

KÖRNYEZETÜNK SUGÁRZÁSAI

Gyórfi Tamás^{1*}

¹Matematikai és informatikai szakcsoport, Eötvös József Főiskola, Baja, Magyarország

Kulcsszavak:

környezeti sugárzás
kozmosz sugárzás
sugárterhelés
dózteljesítmény
diffúziós ködkamra

Cikktörténet:

Beérkezett: 2015. október 12.

Átdolgozva: -

Elfogadva: 2015. november 5.

Összefoglalás

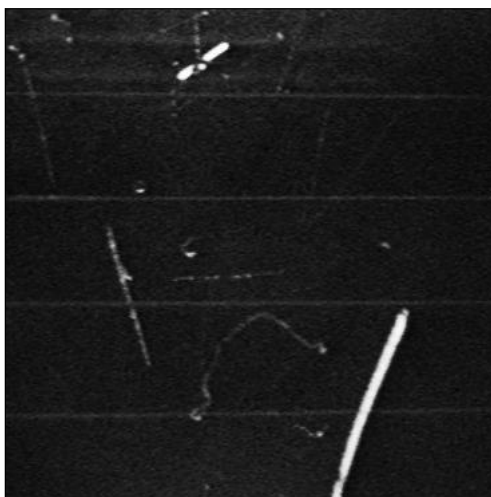
Az élet kialakulását, az emberiség fejlődését végigkísérte a sugárzások jelenléte. Mindenkit folyamatosan ér természetes- és mesterséges eredetű sugárzás anélkül, hogy érzékelné. Úgy is fogalmazhatunk, hogy a sugárzások az életünk velejárói, „sugárözönben élünk”. Mialatt ezt a pár soros szöveget elolvassuk, testünkön több tízezer töltéssel rendelkező részecske és hárommilliónál is több neutrínó halad át.

Nagyon sok emberben él előítélet a sugárzás szó hallatán. Írásomban bemutatom a különféle környezeti sugárzásokat, kiemelt hangsúlyt fektetve az ionizáló sugárzásokra, majd egy külföldi tanulmányút során végzett környezeti háttérsugárzás mérési eredményeit ismertetem.

1. Bevezetés

Az élet kialakulását, az emberiség fejlődését végigkísérte a sugárzások jelenléte. Mindenkit folyamatosan ér természetes- és mesterséges eredetű sugárzás. Ezek azonban az ember számára nem érzékelhetők, egyetlen érzékszervünkkel sem szerezhetünk közvetlen benyomást róluk, viszont nagyon jól és pontosan mérhetők.

A sugárzásokat észlelő berendezéseknek számos típusa ismeretes. Az 1. ábrán látható diffúziós ködkamra felvételen [1] mindenki a saját szemével győződhet meg arról, hogy a sugárzások jelen vannak a környezetünkben.



1. ábra. Háttérsugárzás nyomai a PHYWE gyártmányú diffúziós ködkamrában [4]

* Tel.: +36 79 523 900/ 135
E-mail cím: gyorfi.tamas@ejf.hu

A ködkamra volt az első olyan eszköz, amellyel a részecskék pályája valós időben megjeleníthetővé vált. Láthatóvá válik a részecskék pályája, információt szolgáltatva azok típusáról és energiájáról.

A diffúziós ködkamra működése azon alapul, hogy egy gáz- és gőzkeverékkel töltött edényben túltelítettséget hozunk létre, a gőz kicsapódik a jelenlévő gázionokra, majd a kicsapódott ködcseppek tovább növekednek és láthatóvá válnak. Így ki lehet mutatni a részecskék pályáit, mert a töltött részecskék a haladásuk nyomában ionizálják a gázatomokat. A sugárzás keltette „ködfonalszerű” nyomkialakulás hasonló ahhoz a jelenséghez, amikor egy repülő olyan nagy magasságban halad, hogy már nem látjuk, csak az általa húzott kondenzcsíkot vesszük észre.

Írásomban bemutatom a különféle környezeti sugárzásokat, kiemelt hangsúlyt fektetve az ionizáló sugárzásokra, továbbá egy külföldi tanulmányút során végzett környezeti háttérsugárzás mérési eredményeit ismertetem.

2. Környezeti sugárzások

Eredetük szerint természetes és mesterséges sugárzást különböztetünk meg. Az ENSZ *Atomsugárzásokat Vizsgáló Tudományos Bizottságának*, UNSCEAR-2000 évi jelentése [5] szerint a Föld népességének átlagos sugárterhelése $2,8 \text{ mSv/év}$. (A sugárzások okozta fizikai, kémiai és biológiai hatások összességét *sugárterhelésnek* nevezzük. *Sievert*: sugárzási dózisegyenérték, az élőszervezeteket érő sugárzás mértékegysége az SI-rendszerben).

A természetes eredetű háttérsugárzásból származó sugárterhelés $2,4 \text{ mSv/év}$, a mesterséges forrásokból $0,4 \text{ mSv/év}$.

A természetes háttérsugárzás két forrása a földkéreg és a világűr. A földkérgi (*terresztrikus*) komponenst hosszú felezési idejű, ősi, ún. primordiális radioizotópok (^{40}K , ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th), illetve az urán és tórium bomlási sor elemei alkotják, melyek közül dozimetriai szempontból a ^{222}Rn és bomlástermékei szerepelnek legnagyobb súllyal. Ezek a földkérgi komponens több mint felét teszik ki.

A Föld középpontja felé haladva 33 méterenként 1°C -ot emelkedik a hőmérséklet. A belső hő forrása a radioaktivitás. A hosszú felezési idejű izotópok bomlásából származik az a hő, amely olvadt állapotban tartja a belső magot, és ez az energia tör ki időnként vulkánkitörés formájában a felszínre. Ez a geotermikus energia jelenik meg a hőforrásokban is, a gyógyfürdők meleg vize a radioaktivitásnak köszönhető. (A Pannon-medence alatt vékonyabb a földkéreg, ezért van itt sok hőforrás.)

2.1. Kozmikus sugárzás

Kozmikus sugárzáson nagyenergiájú asztrofizikai folyamatokból származó részecske- illetve elektromágneses sugárzást értjük. Legjelentősebb forrása a Nap, de távoli neutroncsillagoktól, fekete lyukaktól stb. is eljutnak hozzánk ilyen részecskék: 97%-ban atommagok, 2%-ban elektronok, 0,3%-ban pozitronok, továbbá antiprotonok. Energiájuk szerint a kozmikus sugárzást három tartományra bonthatjuk, *alacsony* (1 GeV alatt), *közepes* (1 GeV - 1 TeV között) és *nagyenergiájú* (1 TeV fölött). A „tipikus” energia 1 GeV , ilyen energiákon a sugárzás fluxusa ~ 1000 részecske/ m^2 . (A nagyenergiájú sugárzások a ritkábbak).

A primer sugarak a légkörbe ütközve másodlagos részecskéket keltenek, ezek képezik a kozmikus sugárzás szekunder komponensét.

A Föld légkörének magasabb rétegeit bombázó kozmikus sugárzás, részint a Föld mágneses árnyékolása (2. ábra), részint a levegő atomjaival történő kölcsönhatása miatt nem éri el a Föld felszínét. A részecskék kölcsönhatásba kerülnek a légkör atomjaival, emiatt a számuk csökken a felszín felé közeledve. Ezen kölcsönhatás során a légkör felsőbb rétegeiben keletkező elemeket *kozmozón radioizotópoknak* nevezzük, melyek természetes nyomjelzői a környezetünkben lejátszódó folyamatoknak.



2. ábra. Sarki fény [6]

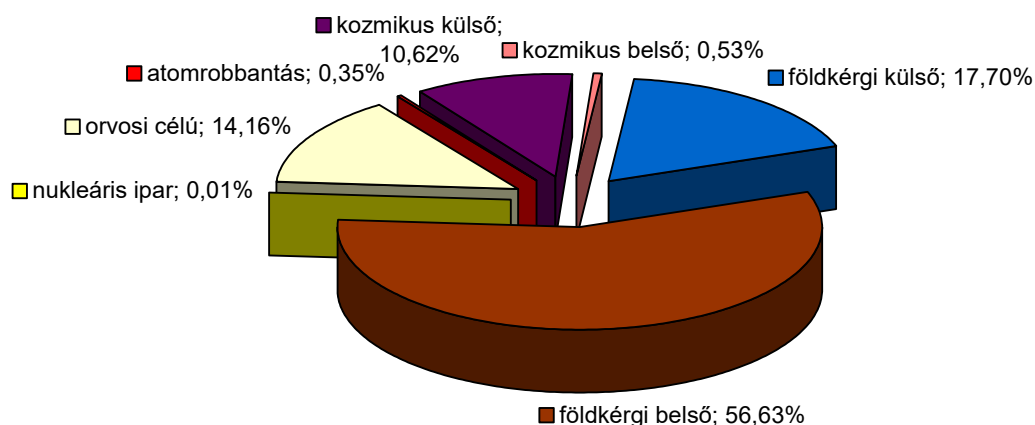
A Föld felszínén fellépő sugárterhelés függ a légkör vastagságától. Minél magasabban vagyunk, annál nagyobb a sugárterhelés. Mértéke ~1800 méterenként megduplázódik.

A sugárterhelés magas hegyeken nagyobb, mint a tengerszinten és a nagy magasságban való légi utazás során is megnő. A növekedés összességében kismértékű, egy 10 km magasságban történő transzkontinentális repülőút alig több mint egy ezrelékkal növeli meg a természetes háttérsugárzásból eredő sugárterhelés éves értékét – elsősorban a légi út idejének az év hosszához viszonyított rövidege miatt.

A hatást elviselő élőlény szempontjából *külső* és *belső sugárforrásokat* különböztetünk meg. Külső sugárterhelés, amikor a sugárzás forrása az emberi szervezeten kívül van. A külső sugárforrásokhoz soroljuk a kozmikus sugárzást, a földkéreg radioaktív anyagait, az építőanyagokat. A belső sugárforrásokhoz az emberi szervezetbe jutó radioaktív és beépülő izotópok tartoznak, amelyek hatására alakul ki a belső sugárterhelés. A belső sugárterhelés a táplálékkal bevitt radioizotóptól, a belélegzett radontól és annak bomlástermékeitől származik (3. ábra).

A talajban lévő radioaktív izotópok bekerülnek a táplálékláncba, az elfogyasztott növényi és állati eredetű élelmiszerek révén az emberi szervezetbe. A belélegzett és az elfogyasztott izotópoknak köszönhetően az emberi test is sugárzó (radioaktív). Az emberi testben óránként kb. 15-25 millió sugárzó atom bomlik el (testsúlytól függően).

A lakosság mesterséges eredetű sugárterhelése főként az orvosi alkalmazásoktól (diagnosztikai és terápiás eljárásoktól) származik, további járulékokat az atomfegyver kísérletek (globális *fall-out*), a nukleáris energiatermelés és a radioaktív hulladékok elhelyezése jelent.



3. ábra. A népesség ionizáló sugárzásoktól származó sugárterhelésének megoszlása (UNSCEAR-2000).

A természetes eredetű sugárterhelés 2/3-a belső, 1/3-a pedig külső forrásokból származik. (1. táblázat).

1. Táblázat. A népesség természetes sugárforrásokból eredő sugárterhelésének források szerinti felbontása (UNSCEAR-1998)

Forrás	Külső sugárzás (mSv)	Belső sugárzás (mSv)	Összesen (mSv)
Kozmikus sugarak	0,355	–	0,355
Kozmogén radionuklidok (^3H , ^7Be , ^{14}C , ^{22}Na)	–	0,015	0,015
Őseredeti radionuklidok (^{40}K , ^{87}Rb)	0,15	0,186	0,336
^{238}U bomlási sor (ebből ^{222}Rn -tól – ^{210}Pb -ig)	0,1	0,124	0,134 1,22
^{232}Th bomlási sor	0,16	0,176	0,336
Összesen	0,77	1,6	2,4

A természetes háttérsugárzás mértéke a Föld népességén belül is jelentős eltéréseket mutat: a földrajzi hely, az időjárás, a lakóépületek (építőanyagok fajtája, származási helye), de még olyan szokások, mint a szellőztetés, a nyitott ablaknál alvás, a dohányzás, a nyaralás (tengerparton vagy hegyekben) is befolyásolják az éves sugárterhelést.

A földfelszíntől távolodva először csökken a talajból származó sugárzás hatása, majd egyre növekszik a kozmikus sugárzás.

3. Környezeti háttérsugárzás mérése

2015 augusztusában a svájci CERN-ben (*European Organization for Nuclear Research*) tanulmányúton vettem részt, amelynek részét képezte környezeti háttérsugárzás vizsgálata. A méréshez a BME Nukleáris Technikai Intézetének egy hitelesített dózisteljesítmény-mérőjét használtam. Az FH40G egységet gamma és röntgen sugárzás dózisteljesítményének a meghatározására tervezték (4. ábra). A dózisteljesítmény átlagának, a maximumának és a teljes dózisnak a meghatározására is alkalmas a műszer. Mérési intervalluma: 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ -0,99 Sv/h.



4. ábra. FH40G típusú dózisteljesítmény-mérő

A műszer számláló üzemmódban is működtethető, ekkor összegzi az impulzusokat egy beállított időintervallum alatt, majd a dózisteljesítmény átlagértékét számolja ki.

A mérés során (2015.08.14–08.22.) a dózisteljesítmény hely szerinti változását regisztráltam a proporcionális számlálóval. Mobiltelefon GPS segítségével meghatároztam a földrajzi koordinátákat és a tengerszint feletti magasságot. Az adatokat Google térképen (Google Maps, IPA) ellenőriztem. A mérőműszer indítás után folyamatosan, másodpercenként mintát véve azonnal kiírta a mért eredményt.

A mérési helyszíneket, a mért dózisteljesítmény értékeket és az eredmények szórását 2. táblázatban foglaltam össze.

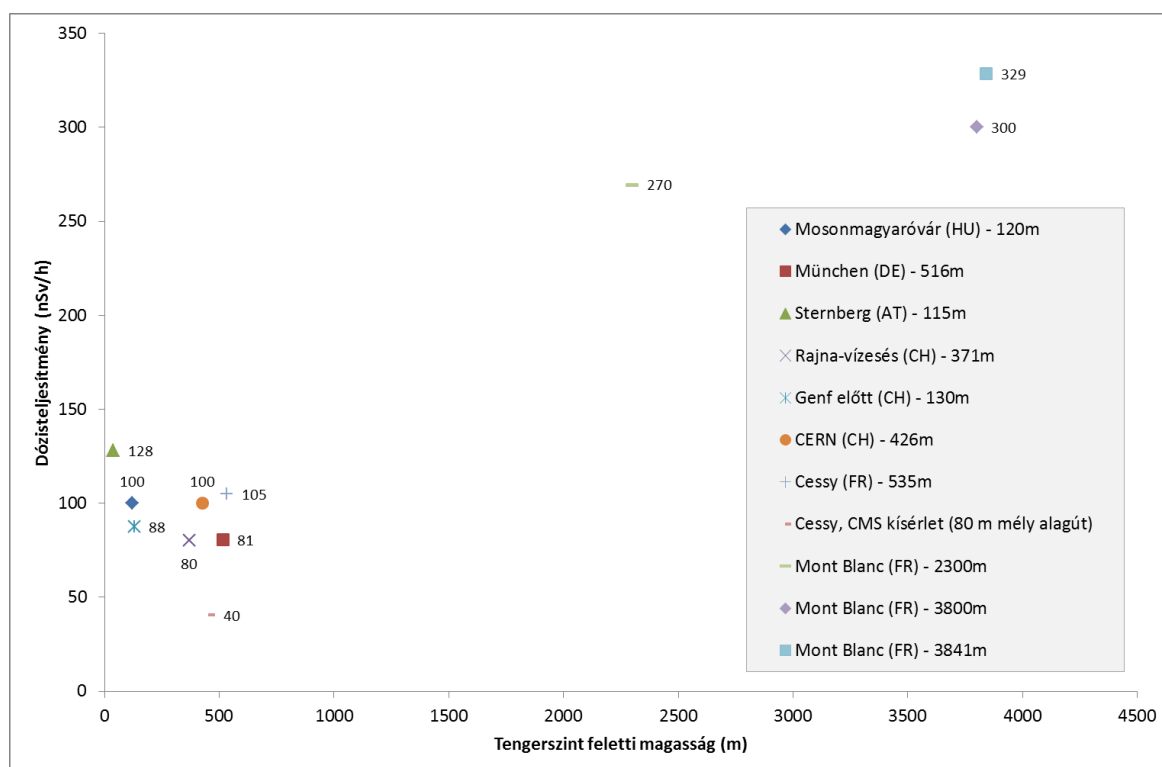
4. Mérési eredmények

A mérési módszert meghatározta az, hogy az alacsony intenzitású háttérsugárzásból származó beütésszámok statisztikus fluktuációja nagy, ezért a műszer kijelzése állandóan ingadozott. A mérés során, több helyszínen (#1–6) öt percig hagytam bekapcsolva a műszert és az ezen idő alatt mutatott 3–4 értéket rögzítettem, ezekből átlagot és szórást számoltam. A #8–11 helyszíneken több hosszabb időintervallumú (300-3000s) mérést végeztem.

2. Táblázat. Környezeti háttérsugárzás mérési eredményei

	<i>Helyszín</i>	<i>Koordináták</i>	<i>Tengerszint feletti magasság (m)</i>	<i>Dózis- teljesítmény (nSv/h)</i>	<i>+/- (%)</i>	<i>Dátum</i>
#1	Mosonmagyar- óvár (HU)	É 47° 52' K 17° 16'	120	100	14	2015.08.14
#2	Sternberg (AT)	É 48° 16' K 14° 39'	380	128	17	2015.08.14
#3	München (DE)	É 48° 8' K 11° 34'	516	81	11	2015.08.14
#4	Rajna-vízesés (CH) (Rheinfall)	É 47° 40' K 8° 36'	371	80	18	2015.08.15
#5	Genf(CH)	É 46° 49' K 6° 51'	130	88	12	2015.08.15
#6	CERN (CH)	É 46° 14' K 6° 3'	426	100	14	2015.08.16
#7	Cessy (FR)	É 46° 18' K 6° 4'	535	105	10	2015.08.19
#8	Cessy, CMS kísérlet (80 m mély alagút)		455	40	18	2015.08.19
#9	Mont Blanc (FR) <i>Aiguille du Midi Chamonix</i>	É 45° 52' K 6° 53'	2300	270	41	2015.08.22
#10	Mont Blanc (FR)		3800	300	4	2015.08.22
#11	Mont Blanc (FR)		3841	329	12	2015.08.22

Az eredményekből is látható, hogy a dózisteljesítmény összefüggést mutat a tengerszint feletti magassággal (5. ábra). Minél magasabban volt a mérés helyszíne, annál nagyobb volt a dózisteljesítmény, ami a kozmikus sugárzás értékének növekedését jelentette (*helyszín #9–11*). Minél mélyebben történt a mérés, pl. a CMS (*Compact Muon Solenoid*) kísérlet egy 80 m mély alagútjában (*helyszín #8*), annál inkább a földkéregből származó sugárzás volt a meghatározó. Az alagútban a szellőzés miatt a radonból származó járulékos elhanyagolható, ami a talajból származó sugárzás nagy részét jelentené, ezért itt volt a legkisebb dózisteljesítmény.



5. ábra. Környezeti háttérsugárzás mérési eredményei a magasság függvényében

5. Néhány következtetés

Kell-e félni a sugárzásoktól? Az emberek, a többi élőlényhez hasonlóan mindig együtt éltek a sugárzásokkal. Az ionizáló sugárzás az élet velejárója. A Föld néhány területén (pl. Brazília tengerpartján, India Kerala államában, Iránban) a háttérsugárzás 5-50-szer nagyobb az átlagosnál. Ezeken a területen is élnek emberek és egészségi állapotukban semmiféle eltérés nem mutatható ki. Mekkora tehát az a dózis, amitől óvakodni kell? Ennek az eldöntéséhez a természetes háttérsugárzás szintje a jó támpont.

A mesterséges forrásokból származó többletsugárzás ellenőrizhető. A nukleáris ipar és a különféle sugárzások alkalmazása nem növeli meg számottevően a sugárzás mennyiségét, viszont néhány területen mással nem pótolható előnyökkel jár. Az ember az egészségének megőrzése (pl. diagnosztikai vizsgálatok) és helyreállítása érdekében plusz sugárterhelést vállal.

Nagyon sok emberben él azonban előítélet ezzel a témakörrel kapcsolatban. A félelemérzet a sugárzás természetére és tulajdonságaira, az egészségre és a környezetre gyakorolt hatásokra vezethető vissza. A sugárzás dózisaiban azonban jól mérhető. A biológiai hatások [3] és kockázataik jól ismertek, kellő sugárvédelemmel megelőzhetők, csökkenthetők [2].

Irodalomjegyzék

- [1] Gyórfi T. Atommagfizika az oktatásban. Környezeti radioaktivitás vizsgálata és szemléltetése. Doktori (PhD) értekezés, Debreceni Egyetem, 2011. [Online] <http://w3.atomki.hu/PhD/these/Gy%c3%b6rfi%20Tam%c3%a1s/>. [Megtekintés: 2015-10-10]
- [2] Jéki L. (2002) Sugárözönben élünk. [Online] http://mindentudas.videotorium.hu/hu/recordings/details/8182,Sugarozonben_elunk. [Megtekintés: 2015-10-10]
- [3] Köteles Gy. (2002) Sugáregészségtan, Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest.
- [4] PHYWE series of publications: Visualisation of radioactive particles/ Diffusion cloud chamber (Laboratory Experiments Physics, PHYWE SYSTEME GMBH, Göttingen, Germany). <http://www.phywe.com/>. [Megtekintés: 2015-10-10]
- [5] Exposures from natural sources. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000 Report to the General Assembly, Annex B, United Nations, New York.
- [6] United States Air Force photo by Senior Airman Joshua Strang. <https://www.pinterest.com/pin/263249540695129016/> [Megtekintés: 2015-10-10]