

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**KÖRNYEZETI LAKOSSÁGI SUGÁRVÉDELMI
TEVÉKENYSÉGEK TERVEZÉSE A DÓZISCSÖKKENTÉS ÉS
OPTIMÁLÁS SZEMPONTJÁBÓL**

Készítette:
KATONA TÜNDE

Témavezető: Dr. Kanyár Béla

**KÉSZÜLT A PANNON EGYETEM
KÖRNYEZETTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA KERETÉBEN
A
PANNON EGYETEM RADIOKÉMIA TANSZÉKÉN**

Veszprém, 2006.

BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

A környezeti sugárvédelem tárgya alapvetően a radioaktív sugárzással az embert, a lakosságot érintő egészségkárosító hatás valódi és potenciális meghatározása, megelőzése, illetve mérséklése. Szem előtt tartva az ionizáló sugárzások alkalmazásának előnyeit és káros hatásait, arra kell törekedni, hogy megtaláljuk és fenntartsuk az ésszerűen elérhető legkisebb sugárterhelést, azaz az optimumot.

A sugárvédelmi optimálás konkrét alkalmazása esetén számszerűen meghatározható mennyiségekkel célszerű dolgozni, pl. a beavatkozással elkerülhető sugárterhelést pénzben kifejezni, ahhoz, hogy a beavatkozás hasznát jellemezhesük. Ez képezi a sugárvédelmi optimálás alkalmazásának alapjait, és határozza meg bevezethetőségét a gyakorlatban. Az adott szituáció vizsgálata, értékelése során a költség-haszon elemzés, a dóziselkerüléshez szükséges költségáfordítás, esetenként a személyes kompenzáció mértékét igen sok, és ma még csak bizonytalanul ismert tényező befolyásolja. Ezek között szerepel – az anyagi haszon mellett – az érintett lakosság hozzáállása a magasabb dózissal járó nagyobb egészségkárosító kockázat elviseléséhez, bizalma a szakemberek és közéleti vezetők tájékoztatásában, korábbi tapasztalatok hasonló kérdésekben, stb.

A sugárvédelmi tevékenységek tervezése során az első lépés mindig a meglévő, vagy esetlegesen kialakuló dózis meghatározása minél pontosabban, tehát a tervezések javításának első lépése a *dózis pontos* ill. a korábbinál pontosabb *meghatározása*. Ennek egy eszköze az eddig használt mérési módszerek fejlesztése, a lezajló folyamatok további vizsgálata a már közölt módszerek kritikus szemléletével. A kísérleti módszerek mellett a tervezés másik eszköze a számítógépes modellezés, szimulációs előrejelzés, amivel - a környezetben előforduló kis dóziszárulékok, radioaktív szennyeződések miatt - a mérés számára hozzáférhetetlen mennyiségek is meghatározhatók, hosszú távú prognózisok készíthetők. Az ilyen becslések rendszerint megfigyeléssel, méréssel meghatározott adatokra épülnek. Ha a dózisbecslés megtörtént, következhet az *optimálás*, mint a tervezés következő lépése, hiszen nem az a cél, hogy mindenáron a legkisebbre csökkentsük a sugárterhelés járulékot, hanem az, hogy ésszerűen alacsony szintre redukáljuk.

FELADATOK, ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

- I. A dolgozat egy eljárást vezet be a sugárvédelmi optimálás gyakorlati alkalmazásához szükséges költség-függvény és paramétereinek meghatározására *lakossági* esetre. Ezek: α : az egységnyi kollektív dózis elkerüléséből eredő költségmegtakarítás [$\text{Ft} \cdot (\text{személy} \cdot \text{Sv})^{-1}$] és a : averziós tényező: a nagyobb dózisoktól való idegenkedés mértéke [-]. A paraméterek származtatása, értékeinek meghatározása egy fizetési hajlandóság (WTP) kérdőív segítségével történt. Az eredmények a hazai és nemzetközi összehasonlításban az elsők között szerepelnek és társadalmi hasznosságuk is jelentős lehet.
- II. A lakosságot érő természetes sugárterhelés legnagyobb része a *radon* radioaktív nemesgáztól származik, ezért a lakóterek radon-szintjének meghatározása, csökkentése, illetve optimálása gyakori igény a lakossági sugárvédelmi tevékenységek tervezésében. Hazai jogszabályi korlátozás a radon lakótéri koncentrációjára jelenleg nincs, ennek ellenére indokolt kutatni a

radon-koncentráció csökkentésére alkalmas beavatkozásokat, köztük a beavatkozások költség-haszon elemzését, az optimális viszonyokat. A célkitűzéseim között szerepelt a lakótéri szellőztetés, mint a legegyszerűbb, radontól származó inhalációs dózist csökkentő eljárás vizsgálata, az elhárított inhalációs dózis és a szellőztetéssel járó fűtési költség növekedésének összehasonlításával. Ehhez a költség-függvény általam meghatározott paramétereit használtam fel, a módszer pedig számítógépes szimuláció volt, mellyel a lakótérben kialakuló radon koncentráció viszonyokat modelleztem. A szimulációkhoz a MODELMAKER[®] (Cherwell Scientific Ltd.) programcsomag 4.0 verzióját használtam, amely elsősorban a kompartmentekből felépülő és matematikai formában megfogalmazható modellek használatára alkalmas, rendszerint differenciálegyenletek automatikus megoldása alapján.

III. Célul tűztem ki, hogy újabb módszerekkel, illetve a meglévő módszerek továbbfejlesztésével, javításával a radontól származó inhalációs dózis pontosításához új eszközt adjak, hogy így a sugárzások hatásai elleni védekezés tervezése javíthatóvá váljon. Ezért kísérletileg is vizsgáltam az aeroszolhoz kötött rövid élettartamú leányelemeket: kidolgoztam egy viszonylag egyszerű és olcsó módszert a ²²²Rn rövid életű leányelemeinek (²¹⁸Po, ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi) aeroszol részecskékhez kötődött aktivitásának meghatározására, becslésére. Ezzel az esetek egy részében a radon leányelemeitől származó inhalációs dózis pontosabban becsülhető. Az eljáráshoz az összes-alfa, és összes-béta aktivitás szimultán mérésére alkalmas ZnS/plasztik detektorfejjel ellátott szcintillációs detektort használtam, valamint egy, a mérési görbék dekomponálásra alkalmas időfüggő dinamikus modellt. A módszer jellege eltér a többi ismert módszertől, így tulajdonképpen alternatívát jelent a radon leányelemeinek mérésében, ami néhány esetben jobb választás lehet a többinél.

IV. A munkám során - nemzetközi projekt keretében – jelentkezett olyan igény, hogy a radioaktív hulladéktól kontaminálódott öntözővíz használatából eredő lakossági dóziszárulékot becsüljük, egy ellenőrzött modellel segítségével. A feladat a lerakott radioaktív hulladékból esetlegesen kikerülő hosszú élettartamú radionuklidok (³⁸Cl, ⁷⁹Se, ⁹⁹Tc, ¹²⁹I, ¹³⁵Cs, ²²⁶Ra, ²³⁰Th, ²³¹Pa, ²³⁷Np, ²³⁸U és ²³⁹Pu) által elszennyezett öntözővíz használatából adódó sugárterhelés becslése volt, mint a radioaktív hulladéktól származó lakossági sugárterhelés egy összetevője. A bioszféra transzport folyamatok modellezése, az aktivitáskoncentrációk és sugárterhelések prognosztizálásához használható eljárások során bevezettük és alkalmaztuk a „Referencia Bioszféra” módszert. A környezeti szennyeződések, a belső dózisokat a MODELMAKER[®] szoftverrel, a külső dózisokat pedig a MICROSHIELD szoftver segítségével számoltuk.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK, TÉZISEK

- I. A sugárvédelmi beavatkozások tervezéséhez nemzetközi viszonylatban is elsőként határoztam meg lakossági esetre az optimáláshoz szükséges költség-teljesítmény függvény paramétereit, a fizetési hajlandóságra vonatkozó kérdőív adaptálásával. Az egységnyi elkerülhető dózistól eredő költségmegtakarítás (α_0), és a dózistól való idegenkedés mértékének kifejezésére alkalmas averziós tényező (a) értékei a hazai viszonyok között a következők: [P3]
- $$\alpha_0 = 2,5 \text{ MFt} \cdot (\text{személy} \cdot \text{Sv})^{-1} [0,5-27 \text{ MFt} \cdot (\text{személy} \cdot \text{Sv})^{-1}];$$
- $$a = 2,51 \pm 0,39.$$
- II. Felhasználva a lakosságra vonatkozó sugárvédelmi optimálás paramétereit, költség-haszon elemzések segítségével származtattam a lakóteri radon koncentrációra vonatkozó lakossági cselekvési szintet, mely a hazai viszonyok mellett - nemzetközi ajánlással is egybevágoan - $400 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ -es értéknek adódott. A származtatás során a védelmi beavatkozás (a radon koncentráció csökkentése) intenzív szellőztetéssel történik, mely viszont a fűtési költségek növekedésével jár. A sugárvédelmi optimálás elvével összhangban a minden áron való radon csökkentés erősen növelné a fűtési költséget, s a beavatkozásból eredő haszon kisebb lenne a befektetett költségnél [P2, P7].
- III. Kidolgoztam egy viszonylag egyszerű és költségkímélő módszert a ^{222}Rn rövid életű leányelemeinek (^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi) aeroszol részecskékhez kötődött aktivitásának meghatározására, becslésére. Az eljáráshoz az összes-alfa, és összes-béta aktivitás szimultán mérésére alkalmas ZnS/plasztik szcintillációs detektort használtam, valamint egy a mérési görbék dekomponálásra alkalmas időfüggő dinamikus modellt [P1].
- IV. A bioszféra transzport folyamatok modellezése, az aktivitáskoncentrációk és sugárterhelések prognosztizálásához használható eljárások során bevezettük és alkalmaztuk a Referencia Bioszféra módszert, amely alapján ellenőrzött modellel vettünk részt egy EU kutatási projektben és becsültük a radioaktív hulladék nuklidokkal szennyezett víz használatából eredő dóziszárulékokat, összehasonlítva négy más európai munkacsoport eredményeivel. A vizsgált 10 nuklidnál a domináns besugárzási útvonal az ivóvíz és az öntözött zöldség fogyasztása volt. A bizonytalansági elemzések szerint a talaj megoszlási hányadosa (K_d) lényeges szerepet játszik a hosszúidejű szennyeződés kialakulásában [P4, P5, P6].

AZ ÉRTEKEZÉssel KAPCSOLATOS KÖZLEMÉNYEK ÉS ELŐADÁSOK JEGYZÉKE

KÖZLEMÉNYEK PERIODIKUS KIADVÁNYOKBAN, FOLYÓIRATOKBAN

- P1. T. Katona, B. Kanyár, J. Somlai, Á. Molnár: „Determining ^{222}Rn daughter activities by simultaneous alpha- and beta-counting and modelling”
Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2006 (közlésre elfogadva)
- P2. T. Katona, B. Kanyár, J. Somlai: „Cost assessment of ventilation and averted dose due to radon in dwellings”
Journal of Environmental Radioactivity 79: 223-230; 2005
- P3. T. Katona, B. Kanyár, K. Eged, Z. Kis, Á. Nényei, R. Bodnár: „The monetary value of the averted dose for public exposure assessed by the willingness to pay”
Health Physics 84(5):594-598; 2003
- P4. G. Pröhl, G. Olyslaegers, B. Kanyar, P. Pinedo, U. Bergström, S. Mobbs, K. Eged, T. Katona, I. Simón, U. B. Hallberg, Q. Chen, R. Kowe and T. Zeevaert: „Development and comparison of five site-specific biosphere models for safety assessment of radioactive waste disposal”
Journal of Radiological Protection 25: 343-373; 2005
- P5. G. Olyslaegers, T. Zeevaert, P. Pinedo, I. Simon, G. Pröhl, R. Kowe, Q. Chen, S. Mobbs, U. Bergström, B. Hallberg, T. Katona, K. Eged and B. Kanyar: „A comparative radiological assessment of five European biosphere systems in the context of potential contamination of well water from the hypothetical disposal of radioactive waste”
Journal of Radiological Protection 25: 375-391; 2005
- P6. B. Kanyár, G. Pröhl, U. Bergström, B. Hallberg, S. Mobbs, G. Olyslaegers, P. Pinedo, I. Simon, T. Zeevaert, K. Eged, T. Katona: „Modelling of the radioactive daughter elements in soil to assess radiation impact due to contaminated irrigation water by parents of Pa-231, Ra-226, U-238, Np-237 and Pu-239”
Academic and Applied Research in Military Science, AARMS 3(5): 647-652; 2004
- P7. Kanyár B., Katona T., Somlai J.: „A radonból eredő lakótéri sugárterhelés csökkentésének költségei és a radon cselekvési szint”
Egészségtudomány, 48: 72-80; 2004

Nemzetközi:

- T. Katona, B. Kanyár, V. Jobbágy, N. Kávási, Á. Molnár, K. Imre: „Determination of radon daughter activities of different aerosol fractions by gross-alpha and gross-beta measurements” (*teljes előadás szöveg*) 4th European Conference on Protection against Radon; Prága, 2004
- T. Katona, B. Kanyár: „Cost-benefit of ventilation and averted radon in dwellings” Regional International Radiation Protection Association (IRPA) Congress in Central Europe; Pozsony, 2003
- T. Katona, K. Eged, B. Kanyar, Z. Kis and A. Nenyei: „The monetary value of the averted dose for public exposure” European International Radiation Protection Association (IRPA) Congress; Firenze, 2002

Hazai:

- Katona T., Kanyár B.: „Radon leányelemek kötődése aeroszol részecskékhez: mérés és modellezés” XXX. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam; Keszthely, 2005; *legjobb fiatal előadói díj*
- Katona T., Kanyár B., Somlai J., Kávási N., Jobbágy V.: „Radon leányelemek aktivitásának meghatározása különböző méretfrakciójú aeroszol mintákban összes-alfa és összes-béta típusú mérésekkel” (*teljes előadás szöveg*) A Környezeti Ártalmak és a Légzőrendszer XIV. Országos Konferenciája; Hévíz, 2004
- Katona T., Kanyár B., Kávási N., Jobbágy V., Somlai J., Kovács T.: „Aeroszol részecskékhez kötött radon leányelem aktivitások nuklid-specifikus meghatározása” Őszi Radiokémiai Napok; Eger, 2004
- Katona T., Kanyár B., Kovács T., Kávási N., Jobbágy V.: „Radon-leányelem aktivitások nuklidspecifikus meghatározása az aeroszol minták összes-alfa és -béta típusú mérésekkel” XXIX. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam; Balatonkenese, 2004
- B. Kanyár, G. Pröhl, U. Bergström, B. Hallberg, S. Mobbs, G. Olyslaegers, P. Pinedo, I. Simon, T. Zeevaert, K. Eged, T. Katona: „Modelling of the radioactive daughter elements in soil to assess radiation impact due to contaminated irrigation water by parents of Pa-231, Ra-226, U-238, Np-237 and Pu-239” VII. szimpózium Sugárzástechnika a mezőgazdaságban, élelmiszeriparban és ökológiában; Veszprém, 2003
- Katona T., Kanyár B.: „Radon, szellőztetés és fűtési költség” XXVIII. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam; Mátrafüred, 2003; *legjobb fiatal előadói díj*
- Katona T.: „A sugárdózis elkerüléséből eredő haszon és averzió meghatározása a lakosság körében” XXVI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia; Budapest, 2003
- Kanyár B., Katona T.: „Sugárvédelmi optimalás” Magyar Geofizikusok Egyesületének Mecseki Csoportjának Ankétja; Pécs, 2002
- Katona T., Kanyár B., Eged K., Kis Z., Bodnár R.: „A dózis elkerüléséből eredő haszon és averzió a lakosság körében” XXVII. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam; Mátrafüred, 2002; *legjobb fiatal előadói díj*
- Katona T.: „A lakossági radioaktív sugárzás elleni averziójának meghatározása sugárvédelmi optimaláshoz” VIII. Országos Környezettudományi Diákkonferencia; Veszprém, 2002; *különdíj*
- Katona T.: „A sugárdózis elkerüléséből eredő haszon és averzió meghatározása a lakosság körében” Intézményi Tudományos Diákköri Konferencia; Veszprém, 2001; 2. helyezés