

EGRI FORRÁSVIZEK RADIUMEMANÁCIÓ TARTALMÁNAK VIZSGÁLATA NYOMDETEKTORRAL*

HIDAS I KÁROLY

(Közlésre érkezett: 1978. december 30.)

Bevezetés

Az emberiség a világ kezdete óta ki van téve a radioaktív sugarak hatásának. Ez a sugárzás a világűrben, a Földön és az élőlényekben előforduló természetes radioaktív anyagok sugárzásából tevődik össze. A mesterséges sugárzó anyagok megjelenésével és gyakorlati felhasználásával az eredeti háttérsugárzás emelkedése várható. A természetes háttérsugárzás komponensét a világ kezdete óta jelenlevő természetes radioaktív anyagok sugárzása adja. A Földön legnagyobb mennyiségben a *thorium*, az *urán* és a ^{40}K fordulnak elő. 1 km² földkéreg felső 30 cm-es talajrétegében mintegy 7 t *thorium*, 3,5 t *urán* és 1,2 t ^{40}K található, kb. 20 Ci összaktivitásban.

A kőzetek természetes sugárzóanyag-tartalmát a bennük tárolt víz kioldja. A vizek természetes aktivitását előidéző radioaktív elemek aktinium, urán és thorium sorba tartoznak. Az aktinium sor tagjai a vizek radioaktivitásának előidézésében nem játszanak lényeges szerepet, hasonlóképpen a természetben előforduló ^{238}U és a ^{234}U sem. Ellenben az uránsor egyik tagja, az α -sugárzó ^{226}Ra nagymértékben hozzájárulhat a vizek természetes radioaktivitásának növeléséhez. A ^{226}Ra leányeleme a gáz halmazállapotú ^{222}Rn bomlása során három α -sugárzó elemet termel, melyek közül a RaD bír jelentőséggel, mivel felezési ideje 22 év. Gyakorlatilag tehát a vizek természetes aktivitása legnagyobb részben a ^{226}Ra -tól és a ^{222}Rn gőzből származhat. Bizonyos körülmények között ez a két elem radioaktív egyensúlyban van, nem így azonban a mozgó vízben.

Megtörténhetik, hogy igen csekély oldott radiumtartalom mellett egészen magas radonkoncentráció található a vízben. Ennek oka, hogy a föld alatti járatokba, üregekbe feljutott radium tartalmú kőzet törmelékéből származó radongáz a víz felveheti anélkül, hogy a radium tartalmú kőzettel érintkezne.

A két α -sugárzó magában foglalja a mérési módszernek különbözőségét is. A radon mérésének módja a gáztalanítási eljárással történik. Az egr i forr ásvizek radiumemanációjának mérése tulajdonképpen a radongáz α -sugárzásának meghatározásával történik.

* A szerző ezt a témát két részben jelenteti meg. Jelen dolgozat az elméleti részeket tartalmazza. A következő dolgozata fogja ismertetni a mérési adatokat és tapasztalatokat.

1. Szilárdtest nyomdetektorok

Az anyag alapvető szerkezetéről szerzett egyre bővülő ismeretek nagy részét az elemi részecskék tanulmányozása útján nyertük. Ezen részecskék kielégítő vizsgálata azonban csak akkor lehetséges, ha megfelelő detektor áll rendelkezésre. Egy detektálási módszert akkor nevezünk ideálisnak, ha vizsgálandó részecskéről olyan pontos időbeli és térbeli információkat szolgáltat, amelyek lehetővé teszik természetének, energiájának és kölcsönhatásának megállapítását. A kutatási irányok számának növekedése szükségessé tették az új, sokoldalúan alkalmazható detektorok kifejlesztését. A szilárdtest nyomdetektorok kutatásának jelenlegi helyzetét jól szemlélteti az a tény, hogy a detektorként használt anyagfajták száma több mint félszáz. [1]

1.1. Részecske-detektorok

Részecske-detektoroknak nevezhetünk minden olyan eszközt, amelyben az atomi részecskék – valamilyen közeggel való kölcsönhatás révén – olyan változást idéznek elő, hogy arról közvetlenül, vagy megfelelő erősítési folyamat, illetve eljárás alkalmazásával tudomást szerezhessünk. [1]

Néhány detektortípust mutat be az alábbi táblázat.

Név	Detektor neve	Detektálási folyamat	Érzékeny térfogat		Felbontó képesség		Regenerációs idő (sec)
			Fázis	liter	térben (mm)	idő (sec)	
Nyomkövető detektor	Üregsor detektor	Savas maratás	sz	0,001	10^{-5}		–
	Diffúziós köd-kamra	Túltelített gázban ionokon történő ködkondenzáció	g	50	0,5		–
	Szcintillációs kamra	Fényerősítés kép-erősítővel	sz	1	1	10^{-8}	–
Hodoszkóp	Szcintillációs	Fotoelektron-sokszorozás	sz	1 m ²	10	10^{-8}	10^{-6}
	G–M	Önálló gázkisülés	g	–	10	10^{-6}	10^{-4}
Teleszkóp	Szcintillációs	Fotoelektron-sokszorozás	g, f, sz	–	10	10^{-8}	10^{-6}
Számológó	G–M számláló	Önálló gázkisülés	g	0,5	Azonos a térfogattal	10^{-6}	10^{-4}
	Szikraszámológó	Szikrakisülés	g	10		10^{-9}	10^{-3}
	Félvezető számláló	Elektromos impulzus erősítés	sz	0,0001		10^{-8}	10^{-6}
	Szcintillációs	Fotoelektron-sokszorozás	g, f, sz	0,5		10^{-8}	10^{-6}

Az egyedi részecskék létezésének kimutatására szolgáló detektorokat négy fő csoportba oszthatjuk:

- számlálók,
- teleszkópok,
- hodoszkópok,
- nyomkövető detektorok.

1. 2. Az α -részecske detektálása nyom- (vagy üregsor-) detektorral

A hagyományos detektorok ma még számos előnnyel rendelkeznek a plasztik nyomdetektorokkal szemben, ennek ellenére vannak olyan kutatási területek, ahol ezeket célszerűbb alkalmazni. Ezt mutatja az a tény is, hogy a plasztik nyomdetektorok magfizikai alkalmazása napjainkban egyre jobban terjed. A különböző típusú üveg, csillám és műanyag detektorokat először 1960-as évek elején alkalmazták töltött részecskék, kezdetben elsősorban hasadványok kimutatására. Ezen detektorok alkalmazhatóságának alapja, hogy a nehéz ionizáló részecske szilárd szigetelőanyagon való áthaladásnál erősen sugárrombolt csatornát hoz létre. Ezt nevezik primér nyomnak. Az eredeti kb. 50 Å átmérőjű csatornák kémiai maratás révén $\sim 10 \mu\text{m}$ méretűre felnagyíthatók, ami lehetővé teszi az optikai mikroszkóppal való megfigyelést. A töltött részecske, pályája mentén egyrészt ionizál, másrészt atomokkal ütközve azokat kimozdítja helyükből és így rácslyukakat, illetve rácsközi atomokat hoz létre a kristályban, míg polimerek esetén új láncvégek és kémiailag reaktív helyek képződnek.

A sugárkárosodás megváltoztatja az anyag kémiai viselkedését, ami azt eredményezi, hogy ezek a részek gyorsabban maródnak, mint a környezetük. Az atomi részecskék detektálásának ezen egyszerű technikája, ami a protonoktól a hasadási termekig egyaránt használható, igen széles körben nyert felhasználást például: magfizikában, magtechnológiában, űrkutatásban stb. A kémiai maratással a részecskék nyomai előhívhatók és kiértékelhetők. Ezekre az empirikus ismeretekre támaszkodva használták fel a szilárdtest-nyomdetektorokat elsősorban a kapott nyomsűrűségek és a nyomok hosszának meghatározására.

1.3. A nyomüveg kialakulása

A szilárdtest-detektor technikában a ma alkalmazott nyomelőhívási eljárás a kémiai maratás. A nyom kimutatása ezzel a módszerrel akkor lehetséges, ha a sugárrombolt tartomány kémiailag reaktívabb, mint maga a detektoranyag, és a primer nyomok mentén a maratási sebesség (ϑ_T) nagyobb, mint a felületi maratási sebesség (ϑ_B):

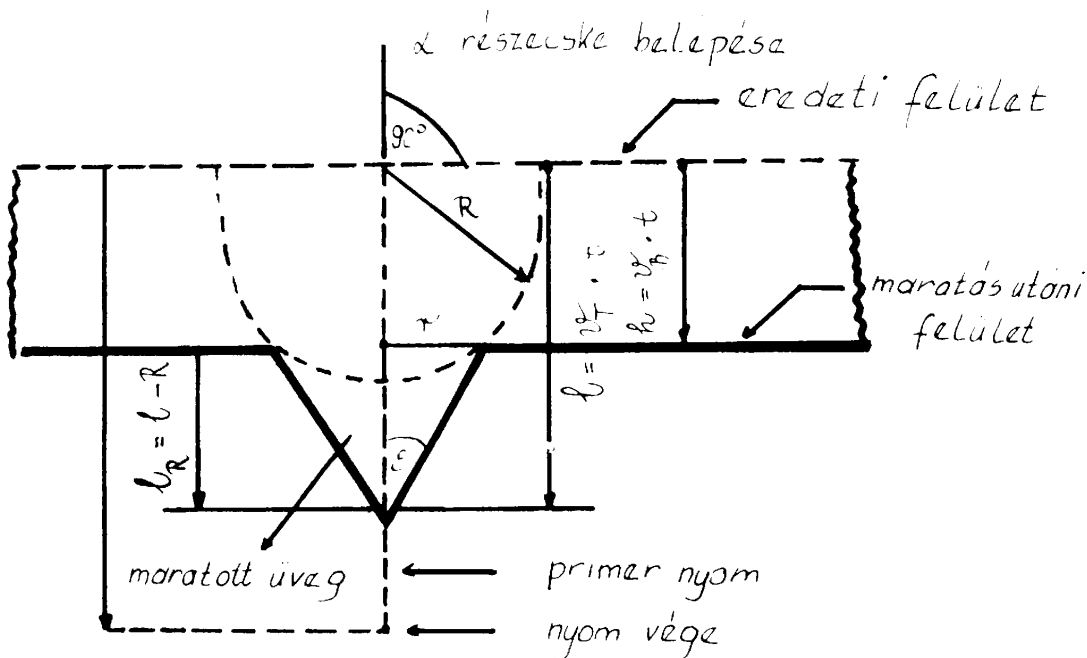
$$\frac{\vartheta_T}{\vartheta_B} > 1.$$

Az 1. ábra szemlélteti a nyomüreg-kialakulás első modelljét merőlegesen beeső részecske esetén, állandó ϑ_T , illetve ϑ_B mellett.

Ha feltételezzük, hogy a sugárrombolt zónában a maratási sebesség a részecskebelépés irányában T , minden más irányban B , akkor t ideig maratva a detektor felületét a következő értékeket kapjuk:

$$h = \vartheta_B \cdot t$$

a felületről lemart réteg.



A nyomüreg-kialakulás első modellje

A nyom hossztenegelyében a kimart réteg, s így a nyom mélysége:

$$l_R = l - R.$$

A nyomüreg sugara a

$$\operatorname{tg} \epsilon = \frac{r}{l_R} = \frac{h}{\sqrt{l^2 - h^2}}$$

összefüggésből határozható meg.

Ez a modell kiegészítésekre szorul, mivel csak speciális esetre szorítkozott a vizsgálat. Ma már elméletileg kidolgozott a nyomüreg kialakulásának mechanizmusa tetszőleges szög alatt történő részecskebelépés és változó ∂_T esetére is.

2. A vizsgált forrásvizek minőségének rövid ismertetése

Irodalmi adatok szerint a természetes gyógyvizekben az elemek száma több mint 30, néha eléri az 50-et is. A teljes kémiai elemzésre azonban csak ritkán kerül sor, mert a klasszikus kémiai eljárásokkal a nyomelemek nem határozhatók meg. A nehéz fémek kimutatását az eljárás nehézségei miatt általában meg sem kísérik. Ezért a gyógyvizeink nyomelemek szempontjából nagyrészt ismeretlenek.

1973-ban az egi gyógyvizeket tömegspektrográfiai eljárással megvizsgálták. Vegyi összetétel és hőmérséklet szerint 3 osztályba sorolták a gyógyvizeket:

- radioaktív (Tükör és Török)
- hypertherm sulfidos calcium-magnesium hydrogencarbonátos víz (kevés urán és thorium tartalommal)
- jódos-brómos alkalichloridos.

Míg a hagyományos, hivatalos gyógyvízvizsgálatok az egi gyógyvizekből mintegy 10–12 elemet mutatott ki, addig a tömegspektrográfiai vizsgálat több mint 50 elemet talált. Ezek között minden biológiailag fontos makroelem, valamint a természetes alfa-sugárzók közül Rn gáz, Th, U és kis mennyiségben bár, de a béta-sugárzó izotópok (T^3 ; C^{14} ; K^{40} ; Rb^{87} ; Re^{187}) is jelen vannak.

A 2. táblázat összefoglaló minőségi adatokat tartalmaz az általunk vizsgált források közül a Tükör és a Török elnevezésűekről.

A Petőfi forrás vizének minőségi vizsgálata az előbbi két forrashoz viszonyítva igen hiányos, mindössze a fontosabb adatokat tartalmazza (3. táblázat).

2. táblázat

	Elem	Eger „Tükör-fürdő”	Eger „Török-fürdő”
1.	Ca mg/l	122,2	102,7
2.	Mg mg/l	23,34	18,9
3.	Na mg/l	5,6	5,0
4.	K mg/l	0,7	0,5
5.	Cl mg/l	2,0	2,3
6.	F mg/l	0,33	0,25
7.	S mg/l	5,9	6,7
8.	Ba mg/l	0,12	0,31
9.	Sr mg/l	0,47	0,55
10.	Si mg/l	12,1	7,4
11.	Re mg/l	0,07	0,07
12.	Pb mg/l	7,70	4,90
13.	Rn	12 210 pC/l	16 310 pC/l
14.	Th	—	—
15.	U	0,70	1,05
Átlagos vízhőfok		30,9	29,8

3. táblázat [mg/l]

Vízhőfok	26,3
Oldott oxigén	1,09
Szabad CO ₂	87,42
Tartozékos CO ₂	109,0
Ca	97,4
Mg	21,4
HCO ₃	391,6
Cl	12,0
Mélység	60,7

A radioaktív *Török-* és *Tükör-*forrás vizeiben igen élénk gázfeltörés van, változó nagyságú, de sűrű buborékok miatt a *Tükör-*forrás vize forrásban levőnek tűnik, bár hőmérséklete 28–32 °C között ingadozik.

Már 1917-ben Weszelszky vizsgálatai megállapították e vizek jelentős radioaktivitását, és hogy a gáz főtömegét kevés oxigén mellett a *N* gáz alkotja. Elgondolása szerint ez úgy jött létre, hogy a mészsziklák repedésein és barlangjain áthaladt víz levegőt ragadott magával és a feltörő gáz nem egyéb, mint levegő, amelyből az oxigén nagy része felszívódott, más része pedig megkötődött. [4] Későbbi vizsgálatok azonban metánt és széndioxidot is kimutattak. Így e vizek gázainak eredete elképzelhető részben a levegőből, részben szerves eredetű, részben kristályos és üledékes kőzetek bomlásából. A két forrás vizének gázanalízisét elemezve megállapították, hogy csaknem azonos mennyiségű, 14 mg

gáz van literenként oldva, míg a vízből feltörő nagy gázbuborékok a vízben nem oldott gázokból állanak. A két forrás csoportban a vízben elnyelt gázok arányai eltérőek (4. táblázat).

Vízben oldott gázkomponensek tf %-ban

4. táblázat

	Gázkomponens	Levegő	„Tükör-fürdő”		„Török-fürdő”	
			Vízben	Eltérés	Vízben	Eltérés
1.	Nitrogén	78,09	85,04	+ 8,8%	73,33	- 6,0%
2.	Argon	0,93	1,31	+40,8%	1,25	+34,6%
3.	Oxigén	20,93	13,65	-34,7%	25,42	+21,4%
4.	CO ₂	0,031	82,8 mg/l		82,2 mg/l	
5.	Egyéb nemes gáz	0,002				
6.	Vízben oldott gáz mg/l		14,02		13,71	
7.*	Metán tf %		0,5		0,5	

*Földgázbányászati Kutató Laboratórium 1972. évi mérési adata.

A buborékokban mind a N, Ar, O mennyisége a légkörihez képest csökkenést mutatnak, legkifejezettebben az O csökkent (5. táblázat).

Gázbuborékok komponense tf %-ban

5. táblázat

	Gázkomponensek	Levegő	„Tükör-fürdő”		„Török-fürdő”	
			Buborék	Eltérés	Buborék	Eltérés
1.	Nitrogén	78,09	74,80	- 4,2%	74,80	- 4,2%
2.	Argon	0,93	0,80	-16,2%	0,80	-16,2%
3.	Oxigén	20,93	1,80	-91,3%	6,00	-71,3%
4.	CO ₂	0,031	16,68		18,40	
5.	Metán*		5,92			

* Földgázbányászati Kutató Laboratórium 1972. évi mérési adata.

A vízben oldott gázbuborékok csökkent O értékei feltehetően arra is visszavezethetők, hogy a víznek fokozott az O fogyasztása, s ez a Tükör-forrásban nagyobb. Ez még jelenleg fel nem tárt szervesanyag-tartalomra utalhat.

IRODALOM

1. Somogyi György: Új részecskedetektorok I. Fizikai Szemle XIV. 10. 302–306. 1964.
2. Somogyi György: Új részecskedetektorok II. Fizikai Szemle XIV. 11. 351–357. 1964.
3. Somogyi György: Új részecskedetektorok III. Fizikai Szemle XV. 12. 392–396. 1964.
4. Weszelszky Gyula: Az ásványvizek radioaktivitásáról. Magyar Chemiai Folyóirat XXIII. 116–122, 137–140. 1917.
5. Almássy Gy., Dezső S., Kovács E., Straub J.: Magyarország természetes vizeinek urántartalma. Hidrológiai Közlöny 37. sz. 162. o. 1957.
6. Nagy Z., N. Pólyik E.: Nyomelemek kimutatása hazai vizekben. Hidrológiai Közlöny 2. sz. 166–167. 1957.
7. Nagy Z., Andrásy K., Pólyik E.: A hévízi gyógyvizek nyomelemeiről. Hidrológiai Közlöny 6. sz. 287–288. 1965.