

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**FELSZÍN ALATTI VIZEKBŐL SZÁRMAZÓ RADON -
GÁZ
A TERMÉSZETES ÉS ÉPÍTETT KÖRNYEZETBEN**

**RADON GAS FROM SUB-SURFACE WATERS IN
NATURAL AND ARTIFICIAL ENVIRONMENTS**

Varga Klára

Témavezető: Dr. Csige István



**DEBRECENI EGYETEM
Fizika Doktori Iskola**

Debrecen, 2011

I. Bevezetés

A természetes és az épített környezetben ki vagyunk téve különféle sugárzásnak, így a radon eredetű sugárzásnak is. Pihenésként, valamint gyógyászati célból megfordulunk gyógyfürdőkben, gyógyüdülőkhöz. Ezek levegője, vize tartalmaz ^{222}Rn -gázt. Ebből adódóan valamennyi sugárterhelés ér bennünket. Ennek becsléséhez nyomon kell követnünk a forrásokból a vízzel együtt kiáramló ^{222}Rn -gáz útját.

Célom, hogy bemutassam a radon gáz mozgását a fürdőlétesítmények víz- és gáztereiben, végigkövetve a radon útját a forrásoktól a kibocsátásokig. Bemutatom a sugárvédelem szempontjából fontosabb besugárzási útvonalakat, és az esetlegesen indokolt beavatkozási lehetőségeket.

Összefoglalom Szabolcs-Szatmár-Bereg-megye és Hajdú-Bihar megye hévízkútjainak össze – alfa - radioaktivitását. Munkámat az ATOMKI Radon Csoportja segítségével végeztem.

Tevékenységet három területre oszthatjuk:

1. Hévizek össz – alfa – radioaktivitásának meghatározása.
2. Vízminták oldott ^{222}Rn aktiváskonzentrációjának meghatározása.
3. Radon gáz útjának vizsgálata a forrásoktól a felhasználásig.

I. Alkalmazott mérési módszerek

1. Hévizek össz – alfa – radioaktivitásának meghatározása.

Munkám során megismerkedtem a szilárdtest-nyomdetektorok alkalmazásával. 31 db. hévízkútból vettem vízmintát Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében és Hajdú-Bihar megyében. Ezeknek a vízmintáknak határoztam meg az össz – alfa – aktivitását.

2. Vízminták oldott radon tartalmának meghatározása.

Az ATOMKI Radon Csoportja által kifejlesztett Radamont-t alkalmaztam a méréseknél. Méréseimet Egerben a Török Fürdőben, a Bárány uszodában, a kórházi épület központi gyógymedencéjében, Miskolctapolcán, Nyíregyházán a Júlia Fürdőben végeztem.

3. Radon gáz útjának vizsgálata a forrásoktól a felhasználásig.

a. - A radon - forrástól a medencéig tartó – útjának vizsgálatát az egri Török fürdőben lévő Török- és Tükör medencék vizében, valamint a medencéket tartalmazó helyiség légterében végeztem.

Modellszámítással és méréssel határoztam meg a medence vizének radontartalmát és a légtér radonkoncentrációját a párolgási sebességet jellemző állandó (k), illetve a helyiség szellőzési gázhozamának (q_{sz}) függvényében.

b. - A Hotel Flóra szálloda fürdőmedencéiben, illetve az ezeket a medencéket tápláló József – forrás vizében oldott ^{222}Rn -aktivitáskoncentráció méréseinél két tárolóból álló kompartment-moddal dolgoztam, amely egy keverőtartályból és a medencéből áll. Szintén modellszámítással

meghatároztam a keverőtartály vizében és a medencék vizeiben a ^{222}Rn aktivitáskoncentrációt. Ezt a számítást a k párolgási sebességet jellemző állandó függvényében végeztem el.

II. Eredmények

1. Hévizek össz – alfa – radioaktivitásának meghatározása.

A megvizsgált 31 db. vízminta össz – alfa - radioaktivitása általában megközelíti a mások által mért értékeket. Nem találtam arányosságot a szárazanyag tartalom és az aktivitás, a hőmérséklet és az aktivitás között. Néhány esetben magasabb volt (Gergelyiugornya, Tiszavasvári, Földes,) az össz - alfa-radioaktivitás, ami újabb mérések végzését indokoltta teheti. A vizek össz - alfa-radioaktivitása nem jelent veszélyt a fürdőzőkre.

[VA-95]: K. Varga, I. Hunyadi, J. Hakl, I. Uzonyi, J. Bacsó: Gross alpha radioactivity and chemical trace element content of thermal waters measured by SSNTD and XRF methods, Radiation Measurements, Vol. 25. Nos 1-4 pp. 577-580, 1995

[VA-02]: Varga K.: Szilárdtest-nyomdetektorok alkalmazása a hévizek alfa- radioaktivitásának meghatározásában Természettudományi Közlemények, Nyíregyházi Főiskola TTFK, 2002.

J. Hakl, I. Hunyadi, I. Csige, J.Somlai, G. Faludi and K. Varga Determination of dissolved radon and radium content of water samples by etch method Environment International, vol. 22, Suppl. 1, pp.S315 – S317, 1996.

2. Vízminták oldott radon tartalmának meghatározása

A Miskolctapolcán és a nyíregyházi Júlia fürdőben lévő medencékben mért radon tartalom jóval kisebb, mint az egri Török fürdő vizében mért értékek. A vizsgált vizek közül a Török fürdő vizei, illetve a Bárány fürdő vizei az igen erősen radioaktív vizek csoportjába tartoznak, Miskolctapolca fürdőmedencéinek vize az erősen radioaktív, míg Nyíregyháza Júlia fürdő medencéinek vize a közepesen erősen radioaktív csoportba sorolható.

A Török fürdő légtérben meghatározott sugárterhelés értéke (1.38 -11.7 mSv/év) kisebbnek adódott, mint a szabvány által előírt érték. Ez azt jelenti, hogy a dolgozók nem dolgoznak sugárveszélyes helyen.

[VA-10]: Varga K.: Szilárdtest-nyomdetektor, mint nyomjelző
Műszaki Tudomány az Észak-alföldi régióban Nemzetközi Konferencia DAB Műszaki Szakbizottsága Konferencia előadásai 2010 Nyíregyháza, május 19. Konferencia kiadvány p. 105-110

ISBN 978-963-7064-24-1, www.mfk.unideb.hu/mszb/muszfuz

3. Radon gáz útjának vizsgálata a forrásoktól a felhasználásig.

a. A Török fürdő kültéri két medencéje a fedett részen lévő Tükör és Török medencék vizeiből táplálkozik. Mérési eredményeim azt mutatták, hogy mindkét külső medencében a vízbelépési helyen a medencék vizének radon tartalma hasonló arányban kisebb, mint az azokat tápláló benti medencék vizének radon tartalma. A csökkenés azzal magyarázható, hogy a kinti medencék vize a betáplálási helyeken is keveredik a medence többi részének vizével.

Méréseimnél és számításaimnál azt tapasztaltam, hogy a vízbetáplálás helyétől kezdve a víz kifolyási helye felé haladva folyamatosan csökken a víz radontartalma. A modellszámítások azt mutatták, hogy ha nő a radon

vízből történő párolgásának sebessége, akkor nő a légtér radon tartalma, ugyanakkor a vízé csökken.

[CSI-05]: Csige I. , Baradács E. , Varga K. : A radon útja. (in Hung.)

A Kárpát-medence ásványvizei. 2. Nemzetközi Tudományos Konferencia. Csíkszereda, Románia, 2005. július 29-31. Szerk.: Serban, V., Lányi Sz., Piebe P. etc. Csíkszereda, Miercurea Ciuc **0** (2005) 37- 42./ ATOMKI ref. code: P18651. **0** citations.

b. A Hotel Flóra szálloda medencéinek vizeiben végzett méréseknél azt tapasztaltam, hogy a medencét tápláló József forrás vizének oldott ^{222}Rn aktivitáskoncentrációja jóval nagyobb, mint a medencék vizének radon tartalma. A kompartment-modellre elvégzett modellszámítások és mérési eredmények alapján azt kaptam, hogy ha a radon vízből történő párolgásának sebessége 2.5 cm/h, akkor a mért és számított radonkoncentrációk megegyeznek a medencékre és a keverőtartályra vonatkozóan.

A modellszámításoknál kapcsolatot kerestem a József-forrásból való vízbetáplálás és a ^{222}Rn aktivitáskoncentrációk között. Itt arra a következtetésre jutottam, hogy ha növeljük a vízbetáplálás mértékét, akkor növekszik a medencék és a keverőtartály radon tartalma, és mindkettő megközelíti a József forrás vizének radon tartalmát.

Az alkalmazott modellszámítások eddig még mások által nem ismertek. Jóságát bizonyítja, hogy a számított és a mért radonkoncentrációk azonosak. Segítségével meghatározható az a betáplálási vízhozam, amely ahhoz szükséges, hogy a medence vizének radontartalma elérje a 37 kBqm⁻³ értéket. Ez az a határérték, amely ahhoz szükséges, hogy a vizet termálvízzé lehessen minősíteni.

[CSI-06].: Csige I. , Lénárt L. , Hakl J. , Baradács E. , Hunyadi I., Szerbin P, Vaupotic J., Varga K. : A ^{222}Rn -gáz

útjának nyomon követése a forrásoktól a külső környezetbe való kibocsátásig gyógyfürdőben.

Környezettudományi Konferencia közleményei. Kolozsvár, Románia, 2006. március 17-18. Szerk.: Mócsi I., Néda T. Kolozsvár, Scientia Kiadó, 2006 275-281./0.000⁰;N ATOMKI ref. code: P19917. 0 citations.

Megjelent fontosabb publikációk

1. J. Hakl, I. Hunyadi, K. Varga and I. Csige:
Determination of Radon and Radium Content of
Water Samples by SSNTD Technique
Radiation Measurements, Vol.25. Nos 1-4, pp.657-
658, 1995

2. K. Varga, I. Hunyadi, J. Hakl, I. Uzonyi, J.
Bacsó:
Gross alpha radioactivity and chemical trace element
content of thermal waters measured by SSNTD and
XRF methods
Radiation Measurements, Vol.25. Nos 1-4, pp.577-
580, 1995

3. J. Hakl, I. Hunyadi, I. Csige, J.Somlai, G.
Faludi and K. Varga:
Determination of dissolved radon and radium content
of water samples by etch method
Environment International, vol. 22, Suppl. 1, pp.S315
– S317, 1996.

Közlemények, konferencia kiadványok

1. Varga Klára:
A Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei termálvizek össz-alfa
radioaktivitásának és oldott Ra-tartalmának mérése
*Természettudományi Közlemények, Nyíregyházi Főiskola
TTFK, 2002.*

2. Varga Klára:

Szilárdtest-nyomdetektorok alkalmazása a hévizek alfa-radioaktivitásának meghatározásában

Természettudományi Közlemények, Nyíregyházi Főiskola TTFK, 2002.

3. Csige I. , Baradács E. , Varga K. : A radon útja

A Kárpát-medence ísványvizei. 2. Nemzetközi Tudományos Konferencia. Csíkszereda, Románia, 2005. július 29-31. Szerk.: Serban, V., Lányi Sz., Piebe P. etc. Csíkszereda, Miercurea Ciuc 0 (2005)37-42./ 0.000⁰ ATOMKI ref. code: P18651. 0 citations.

4. Csige I. , Lénárt L., Hakl J. , Baradács E. , Hunyadi I. Szerbin P., Vaupotic J., Varga K. :

A ²²²Rn-gáz útjának nyomon követése a forrásoktól a külső környezetbe való kibocsátásig gyógyfürdőben. Környezettudományi Konferencia közleményei. Kolozsvár, Románia, 2006. március 17-18. Szerk.: Mócsi I., Nédá T. Kolozsvár, Scientia Kiadó 0 (2006)275-281./ 0.000⁰;N ATOMKI ref. code: P19917. 0 citations.

5. Varga Klára

Szilárdtest-nyomdetektor, mint nyomjelző

Műszaki Tudomány az Észak-alföldi régióban Nemzetközi Konferencia DAB Műszaki Szakbizottsága Konferencia előadásai 2010 Nyíregyháza, május 19. Konferencia kiadvány p. 105-110, ISBN 978-963-7064-24-1, www.mfk.unideb.hu/mszb/muszfuz

I. Introduction

Both in our natural and artificial environments we receive radiation from various sources, including radon and its daughter elements. We visit thermal baths and medical resorts both for recreational and medical purposes. The air and water in those places contains ^{222}Rn gas, and we receive a certain dose of radiation from it. To estimate this dose, we have to track the path the ^{222}Rn gas takes after it surfaces from a spring along with the water.

My goal was to demonstrate the movement of radon in the water- and gas volumes of bath facilities from the origin to the end. I point out the radiation paths which are the most important from the point of view of radiation protection and also potential intervention possibilities.

I summarized the total alpha radioactivity of the hot springs in Szabolcs-Szatmár-Bereg and Hajdú-Bihar counties. I performed my work as part of the Radon Working Group of ATOMKI, Debrecen, Hungary.

My work can be divided into 3 areas:

1. Determination of the total alpha radioactivity of thermal waters
2. Determination of the dissolved ^{222}Rn content of water samples
3. Study of the path of radon from origin to its utilization

II. Experimental methodology

1. Determination of the total alpha radioactivity of thermal waters

During the course of my work I learned the use of solid state nuclear track detectors. I took a water sample from 31 hot springs in Szabolcs-Szatmár-Bereg and Hajdú-Bihar counties and determined their total alpha radioactivity.

2. Determination of the dissolved ^{222}Rn content of water samples

For the measurements I used the Radamon radon monitor developed by the Radon Working Group in ATOMKI, Debrecen. I performed the measurements in the Turkish Bath, in the Bárány Bath, at the central thermal pool of the hospital building next to the Turkish Bath in Eger, in the Júlia Bath in Nyíregyháza, and in Miskolctapolca.

3. Study of the path of radon from origin to its utilization

a. – I studied the path of radon from its spring to the pools in the waters of the “Török” and “Tükör” pools in the Turkish Bath in Eger and in the air around the pools.

Using a model calculation and my measurements I determined the radon content of the water in the pool and that of the air as a function of the constant k characterizing the evaporation rate and the gas yield q_{sz} of the ventilation system.

b. – For my measurements concerning the waters of the pools of Hotel Flóra and the József Spring feeding them, I used a 2-stage compartment model consisting of a mixing

tank and the pools to evaluate the dissolved ^{222}Rn activity concentration. This calculation was performed as the function of the constant k characterizing evaporation rate.

III. Results

1. Determination of the total alpha radioactivity of thermal waters

The total alpha radioactivity of the studied 31 water samples is usually close to the values measured by others. When evaluating my measurements I didn't see any proportionality between dry matter content and activity and temperature and activity, respectively. In a few cases (Gergelyugornya, Tiszavasvári, Földes) the total alpha radioactivity was higher, which may make further measurements justified. The total alpha radioactivity of waters does not pose a danger to bathers.

[VA-95]: K. Varga, I. Hunyadi, J. Hakl, I. Uzonyi, J. Bacsó: Gross alpha radioactivity and chemical trace element content of thermal waters measured by SSNTD and XRF methods, Radiation Measurements, Vol. 25. Nos 1-4 pp. 577-580, 1995

[VA-02]: Varga K.: Szilárdtest-nyomdetektorok alkalmazása a hévizek alfa- radioaktivitásának meghatározásában Természettudományi Közlemények, Nyíregyházi Főiskola TTFK, 2002.

J. Hakl, I. Hunyadi, I. Csige, J.Somlai, G. Faludi and K. Varga
Determination of dissolved radon and radium content of water samples by etch method
Environment International, vol. 22, Suppl. 1, pp.S315 – S317, 1996.

2. Determination of the dissolved ^{222}Rn content of water samples

The radon content in the waters in Miskolctapolca and the Júlia Bath in Nyíregyháza is much smaller than that in the Turkish Bath in Eger. Out of the studied samples, the waters of the Turkish Bath and the Bárány Bath can be regarded as very intensely radioactive, those from Miskolctapolca as intensely radioactive, while those from the Júlia Bath in Nyíregyháza as moderately radioactive.

The annual dose (1.38 – 11.7 mSv/a) determined for the air in the Turkish Bath is smaller than the allowed limit, which means that the employees do not work in a radiation-hazardous environment.

[VA-10]: Varga K.: Szilárdtest-nyomdetektor, mint nyomjelző
Műszaki Tudomány az Észak-alföldi régióban Nemzetközi
Konferencia DAB Műszaki Szakbizottsága Konferencia
előadásai 2010 Nyíregyháza, május 19. Konferencia kiadvány
p. 105-110

ISBN 978-963-7064-24-1, www.mfk.unideb.hu/mszb/muszfuz

3. Study of the path of radon from origin to its utilization

a. The two outdoor pools of the Turkish Bath are fed from the indoor pools “Tükör” and “Török”. According to my measurements the radon content of both outdoor pools at the feed-in point is smaller by a similar amount than that of the indoor pools feeding them. The reason for the decrease is that the water coming from the indoor pools is mixing with the water already in the pool at the feed-in points too.

According to my measurements and calculations, the radon content continuously decreases from the water feed-in point to the outflow point. Model calculations show that if the radon

emission rate from water increases, the radon content of air increases, while that of water decreases.

[CSI-05]: Csige I. , Baradács E. , Varga K. : A radon útja. (in Hung.)

A Kárpát-medence ásványvizei. 2. Nemzetközi Tudományos Konferencia. Csíkszereda, Románia, 2005. július 29-31. Szerk.: Serban, V., Lányi Sz., Piebe P. etc. Csíkszereda, Miercurea Ciuc 0 (2005) 37- 42./ ATOMKI ref. code: P18651. 0 citations.

b. My measurements at the pools of Hotel Flóra indicated that the dissolved ^{222}Rn activity concentration of the water in the pools is much smaller than that of the József Spring feeding them. Based on calculations with the Compartment Model and the measurement results I deduced that if the rate of emission of radon from the water is 2.5 cm/h, the measured and calculated radon concentrations are in agreement for the pools and the mixing tank.

I tried to find a relationship between the feed-in rate from the József Spring and the ^{222}Rn activity concentrations using model calculations. I concluded that increasing the feed-in rate also increases the radon content of both the mixing tank and the pools, and their radon content will approach that of the spring.

The model calculation that I used had not been previously mentioned in the literature. Its fitness for the purpose is testified by the agreement between the calculated and the measured activity concentrations. The model enables us to calculate the required feed-in rate for the water in the pools to be considered medicinal water, for which the radon activity concentration of the water needs to exceed 37 kBq m^{-3} .

[CSI-06].: Csige I. , Lénárt L. , Hakl J. , Baradács E. , Hunyadi I., Szerbin P, Vaupotic J., Varga K. : A ^{222}Rn -gáz útjának nyomon követése a forrásoktól a külső környezetbe való kibocsátásig gyógyfürdőben.

Környezettudományi Konferencia közleményei. Kolozsvár, Románia, 2006. március 17-18. Szerk.: Mócsi I., Néda T. Kolozsvár, Scientia Kiadó, 2006 275-281./0.000⁰;N
ATOMKI ref. code: P19917. 0 citations.

Important publications:

1. J. Hakl, I. Hunyadi, K. Varga and I. Csige
Determination of Radon and Radium Content of
Water Samples by SSNTD Technique
Radiation Measurements, Vol.25. Nos 1-4, pp.657-
658, 1995

2. K. Varga, I. Hunyadi, J. Hakl, I. Uzonyi, J.
Bacsó
Gross alpha radioactivity and chemical trace element
content of thermal waters measured by SSNTD and
XRF methods
Radiation Measurements, Vol.25. Nos 1-4, pp.577-
580, 1995

3. J. Hakl, I. Hunyadi, I. Csige, J.Somlai, G.
Faludi and K. Varga
Determination of dissolved radon and radium content
of water samples by etch method
Environment International, vol. 22, Suppl. 1, pp.S315
– S317, 1996.

Other papers and conference proceedings:

1. Varga Klára
A Szabolcs-Szatmár Bereg megyei termálvizek össz-alfa
radioaktivitásának és oldott Ra-tartalmának mérése
*Természettudományi Közlemények, Nyíregyházi Főiskola
TTFK, 2002.*

2. Varga Klára

Szilárdtest-nyomdetektorok alkalmazása a hévizek alfa-radioaktivitásának meghatározásában

Természettudományi Közlemények, Nyíregyházi Főiskola TTFK, 2002.

3. Csige I., Baradács E., Varga K.: A radon útja. (in Hung.)

A Kárpát-medence I'sványvizei. 2. Nemzetközi Tudományos Konferencia. Csíkszereda, Románia, 2005. július 29-31. Szerk.: Serban, V., Lányi Sz., Piebe P. etc. Csíkszereda, Miercurea Ciuc 0 (2005)37-42./ 0.000⁰ ATOMKI ref. code: P18651. 0 citations.

4. Csige I., Lénárt L., Hakl J., Baradács E., Hunyadi I. Szerbin P., Vaupotic J., Varga K.:

A 222Rn-gáz útjának nyomon követése a forrásoktól a külső környezetbe való kibocsátásig gyógyfürdőben. Környezettudományi Konferencia közleményei. Kolozsvár, Románia, 2006. március 17-18. Szerk.: Mócsi I., Nédá T. Kolozsvár, Scientia Kiadó 0 (2006)275-281./ 0.000⁰;N ATOMKI ref. code: P19917. 0 citations.

5. Varga Klára

Szilárdtest-nyomdetektor, mint nyomjelző
Műszaki Tudomány az Észak-alföldi régióban
Nemzetközi Konferencia DAB Műszaki Szakbizottsága
Konferencia előadásai 2010 Nyíregyháza, május 19.
Konferencia kiadvány p. 105-110 ISBN978-963-7064-24-1, www.mfk.unideb.hu/mszb/muszfuz