

TÉZISFÜZET

**Nukleáris létesítmények kibocsátásából származó
radionuklidok környezeti migrációjának modellezése, a
kialakuló dózisek számítása**

DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

KÉSZÍTETTE:

Bátor Gergő
okleveles környezetmérnök

TÉMAVEZETŐ

Dr. Kovács Tibor
egyetemi docens

PANNON EGYETEM

VEGYÉSZMÉRNÖKI- ÉS ANYAGTUDOMÁNYOK
DOKTORI ISKOLA



Mérnöki Kar

Bio-, Környezet- és Vegyészmérnöki Kutató-Fejlesztő Központ
Radiokémiai és Radioökológiai Intézeti Tanszék

2024

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	2
CÉLKITŰZÉS	2
KÍSÉRLETI RÉSZ (ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK)	3
A DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI	6
1. Tézis.....	6
2. Tézis.....	6
3. Tézis.....	7
AZ ÉRTEKEZÉS ALAPJÁN KÉPEZŐ TUDOMÁNYOS	
KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE	8
Nemzetközi referált folyóiratban megjelent idegen nyelvű cikkek (4)	8
Konferencia kiadványok (11)	9

BEVEZETÉS

A nukleáris robbantásokból és a nukleáris létesítményekből származó mesterséges radionuklidok – a környezetbe kikerülve – számos útvonalon át érhetik el az emberi szervezetet. A természetes ökoszisztémában történő migráció nyomon követéséhez, szükségünk van úgynevezett terjedési modellekre. A környezetbe kikerült, a bioszféra elemei közötti kölcsönhatások vizsgálatára alkalmazhatóak a tápláléklánci modellek. A terjedés leírására a fizikai-kémiai folyamatok statisztikus jellege, valamint a modellezés során felhasznált paraméterek eltérő konzervativizmusa miatt a modellezés eredményei jelentős mértékű szórással jellemezhetők.

CÉLKITŰZÉS

Munkám célja az elérhető hazai és nemzetközi publikációkban szereplő dózisszámító (tápláléklánci) modellek/ajánlások felülvizsgálata, összehasonlítása.

A számítások során felhasználható paraméterek érzékenységvizsgálata. A helyspecifikus bioakkumulációs faktor(ok) meghatározásához szükséges analitikai módszer kidolgozása, valamint dózisszámító tápláléklánci modell fejlesztése, grafikus szoftverbe illesztése.

KÍSÉRLETI RÉSZ (ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK)

A szakirodalmi összefoglaló részben az eredeti célkitűzéseimhez tartozó szakirodalomban is fellelhető összefüggéseket mutattam be, a kísérleti részben ezeket az ismereteket konkrét probléma megoldására alkalmazva fejtem ki. Munkámnak nem része a légköri terjedés modellezése, a külső sugárterhelés vizsgálata. Elsősorban a táplálékláncból származó emberi szervezetet érő sugárterhelés modellezésére, meghatározására fókuszálok.

A becsléshez használt paraméterek bizonytalanságának hatását a sugárterhelés meghatározása során a lakosság és a környezet védelme érdekében többszörösen túlértékelik. Így szükséges annak vizsgálata, hogy a formulákhoz tartozó paraméterek megváltozása miként befolyásolják az eredményeket. Ezt a paraméterek érzékenységvizsgálatával tudjuk megadni.

Táplálékláncból eredő sugárterhelés meghatározásához szükséges bemenő paraméterek közül összesen 15 db különbözőt azonosítottam, melyekből eltérő értékek lelhetőek fel a hozzáférhető adatbázisokban. Statisztikai (parciális korrelációs vizsgálat és regresszióanalízis) és elemző érzékenységvizsgálati módszerek eredményei alapján megállapítottam, hogy a végeredmény szempontjából nagy befolyással bíró paraméterek a depozíció mértéke (D_e) és a

bioakkumulációs faktorok (F_{t-n} , $F_{n-á}$). Előbbi értékei nedves és száraz kihullás esetén térnek el egy nagyságrenden belül, viszont ennek jó illesztésével megoldható az eltérés kiküszöbölése. A bioakkumulációs faktorok esetén ez már nehezebben megoldható, mert a különféle talaj és növény fajták, valamint állati sokszínűség esetében a helyspecifikus adatok megléte elengedhetetlen, hiszen leginkább ebből fakad a több nagyságrendi eltérés eredete.

Részletesen bemutatom a neutronaktivációs analízis és gamma-spektrometriai mérés technika alkalmazhatóságát stabil cézium és stroncium meghatározására környezeti mintákban (talaj, növény, állati eredetű). A módszer megbízható módon alkalmazható alacsony kimutatási határral, kis mintamennyiséggel (<1g), minimális mintaelőkészítéssel, roncsolásmentes módon.

A disszertációban szereplő eredmények alapján igazoltam, hogy a stabil cézium (^{133}Cs) és stroncium (^{84}Sr) bioakkumulációs faktorai a radiocézium (^{137}Cs) és radiostroncium (^{90}Sr) -ra vonatkozó faktorokkal korrelációt mutatnak, ennek okán a modellszámítások bemenő paramétereként jól alkalmazhatóak.

Az eredményeim alapján elkészített egy könnyen kezelhető platformfüggetlen szoftvert, melybe implementáltam

a táplálékláncból eredő sugárterhelés meghatározását lehetővé tevő modellt. Az általam kidolgozott stabil elem visszamérésén alapuló eljárásnak köszönhetően a helyspecifikus paraméterek becslése a különböző útvonalakon történő radionuklidok esetében elengedhetetlen a lakosság, különösen a nukleáris létesítmények környezetében lévő mezőgazdasági régiók lakosságának hosszú távú radiológiai kockázatának realiztikusabb értékeléséhez.

A DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

1. Tézis

Megvizsgáltam a különböző hazai és nemzetközi ajánlásokban szereplő és szoftverek által alkalmazott dózisszámítási modelleket, összehasonlítottam és felülvizsgáltam a különböző modellszámításokhoz szükséges paramétereiket. Érzékenységvizsgálati módszerek segítségével elemeztem a végeredmény szempontjából jelentős befolyással bíró bemeneti paramétereiket és igazoltam a helyspecifikus bioakkumulációs faktorok jelentőségét.

2. Tézis

A legjelentősebb bemeneti paraméterek (transzfer faktorok) esetében, alacsony kimutatási határral rendelkező vizsgálati eljárást dolgoztam ki (kis mennyiségű minta vizsgálatára Neutron Aktivációs Analízist és gamma-spektrometriai mérés technikát alkalmazva) a stabil elemekre vonatkozóan a helyspecifikus adatok meghatározásához. Egy esetleges baleseti szituációt követően a nukleáris létesítményből kikerülő céziumra és stronciumra vonatkozóan. Igazoltam, hogy a módszer segítségével nem szennyezett, (radioaktív elemet nem

kimutatható mennyiségben tartalmazó terület) területek felmérését is ellehet végezni.

3. Tézis

A nemzetközi ajánlásokban szereplő modelleket felhasználva, valamint különböző baleseti és környezeti tényezőket figyelembe véve, létrehoztam egy grafikus felülettel ellátott platformfüggetlen szoftvert és a hozzá tartozó kódba implementált modellt, melynek segítségével helyspecifikusan modellezhető egy adott baleseti szituációt követően kialakuló táplálékláncból eredő sugárterhelés mértéke. A szoftvert javaslom különböző sugárterheléssel járó események lakossági belső sugárterhelésre gyakorolt hatásának becslésére.

AZ ÉRTEKEZÉS ALAPJÁN KÉPEZŐ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE

Nemzetközi referált folyóiratban megjelent idegen nyelvű cikkek (4)

1. Bátor, G., Bednár, A., Glover, T.J., Kovács, T., Landsberger, S., 2018. **Determination of cesium transfer factors by instrumental neutron activation analysis.** J Environ Radioact 187, 16–21.
2. Brennan, C., Haas, D., Landsberger, S., Artnak, E., Bátor, G., Bednár, A., Kovács, T., 2019. **A feasibility study on the determination of ⁹⁰Sr food-chain transfer using stable strontium as a surrogate and neutron activation analysis.** J Environ Radioact 208–209, 105988.
3. Naofumi, A., Chie, I., Akemi, K., Masahiro, T., Hirofumi, T., Nagayoshi, S., Kimpei, I., Hegedűs, M., Bátor, G., Kovács, T., Hideki, K., 2020. **Low-volume Electrolytic Enrichment for Tritium Measurement Using Improved Solid Polymer Electrolyte System at NIFS and Its Application.** RADIATION ENVIRONMENT AND MEDICINE 9, 93–97.
4. Stojković, I., Todorović, N., Nikolov, J., Krajcar Bronić, I., Bátor, G., Kovács, T., 2019. **Investigation of fast screening LSC method for monitoring ¹⁴C activity in wastewater samples.** Radiat Meas 121, 1–9.

Konferencia kiadványok (11)

1. Kovács, Tibor, Gergő Bátor, Edit Tóth-Bodrogi, Róbert Mészáros, and István Lagzi. 2023. **“Improvements of the Radionuclide Atmospheric Dispersion and Food Chain Model.”** In *ABSTRACTS & SOUVENIR First International Conference on Radiation Awareness and Detection in Natural Environment (RADNET-IV)*.
2. Kovács, Tibor, Gergő Bátor, Zhanat Baigazinov`, Miklós Hegedűs, Anita Csordás, and Edit Tóth-Bodrogi. 2023. **“Selection of the Biomonitoring Sites for the Contaminated Sites.”** In The 10th Educational Symposium on RADIATION AND HEALTH by Young Scientists ESRAH2023 Program&Abstracts, 7–8.
3. Kovács, Tibor, Gergő Bátor, Edit Tóth-Bodrogi, Róbert Mészáros, and István Lagzi. 2022. **“New Possibilities for the Development of the Radionuclide Atmospheric Dispersion Model.”** In Book of Abstracts The 9th Educational Symposium on RADIATION AND HEALTH by Young Scientists (ESRAH2022).
4. A, Bednár, Gergő Bátor, Edit Tóth-Bodrogi, and Tibor Kovács. 2016. **“Radiostrontium Monitoring in the Region of Bakony Mountains.”** In V. Terrestrial Radioisotopes in Environment, Veszprem.

5. A., Bednár, Gergő Bátor, Edit Tóth-Bodrogi, and Tibor Kovács. 2017. **“Determination of Sr-90 Activity Concentration and Strontium/Calcium Ratio in Different Matrices.”** In 4th International Conference on Environmental Radioactivity: Radionuclides as Tracers of Environmental Processes (ENVIRA 2017), 47.
6. Bátor, Gergő, Bednár A., and Tibor Kovács. 2019. **“Variance and Sensitivity Analysis of Food-Chain Models.”** In 5th European IRPA Congress, Book of Abstracts, edited by Smetsers Ronald, 131. Hága: International Radiation Protection Association (IRPA).
7. Bátor, Gergő, Bednár A, Glover T J, Tibor Kovács, and Landsberger S. 2017. **“Determination of Cesium Transfer Factors by Instrumental Neutron Activation Analysis.”** In 7th International Symposium on IN Situ Nuclear Metrology as a Tool for Radioecology - INSINUME 2017, 85.
8. C., Brennan, Haas D., Landsberger S., Gergő Bátor, Bednár A., and Tibor Kovács. 2018. **“The Determination of ⁹⁰Sr Transfer Factors in the Environment Using Stable Strontium as a Surrogate and Neutron Activation Analysis.”** In VI. Terrestrial Radioisotopes in Environment, Veszprem.
9. Katona, Richárd, Krojer A., Gergő Bátor, and Tibor Kovács. 2019. **“Neutron Activation Analysis for Determining the Chlorine Content of Crude Oil.”**

10. Landsberger, Sheldon, N Kaitschuck, Gergő Bátor, and Tibor Kovács. 2023. **“Overview of Neutron Activation Analysis for Environmental Radioactivity Measurements.”** In Book of Abstracts: 7th International Conference on Environmental Radioactivity (ENVIRA 2023).
11. S., Landsberger, Gergő Bátor, and Asper N. 2020. **“On Using Neutron Activation Analysis to Determine ^{235}U , ^{238}U , ^{40}K and ^{232}Th and Monitoring ^{137}Cs and ^{90}Sr Employing Stable Element Surrogates in Various Matrices with Sub-Gram Quantities of Material: A Review.”** In VII. Terrestrial Radioisotopes in Environment, Veszprem.