteorológiai mérőtorony – röviden környezetellenőrző hálózat – képezi (7. ábra).[76]



7. ábra. A mintavevő és a távmérő állomások elhelyezkedése a Paksi Atomerőmű körül [76]

A környezetellenőrző hálózat érzékelői kerekén 100 különböző sugárzási és meteorológiai paraméterről szolgáltatnak folyamatosan, 10 perces mérési időciklusokban információt. A távmérő állomások aktív és passzív mintavevő egységekkel is fel vannak szerelve, melyek folyamatos mintavételt végeznek a különböző környezeti közegekből laboratóriumi vizsgálatok céljára.

## ÖSSZEGZÉS

Közleményünkben részletes irodalmi értékelő áttekintést adtunk a sugárvédelmi eljárások és műszerek fontosabb hazai kutatási-fejlesztési és innovációs eredményeiről, különösen a nukleárisbaleset-elhárítás érdekében.

Az adott témakörben a katonai műszaki tudományos szemléletnek megfelelően feltétlenül foglalkoznunk kell a lakossági sugárvédelem mellett, az annak a biztosítása érdekében tevékenykedő, első beavatkozó állomány megfelelő védelméről is. Nevezetesen a mentő egységek, a Magyar Honvédség, a Katasztrófavédelem, a mentők, a rendészeti személyzet megfelelő sugárvédelme rendkívül fontos feladat. Ezekre a feladatokra kiválóan alkalmasnak bizonyultak az itt bemutatott hazai fejlesztésű eszköz- és eljárási rendszerek.

A következőkben felsorolt korszerű új mérési eljárások kerültek kifejlesztésre:

- a maghasadás radioaktív (hasadási) termékeinek kormeghatározására,
- a béta-sugárzó radionuklidokkal kontaminált felületi szennyezettség és (térfogati) radioaktív koncentráció egyszerű, gyors meghatározására,
- az intenzív gamma-háttérsugárzásban történő béta-sugárzás mérése során a jel/zaj viszony javítására energiakompenzációs módszerrel,



- univerzális radioaktív sugázmérő műszer GM-csövek méréshatárának kiterjesztésére, ahol a 10 anódos GM-csövet használva kapcsolt anódokkal, és impulzusüzemű algoritmussal egyetlen detektor 8-9 nagyságrendet fog át szinte lineárisan,
- terepszakaszok sugárszintjének földi felderítése,
- légi ABV felderítő rendszerek.

A hazai feltalálók alkotásait szabadalmi oltalomban részesítették. Tudományos közlemények és PhD értekezések is születtek belőlük a katonai műszaki tudományok tudományágban.

Az eljárásokat jelentősen továbbfejlesztették, növelték a mérési pontosságot, és intelligens mérőrendszereket fejlesztettek ki, amelyeknél a mérési adatok kiértékelése térinformatikai platformon történik.

A sugárvédelmi mérőműszereket és rendszereket a Gamma Műszaki Zrt. napjainkban is sorozatban gyártja, és kiterjedten értékesíti itthon és a világ számos országában.

A Paksi Atomerőmű környezetellenőrzési eljárásainak és eszközeinek a fejlesztése a lakosság sugárvédelmének egyre megbízhatóbb megvalósítását szolgálják.

Összegezten kimondhatjuk, hogy a hazai sugárvédelem eljárás- és eszközrendszere világszínvonalon működik. Ezt tanúsítják a rendszeres NAÜ és a Nukleáris Üzemeltetők Világszövetsége<sup>3</sup> által végrehajtott nemzetközi ellenőrzések is.

Új távlatokat nyit meg a légi távérzékelési rendszerek (hiperspektrális, termális, LiDAR) felhasználása a talaj radioaktivitásának feltérképezésére, egyben a remediáció alakulásának a szakaszos nyomon követésére több, a kontaminált terület fölött, egymást követően eltérő időben végrehajtott pásztázó repüléssel. Ezek a légi távérzékelési rendszerek, mint alternatív technológiák, a jövőben alkalmasak lehetnek a nukleáris létesítmények leszerelését követően a környezeti remediáció felmérésére gyors és átfogó módon, továbbá a változások időszakos nyomon követésére.

További kutatások-fejlesztések szükségesek a legújabb lehetőségek feltárására – mind a műszaki megoldások, mind pedig a jogi szabályozás ésszerű korszerűsítése terén egyaránt.

## Felhasznált irodalom

- [1] Csurgai J., Sebestyén Zs.; Nukleáris létesítmények telephely-vizsgálatának és radiológiai értékelésének módszertana korszerűsítési lehetőségének kutatása-fejlesztése; Hadmérnök; XI. Évfolyam 3. szám; pp 44-56.; 2016. szeptember
- [2] 2015. évi VII. törvény a Paksi Atomerőmű kapacitásának fenntartásával kapcsolatos beruházásról, valamint az ezzel kapcsolatos egyes törvények módosításáról
- [3] Az 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról
- [4] A Tanács 2013/59/EURATOM irányelve az ionizáló sugárzás okozta sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról, valamint a 89/618/Euratom, a 90/641/Euratom, a 96/29/Euratom, a 97/43/Euratom és a 2003/122/Euratom irányelv hatályon kívül helyezéséről
- [5] International Atomic Energy Agency, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards; General Safety Requirements Part 3; No. GSR Part 3, IAEA, Vienna (2014).
- [6] 118/2011.(VII. 11.) Korm. rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről

<sup>3</sup> World Association of Nuclear Operators, WANO

- [7] Nukleáris Biztonsági Szabályzatok
1. melléklet: Nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági hatósági eljárásai
  2. melléklet: Nukleáris létesítmények irányítási rendszerei
  3. melléklet: Üzemelő atomerőművek tervezési követelményei
  - 3a. melléklet: Új atomerőművi blokkok tervezési követelményei
  4. melléklet: Atomerőművek üzemeltetése
  5. melléklet: Kutatóreaktorok tervezése és üzemeltetése
  6. melléklet: Kiegészítő nukleáris üzemanyag átmeneti tárolása
  7. melléklet: Nukleáris létesítmények telephelyének vizsgálata és értékelése
  8. melléklet: Nukleáris létesítmények megszüntetése
  9. melléklet: Új nukleáris létesítmény tervezési és létesítési időszakára vonatkozó követelmények
  10. melléklet: Nukleáris Biztonsági Szabályzatok meghatározásai
- [8] 155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tároló létesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről
- [9] 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről
- [10] 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról
- [11] 489/2015. (XII.30.) Korm. rendelet a lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezően mérendő mennyiségek köréről
- [12] 490/2015. (XII.30.) Korm. rendelet a hiányzó, a talált, valamint a lefoglalt nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos bejelentésekről és intézkedésekről, továbbá a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos egyéb bejelentést követő intézkedésekről
- [13] 112/2011.(VII. 4.) Korm. rendelet az Országos Atomenergia Hivatal nukleáris energiával kapcsolatos európai uniós, valamint nemzetközi kötelezettségével összefüggő feladatköréről, az Országos Atomenergia Hivatal hatósági eljárásaiban közreműködő szakhatóságok kijelöléséről, a kiszabható bírság mértékéről, valamint az Országos Atomenergia Hivatal munkáját segítő tudományos tanácsról
- [14] 2004. évi CXL. törvény a közigazgatási hatósági eljárás és szolgáltatás általános szabályairól
- [15] 246/2011.(XI. 24.) Korm. rendelet a nukleáris létesítmény és a radioaktív hulladék-tároló biztonsági övezetéről
- [16] 247/2011.(XI. 25.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében eljáró független műszaki szakértőről
- [17] 167/2010.(V. 11.) Korm. rendelet az országos nukleárisbaleset-elhárítási rendszerről
- [18] 146/2014 (V.5.) Korm. rendelet a felvonókról, a mozgólépcsőkről és a mozgójárdákról
- [19] 215/2013. (VI. 21.) Korm. rendelet a radioaktív hulladékokkal és a kiegészítő üzemanyaggal kapcsolatos egyes feladatokat ellátó szerv kijelöléséről, tevékenységéről és annak pénzügyi forrásairól
- [20] 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről

- [21] 5/2015. (II. 27.) BM rendelet az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos sajátos tűzvédelmi követelményekről és a hatóságok tevékenysége során azok érvényesítésének módjáról
- [22] 55/2012. (IX. 17.) NFM rendelet a nukleáris létesítményben foglalkoztatott munkavállalók speciális szakmai képzéséről, továbbképzéséről és az atomenergia alkalmazásával összefüggő tevékenységek folytatására jogosultak köréről
- [23] 108/2001. (XII. 23.) FVM-GM rendelet a felvonók biztonsági követelményeiről és megfeleléségének tanúsításáról
- [24] 165/2003. (X. 18.) Korm. rendelet a nukleáris és radiológiai veszélyhelyzet esetén végzett lakossági tájékoztatás rendjéről
- [25] 4/2016. (III. 5.) NFM rendelet az Országos Atomenergia Hivatal egyes közigazgatási eljárásaiért és igazgatási jellegű szolgáltatásaiért fizetendő díjakról
- [26] 31/2001. (X. 3.) EüM rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során ionizáló sugárzásnak kitett személyek egészségének védelméről
- [27] 47/2003. (VIII. 8.) ESzCsM rendelet a radioaktív hulladékok átmeneti tárolásának és végleges elhelyezésének egyes kérdéseiről, valamint az ipari tevékenységek során bedúsuló, a természetben előforduló radioaktív anyagok sugár-egészségügyi kérdéseiről
- [28] 1987. évi 8. tvr. a nukleáris anyagok fizikai védelméről szóló egyezmény kihirdetéséről
- [29] 2007. évi XX. törvény a nukleáris terrorcselekmények visszaszorításáról szóló nemzetközi Egyezmény kihirdetéséről
- [30] 2008. évi LXII. törvény a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) keretében 1979-ben elfogadott, és az 1987. évi 8. törvényerejű rendelettel kihirdetett nukleáris anyagok fizikai védelméről szóló Egyezménynek a NAÜ által szervezett diplomáciai konferencia keretében, 2005. július 8-án aláírt módosítása kihirdetéséről
- [31] 1997. évi CLIX. törvény a fegyveres biztonsági őrsegről, a természetvédelmi és a mezei őrszolgálatról
- [32] 190/2011.(IX. 19.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről
- [33] 47/2012.(X. 4.) BM rendelet az atomenergia alkalmazásával összefüggő rendőrségi feladatokról
- [34] 7/2007(III.6.) IRM rendelet a nukleáris anyagok nyilvántartásának és ellenőrzésének szabályairól
- [35] 11/2010.(III. 4.) KHEM rendelet a radioaktív anyagok nyilvántartásának és ellenőrzésének rendjéről, valamint a kapcsolódó adatszolgáltatásról
- [36] A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség nukleáris védettségre vonatkozó ajánlásai (Nuclear Security Series Publications)
- [37] 213/2013. (VI. 21.) Korm. rendelet a Központi Nukleáris Pénzügyi Alap Szakbizottságról
- [38] 214/2013. (VI. 21.) Korm. rendelet a Központi Nukleáris Pénzügyi Alapból az ellenőrzési és információs célú önkormányzati társulásoknak nyújtott támogatások szabályairól

- [39] Solymosi J, Tömör J, Gaál L: Eljárás és berendezés atomrobbantások radioaktív termékei által az élő szervezetre gyakorolt sugárveszély mértékének a termékek életkora alapján történő értékelésére Lajstromszám: 177 623.
- [40] J Solymosi, P Zagyvai, L Gy Nagy: Dosimetric measurement of the disintegration rate of fission products Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry - Articles 162:(1) pp. 187-198. (1992)
- [41] J Csurgai, Á Vincze, J Solymosi, P Zagyvai; Application of an iterative method for dose prognosis of fission products with unknown composition; ACADEMIC AND APPLIED RESEARCH IN MILITARY SCIENCE 2:(1) pp. 59-64. (2003)
- [42] Csurgai J.: A Magyar Honvédségben alkalmazott sugárhelyzet prognosztizálási és értékelési eljárások továbbfejlesztése számítógépes megvalósítással; HADITECHNIKA 34:(1) pp. 6-12. (2000)
- [43] Csurgai J.: Nukleárisbaleset-elhárítás és vegyi katasztrófák összefüggésrendszerének tudományos vizsgálata: doktori (PhD) értekezés, Doktori (PhD) értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest 2003. <http://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/handle/11410/9508> (2015.09.10.)
- [44] Solymosi J, Baumler E, Gresits I, Gujgiczer Á, Németh F, Nagy L Gy, Horváth L, Sarkadi A: Eljárás és kapcsolódási elrendezés radioaktív felületi szennyeződés mérésére. Lajstromszám: 201 162.
- [45] Solymosi J, Bäumlér E, Nagy L Gy, Gresits I, Gujgiczer Á, Sarkadi A, Körösi S, Dorogi L, Vodicska M: Eljárás és berendezés béta-sugárzó izotópo(ka)t tartalmazó minta aktivitásának mérésére nagy intenzitású gamma-sugárzási háttérben Magyar Szabadalom 200 001 (1990)
- [46] Solymosi J, Zagyvai P, Nagy L Gy: Determination of the radioactive bulk and surface concentration by beta detection I. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 209:(1) pp. 3-14. (1996)
- [47] Solymosi J, Zagyvai P, Nagy L Gy: Determination of the radioactive bulk and surface concentration by beta detection II. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 209:(1) pp. 15-26. (1996)
- [48] Solymosi J, Zagyvai P, Nagy L Gy: Determination of the radioactive bulk and surface concentration by beta detection III. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 209:(1) pp. 27-39. (1996)
- [49] Baumler E., Erdős K., Pintér I., Sarkadi A., Gujgiczer Á., Solymosi J., Németh F., Nagy L., Plachtovics Gy., Illés Zs., Szabó E.: Univerzális radioaktív sugármérő műszer és eljárás, valamint rendszertechnikai elrendezés a méréshatárának kiterjesztésére Lajstromszám: 224 502.
- [50] Solymosi J, Baumler E, Sarkadi A, Gujgiczer Á, Pintér I, Vincze Á: Wide range universal radiation measuring instrument. Academic and Applied Research in Military Science 1:(1) pp. 133-144. (2002)  
<http://zmne.hu/aarms/docs/Volume1/Issue1/pdf/10soly.pdf> (2016. 08. 03.)
- [51] Baumler E., Sarkadi A., Erdős K., Solymosi J., Gujgiczer Á., Illés Zs., Simoncsis L., Plachtovics Gy.: Magsugárzás-detektorok méréshatárának kiterjesztése MAGYAR KÉMIAI FOLYÓIRAT 103:(9) pp. 462-469. (1997)
- [52] Solymosi J., Nagy L., Zagyvai P., Gresits I., Gujgiczer Á., Vajda N., Dorogi L., Vodicska M., Takács M.: Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy

többkomponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének földi felderítésére  
Magyar Szabadalom Lajstromszám: 198 798

- [53] Pintér I: A járműfedélzeti sugárszintmérés elvei és gyakorlati megvalósításuk harctevékenység illetve nukleáris baleset-elhárítás során, Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2002. Link: <http://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/9866/Teljes%20sz%C3%B6veg!?sequence=1&isAllowed=y> (letöltve: 2015.09.10.)
- [54] Solymosi J, Bäumlér E, Nagy L Gy, Zagyvai P, Gresits I, Gujgiczér Á, Dorogi L, Takács M, Vajda N, Vodicska M: Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy több komponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének légi felderítésére Magyar Szabadalom Lajstromszám: 201 161 (1990)
- [55] Solymosi József: Korszerű sugárvédelmi mérőrendszerek I.-II. – Haditechnika 1994/2, 1994/3. sz.
- [56] Zelenák J., Csurgai J., Halász L., Solymosi J., Vincze Á.; A légi sugárfelderítés képességei alkalmazhatóságának vizsgálata elveszett vagy elloptott sugárforrások felkutatása, illetve szennyezett terepszakaszok felderítése során; HADMÉRNÖK 4:(1) pp. 46-62. (2009) [http://hadmernok.hu/2009\\_1\\_zelenak.pdf](http://hadmernok.hu/2009_1_zelenak.pdf) 2016. 08. 03.
- [57] Erdős J., Pintér I., Solymosi J.: Magyar ABV védelmi technikai almanach Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest 2003. 285 p.
- [58] Gamma Műszaki Zrt., Termékek, Sugárzásmérő műszerek; <http://www.gammatech.hu/?mnuGrp=mnuProducts&module=products&lang=hun&group=sugarzasmero&menupath=sugarzasmero-&csoport=Sug%C3%A1rz%C3%A1sm%C3%A9r%C5%91%20m%C5%B1szerek> 2016. 08. 03.
- [59] Csurgai J, Zelenák J, Lajos T, Goricsán I, Halász L, Vincze Á, Solymosi J; Numerical simulation of transmission of NBC materials; ACADEMIC AND APPLIED RESEARCH IN MILITARY SCIENCE 5:(3) pp. 417-434. (2006)
- [60] Á Csécs, J Csurgai, J M Suda, G Kristóf, I Pintér, J Zelenák; ABV (NBC) anyagok épületen belül történő terjedésének numerikus szimulációja és modellkísérlete BOLDYAI SZEMLE 13:(3) pp. 1416-1443. (2004)
- [61] Kiss E., Sáfrány G., Solymosi J.; A sugárérzékenység vizsgálatának katasztrófavédelmi jelentősége; HADMÉRNÖK VIII. (4.): pp. 104-112. (2013)
- [62] Á. Vincze, T. Ranga, G. Nagy, O. Zsille, J. Solymosi: Environmental impact assessment of radioactive water pipe leakage at NPP Paks PERIODICA POLYTECHNICA-ELECTRICAL ENGINEERING 53:(2) pp. 87-91. (2009)
- [63] Rónaky J, Macsuga G, Volent G, Csurgai J, Cziva O, Horváth K, Petőfi G, Vincze Á, Zelenák J, Solymosi J: A nukleáris létesítmények katonai terror-fenyegetettségének értékelése I.: A nemzetközi és hazai szabályozás, valamint a gyakorlat áttekintése, Hadmérnök II:(1) pp. 77-85. (2007) Link: [http://www.hadmernok.hu/archivum/2007/1/2007\\_1\\_ronaky.pdf](http://www.hadmernok.hu/archivum/2007/1/2007_1_ronaky.pdf) (letöltve: 2015.09.09.)
- [64] Rónaky J, Petőfi G, Volent G, Macsuga G, Horváth K, Csurgai J, Cziva O, Molnár L, Tóth J, Vincze Á, Zelenák J, Solymosi J: A nukleáris létesítmények katonai terror-fenyegetettségének értékelése II.: A Paksi Atomerőmű katonai terror-

- fenyegetettségének értékelési eljárása, *Hadmérnök II* : (2) pp. 32-49. (2007)  
[http://www.hadmernok.hu/archivum/2007/2/2007\\_2\\_2\\_ronaky.pdf](http://www.hadmernok.hu/archivum/2007/2/2007_2_2_ronaky.pdf) (2015.09.09.)
- [65] K Horváth, J Rónaky, J Solymosi; Determination of the root cause of the serious incident at Paks NPP on 10 April 2003; *ACADEMIC AND APPLIED RESEARCH IN MILITARY SCIENCE* 4:(3) pp. 481-496. (2005)
- [66] Tibor B., Á. Nényei, J. Solymosi; Raditation protection aspects of the accident recovery *ACADEMIC AND APPLIED RESEARCH IN MILITARY SCIENCE* 5:(4) pp. 557-568. (2006)
- [67] Petőfi G., Rónaky J., Solymosi J.: A nukleárisbaleset-elhárítási követelmények fejlődése *HADMÉRNÖK II*:(1) pp. 58-64. (2007)
- [68] Rónaky József, Horváth Kristóf, Szabó Szilárd, Solymosi József; Nukleáris non-proliferáció *HADMÉRNÖK* 1:(3) pp. 4-16. (2006)
- [69] Rónaky J., Solymosi J.; Elemzés a hazai sugárvédelmi, biztosítéki, nukleáris biztonsági, és nukleáris veszélyhelyzeti felkészülési jogkörök egyesítéséről; *HADMÉRNÖK II*:(1) pp. 86-123. (2007)
- [70] Zs. Sebestyén; ID143 Modification of the Hungarian regulatory system related to the oversight transfer; Poster; International Conference on Advancing the Global Implementation of Decommissioning and Environmental Remediation Programmes; Madrid, Spain; 23–27 May 2016; URL.: <http://www-ub.iaea.org/MTC/Meetings/PDFplus/2016/cn238/cn238FinalProgramme.pdf> 201610.14.
- [71] Lucas Grégory, Halász L., Solymosi J.: Exploring the capacities of airborne technology for the disaster assessment, *HADMÉRNÖK* 8: (3) pp. 74-91. (2013)
- [72] Grégory Lucas, Solymosi J., Lénart Cs.: Using hyperspectral imaging in nuclear radiation aerial reconnaissance?, *REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK (1997-TŐL)* 25: (2) pp. 644-656. (2013)
- [67] Lucas Grégory, Lénárt Csaba, Solymosi József: Development and testing of geo-processing models for the automatic generation of remediation plan and navigation data to use in industrial disaster remediation, *INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING (2002-)* XL-3: (W3) pp. 195-201. (2015)
- [73] Lucas Grégory, Solymosi J.: Preliminary study on the detection of radioactivity with airborne remote sensing systems, *HADMÉRNÖK* 10: (3) pp. 137-155. (2015)
- [74] Lucas Grégory, Solymosi József, Lénárt Csaba: Development and testing of geo-processing models for the automatic generation of remediation plan and navigation data to use in industrial disaster remediation, *US OPEN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM JOURNAL* 1: pp. 1-13. pp. 1-13. (2016)
- [75] Bujtás T., Manga L., Nagy G., Solymosi J.: A paksi atomerőmű környezetellenőrző laboratóriuma mintavételi adatbázisának korszerűsítése, *HADMÉRNÖK X.*: (1.) pp. 161-173.
- [76] Bardon J., Daróczy L., Kapás P., Lencsés A., Manga L., Végh G.: Nukleáris Környezetvédelem 2013, pp. 40-42. in: Dr. Bujtás Tibor (szerk.): MVM Paksi Atomerőmű Zrt, Biztonsági Igazgatóság, Sugár- és Környezetvédelmi Főosztály: Sugárvédelmi Tevékenység a Paksi Atomerőműben 2013-ban, (belső kiadvány)