

A LEVEGŐ RADIOAKTIVITÁSÁNAK MÉRÉSE PAKSON

Gombos László
IV. osztályos tanuló
Vak Bottyán Gimnázium, Paks

Elméleti alapok. A mérés módja és célja

Talán nem meglepő, hogy a radioaktív sugárzás mindenütt jelen van. A talajban levő radioaktív atomok folyamatosan bomlanak, kisebb rendszámú atomokká alakulnak át, az átalakulás során sugárzást bocsátanak ki. Mivel a talaj anyagaiból építkezünk, a házfalak is folyamatosan sugároznak, mi is, az anyag, a táplálék állandó körforgása miatt.

A földben, illetve a házfalakban kötött állapotban levő, bomló radioaktív atomok lassan átalakulnak. Ezenközben olyan atom lesz belőlük, mely ki tud lépni a szilárd anyagból. Egyetlen ilyen atom a természetes bomlássorozatokban a radon. Nemesgáz volta miatt nem képes más atomokkal kémiai reakcióba lépni, kijut a talajból, a falakból, és a levegőben ott újabb bomlásokkal leányelemeivé alakul át, melyek már képesek rátapadni a levegő apró szemcséire.

A paksi Vak Bottyán Gimnáziumban a külső levegő radonaktivitásának meghatározására egy éven keresztül, 1992 májusától 1993 áprilisáig hetente végeztünk méréseket. A porszívó csövére kötözött hat gézrétegen keresztül

A Paksi Atomerőmű pályázatán I. díjat nyert.

fél órán át szűrték a kinti levegőt. A szívás befejezése előtt megmértük GM-csővel a háttérsugárzást, majd a gézt betettük a GM-cső alá, és 3 percenként 10 alkalommal leolvastuk a gáz aktivitásával arányos beütésszámot. Ugyanis a gáz rengeteg por és koromszemcsét gyűjtött magára, a rájuk rakódott radon-bomlástermékekkel együtt.

Méréseink célja annak vizsgálata volt, hogy a levegő aktivitását milyen tényezők befolyásolják, továbbá, hogy az ismert időjárási-környezeti tényezők mellett kimutatható-e a közeli atomerőmű hatása.

A méréseket végző csoport tagjai *Czuczor Miklós* és *Müller János* tanárok, valamint *Szegedy Béla*, *Tallosy Zoltán* és *Gombos László* számítástechnika szakkörös diákok voltak.

A kivitelezéshez az ELTE Atomfizikai Tanszékétől egy GM-csővet, valamint a mérési eredményeket regisztráló és feldolgozó számítógépes programot kaptunk, amit ezúton is szeretnénk megköszönni a tanszéknek, elsősorban *Marx György* professzor úrnak.

Mi a GM-csővünkkel inkább csak β -sugárzást mértünk, mert az α -részecskék csak akkor tudnak áthatolni a végablakon, ha kellően vékony, a mi esetünkben pedig ez nem áll fenn. A γ -nyalábok pedig, a neutronokkal együtt, jóformán ionizációt nem okozva hatolnak át a műszeren.

Az aktivitást befolyásoló lehetséges tényezők

Fontos, hogy milyen magasságban mérjük az aktivitást, mert a talajból kijutó radon mennyisége fölfelé haladva körülbelül 8 méterenként feleződik. A radonaktivitás függ a napszaktól is. Ha a légnyomás csökken, az a radont mintegy kiszívja a talajból. A nagyobb páratartalom több lebegő cseppecskét jelent, melyeken megtapadnak a bomlástermékek. Ha a hőmérséklet növekszik, akkor több részecske tesz szert a talajból, épületből való kilépéshez szükséges mozgási energiára.

Tehát csökkenő légnyomás és a magasabb hőmérséklet elméletileg növeli a külső levegő aktivitását. A megnövekedett páratartalom, illetve por- és koromtartalom növeli a gáz által felvett radioaktív részecskék mennyiségét és ezáltal a gáz aktivitását.

A magasságtól és a napszaktól való függés vizsgálatát nem tűztük ki célul, ezért méréseinket mindig ugyanott (a talaj szintje fölött körülbelül 1 m magasságban és ugyanabban időben, 14 óra körül) végeztük. Mérési helyünk füves udvar volt, mely távol fekszik az utcától. Az udvaron keskeny betonút vezet át, amin csak elvéve halad jármű. Ezért a levegő portartalmának változását nem tekintettük számottevőnek.

A légnyomás, páratartalom és hőmérséklet 14 órakor mért értékeit a paksi meteorológiai állomástól kértük el. Az atomerőmű lehetséges hatásának vizsgálata miatt kértük el a széllel kapcsolatos adatokat is. Az atomerőmű havi kibocsátási adatait és a lakótelepen mért dózisteljesítményt a polgármesteri hivatal bocsátotta rendelkezésünkre.

Mérési eredményeink.

Az időjárási adatok szerepe

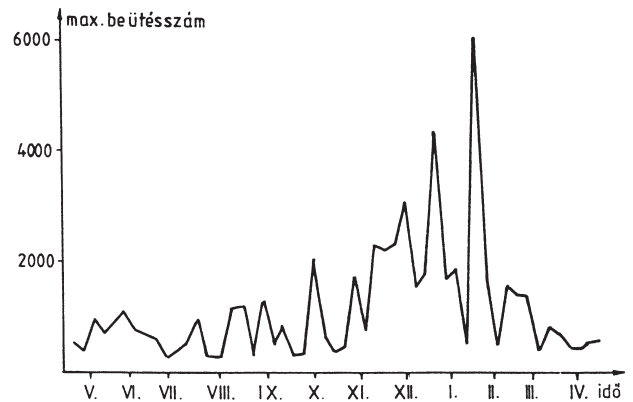
Az 1. ábrán egész évre ábrázoltam a 3 perc alatt mért maximális beütésszámokat. Ezek általában a mérés első három percében adódtak, de kivétel is akadt.

Szembevetendő a gáz aktivitásának nagymértékű ingadozása, különösen télen. A háttérugárzás mérésekora a beütésszámok 100 és 150 között mozogtak, de a gáz aktivitásánál csaknem 13-szoros változás is előfordult.

A rendelkezésünkre álló adatok alapján összehasonlítottam a légnyomás, a páratartalom és a hőmérséklet változását az aktivitással arányos maximális beütésszám-változással. Ritkán fordult elő, hogy a beütésszám változása mindhárom időjárási tényező változásával az elméletileg várt módon összhangban lett volna. Ez természetes, hiszen az időjárási tényezők együtt befolyásolják az aktivitást, többnyire ellentétesen. Adataink szerint az aktivitás változása az esetek 65%-ában felelt meg elméletileg a páratartalom, 55%-ában a légnyomás és 45%-ában a hőmérséklet változásának. Úgy tűnik tehát, hogy a hőmérséklet változása befolyásolja legkisebb mértékben az aktivitást.

Számomra azok az esetek voltak lényegesek, melyeknél mindhárom időjárási tényező a várttal ellentétesen változott, vagy legalábbis a nagyobb hatású páratartalom és légnyomás egyikének változása sem felelt meg az aktivitás változásának.

Ezek közül néhányat sikerült megmagyaráznom. Az egyik esetben például télen az eső megtisztította a levegőt a por- és koromszemcséktől, így az ezekre rakódott radon-leányelemek egy részét lejuttatta a föld felszínére. Ezért csökkent az aktivitás. A másik esetben a konzervgyár kéménye felől fúj a szél, a magas légnyomás miatt a kémény füstje nem szállt fel. Így a beütésszám a több korom- és porszemcsé miatt növekedett.



1. ábra. Mérési eredmények a teljes év során.

További vizsgálataimban a megmagyarázatlan aktivitás változások, továbbá a kiugróan magas beütésszámok kaptak főszerepet. Ugyanis ezeknél kínálkozott lehetőség arra, hogy az atomerőmű hatását kimutassam. Célszerűnek látszott megvizsgálni, hogy az említett változásokat, kiugró beütésszámokat okozhatta-e a radon leányelemek kívül más (esetleg az erőműből származó) radioaktív anyag. Erre a felezési idő vizsgálatával kapható válasz. Az atomerőmű lehetséges hatásának kimutatására a szélirány vizsgálata is ígéretesnek tűnt.

A felezési idő meghatározása

A felezési idő meghatározásának lényegét ismertetem. Azt tanuljuk, hogy a bomlások száma exponenciálisan csökken az idő függvényében. Egy adott idő alatt feleződnek a radioaktív atomok. Ez a felezési idő. Éppen ezért a beütésszámok logaritmusai egyenesen csökkennek. Viszont ha a mért értékek logaritmusait az idő függvényében grafikonon ábrázoljuk, akkor észrevehetjük, hogy a kapott pontok nem illeszkednek egy egyenesre.

Ez a radioaktív bomlás statisztikus jellege miatt van. Azt kell meghatározni, hogy melyik egyeneshez vannak a legközelebb a pontok. Tehát keressük az $y = a + m t$ egyenlethez azt az a és m értéket, melyeknél a mért értékek logaritmusai és az egyenes egyenlete alapján meghatározott megfelelő y értékek különbségének négyzetösszege minimális. Jelöljük a $t, 2t, 3t, \dots, nt$ idő értékekhez rendelt beütésszám logaritmusokat rendre $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ betűkkel az ábra szerint.

Akkor a négyzetösszeg:

$$\ddot{O} = \sum_{k=1}^n (y_k - a - m k t)^2.$$

Ahol e függvénynek minimuma van, ott a függvény a , illetve m szerint képezett deriváltja zérus.

$$\frac{\partial \ddot{O}}{\partial a} = 0, \quad \text{azaz} \quad -2 \sum_{k=1}^n (y_k - a - m k t) = 0.$$

Ebből

$$-\sum_{k=1}^n y_k + n a + \frac{m t n (n + 1)}{2} = 0 \quad (1)$$

Nézzük a másik deriváltat.

$$\frac{\partial \dot{O}}{\partial m} = 0, \text{ azaz } -2 \sum_{k=1}^n (y_k - a - m k t) k t = 0.$$

Ebből

$$-\sum_{k=1}^n k y_k + \frac{a n(n+1)}{2} + m t \sum_{k=1}^n k^2 = 0 \quad (2)$$

Vezessük be a következő jelöléseket:

$$\sum_{k=1}^n y_k \equiv A; \quad \sum_{k=1}^n k y_k \equiv B;$$

$$\frac{n(n+1)}{2} \equiv C; \quad \sum_{k=1}^n k^2 \equiv D.$$

Ekkor (1) és (2) egyenletek:

$$-A + n a + m t C = 0 \quad (1)$$

$$-B + a C + m t D = 0 \quad (2)$$

Az egyenletrendszer megoldása:

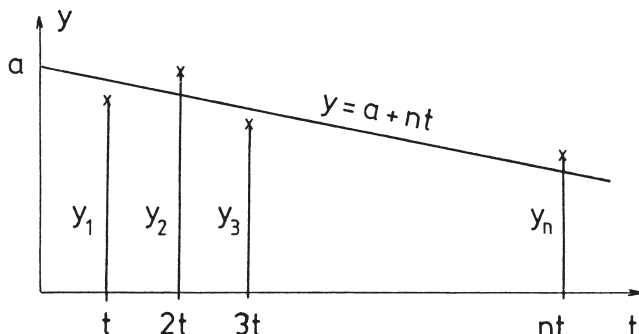
$$a = \frac{A D - B C}{n D - C^2}; \quad m = \frac{n B - A C}{t(n D - C^2)}.$$

Legyen a felezési idő T . Az $y = a + m t$ egyenlet szerint a $t = 0$ időpillanatban $y(0) = a$, míg $t = T$ időpillanatban $y(0) - \lg 2 = a + m T$. E két egyenletből

$$T = -\frac{\lg 2}{m}$$

Készítettem egy Turbo Pascal programot, mely bekéri a 10 mérési eredményt, majd a fentiek alapján meghatározza az A, B, C, D számokat, ezekből pedig T -t ($n = 10, C = 55, t = 3, t(n D - C^2) = 2475$). A radon-bomlástermékekre jellemző körülbelül 40 perces érték néhány kivétellel kijött. (Két esetben a maximális beütésszám nagyon alacsony volt. Ez azért lényeges, mert ekkor kis változások is erősen befolyásolják a végeredményt.) Általánosságban elmondható, hogy nincs okunk feltételezni azt, hogy a problémát jelentő aktivitás-változásokat és a

2. ábra. Egyenes illesztése.



```

Program Felezesi;
uses Crt;
var i      : integer;
    a, b, seged,
    m, t   : real;
function lg(x:real):real;
begin
    lg:= ln(x)/ln(10);
end;

begin
    ClrScr;
    a:=0;
    b:=0;
    writeln('Kérem a 10 adatot:');

    for i:=1 to 10 do begin
        write(i, 'adat: ');
        readln(seged);
        seged:=lg(seged);
        a:= a + seged;
        b:= b + i*seged;
    end;

    m:= (10 b + 55*a)/2475;
    t:= -lg(2)/m;
    writeln;
    writeln('A felezési idő: ',t:5:1,' perc');
    write('[ ENTER ]');
    readln;
end.

```

Számítógépes program a felezési idő meghatározására

kiugró beütésszámokat a radon leányelemein kívül más radioaktív anyag okozta.

Az atomerőmű lehetséges hatásainak vizsgálata

Készítettem egy térképet az iskola környékéről. Ezen bejelöltem az atomerőmű irányát is, mely az északi iránnyal körülbelül 160°-os szöget alkot.

A kiugróan magas beütésszámok idején mindössze kétszer fújt a szél megközelítőleg az erőmű felől, 140°-os irányból. Ezek közül is az egyik alkalommal az aktivitás nem növekedett, hanem csökkent.

Egész évben, 52 mérés során a szél mindössze 7 alkalommal fújt megközelítőleg (maximum 20°-os eltéréssel) az erőmű felől. Az ekkor mért beütésszámok közül viszonylagosan csak azok magasak, melyeket az őszi és a téli hónapokban mértünk.

Az atomerőmű kibocsátási adatait a mellékelt táblázat tartalmazza. A háromféle kibocsátás közül egyik sem követi híuen az általunk mért maximális beütésszámok havi átlagának változását. A táblázat adatai alapján semmiképp sem mondhatjuk, hogy az atomerőmű kibocsátásai befolyásolták mérési eredményeinket.

Az erőmű is végez dózisteljesítmény-méréseket az erőműtől különböző irányokban és távolságokban. Az egyik mérőállomásuk városunk lakótelepén van, ez helyezkedik el a legközelebb a mi mérőhelyünkhöz. Adatait bejegyeztem a táblázat „Dózisteljesítmény a lakótelepen” oszlopába. Ha a dózisteljesítményeket összevetjük a mi mérési eredményeinkkel, akkor láthatjuk, hogy

Az egy éves periódusban különböző helyeken mért dózisok					
Hónap	Iskolában mért (beütésszám)	Az atomerőmű havi kibocsátásai			Lakótelepen mért (nGy/h)
		Aeroszol (MBq)	Jód (MBq)	Nemesgáz (TBq)	
1992.					
május	639	38,23	21,11	6,65	56
június	867	32,03	19,99	8,12	75
július	530	22,92	19,99	41,10	26
augusztus	718	57,90	13,24	12,66	78
szeptember	686	— ¹	— ¹	— ¹	— ¹
október	733	27,95	13,25	24,02	71
november	1286	20,49	11,24	12,45	60
december	2165	37,64	12,80	14,82	69
1993.					
január	2094	19,87	12,41	8,28	84
február	2447	10,71	11,40	15,68	52
március	997	34,04	13,23	12,10	62
április	559	39,51	36,56	14,45	62

¹ nincs adat

A döntő okot azonban a levegő koromtartalmának növekedésében látom. Véleményem valószínűleg abból ered, hogy méréseink során a fűtési szezon alatt láttuk, hogy a géz kormos volt. Emellett az általunk mért beütésszámok és a lakótelepen mért dózisteljesítmény változása közti eltérésre is magyarázatot tudtam adni a levegő koromtartalmának aktivitást növelő hatásával.

Az atomerőmű kibocsátásai helyett sokkal inkább egészségtelen számunkra a korszerűtlen fűtés, melynek következtében rengeteg koromszemcse kerül a levegőbe, ezeken pedig megtapadnak a radioaktív bomlástermékek.

Nem elég, hogy a kémények füstje, az autók kipufogógáza, a cigarettafüst önmagukban is ártalmasak, veszélyességüket még az általuk hordozott radioaktivitás is növeli.

A levegő radioaktivitását a fél órán át működtetett porszívó csövére erősített géz aktivitásával jellemeztük. Ily módon mérésünk bizonyos mértékben biológiai modellnek tekinthető. A porszívó által beszívott levegőből a gézre tapadó radioaktív anyag a tüdőnkkel beszívott levegőből a légzőszervek nyálkahártyáira tapadó anyagot modellezi. És bizony ott belül nagy kárt okozhatnak a bomlások során keletkező α -, illetve β -részecskék, mivel nincs erős hámréteg, ami megfogja azokat.

először milyen összhangban van a kettő, majd a sorozat második felében már teljesen külön utakon járnak. Jól látszik ez a 3. ábrán.

Az őszi és téli eltérés egyik oka a két mérőhely környékének eltérő fűtési módjában kereshető. A gimnázium környékén sok a családi ház, ezek kéményei ontják a koromszemcséket. Ugyanakkor a lakótelep fűtését inkább az erőműből származó meleg víz biztosítja. A másik ok az lehet, hogy a lakótelepi mérést egyébként sem befolyásolja olyan mértékben a levegő koromtartalma, mint a mi porszívós mérésünket. Mindenképpen a megnövekedett koromtartalommal magyarázható az, hogy mi télen kiugróan magas eredményeket kaptunk, míg a lakótelepi méréseknél ez nem jelentkezett.

3. ábra. A lakótelepi dózisteljesítmény és méréseink

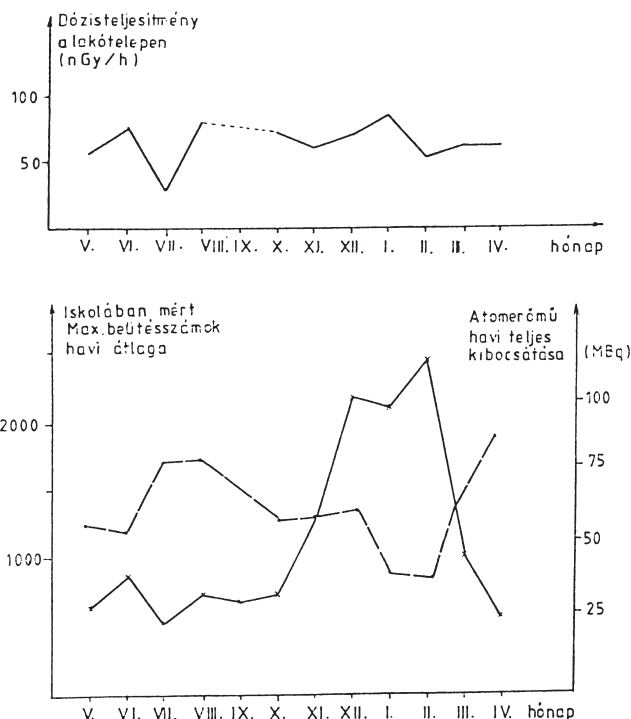
Összegzés

Környezetünk aktivitása bonyolult, több tényező által befolyásolt jelenség. Minden bizonnyal több tényező határozza meg, mint amennyit mi vizsgáltunk. A tényezők együtt hatnak, nem tudjuk hatásukat egymástól elkülönítve vizsgálni.

Méréseink szerint az atomerőmű radioaktív kibocsátásai nincsenek általunk mérhető hatással a levegő aktivitására.¹

Van azonban egy fontos eredményünk. A mellékelt grafikonokból egyértelműen megállapítható, hogy a fűtési szezon alatt a szabadban mért beütésszámok jelentősen megnöttek.

A radonaktivitás téli növekedése magyarázható azzal, hogy télen lehűl a talaj és a vele érintkező levegő. A nagyobb sűrűségű hideg levegő felszálló légáramlásának megszűnése miatt a talajközeli levegő feldúsul a radon leányelemeiben.



¹ Az atomreaktorok fűtőelemeit nyáron rakják át, mert ekkor kisebb az energiaigény. Ekkor nagyobb a kibocsátott aktivitás. Az iskolában mért aktivitásoknak ekkor van minimuma. (Szerkesztő.)