



OKSER 2008

AZ ORSZÁGOS KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI ELLENŐRZŐ RENDSZER (OKSER) 2008. ÉVI JELENTÉSE

Budapest, 2009. október. 15

A jelentést az OKSER Szakbizottság 2009. 10. 15-i ülésén hagyta jóvá

Tartalomjegyzék

Előszó.....	4
Bevezetés	8
Következtetések	10
Conclusion	10
1. Külső gamma-dózisteljesítmény	12
1.1. Országos adatok	13
1.1.1. A Radiológiai Távmérő hálózat adatai (OKF, MH, OMSZ)	13
1.1.2. Az országos TLD mérőhálózat adatai (OSSKI)	17
1.1.3. Egyetemek mérési eredményei	20
1.2. Létesítményi mérési adatok	21
1.2.1. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző állomásainak mérési adatai	22
1.2.2. A KFKI telephelyén mért gammadózis-teljesítmények	24
1.2.3. A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért dózisteljesítmények (OSSKI)	26
1.2.4. Bácsaapáti környéki dózisteljesítmény mérések (OSSKI)	27
1.2.5. Az OSSKI telephelyén végzett mérések	32
2. Levegőszűrők (aeroszol)	33
2.1. Az országos ellenőrzési eredmények	33
2.2. Létesítmények környezetében mért aeroszol-koncentrációk	34
2.2.1. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének mérési eredményei	34
2.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyének adatai	35
2.2.3. A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk	36
3. Kihullás (fall-out)	37
3.1. Országos adatok	37
3.2. Létesítmények környezetében mért kihullások	40
3.2.1. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének mérési eredményei	40
3.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyén mért eredmények	40
4. Talaj	42
4.1. Országos adatok	42
4.2. Létesítmények környezetében mért adatok	45
4.2.1. A püspökszilágyi RHFT telephelyi mérési eredményei	45
5. Növényzet	46
5.1. Takarmány	46
5.1.1. Országos adatok	47
5.1.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyén mért adatok	51
5.2. Növényi eredetű, nyers élelmiszer	51
5.2.1. Országos adatok	51
5.3. Feldolgozott, növényi eredetű élelmiszer	55
5.3.1. Országos adatok	55
6. Állati eredetű élelmiszerek	59
6.1. Tej, tejtermék	59
6.1.1. Országos adatok	59
6.2. Hús és hústermékek aktivitáskoncentrációi	63
6.2.1. Országos adatok	63
6.2.2. A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei	67
7. Felszíni vizek	68
7.1. Országos adatok	68
7.2. Létesítmények környezetének felszíni vizeiben mért aktivitáskoncentrációk	70
7.2.1. A Paksi Atomerőmű ellenőrzési adatai	70
8. Ivóvíz	72
8.1. Vezetékes ivóvíz országos adatok	72
8.2. Ásványvizek	75
9. Vegyes élelmiszer	76
9.1. Országos adatok	76
10. A radon sugárterhelés	77
10.1. Radon a különböző szerkezetű házakban	77
Irodalom	80

Előszó

A Magyarországon működő három nagy hatósági rendszerben, az Egészségügyi, a Földművelésügyi és a Környezetvédelmi Minisztérium rendszereiben mért mérési eredmények összesítésére jött létre – az Országos Atomenergia Hivatal koordinálása mellett – a Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (HAKSER), amelynek mérési eredményei – értékelésükkel együtt – 1984 óta folyamatosan, éves jelentésekben olvashatóak.

Ennek felismeréseként jelent meg 2002 végén a kormány 275/2002. (XII. 21.) Korm. rendelete az országos sugárzási helyzet és radioaktív anyagkoncentrációk ellenőrzéséről (Rendelet), amely rendelkezik az eredmények összegyűjtéséről. A Rendelet meghatározza, hogy az OKSER hivatali szerve az Országos „Frédéric-Joliot Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet (a továbbiakban OSSKI), valamint, hogy az OKSER tevékenységét Szakbizottság irányítja.

2005-ben már valamennyi érintett intézmény adott adatokat, az OKSER központ fogadta és feldolgozta az adatokat. Az első jelentés – amely a 2005. évi főbb adatokat tartalmazza – 2006 szeptemberében jelent meg.

Budapest, 2009. október. 15

Dr. Koblinger László
az OKSER Szakbizottság elnöke

Az OKSER tagjai (a Rendelet alapján):

1. Önkormányzati Minisztérium,
2. Egészségügyi Minisztérium,
3. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium,
4. Gazdasági és Közlekedési Minisztérium,
5. Honvédelmi Minisztérium,
6. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium,
7. Oktatási Minisztérium,
8. Polgári Nemzetbiztonsági Szolgálatok Irányításában Közreműködő Politikai Államtitkár,
9. Magyar Tudományos Akadémia,
10. Országos Atomenergia Hivatal,
11. Paksi Atomerőmű Zártkörű Részvénytársaság,
12. Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft.

Az OKSER Szakbizottság tagjai (2009.10.15-én):

Barnabás István (Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft)

Dr. Bujtás Tibor (Paksi Atomerőmű Zrt.)

Dr. Dobi Bálint (Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium)

Fülöp Nándor (OSSKI, titkár)

Dr. Koblinger László (Országos Atomenergia Hivatal, elnök)

Dr. Lénárt András (Nemzetbiztonsági Hivatal)

Dr. Lévai Zoltán (Gazdasági és Közlekedési Minisztérium)

Dr. Pellet Sándor (Egészségügyi Minisztérium)

Dr. Zagyvai Péter (Oktatási Minisztérium)

Dr. Zellei Gábor (Önkormányzati Minisztérium)

Dr. Sági László (Magyar Tudományos Akadémia)

Dr. Tarján Sándor (Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium)

Micskey Gusztáv (Magyar Honvédség)

A Szakbizottság ülésein állandó meghívott Szarka Zsolt, Dr. Tóth Eszter.

A 2008. évi jelentésben szereplő mérési adatokat szolgáltató szervezetekben a mérésekben és adatküldésben részt vett intézmények és szakemberek (a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium nem nevezte meg a résztvevő szakembereket):

EGÉSZSÉGÜGYI MINISZTERIUM (OSSKI ÉS ERMAH LABORATÓRIUMOK)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Glavatszkih Nándor

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Dr. Déri Zsolt, Gaál Zoltánné, Guczi Judit, Hársné Takáts Ilona, Dr. Henye Irén, Homoki Zsolt, Jobbágy Benedek, Kelemen Mária, Kocsy Gábor, Dr. Legoza József, Madarász István, Dr. Makai Aranka, Dr. Nagy Zsuzsanna, Dr. Polgár Attila, Ormosiné Laca Éva, Szabó Gyula, Dr. Szarkáné Németh Agnes, Ugron Ágota

FÖLDMŰVELÉSÜGYI ÉS VIDÉKFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM

Bács-Kiskun Megyei MgSzH, Regionális Élelmiszerlánc-vizsgáló Komplex Laboratórium
Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei MgSzH, Regionális Élelmiszerlánc-vizsgáló Komplex Laboratórium

Fejér Megyei MgSzH, Regionális Élelmiszerlánc-vizsgáló Komplex Laboratórium

Hajdú-Bihar Megyei MgSzH, Regionális Élelmiszerlánc-vizsgáló Komplex Laboratórium

Somogy Megyei MgSzH, Regionális Élelmiszerlánc-vizsgáló Komplex Laboratórium

Tolna Megyei MgSzH, Regionális Élelmiszerlánc Radiokémiai Laboratórium

Vas Megyei MgSzH, Regionális Élelmiszerlánc Radiokémiai Laboratórium

Veszprém Megyei MgSzH, Regionális Élelmiszerlánc-vizsgáló Kémiai Laboratórium

MgSzH Központ Élelmiszer- és Takarmánybiztonsági Igazgatóság, Radioanalitikai Referencia Laboratórium

„Gabona Control” Radioanalitikai Laboratórium

HONVÉDELMI MINISZTERIUM (MAGYAR HONVÉDSÉG)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Zelenák János

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Micskey Gusztáv

KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS VÍZÜGYI MINISZTERIUM

Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőségek:

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Vancsura Péter

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Alföldi Attila, Bató Zsolt Flórián, Dr. Csenke Zoltánné, Gaál Erzsébet, Kálmán Gyula, Lipták Magdolna, Lukács Marianna, Muránszkyné Majoróczki Mária, Révészné Vass Ildikó, Sinka Gáborné, Vass István

Országos Meteorológiai Szolgálat:

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Dr. Nagy József

A mérésekben és adatküldésben részt vett: Dr. Sándor Valéria

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA (KFKI ATOMENERGIA KUTATÓ INTÉZET)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Dr. Sági László

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Csada Gabriella, Mészáros Mihály, Dr. Sági László

OKTATÁSI MINISZTERIUM

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Dr. Zagyvai Péter

A mérésekben és adatküldésben részt vettek:

Egyetemek: Abermann Dániel Leó, Dr. Antal Gergely, Bálintné Dr. Kristóf Krisztina, Dr. Dezső Zoltán, Dr. Dimény Judit, Dr. Divós Ferenc, Dr. Erdőhelyi András, Dr. Kári Béla, Dr. Kóbor József, Dr. Séra Emese Teréz, Dr. Somlai János, Dr. Süvegh Károly, Dr. Zagyvai Péter
RAD Labor: Dr. Tóth Eszter, Dr. Hámori Krisztián, Minda Mihály, valamint Havas Gergely és Tóth György (Magyar Állami Földtani Intézet)

ÖNKORMÁNYZATI MINISZTERIUM (ORSZÁGOS KATASZTRÓFAVÉDELMI FŐIGAZGATÓSÁG)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Szeitz Anita

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Herceg Péter, Kovács Norbert

PAKSI ATOMERŐMŰ (PA ZRT.)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Ranga Tibor

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Daróczi László, Lencsés András, Manga László, Végh Gábor

RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KÖZHASZNÚ NONPROFIT KFT (PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Kapitány Sándor

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Kapitány Sándor, Kirchhofer Beáta, Turza Péter, Zábrádiné Antal Andrea

Bevezetés

Az OKSER 2008. évi jelentése az Információs Központ adatbázisába beküldött eredményeken alapul. Egy összefoglaló, éves jelentésben természetesen nem lehet minden egyes adatot szerepeltetni (a 2008. évre vonatkozó mérési eredményeket több, mint 50 000 rekord tartalmazza). Az eredmények feldolgozásánál, összesítésénél és bemutatásánál a következő főbb szempontokat érvényesítettük:

- a) A mérési eredményeket elsősorban a mintafajták, nagyobb mintacsoportok szerint (pl. talaj, növényzet, állati eredetű élelmiszerek) csoportosítottuk. Ezeken belül azonban – indokolt esetben – alcsoportokat (pl. takarmány, növényi eredetű nyers élelmiszer, feldolgozott növényi eredetű élelmiszer) képeztünk.
- b) Az eredmények egyik nagy csoportja az országos sugárzási helyzetet jellemzi általában, míg a másik csoport valamilyen létesítmény működéséhez, annak esetleges hatásaihoz köthető. (A két csoportot eredményező ellenőrzési programok között lényeges különbségek vannak, ezekre most nem kívánunk kitérni.)
- c) Természetes csoportosítási lehetőséget jelent a mért mennyiség, radionuklid, aktivitás stb. szerinti besorolás. Lehetőség szerint törekedtünk az ún. nuklidspecifikus eredmények bemutatására, azonban nem hagyhattuk el a mérési programok jelentős részét képviselő – inkább indikátor jellegű mennyiségnek tekinthető – összes béta-aktivitási adatokat sem.
- d) A b) pontnak megfelelően az országos ellenőrzési eredmények alapvető megjelenítési formái az éves átlagok, valamint egyéb statisztikai jellemzőket bemutató térképek és táblázatok. Tekintettel arra, hogy a mintavételi programok általában megyei szintig lebontottak – kivétel a gamma-dózisteljesítmény és a felszíni vizek ellenőrzése – a feldolgozás térbeli felbontása is ennek megfelelő. (A táblázatokban használt megyekódok feloldását az 1. táblázatban közöljük.) A létesítményekhez kötött ellenőrzési programok eredményeinek bemutatásánál – ahol a hatások kimutatása a fő cél – az időbeli változások megjelenítésére törekedtünk.
- e) A létesítmények ellenőrzési eredményeinél a telephelyet és annak környezetét általában jellemző adatsorokat választottunk, nem volt célunk az egyes munkahelyekre, műveletekre érvényes sugárzási viszonyok bemutatása.
- f) Az alkalmazott érzékeny technikák, eszközök ellenére a mérések több mintafajtánál is nagy számban kimutatási határ alatti eredményeket szolgáltatottak. A valódi és a kimutatási határ alatti eredmények megfelelő statisztikai kezelésére a táblázatos összefoglalásokban a következő módszert alkalmaztuk:
 - átlagot csak abban az esetben képeztünk, ha a valódi eredmények száma 10 feletti volt (ekkor a kimutatási határ alatti eredményeket a kimutatási határ értékével vettük figyelembe);
 - csak a minimum és maximum értékeket adtuk meg, ha a valódi eredmények száma 2 és 10 közötti volt;
 - csak a maximum értéket szerepeltettük – megállapodás szerint – , ha csupán 1 valódi eredmény volt;
 - végül nem közöltünk eredményt, ha minden adat kimutatási határ alatti volt;
 - természetesen az eredmények összesített számán kívül minden esetben feltüntettük a kimutatási határ alattiak számát is.
 - A térképeknél – az egységes megjelenítés érdekében – mindenütt a maximumokat tüntettük fel.

- természetesen az eredmények összesített számán kívül minden esetben feltüntettük a kimutatási határ alattiak számát is.
- A térképeknél – az egységes megjelenítés érdekében – mindenütt a maximumokat tüntettük fel.

1. táblázat. A megyék kódjai

Megye kódja	Megye
BA	Baranya
BE	Békés
BK	Bács-Kiskun
BP	Budapest
BZ	Borsod-Abaúj-Zemplén
CS	Csongrád
FE	Fejér
GY	Győr-Moson-Sopron
HA	Hajdú-Bihar
HE	Heves
JA	Jász-Nagykun-Szolnok
KO	Komárom-Esztergom
NO	Nógrád
PE	Pest
SO	Somogy
SZ	Szabolcs-Szatmár-Bereg
TO	Tolna
VA	Vas
VE	Veszprém
ZA	Zala

A közölt átlagokhoz – ahol a fentiek szerint ilyet képezhettünk – megadtuk az eredményekből számolt szórásokat is (kivéve az országosan összesített átlagoknál). Az egyedi mérési eredmények bizonytalanságáról elmondható, hogy a mérések relatív hibája általában nem haladja meg a 10 %-ot. Nagyobb és nehezen, vagy egyáltalán nem számszerűsíthető bizonytalanságot eredményez a mintavétel olyan környezeti mintáknál, ahol jelentős mértékű inhomogenitás fordulhat elő (pl. a csernobili atomerőmű balesetből származó ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációja a talajban).

Kiegészítésként megjegyezzük, hogy a jelentésben szereplő adatoknál több tekintetben részletesebb, elemzőbb összefoglalókat találhatunk egyes tárcák mérőhálózatainak tevékenységéről, illetve egyes létesítmények környezet-ellenőrzéséről szóló cikkeken, jelentéseken. Ezeket az irodalomjegyzékben megadjuk.

Budapest, 2009. október 15.

Fülöp Nándor
az OKSER Információs Központ vezetője

Következtetések

Hangsúlyozni kell, hogy míg az Európai Unió rendelete szerint {Council Regulation (EEC) No 737/90 of 22 March 1990 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power-station} az élelmiszerekben a ^{134}Cs és ^{137}Cs radionuklidok megengedhető együttes legnagyobb szintje 600 Bq/kg (tejben, tejtermékekben és csecsemőélelmiszerben 370 Bq/kg), addig a hazai, feldolgozott élelmiszerekben a 2008-ban mért legnagyobb értékek 1 Bq/kg alatt maradtak.

Hangsúlyozni kell, hogy míg az Európai Unió rendelete szerint az élelmiszerekben a ^{134}Cs és ^{137}Cs radionuklidok megengedhető együttes legnagyobb szintje 600 Bq/kg (tejben, tejtermékekben és csecsemőélelmiszerben 370 Bq/kg), addig a hazai, feldolgozott élelmiszerekben a 2008-ban mért legnagyobb értékek 1 Bq/kg alatt maradtak.

A Paksi Atomerőmű és más kiemelt létesítmények (Budapesti Kutatóreaktor, BME Oktatóreaktor, Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója, továbbá a Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló) működésének hatását a környezetben sem a saját, sem a hatóságok által üzemeltetett környezet-ellenőrző rendszerek nem tudták kimutatni.

Végül megemlíjtük, hogy a lakosság mesterséges forrásokból származó sugárterhelése – az orvosi célú alkalmazásokon kívül – hazánkban az utóbbi években 3-6 μSv közöttire becsülhető, míg a természetes eredetű sugárterhelés ennél közel három nagyságrenddel nagyobb.

Összefoglalásul megállapíthatjuk, hogy mind az országos, mind a létesítményi környezet-ellenőrzés során kapott eredmények a környezetre illetve lakosságra gyakorolt hatása elhanyagolható, a radioaktív izotópok koncentráció értékei több mintafajtnál is túlnyomórészt kimutatási határ alatt maradnak.

Conclusion

It should be emphasized that the activity concentration of radiocaesium concentrations remained below 1 Bq/kg in the Hungarian processed foodstuffs in 2008. The maximum permitted levels according to the Council Regulation (EEC) No 737/90 of 22 March 1990 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power-station are 600 Bq/kg in general and 370 Bq/kg for milk, milk products and infant foods, for the sum of ^{137}Cs and ^{134}Cs .

It should be emphasized that the activity concentration of radiocaesium concentrations remained below 1 Bq/kg in the Hungarian processed foodstuffs in 2008. The maximum permitted levels according to the relevant Council Regulation are 600 Bq/kg in general and 370 Bq/kg for milk, milk products and infant foods, for the sum of ^{137}Cs and ^{134}Cs .

The effect on the environment of the Nuclear Power Plant at Paks and of the other special installations (Budapest Research Reactor, the University Training Reactor, the Spent Fuel Interim Storage Facility, and the Radioactive Waste Management and Disposal Facility) was

detected neither by the environmental monitoring systems of the installations nor by the networks of authorities.

The annual dose of the Hungarian population due to artificial radiation sources – excluding the exposure due to the medical applications – was about 3-6 μSv in the last years, while the natural radiation burden is higher by nearly 3 orders of magnitude.

It can be concluded, that the environmental monitoring results indicated very low radiological effect on the environment and negligible population doses, many measurement results were even below the detection limits.

1. Külső gamma-dózisteljesítmény

Az Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer (OSJER) részeként működő Radiológiai Távmérő Hálózat jelenleg négy ágazat mérőhálózatából és információs központjából áll; ezek üzemeltetői:

- Önkormányzati Minisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (OKF);
- Magyar Honvédség (MH);
- Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ);
- Paksi Atomerőmű Zrt (PA Zrt).

2008-ban az MH 35, az OMSZ 29, a PA Zrt. 20 és az OKF 8 mérőállomásáról származó gamma-dózisteljesítmény adatok az egyes ágazati információs központokon keresztül az OKF Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központba érkeztek, ahonnan a megfelelő feldolgozás után rendszeres időközönként átadásra kerültek az OKSER adatbázisa számára. A mérőállomások száma folyamatosan változik, mivel az ágazatok bővítik és átalakítják a mérőrendszereiket, illetve újabbakra és korszerűbbekre cserélik azokat.

A mérőállomásokon az ágazatok egységes típusú proporcionális mérőszondát használnak. Ezen eszközök megbízhatóságát környezeti gammadózis-teljesítmény mérésére 30 nSv/óra és 10 Sv/óra dózisteljesítmény tartományban MKEH típusvizsgálaton igazolták.

Alaphelyzetben az OKF és a PA Zrt. adatai 10 percenként, az OMSZ adatai óránként, az MH adatai 6 óránként érkeznek a Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központba. Normál időszakban az adatok ritkábban, heti, vagy havi rendszerességgel kerülnek át az OKSER adatbázisba. A rendszerben a riasztási szint minden mérőállomáson egységesen 500 nSv/óra. Az OKF alkalmaz egy figyelmeztetési szintet is, aminek a túllépése esetén a változást ki kell vizsgálni. A figyelmeztetési szint értéke 2008-ban 200 nSv/h volt. A riasztási szint túllépése esetén az egyes mérőállomások a központba riasztási jelet küldenek és ezután minden mérőállomás esetében lehetőség van átállni a 10 percenként történő adattovábbításra. A riasztási állapot elérése után a rendszer az OKSER adatbázis számára az adatokat az alaphelyzethez képest nagyobb gyakorisággal tudja biztosítani.

Az OKF és az OMSZ adatok a lakosság részére a www.katasztrofavedelem.hu, www.met.hu honlapokon keresztül elérhetőek. Az Európai Unió által indított EURDEP program keretében az adatokat a szervező intézetbe (Joint Research Centre, Ispra, Olaszország) is megküldi az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság EURDEP központja, így ezek az ottani honlapon (www.eurdep.jrc.ec.europa.eu) is megtekinthetők.

A külső gammadózis-teljesítmény mérése ún. integráló típusú passzív detektorokkal is történhet. Az OSSKI egy országos és egy Paks környéki TLD-hálózatot működtet, amelynek 2008. évi eredményeit a megfelelő alfejezetekben ismertetjük.

Az Oktatási és Kulturális Minisztériumhoz (OKM) tartozó egyetemeken elhelyezett, 11 mérőszonda dózisteljesítmény adatait az OM-OSJER központja (BME-NTI) gyűjti és értékeli, ezek eredményeit is a megfelelő alfejezet tartalmazza.

1.1. Országos adatok

1.1.1. A Radiológiai Távmérő hálózat adatai (OKF, MH, OMSZ)

A mérőállomások országos területi elhelyezkedését az 1.1.1. ábra szemlélteti. Látható, hogy a területi eloszlás nem egyenletes, pl. Budapest térségében az állomások sűrűsége nagyobb. Egyes térségekben azonban megyénként csak 1-2 állomás található. Az ábrán és az 1.1.1. táblázatban a 100-zal kezdődő kódok az OKF, a 300-zal kezdődőek a MH, a 400-as kezdetűek az OMSZ állomásait jelölik. (A PA Zrt. Állomásairól kapott adatokat az 1.2.2. fejezetben ismertetjük.)

Az adott pontban mérhető környezeti dózisteljesítményt négy tényező határozza meg:

- a kozmikus sugárzás mértéke, amely első közelítésben az országon belül azonosnak vehető,
- a talajban található és onnan kikerülő természetes radionuklidok sugárzása,
- az épített környezet jellemzői (a szonda elhelyezkedése),
- a létesítmény működésének hatása.

Nyilvánvaló, hogy egy létesítmény környezet-ellenőrzése szempontjából a negyedik tényező a fontos, a másik három csupán az eredményt befolyásoló „zaj”; ugyanakkor a lakosság sugárterhelésének meghatározásában – a szélsőségesnek tekinthető eseteket leszámítva – az összes komponens együttes hatását kell figyelembe vennünk.

Az 1.1.2. ábrán a napi dózisteljesítmények országos átlagának, illetve az adott napon mért minimum és maximum értékeknek a változása látható 2008-ban. Hangsúlyozzuk, hogy 2008-ban nem történt olyan valós esemény, amely a riasztási szint túllépését eredményezte volna. A napi dózisteljesítmény országos éves átlaga a 2007. évihez hasonló, 94 nSv/h volt (2007-ben 91 nSv/h), a napi átlagok a 68-176 nSv/óra közötti tartományban mozogtak. A maximumértékek nagyobb ingadozása nagyrészt a meteorológiai viszonyok megváltozásának – pl. nagy esőzések hatásának – az eredménye.

A mérőállomások telepítési helye alapvetően meghatározza a dózisteljesítmény szintjét, pl. a Tatán telepített mérőállomások (304 és 425 kódok) eredményei jelentősen eltérnek egymástól (1.1.1. táblázat). Ennek oka az, hogy míg az egyik mérőállomás füves terepen, a másik salakkal borított területen van telepítve, és a salak jelentősen megnöveli a dózisteljesítményt.



1.1.1. ábra. A dózisteljesítmény-mérőhelyek országos elhelyezkedése (a 100-as kezdetű kódok az OKF, a 300-as kezdetűek a HM, a 400-as kezdetűek az OMSZ mérőhelyeit jelölik)

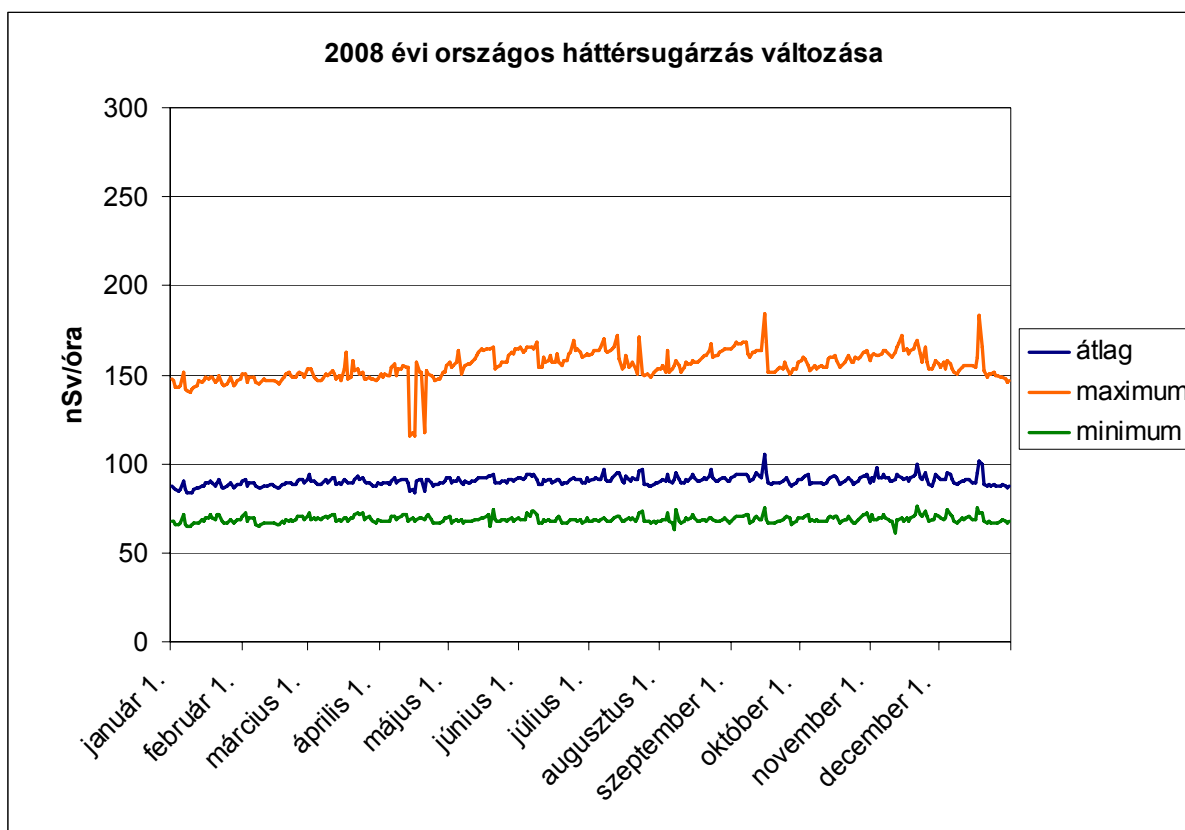
1.1.1. táblázat. Országos dózisteljesítmény eredmények napi átlagainak jellemzői 2008-ban (N az üzemelő napok számát jelöli)

Állomáskód*	Átlag nSv/h	Minimum nSv/h	Maximum nSv/h	Szórás nSv/h	N
101	113	103	128	3,3	363
102	92	89	93	1,2	11
106	90	83	110	2,7	311
109	111	99	128	4,2	306
117	104	98	126	3,1	344
118	103	95	122	4,7	363
120	87	80	108	2,9	360
124	105	98	114	2,3	333
302	113	103	132	3,2	328
303	83	79	91	1,8	327
304	156	140	174	6,9	326
305	85	81	165	4,9	330
307	93	86	104	2,6	328
310	90	84	111	3,0	329
311	87	79	168	5,9	330
312	107	95	135	4,6	329
313	96	87	118	2,9	329
316	138	116	167	7,5	325
322	91	76	131	4,6	324
326	90	85	167	5,1	330
327	97	94	103	4,9	3
328	83	75	136	4,1	330
329	116	99	148	6,1	329
330	100	90	124	3,2	328
331	75	71	91	2,1	329
332	109	68	121	6,1	279
333	128	117	151	4,4	329
335	101	94	124	3,5	329
336	98	89	135	3,7	329
337	77	72	92	2,5	330
338	141	126	176	4,6	328
339	100	92	159	4,5	329
341	87	78	117	3,3	329
342	88	82	97	2,4	166
343	87	80	114	2,8	328
344	86	82	100	1,9	329
345	74	72	78	2,5	5
346	124	114	141	3,7	119
348	84	76	168	5,7	329
349	93	87	118	2,7	328
350	100	90	130	3,6	327
351	99	88	134	4,2	329
400	101	96	121	3,2	219
101	113	103	128	3,3	363
102	92	89	93	1,2	11

1.1.1. táblázat (folytatás).

Állomáskód*	Átlag nSv/h	Minimum nSv/h	Maximum nSv/h	Szórás nSv/h	N
401	76	71	92	2,5	366
402	78	73	113	3,3	366
403	84	75	96	2,6	306
404	77	72	92	2,6	326
405	90	78	118	4,8	313
406	81	75	105	3,0	321
407	88	83	113	2,9	366
408	81	73	97	2,9	366
409	80	68	94	3,5	312
410	79	73	102	3,5	366
411	75	69	102	3,3	298
412	112	92	133	5,8	306
413	77	71	92	2,7	323
414	97	83	123	4,5	366
415	91	84	114	3,6	308
416	89	82	114	3,3	324
417	74	69	86	2,4	292
418	95	87	115	3,6	366
419	86	76	100	3,3	306
420	88	80	112	3,6	311
421	75	68	93	2,6	365
422	80	74	96	2,8	308
423	106	100	123	3,4	294
424	101	93	129	4,1	365
425	98	88	123	4,0	303
426	73	68	86	2,1	366
427	88	81	114	3,6	366
Az összes állomásra	94	68	176	-	21681

* A 100-as kezdetű kódok az OKF, a 300-as kezdetűek a MH, a 400-as kezdetűek az OMSZ mérőhelyeit jelölik



1.1.2. ábra. A napi dózisteljesítmények országos átlagainak, maximális és minimális értékeinek változása 2008-ban

1.1.2. Az országos TLD mérőhálózat adatai (OSSKI)

A környezeti gamma-dózisteljesítmény mérésére egy 115 mérési helyszínből álló országos mérőhálózatot tartunk fenn. A mérőhálózat mérési helyszíneire negyedévente küldjük ki a termolumineszcensz detektorokat (TLD) postán, így minden detektor negyedéves expozíciós időszak után kerül vissza hozzánk. A detektorokat a szabadban helyezik ki. A mérési pontokat és a 2008-es mérési eredményeket az 1.1.3. ábra, illetve az 1.1.2. táblázat mutatja. A mérési eredmények jellemző hibája 5% körüli. Néhány esetben a doziméterek elvesztek vagy kiértékelhetetlenek voltak, a táblázatban ezen eredmények helye üresen maradt.



1.1.3. ábra. Az országos TLD mérőhálózat mérési pontjai

1.1.2. táblázat. Az országos TLD mérőhálózat 2008. évi mérési eredményei

Település	Dózisteljesítmény (nSv/h)			
	1. negyedév	2. negyedév	3. negyedév	4. negyedév
Szendrőlád	81		77	
Sárospatak	106	112	95	106
Vásárosnamény		78		74
Tiszabecs	83	82	78	77
Rajka	97	87	80	75
Vámosmikola	105	92	85	89
Királyrét	102	102	106	94
Balassagyarmat	89	85	84	88
Romhány		107	87	97
Galyatető	86	88	81	75
Borsodnádasd		81	76	76
Kékestető	79	84	78	69
Eger	95	93	106	
Miskolc	92	92	83	109
Polgár	95	87	74	78
Hajdúdorog	90	85	77	83
Sopron	90	96	87	89
Sopronhorpács	104	96	88	100
Győr	102	93	86	90
Komárom	90	86		84
Kisbér	123	88	91	97
Esztergom	74	69	65	69
Dobogókő		97	81	75
Budapest I.		111	94	100
Budapest III.	75	73	67	71

1.1.2. táblázat. (folytatás)

Település	Dózisteljesítmény (nSv/h)			
	1. negyedév	2. negyedév	3. negyedév	4. negyedév
Gyöngyös	131	113	102	114
Lőrinci	108	104	87	97
Jászberény	84	80	69	83
Kompolt	91	82	81	83
Jászapáti	97	92	83	87
Poroszló	95	92	85	84
Hortobágy	95	90	84	83
Debrecen	85	86	80	79
Káld	83	89	78	88
Pápa	84	67	58	65
Farkasgyepű	85	82	80	82
Martonvásár	101	96	93	95
Monor	92	92	84	
Örkény	80	79	68	72
Nagykátá	78	73	69	74
Cegléd	78	75	64	73
Karcag	106	90	87	97
Berettyóújfalu	88	92	88	89
Szentgotthárd	98	85	80	85
Körmend		94		
Sümeg	74	71	68	68
Keszthely	92	86	79	93
Mencshely	81	74	73	75
Tihany	82	81	76	75
Siófok	107	104	87	90
Nagyhörcsök	107	109	98	94
Kisapostag	87	87	90	92
Kunszentmiklós	89	86	74	80
Izsák	89	88	73	83
Kecskemét	68			81
Tiszaújváros	99	88	80	83
Szarvas	105	99	86	90
Szeghalom	105	112	97	94
Körösszakál	104	92	84	93
Lenti	116	106	98	94
Letenye	105	106	94	89
Nagykanizsa	94	91	87	90
Tab	94	89	80	86
Nagykónyi	109	103	105	95
Paks	97	81	72	79
Kiskunfélegyháza	107	103	87	90
Kistelek	75	72	67	65
Szentés	110	97	89	102
Kaposvár	87	80	75	68
Szigetvár	118	100	99	95
Pécs	109	110	101	101
Árpádtető	116	107	100	103
Baja	98	106	92	92
Bácsalmás	99	95	84	80
Szeged	85	90	72	79
Makó	96	99	82	82
Siklós I.	121	126		111

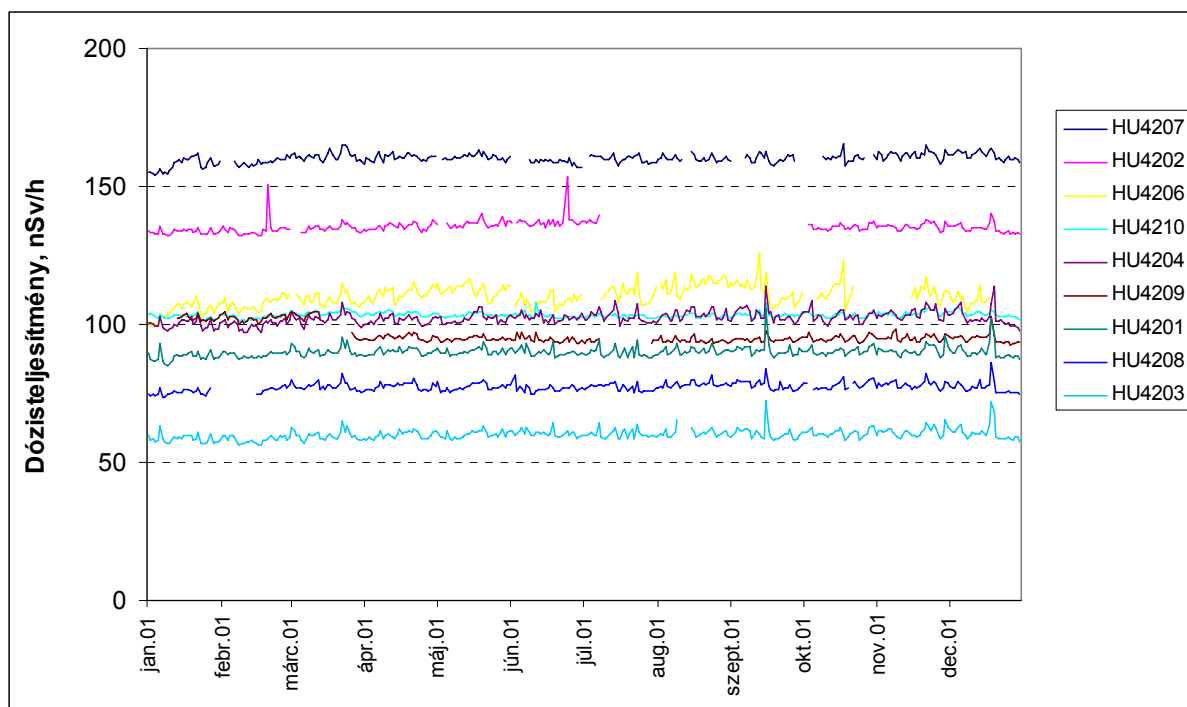
1.1.2. táblázat. (folytatás)

Település	Dózisteljesítmény (nSv/h)			
	1. negyedév	2. negyedév	3. negyedév	4. negyedév
Budapest, OSSKI	96	86	75	85
Siklós II.	75	86	65	62
Budapest IV.	88	92	83	86
Salgótarján	104	95	96	89
Nyíregyháza	57		69	70
Szentendre	92	90	81	91
Zirc	104	98	84	
Székesfehérvár	79	90	79	79
Tatabánya		92	97	71
Kazincbarcika	105	97	92	82
Tokaj	103	91	84	87
Veszprém	77			63
Záhony	111	114	101	94
Vác	95	84	80	79
Szolnok	92	92	81	86
Zalaegerszeg	106	88	99	95
Kisvárd	88	84	79	86
Túrkeve	104	98	89	100
Alcsútdoboz	88		90	92
Tiszaroff	81	80	69	77
Mezőhegyes	106	110	96	97
Hövej	80	79	68	71
Marcali	84	105	72	64
Szombathely	108	111	103	89
Mátészalka	93	85	79	73
Mór	99	90	79	90
Szekszárd	91	86	76	82
Gyöngyössolymos	176	133	131	163
Hollóháza	114	102	97	97
Hídvégardó	78	68	60	68
Iregszemcse	128	117	105	100
Gödöllő	83	82	77	75
Békéscsaba	85	77	75	77
Hajdúszoboszló	98	97	88	90

1.1.3. Egyetemek mérési eredményei

Az Oktatási és Kulturális Minisztériumhoz (OKM) tartozó egyetemeken elhelyezett, összesen 11 proporcionális mérőszonda (melyek típusa azonos az 1.1 fejezetben ismertetett országos radiológiai távmérő hálózatban alkalmazott berendezésével) napi dózisteljesítmény adatainak változását az 1.2.1. ábrán szemléltetjük. Az ábrán használt kódok jelentését az 1.2.1. táblázatban adtuk meg.

Az egyetemi mérőhálózat adatai a <http://omosjer.reak.bme.hu/> honlapon elérhetőek.



1.1.4. ábra. Az egyetemeken elhelyezett mérőszondák napi dózisteljesítményeinek időbeli változása 2008-ban

1.1.3. táblázat. Az egyetemeken elhelyezett mérőszondák kódjai

Helykód	Intézmény neve
HU4201	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
HU4202	Semmelweis Egyetem (Budapest)
HU4203	Eötvös Loránd Tudományegyetem (Budapest)
HU4204	Debreceni Egyetem
HU4205	Szent István Egyetem (Gödöllő) *
HU4206	Kaposvári Egyetem
HU4207	Pécsi Tudományegyetem
HU4208	Pannon Egyetem (Veszprém)
HU4209	Nyugat-magyarországi Egyetem (Sopron)
HU4210	Szegedi Tudományegyetem - I. mérőhely
HU4211	Szegedi Tudományegyetem - II. mérőhely *

* 2008-ban nem működött

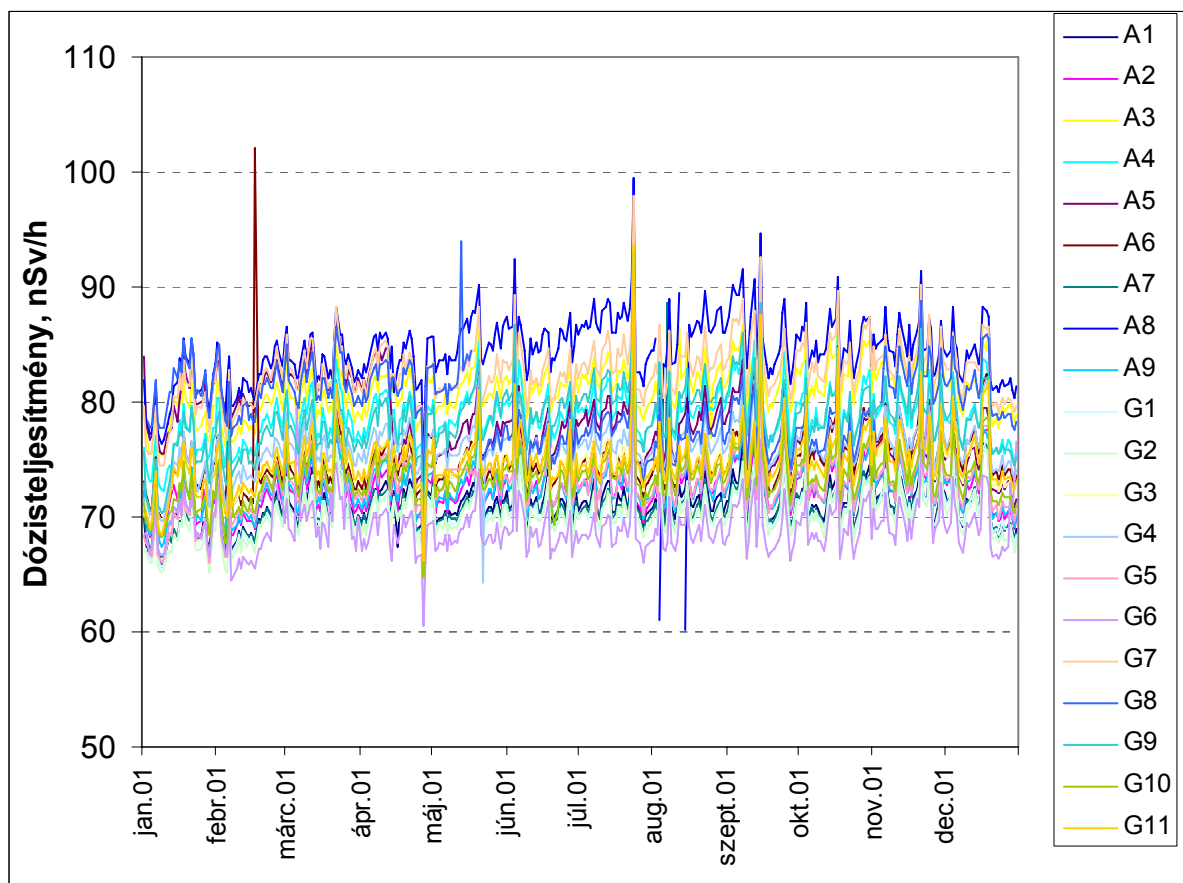
A legnagyobb és a legkisebb dózisteljesítmények (Pécsi Egyetem és Eötvös Loránd Tudományegyetem) között közel háromszoros az eltérés. Ennek fő okát a mérőszondák elhelyezésében kereshetjük (az utóbbi intézménynél a mérőszonda egy új épület külső falára van egy emelet magasan felszerelve).

1.2. Létesítményi mérési adatok

A létesítmények mérési eredményeit a működtető tárcá, intézmény szerint csoportosítottuk, ez a csoportosítás nagyrészt tükrözi a létesítmények jellegét, jellemzőit is.

1.2.1. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző állomásainak mérési adatai

A Paksi Atomerőmű (PAE) környezet-ellenőrző rendszerének részét alkotó dózisteljesítménymérő szondákkal mért napi dózisteljesítmények időbeli változását mutatjuk be az 1.2.1. ábrán. (Az összesen 20 szonda havi átlagolású eredményei az erőmű éves jelentésében megtalálhatók).



1.2.1. ábra. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző állomásain mért napi dózisteljesítmények időbeli változása 2008-ban

Az 1.2.1. ábrából láthatóan az egyes állomások idősorainak változásai jól követik egymást. A dózisteljesítményben megfigyelhető csúcsok időjárási eseményekhez – légnyomás nagymértékű változása, esőzések – kötődnek. A legnagyobb és legkisebb dózisteljesítmények között látható különbség oka az állomások környezetének eltérő talajtípusa.

Az országos TLD méréseken felül Paks környékén az OSSKI egy 39 mérési helyszínből álló mérőhálózatot is működtet a környezeti gamma-dózisteljesítmény mérésére. A mérőhálózat mérési helyszíneire szintén negyedévente küldjük ki a TL detektorokat postán, így minden detektor negyedéves expozíciós időszak után kerül vissza hozzánk. A detektorokat a szabadban helyezik ki. A mérési pontok elhelyezkedését és a mérési eredményeket az 1.2.2. ábra, illetve az 1.2.1. táblázat mutatja. A mérési eredmények jellemző hibája 5% körüli. Néhány esetben a doziméterek elvesztek vagy kiértékelhetetlenek voltak, a táblázatban ezen eredmények helye üresen maradt.



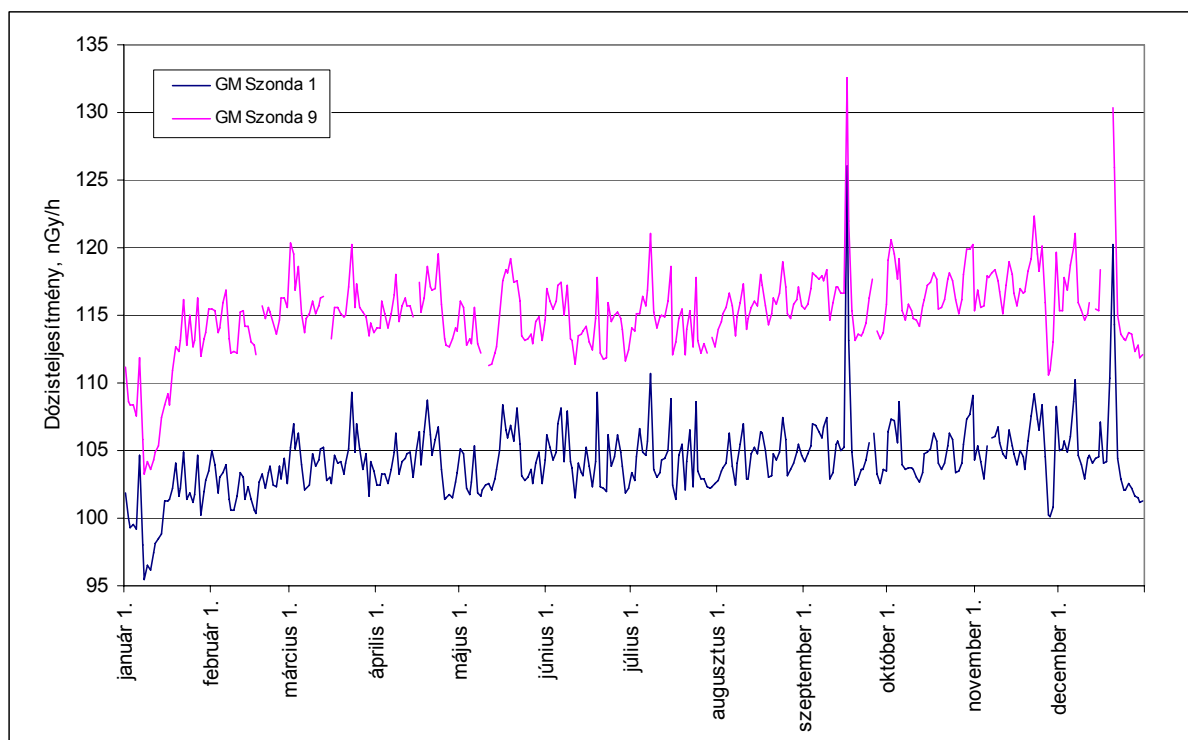
1.2.2. ábra. A Paks környéki TLD mérések helyszínei

1.2.1. táblázat. A Paks környéki TLD mérések 2008. évi eredményei

Település	Dózisteljesítmény (nSv/h)			
	1. negyedév	2. negyedév	3. negyedév	4. negyedév
Déli bekötőút	70	69	59	65
Borsócséplői út	73	69	65	61
Földespuszta	86	85	81	81
Dunaföldvár	73	64	64	70
Úzd reléállomás	86	81	77	74
Tengelic - Szőlőhegy	75	69	71	65
Dunaszentgyörgy 6-os út	80	73	68	73
Uszód I.	83	78	75	76
Géderlak	85	79	77	81
Kalocsa	89	87	74	80
Szekszárd DÉDÁSZ	91	86	76	82
Kiskőrös	75	66	65	71
Löszdomb	65	61	54	58
Északi bekötőút	61	59	53	64
Dunaszentbenedek	80	75	74	73
Csámpa vízmű	69	63	58	63
Foktő I.	88	84	78	85
Uszód II.	94			79
Foktő II.	92	100	79	81
Bátya	96	88	85	82
Fajsz	119	99	92	105
Dusnok	94	87	78	86
Miske	102	95	91	
Hajós	93	89		103
Császártöltés	96	95	82	87
Kecel	100	88	83	81
Öregcsertő	99	88	89	83
Szakmár	81	83	77	75
Dunapataj	104	93	92	87
Dunakömlőd	108	126	93	93
Németkér	109	100	107	85
Dunaszentgyörgy	75	77	75	79
Bogyiszló	104	100	82	86
Tengelic	98	95	86	88
Nagydorog	105	116	94	95
Paks	96	101	84	83
Zomba	130	128	104	110
Kölesd	118	118	104	99
Simontornya	104	102	91	85

1.2.2. A KFKI telephelyén mért gammadózis-teljesítmények

A KFKI telephelyén a dózisteljesítmény ellenőrzésére 17 GM-szonda szolgál. Ezen detektorok közül két olyant választottunk ki (1. és 9. állomás), amelyek jól jellemzik a telephely dózisteljesítmény-szintjét általában (1.2.3. ábra). A többi állomáson az izotópforgalom, -szállítások miatt időnként az átlagos háttérszintet meghaladó értékeket is mérhetnek, ezek azonban inkább az egyes műveletek sugárzási viszonyaira és nem a telephely környezetére jellemzőek.



1.2.3. ábra. A KFKI két állomásán mért napi dózisteljesítmények időbeli változása 2008-ban

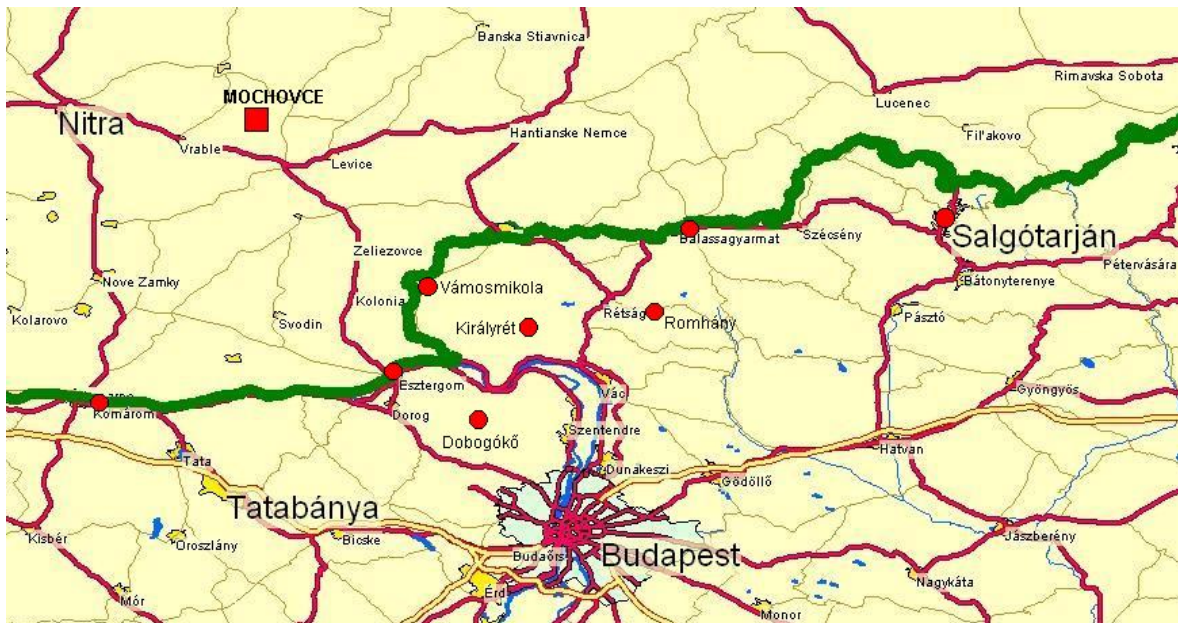
A szondák az intézetben kifejlesztett elektronikát és 2 GM-csövet tartalmaznak: egy nagy érzékenységgűt (10 nGy/h - 1 mGy/h) a normál, és egy kis érzékenységgűt (0,10 mGy/h - 10 Gy/h) a baleseti szintekre. Az adatokat on-line módon továbbítják az NBIÉK adatközpontba, illetve heti gyakorisággal az OKSER központjába.

A riasztási szint az átlagos háttérszint kétszerese, kerekén 200 nGy/h. A KFKI adatközpontja az eredményeket tízpercenként tárolja. (A pillanatnyi adatok az Interneten is megtekinthetők a következő honlapon: <http://148.6.176.241>.) Az éves feldolgozott adatokat a Környezetvédelmi Szolgálat Évi Jelentése tartalmazza, amelyet a KFKI honlapján (www.kfki.hu) lehet megtekinteni a „Környezetvédelmi Szolgálat” menüpontban.

1.2.3. A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért dózisteljesítmények (OSSKI)

A Mohi Atomerőmű hazai környezetének ellenőrzéseként az OSSKI in-situ gamma-spektrometriai és dózisteljesítmény méréseket is végez a határ közelében 8 mérési helyszínen évente kétszer. A mérési helyszíneket és a 2008-as mérések eredményeit az 1.2.4. ábra ill. az 1.2.2. és 1.2.3. táblázatok mutatják be. A tórium-sorra, az urán-sorra valamint a K-40-re vonatkozó adatokat csak a teljesség kedvéért tüntettük fel, ezeket a Mohi Atomerőmű működése nem befolyásolja. A Cs-137 koncentrációjára kapott értékek nem térnek el szignifikánsan az ország más területein jellemző értékektől (lásd pl. 1.2.7. táblázat).

A gamma-dózisteljesítményt AUTOMESS 6150 AD 6/H műszerrel mértük, a hiba minden esetben 1% körüli.



1.2.4. ábra. A mohi atomerőmű hazai környezetének mérési helyszínei

1.2.2. táblázat. In-situ mérések eredményei 2008-ban

(a ^{137}Cs eredmények kBq/m^2 , a többi adat Bq/kg egységben szerepel)

	Komárom	Esztergom	Dobogókő	Királyrét	Vámos- mikola	Romhány	Salgó- tarján	Balassagy armat
1. félév								
^{232}Th -sor	$16,8 \pm 1,6$	$14,9 \pm 1,5$	$25,2 \pm 2,1$	$33,8 \pm 2,5$	$34,2 \pm 2,6$	$33,9 \pm 2,5$	$34,3 \pm 2,5$	$22,9 \pm 1,9$
^{238}U -sor	$37,0 \pm 2,4$	$19,6 \pm 1,6$	$22,2 \pm 1,8$	$32,2 \pm 2,3$	$39,2 \pm 2,7$	$38,6 \pm 2,6$	$34,3 \pm 2,3$	$16,9 \pm 1,5$
^{40}K	272 ± 49	267 ± 48	272 ± 49	408 ± 72	422 ± 74	464 ± 81	385 ± 68	291 ± 52
^{137}Cs	$31,6 \pm 3,6$	$4,3 \pm 0,8$	$11,3 \pm 1,5$	$3,6 \pm 0,8$	$3,8 \pm 0,8$	$3,2 \pm 0,8$	$8,0 \pm 1,2$	$8,6 \pm 1,3$
2. félév								
^{232}Th -sor	$19,9 \pm 1,9$	$17,5 \pm 1,8$	$27,3 \pm 2,5$	$33,2 \pm 2,7$	$30,3 \pm 2,3$	$31,9 \pm 2,5$	$33,5 \pm 2,5$	$29,7 \pm 2,3$
^{238}U -sor	$36,8 \pm 2,5$	$34,8 \pm 2,4$	$25,9 \pm 2,2$	$38,1 \pm 2,6$	$34,6 \pm 2,4$	$41,3 \pm 2,7$	$39,1 \pm 2,6$	$24,2 \pm 2,0$
^{40}K	332 ± 59	281 ± 50	296 ± 56	451 ± 79	408 ± 72	521 ± 91	403 ± 71	352 ± 62
^{137}Cs	$27,1 \pm 3,1$	$6,9 \pm 1,1$	$12,1 \pm 1,7$	$4,5 \pm 0,9$	$4,2 \pm 0,8$	$5,7 \pm 1,0$	$9,9 \pm 1,4$	$13,6 \pm 1,8$

1.2.3. táblázat. 2008. évi dózisteljesítmény mérések eredményei

	Dózisteljesítmény, 1. félév (nSv/h)	Dózisteljesítmény, 2. félév (nSv/h)
Komárom	79	111
Esztergom	66	107
Dobogókő	82	106
Királyrét	75	117
Vámosmikola	92	121
Romhány	84	126
Salgótárján	86	117
Balassagyarmat	77	100

1.2.4. Bátaapáti környéki dózisteljesítmény mérések (OSSKI)

A Bátaapáti környékén 2009 óta üzemelő Nemzeti Radioaktív Hulladéktároló alapszintfelmérésének részeként az OSSKI az RHK Kft. megbízásából 2008-ban is rendszeres gamma-dózisteljesítmény méréseket végzett a térségben a Mecsek-Öko Környezetvédelmi Zrt-vel együttműködésben.

A mérések TLD-vel történnek. 20 mérési helyszínen az OSSKI végzi a detektorok kihelyezését és kb. másfél havonkénti cseréjét, míg másik 29 mérési helyszínen a Mecsek-Öko Környezetvédelmi Zrt. cseréli a detektorokat. Épületben és szabadtéren egyaránt folynak mérések, két mérési pont pedig a vágatban helyezkedik el.

A szabadban AUTOMESS 6150 AD 6/H típusú kézi műszerrel is mérik a dózisteljesítményt (a mérések hibája minden esetben 1% körüli). A TL detektorok kiértékelése az OSSKI-ban történik.

A mérési eredményeket az 1.2.4-1.2.6. táblázatok tartalmazzák. Néhány esetben a doziméterek elvesztek vagy kiértékelhetetlenek voltak, a táblázatban ezen eredmények helye üresen maradt.

Mind az egész ország területén (ld. 1.1.2. táblázat), mind Bátaapáti környékén (ld. 1.2.5.d táblázat) megfigyelhető, hogy a szabadban mért dózisteljesítmény az év első felében magasabb, mint az év második felében. Ez a jelenség már 2007-ben is megfigyelhető volt,

viszont 2005-ben és 2006-ban nem volt ilyen mértékű eltolódás az egyes negyedévek között. Ugyanakkor az országos TLD hálózat éves átlagértékei alig változtak az elmúlt négy évben.

Amint az 1.2.4.a-c táblázatok alapján is látható, a beltérben magasabb a dózisteljesítmény, mint a szabadban. Ennek oka az építőanyagok természetes radioaktivitása, ami az építőanyagok gyártási folyamatainak köszönhetően általában magasabb, mint a természetes talajoké.

1.2.4.a táblázat. Bátaapáti környéki TLD mérések eredményei épületben

Település	Dózisteljesítmény (nSv/h)				
	07.12.10-08.01.23.	01.21-03.12.	03.10-04.16.	04.14-05.28.	05.26-07.09.
Kismórágy	161 ± 4	170 ± 5	158 ± 5	165 ± 7	156 ± 7
Palatinca		137 ± 10	130 ± 6	128 ± 4	
Szálka	144 ± 4	144 ± 11	135 ± 18	141 ± 6	141 ± 8
Cikó	159 ± 3	153 ± 2	145 ± 1	159 ± 21	143 ± 10
Apátvarasd	164 ± 7	160 ± 4	158 ± 9	140 ± 6	157 ± 10
Erdősmecske	155 ± 0,4	157 ± 18		144 ± 6	149 ± 8
Véménd	150 ± 12	140 ± 0,3	128 ± 3	137 ± 26	137 ± 3

1.2.4.b táblázat. Bátaapáti környéki TLD mérések eredményei épületben

Település	Dózisteljesítmény (nSv/h)			
	07.07-08.13.	08.11-10.01.	09.29-11.12.	11.10-12.17.
Kismórágy	161 ± 4	170 ± 5	158 ± 5	165 ± 7
Palatinca		137 ± 10	130 ± 6	128 ± 4
Szálka	144 ± 4	144 ± 11	135 ± 18	141 ± 6
Cikó	159 ± 3	153 ± 2	145 ± 1	159 ± 21
Apátvarasd	164 ± 7	160 ± 4	158 ± 9	140 ± 6
Erdősmecske	155 ± 0,4	157 ± 18		144 ± 6
Véménd	150 ± 12	140 ± 0,3	128 ± 3	137 ± 26

1.2.4.c táblázat. Bátaapáti környéki TLD mérések eredményei épületben

Mérési helyszín	Dózisteljesítmény (nSv/h)	
	2007.11.14-2008.05.07.	2008.05.06-2008.11.28.
Bátaapáti, MÁFI iroda	117 ± 2	75 ± 4
Bátaapáti, óvoda	162 ± 1	113 ± 4
Bátaapáti, Golder iroda	103 ± 2	86 ± 5
Bátaapáti, RHK KHT iroda	158 ± 6	
Bátaapáti, bányamesteri iroda	71 ± 2	57 ± 1
Mórágy, Patak csárda	167 ± 12	146 ± 1
Mórágy, Hegyalja söröző	147 ± 16	115 ± 1
Mórágy, Posta	166 ± 17	136 ± 15

1.2.5.a táblázat. Bátaapáti környéki TLD mérések eredményei szabadban

Település	Dózisteljesítmény (nSv/h)					
	2007.12.10-2008.01.23.		01.21-03.12.		03.10-04.16.	
	TLD	Kézi	TLD	Kézi	TLD	Kézi
Várdomb I.		124		113		119
Várdomb II.	104 ± 12	122	110 ± 0,2	124	99 ± 3	122
Várdomb III.		130		121		118
Bátaszék	101 ± 1	117	103 ± 7	113	94 ± 3	132

Kövesd		146		155		156
Lajvérpuszta		130		125		143
Alsónána I.		138		126		133
Alsónána II.	110 ± 20	147	124 ± 0,3	136	125 ± 15	153
Alsónána III.		112		119		132
Kismórágy I.	127 ± 8	167	141 ± 14	152	135 ± 7	160
Kismórágy II.		142		118		140
Palatinca I.		108		116		111
Palatinca II.			101 ± 3	126	105 ± 9	119
Palatinca III.		127		128		129
Szálka I.		131		120		126
Szálka II.	97 ± 1	135	110 ± 16	126	104 ± 3	130
Szálka III.		128		116		101
Bonyhád - Szálkai elágazás	86 ± 4	130	104 ± 7	122	88 ± 7	121
Möcsény - Zsibriki elágazás		135		114		141
Möcsény I.	102 ± 8	126	118 ± 0,1	128	108 ± 10	128
Möcsény II.		132		124		125
Zsibrik		122		125		122
Cikó - vasútállomás elágazás		136		130		106
Cikó	99 ± 4	124	109 ± 3	130	103 ± 12	122
Apátvarasd I.		124		137		137
Apátvarasd II.	100 ± 1	131	113 ± 0,4	119	107 ± 8	124
Apátvarasd III.		123		117		115
Erdősmecske I.		129		133		144
Erdősmecske II.	108 ± 15	136	132 ± 4	125	116 ± 5	135
Erdősmecske III.		127		130		105
Feked I.		126		126		129
Feked II.	113 ± 46	111	104 ± 10	121	85 ± 12	108
Véménd I.		135		127		138
Véménd II.	130 ± 21	137	137 ± 6	131	127 ± 8	134
Véménd III.		127		133		118

1.2.5.b táblázat. Bátaapáti környéki TLD mérések eredményei szabadban

Település	Dózisteljesítmény (nSv/h)					
	04.14-05.28.		05.26-07.09.		07.07-08.13.	
	TLD	Kézi	TLD	Kézi	TLD	Kézi
Várdomb I.		129		116		122
Várdomb II.	107 ± 4	109	104 ± 0,1	114	97 ± 23	111
Várdomb III.		124		130		125
Bátaszék	77 ± 18	122	98 ± 4	133	98 ± 6	129
Kövesd		143		155		153
Lajvérpuszta		147		140		0
Alsónána I.		118		123		133
Alsónána II.	129 ± 9	143	125 ± 14	135	124 ± 5	143
Alsónána III.		131		130		123
Kismórág I.	148 ± 10	159	125 ± 4	162	121 ± 4	139
Kismórág II.		138		131		123
Palatinca I.		114		125		127
Palatinca II.	109 ± 16	118		0	108 ± 5	135
Palatinca III.		129		129		127
Szálka I.		128		117		124
Szálka II.	105 ± 2	137	106 ± 4	129	104 ± 6	135
Szálka III.		109		109		122
Bonyhád - Szálkai elágazás		128	85 ± 4	120	93 ± 0,1	134
Möcsény - Zsibriki elágazás		127		131		135
Möcsény I.	97 ± 10	129	106 ± 3	139	101 ± 1	122
Möcsény II.		118		125		123
Zsibrik		0		128		118
Cikó - vasútállomás elágazás		147		139		134
Cikó	106 ± 12	117	99 ± 7	133	106 ± 6	121
Apátvarasd I.		128		136		162
Apátvarasd II.	98 ± 10	119	100 ± 10	137	108 ± 6	123
Apátvarasd III.		128		139		128
Erdősmecske I.		136		140		121
Erdősmecske II.	120 ± 20	142	120 ± 9	152	113 ± 4	148
Erdősmecske III.		140		119		126
Feked I.		132		138		135
Feked II.	87 ± 2	127	93 ± 3	119	92 ± 1	118
Véménd I.		124		130		127
Véménd II.	123 ± 4	139	115 ± 8	137	129 ± 14	133
Véménd III.		143		128		129

1.2.5.c táblázat. Bátaapáti környéki TLD mérések eredményei szabadban

Település	Dózisteljesítmény (nSv/h)					
	08.11-10.01.		09.29-11.12.		11.10-12.17.	
	TLD	Kézi	TLD	Kézi	TLD	Kézi
Várdomb I.		128		117		126
Várdomb II.	100 ± 5	104	104 ± 1	95	94 ± 10	119
Várdomb III.		108		104		117
Bátaszék	103 ± 6	128	98 ± 1	103	90 ± 4	123
Kövesd		149		150		153
Lajvérpuszta				116		
Alsónána I.		144		117		131
Alsónána II.	101 ± 0,1	139	131 ± 2	135	104 ± 1	147
Alsónána III.		123		108		123
Kismórágy I.	145 ± 11	167	139 ± 25	151	117 ± 38	167
Kismórágy II.		126		117		133
Palatinca I.		122		112		124
Palatinca II.		136	111 ± 9		89 ± 7	153
Palatinca III.		128		119		129
Szálka I.		117		110		123
Szálka II.	113 ± 5	133	110 ± 1	129	97 ± 16	133
Szálka III.		114		102		139
Bonyhád - Szálkai elágazás	102 ± 1	126	100 ± 19	113	83 ± 4	128
Möcsény - Zsibriki elágazás		132		126		123
Möcsény I.	112 ± 0,4	127	117 ± 12	113	97 ± 9	128
Möcsény II.		114				123
Zsibrik		112		109		115
Cikó - vasútállomás elágazás		136		111		126
Cikó	117 ± 1	127	107 ± 9	116	96 ± 16	131
Apátvarasd I.		132		129		144
Apátvarasd II.	105 ± 5	140	100 ± 6	109	102 ± 2	129
Apátvarasd III.		135		109		117
Erdősmecske I.		124		123		128
Erdősmecske II.		135	124 ± 8	127	122 ± 9	133
Erdősmecske III.		128		111		131
Feked I.		141		133		
Feked II.	92 ± 5	125	94 ± 4	99	103 ± 1	
Véménd I.		138		125		
Véménd II.	123 ± 1	131	117 ± 11	120	106 ± 7	
Véménd III.		127		116		122

1.2.5.d táblázat. Bátaapáti környéki TLD mérések eredményei szabadban

Mérési pont	Dózisteljesítmény (nSv/h)	
	2007.11.14 - 2008.05.07.	2008.05.06 - 2008.11.28.
Üveghuta-R01	143 ± 1	89 ± 1
Üveghuta-R02	127 ± 1	105 ± 6
Üveghuta-R03A		93 ± 1
Üveghuta-R04	103 ± 8	102 ± 2
Üveghuta-R05		99 ± 1
Üveghuta-R06	127 ± 13	
Üveghuta-R07	106 ± 1	86 ± 2
Üveghuta-R08	106 ± 4	92 ± 3
Üveghuta-R09	105 ± 2	84 ± 1
Üveghuta-R10	102 ± 9	101 ± 4
Üveghuta-R12		83 ± 2
Üveghuta-R13	104 ± 8	98 ± 1
Üveghuta-R14	135 ± 4	113 ± 9
Üveghuta-R15A	114 ± 2	
Üveghuta-R16	110 ± 7	91 ± 1
Üveghuta-R17A	127 ± 13	108 ± 4
Bátaapáti gránitmeddő lerakó, tűzcsap		113 ± 8

1.2.6. táblázat. Bátaapáti környéki TLD mérések eredményei bányában

Mérési pont	Dózisteljesítmény (nSv/h)	
	2007.11.14- 2008.05.07.	2008.05.06- 2008.11.28.
Bátaapáti, K-i lejtősakna, 140m	132 ± 2	107 ± 10
Bátaapáti, Ny-i lejtősakna, 140m	128 ± 5	106 ± 2

1.2.5. Az OSSKI telephelyén végzett mérések

2008-ban kettő in-situ mérés történt az OSSKI telephelyének (Budapest, Budafok) udvarán, amelynek eredményeit az 1.2.7. táblázat tartalmazza.

1.2.7. Az OSSKI udvarán végzett in-situ mérések eredményei; a Cs-137-re vonatkozó értékek kBq/m², a többi érték Bq/kg egységben szerepel

Nuklid	2008.03.14.	2008.10.17.
Ac-228	27 ± 2,6	26 ± 2,5
Pb-212	28 ± 9,3	29 ± 8,6
Bi-212	22 ± 7,3	27 ± 7,4
Tl-208	10 ± 1,5	10 ± 1,5
Th-232 sor	26 ± 2,3	27 ± 2,2
Pb-214	26 ± 5,3	25 ± 3,4
Bi-214	23 ± 2,1	24 ± 2,2
U-238 sor	24 ± 2,1	25 ± 1,9
K-40	360 ± 41	400 ± 70
Cs-137	2,2 ± 0,4	2,1 ± 0,4

A gamma-dózisteljesítményt minden munkanapon háromszor mérjük meg az OSSKI „C”-épülete melletti füves területen AUTOMESS AD 6/H típusú műszerrel. Az 1.2.9. táblázat a heti mérési eredmények átlagokat és terjedelmét mutatja.

1.2.8. táblázat. Az OSSKI udvarán végzett dózisteljesítmény mérések heti átlagai

Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)	Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)	Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)	Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)
1			14	97	93 - 102	27	101	97 - 104	40	103	98 - 108
2	91	85 - 95	15	101	96 - 106	28	100	96 - 106	41	103	98 - 110
3	97	89 - 100	16	101	95 - 107	29	100	92 - 111	42	104	93 - 111
4	96	91 - 108	17	101	91 - 109	30	101	92 - 110	43	107	104 - 109
5	98	92 - 107	18	102	98 - 107	31	100	96 - 104	44	103	99 - 110
6	98	92 - 102	19	100	96 - 104	32	101	95 - 106	45	109	103 - 114
7	97	90 - 101	20	90	86 - 93	33	102	92 - 108	46	104	100 - 113
8	99	94 - 107	21	100	92 - 110	34	104	100 - 109	47	104	96 - 110
9	99	92 - 103	22	103	96 - 109	35	104	97 - 110	48	98	91 - 104
10	99	92 - 106	23	102	97 - 109	36	105	101 - 110	49	103	99 - 108
11	97	92 - 103	24	97	90 - 103	37	106	102 - 121	50	100	97 - 108
12	100	94 - 108	25	101	93 - 115	38	107	97 - 133	51	103	97 - 113
13	96	89 - 106	26	98	92 - 104	39	102	94 - 121	52		

2. Levegőszűrők (aeroszol)

A levegőbe került radionuklidok egy része a levegőben található, por alakú szennyezőkhöz kötődik, ezeket nevezzük aeroszoloknak. (Ettől teljesen eltérő viselkedésűek a gáz halmazállapotú radioaktív izotópok, pl. az atomerőműből kibocsátott nemesgázok, vagy a természetes radon.)

Az aeroszol formájú radionuklidok a levegőből megfelelő szűrővel kiszűrhetőek. Az aeroszolok koncentrációjának ismerete a lakosság sugárterhelésének szempontjából meghatározó, egyrészt a belégzésük okozta dózis miatt, másrészt a talajra, növényzetre való kihullásuk – így a táplálékláncba való bekerülésük – kiindulási adataként.

2.1. Az országos ellenőrzési eredmények

Országosnak mondható kiépítettséget az Egészségügyi Minisztériumhoz tartozó Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatszolgáltató Hálózat (ERMAH) laboratóriumai jelentenek. Az egyes laboratóriumok levegőminta-vevői sajnos nem azonos teljesítőképességűek, ami az elvégezhető elemzések lehetőségét is meghatározza. 2008-ban közepes légforgalmú mintavevővel 4 laboratórium, kis légforgalmú mintavevővel ugyancsak 4 laboratórium rendelkezett.

Az ERMAH laboratóriumok aeroszol mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. Eszerint a közepes légforgalmú mintavevővel 7-10 naponként kell mintát venni, és a szűrők gamma-spektrometriai elemzését kell elvégezni, míg a kis légforgalmú mintavevőkkel vett napi minták esetében az összes béta-aktivitást kell meghatározni. (Ez utóbbiak esetén a 72 órás pihentetés utáni eredmények veendő figyelembe.) A mintavevő típusa – azaz az átszívott levegőmennyiség – és az alkalmazott mérés érzékenysége együttesen határozzák meg a levegő aktivitáskoncentrációjának kimutatási határát. Jellemző értéke 1-10 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (20-30 ezer m^3 átszívott levegőből,

félvezető-detektoros gamma-spektrométerrel mérve a ^{137}Cs -tartalmat); illetve 0,5-5 mBq/m³ (50-300 m³ átszívott levegőből, összes béta-aktivitás mérésével).

Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeinek összefoglalása – ezen belül az aeroszol eredményeké is – évente megjelenik az Egészségtudomány c. folyóiratban [2].

A 2.1.1. táblázatban közöljük az egyes ERMAH laboratóriumok aeroszol mérési eredményeit jellemző éves átlagokat, minimum és maximum értékeket, szórásokat, továbbá az éves mintaszámot és a kimutatási határ alatti eredmények számát; valamint az országos, összesített értékeket is.

A táblázatból láthatóan a ^{137}Cs koncentrációi nagyrészt kimutatási határ (kh) alattiak voltak. A levegőbeni ^{137}Cs jelenlegi forrása a csernobili atomerőmű-baleset következtében a talajra történő kihullás és a talajfelszínről történő visszaportlódás; ennek mértéke azonban mára igen kicsivé vált, jellemzően néhány $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ alatti koncentrációt eredményezve. Az aeroszolban mérhető természetes eredetű ^7Be radionuklid koncentrációjának szokásos értéktartománya 1-17 mBq/m³ közötti. Az aeroszolszűrők 72 órás pihentetés után mért összes béta-aktivitása jellemzően 1-60 mBq/m³ értékűek.

Megjegyezzük még, hogy az aeroszol mérési eredmények mind az átlagokat, mind a minimum, maximum értékeket tekintve általában jól egyeznek a korábbi adatokkal.

2.1.1. táblázat. Országos aeroszol mérési eredmények éves jellemzői 2008-ban (EüM)

Radionuklid	Megye	Átlag, mBq/m ³	Minimum, mBq/m ³	Maximum, mBq/m ³	Szórás, mBq/m ³	N	Kh alatti
Be-7	BP	4,5	2,3	17	3,0	20	0
Be-7	BZ	5,7	1,6	11	2,6	31	0
Be-7	GY	5,5	1,2	10	2,4	38	0
Be-7	TO	4,0	1,7	8,2	1,7	50	0
Cs-137	BP	0,0019	0,00032	0,0036	0,0014	20	8
Cs-137	BZ	-	-	-	-	31	31
Cs-137	GY	-	-	-	-	50	50
Cs-137	TO	-	-	-	-	49	49
Összes-béta	BP	1,4	0,31	3,6	0,55	330	32
Összes-béta	HA	15	2,0	60	12	52	14
Összes-béta	TO	1,4	0,34	4,5	0,92	291	147
Be-7	Összesen	4,8	1,2	17	-	139	0
Cs-137	Összesen	0,0051	0,00032	0,0036	-	150	138
Összes-béta	Összesen	2,4	0,31	60	-	673	193

2.2. Létesítmények környezetében mért aeroszol-koncentrációk

2.2.1. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének mérési eredményei

A Paksi Atomerőmű A-típusú állomásain elvégzett aeroszolmérések eredményeit összegzi a 2.2.1. táblázat. A mintavétel nagy légforgalmú mintavevővel történik, ennek ellenére a szűrőkön mesterséges eredetű radionuklidot csak elvétve (összesen 4 alkalommal) tudtak kimutatni (a radionuklidtól függő kimutatási határok értéke 1-5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ közötti). A mért ^7Be radioizotóp természetes eredetű, koncentrációja jól egyezik más laboratóriumok eredményeivel (ld. 2.1. fejezet). (Megjegyezzük, hogy számítások szerint a 0,1 GBq nagyságrendű éves kibocsátásokkal jellemezhető aeroszolk várható átlagos koncentrációja az A-típusú állomások távolságában 0,1-0,2 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ alatt marad [3], amely speciális meteorológiai körülmények között, és a nagyjavítások során megnövekedett kibocsátások idején rövid időszakokra mintegy 10-szeresére emelkedhet.)

2.2.1. táblázat. A Paksi Atomerőmű környezetében végzett aeroszolmérések eredményeinek éves összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/m^3	Minimum mBq/m^3	Maximum mBq/m^3	Szórás mBq/m^3	N	Kh alatti
Ag-110m	-	-	-	-	468	468
Be-7	4,5	1,2	10	1,8	468	0
Co-58	-	-	-	-	468	468
Co-60	-	-	0,015	-	468	467
Cs-137	-	0,0015	0,0019	-	468	466
Mn-54	-	-	0,013	-	468	467

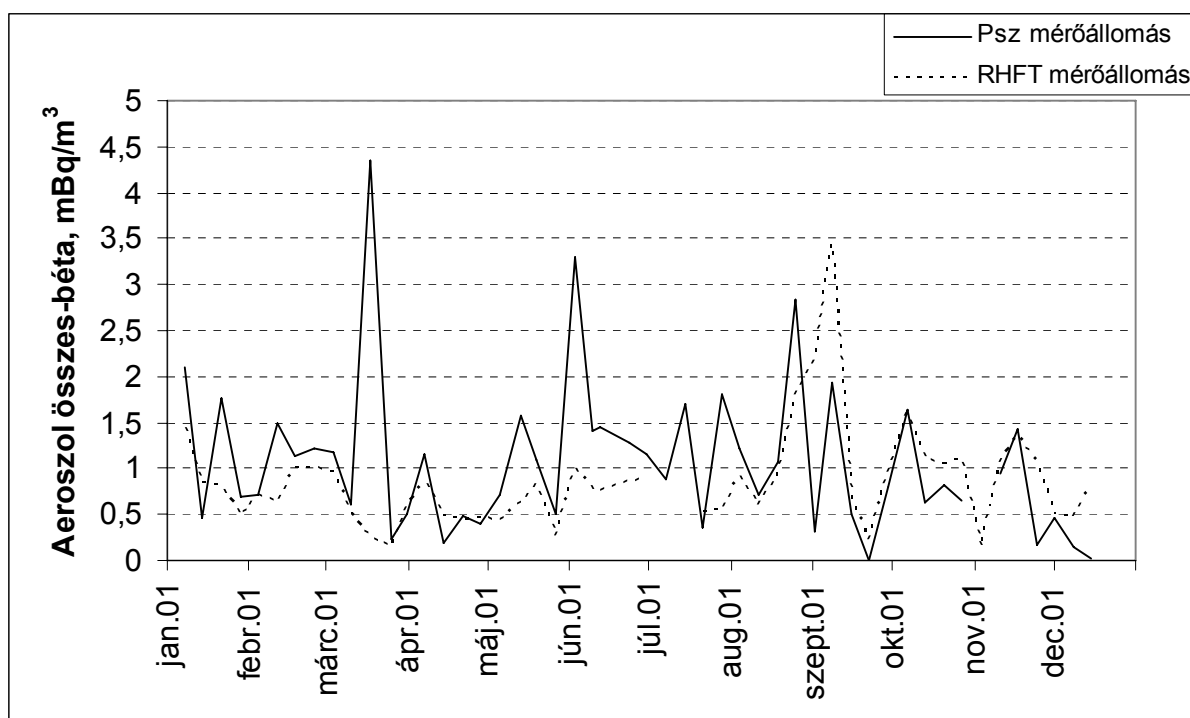
2.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyének adatai

A püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló (RHFT) környezetében mért aeroszol-koncentrációkat a 2.2.1. ábrán és a 2.2.2. táblázatban mutatjuk be. Az adatok két mintavevő összesített eredményeit tükrözik, az egyik mintavevő a telephelyen, a másik a néhány km-re lévő Püspökszilágy faluban található.

A faluban elhelyezett mintavevő kisebb térfogatáramú (optimális beállítás szerint 2,3 m^3/h), a jellemző heti mintavételi idő alatt átszívott levegőmennyiség 380 m^3 (az ábrán "Psz mérőállomás"). Az RHFT telephelyén nagyobb térfogatáramú aeroszol mintavevő található, 32 m^3/h optimális térfogatárammal. A jellemző mintavételi idő (3,5 nap) alatt közel 2700 m^3 levegőmennyiség halad át a szűrőpapíron (az ábrán "RHFT mérőállomás").

A mintavétel után 72 órás pihentetés következik. A minta gamma-spektrometriai mérése után az alfa/béta-számlálórendszer mérési geometriájához igazítva a szűrőpapír középső 5 cm-es átmérőjű darabjának összes béta-aktivitását mérik. Jellemző kimutatási határok: 0,1-0,7 mBq/m^3 (összes béta-aktivitás), 0,03 mBq/m^3 (gamma-spektrometria, ^{137}Cs izotóp).

A időszakonként jelentkező nagyobb csúcsokat az alkalmanként megnövekvő porterhelés indokolja, amelynek okai a telephely környezetében folyó mezőgazdasági tevékenység illetve a faluban történő tűzgyújtás. A csúcsoktól eltekintve az összes béta-aktivitáskoncentrációk jellemzően 2 mBq/m^3 alatt maradnak, ami igen alacsony érték.



2.2.1. ábra. Az RHFT éves aeroszol összes-béta méréseinek időbeli változása

2.2.2. táblázat. Az RHFT környezetében végzett aeroszolvizsgálatok eredményeinek éves összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/m ³	Minimum mBq/m ³	Maximum mBq/m ³	Szórás mBq/m ³	N	Kh alatti
Be-7	5,5	0,13	84	9,3	82	2
Cs-137	-	0,012	2,8	-	98	97
Összes-béta	0,97	0,031	4,4	0,71	96	1

2.2.3. A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk

A KFKI telephelyén 4 mérőállomáson történik aeroszolos mintavételezés. Az összes-béta mérésre kerülő minták esetében a mintavételezés és mintamérés – a 72 órás pihentetést követően – napi gyakorisággal történik. Az átszívott levegő mennyisége általában 100 m³/nap körüli. A mintavételt és mérést jellemző kimutatási határ 0,1 mBq/m³.

Az 1. állomáson nagy légforgalmú mintavevővel történik az aeroszol mintavételezés. Az átszívott levegő mennyiségének jellemző értéke 10000 m³/hét. A nuklidspecifikus mérés egy HPGe detektor segítségével történik. A mérés szokásos kimutatási határa ¹³⁷Cs izotópra 0,5 µBq/m³. Az éves adatok a feldolgozást követően a KFKI honlapján (<http://www.kfki.hu>) a „Környezetvédelmi Szolgálat” menüpontban elérhetők. A heti adatokat az OKSER adatközpontba küldik.

A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk éves jellemző adatait a 2.2.3 táblázatban foglaltuk össze. Látható, hogy a telephelyen rendszeresen mérhetők a ¹²⁵I és ¹³¹I radioizotópok, az előbbire kapott koncentrációk hasonlóak a 2007. évekhez, az utóbbi

aktivitáskoncentrációi azonban lényegesen – két nagyságrenddel – kisebbek a korábbiaknál. A többi mérési eredmény illeszkedik a más laboratóriumok által kapott adatokhoz.

2.2.3. táblázat. A KFKI telephelyén végzett aeroszolmérések eredményeinek éves összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/m ³	Minimum mBq/m ³	Maximum mBq/m ³	Szórás mBq/m ³	N	Kh alatti
Be-7	7,1	0,79	18	4,2	48	11
Cs-137	-	-	0,11	-	48	47
I-125	2,6	0,163	19	3,8	48	22
I-131	0,15	0,020	0,63	0,18	48	32
K-40	0,71	0,30	1,2	0,26	48	30
Pb-212	2,0	0,11	8,7	2,0	48	15
Összes-béta	0,77	0,10	3,7	0,42	360	1

3. Kihullás (fall-out)

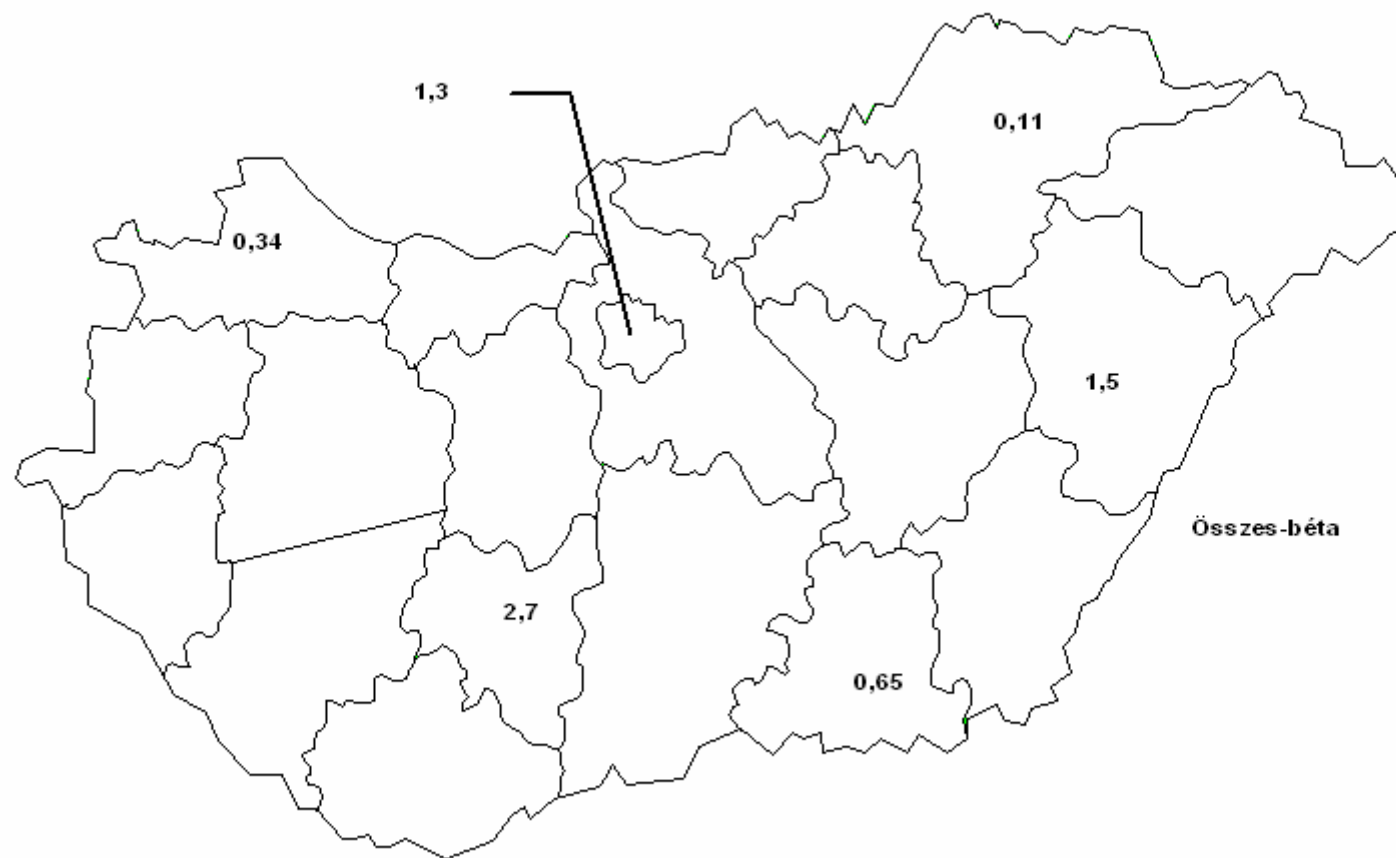
A 2. fejezet bevezető részében elmondottak alapján, a levegőbe került, aeroszol formájú radionuklidok egy része kihullik, kiülepedik, illetve a csapadékkal kimosódik a talajra és növényzetre. Ez a folyamat jelenti a táplálékláncba való bekerülésük kiindulási pontját, emiatt a kihullás meghatározása a lakosság sugárterhelésének becslése, előrejelzése szempontjából nagy fontosságú.

A kihullás megnevezésére elterjedten használják a „fall-out” angol kifejezést is. A jelentésben a kihullás szót „teljes kihullás” értelemben használjuk, ami a száraz kiülepedést és kimosódást együttesen tartalmazza.

3.1. Országos adatok

Országos kiterjedésűnek mondható mintavételi és mérési programot az ERMAH laboratóriumok végeznek. A kihullást a központi és a 6 regionális laboratórium összesen 5 megyében és a fővárosban mintázza és méri (3.1.1. ábra).

Az ERMAH laboratóriumok kihullásra vonatkozó mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. A mintavevő edény felülete 0,15-0,4 m², a havi mintázással kapott teljes kihullás mintáknak a laboratóriumok – felszerelésüktől függően – csak az összes béta-aktivitását mérik, illetve azok gamma-spektrometriai elemzését is elvégzik. A mintavétel és mérés jellemző kimutatási határa 50-800 mBq/m²/nap (összes béta-aktivitás) és 1-30 mBq/m²/nap (¹³⁷Cs gamma-spektrometriai vizsgálata).



3.1.1. ábra. Kihullás összes béta-aktivitások éves maximumainak országos eloszlása (EüM, Bq/m²/nap)

A 2008-ban az egyes mintavételi pontokra kapott összes béta-aktivitások maximumait a 3.1.1. ábrán szemléltettük és az eredmények további jellemzőivel együtt a 3.1.1. táblázatban foglaltuk össze.

A kihullás összes béta-aktivitásainak átlagai az országos átlagtól jellemzően csupán 2-3 szoros eltérést jeleznek, ami nem jelentős. Az országos átlag nagyságrendileg egyezik a 2007. évivel. A ^{137}Cs aktivitása a minták kerekén 80 %-ában kimutatási határ alatti volt. (A 2.1.1. táblázat szerinti évi átlagos $5.1 \mu\text{Bq/m}^3$ ^{137}Cs levegőbeli aktivitáskoncentráció 0,01 m/s teljes kihullási sebességet feltételezve kerekén $5 \text{ mBq/m}^2/\text{nap}$ kihullást eredményezne, ami a kimutatási határ tartományában van.)

Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeinek összefoglalása – ezen belül a kihullás eredményeké is – évente megjelenik az Egészségtudomány c. folyóiratban [2]

3.1.1. táblázat. Kihullás mérési eredmények országos, éves jellemzői 2008-ban (EüM)

Radionuklid	Megye	Átlag $\text{mBq/m}^2/\text{nap}$	Minimum $\text{mBq/m}^2/\text{nap}$	Maximum $\text{mBq/m}^2/\text{nap}$	Szórás $\text{mBq/m}^2/\text{nap}$	N	Kh alatti
Be-7	BP	3200	120	8800	2200	42	0
Be-7	TO	2600	160	8500	1700	35	1
Cs-137	BP	-	0,67	4,7	-	42	36
Cs-137	BZ	-	-	26	-	12	11
Cs-137	CS	-	-	-	-	8	8
Cs-137	GY	-	-	-	-	12	12
Cs-137	HA	-	-	12	-	13	12
Cs-137	TO	-	15	750	-	37	35
Összes-béta	BP	440	59	1300	290	53	2
Összes-béta	BZ	63	9,0	110	38	12	0
Összes-béta	CS	330	160	650	140	12	0
Összes-béta	GY	170	38	340	88	12	0
Összes-béta	HA	820	270	1500	420	12	0
Összes-béta	TO	280	16	2700	370	48	0
Be-7	Összesen	3000	120	8800	-	77	1
Cs-137	Összesen	13	0,67	26	-	124	114
Összes-béta	Összesen	360	9,0	2700	-	149	2

3.2. Létesítmények környezetében mért kihullások

3.2.1 A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének mérési eredményei

A kihullás mintázása az A típusú állomásokon történt. A minták gamma-spektrometriai elemzéssel kapott mérési eredményeit a 3.2.1. táblázat foglalja össze. A méréseket jellemző kimutatási határ $0,1 \text{ Bq/m}^2/\text{hó}$. Látható, hogy a mesterséges izotópok aktivitása – néhány felporlódásból származó ^{60}Co és ^{137}Cs aktivitás kivételével – a kimutatási határ alatt maradt.

3.2.1. táblázat. A Paksi Atomerőmű környezetében végzett kihullásmérések eredményeinek éves összefoglalása

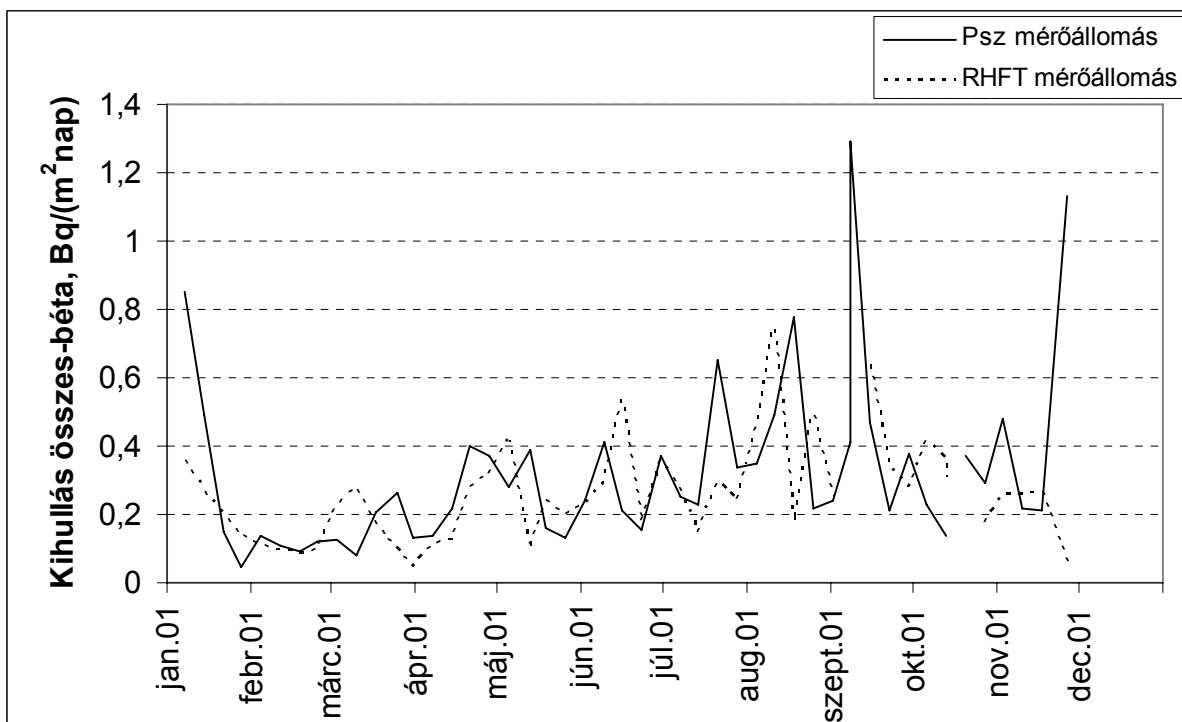
Radionuklid	Átlag $\text{Bq/m}^2/\text{hó}$	Minimum $\text{Bq/m}^2/\text{hó}$	Maximum $\text{Bq/m}^2/\text{hó}$	Szórás $\text{Bq/m}^2/\text{hó}$	N	Kh alatti
Be-7	82	8,0	244	55	120	0
Co-60	-	0,10	0,45	-	120	118
Cs-137	-	0,14	1,2	-	120	112
I-131	-	-	-	-	120	120

3.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyén mért eredmények

A két helyszínen (telephely – a köv. ábrán "RHFT mérőállomás" és Püspökszilágy falu – a köv. ábrán "Psz mérőállomás"), az aeroszol mintavevők közelében elhelyezett mintavevők folyamatos üzemű, szakaszosan ürített csapadékgyűjtő edények. A mintagyűjtő aktív felülete $0,2 \text{ m}^2$. A mintavételi idő 1 hét.

A mintagyűjtőből kimosott kihullást bepárolják, majd összes-béta és gamma-spektrometriai mérést végeznek. A mérések jellemző kimutatási határa: $15 \text{ mBq/m}^2/\text{nap}$ (összes-béta) és $30 \text{ mBq/m}^2/\text{nap}$ (^{137}Cs , gamma-spektrometria).

A kihullásban mért összes béta-aktivitás időbeni változását a 3.2.1. ábra szemlélteti. A mintákon végzett gamma-spektrometriai és összes-béta mérések eredményeinek éves jellemzőit a 3.2.2. táblázatban foglaltuk össze.



3.2.1. ábra. Az RHFT környezetében mért kihullás összes béta-aktivitások időbeli változása

3.2.2. táblázat. Az RHFT környezetében végzett kihullás mérések összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/(m ² nap)	Minimum mBq/(m ² nap)	Maximum mBq/(m ² nap)	Szórás mBq/(m ² nap)	N	Kh alatti
Be-7	1000	250	4000	840	68	7
Cs-137	47	34	91	6,3	98	94
K-40	2900	340	8400	2400	77	2
Összes-Béta	290	44	1300	210	95	0

4. Talaj

A talajban található radionuklidok aktivitáskoncentrációit országosan az EüM ERMAH, illetve az FVM Radiológiai Ellenőrző Hálózat (REH) laboratóriumai mérik.

A talajmintákat az előkészítés során tisztítják (eltávolítják a köveket, gyökér-, növénymaradványokat), szárítják, összes béta-aktivitás méréshez hamvasztják is. A mérések az összes béta-aktivitás, a gamma-sugárzó radionuklidok és a ^{90}Sr meghatározását célozzák. A ^{90}Sr aktivitáskoncentráció meghatározásához a mintán radiokémiai előkészítést, elválasztást kell végezni.

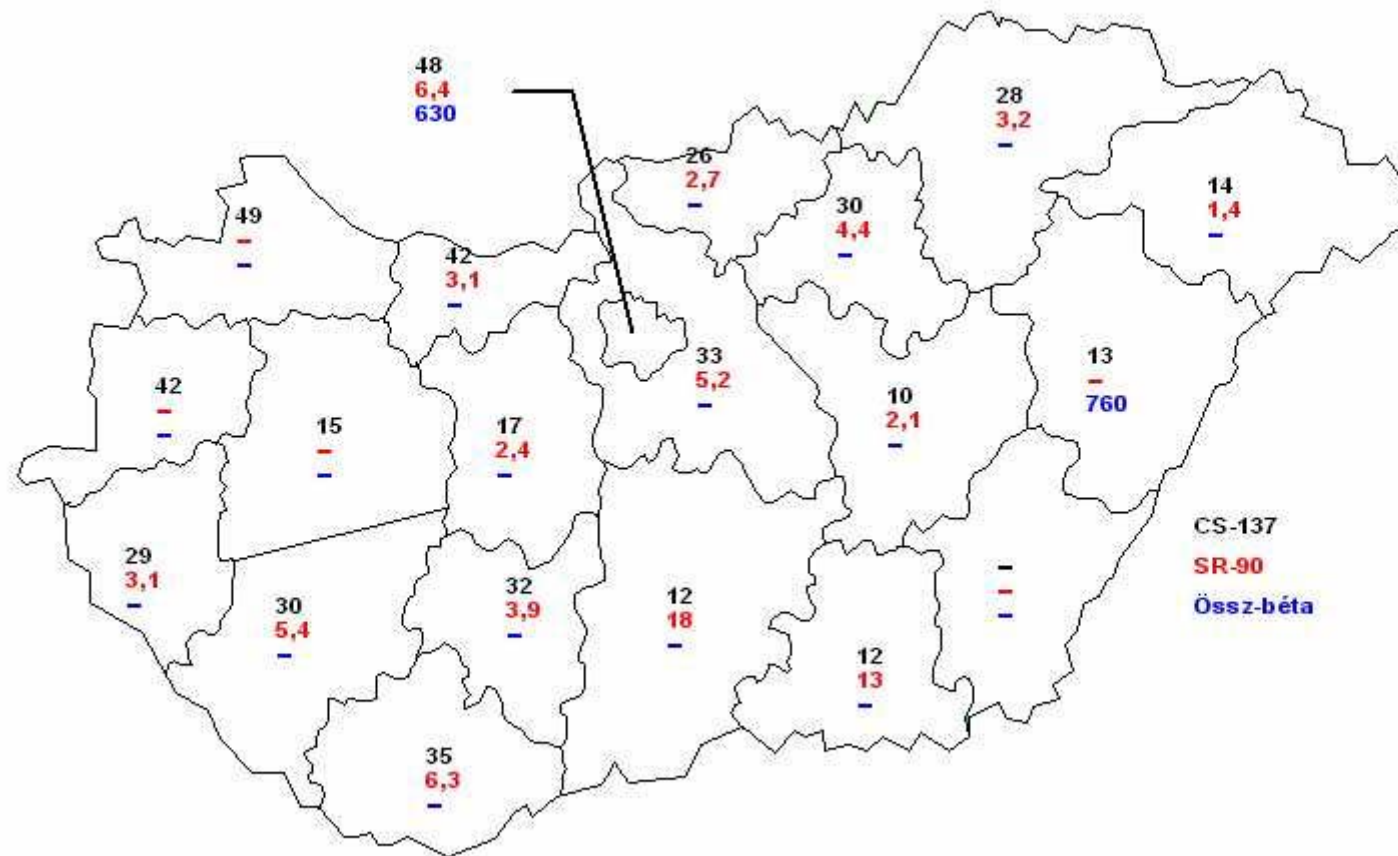
4.1. Országos adatok

Az ERMAH laboratóriumok az ország 14 megyéjében és a fővárosban, negyedévente vesznek talajmintát a talaj felső 10 cm vastagságú rétegéből. Az ERMAH mérési program keretében 2008-ban összesen 91 talajminta vizsgálatát végezték el. A mintákon összes-béta és gamma-spektrometriai méréseket végeznek. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a 110 °C-on szárított mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm³ térfogaton) végzik 20 000 s mérési idővel. Jellemző kimutatási határ: 2-8 Bq/kg (^{137}Cs , gamma-spektrometria). Az összes béta-aktivitást kb. 1 g talajból határozzák meg.

Az FVM REH laboratóriumainak mintavételi programjában mezőgazdaságilag művelt talaj (lucerna, sóska) és bolygatatlan talaj (erdei és legelői talaj) vizsgálata szerepelt. A talajminták felső 5 cm-es szelete minden esetben elemzésre került (bolygatatlan talajnál az 5-20 cm rész is). A talajminták γ -spektrometriás vizsgálata szárítás után 450 cm³ térfogatú Marinelli edényben, 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározás 1 g talajból történik szűrővizsgálatként (ezek az eredmények a jelentésben nem szerepelnek). A ^{90}Sr aktivitáskoncentráció mérés a talaj felső 5 cm-es rétegéből, 50 g minta radiokémiai előkészítése után történik. Ezeket a vizsgálatokat lehetőség szerint, minden mintából elvégzik. A 2008. évben a 19 megye és Budapest területéről 205 talajminta vizsgálatát végezték el az FVM REH laboratóriumai.

Az ERMAH és az FVM REH laboratóriumok országos mérési eredményeit a 4.1.1. ábrán mutatjuk be. Az ábra a ^{137}Cs , a ^{90}Sr és az összes béta-aktivitáskoncentrációk maximális értékeit szemlélteti az egyes megyékre összegezve. Látható, hogy a két hálózat mintavételi programja együttesen biztosítja, hogy majdnem minden megyére rendelkezünk talaj mérési eredményekkel. A talaj mérési eredmények éves jellemzőit a 4.1.1. táblázatban foglaltuk össze.

A csernobili kihullásból származó ^{137}Cs izotóp aktivitáskoncentrációja még mindig jól mérhető, megyénkénti átlagainak értéktartománya a 2007. évihez hasonló, 4-16 Bq/kg volt, de az egyedi eredmények maximuma a 49 Bq/kg értéket is elérte. A ^{90}Sr izotóp koncentrációinak átlagai ennél kisebbek, 1,8-5 Bq/kg közöttiek voltak. Az összes béta-aktivitáskoncentrációk jóval nagyobbak (120-760 Bq/kg), azonban ez az aktivitás túlnyomórészt a természetes ^{40}K izotóptól származik.



4.1.1. ábra. Talaj mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása 2008-ban (EüM és FVM, Bq/kg)

4.1.1. táblázat. Talaj mérési eredmények éves jellemzői (EüM és FVM)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	12	2,3	35	10	19	1
Cs-137	BK	6,8	3,0	12	2,7	16	0
Cs-137	BP	-	5,0	48	-	5	0
Cs-137	BZ	11	3,6	28	5,7	14	0
Cs-137	CS	4,0	1,3	12	2,6	24	11
Cs-137	FE	8,8	1,4	17	5,3	15	2
Cs-137	GY	30	5,5	49	13	15	0
Cs-137	HA	5,3	1,2	13	3,8	14	0
Cs-137	HE	-	4,3	30	-	8	0
Cs-137	JA	-	5,2	10	-	4	0
Cs-137	KO	13	3,6	42	12	10	0
Cs-137	NO	11	2,8	26	7,2	20	2
Cs-137	PE	16	6,3	33	7,9	11	0
Cs-137	SO	13	2,4	30	8,0	18	0
Cs-137	SZ	-	0,27	14	-	6	0
Cs-137	TO	6,6	0,45	32	6,4	121	12
Cs-137	VA	16	3,6	42	9,9	18	0
Cs-137	VE	7,6	4,2	15	3,9	15	2
Cs-137	ZA	14	2,9	29	9,3	17	1
Sr-90	BA	2,1	0,81	6,3	1,6	10	0
Sr-90	BK	5,0	0,30	18	6,0	11	0
Sr-90	BP	-	0,41	6,4	-	5	0
Sr-90	BZ	-	1,0	3,2	-	8	0
Sr-90	CS	-	1,4	13	-	8	0
Sr-90	FE	-	0,89	2,4	-	2	0
Sr-90	HE	-	0,52	4,4	-	5	0
Sr-90	JA	-	1,3	2,1	-	2	0
Sr-90	KO	-	0,53	3,1	-	4	1
Sr-90	NO	-	0,54	2,7	-	10	1
Sr-90	PE	1,8	0,46	5,2	1,2	12	0
Sr-90	SO	2,2	0,73	5,4	1,5	11	1
Sr-90	SZ	-	0,67	1,4	-	6	1
Sr-90	TO	0,51	0,032	3,9	0,88	57	13
Sr-90	ZA	-	1,1	3,1	-	9	1
Összes-béta	BP	280	120	630	160	15	0
Összes-béta	HA	580	460	760	110	12	0

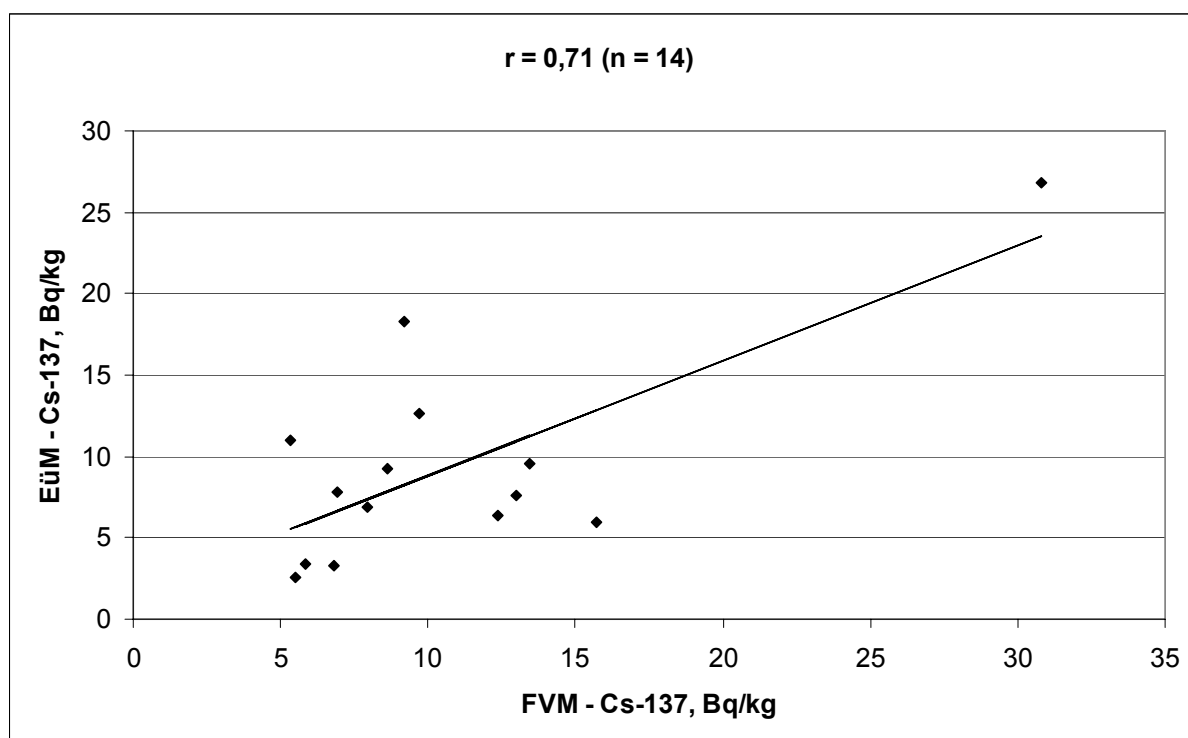
Cs-137	Összesen	10	0,27	49	-	370	31
Sr-90	Összesen	1,8	0,032	18	-	160	18
Összes-béta	Összesen	410	120	760	-	27	0

A két hálózat ^{137}Cs mérési eredményeit vetjük össze a 4.1.2. ábrán – ezek azonos megyékből, de nem azonos mintavételi helyekről származó, azaz nem azonos minták átlagos koncentrációira vonatkoznak – 2008-ban a korreláció a korábbi évekhez képest valamivel jobb. (A korábbi - és a mostani - eltérés nem feltétlenül mérési hibát jelez, a ^{137}Cs talajban mérhető aktivitáskoncentrációját ugyanis igen nagy területi inhomogenitás jellemzi, egy-egy

megyén belül, sőt – például vízösszefolyási helyeken – akár néhány méteres távolságon belül is jelentős különbségek fordulhatnak elő.)

A talaj ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 10 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé 1,8 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes béta-aktivitása pedig 410 Bq/kg volt 2008-ban. (Ezek az eredmények jól egyeznek a 2007. évekkel.) A két csernobili eredetű radionuklid átlagos koncentrációi ismét az 5:1 arányszámmal jellemezhetők.

Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], az FVM REH mérési eredményeinek részletes értékelését az éves jelentésekben [4] találhatjuk meg.



4.1.2. ábra. Országos talajmérések (EüM és FVM) Cs-137 mérési eredményeinek összehasonlítása a megyei átlagok alapján

4.2. Létesítmények környezetében mért adatok

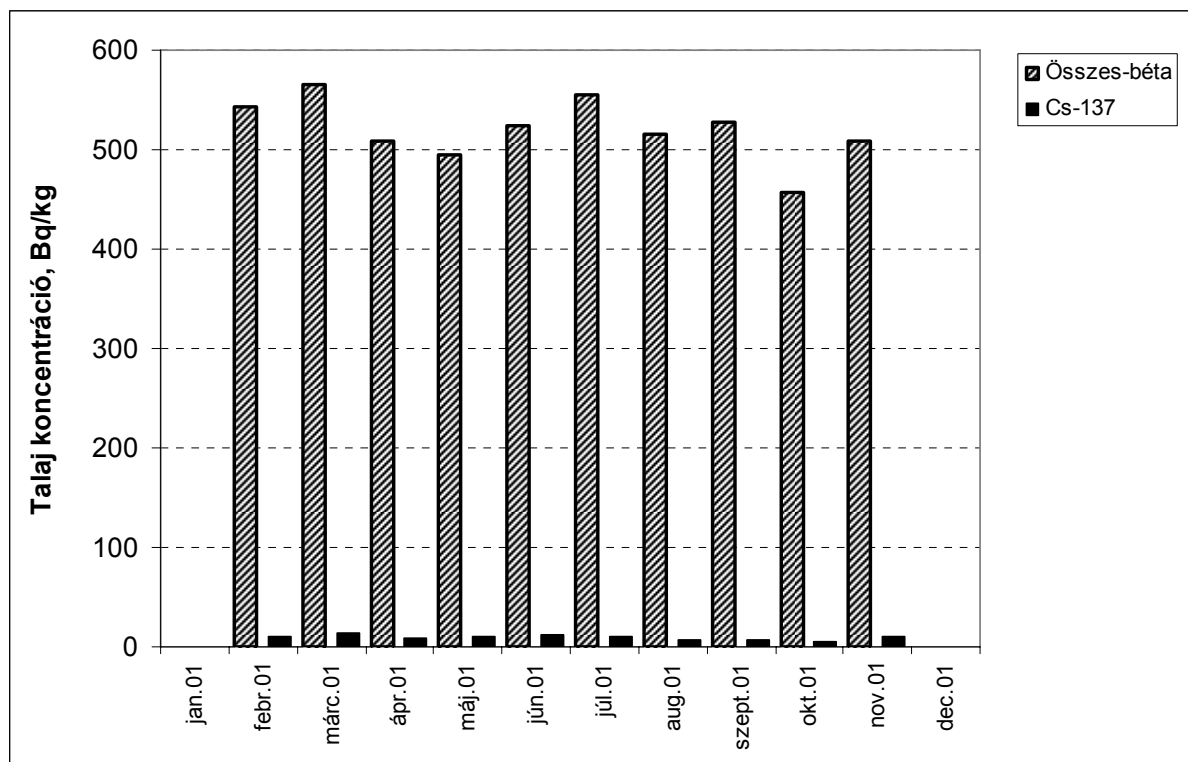
4.2.1. A püspökszilágyi RHFT telephelyi mérési eredményei

A talaj- és a hasonló jellegű iszap-, hordalékmintákat a különböző mintavételi pontokon havi, féléves illetve éves gyakorisággal veszik.

A talaj vizsgálata 14 mintavételi ponton 0-5 cm-es mélységre terjed ki. A mintavételi körzet a kijelölt hely körüli 2 m × 2 m-es terület. A hordalék vizsgálata (1 mintavételi ponton) a csapadék, szél által a mintavételi helyre hordott talajmorzsák és egyéb anyagok gyűjtését jelenti. (Az iszap vizsgálata – 11 ponton – a patakok, a halastó, a talajvízfigyelő kutak és egyéb – állandó vagy ideiglenes – víztározó objektumokra terjedhet ki.)

A mintákat 105 °C-on szárítják, majd őrlőmalomban homogenizálják. A kis – 3 mm alatti – szemcseméretű frakciót vizsgálják. Összes-béta méréshez 1 g feldolgozott mintát használnak fel, a mérés jellemző kimutatási határa 20 Bq/kg (száraz talajra). A gamma-spektrometriai vizsgálatot 1000 g tömegű mintán végzik. Jellemző kimutatási határ: 0,5 Bq/kg (a ^{137}Cs izotópra).

Az RHFT telephelyén a talajban mért aktivitáskoncentrációk havi átlagait a 4.2.1. ábrán mutatjuk be. Látható, hogy mind az összes-béta, mind a ^{137}Cs aktivitáskoncentrációk az év folyamán alig változtak. Az eredmények a 2007. évekhez hasonlóak és jól egyeznek az országos adatokkal is.



4.2.1. ábra. Az RHFT környezetében vett talajminták aktivitáskoncentrációi (januárban és decemberben a hótakaró és a fagyos talaj miatt nem volt mintavétel)

5. Növényzet

A talajra, illetve közvetlenül a növényzetre kijutott radionuklidok a táplálékláncon keresztül, az élelmiszerek elfogyasztása révén a lakosság belső sugárterhelését okozzák.

A fejezet mindazon mintákra vonatkozó eredményeket tartalmazza, amelyeket közvetlenül a növényzetből – fű, takarmány, zöldség, gyümölcs – vettek, vagy az utóbbiak feldolgozott, emberi fogyasztásra kész formájából (pl. gabona, liszt).

5.1. Takarmány

A takarmány gyűjtőnév a legelőkről származó fűvet, továbbá a takarmányozási céllal termesztett növényeket foglalja magában. A takarmánynövények aktivitáskoncentrációit az

irodalomban leggyakrabban az ún. száraz tömegre vonatkoztatják. A továbbiakban az eredményeket ilyen egységben adjuk meg.

5.1.1. Országos adatok

Országos mérési programmal az EüM ERMAH és az FVM REH hálózatok rendelkeznek. A két hálózat mintavételi programja hasonló, a legelői fűre, lucernára, és egyéb takarmányfélékre terjed ki. Az 5.1.1. ábrából látható, hogy a talajhoz hasonlóan a két hálózat mérési programja együttesen a teljes országot lefedi. A minta-előkészítés mindkét hálózaton szárítást, a száraz tömeg mérését, majd hamvasztást jelent. A hamu radioaktivitását mérik, illetve ebből kiindulva végeznek radiokémiai elválasztást a ^{90}Sr méréséhez.

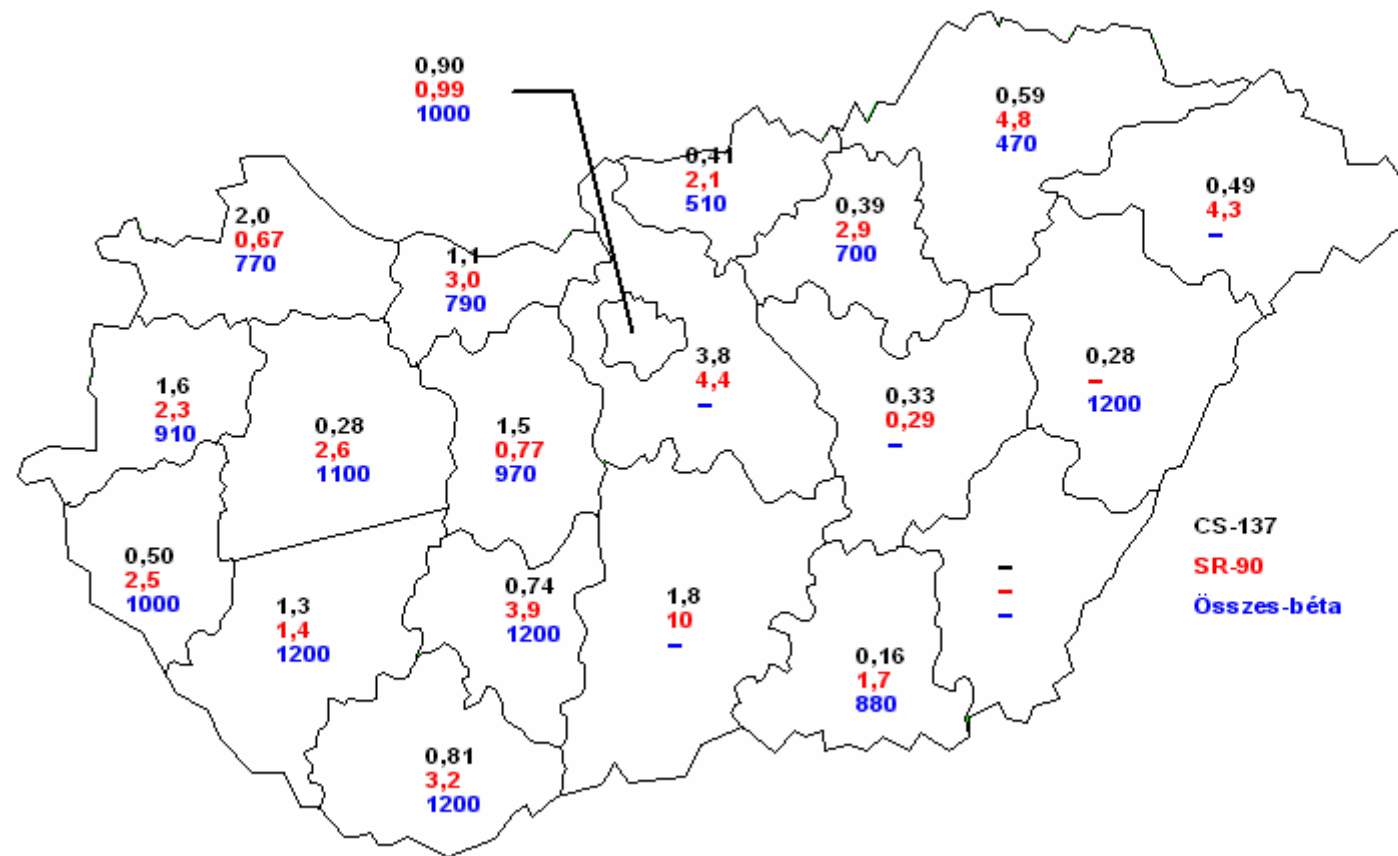
Az ERMAH laboratóriumok negyedévente, megyénként vesznek fű, illetve szénamintát. Összesen 113 minta vizsgálatát végezték el. A γ -spektrumanalízist a minta 450°C -on izzított hamujának legalább 50 cm^3 -éből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározását pedig ennek a hamunak 1 g -jából végzik a laboratóriumok. A mérések jellemző kimutatási határa: $0,2\text{--}1\text{ Bq/kg}$ (^{137}Cs).

Az FVM REH laboratóriumainak mintavételi programjában takarmány illetve takarmánynövények (lucerna, legelői fű) szerepelnek. A takarmány mintavétel havonta, a tej mintavétellel együtt, közvetlenül az állatokkal etetett takarmány keverékből történik, ami rendszerint több komponensből és adalékanyagból áll össze. A γ -spektrumanalízist a minta 450°C -on izzított hamujának 50 cm^3 -ből (kb. $20\text{--}30\text{ g}$), $80\,000\text{ s}$ mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g -jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként (ezek az eredmények a jelentésben nem szerepelnek). Szintén ebből a hamuból történik az összes- α aktivitás mérése, illetve a ^{90}Sr radiokémiai elválasztása. Ezeket a vizsgálatokat minden mintából elvégzik. A 2008. évben a 19 megye és Budapest területéről 224 takarmány, 143 legelői fű és 65 lucerna minta vizsgálatát végezték el az FVM REH laboratóriumai.

A takarmánymintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit az 5.1.1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy míg a ^{137}Cs aktivitáskoncentrációk jelentős hányada kimutatási határ alatti, addig a ^{90}Sr eredmények mindegyike meghaladja azt. Ennek oka egyrészt a két mérési módszer eltérő érzékenysége, másrészt a ^{90}Sr aktivitáskoncentrációk jellemzően magasabb szintje.

A talajban és a takarmánynövényekben mért aktivitáskoncentrációkat (4.1.1. és 5.1.1. táblázatok) összehasonlítva ki kell emelni, hogy amíg a talaj esetében a két mesterséges eredetű radionuklid – azaz a ^{137}Cs és a ^{90}Sr – koncentrációjának aránya 5 körüli, addig a takarmánymintáknál az arány éppen fordított, átlagosan $0,4$. Ennek két lehetséges oka van, egyrészt a ^{90}Sr a legtöbb talajban mobilisabb, a növények számára könnyebben elérhető formában van jelen, másrészt a növények nagyobb mértékben igénylik a kalciumot, amelyet a stroncium képes helyettesíteni. (A két hatás együtt az ún. talaj-növény átviteli tényezővel jellemezhető, amelynek szokásos irodalmi értéke ^{90}Sr -ra 10 , ^{137}Cs -ra pedig 1 körüli.) Megjegyezzük még, hogy ez a megfigyelés jól egybevág a 2007-ben tapasztaltakkal.

A takarmánynövények ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga $0,39\text{ Bq/kg}$, a ^{90}Sr radionuklidé $1,0\text{ Bq/kg}$; a döntően természetes eredetű összes béta-aktivitásé pedig 620 Bq/kg volt 2008-ban.



5.1.1. ábra. Takarmány mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüM és FVM, Bq/kg)

5.1.1. táblázat. Országos takarmány mérési eredmények éves jellemzői (EüM és FVM)

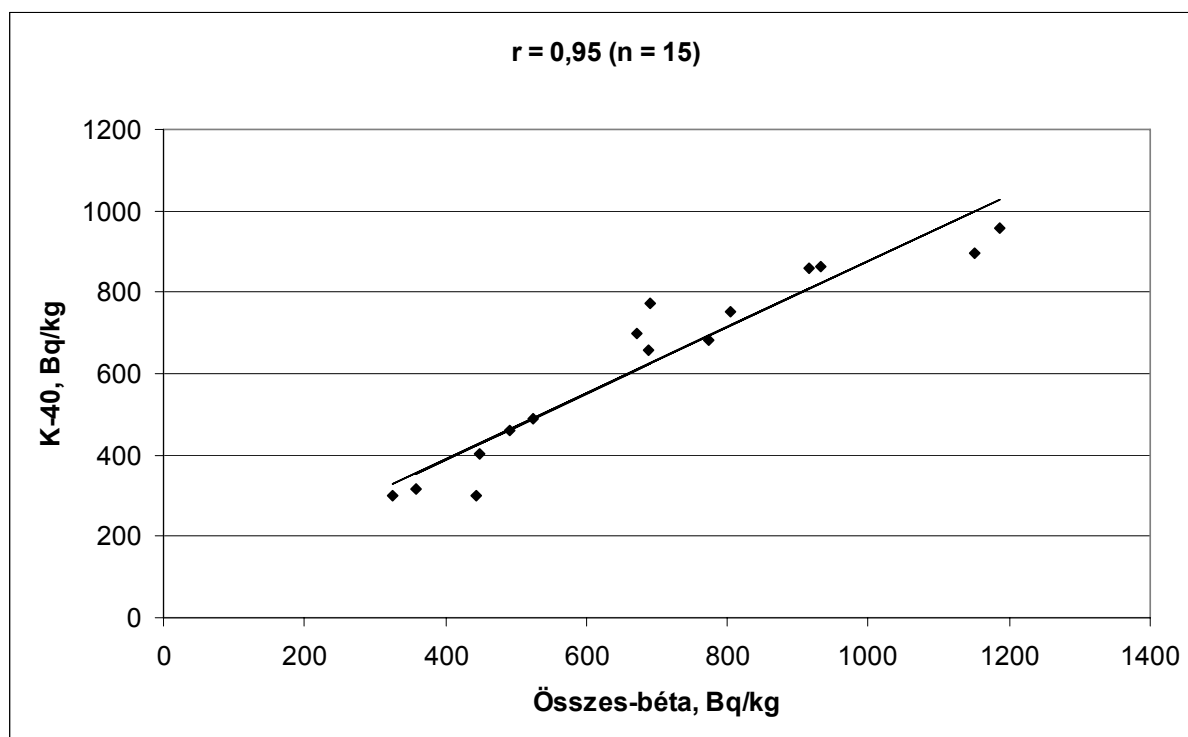
Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	0,090	0,81	-	24	15
Cs-137	BK	-	0,56	1,8	-	45	42
Cs-137	BP	-	0,060	0,90	-	39	32
Cs-137	BZ	-	0,22	0,59	-	30	28
Cs-137	CS	-	-	0,16	-	27	26
Cs-137	FE	-	0,19	1,5	-	14	8
Cs-137	GY	0,40	0,058	2,0	0,41	31	9
Cs-137	HA	-	0,030	0,28	-	13	8
Cs-137	HE	-	0,050	0,39	-	26	19
Cs-137	JA	-	0,21	0,33	-	12	10
Cs-137	KO	-	0,070	1,2	-	15	10
Cs-137	NO	0,26	0,050	0,41	0,12	24	14
Cs-137	PE	0,49	0,040	3,8	0,68	30	7
Cs-137	SO	0,23	0,045	1,3	0,33	23	11
Cs-137	SZ	-	0,22	0,49	-	24	20
Cs-137	TO	0,26	0,13	0,74	0,21	45	34
Cs-137	VA	0,38	0,046	1,6	0,35	28	7
Cs-137	VE	-	0,18	0,28	-	22	19
Cs-137	ZA	-	0,086	0,50	-	23	14
Sr-90	BA	0,76	0,11	3,2	0,72	18	0
Sr-90	BK	1,2	0,12	10	1,7	44	3
Sr-90	BP	-	0,33	0,99	-	8	0
Sr-90	BZ	1,7	0,30	4,8	1,1	23	1
Sr-90	CS	0,51	0,082	1,7	0,40	20	3
Sr-90	FE	-	0,31	0,77	-	7	0
Sr-90	GY	-	0,24	0,67	-	4	1
Sr-90	HE	1,0	0,22	2,9	0,73	20	3
Sr-90	JA	-	-	0,29	-	2	1
Sr-90	KO	-	0,20	3,0	-	13	4
Sr-90	NO	1,0	0,11	2,1	0,66	13	2
Sr-90	PE	1,3	0,053	4,4	1,4	24	1
Sr-90	SO	0,49	0,10	1,4	0,32	21	1
Sr-90	SZ	2,0	0,23	4,3	1,3	17	0
Sr-90	TO	1,0	0,071	3,9	1,0	36	1
Sr-90	VA	-	0,31	2,3	-	6	1
Sr-90	VE	-	0,80	2,6	-	4	0
Sr-90	ZA	0,59	0,15	2,5	0,65	17	1
Összes-béta	BA	-	450	1200	-	4	0
Összes-béta	BP	490	120	1000	280	10	0
Összes-béta	BZ	-	130	470	-	4	0
Összes-béta	CS	560	370	880	180	11	0
Összes-béta	FE	-	340	970	-	4	0
Összes-béta	GY	-	390	770	-	4	0
Összes-béta	HA	720	320	1200	290	12	0
Összes-béta	HE	-	200	700	-	4	0
Összes-béta	KO	-	150	790	-	4	0
Összes-béta	NO	-	300	510	-	4	0

5.1.1. táblázat. (folytatás).

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Összes-béta	SO	-	460	1200	-	4	0
Összes-béta	TO	-	670	1200	-	4	0
Összes-béta	VA	-	210	920	-	4	0
Összes-béta	VE	-	710	1100	-	4	0
Összes-béta	ZA	-	700	1100	-	4	0
Cs-137	Összesen	0,39	0,030	3,8	-	495	333
Sr-90	Összesen	1,0	0,053	10	-	297	23
Összes-béta	Összesen	620	120	1200	-	81	0

Az 5.1.2. ábrán szemléltetjük a takarmánymintákban mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskoncentrációk közötti korrelációt. Az ábrából látható, hogy takarmánynövényeknél az összes béta-aktivitás legalább 90 %-ban a ^{40}K radionuklidtól származik.

Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], az FVM REH mérési eredményeinek részletes értékelését az éves jelentésekben [4] találhatjuk meg.



5.1.2. ábra. Takarmányminták összes-béta és K-40 aktivitáskoncentrációi közötti korreláció (EüM)

5.1.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyén mért adatok

A növényzetet a telephely környezetében 15 ponton félévente, illetve évente mintázzák. (A növényzet fogalma általános esetben fűféléket jelent, némely esetben gombát.) A mintát szárítószekrényben 105 °C-on, 24 órán át szárítják, majd aprítógéppel 3 mm-es darabokra darálják és homogenizálják, ezt követően 300 °C-on elhamvasztják. Jellemző kimutatási határok: 40 Bq/kg (összes béta-aktivitás); 0,5 Bq/kg (^{137}Cs , gamma-spektrometria).

A növéyminták mérési eredményeit az 5.1.2. táblázatban foglaltuk össze. Megállapítható, hogy a minták aktivitáskoncentrációi nem térnek el az országos adatoktól (5.1.1. táblázat).

5.1.2. táblázat. Az RHFT környezetében vett növéyminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Be-7	84	23	150	37	23	0
Cs-137	-	0,45	2,0	-	24	17
K-40	680	93	1300	330	23	0
Pb-212	1,8	0,52	5,7	1,6	18	2
Ra-226	-	6,2	17	-	5	1
Összes-béta	600	130	1100	300	24	0

5.2. Növényi eredetű, nyers élelmiszer

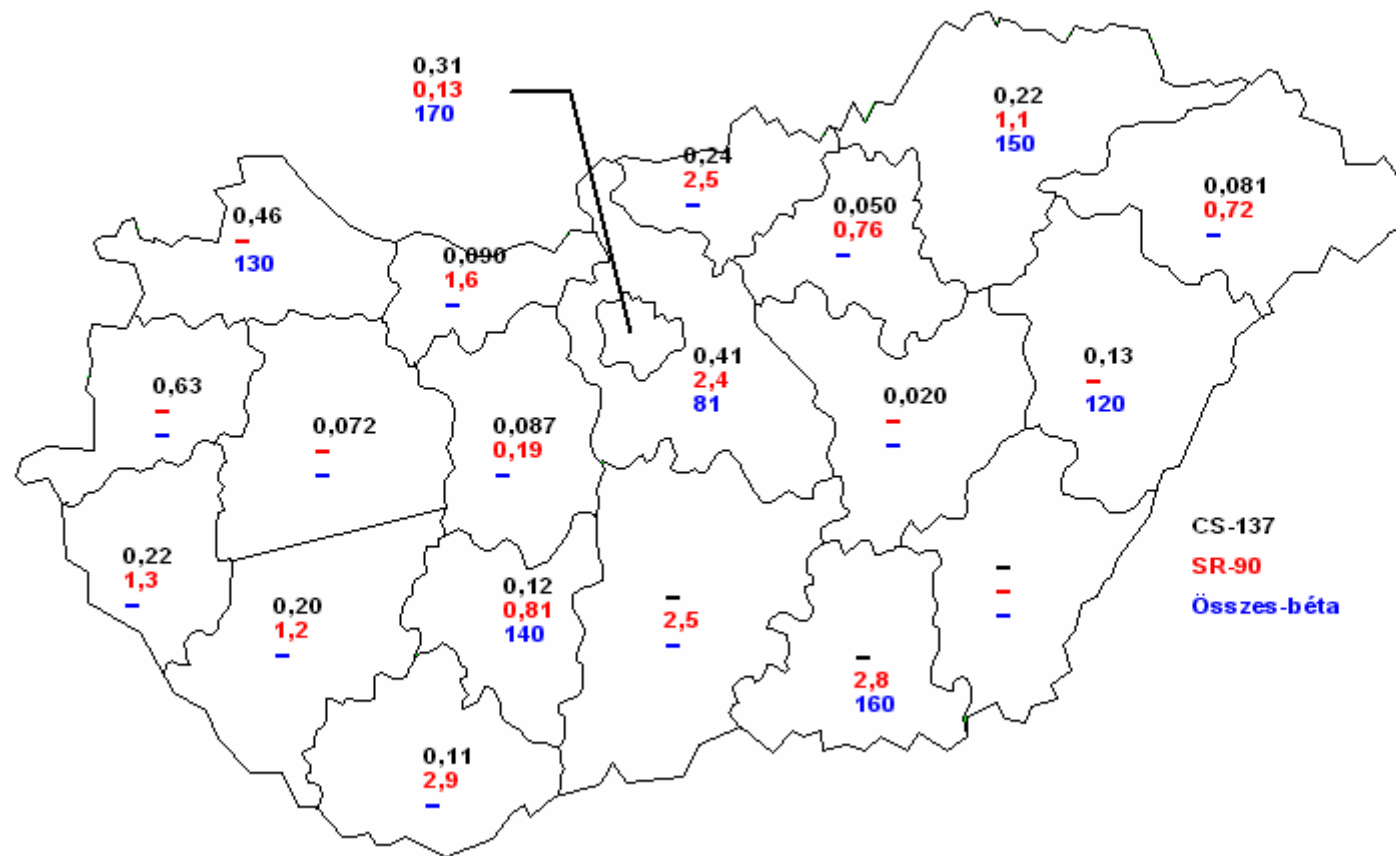
A mintáknak ebbe a csoportjába tartoznak mindazon haszonnövények – elsősorban a zöldségfélék -, amelyek közvetlenül, vagy kismértékű előkészítés (mosás, tisztítás) után fogyasztásra kerülnek. A zöldség- és gyümölcsfélék aktivitáskoncentrációit az irodalomban leggyakrabban az ún. nyers tömegre vonatkoztatják. A továbbiakban az eredményeket ilyen egységben adjuk meg.

5.2.1. Országos adatok

Országos mintavételi és mérési programmal az EüM ERMAH és az FVM REH hálózatok rendelkeznek. A két hálózat mintavételi programjában az évszakoknak megfelelően leveles (primőr) zöldségfélék, bogyós zöldségek, burgonya, gyökértermésűek, illetve alma és idényjellegű gyümölcsfélék szerepelnek.

Az 5.2.1. ábrából látható, hogy a takarmánynövényekhez hasonlóan a két hálózat mérési programja együttesen a teljes országot lefedi. A minta-előkészítés mindkét hálózaton tisztítást, a tömeg mérését, szárítást, majd hamvasztást jelent. A hamu radioaktivitását mérik, illetve a ^{90}Sr méréséhez ebből kiindulva végeznek radiokémiai elválasztást.

Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja decentrum régióként és negyedévenként 2-2 zöldségfajtát, valamint az első és negyedik negyedévben 1-1, a második és harmadik negyedévben 2-2 gyümölcsfajtát tartalmaz. Összesen 157 zöldség és gyümölcs minta vizsgálatát végezték el. A γ -spektrumanalízist a minta 450°C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-ből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Jellemző kimutatási határ: 0,03-0,3 Bq/kg (^{137}Cs).



5.2.1. ábra. Nyers, növényi eredetű élelmiszer mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüM és FVM, Bq/kg)
(a gombaminták mérési eredményeit az ábrán nem tüntettük fel)

Az FVM REH laboratóriumainak mintavételi programjában zöldségfélék, gyümölcsök illetve szabadban termő gombák is szerepelnek. A γ -spektrumanalízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként (ezek a jelentésben nem szerepelnek). Szintén ebből a hamuból történik az összes- α aktivitás mérése, illetve a ⁹⁰Sr radiokémiai elválasztása. A 2008. évben a 19 megye és Budapest területéről 368 zöldség, gyümölcs illetve gomba minta vizsgálatát végezték el az FVM REH laboratóriumai.

2007. évtől a vizsgálati programban szerepel az EU más tagországaiból vagy 3. országból származó zöldségek, gyümölcsök, fűszerek, szárított gombák, aszalt gyümölcsök ¹³⁷Cs szűrő vizsgálata. A minták mérése eredeti anyagból, 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik. 2008 évben az FVM REH laboratóriumai 1017 minta vizsgálatát végezték el (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenyséű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

A növényi eredetű, nyers élelmiszermintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit az 5.2.1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy míg a ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációk nagyrészt kimutatási határ alattiak (kivéve a vadon termő gombákat), addig a ⁹⁰Sr eredmények mindegyike meghaladja azt.

A zöldségfélékben mért aktivitáskoncentrációkat (5.2.1. táblázat) áttekintve kiemelendő, hogy a takarmányminták aktivitáskoncentrációihoz hasonlóan (5.1.1. táblázatok) a két csernobili eredetű radionuklid – azaz a ¹³⁷Cs és a ⁹⁰Sr – koncentrációnak aránya itt is jóval 1 alatti (a gombaminták nélkül átlagosan 0,24) nagyon hasonló a takarmánymintáknál kapottakhoz.

A nyers élelmiszerek ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,13 Bq/kg, a ⁹⁰Sr radionuklidé 0,55 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes béta-aktivitása pedig 63 Bq/kg volt 2008-ban. (Megjegyezzük, hogy a gombaminták nélküli ¹³⁷Cs koncentrációk jóval több mint a fele kimutatási határ alatti volt.)

5.2.1. táblázat. Nyers, növényi eredetű élelmiszerek országos mérési eredményeinek éves jellemzői (EüM és FVM)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	0,063	0,11 (0,74*)	-	11	9
Cs-137	BE	-	-	- (39*)	-	7	7
Cs-137	BK	-	-	- (1,0*)	-	31	31
Cs-137	BP	-	0,050	0,31 (43*)	-	27	21
Cs-137	BZ	-	0,030	0,22 (4,0*)	-	39	33
Cs-137	CS	-	-	- (9,5*)	-	41	41
Cs-137	FE	-	0,030	0,087 (0,23*)	-	11	7
Cs-137	GY	0,061	0,0090	0,46 (28*)	0,078	46	26
Cs-137	HA	-	-	0,13 (26*)	-	23	22
Cs-137	HE	-	0,020	0,050 (0,15*)	-	20	16
Cs-137	JA	-	-	0,020 (37*)	-	16	15
Cs-137	KO	-	0,0080	0,090 (10*)	-	11	6
Cs-137	NO	-	0,010	0,24 (18*)	-	30	21
Cs-137	PE	-	0,020	0,41 (2,9*)	-	18	10
Cs-137	SO	-	0,030	0,20 (1,2*)	-	24	20
Cs-137	SZ	-	-	0,081 (0,2*)	-	16	15

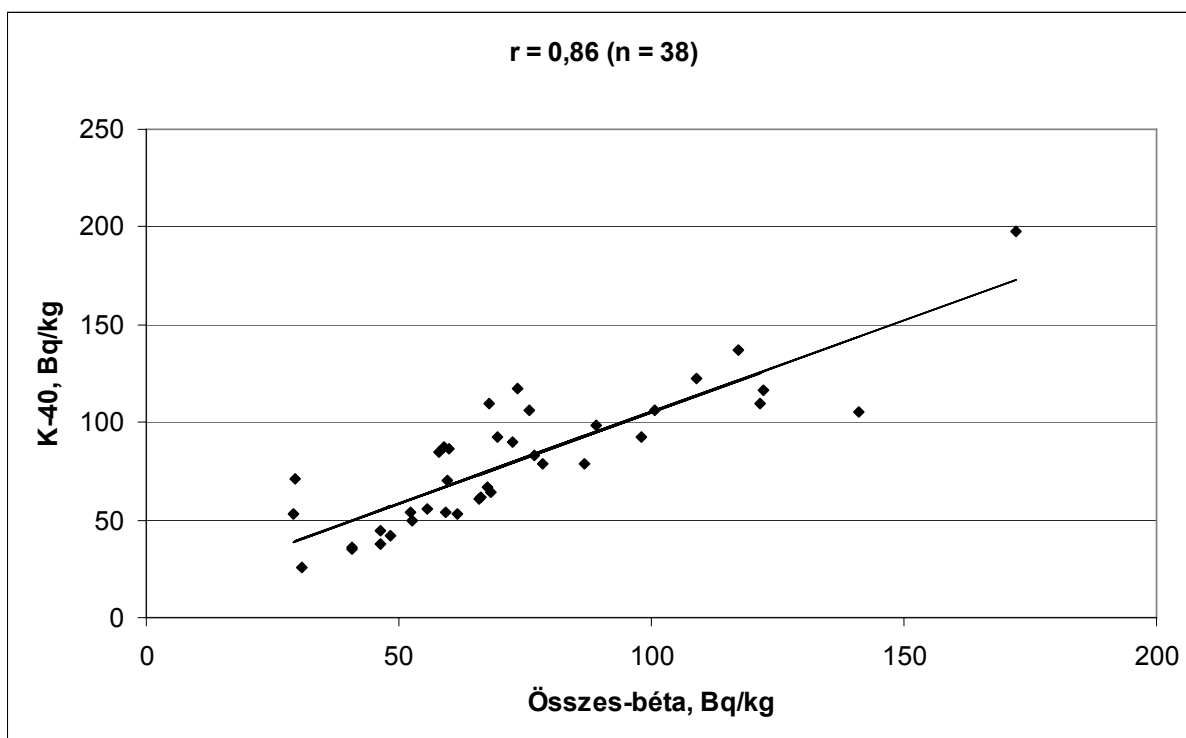
5.2.1. táblázat. (folytatás).

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	TO	-	0,068	0,12 (0,44*)	-	34	30
Cs-137	VA	0,080	0,014	0,63 (28*)	0,12	32	18
Cs-137	VE	-	-	0,072 (6,7*)	-	23	22
Cs-137	ZA	-	0,010	0,22 (5,2*)	-	23	19
Sr-90	BA	-	0,17	2,9	-	6	0
Sr-90	BK	0,61	0,082	2,5	0,79	13	0
Sr-90	BP	-	0,052	0,13	-	3	0
Sr-90	BZ	-	0,12	1,1	-	11	2
Sr-90	CS	-	0,13	2,8	-	9	1
Sr-90	FE	-	0,19	0,19	-	2	0
Sr-90	HE	-	0,21	0,76	-	2	0
Sr-90	KO	-	0,22	1,6	-	3	0
Sr-90	NO	-	0,069	2,5	-	5	0
Sr-90	PE	-	0,043	2,4	-	6	0
Sr-90	SO	-	0,074	1,2	-	9	0
Sr-90	SZ	-	0,099	0,72	-	5	0
Sr-90	TO	-	0,060	0,81	-	7	2
Sr-90	ZA	-	0,23	1,3	-	5	1
Össz-béta	BP	54	10	170	35	31	0
Össz-béta	BZ	75	38	150	29	14	0
Össz-béta	CS	68	29	160	26	44	0
Össz-béta	GY	64	30	130	25	14	0
Össz-béta	HA	67	31	120	29	14	0
Össz-béta	PE	37	13	81	23	11	0
Össz-béta	TO	67	29	140	30	13	0
Cs-137	Összesen	0,13	0,0080	0,63 (43*)	-	483	389
Sr-90	Összesen	0,55	0,043	2,9	-	86	6
Össz-béta	Összesen	63	10	170	-	141	0

* A megjelölt maximumok vadon termő gombák mintáitól származnak, ezen minták eredményeit az átlag és a szórás számításából, valamint a mintaszámokból kihagytuk

Az 5.2.2. ábrán szemléltetjük a minták összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskoncentrációi közötti korrelációt. A korreláció itt is erős, és látható, hogy az összes béta-aktivitás szinte teljes egészét a ^{40}K aktivitása teszi ki.

Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], az FVM REH mérési eredményeinek részletes értékelését az éves jelentésekben [4] találhatjuk meg.



5.2.2. ábra. Nyers, növényi eredetű élelmiszerminták összes-béta és K-40 aktivitáskonzentrációi közötti korreláció (EüM) (a gombaminták eredményei nélkül)

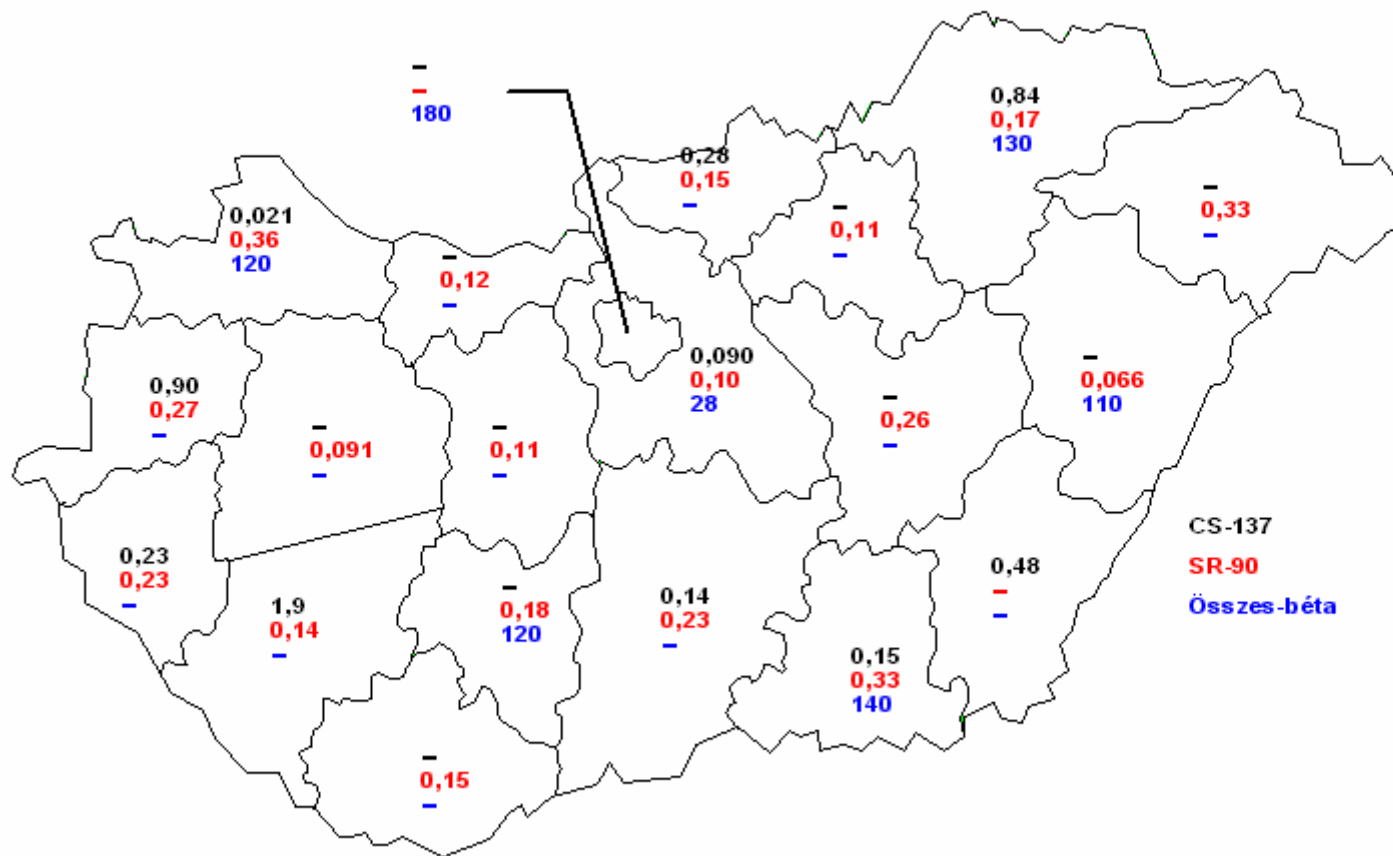
5.3. Feldolgozott, növényi eredetű élelmiszer

A mintacsoportba elsősorban a gabonafélék terményei, illetve ezek feldolgozott formái (liszt, kenyér, pékáru) tartoznak.

5.3.1. Országos adatok

Országos mintavételi és mérési programmal az EüM ERMAH és az FVM REH hálózatok rendelkeznek (5.3.1. ábra). A két hálózat mintavételi programjában közősek a gabonafélék (szemes termények), az ERMAH laboratóriumok ezeken kívül kenyeret és pékárut is mérnek.

Az 5.3.1. ábrából láthatóan a két hálózat mérési programja együtt itt is lefedi a teljes országot. A minta-előkészítés mindkét hálózatnál szárítást, majd hamvasztást jelent, és a hamu radioaktivitását mérik.



5.3.1. ábra. Feldolgozott, növényi eredetű élelmiszer mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüM és FVM, Bq/kg)

Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja 5 megyére és a fővárosra terjed ki, negyedévente 1-1 gabonafajta és havonta 1 kenyérféle mintázását tartalmazza. Összesen 103 minta vizsgálatát végezték el. A γ -spektrumanalízist a minta 450°C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-ből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Jellemző kimutatási határ: 0,03-0,2 Bq/kg (¹³⁷Cs).

Az FVM REH laboratóriumainak mintavételi programjában búza, árpa, kukorica, rozs minták szerepelnek. A γ -spektrumanalízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként (a jelentésben nem szerepelnek). Szintén ebből a hamuból történik az összes- α aktivitás mérése, illetve a ⁹⁰Sr radiokémiai elválasztása. Ezeket a vizsgálatokat, lehetőség szerint, minden mintából elvégzik. A 2008. évben a 19 megye területéről 80 gabona minta vizsgálatát végezték el az FVM REH laboratóriumai.

2007. évtől szerepel az FVM REH vizsgálati programjában a kenyérfélék, péksütemények ¹³⁷Cs szűrő vizsgálata is. A minták mérése eredeti anyagból, 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik. A 2008. évben az FVM REH laboratóriumai 618 kenyér és péksütemény vizsgálatát végezték el (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenységgű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

A gabonafélékben és termékekben mért aktivitáskoncentrációk éves, országos átlagai a következők voltak (5.3.1. táblázat): 0,56 Bq/kg (¹³⁷Cs); 0,12 Bq/kg (⁹⁰Sr) és 48 Bq/kg (összes-béta). Kiemelendő, hogy ezen mintafajtákban a csernobili eredetű ¹³⁷Cs az igen kis kimutatási határok ellenére általában – a minták több mint 80 %-ában – már nem volt kimutatható.

5.3.1. táblázat. Feldolgozott, növényi eredetű élelmiszerek országos mérési eredményeinek éves jellemzői (EüM és FVM)

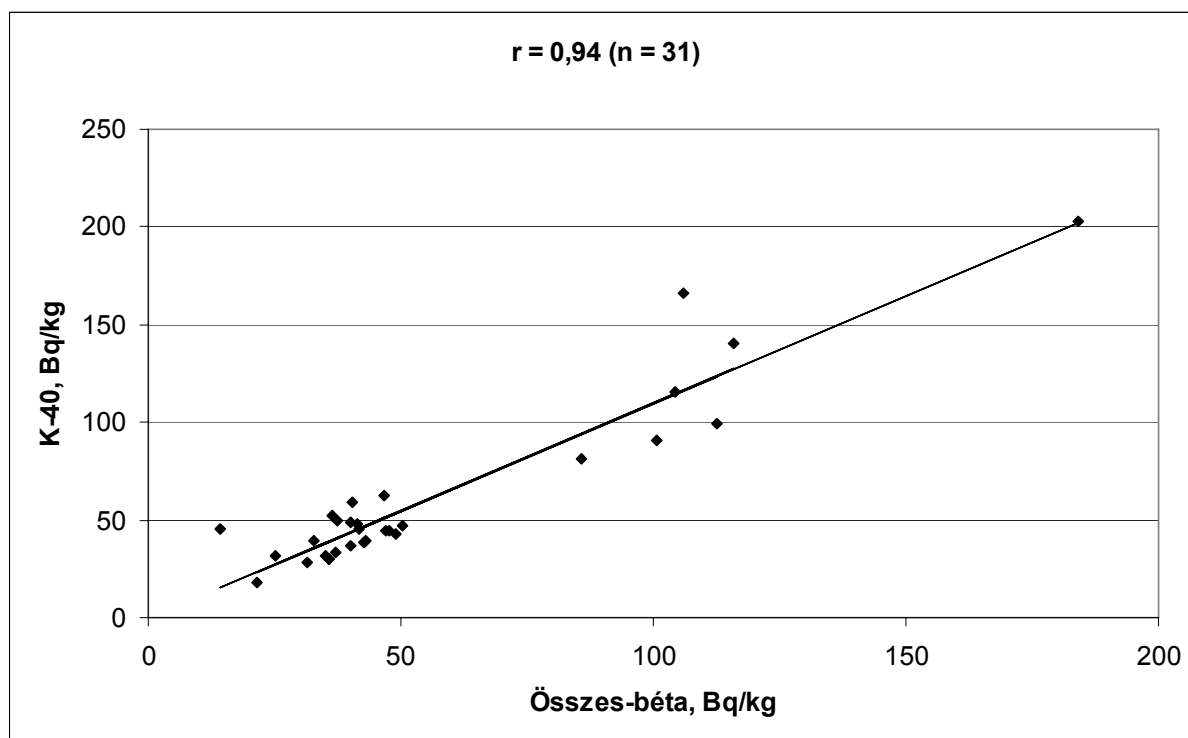
Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	-	-	-	1	1
Cs-137	BE	-	-	0,48	-	10	9
Cs-137	BK	-	-	0,14	-	13	12
Cs-137	BP	-	-	-	-	37	37
Cs-137	BZ	-	0,070	0,84	-	13	11
Cs-137	CS	-	-	0,15	-	15	14
Cs-137	FE	-	-	-	-	2	2
Cs-137	GY	-	-	0,021	-	18	17
Cs-137	HA	-	-	-	-	20	20
Cs-137	HE	-	-	-	-	5	5
Cs-137	JA	-	-	-	-	19	19
Cs-137	KO	-	-	-	-	29	29
Cs-137	NO	-	-	0,28	-	53	52
Cs-137	PE	-	-	0,090	-	29	28
Cs-137	SO	-	-	1,9	-	9	8
Cs-137	SZ	-	-	-	-	9	9
Cs-137	TO	-	-	-	-	11	11

5.3.1. táblázat. (folytatás).

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	VA	-	0,033	0,90	-	12	8
Cs-137	VE	-	-	-	-	32	32
Cs-137	ZA	-	0,069	0,23	-	11	8
Sr-90	BA	-	-	0,15	-	1	0
Sr-90	BE	-	-	-	-	1	1
Sr-90	BK	-	0,077	0,23	-	9	5
Sr-90	BZ	-	0,084	0,17	-	5	1
Sr-90	CS	-	0,060	0,33	-	8	3
Sr-90	FE	-	-	0,11	-	2	1
Sr-90	GY	-	0,16	0,36	-	3	1
Sr-90	HA	-	-	0,066	-	1	0
Sr-90	HE	-	0,063	0,11	-	5	3
Sr-90	JA	-	0,060	0,26	-	7	3
Sr-90	KO	-	0,089	0,12	-	3	0
Sr-90	NO	-	-	0,15	-	1	0
Sr-90	PE	-	0,094	0,10	-	2	0
Sr-90	SO	-	0,070	0,14	-	5	3
Sr-90	SZ	-	0,074	0,33	-	6	2
Sr-90	TO	-	0,095	0,18	-	3	1
Sr-90	VA	-	0,062	0,27	-	4	1
Sr-90	VE	-	-	0,091	-	1	0
Sr-90	ZA	-	0,11	0,23	-	7	2
Össz-béta	BP	47	20	180	40	17	0
Össz-béta	BZ	53	24	130	29	15	0
Össz-béta	CS	58	27	140	33	17	0
Össz-béta	GY	49	25	120	30	16	0
Össz-béta	HA	50	22	110	26	16	0
Össz-béta	PE	-	18	28	-	7	0
Össz-béta	TO	43	14	120	27	16	0
Cs-137	Összesen	0,56	0,021	1,9	-	348	332
Sr-90	Összesen	0,12	0,060	0,36	-	74	27
Össz-béta	Összesen	48	14	180	-	104	0

Az 5.3.2. ábrán szemléltetjük a minták összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskoncentrációi közötti korrelációt. A korreláció itt is erős, és látható, hogy az összes béta-aktivitás szinte teljes egészét a ^{40}K aktivitása teszi ki.

Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], az FVM REH mérési eredményeinek részletes értékelését az éves jelentésekben [4] találhatjuk meg.



5.3.2. ábra. Feldolgozott, növényi eredetű élelmiszerek összes-béta és K-40 aktivitáskoncentrációi közötti korreláció (EüM)

6. Állati eredetű élelmiszerek

Az állati eredetű élelmiszerek gyűjtőcsoportja a tej- és tejtermékeket, hús- és hústermékeket foglalja magában, azaz együttesen igen fontos táplálékcsoporthoz képvisel.

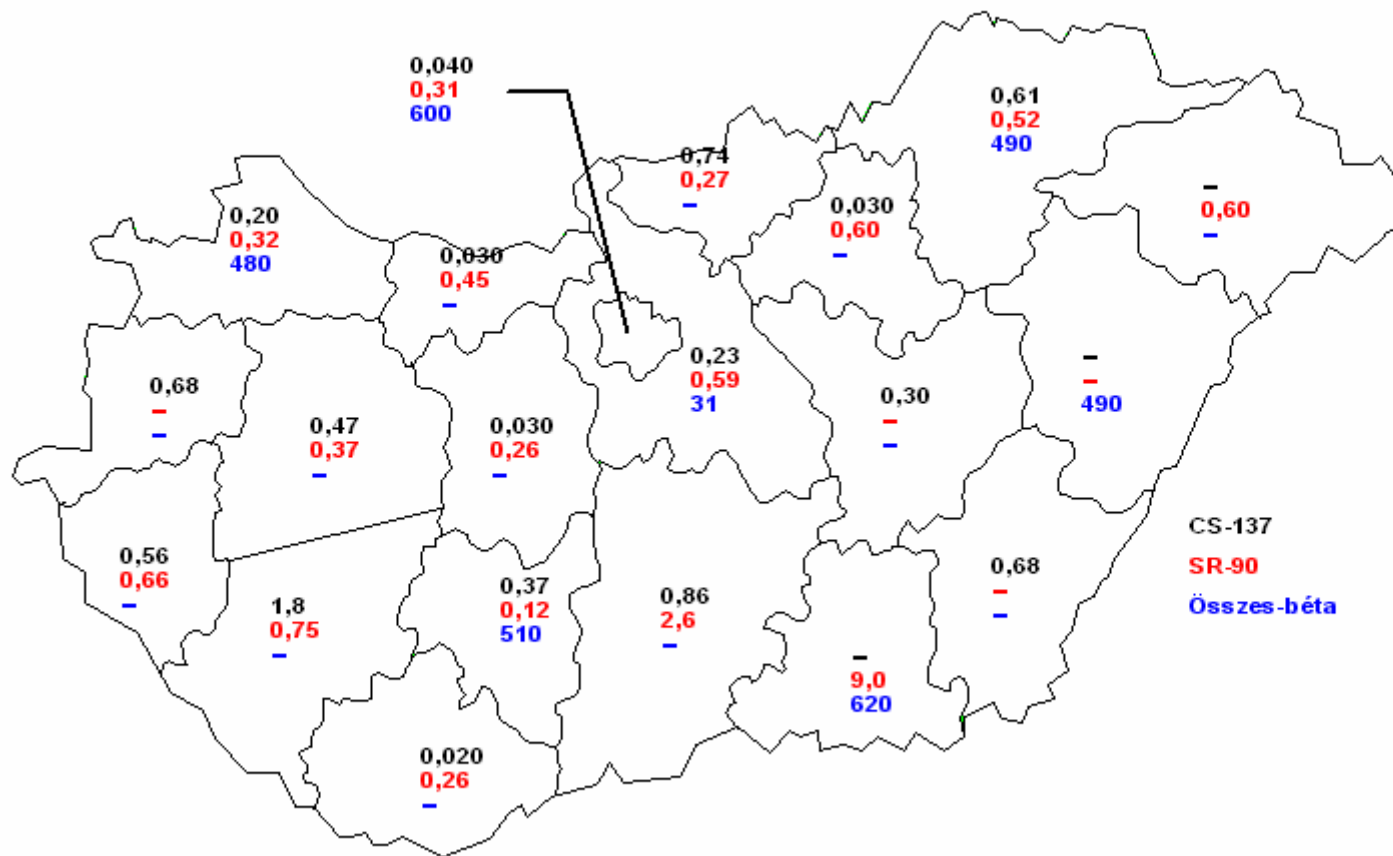
6.1. Tej, tejtermék

Ezen mintacsoportba a tej és az abból készített élelmiszertermékek (vaj, sajt, túró) tartoznak. A tej- és tejtermékminták aktivitáskoncentrációit az irodalomban leggyakrabban az ún. nyers tömegre vonatkoztatják. A továbbiakban az eredményeket ilyen egységben adjuk meg.

6.1.1. Országos adatok

Országos mintavételi és mérési programmal az EüM ERMAH és az FVM REH hálózatok rendelkeznek (6.1.1. ábra). A két hálózat mintavételi programjában a nyerstej, tejpör, sajt és a túró szerepel. A minta-előkészítés mindkét hálózathoz hamvasztást jelent. A hamu radioaktivitását mérik, illetve a ^{90}Sr méréséhez ebből kiindulva végeznek radiokémiai elválasztást.

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 megyében havonta 1-1 tejminta, továbbá negyedévente 1-1 sajt, túró és tejporminta vételére terjed ki. Összesen 253 minta vizsgálatát végezték el. A γ -spektrumanalízist a minta 450°C -on izzított hamujának legalább 50 cm^3 -ből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Jellemző kimutatási határ: $0,02\text{-}0,5\text{ Bq/kg}$ (^{137}Cs).



6.1.1. ábra. Tej és tejtermék mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüM és FVM, Bq/kg)

Az FVM REH laboratóriumainak mintavételi programjában tej, sajt illetve tejpor minták szerepelnek. A tej mintavétel havonta, tejgazdaságból vagy kistermelőtől, a takarmány mintavétellel együtt történik. A γ -spektrumanalízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként (a jelentésben nem szerepelnek). Szintén ebből a hamuból történik az összes- α aktivitás mérése, illetve a ⁹⁰Sr radiokémiai elválasztása. Ezeket a vizsgálatokat minden mintából elvégzik. A 2008. évben a 19 megye és Budapest területéről 203 tej, 63 tejpor és 87 sajt minta vizsgálatát végezték el az FVM REH laboratóriumai.

A 6.1.1. ábrából látható, hogy a két hálózat mérési programja együttesen itt is lefedi a teljes országot. (Megjegyezzük, hogy különösen a tej és tejtermékek – de bizonyos mértékben a többi feldolgozott élelmiszer, pl. hús és hústermékek esetében is – az eredmények adott megyénél történő feltüntetése nem feltétlenül jellemzi a minta származási helyét, gyakran csak a mintavétel, vagy még inkább a mérés helyszínét.)

A tej- és tejtermékmintákra vonatkozó mérési eredmények jellemzőit a 6.1.1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy míg a ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációk nagyrészt kimutatási határ alattiak, addig a ⁹⁰Sr eredmények döntő része meghaladja azt. (Megjegyezzük, hogy a magasabb ¹³⁷Cs-koncentrációk tejporból származnak, amely mintegy tizedrészére hígul a felhasználás során.)

A tej- és tejtermékek ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,17 Bq/kg, a ⁹⁰Sr radionuklidé alig kisebb, 0,15 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes béta-aktivitásé pedig 76 Bq/kg volt 2008-ban. A két csernobili eredetű radionuklid átlagos koncentrációi w-hez közelítenek. (Megjegyezzük, hogy a ¹³⁷Cs mérési eredmények több mint kétharmada kimutatási határ alatti volt.)

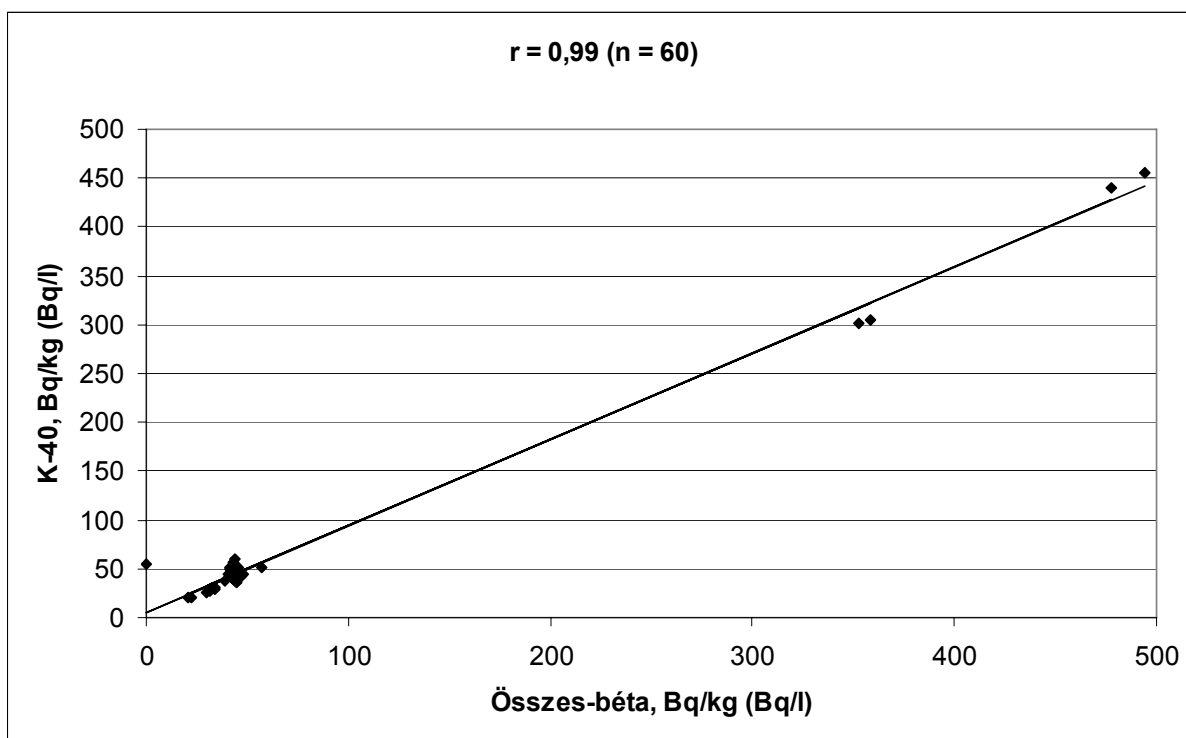
6.1.1. táblázat. Tej és tejtermék mérési eredmények éves jellemzői (EüM és FVM)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	-	0,020	-	17	16
Cs-137	BE	-	-	0,68	-	12	11
Cs-137	BK	-	0,039	0,86	-	25	16
Cs-137	BP	-	0,014	0,040	-	11	7
Cs-137	BZ	-	0,050	0,61	-	34	29
Cs-137	CS	-	-	-	-	32	32
Cs-137	FE	-	0,021	0,030	-	12	9
Cs-137	GY	0,079	0,011	0,20	0,079	35	23
Cs-137	HA	-	-	-	-	34	34
Cs-137	HE	-	0,020	0,030	-	14	12
Cs-137	JA	-	0,080	0,30	-	13	10
Cs-137	KO	-	0,010	0,030	-	7	4
Cs-137	NO	-	0,0090	0,74	-	18	11
Cs-137	PE	0,057	0,020	0,23	0,051	23	3
Cs-137	SO	-	0,010	1,8	-	24	18

6.1.1. táblázat (folytatás).

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	SZ	-	-	-	-	16	16
Cs-137	TO	0,18	0,020	0,37	0,17	90	80
Cs-137	VA	0,15	0,014	0,68	0,20	24	6
Cs-137	VE	-	0,019	0,47	-	21	17
Cs-137	ZA	-	0,020	0,56	-	23	15
Sr-90	BA	-	0,024	0,26	-	13	8
Sr-90	BK	0,30	0,027	2,6	0,56	23	1
Sr-90	BP	-	0,022	0,31	-	9	4
Sr-90	BZ	0,11	0,028	0,52	0,12	25	7
Sr-90	CS	0,54	0,020	9,0	1,9	21	6
Sr-90	FE	-	0,030	0,26	-	11	7
Sr-90	GY	-	0,13	0,32	-	8	6
Sr-90	HA	-	-	-	-	4	4
Sr-90	HE	0,079	0,022	0,60	0,15	14	4
Sr-90	KO	-	0,022	0,45	-	7	2
Sr-90	NO	-	0,034	0,27	-	13	9
Sr-90	PE	0,087	0,021	0,59	0,14	17	3
Sr-90	SO	0,17	0,022	0,75	0,19	24	12
Sr-90	SZ	0,097	0,030	0,60	0,15	13	1
Sr-90	TO	0,045	0,0016	0,12	0,066	40	21
Sr-90	VA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	VE	-	-	0,37	-	6	5
Sr-90	ZA	-	0,030	0,66	-	22	15
Összes-béta	BP	77	9,5	600	150	37	2
Összes-béta	BZ	94	23	490	130	24	0
Összes-béta	CS	85	23	620	140	47	0
Összes-béta	GY	58	18	480	97	21	0
Összes-béta	HA	100	21	490	150	24	0
Összes-béta	PE	18	4,9	31	8,5	10	0
Összes-béta	TO	65	0,0057	510	94	61	0
Cs-137	Összesen	0,17	0,0090	1,8	-	485	369
Sr-90	Összesen	0,15	0,0016	9,0	-	272	117
Összes-béta	Összesen	76	0,0057	620	-	224	2

A 6.1.2. ábrán szemléltetjük a tejben és tejtermékekben mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskonzentrációk közötti korrelációt. A korreláció mértéke itt is igen erős, és az összes béta-aktivitás közel 100 %-ban itt is a ^{40}K radionuklidtól származik. Kiemelendő még, hogy az ábrán két, eléggé elkülönülő csoportot alkotnak a tej, illetve a tejtermékek, ugyanis a feldolgozás okozta koncentrálódás miatt az utóbbiak összes-béta és ^{40}K aktivitáskonzentrációi is jóval nagyobbak.



6.1.2. ábra. Tej és tejtermékek összes-béta és K-40 aktivitáskoncentrációi közötti korreláció (EüM)

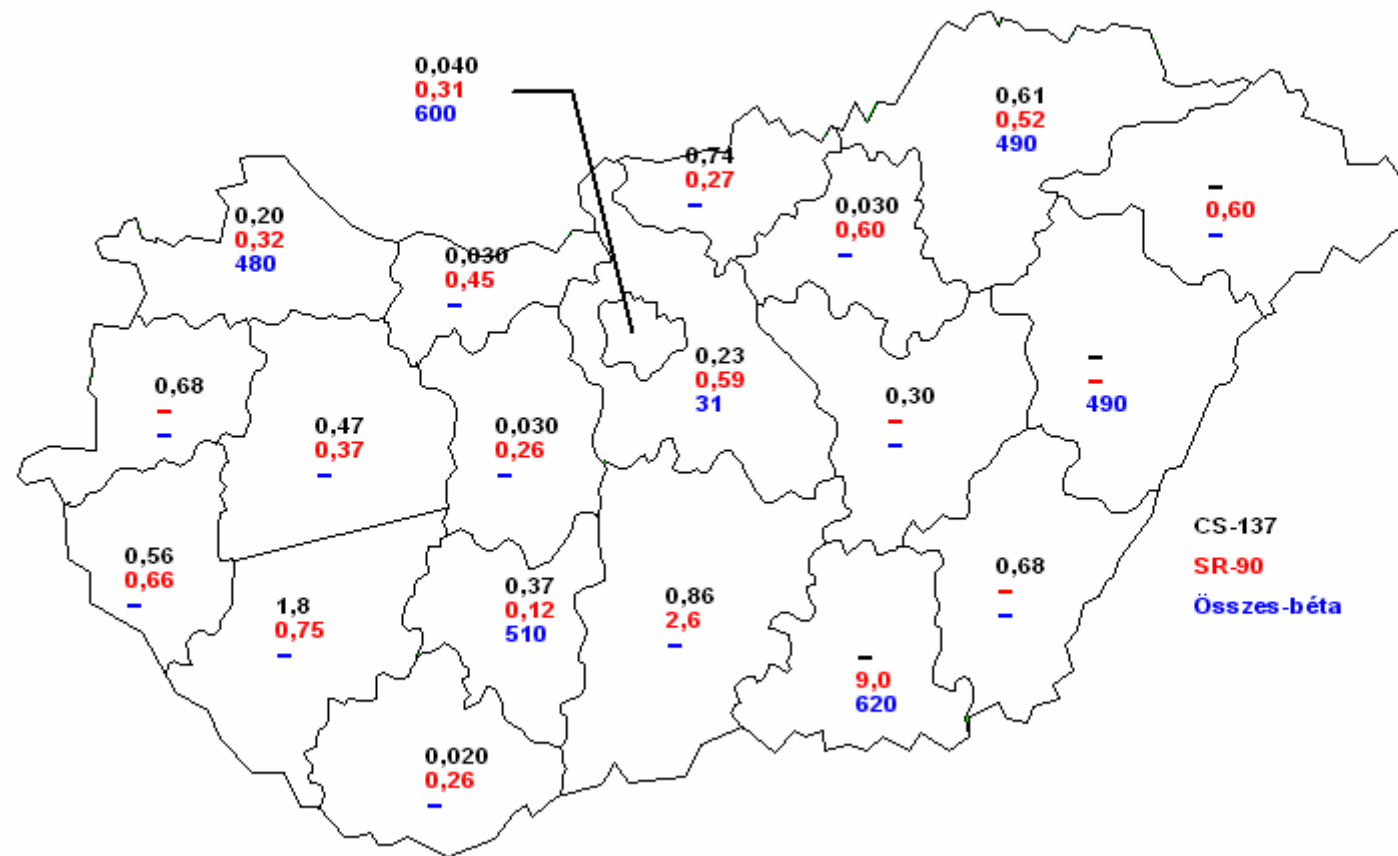
Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], az FVM REH mérési eredményeinek részletes értékelését az éves jelentésekben [4] találhatjuk meg.

6.2. Hús és hústermékek aktivitáskoncentrációi

Ezen mintacsoportba a húsfélék (baromfi, marha, sertés, hal) és az azokból készített élelmiszertermékek (kolbász, felvágottak) tartoznak. A hús- és hústermékminták aktivitáskoncentrációit az irodalomban leggyakrabban az ún. nyers tömegre vonatkoztatják. A továbbiakban az eredményeket ilyen egységben adjuk meg.

6.2.1. Országos adatok

A tej és tejtermékekhez hasonlóan, országos mintavételi és mérési programmal az EüM ERMAH és az FVM REH hálózatok rendelkeznek (6.2.1. ábra). A két hálózat mintavételi programjában a korábban felsorolt húsfélék és -termékek, az FVM-nél a vadhús is szerepel.



6.2.1. ábra. Hús és hústermék mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüM és FVM, Bq/kg)

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 8 megyében negyedévente 1-1 marha-, sertés- és baromfihúsminta vételére terjed ki. Összesen 151 minta vizsgálatát végezték el. A γ -spektrumanalízist a minta 450°C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-ből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Jellemző kimutatási határ: 0,03-0,3 Bq/kg (¹³⁷Cs).

Az FVM REH laboratóriumainak mintavételi programjában sertés, marha baromfi, házinyúl, hal és vadhús szerepel. A γ -spektrumanalízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként (ez utóbbiak - mivel nem kerülnek számszerű kiértékelésre - a jelentésben nem szerepelnek). Ezeket a vizsgálatokat minden mintából elvégezzük. A 2008. évben a 19 megye területéről 68 sertés, 65 marha és 76 baromfihús minta vizsgálatát végezték el az FVM REH laboratóriumai.

2007. évtől szerepel az FVM REH monitoring programjában a húskészítmények, tengeri hal és tengeri puhatestűek ¹³⁷Cs szűrő vizsgálata. A minták mérése eredeti anyagból, 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik. 2008 évben az FVM REH laboratóriumai 251 húskészítmény és 188 tengeri hal és puhatestű vizsgálatát végezték el (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenységgű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

A 6.2.1. ábrából látható, hogy a két hálózat mérési programja együttesen itt is lefedi a teljes országot. Az összes-béta méréshez történő minta-előkészítés mindkét hálózaton hamvasztást jelent, majd a hamu radioaktivitását mérik. (Az ERMAH laboratóriumok a hús gamma-spektrometriai mérését nyers, homogenizált formában végzik.)

A hús- és hústermékmintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit a 6.2.1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy a ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációk közel fele itt is kimutatási határ alatti.

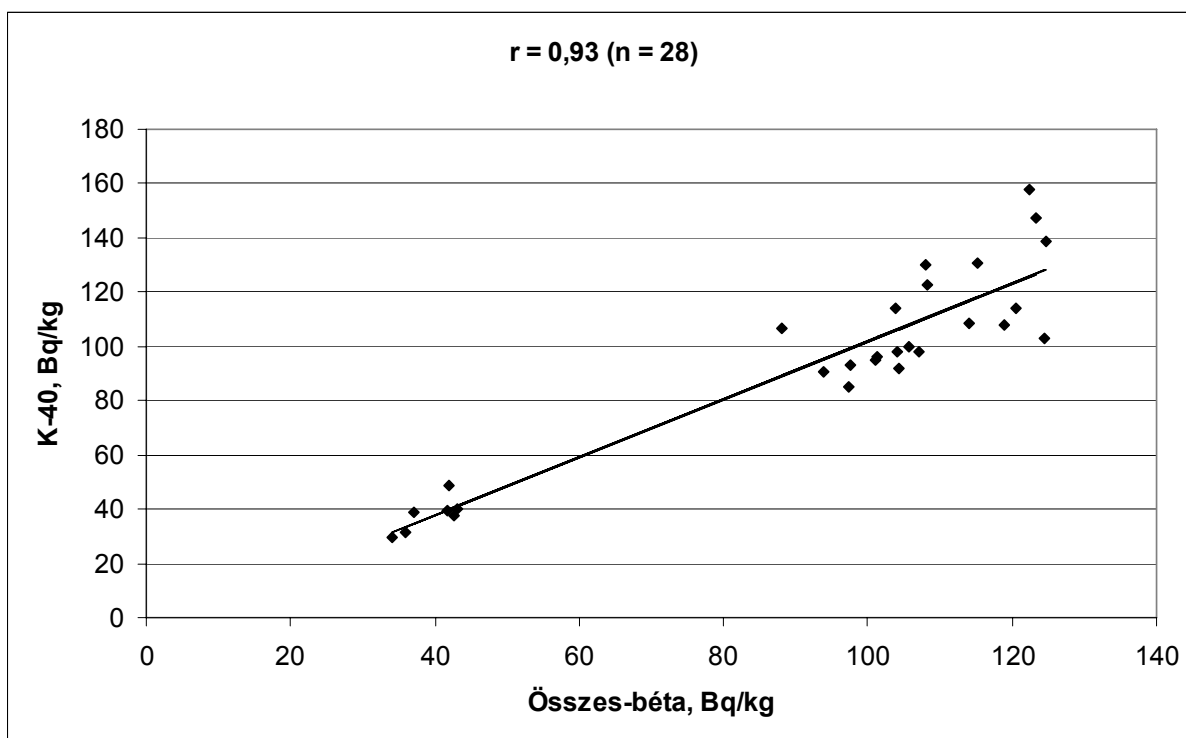
A hús és hústermékek ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,27 Bq/kg, a döntően természetes eredetű (⁴⁰K) összes béta-aktivitása pedig a tejhez igen hasonló, 81 Bq/kg volt 2008-ban. Ezek az értékek a 2007. évekhez hasonlóak.

A húsban és hústermékekben mért összes-béta és ⁴⁰K izotóp aktivitáskoncentrációk közötti korrelációt a 6.2.2. ábrán szemléltetjük. A 2007. év eredményeihez hasonlóan a korreláció itt is erősnek mondható.

Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], az FVM REH mérési eredményeinek részletes értékelését az éves jelentésekben [4] találhatjuk meg.

6.2.1. táblázat. Hús és hústermék mérési eredmények éves jellemzői (EüM és FVM)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	0,086	0,27	-	11	9
Cs-137	BE	-	-	-	-	21	21
Cs-137	BK	-	0,091	0,35	-	40	35
Cs-137	BP	-	0,050	1,3	-	16	13
Cs-137	BZ	-	0,099	0,92	-	26	20
Cs-137	CS	-	0,065	0,35	-	36	33
Cs-137	FE	-	0,049	1,1	-	16	10
Cs-137	GY	0,23	0,035	1,7	0,39	28	12
Cs-137	HA	-	0,020	0,59	-	23	20
Cs-137	HE	-	-	0,29	-	10	9
Cs-137	JA	-	0,040	0,17	-	24	19
Cs-137	KO	-	0,040	0,63	-	13	10
Cs-137	NO	-	0,050	0,28	-	24	17
Cs-137	PE	-	0,050	1,2	-	20	13
Cs-137	SO	0,27	0,080	2,2	0,57	24	12
Cs-137	SZ	-	-	0,19	-	19	18
Cs-137	TO	-	0,035	0,073	-	21	18
Cs-137	VA	0,17	0,043	0,71	0,33	28	13
Cs-137	VE	-	0,029	0,18	-	22	17
Cs-137	ZA	0,41	0,091	1,9	0,58	15	3
Sr-90	VE	-	-	1,6	-	1	0
Össz-béta	BP	68	10	120	36	29	0
Össz-béta	BZ	99	39	140	34	16	0
Össz-béta	CS	87	38	120	26	48	0
Össz-béta	GY	71	32	99	24	16	0
Össz-béta	HA	89	34	120	31	16	0
Össz-béta	PE	-	18	150	-	9	0
Össz-béta	TO	80	33	110	29	16	0
Cs-137	Összesen	0,27	0,020	2,2	-	437	322
Sr-90	Összesen	-	-	1,6	-	1	0
Össz-béta	Összesen	81	10	150	-	150	0



6.2.2. ábra. Hús és hústermékek összes-béta és ^{40}K aktivitáskonzentrációi közötti korreláció (EüM)

6.2.2. A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei

A Paksi Atomerőmű környezetében a KvVM alá tartozó DD-KTVF pécsi laboratóriuma végzi a halak mintázását és mérését az erőmű alatti Duna-szakaszon.

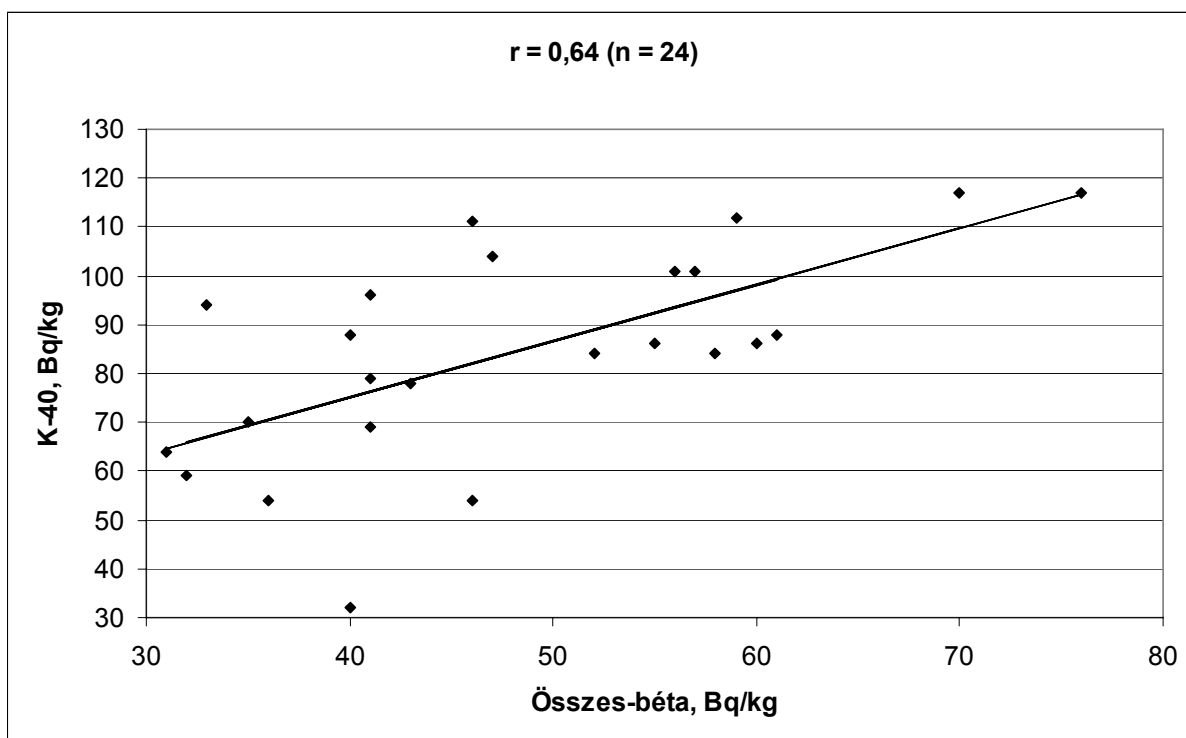
A dunai halakra, az erőmű alatti szakaszon kapott mérési eredményeket a 6.2.2. táblázatban foglaltuk össze.

Látható, hogy a mesterséges radionuklidok halakban mért koncentrációi – a szárazföldi tápláléklánc elemeihez hasonlóan – igen kicsik, a ^{90}Sr -nál a minták többségében kimutatási határ alattiak.

A halakban mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskonzentrációk közötti korrelációt a 6.2.3. ábrán szemléltetjük, (a korreláció nem túl erős, de azért látható).

6.2.2. táblázat. A Paksi Atomerőmű utáni Duna-szakaszon fogott halak mérési eredményeinek éves jellemzői (KvVM)

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	0,31	0,10	0,60	0,13	24	4
Sr-90	-	0,30	0,80	-	24	19
Össz-béta	48	31	76	12	24	0



6.2.3. ábra. Halak összes-béta és ^{40}K aktivitáskonzentrációi közötti összefüggés (KvVM)

7. Felszíni vizek

A felszíni vizek radioaktív szennyeződése nem csak normál időszakban, hanem általában még balesetek idején sem jelentős. Ennek ellenére a vizek monitorozása fontos feladat, hiszen ivóvizünk jelentős részben felszíni vízi eredetű.

7.1. Országos adatok

A KvVM területi felügyelőségeihez tartozó laboratóriumok az országos felszíni vízminőségi törzshálózat program keretében mérik a vizek összes béta-aktivitáskonzentrációit. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző programjához csatlakozóan a pécsi laboratórium a Duna erőmű feletti és alatti szakaszán a víz ^{137}Cs és ^{90}Sr koncentrációit is ellenőrzi.

Az ERMAH mérési program keretében a laboratóriumok megyénként 1-1 mintavételi pontban havonta egy folyóvizet és negyedévente egy állóvizet mintáznak. A mintákon összes-béta, féléves egyesített mintákon pedig gamma-spektrometriai elemzést végeznek. Jellemző kimutatási határ: 2,3-20 mBq/l (^{90}Sr és ^{137}Cs).

A 2008. évben kapott mérési eredményeket a 7.1.1. táblázatban foglaltuk össze. A Dunában található mesterséges – csernobili eredetű – radionuklidok koncentrációja igen alacsony, néhány mBq/l nagyságrendű. A folyóvizek összes béta-aktivitáskonzentrációi nem érik el az 1 Bq/l értéket, állóvizeknél – sekély vizű tavaknál – azonban 1-2 Bq/l érték is előfordul. Az eredmények szóródása jelentős, a maximum és minimum értékek aránya néhány tízszeres is lehet.

7.1.1. táblázat. Egyes felszíni vizek mérési eredményeinek éves jellemzői (EüM és KvVM)

Radionuklid	Víz neve	Átlag mBq/l	Minimum mBq/l	Maximum mBq/l	Szórás mBq/l	N	Kh alatti
Cs-137	Balaton	-	14	17	-	2	2
Cs-137	Deseda	-	13	15	-	2	2
Cs-137	Dombori tó	-	9,1	11	-	2	2
Cs-137	Duna	14	0,20	660	82	64	50
Cs-137	Eger patak	-	4,0	5,1	-	2	2
Cs-137	Fehér tó	-	10	10	-	2	2
Cs-137	Fertő tó	-	12	21	-	2	2
Cs-137	Halastó (Orfű)	-	-	15	-	1	1
Cs-137	Hátori tó	-	12	17	-	2	2
Cs-137	Hármas-Körös	-	10	10	-	4	4
Cs-137	Holt Duna-ág	-	-	14	-	1	1
Cs-137	Horgásztó	-	0,70	0,70	-	2	2
Cs-137	Horgásztó (Kecskemét)	-	10	10	-	2	2
Cs-137	Kapos	-	5,5	7,9	-	2	2
Cs-137	Kondor tó	-	6,7	10	-	4	4
Cs-137	Körös/Fehér- körös	-	10	10	-	3	3
Cs-137	Maros	-	10	10	-	2	2
Cs-137	Orfűi tó	-	-	15	-	1	1
Cs-137	Rába	-	3,5	4,1	-	4	4
Cs-137	Sárvári tó	-	7,4	9,7	-	2	2
Cs-137	Séd	-	4,8	7,9	-	2	2
Cs-137	Szelidi tó	-	1,2	13	-	5	5
Cs-137	Szinva	-	4,4	5,2	-	2	2
Cs-137	Tisza	-	10	10	-	16	16
Cs-137	Vártó	-	10	10	-	2	2
Cs-137	Velencei tó	-	16	17	-	2	2
Cs-137	Zagyva	-	-	5,0	-	1	1
Sr-90	Duna	1,5	0,73	2,4	0,43	23	7
Össz-béta	Balaton	260	200	340	43	10	0
Össz-béta	Bódva	-	120	140	-	5	0
Össz-béta	Deseda	-	97	140	-	4	0
Össz-béta	Dráva	120	92	180	24	12	0
Össz-béta	Duna	120	31	700	53	187	0
Össz-béta	Eger patak	410	290	500	69	12	0
Össz-béta	Fehér tó	-	180	380	-	4	0
Össz-béta	Fertő tó	-	900	1000	-	4	0
Össz-béta	Halastó (Orfű)	-	63	84	-	2	0
Össz-béta	Hátori tó	-	25	400	-	4	0
Össz-béta	Hármas-Körös	-	120	210	-	7	0
Össz-béta	Hernád	-	120	290	-	5	0
Össz-béta	Holt tiszta	-	100	260	-	4	0
Össz-béta	Horgásztó (Recsk)	-	110	410	-	3	0

7.1.1. táblázat. (folytatás).

Radionuklid	Víz neve	Átlag mBq/l	Minimum mBq/l	Maximum mBq/l	Szórás mBq/l	N	Kh alatti
Össz-béta	Horgásztó (Kecskemét)	-	180	210	-	3	0
Össz-béta	Kapos	220	44	550	130	24	0
Össz-béta	Keleti Főcsatorna	120	60	170	34	12	0
Össz-béta	Kondor tó	100	83	120	13	11	0
Össz-béta	Kőérberki patak	480	200	700	130	11	0
Össz-béta	Kőrös/Fehér- kőrös	150	77	210	38	11	0
Össz-béta	Maros	-	180	270	-	4	0
Össz-béta	Nádor- csatorna	-	380	400	-	3	0
Össz-béta	Omszki tó	-	400	600	-	3	0
Össz-béta	Orfűi tó	-	90	100	-	2	0
Össz-béta	Rába	160	95	260	40	24	0
Össz-béta	Rakamaz	-	80	270	-	6	0
Össz-béta	Sajó	-	100	280	-	5	0
Össz-béta	Sárvári tó	-	89	180	-	4	0
Össz-béta	Séd	130	98	190	32	10	0
Össz-béta	Sió	-	280	360	-	3	0
Össz-béta	Sóstó	-	130	230	-	4	0
Össz-béta	Szelidi tó	190	140	300	36	14	0
Össz-béta	Szinva	170	68	310	65	12	0
Össz-béta	Tisza	180	90	300	53	30	0
Össz-béta	Vártó	-	110	250	-	4	0
Össz-béta	Vekeri tó	-	120	170	-	4	0
Össz-béta	Velencei tó	-	1600	1900	-	7	0
Össz-béta	Zagyva	460	42	660	170	12	0

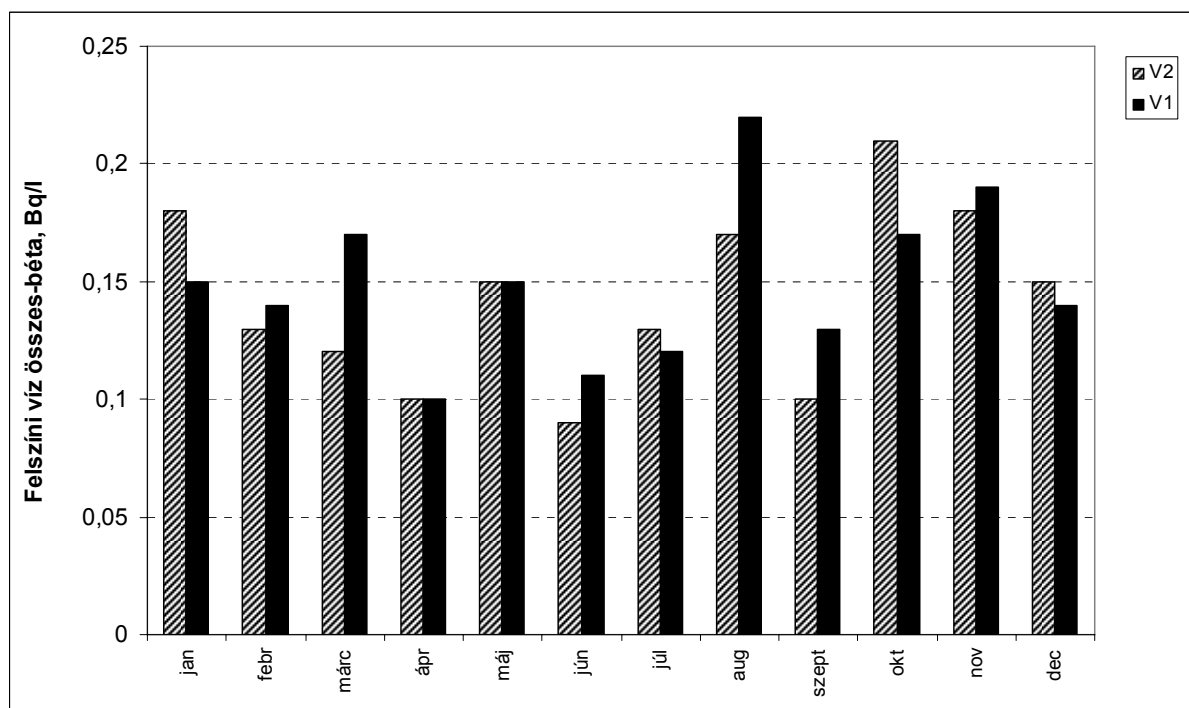
7.2. Létesítmények környezetének felszíni vizeiben mért aktivitáskoncentrációk

7.2.1. A Paksi Atomerőmű ellenőrzési adatai

Az erőmű környezet-ellenőrzési programja keretében rendszeresen méri a hidegvíz (V1) és melegvíz csatorna (V2) vizének aktivitáskoncentrációit. Az összes béta-aktivitások havi átlagait a 7.2.1. ábrán mutatjuk be.

A hidegvízcsatorna vizének aktivitáskoncentrációja meg kell hogy egyezzen a Dunáéval. Az erőmű hulladék vizeivel terhelt melegvízcsatornánál – a természetes radionuklidok járulékát is tartalmazó – összes béta-aktivitáskoncentráció emelkedése várható. A 7.2.1. ábrán a melegvízcsatorna vizének havi átlagai az esetek több, mint felében nem haladják meg a hidegvízcsatorna hasonló értékeit.

A hidegvízcsatorna vizének aktivitáskoncentrációja meg kell hogy egyezzen a Dunáéval. Az erőmű hulladék vizeivel terhelt melegvízcsatornánál – mind a természetes, mind az erőmű járulékát tartalmazó – összes béta-aktivitáskoncentráció emelkedése várható. A 7.2.1. ábrán a melegvízcsatorna vizének havi átlagai az esetek több, mint felében nem haladják meg a hidegvízcsatorna hasonló értékeit.



7.2.1. ábra. A Paksi Atomerőmű hideg- és melegvízcsatornájában mért összes béta-aktivitáskoncentrációk

7.2.2. Az RHFT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményei

A vízminták mintavétele kiterjed a csapadéokra (2 ponton), a felszíni vizekre (12 ponton), valamint a talajvízre (27 ponton). A mintavételi gyakoriság havi, féléves, illetve éves.

Az összes-béta mérésekhez legalább 2 liter vízmennyiséget párolnak be, és a bepárlási maradékból 1 g aktivitását mérik. A mérés kimutatási határa 10 mBq/l. A gamma-spektrometriai méréshez általában 10 liter vizet párolnak be, és a teljes bepárolt mennyiséget elemzik. A mérés jellemző kimutatási határa 1-2 mBq/l (a ^{137}Cs radionuklidra).

Az RHFT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményeit a 7.2.2. táblázat foglalja össze. Az ellenőrzési eredmények nem térnek el az országos mérési program keretében felszíni vizekre kapott eredményektől (7.1.1. táblázat).

7.2.2. táblázat. Az RHFT környezetében végzett felszíni víz mérési eredményeinek éves jellemzői

Radionuklid	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kh alatti
C-14	-	0,024	0,031	-	4	0
Cs-137	-	0,00055	0,0038	-	22	22
H-3	-	0,88	0,98	-	6	0
K-40	0,82	0,36	1,5	0,40	22	0
Pb-212	-	0,0048	0,020	-	9	1
Ra-226	-	0,0030	0,074	-	15	11
Összes-béta	0,45	0,047	0,87	0,20	18	0

8. Ivóvíz

Az ivóvízre fokozottan érvényes az, amit a felszíni vizek bevezető részében írtunk, azaz radioaktív szennyeződése nem csak normál időszakban, hanem általában még balesetek idején sem jelentős. Az ivóvíz stratégiai jelentősége miatt monitorozása azonban ennek ellenére kiemelten fontos feladat.

8.1. Vezetékes ivóvíz országos adatok

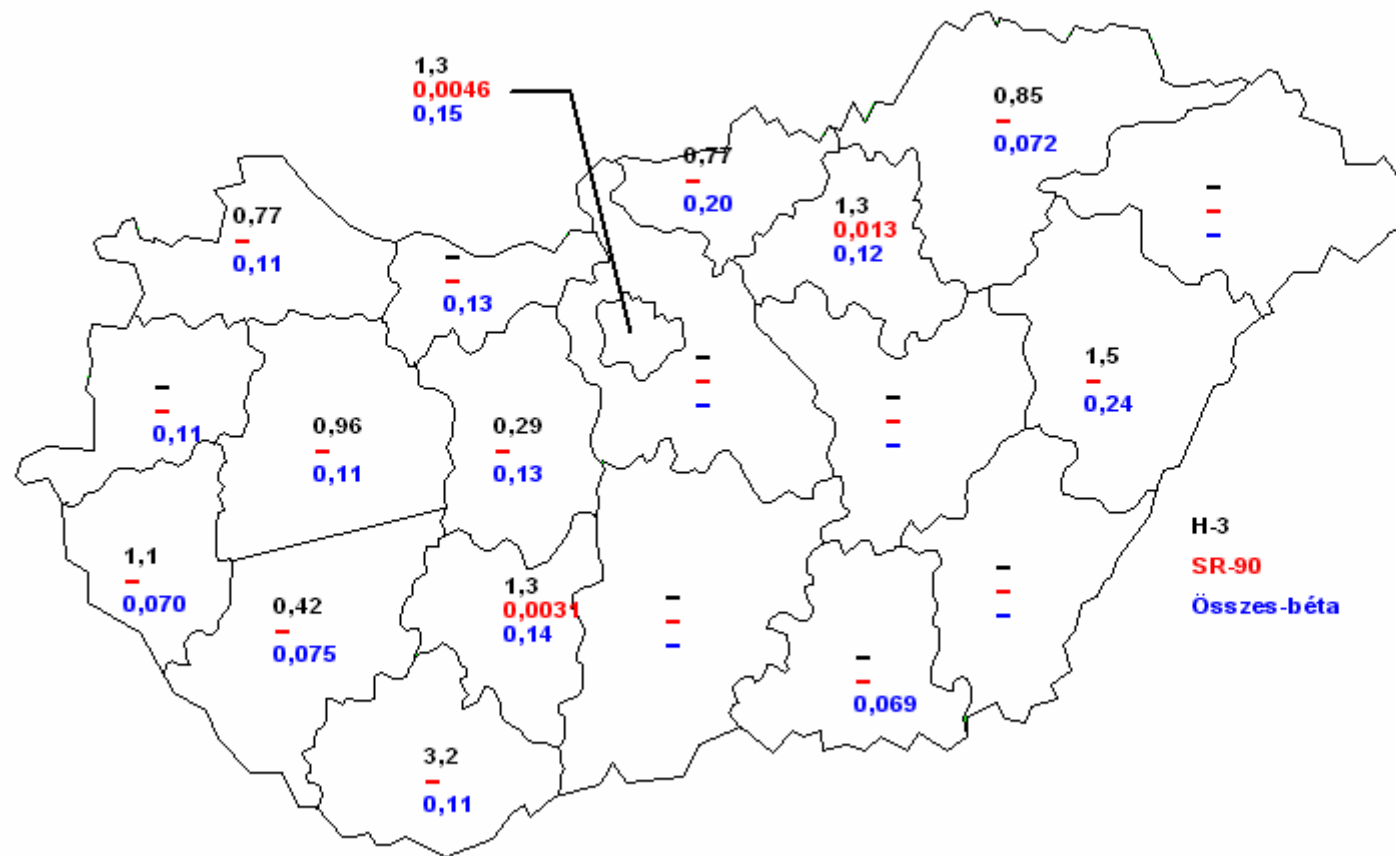
Országos ivóvíz-ellenőrzési programot az EüM ERMAH laboratóriumok végeznek. A mintavételi program megyénkénti negyedéves mintázást ír elő az összes-béta mérésekhez. Ezenkívül a ^3H és ^{90}Sr vizsgálatokhoz évi 2-2 mintát vesznek megyénként. Jellemző kimutatási határok: 0,1-0,2 Bq/l (^3H), 2-20 mBq/l (^{90}Sr) és 8 mBq/l (összes-béta).

Az ivóvíz aktivitáskoncentrációira kapott maximumok országos eloszlását a 8.1.1. ábra szemlélteti. Az ivóvízmintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit a 8.1.1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy a ^{90}Sr aktivitáskoncentrációk a minták több mint háromnegyedénél kimutatási határ alattiak voltak.

Az összes béta-aktivitások átlagai a 0,1 Bq/l érték körüliek, azonban így is jóval az Egészségügyi Világszervezet által ajánlott szint (1 Bq/l) alatt maradtak. Az ivóvíz trícium aktivitáskoncentrációi két jellemző csoportba sorolhatók. A felszíni víz eredetű ivóvizeknél az érték hasonló a felszíni vizekéhez, 1-2 Bq/l nagyságú. A mélységi ivóvizek (karszt, artézi) trícium koncentrációi viszont legfeljebb a néhány tized Bq/l értéket érik el.

Az ivóvíz ^3H aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,61 Bq/l, a legnagyobb érték is jóval kisebb mint az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X.25.) Korm. rendeletben európai uniós ajánlás alapján megadott indikátor paraméter (100 Bq/l). A ^{90}Sr koncentrációi 0,0022-0,013 Bq/l között vannak, az összes béta-aktivitások átlaga 0,091 Bq/l.

Az ivóvíz ^3H aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,61 Bq/l, a legnagyobb érték is jóval kisebb mint az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X.25.) Korm. rendeletben európai uniós ajánlás alapján megadott indikátor paraméter (100 Bq/l). A ^{90}Sr koncentrációi 0,0022-0,013 Bq/l között vannak, az összes béta-aktivitások átlaga 0,091 Bq/l.



8.1.1. ábra. Ivóvíz mérési eredmények éves maximum értékei (EüM, Bq/l) (a megyék jelentős részénél kimutatási határ alatti volt minden eredmény, a ¹³⁷Cs minden megye esetében)

8.1.1. táblázat. Ivóvíz mérési eredmények éves jellemzői (EüM)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	-	-	-	1	1
Cs-137	BZ	-	-	-	-	1	1
Cs-137	CS	-	-	-	-	3	3
Cs-137	FE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	GY	-	-	-	-	1	1
Cs-137	HE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	KO	-	-	-	-	1	1
Cs-137	NO	-	-	-	-	1	1
Cs-137	SO	-	-	-	-	1	1
Cs-137	TO	-	-	-	-	20	20
Cs-137	VA	-	-	-	-	1	1
Cs-137	VE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	ZA	-	-	-	-	1	1
H-3	BA	-	0,48	3,2	-	2	0
H-3	BP	-	1,1	1,3	-	2	0
H-3	BZ	-	0,77	0,85	-	2	0
H-3	FE	-	0,25	0,29	-	2	0
H-3	GY	-	0,63	0,77	-	2	0
H-3	HA	-	0,66	1,5	-	6	2
H-3	HE	-	0,59	1,3	-	2	0
H-3	KO	-	-	-	-	2	2
H-3	NO	-	0,59	0,77	-	2	0
H-3	SO	-	-	0,42	-	2	1
H-3	TO	-	0,20	1,3	-	14	5
H-3	VA	-	-	-	-	2	2
H-3	VE	-	0,39	0,96	-	2	0
H-3	ZA	-	0,61	1,1	-	2	0
Sr-90	BA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	BP	-	-	0,0046	-	1	0
Sr-90	BZ	-	-	-	-	2	2
Sr-90	FE	-	-	-	-	2	2
Sr-90	GY	-	-	-	-	2	2
Sr-90	HA	-	-	-	-	5	5
Sr-90	HE	-	-	0,013	-	2	1
Sr-90	KO	-	-	-	-	2	2
Sr-90	NO	-	-	-	-	2	2
Sr-90	SO	-	-	-	-	2	2
Sr-90	TO	-	0,0022	0,0031	-	22	18
Sr-90	VA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	VE	-	-	-	-	2	2
Sr-90	ZA	-	-	-	-	2	2
Összes-béta	BA	-	0,082	0,11	-	5	0
Összes-béta	BP	0,11	0,073	0,16	0,025	30	5
Összes-béta	BZ	-	0,014	0,072	-	4	1
Összes-béta	CS	0,056	0,030	0,069	0,012	12	0
Összes-béta	FE	-	0,075	0,13	-	3	0
Összes-béta	GY	-	0,056	0,11	-	4	0
Összes-béta	HA	0,13	0,080	0,24	0,035	36	0

8.1.1. táblázat. (folytatás).

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kh alatti
Összes-béta	HE	-	0,082	0,12	-	4	0
Összes-béta	KO	-	0,080	0,13	-	4	0
Összes-béta	NO	-	0,16	0,20	-	4	0
Összes-béta	SO	-	0,056	0,075	-	4	0
Összes-béta	TO	0,071	0,044	0,14	0,018	60	0
Összes-béta	VA	-	0,059	0,11	-	4	0
Összes-béta	VE	-	0,063	0,11	-	4	0
Összes-béta	ZA	-	0,040	0,070	-	4	0
Cs-137	Összesen	-	-	-	-	34	34
H-3	Összesen	0,61	0,20	3,2	-	44	12
Sr-90	Összesen	-	0,0022	0,013	-	50	44
Összes-béta	Összesen	0,091	0,014	0,24	-	182	6

8.2. Ásványvizek

Bár az ásványvizek a hatósági szabályozás szempontjából nem tartoznak az ivóvíz kategóriába – azaz kivételek pl. az utóbbi minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X.25.) Korm. rendelet előírásai alól is – hazánkban is erősen emelkedő mértékű fogyasztásuk indokolja radiológiai szempontból történő vizsgálatukat.

Az EüM ERMAH mérési programjában a decentrumok és az alapszintű laboratórium megyéiben szerepel negyedévenkénti mintavétel. A 2008-ban kapott eredményeket a 8.2.1. táblázatban foglaltuk össze. A mérések jellemző kimutatási határai: 0,1-0,2 Bq/l (összes-béta) és 0,05-0,1 Bq/l (^{137}Cs).

Az ásványvizekre kapott eredményeket a 8.1.1. táblázatban szereplő aktivitáskoncentrációkkal összevetve megállapítható, hogy a vizsgált ásványvizek összes béta-aktivitása nem haladja meg jelentősen a vezetékes ivóvizek hasonló értékeit, ami a 2005. évi jelentésben közölt, speciális felmérésben szereplő ásványvizek több mint felére kapott eredménytől eltérő képet tükröz továbbra is.

8.2.1. táblázat. Ásványvíz mérési eredmények jellemzői (EüM)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kh alatti
Cs-137	HA	-	-	-	-	1	1
Összes-béta	BP	-	0,10	0,10	-	9	4
Összes-béta	BZ	-	0,17	0,39	-	4	0
Összes-béta	CS	-	0,070	0,17	-	4	0
Összes-béta	GY	-	0,14	0,16	-	4	0
Összes-béta	HA	-	0,070	0,11	-	4	0
Összes-béta	PE	-	-	-	-	1	1
Összes-béta	TO	-	0,041	0,50	-	4	0
Cs-137	Összesen	-	-	-	-	1	1
Összes-béta	Összesen	0,14	0,041	0,50	-	30	5

9. Vegyes élelmiszer

A „vegyes élelmiszer” megnevezés a lakosság által közvetlenül fogyasztott (feldolgozott, főtt) ételeket takarja. Az országos ellenőrzési programot az EüM ERMAH laboratóriumok végzik. A mintavétel gyakorisága féléves és a régiókra terjed ki. A program összeállításánál cél volt, hogy a vizsgált készítmény közétkeztetésből származzon, minél nagyobb lakossági csoport fogyasztását reprezentálja. Az ételmintákat 5 munkanapon (ha megoldható, egy teljes héten keresztül gyűjtik).

9.1. Országos adatok

A ^{90}Sr és ^{137}Cs radionuklidok aktivitáskoncentrációit az ERMAH laboratóriumok az ételminták hamvasztása után határozzák meg. A 2008. évi eredményeket a 9.1.1. táblázatban foglaltuk össze. Az eredményeket Bq/nap egységben adtuk meg. Jellemző kimutatási határok: 0,01-0,08 Bq/kg (^{90}Sr és ^{137}Cs radionuklidra egyaránt).

A táblázatban közölt eredményekből látható, hogy a ^{137}Cs a ^{90}Sr koncentrációk többsége (egy kivétellel) mindegyik vizsgált mintában a kimutatási határ alatt voltak. A lakosság által fogyasztott ételekben tehát a csernobili eredetű ^{137}Cs és ^{90}Sr aktivitáskoncentrációja mára gyakorlatilag nem haladja meg a 0,07 Bq/nap szintet.

9.1.1. táblázat. Vegyesélelmiszer-minták mérési eredményeinek éves jellemzői (EüM)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/nap	Minimum Bq/nap	Maximum Bq/nap	Szórás Bq/nap	N	Kh alatti
Cs-137	BP	-	-	-	-	1	1
Cs-137	BZ	-	-	-	-	2	2
Cs-137	CS	-	-	-	-	1	1
Cs-137	GY	-	-	-	-	2	2
Cs-137	HA	-	-	-	-	1	1
Cs-137	TO	-	-	-	-	2	2
Sr-90	BP	-	-	-	-	1	1
Sr-90	BZ	-	-	-	-	1	1
Sr-90	GY	-	-	-	-	2	2
Sr-90	HA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	TO	-	-	0,011	-	2	1
Összes-béta	BP	-	-	29	-	3	2
Összes-béta	CS	-	22	23	-	2	0
Összes-béta	HA	26	19	42	8,2	10	0
Cs-137	Összesen	-	-	-	-	9	9
Sr-90	Összesen	-	-	0,011	-	8	7
Összes-béta	Összesen	23	19	42	-	15	2

10. A radon sugárterhelés

Természetes sugárterhelés alatt az élővilágra annak kialakulása óta ható, a Föld egyes részein különböző nagyságú sugárterhelést értjük. A természetes sugárterhelés jellemző világátlagos 2,4 mSv/év, azonban Földünk egyes területein ennél öt-tízszer nagyobb átlagértékek is előfordulnak (pl. India, Brazília, Kenya, Irán és Svédország egyes részein). Hazánkban elsősorban a radontól és bomlástermékeitől származó nagyobb sugárterhelés miatt az átlagos sugárterhelés 3,1 mSv/év – ehhez kapcsolódóan megjegyezzük, hogy az UNSCEAR 2000 Report [10] alapján a 200 Bq/m³ radon-szint 5 mSv/év sugárterhelést von maga után.

Az ezévi jelentésünkben a RAD Labor 1994-2008 közötti felmérését közöljük, amiben a különböző házszerkezetekre vonatkozó radonszinteket vetik össze.

10.1. Radon a különböző szerkezetű házakban

A RAD Labor 1994 és 2008 között 13 325 lakótérben mért radonszintet, ahol ismeri a ház szerkezetét is. Ezen adatbázis alapján a lakótéri radonszintet dominánsan befolyásoló tulajdonságok: a szoba szintje; a ház fajtája; a szoba és a ház alápincézettsége; a ház alatt húzódó terület geológiai szerkezete; a szoba falanyaga. Az öt, radonszintet dominánsan befolyásoló tulajdonság 10504 ház esetén ismert.

Egy-egy lakótér csoportot a *radonindex (RI)* jellemez. A radonindex azt mutatja meg, hogy az adott lakótér csoportban a lakótereknek hány százaléka haladja meg a 200 Bq/m³-es radonszintet. A radonindexet a hibájával ($\pm s$, illetve $\pm 3s$) együtt adjuk meg.

10.1.1. táblázat. A radonindex az emeleti és földszinti lakóterek esetén

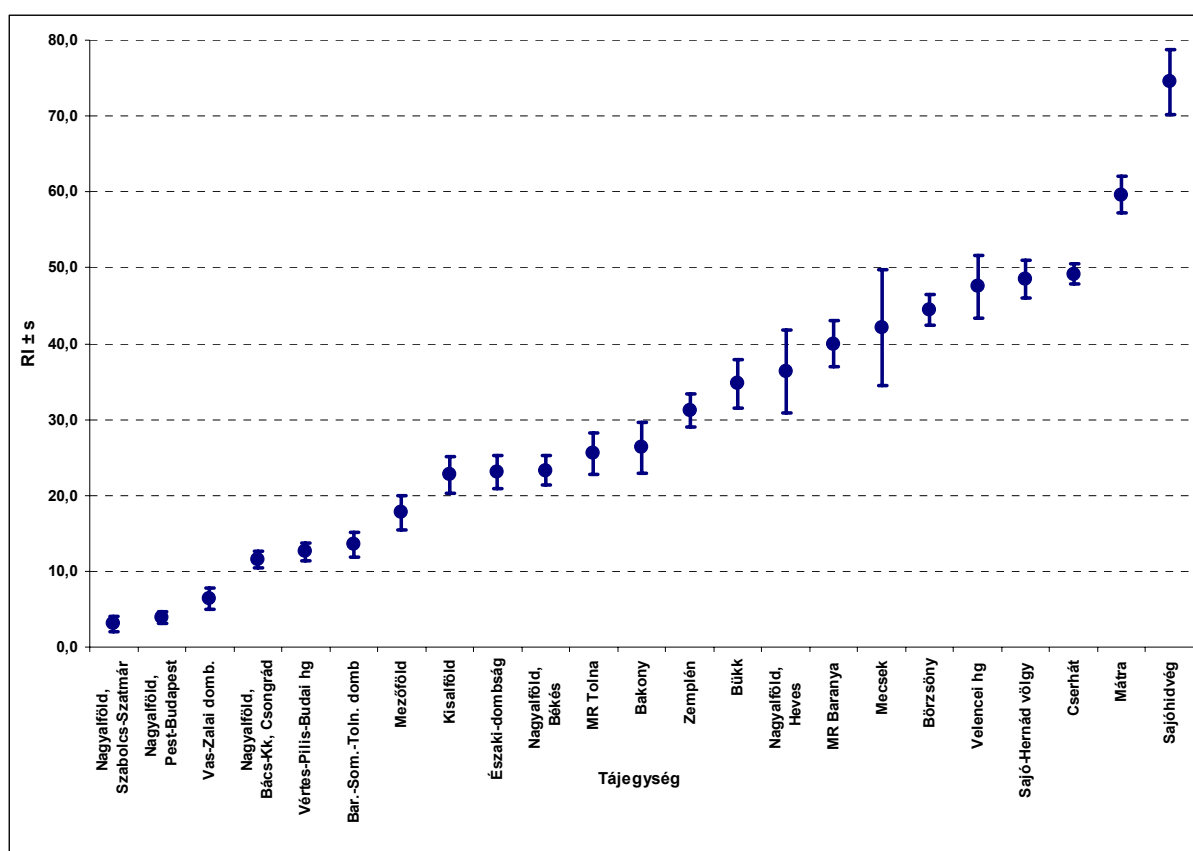
	Földszinti lakótér	Emeleti lakótér
Mért lakóterek száma	10082	422
$RI \pm 3s$	$23 \pm 1,2$	$1,0 \pm 0,9$

10.1.2. táblázat. A radonindex emeletes és földszintes házak földszinti lakótereire

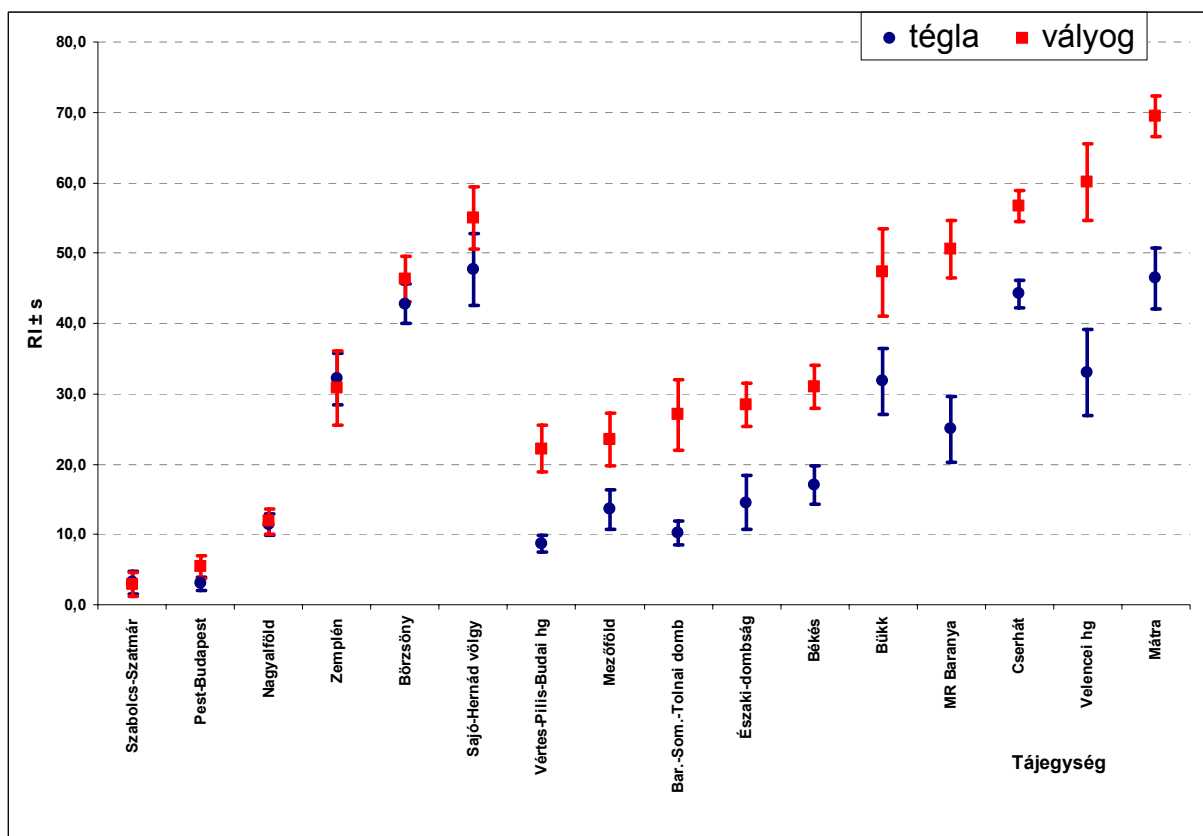
	Földszinti lakóterek földszintes házakban	Földszinti lakóterek emeletes házakban
Mért lakóterek száma	8424	1657
$RI \pm 3s$	$27,0 \pm 1,2$	$3,6 \pm 1,2$

10.1.3. táblázat. Földszintes házak lakótereinek radonindexe különböző alapincézettségeknél

	A lakótér alatt van pince,		A lakótér alatt nincs pince,	
	valamelyik szomszédos szoba alatt			
	van pince	nincs pince	van pince	nincs pince
Mért lakóterek száma	934	309	1357	5823
$RI \pm 3s$	9,0 ± 2,4	17,7 ± 6,3	30,5 ± 3,6	29,7 ± 1,8



**10.1.1. ábra. Radonindex a lakóterek tájegységek szerinti csoportjaiban.
(MR: Mórággyi-rög)**



10.1.2. ábra. Különböző geológiai formációk hatása a radonindexre a különböző falanyagok esetén

10.1.4. táblázat. Radonindex földszintes házak lakótereinél különböző falanyagokban

	tégla	vályog	egyéb
Mért lakóterek száma	3524	2617	1040
$RI \pm 3s$	$23 \pm 1,8$	$39,1 \pm 2,7$	$30,4 \pm 3,9$

Irodalom

- [1] A Paksi Atomerőmű Sugárvédelmi Osztálya 2008. évi jelentése (Szerk.: Dr. Bujtás Tibor, PA Zrt., Paks, 2009. március)
- [2] Kocsy Gábor, Fülöp Nándor, Gucci Judit és mtársai: Környezeti sugáregészségügyi mérési eredmények 2008-ban (Egészségtudomány, megjelenés alatt)
- [3] HAKSER 2008 – A Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer 2008. évi jelentése (Szerk.: Fülöp Nándor, OSSKI, Budapest, megjelenés alatt)
- [4] FVM Radioanalitikai Ellenőrző Hálózat – Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ, Élelmiszer- és Takarmánybiztonsági Igazgatóság, Radioanalitikai Referencia Laboratórium: Radioanalitikai monitoring jelentés, 2008. június
- [5] LÉVESQUE, B., GAUVIN, D., MCGREGOR, R. G., MARTEL, R., GINGRAS, S., DONTIGNY, A., WALKER, W. B., LAJOIE, P., LÉTOURNEAU, E.: *Radon in residences: influences of geological and housing characteristics*. Health Physics 72, 907-914. 1997
- [6] MILES, J.: *How to measure radon 2005* Environmental Radon Newsletter, Autumn, 44. 2005
- [7] MINDA, M., TÓTH, GY., HORVÁTH, I., BARNET, I., HÁMORI, K., TÓTH, E.: *Indoor radon mapping and its relation to geology in Hungary*, Environ Geology, Vol. 57, Issue 3, p. 601-609, DOI 10.1007/s00254-008-1329-6, 2009
- [8] MIRELES, F., GARCÍA, M. L., QUIRINO, L. L., DÁVILA, J. I., PINEDO, J. L., RÍOS, C., MONTERO, M. E., COLMENERO, L., VILLALBA, L.: *Radon survey related to construction materials and soils in Zacatecas, México using LR-115*. Radiation Measurements 42, 1397-1403. 2007
- [9] TÓTH, E., HÁMORI, K., MINDA, M.: *Indoor Radon in Hungary (Lognormal Mysticism)*, 8th International Workshop of Radon Risk Mapping, Prága, 252-257, 2006
- [10] UNSCEAR 2000 Report. Volume 1. Source and Effects of Ionizing Radiation. Annex B. Exposures from natural radiation sources. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.