



OKSER 2006

**AZ ORSZÁGOS KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI
ELLENŐRZŐ RENDSZER (OKSER)
2006. ÉVI JELENTÉSE**

Budapest, 2007. június

A jelentést az OKSER Szakbizottság 2007. 06. 21-i ülésén hagyta jóvá

Tartalomjegyzék

Előszó.....	4
Bevezetés.....	8
Következtetések.....	10
Conclusion.....	10
1. Külső gamma dózis-teljesítmény.....	11
1.1. Országos adatok.....	12
1.1.1. A Radiológiai Távmérő hálózat adatai (OKF, MH, OMSZ).....	12
1.1.2. Az országos TLD-mérőhálózat adatai (OSSKI).....	16
1.2. Létesítményi mérési adatok.....	20
1.2.1. Egyetemek mérési eredményei.....	20
1.2.2. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző állomásainak mérési adatai.....	21
1.2.3. A KFKI telephelyén mért gamma dózis-teljesítmények.....	24
1.2.4. A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért dózisteljesítmények (OSSKI).....	25
1.2.5. Bataapáti környéki dózisteljesítmény mérések (OSSKI).....	26
2. Levegőszűrők (aeroszol).....	28
2.1. Az országos ellenőrzési eredmények.....	28
2.2. Létesítmények környezetében mért aeroszol-koncentrációk.....	30
2.2.1. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének mérési eredményei.....	30
2.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyének adatai.....	30
2.2.3. A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk.....	31
3. Kihullás (fall-out).....	32
3.1. Országos adatok.....	32
3.2. Létesítmények környezetében mért kihullások.....	34
3.2.1. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének mérési eredményei.....	34
3.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyén mért eredmények.....	35
4. Talaj.....	36
4.1. Országos adatok.....	36
4.2. Létesítmények környezetében mért adatok.....	40
4.2.1. A püspökszilágyi RHFT telephelyi mérési eredményei.....	40
5. Növényzet.....	41
5.1. Takarmány.....	42
5.1.1. Országos adatok.....	42
5.1.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyén mért adatok.....	46
5.2. Növényi eredetű, nyers élelmiszer.....	46
5.2.1. Országos adatok.....	46
5.3. Feldolgozott, növényi eredetű élelmiszer.....	50
5.3.1. Országos adatok.....	50
6. Állati eredetű élelmiszerek.....	54
6.1. Tej, tejtermék.....	54
6.1.1. Országos adatok.....	54
6.2. Hús és hústermékek aktivitáskoncentrációi.....	58
6.2.1. Országos adatok.....	58
6.2.2. A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei.....	62
7. Felszíni vizek.....	63
7.1. Országos adatok.....	63
7.2. Létesítmények környezetének felszíni vizeiben mért aktivitáskoncentrációk.....	65
7.2.1. A Paksi Atomerőmű ellenőrzési adatai.....	65
8. Ivóvíz.....	67
8.1. Vezetékes ivóvíz országos adatok.....	67
8.2. Ásványvizek.....	70
9. Vegyes élelmiszer.....	71
9.1. Országos adatok.....	71
10. A természetes eredetű sugárterhelés fontosabb forrásai.....	72
10.1. Hazai lakásokban mért radonaktivitás-koncentrációk (RAD Labor és OSSKI).....	72
10.1.1. A RAD Labor országos felmérése.....	73
10.1.2. Az OSSKI országos felmérése.....	78
10.2. Építőanyagok aktivitáskoncentrációi (OSSKI).....	79
10.3. Az emberi szervezet ⁴⁰ K aktivitására kapott eredmények.....	81
Irodalom.....	84

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.

Célszerű a különböző helyeken, akár hatóságok, akár más intézmények által végzett valamennyi mérés eredményeit egyetlen központi adatbázisba gyűjteni, egyrészt, hogy az érintettek (akár szakemberek, akár a lakosság érdeklődő tagjai, csoportjai) könnyen áttekinthető, teljes képet kaphassanak az ország sugárzási helyzetéről, másrészt, hogy a teljes adatsor elemzése rávilágítson az esetleges „fehér foltokra”, vagy éppen a felszámolásra érdemes, felesleges párhuzamosságokra.

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.

A második, itt közreadott OKSER jelentés lényegében az első jelentés felépítését követi, de nagy örömünkre szolgál, hogy ezúttal már a természetes eredetű lakossági sugárterhelés orosz-lánrészét adó radonra vonatkozó adatokat is közre tudunk adni.

Továbbra is arra kérjük a Tisztelt Olvasókat, hogy amennyiben kritikai észrevételük van, azt osszák meg a Szakbizottság tagjaival. Minden jobbító szándékú észrevételt szívesen veszünk, hiszen közös célunk, hogy az elkövetkező jelentések egyre jobbak legyenek, az ország lakossága egyre jobban informált legyen sugárzási helyzetünkről.

Budapest, 2007. június

Dr. Koblinger László
az OKSER Szakbizottság elnöke

Az OKSER tagjai (a Rendelet alapján):

1. Belügyminisztérium,
2. Egészségügyi, Szociális és Családügyi 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 Részvénytársaság,
12. Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Társaság.

Az OKSER Szakbizottság tagjai (2006.12.31-én):

Barnabás István (Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Társaság)
Bujtás Tibor (Paksi Atomerőmű Zrt.)
Dr. Dobi Bálint (Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium)
Dr. Kerekes Andor (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 és Területfejlesztési Minisztérium)
Dr. Sági László (Magyar Tudományos Akadémia)
Karch László (Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium)
Micskey Gusztáv (Magyar Honvédség)

A Szakbizottság ülésein állandó meghívott Bertalanits Szilárd, Dr. Tarján Sándor és Fülöp Nándor.

A 2006. 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: Bokori Edit, Dr. Déri Zsolt, Gucci Judit, Hársné Takáts Ilona, Jobbágy Benedek, Kelemen Mária, Kocsy Gábor, Környei László, Madarász István, Megyesi Sándor, Michlné Kicska Judit, Ormosiné Laca Éva, Dr. Pásztor-Turák Mónika, Szabó Gyula, Szakács Sándor, Dr. Szarkáné Németh Ágnes, Ugron Ágota

FÖLDMŰVELÉSÜGYI ÉS VIDÉKFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM

Baranya Megyei ÁÉÉÁ Radioanalitikai Laboratórium

Bács-Kiskun Megyei ÁÉÉÁ Laboratóriuma

Békés Megyei ÁÉÉÁ Radioanalitikai Laboratórium

Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei ÁÉÉÁ Központi Laboratórium

Fejér Megyei ÁÉÉÁ Radiológiai Laboratórium
Hajdú-Bihar Megyei ÁÉÉÁ Regionális Laboratóriuma
Heves Megyei ÁÉÉÁ Kémiai laboratórium
Somogy Megyei ÁÉÉÁ Radiológiai Laboratórium
Tolna Megyei ÁÉÉÁ Radiológiai Laboratórium
Vas Megyei ÁÉÉÁ Központi Laboratórium
Veszprém Megyei ÁÉÉÁ Kémiai Laboratórium
Zala Megyei ÁÉÉÁ Laboratóriuma
Országos Élelmiszervizsgáló Intézet Radiokémiai Osztály
„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: Rozmanitz Péter

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Alföldi Attila, Bató Zsolt Flórián, Dr. Csenke Zoltánné, Gaál Ezsébet, Gots Zsuzsanna, Kálmán Gyula, Lipták Magdolna, Lukács Marianna, Muránszkyne Majoróczki Mária, Révészné Vass Ildikó, Sinka Gáborné, Vancsura Péter, 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: Nagy Attila, Csada Gabriella, 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, Dr. Dezső Zoltán, Dr. Dimény Judit, Dr. Divós Ferenc, Dr. Duffek László, Dr. Erdőhelyi András, Dr. Ferenczi Szilamér, Dr. Homonnay Zoltán, Dr. Kóbor József, Dr. Séra Emese Teréz, Dr. Somlai János, Dr. Zagyvai Péter

RAD Labor: Dr. Tóth Eszter, Dr. Hámosi Krisztián, Minda Mihály, valamint Havas Gergely és Tóth György (Magyar Állami Földtani Intézet)

ÖNKORMÁNYZATI ÉS TERÜLETFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM (ORSZÁGOS KATASZTRÓFAVÉDELMI FŐFELÜGYELŐSÉG)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Szántó Attila

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Hák Viktor, Kovács Norbert

PAKSI ATOMERŐMŰ (PA ZRT.)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Ranga Tibor

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Daróczi László, Dr. Germán Endre, Manga László, Végh Gábor

RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KÖZHASZNÚ TÁRSASÁG (PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Kapitány Sándor

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Demény Józsefné, Kapitány Sándor, Kirchhofer Beáta, Zábrádiné Antal Andrea

Bevezetés

Az OKSER 2006. évi jelentése az Információs Központ adatbázisába beküldött eredményeken alapul. Egy összefoglaló, éves jelentésben természetesen nem lehet minden egyes adatot szerepeltetni (a 2006. évre vonatkozó mérési eredményeket közel 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 felével vettük figyelembe);
 - a minimum és maximum értékeket adtuk meg, ha a valódi eredmények száma 2 és 10 közötti volt;
 - maximum értéként szerepeltettük – megállapodás szerint – az 1 valódi eredményt;
 - 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.

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 ilyen képezhattünk – 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 inhomogenitással kell számolnunk (pl. a csernobili atomerőmű balesetből származó ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációja a talajban).

Mivel a lakosság sugárterhelésének meghatározó része a természetes radioizotópoktól – elsősorban a radontól – származik, a 2006. évi jelentésben egy külön fejezetben tekintjük át a természetes sugárterhelés főbb összetevőit. OKSER jelentésben először szerepeltetünk ilyen összefoglaló adatokat, ezért ebben az esetben nem szorítkoztunk a 2006. évre.

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

Budapest, 2007. június

Dr. Kerekes Andor
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 2006-ban mért legnagyobb értékek jóval 1 Bq/kg alatt maradtak.

A Paksi Atomerőmű és más kiemelt létesítmények (Budapesti Kutatóreaktor, BME Oktatóreaktor, Kiegyezett 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 megemlítjük, hogy a lakosság mesterséges forrásokból származó sugárterhelése – az orvosi célú alkalmazásokon kívül - hazánkban az utóbbi években 3-5 μSv közöttire becsülhető, míg a természetes eredetű sugárterhelés ennél közel 1000-szer nagyobb.

Összefoglalásul megállapíthatjuk, hogy mind az országos, mind a létesítményi környezet-ellenőrzés során kapott eredmények a környezetre gyakorolt hatás, a lakossági sugárterhelés szempontjából igen kicsik, több mintafajtánál is túlnyomórészt kimutatási határ alattiak.

Conclusion

It should be emphasized that the activity concentration of radiocaesium concentrations remained well below 1 Bq/kg in the Hungarian processed foodstuffs in 2006. 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 .

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 3-5 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 gammadózis-teljesítmény

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

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

2006-ban az MH 36, az OMSZ 27, a PA Zrt. 20 és az OKF 9 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 újabbra 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 OMH 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 alkalmazza a 200 nSv/órás figyelmeztetési szintet, aminek a túllépése esetén a változást ki kell vizsgálni. 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 megküldjük, így ezek az ottani honlapon (www.eurdeppub.jrc.it) is megtekinthetők.

A külső gammadózis-teljesítmény mérése ún. integráló típusú passzív detektorokkal is történhet. Az OSSKI országos TLD-hálózatának 2006. évi eredményeit az alfejezetek végén ismertetjük.

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 2006-ban. Hangsúlyozzuk, hogy 2006-ban nem történt olyan valós esemény, amely a riasztási szint túllépését eredményezte volna. A napi dózisteljesítmény országos éves átlaga a 2005. évvel megegyező, 92 nSv/h volt, a napi átlagok a 83-95 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.



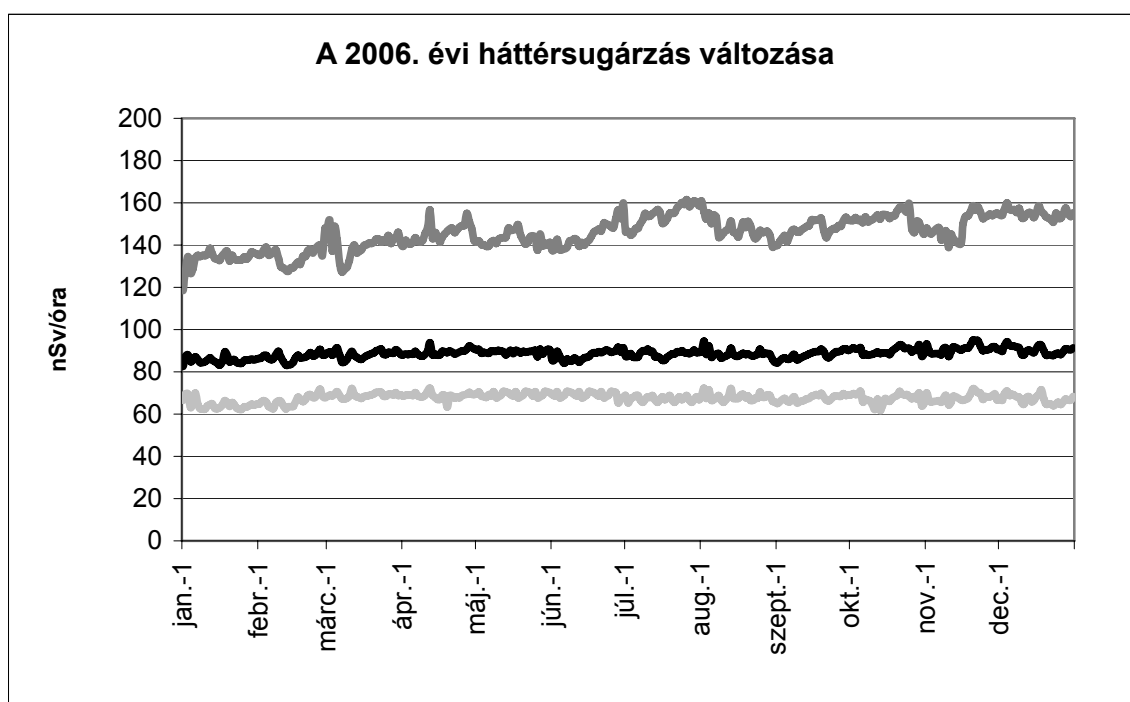
1.1.1. ábra. A dózisteljesítmény-mérőhelyek országos elhelyezkedése (a 100-as kezdetű kódok az OKF, a 300-as kezdetűek a HM, a 400-as kezdetűek az OMSZ mérőhelyeit jelölik)

1.1.1. táblázat. Országos dózisteljesítmény eredmények napi átlagainak jellemzői 2006-ban (N az üzemelő napok számát jelöli)

Állomáskód*	Átlag nSv/h	Minimum nSv/h	Maximum nSv/h	Szórás nSv/h	N
101	120	110	120	2,2	64
102	99	93	110	3,5	30
104	79	73	86	2,7	361
106	95	92	99	2,0	63
109	110	100	120	3,6	267
110	74	70	79	1,6	163
111	85	83	91	1,4	40
113	110	100	130	3,6	156
115	100	91	150	20	40
117	86	50	110	21	194
118	100	84	110	6,2	267
120	87	79	120	4,1	262
124	97	86	110	9,0	288
302	110	110	120	1,9	54
303	78	68	120	16	330
304	120	99	160	20	258
305	96	82	110	6,3	331
306	84	80	94	2,0	266
307	76	68	98	8,6	330
310	88	80	95	3,1	271
312	89	78	120	9,5	331
313	120	93	150	16	211
314	84	78	94	2,9	267
315	89	84	100	2,5	105
316	140	130	150	3,6	64
317	110	94	120	4,6	267
318	96	84	110	4,7	149
320	93	87	100	2,6	266
322	91	86	99	2,8	64
323	130	87	160	22	330
325	82	77	92	2,9	146
326	83	76	91	2,8	248
327	110	94	120	5,5	285
328	83	75	97	2,9	318
329	80	67	120	9,0	271
330	100	98	110	2,8	64
331	100	68	130	16	284
332	110	110	130	3,1	64
333	130	110	140	10	64
334	110	100	110	2,3	165
335	100	94	110	2,9	64
336	95	87	100	3,2	330
337	73	70	82	2,2	62
338	140	110	150	7,4	329
339	91	82	100	4,4	137

340	93	86	100	2,4	266
341	95	80	110	6,2	327
344	86	82	93	2,1	140
345	100	87	120	4,3	287
346	120	110	140	2,8	202
347	90	86	99	2,5	63
348	83	75	97	2,5	292
349	92	85	110	2,3	292
350	100	91	130	4,0	279
351	97	85	110	4,9	283
400	88	80	120	8,9	278
401	76	70	90	2,9	274
402	81	73	100	3,1	278
403	78	67	93	4,8	355
404	86	74	96	4,7	362
405	86	79	96	3,2	312
406	86	77	110	4,1	330
407	79	71	100	5,7	294
408	86	72	110	7,9	292
409	75	65	87	3,1	358
410	76	65	91	3,6	331
411	97	75	120	11	286
412	96	80	120	9,2	361
413	75	67	90	3,0	362
414	84	74	110	9,5	267
415	100	85	110	6,9	326
416	110	84	130	11	330
417	95	71	110	10	362
418	98	89	110	4,9	253
419	75	69	95	5,6	361
420	80	73	95	5,6	361
421	91	65	120	9,7	361
422	79	68	88	2,8	330
423	85	62	120	12	353
424	94	82	110	5,8	266
425	90	73	110	6,8	283
426	84	70	96	6,4	355
427	78	67	93	6,7	266
Az összes állomásra	92	50	160	-	20298

* 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 2006-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 mérési helyszínekre negyedévente küldjük ki a TL detektorokat postán, így minden detektor negyedéves expozíciós időszak után kerül vissza mérésre. A detektorokat a szabadba helyezik ki. A mérési pontokat és a 2006-os mérési eredményeket az 1.1.3. ábra, illetve az 1.1.2. táblázat mutatja be. A mérési eredmények jellemző hibája 5 % körüli. (Néhány esetben a doziméterek elvesztek, vagy kiértékelhetetlenek voltak, a táblázatban ezen eredmények helye üresen maradt.)

A táblázatból látható, hogy a negyedéves átlagok gyakorlatilag megegyezők, az éves országos átlag pedig (86 ± 14 nSv/h) jól egyezik a távmérő hálózat eredményével.



1.1.3. ábra. Az országos TLD-mérőhálózat mérési pontjai

1.1.2. táblázat. Az országos TLD-mérőhálózat 2006. évi mérési eredményei

Település	Dózisteljesítmény (nSv/h) 1. negyedév	Dózisteljesítmény (nSv/h) 2. negyedév	Dózisteljesítmény (nSv/h) 3. negyedév	Dózisteljesítmény (nSv/h) 4. negyedév
Szendrőlád	79	76		
Sárospatak	86	95	91	97
Vásárosnamény	67	72	69	70
Tiszabecs	75	79	80	
Rajka	83	84	85	84
Mosonmagyaróvár	82	88	85	87
Vámosmikola	83	92	85	92
Királyrét	77	99		98
Balassagyarmat	90	89	83	85
Romhány	84	91	88	75
Galyatető	78	80	81	86
Borsodnádasd	73	75	76	83
Kékestető	62	71		74
Eger	88	89	86	93
Miskolc	78	80	83	81
Polgár	69	78	85	
Hajdúdorog	81	78	80	80
Sopron	86	86	85	86
Sopronhorpács	93	92	93	100
Győr	90	95	88	91
Komárom	84			

Kisbér		101	82	93
Esztergom	64	66	60	64
Dobogókő	102	92	91	82
Budapest 1.	105	100	101	96
Budapest 2.	80	88	87	
Budapest 3.	69	68	69	70
Gyöngyös	109	113	108	113
Lőrinci	125	98	98	94
Jászberény	82	81	74	81
Kompolt	78	80	77	77
Jászapáti	85	88	88	88
Poroszló	85	89	89	87
Hortobágy	82	86	79	86
Debrecen	80	77	77	80
Káld	82	85	79	83
Pápa	65	65	63	64
Farkasgyepű	69	79	76	78
Martonvásár	90	91	90	86
Monor	82	92	79	78
Örkény	70	73	67	79
Nagykátá	69	66	70	72
Cegléd	69	78	69	73
Karcag	83	90	85	81
Berettyóújfalu	82	86	87	92
Szentgotthárd	112	107	104	108
Körmend	90	92	89	83
Sümeg	66	67	66	71
Keszthely	83	85	87	90
Mencshely	72	75	74	75
Tihany	74	75	73	73
Siófok	82	72	78	73
Nagyhörcsök	100	107	102	101
Kisapostag	84	91	88	85
Kunszentmiklós	80	80	77	80
Izsák	67	68	65	65
Kecskemét	66	67	63	62
Tiszaújváros	85	86	85	81
Szarvas	93	92	91	90
Szeghalom	93	96	91	69
Kőröszlak	93	93	92	89
Lenti	86	95	92	90
Letenye	101			
Nagykanizsa	74	81	81	80
Tab	92	94	87	84
Nagykónyi	100	99	96	97
Paks	66	69	67	66
Kiskunfélegyháza	95	91	90	88

Kistelek	83	66	67	66
Szentes	96	93	86	92
Kaposvár	108	82	77	74
Szigetvár		99	95	93
Pogány	102	105	104	100
Árpádtető	103	102	104	96
Baja	80	78	78	78
Bácsalmás	86	94	92	91
Szeged	83	82	84	87
Makó	88	90	87	88
Siklós 1.			113	107
Budapest OSSKI	83	86	83	92
Siklós 2.	88	95	87	82
Budapest 4.	83	83	83	86
Salgótarján	96	96	95	83
Nyíregyháza	54	56	52	57
Szentendre	84	85	85	86
Zirc	88	100	99	95
Székesfehérvár	82	87	80	85
Tatabánya	115	121	106	112
Kazincbarcika	86	88	91	88
Tokaj	91	99	90	94
Veszprém	93	106	102	93
Záhony	116	113	107	107
Vác	84	82	82	80
Szolnok	89	90	84	64
Zalaegerszeg			50	96
Kisvárd	79		76	76
Túrkeve	81	88	86	91
Alcsútdoboz		96	92	71
Tiszaróff	77	77	72	75
Mezőhegyes	85		103	94
Hövej	76	81	75	74
Mohács	102			
Marcali	76	85	83	70
Szombathely	103	102	99	102
Mátészalka	81	83	80	85
Mór	88	87	87	85
Szekszárd	78	78	73	79
Gyöngyössolymos	140	145	154	151
Hollóháza	93	107	107	100
Hídvégardó		62	68	74
Iregszemcse	121	119	107	107
Gödöllő	70	75	71	75
Békéscsaba	75	81	77	77
Hajdúszoboszló	96	94	89	90
Átlag	85	87	85	85

1.2. Létesítményi mérési adatok

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

1.2.1. Egyetemek mérési eredményei

Az Oktatási Minisztériumhoz (OM) tartozó egyetemeken elhelyezett, összesen 11 proporcionális mérőszonda napi dózisteljesítmény adatainak változását az 1.2.1. ábrán szemléltetjük. Az ábrán használt kódok jelentését az 1.2.1. táblázatban adtuk meg.

Az 1.2.1. ábrán bemutatott idősorokhoz megjegyezzük, hogy a Semmelweis Egyetemen mért kiugró értékek (csúcsok) nem a környezeti dózisteljesítményre, hanem a mérőeszközhöz közeli laboratóriumban végzett sugaras munkára jellemzők. (Ezeket a „lokális” természetű adatokat a későbbiekben a hálózati adatközpont ki fogja hagyni a „környezeti” típusú adatok közül.)

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).

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



1.2.1. ábra. Az egyetemeken elhelyezett mérőszondák napi dózisteljesítményeinek időbeli változása 2006-ban

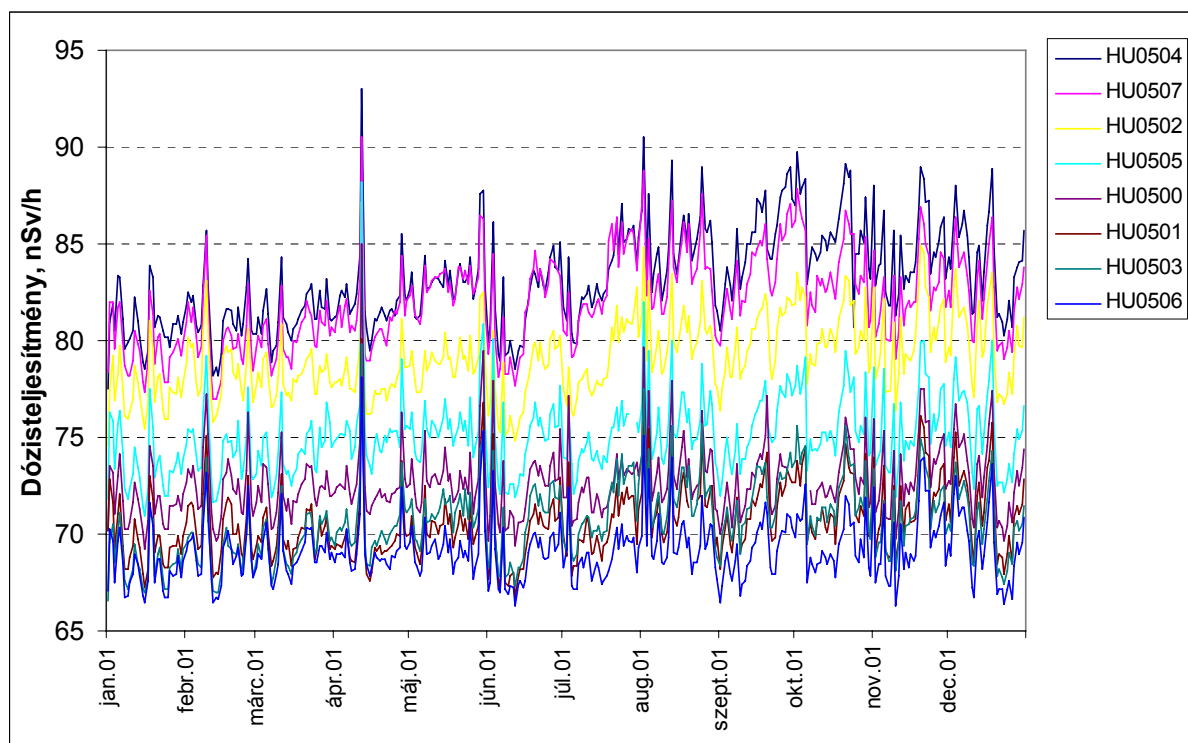
1.2.1. táblázat. Az egyetemeken elhelyezett mérőszondák kódjai

Helykód	Intézmény neve
HU4201	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
HU4202	Semmelweis Egyetem
HU4203	Eötvös Loránd Tudományegyetem
HU4204	Debreceni Egyetem
HU4205	Gödöllői Egyetem
HU4206	Kaposvári Egyetem
HU4207	Pécsi Egyetem
HU4208	Pannon Egyetem (korábban: Veszprémi Egyetem)
HU4209	Nyugat-magyarországi Egyetem
HU4210	Szegedi Tudományegyetem - I. mérőhely
HU4211	Szegedi Tudományegyetem - II. mérőhely *

* 2006-ban nem működött

1.2.2. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző állomásainak mérési adatai

A Paksi Atomerőmű (PAE) környezet-ellenőrző rendszerének részét alkotó dózisteljesítmény-mérő szondákkal mért eredményekből az 1.2.2. ábrán az A1-A8 állomásokon mért napi dózisteljesítmények időbeli változását mutatjuk be. (Az összesen 20 szonda havi átlagolású eredményei az erőmű éves jelentésében megtalálhatók [1]). Az ábrán alkalmazott kódok jelentését az 1.2.2. táblázatban adtuk meg.



1.2.2. ábra. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző állomásain mért napi dózisteljesítmények időbeli változása 2006-ban

1.2.2. táblázat. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző állomásainak kódjai

Helykód	Állomás neve
HU0500	Paks A1
HU0501	Paks A2
HU0502	Paks A3
HU0503	Paks A4
HU0504	Paks A5
HU0505	Paks A6
HU0506	Paks A7
HU0507	Paks A8

Az 1.2.2. ábrából láthatóan az egyes állomások idősorainak változásai jól követik egymást. A dózisteljesítményben megfigyelhető csúcsok időjárási eseményekhez – légnyomás nagymértékű változása, esőzések – kötődnek. A legnagyobb (A5) és legkisebb (A7) dózisteljesítmények között látható, mintegy 20 %-os különbség oka az állomások környezetének eltérő talajtípusa.

Az OSSKI az országos TLD-mérőhálózaton kívül Paks környékén egy 40 mérési helyszínből álló sűrített mérőhálózatot is működtet a környezeti gamma dózis-teljesítmény mérésére. Az itteni mérési helyszíneken is negyedéves expozíciós időszakkal mérnek. A detektorokat a szabadba helyezik ki. A mérési pontok elhelyezkedését az 1.2.3. ábra, a 2006-ban mért eredményeket az 1.2.3. táblázat szemlélteti. A mérési eredmények jellemző hibája 5 % körüli. (Néhány esetben a doziméterek elvesztek, vagy kiértékelhetetlenek voltak, a táblázatban ezen eredmények helye üresen maradt.)



1.2.3. ábra. A Paks környéki TLD mérések helyszínei

Az 1.2.3. táblázatból látható, hogy a negyedéves átlagok gyakorlatilag itt is megegyezők, az éves átlag pedig (82 ± 13 nSv/h) jól egyezik az országos átlaggal, és a PAE környezet-ellenőrző hálózat eredményével (72 nSv/h TLD-vel, 75 nSv/h proporcionális szondával mérve [1]).

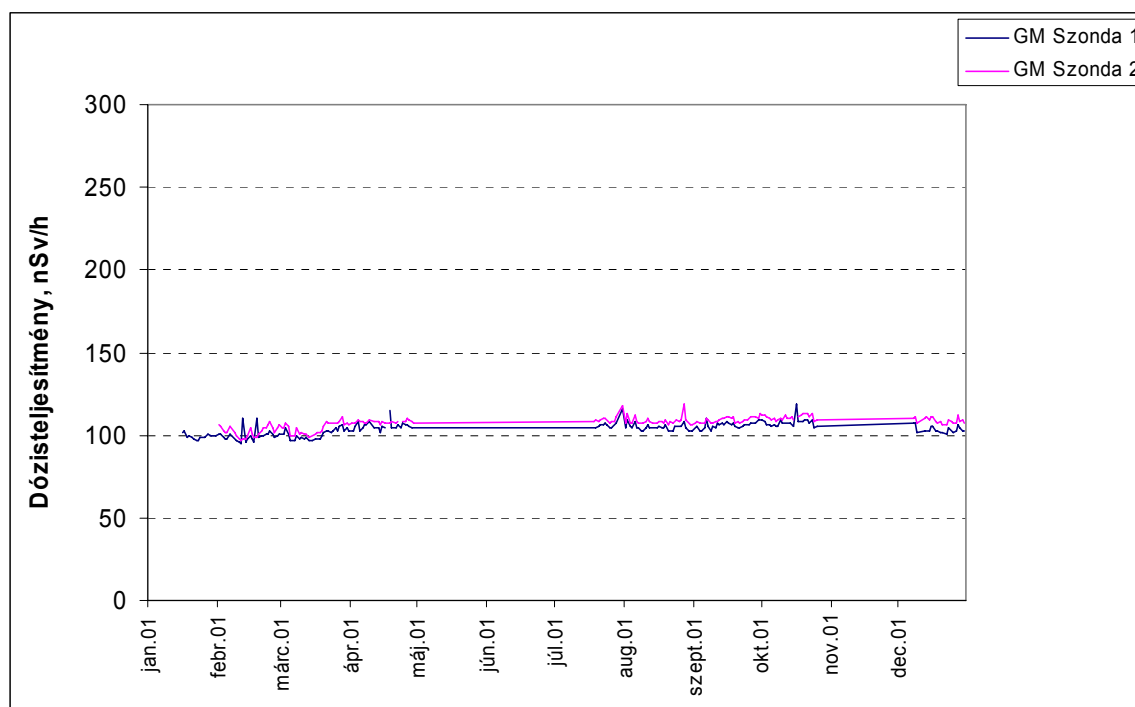
1.2.3. táblázat. A Paks környéki TLD mérések 2006. évi eredményei

Település	Dózisteljesítmény (nSv/h) 1. negyedév	Dózisteljesítmény (nSv/h) 2. negyedév	Dózisteljesítmény (nSv/h) 3. negyedév	Dózisteljesítmény (nSv/h) 4. negyedév
Déli bekötőút	61	62	60	66
Borsócséplői út	79	66	63	69
Földespuszta		76	72	83
Dunaföldvár	79	76	76	84
Úzd reléállomás			77	84
Tengelic - Szőlőhegy	66	64	67	70
Dunaszentgyörgy 6-os út	71	73	67	78
Uszód 10C	75	76	71	79
Géderlak	78	80	75	85
Kalocsa	84	85	79	87
Szekszárd DÉDÁSZ	78	78	73	79
Kiskőrös	64	62	65	71
Löszdomb	65	57	58	
Északi bekötőút	57	51	52	59
Dunaszentbenedek 9C	76	75	73	76
Csámpa vízmű	63	60	60	66
Foktő 18C	83	77	74	83
Uszód	81	80	80	85
Foktő	83	91	90	84
Bátya	87	88	81	85
Fajsz	109	102	90	108
Dusnok	84	82	79	82
Miske	87	92	89	96
Hajós	89	84	84	82
Császártöltés	90	93	78	96
Kecel	86	86	83	89
Öregcsertő	86	88	83	84
Szakmár	76	76	75	84
Dunapataj	102	92	82	95
Dunakömlőd	104	116	97	95
Németkér	96	93	85	95
Csámpa 6-os út	63			
Dunaszentgyörgy	88	79	76	85
Bogyiszló	76	88	82	88
Tengelic	83	85	81	95
Nagydorog	110	119	97	92
Paks	88	79	92	97

Zomba	115	120	107	92
Kölesd	105	105	97	
Simontornya	92	94	89	97
Átlag	83	83	78	84

1.2.3. 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 2. állomás), amelyek jól jellemzik a telephely dózisteljesítmény-szintjét általában (1.2.4. 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.



1.2.4. ábra. A KFKI két állomásán mért napi dózisteljesítmények időbeli változása 2006-ban

A szondák az intézetben kifejlesztett elektronikát és 2 db GM-csővet tartalmaznak: egy nagy érzékenyséűt (10 nGy/h – 1 mGy/h) a normál, és egy kis érzékenyséűt (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, kereken 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.

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

A Mohi Atomerőmű környezetébe eső hazai terület 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 2006-os mérések eredményeket az 1.2.5. ábra, illetve az 1.2.4. és 1.2.5. táblázatok mutatják be. (A dózisteljesítmény-mérések szcintillációs detektorral ellátott mérőműszerrel történtek, a mérést jellemző hiba 1 % körüli.)



1.2.5. ábra. A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai terület mérési helyszínei

1.2.4. táblázat. In-situ mérések eredményei Bq/kg (^{40}K), illetve kBq/m² (^{137}Cs) egységekben

	Komárom	Esztergom	Dobogókő	Királyrét	Vámos- mikola	Romhány	Salgó- tarján	Balassa- gyarmat
1. félév								
^{40}K	290±34	240±29	250±29	330±39	390±44	450±51	380±44	280±33
^{137}Cs	5,1 ± 0,8	0,5 ± 0,1	2,9 ± 0,5	0,8 ± 0,2	1,2 ± 0,2	0,6 ± 0,1	0,8 ± 0,2	1,5 ± 0,3
2. félév								
^{40}K	320±38	270±31	300±35	370±43	480±54	490±55	440±50	340±39
^{137}Cs	6,0 ± 1,0	0,5 ± 0,1	2,2 ± 0,4	1,7 ± 0,3	0,9 ± 0,2	0,6 ± 0,1	0,2 ± 0,1	1,5 ± 0,3

1.2.5. táblázat. Dózisteljesítmény-mérések eredményei

	Dózisteljesítmény, 1. félév (nSv/h)	Dózisteljesítmény, 2. félév (nSv/h)
Komárom	92	119
Esztergom	64	80
Dobogókő	92	106
Királyrét	102	103
Vámosmikola	101	113
Romhány	117	112
Salgótarján	115	115
Balassagyarmat	86	98

1.2.5. Bátaapáti környéki dózisteljesítmény mérések (OSSKI)

A Bátaapáti környékére tervezett radioaktív hulladéktároló alapszintfelmérésének részeként az OSSKI rendszeres gamma-dózisteljesítmény méréseket végez a térségben, a Mecsekérc Környezetvédelmi Zrt-vel együttműködésben.

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

A szabadban szcintillációs detektorral rendelkező kézi műszerrel (AM) is méri a dózisteljesítményt (a mérések hibája minden esetben 1 % körüli). A TL detektorok kiértékelése az OSSKI-ban történik, a mérések hibája általában 5 % alatti.

A mérési eredményeket az 1.2.6.-1.2.8. táblázatok tartalmazzák. (Néhány esetben a doziméterek elvesztek, vagy kiértékelhetetlenek voltak, a táblázatokban ezen eredmények helye üresen maradt.)

1.2.6.a táblázat. Bátaapáti környéki TLD mérések eredményei épületben

Település	Dózisteljesítmény és hiba (nSv/h) 01.02-02.15.		Dózisteljesítmény és hiba (nSv/h) 02.13-03.29.		Dózisteljesítmény és hiba (nSv/h) 03.27-05.10.		Dózisteljesítmény és hiba (nSv/h) 05.08-06.21.	
Kismórág	150	0,6	150	7,5	150	5,7	160	7,7
Palatinca	110	2,8	130	13				
Szálla	140	6,2	130	5,1	130	9,7	140	3,0
Cikó	150	1,5	160	4,9	150	4,9	150	4,0
Apátvarasd	140	3,9	160	5,1	160	5,3		
Erdősmecske	140	2,9	150	4,5	140	3,1	140	7,1
Véménd	140	5,1	140	2,8	130	2,4	130	11

1.2.6.b táblázat. Bátaapáti környéki TLD mérések eredményei épületben

Település	Dózigteljesítmény és hiba (nSv/h) 06.19-08.02.		Dózigteljesítmény és hiba (nSv/h) 07.31-09.13.		Dózigteljesítmény és hiba (nSv/h) 10.24-12.13.	
Kismórág	160	2,9	160	13	150	0,6
Palatinca			110	2,8	110	2,8
Szálka	130	1,1	130	1,0	140	6,2
Cikó	150	2,5	150	0,5	150	1,5
Apátvarasd	120	0,6	160	6,4	140	3,9
Erdősmecske	150	4,7	140	13	140	2,9
Véménd	140	3,7	140	4,9	140	5,1

1.2.6.c táblázat. Bátaapáti környéki TLD mérések eredményei épületben

Település	Dózigteljesítmény és hiba (nSv/h) 05.10.17-06.05.11.		Dózigteljesítmény és hiba (nSv/h) 06.13-10.16.	
Bátaapáti, MÁFI iroda	88	2,9		
Bátaapáti, óvoda	140	3,3		
Bátaapáti, Golder iroda	120	0,3		
Bátaapáti, borospince	330	0,1		
Bátaapáti, RHK KHT iroda	140	5,3	120	11
Mórág, Patak csárda	190	26,5		
Mórág, Hegyalja söröző	150	3,0		
Mórág, Posta	190	16,6		
Bátaapáti, bányairoda	69	2,4	71	1,0

1.2.7.a táblázat. Bátaapáti környéki dózigteljesítmény-mérések eredményei szabadban

Település	Dózigteljesítmény és hiba (nSv/h) 01.02-02.15.			Dózigteljesítmény és hiba (nSv/h) 02.13-03.29.			Dózigteljesítmény és hiba (nSv/h) 03.27-05.10.			Dózigteljesítmény és hiba (nSv/h) 05.08-06.21.		
	TLD	Hiba	AM	TLD	Hiba	AM	TLD	Hiba	AM	TLD	Hiba	AM
Várdomb	105	1,1	128	110	0,8	98	110	0,2	121	100	1,6	115
Bátaszék	97	1,8	134	90	2,9	102	90	4,1	127	94	2,6	110
Alsónána			136	120	1,5	92	120	9,8	143	120	5	123
Kismórág	130	3,5	160	140	7,1	153	130	7,5	153	130	5,2	146
Palatinca	120	25	97	100	1,8	104	110	0,4	120			
Szálka	110	0,1	109	100	3,5	124	110	2,4	124	100	2,8	124
Bonyhád-Szálkai elágazás	89	1,8	108	86	0,5	128	87	2,6	135	89	2,4	124
Mőcsény	110	0,1	129	110	2,9	112	110	6	109	100	0,7	120
Cikó	100	0,7	121	100	0,3	118	100	0,8	103	100	1	115
Apátvarasd	100	3,1	109	99	3,1	115	98	5,1	115	100	3,2	117
Erdősmecske	120	3,3	126	110	2,2	129	110	2,9	123	120	3,3	126
Feked	91	1,0	110	89	5,1	110	79	19	101	88	2,4	125
Véménd	130	2,9	128	130	2,6	129	130	2	135	120	4,4	131

1.2.7.b táblázat. Bátaapáti környéki dózisteljesítmény-mérések eredményei szabadban

Település	Dózisteljesítmény és hiba (nSv/h) 06.19-08.02.			Dózisteljesítmény és hiba (nSv/h) 07.31-09.13.			Dózisteljesítmény és hiba (nSv/h) 10.24-12.13.		
	TLD	Hiba	AM	TLD	Hiba	AM	TLD	Hiba	AM
Várdomb	100	1,8	111	100	7,2	103	99	0,1	115
Bátaszék			135			122			119
Alsónána	120	0,5	146	120	1,8	127	120	3,2	147
Kismórág	130	0,8	153	130	8,9	152	130	4,3	165
Palatinca			125	110	1,7	103	110	2,8	130
Szálla	110	0,7	125	100	6,1	129	110	2,8	130
Bonyhád-Szállai elágazás	88	0,5	138	88	3,2	131			130
Mőcsény	110	3,1	117	110	2,7	118	140	5,1	126
Cikó	110	3,9	118	110	3,7	115	100	0,4	126
Apátvarasd	100	0,7	118	100	3,3	126	100	0,7	111
Erdősmecske	120	4,8	124	120	5,4	135	110	2,7	129
Feked	92	2,1	121	80	4,6	105	87	0,7	121
Véménd	120	0,9	139	120	4,7	120	120	2	141

1.2.8. táblázat. Bátaapáti környéki TLD mérések eredményei bányában

Mérési pont	Dózisteljesítmény és hiba (nSv/h) 05.10.17-06.05.11.		Dózisteljesítmény és hiba (nSv/h) 06.13-10.16.	
Bátaapáti, K-i lejtőszakna, 140m	100	5,1	110	5,1
Bátaapáti, Ny-i lejtőszakna, 140m	110	1,5	110	0,2

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 kiszűrhetők. 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

Országosan 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. 2006-ban közepes légtérfogató mintavevővel 4 laboratórium, kis légtérfogató mintavevővel 5 rendelkezett. (Megjegyezzük, hogy 2005 végén a hálózat két, ún. alapszintű laboratóriuma megszűnt.)

Az ERMAH laboratóriumok aeroszol mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. Eszerint a közepes légtérfogató mintavevővel 7-10 naponként kell mintát venni, és a szűrők gamma-spektrometriai elemzését kell elvégezni. A kis légtérfogató mintavevőkkel vett napi minták összes-béta aktivitását határozzák meg. (Az 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 1-7 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (20-30 ezer m^3 átszívott levegő, ^{137}Cs mérése félvezető-detektoros gamma-spektrométerrel); illetve 0,3-3 mBq/m^3 (50-300 m^3 átszívott levegő, összes-béta aktivitás mérése).

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 visszaporlódás; 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 koncentrációja szokásos értéktartománya 1-5 mBq/m^3 közötti. Az aeroszolszűrők 72 órás pihentetés után mért összes-béta aktivitásai jellemzően 1-10 mBq/m^3 értékűek.

Megjegyezzük még, hogy az aeroszol mérési eredmények mind az átlagokat, mind a minimum, maximum értékeket tekintve gyakorlatilag megegyeznek a 2005. évekkel.

2.1.1. táblázat. Országos aeroszol mérési eredmények éves jellemzői 2006-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	BA	4,5	1,0	12	2,2	36	1
Be-7	BP	3,5	1,7	7,9	1,6	26	0
Be-7	BZ	4,9	0,21	9,1	2,2	52	0
Be-7	TO	4,0	1,1	9,1	2,0	61	1
Cs-137	BA	-	-	-	-	35	35
Cs-137	BP	-	0,0013	0,0026	-	26	21
Cs-137	BZ	-	0,0059	0,0094	-	53	49
Cs-137	GY	-	0,0033	0,0063	-	49	47
Cs-137	TO	-	-	-	-	61	61
Összes-béta	BP	2,5	0,47	21	1,6	295	13
Összes-béta	HA	11	3,4	26	6,9	52	22
Összes-béta	KO	3,3	1,2	8,5	1,9	61	28
Összes-béta	TO	2,3	0,45	130	7,9	280	71

Be-7	Összesen	4,3	0,21	12	-	175	2
Cs-137	Összesen	0,0043	0,0013	0,0094	-	224	213
Összes-béta	Összesen	3,1	0,45	130	-	688	134

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 aeroszolvizsgálások eredményeit összegzi a 2.2.1. táblázat. A mintavétel nagy légtérfogatú mintavevővel történik, ennek ellenére a szűrőkön mesterséges eredetű radionuklidot nem tudtak kimutatni (a radionuklidtól függő kimutatási határok értéke 1-5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ közötti). Az egyedülként 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 aeroszolvizsgálók 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 aeroszolvizsgálások 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	-	-	-	-	398	398
Be-7	4,4	1,4	8,4	1,6	398	0
Co-58	-	-	-	-	398	398
Co-60	-	-	-	-	398	398
Cs-137	-	1,7	23	-	398	391
Mn-54	-	-	-	-	398	398

2.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyének adatai

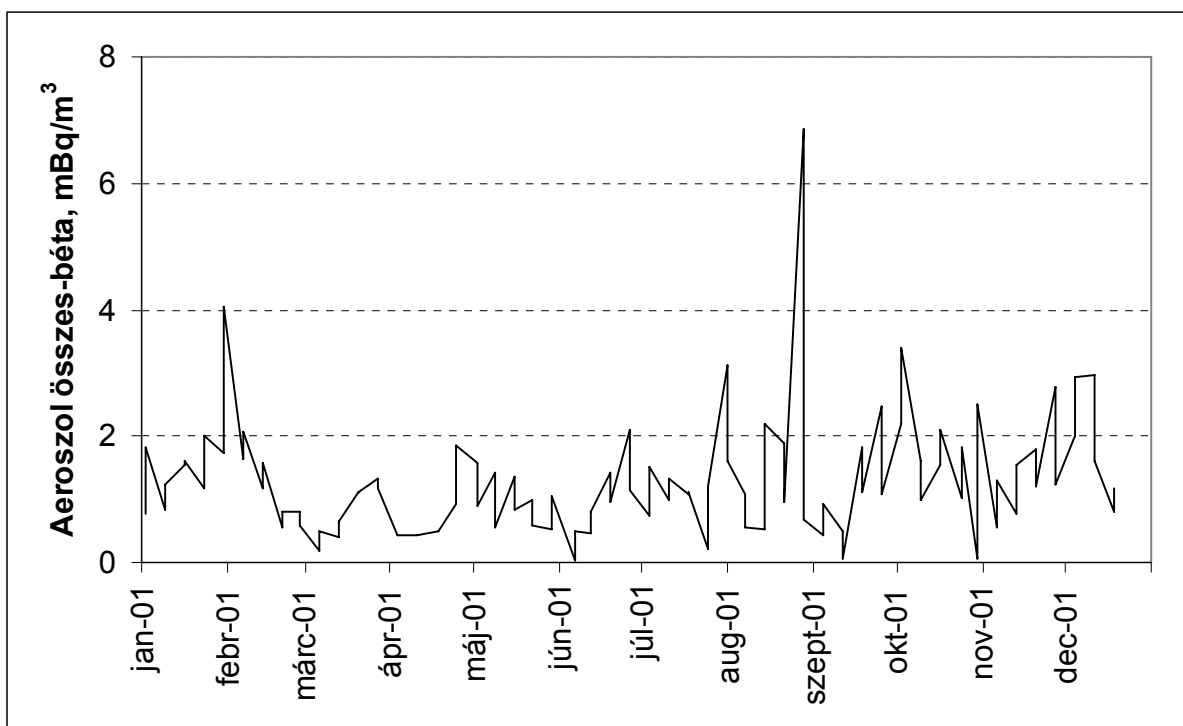
A püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló (RHFT) környezetében mért aeroszol-koncentrációkat a 2.2.1. ábrán és a 2.2.2. táblázatban mutatjuk be. Az adatok két mintavevő összesített eredményeit tükrözik, az egyik mintavevő a telephelyen, a másik a néhány km-re lévő Püspökszilágy faluban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

A faluban elhelyezett mintavevő kis térfogatáramú (optimális beállítás szerint 2,3 m^3/h), a jellemző heti mintavételi idő alatt átszívott levegőmennyiség 380 m^3 . Az RHFT telephelyén nagy 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.

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/m³ (összes-béta aktivitás), 0,03 mBq/m³ (gamma-spektrometria, ¹³⁷Cs izotóp).

A nyári időszakban jelentkező csúcsokat az alkalmanként megnövekvő porterhelés indokolja, amelynek okai egyrészt a nyárra ütemezett felújítási munkák, másrészt a telephely környezetében folyó mezőgazdasági tevékenység. A görbe lefutása a 2005. évihez hasonló, a csúcsoktól eltekintve az összes-béta aktivitáskoncentrációk jellemzően 2 mBq/m³ 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	4,1	0,81	12	2,3	99	12
Cs-137	-	-	-	-	99	99
Összes-béta	1,3	0,025	6,9	0,94	99	0

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 légtérfogatú 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 ^{137}Cs izotópra $0,5 \mu\text{Bq/m}^3$. Az éves adatok a feldolgozást követően a KFKI honlapján (www.kfki.hu) a „Környezetvédelmi Szolgálat” menüpontban elérhetőek. 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 mérhetőek a ^{125}I és ^{131}I radioizotópok, az előbbire kapott koncentrációk hasonlóak a 2005. 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	130	0,010	6200	900	47	0
Cs-137	-	0,0068	0,019	-	4	43
I-125	1,7	0,050	40	5,2	61	0
I-131	0,52	0,000027	7,7	1,2	60	1
Összes-béta	0,93	0,010	160	6,0	824	0

3. Kihullás (fall-out)

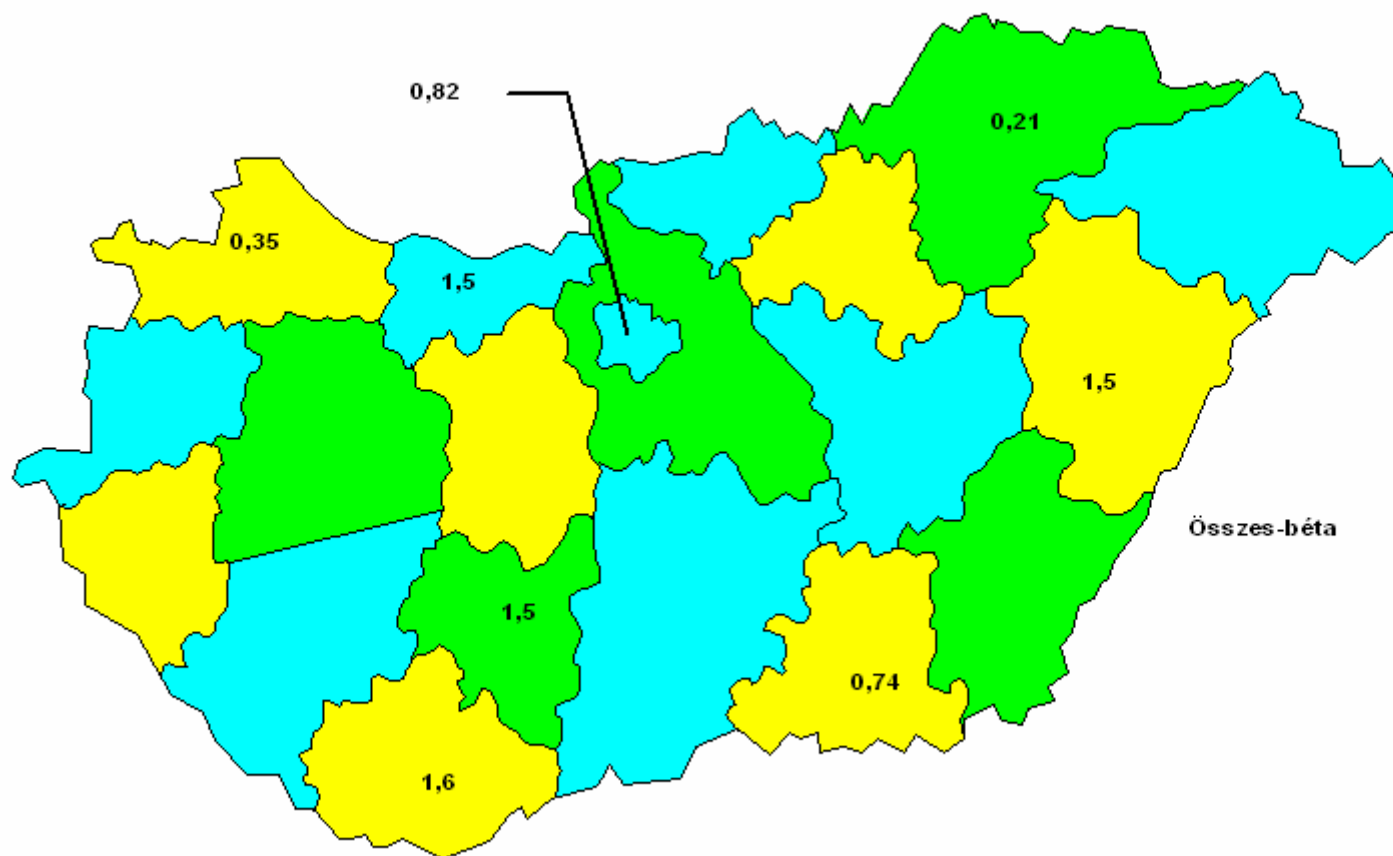
A 2. fejezet bevezető részében elmondottak alapján, a levegőbe került, aeroszol formájú radionuklidok egy része kihullik, kiülepedik, illetve a csapadékkal kimosódik a talajra és növényzetre. Ez a folyamat jelenti a táplálékláncba való bekerülésük kiindulási pontját, emiatt a kihullás meghatározása a 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, 7 regionális és 1 alapszintű laboratórium összesen 8 megyében mintázza és méri (3.1.1. ábra). (Itt is megjegyezzük, hogy 2005 végén a hálózat két, ún. alapszintű laboratóriuma megszűnt.)

Az ERMAH laboratóriumok kihullásra vonatkozó mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. A mintavevő edény felülete $0,15\text{--}0,4 \text{ m}^2$, 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 $50\text{--}200 \text{ mBq/m}^2/\text{nap}$ (összes-béta aktivitás) és $1\text{--}10 \text{ mBq/m}^2/\text{nap}$ (^{137}Cs gamma-spektrometriai vizsgálata).



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

A 2006-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 aktivitások átlagai az országos átlagtól jellemzően csupán 2-szeres eltérést jeleznek – kivéve a borsodi igen alacsony értéket - ami nem jelentős. Az országos átlag jól egyezik a 2005. évvel. A ^{137}Cs aktivitása a minták kereken 90 %-ában kimutatási határ alatti volt. (A 2.1.1. táblázat szerinti évi átlagos $4,3 \mu\text{Bq/m}^3$ ^{137}Cs levegőbeli aktivitáskoncentráció $0,01 \text{ m/s}$ teljes kihullási sebességet feltételezve kereken $4 \text{ mBq/m}^2/\text{nap}$ 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 (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	BA	-	320	8000	-	8	1
Be-7	BP	2100	140	5000	1200	24	0
Be-7	TO	1900	61	7000	1500	33	0
Cs-137	BA	-	-	-	-	9	9
Cs-137	BP	-	-	1,0	-	24	23
Cs-137	BZ	-	-	-	-	13	13
Cs-137	CS	-	14	18	-	12	10
Cs-137	GY	-	-	6,3	-	12	11
Cs-137	HA	-	-	3,7	-	10	9
Cs-137	KO	-	1,3	29	-	25	16
Cs-137	TO	-	-	-	-	36	36
Összes-béta	BA	510	30	1600	580	10	0
Összes-béta	BP	250	130	820	160	35	4
Összes-béta	BZ	110	29	210	59	13	0
Összes-béta	CS	340	170	740	170	11	0
Összes-béta	GY	170	77	350	81	12	0
Összes-béta	HA	560	140	1500	430	12	1
Összes-béta	KO	300	41	1500	350	24	0
Összes-béta	TO	340	24	1500	300	42	0
Be-7	Összes	2000	61	8000	-	65	1
Cs-137	Összes	8,1	1,0	29	-	141	127
Összes-béta	Összes	310	24	1600	-	159	5

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 ^{137}Cs aktivitás kivételével – a kimutatási határ alatt maradt.

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

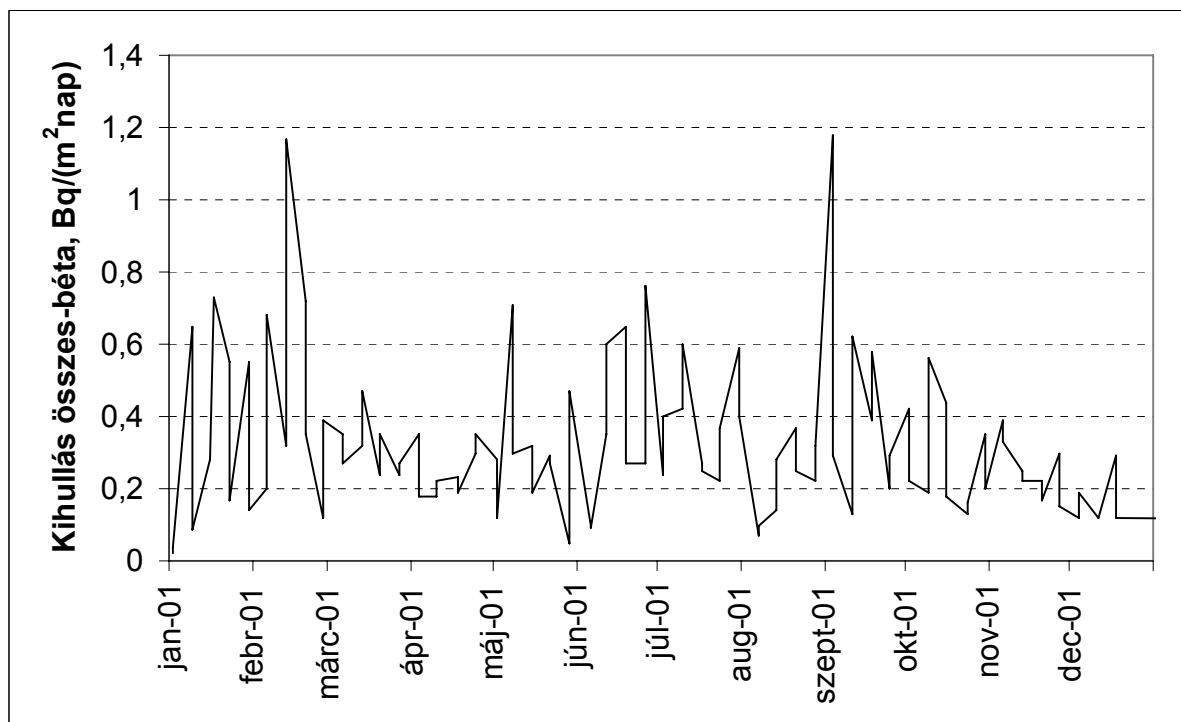
Radionuklid	Átlag Bq/m ² /hó	Minimum Bq/m ² /hó	Maximum Bq/m ² /hó	Szórás Bq/m ² /hó	N	Kh alatti
Be-7	72	7,3	300	58	100	0
Co-60	-	-	0,34		100	99
Cs-137	-	0,086	0,32	-	100	97
I-131	-	-	16	-	100	99

3.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyén mért eredmények

A két helyszínen (telephely és Püspökszilágy falu), az aeroszol mintavevők közelében elhelyezett mintavevők folyamatos üzemű, szakaszosan ürített csapadékgyűjtő edények. A mintagyűjtő aktív felülete 0,2 m². A mintavételi idő 1 hét.

A mintagyűjtőből kimosott kihullást bepárolják, majd összes-béta és gamma-spektrometriai mérést végeznek. A mérések jellemző kimutatási határa: 15 mBq/m²/nap (összes-béta) és 30 mBq/m²/nap (¹³⁷Cs, gamma-spektrometria).

A kihullásban mért összes-béta aktivitás időbeni változását a 3.2.1. ábra szemlélteti. Figyelemre méltó, hogy a kihullásban látható két nagy – tél és nyár végi – csúcs jól megfigyelhető az aeroszolkoncentrációk változásában is (2.2.1. ábra). 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	770	180	2300	540	102	40
Cs-137	-	-	-	-	102	102
Összes-béta	330	21	1200	220	102	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 méréshez hamvasztják is. A mérések az összes-béta aktivitás, gamma-sugárzó radionuklidok és ⁹⁰Sr meghatározását célozzák. A ⁹⁰Sr aktivitáskoncentráció meghatározásához a mintán radiokémiai előkészítést, elválasztást kell végezni.

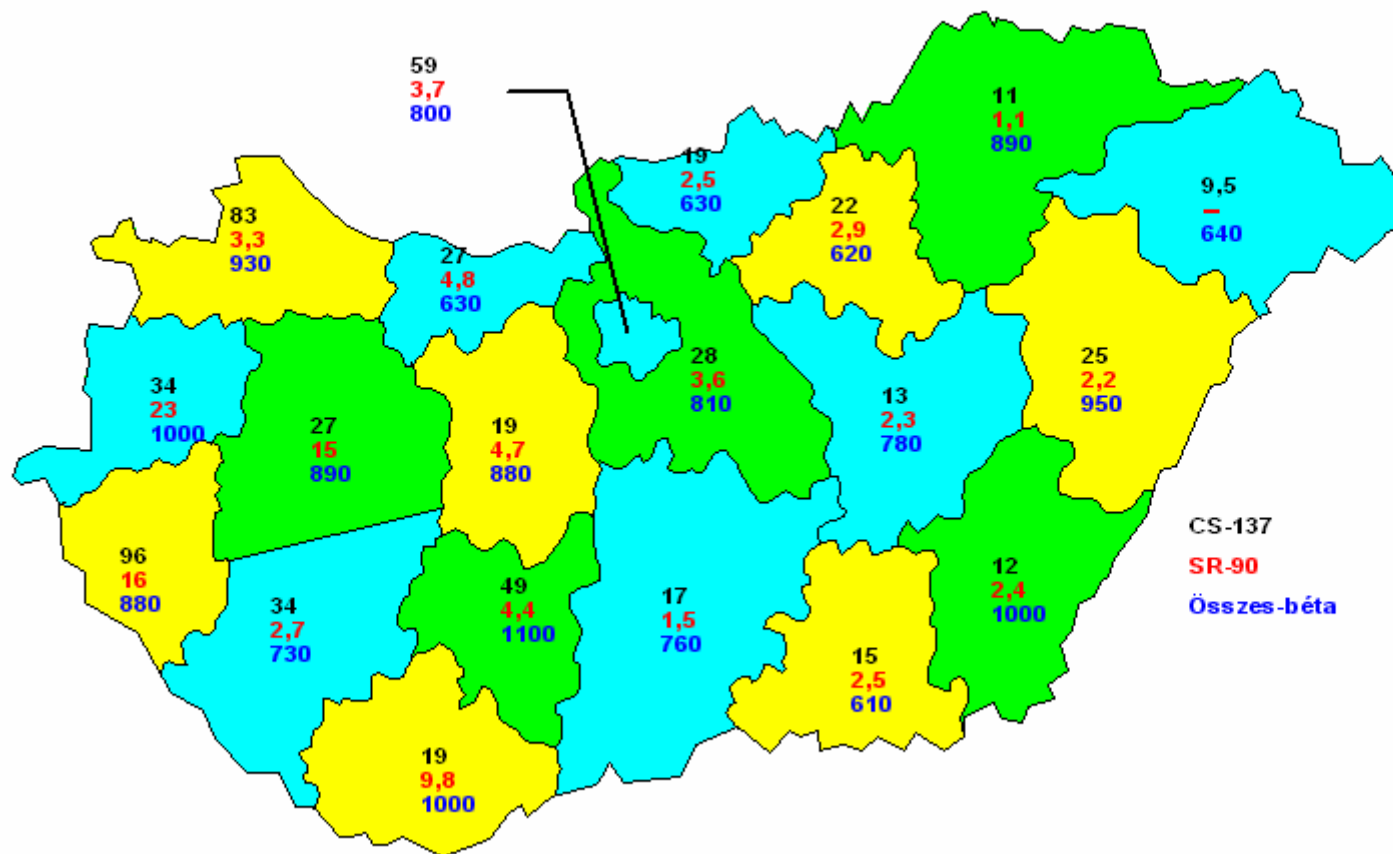
4.1. Országos adatok

Az ERMAH laboratóriumok az ország 15 megyéjében, negyedévente vesznek talajmintát. 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. Jellemző kimutatási határ: 1-4 Bq/kg (¹³⁷Cs, gamma-spektrometria).

Az FVM REH laboratóriumainak mintavételi programjában termőtalaj, lucerna és legelői talaj vizsgálata szerepelt. A talajminták felső 5 cm-es szelete került elemzésre. A talajminták γ-spektrometriás vizsgálata szárítás után 450 cm³ térfogatú Marinelli edényben, 80 000 s mérési idővel történik. Az összes-β aktivitás meghatározását 1g talajból végzik. A ⁹⁰Sr aktivitáskoncentráció mérés 50 g talajminta radiokémiai előkészítése után történik. Ezeket a vizsgálatokat, lehetőség szerint, minden mintából elvégzik. A 2006. évben a 19 megye és Budapest területéről 220 db talajminta vizsgálatát végezték el az FVM REH laboratóriumai.

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

A csernobili kihullásból származó ¹³⁷Cs izotóp aktivitáskoncentrációja még mindig jól mérhető, átlagainak értéktartománya a 2005. évihez hasonló, 4,6-30 Bq/kg volt, de az egyedi eredmények maximuma a 100 Bq/kg értéket is megközelítette. A ⁹⁰Sr izotóp koncentrációinak átlagai ennél kisebbek, 0,96-2,8 Bq/kg közöttiek voltak. Az összes-béta aktivitáskoncentrációk jóval nagyobbak (200-890 Bq/kg), azonban ez az aktivitás túlnyomórészt a természetes ⁴⁰K izotóptól származik.



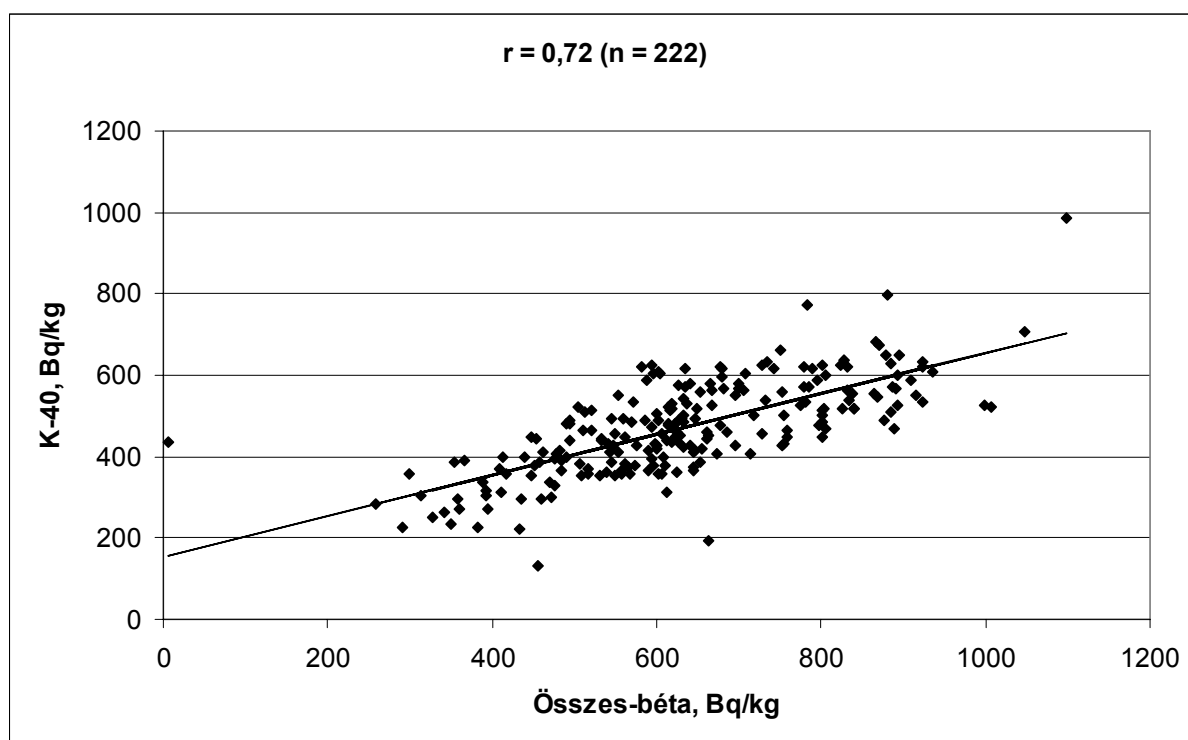
4.1.1. ábra. Talaj mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüM és FVM, Bq/kg)

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	7,8	0,59	19	5,7	18	3
Cs-137	BE	5,8	2,8	12	2,7	12	0
Cs-137	BK	7,1	2,1	17	4,1	10	0
Cs-137	BP	28	12	59	14	14	0
Cs-137	BZ	6,7	0,74	11	3,5	13	1
Cs-137	CS	4,6	1,6	15	2,8	21	0
Cs-137	FE	13	2,8	19	5,6	11	0
Cs-137	GY	30	5,8	83	20	17	0
Cs-137	HA	7,8	0,90	25	7,0	21	1
Cs-137	HE	12	5,9	22	4,8	10	0
Cs-137	JA	-	3,2	13	-	8	0
Cs-137	KO	9,5	0,93	27	6,3	17	0
Cs-137	NO	-	4,7	19	-	10	1
Cs-137	PE	15	7,7	28	8,2	11	0
Cs-137	SO	14	2,3	34	9,9	15	0
Cs-137	SZ	-	1,1	9,5	-	7	0
Cs-137	TO	8,7	0,64	49	9,2	142	3
Cs-137	VA	19	10	34	6,7	15	0
Cs-137	VE	15	2,8	27	5,9	15	1
Cs-137	ZA	29	9,9	96	23	16	1
Sr-90	BA	2,8	0,27	9,8	3,3	12	0
Sr-90	BE	-	1,4	2,4	-	6	0
Sr-90	BK	0,96	0,46	1,5	0,34	10	0
Sr-90	BP	-	0,66	3,7	-	6	0
Sr-90	BZ	-	-	1,1	-	1	0
Sr-90	CS	-	0,52	2,5	-	6	0
Sr-90	FE	-	0,90	4,7	-	6	0
Sr-90	GY	2,0	0,30	3,3	1,0	11	0
Sr-90	HA	-	0,61	2,2	-	9	0
Sr-90	HE	-	0,78	2,9	-	6	0
Sr-90	JA	-	0,77	2,3	-	7	0
Sr-90	KO	-	0,62	4,8	-	9	0
Sr-90	NO	-	0,91	2,5	-	5	0
Sr-90	PE	-	0,55	3,6	-	9	0
Sr-90	SO	-	0,30	2,7	-	9	0
Sr-90	TO	1,8	0,25	4,4	1,2	14	0
Sr-90	VA	-	1,1	23	-	9	0
Sr-90	VE	-	2,2	15	-	8	0
Sr-90	ZA	-	1,3	16	-	9	0
Összes-béta	BA	760	600	1000	110	15	0
Összes-béta	BE	890	730	1000	72	12	0
Összes-béta	BK	560	390	760	120	10	0
Összes-béta	BP	390	110	800	210	28	1
Összes-béta	BZ	720	480	890	130	13	0
Összes-béta	CS	-	330	610	-	9	0
Összes-béta	FE	-	580	880	-	7	0
Összes-béta	GY	680	520	930	130	14	0
Összes-béta	HA	600	260	950	180	21	0

Összes-béta	HE	550	460	620	55	10	0
Összes-béta	JA	-	410	780	-	8	0
Összes-béta	KO	520	300	630	91	17	0
Összes-béta	NO	-	370	630	-	8	0
Összes-béta	PE	630	390	810	120	11	0
Összes-béta	SO	560	450	730	91	12	0
Összes-béta	SZ	-	520	640	-	7	0
Összes-béta	TO	200	0,0	1100	280	47	1
Összes-béta	VA	810	590	1000	100	12	0
Összes-béta	VE	720	510	890	130	11	0
Összes-béta	ZA	660	350	880	140	12	0
Cs-137	Összes	12	0,59	96	-	403	11
Sr-90	Összes	2,4	0,25	23	-	152	0
Összes-béta	Összes	550	0,0	1100	-	284	2

A 4.1.2. ábrán szemléltetjük az ugyanazon minták összes-béta és ^{40}K aktivitáskoncentrációi közötti – a 2005. évihez hasonlóan elfogadható mértékű - korrelációt. (A talaj esetében a ^{40}K radionuklidon kívül számottevő béta-aktivitást képviselnek a természetes urán, tórium bomlási sorok radioaktív leányelemei is.)



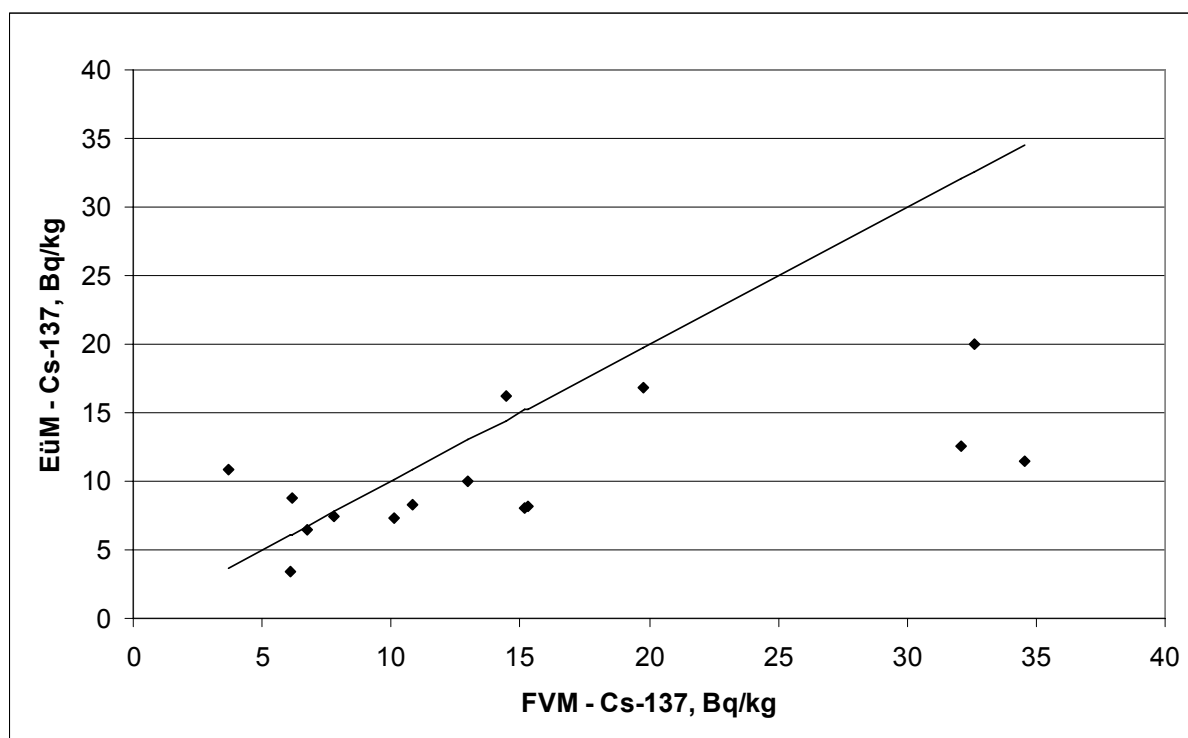
4.1.2. ábra. Országos talajmérések (EüM és FVM) összes-béta és K-40 mérési eredményeinek korrelációja

Ha a két hálózat ^{137}Cs mérési eredményeit vetjük össze – ezek azonos megyékből, de nem azonos mintavételi helyekről származó, azaz nem azonos minták átlagos koncentrációira vonatkoznak – akkor a szóródás már jelentős mértékű, bár a pontok nagy többsége az 1-es meredekségű egyeneshez közeli (4.1.3. ábra). (Az 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 12 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé 2,4 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig 550 Bq/kg volt 2006-ban. (Ezek az eredmények jól egyeznek a 2005. éviakkal.) 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], a REH laboratóriumokét pedig éves jelentéseikben [4] is megtalálhatjuk.



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

4.2. Létesítmények környezetében mért adatok

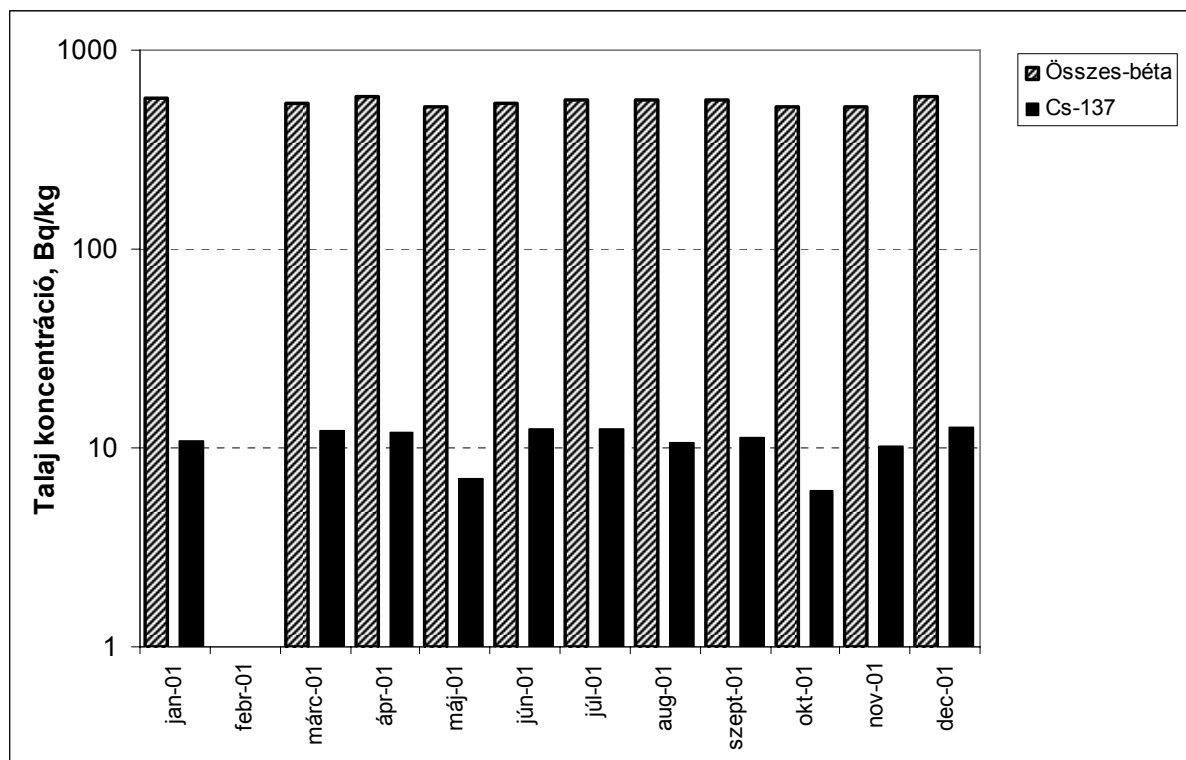
4.2.1. A püspökszilágyi RHFT telephelyi mérési eredményei

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 x 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 2005. évekhez hasonlóak és jól egyeznek az országos adatokkal is.



4.2.1. ábra. Az RHFT környezetében vett talajminták aktivitáskoncentrációi

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.

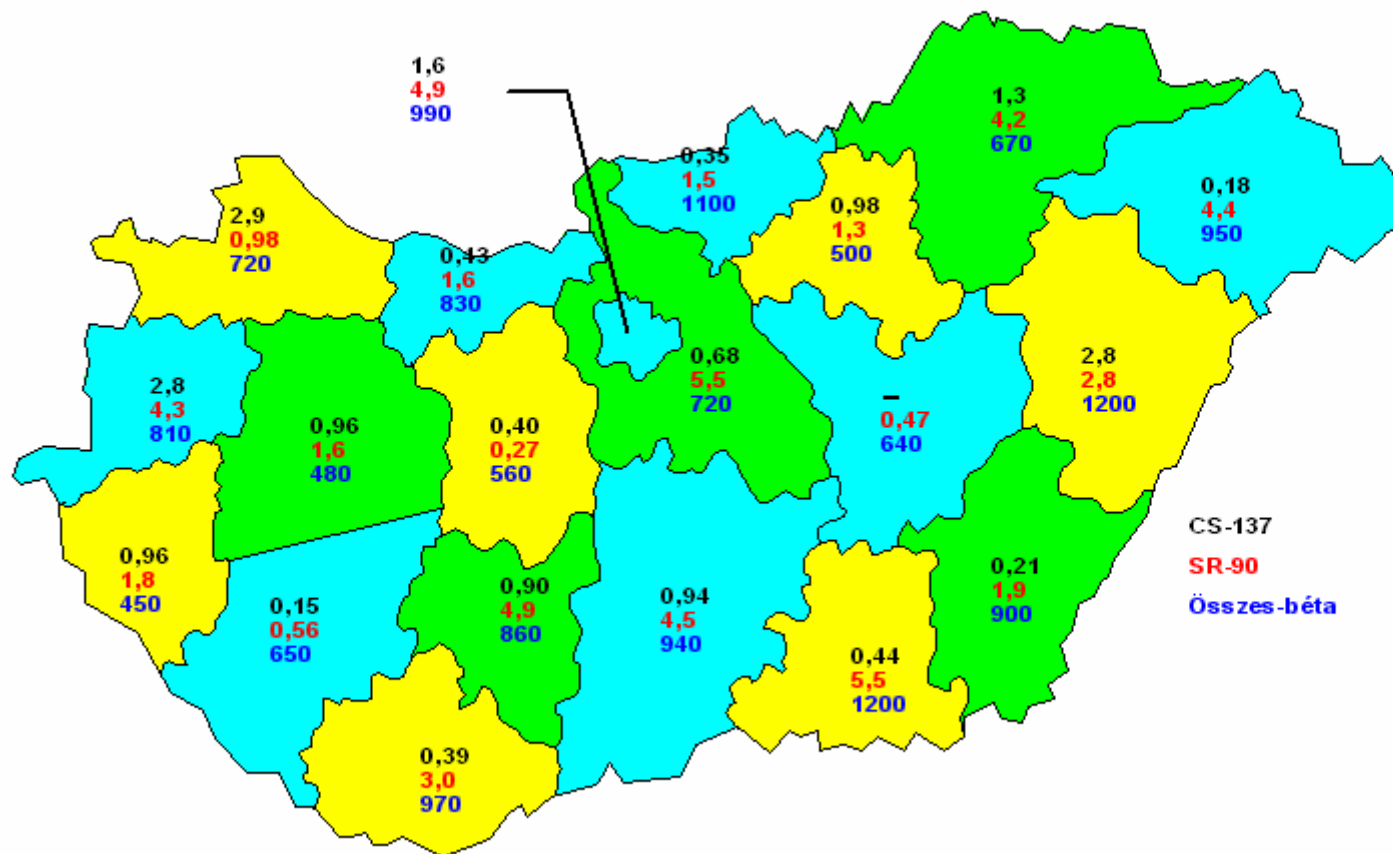
Az ERMAH laboratóriumok negyedévente, megyénként vesznek fű, illetve szénamintát. A mérések jellemző kimutatási határa: 0,2-1 Bq/kg (^{137}Cs).

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 cm³-ből (kb. 20-30 g), az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Szintén ebből a hamuból történik az összes- α aktivitás mérése, illetve a ^{90}Sr radiokémiai elválasztása. Ezeket a vizsgálatokat minden mintából elvégzik. A 2006. évben a 19 megye és Budapest területéről 248 db takarmány, 126 db legelői fű és 71 db 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 csernobili eredetű radionuklid - azaz a ^{137}Cs és a ^{90}Sr - koncentrációnak aránya 3-15 közötti (átlagosan 5), addig a takarmánymintáknál az arány éppen fordított, általában 0,2-0,5 közötti (átlagosan 0,32). 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 stronciumot. (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 2005-ben tapasztaltakkal.

A takarmánynövények ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,32 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé 1,0 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig 360 Bq/kg volt 2006-ban.



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

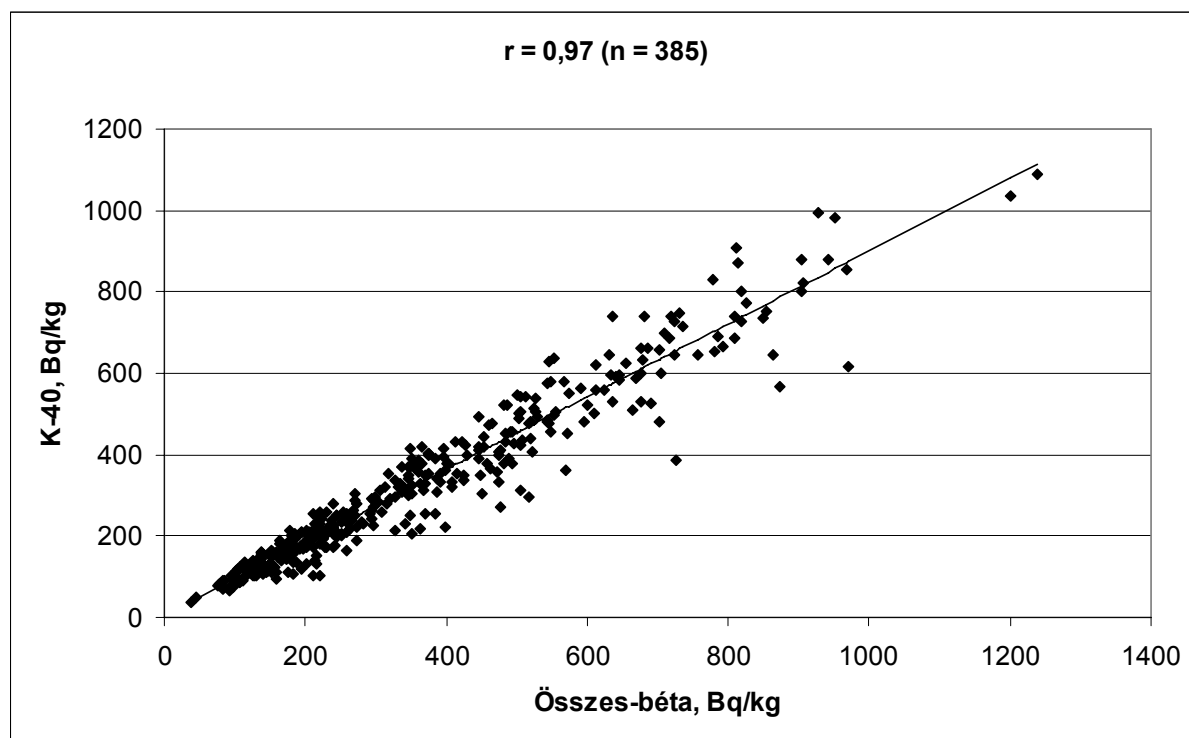
5.1.1. táblázat. Országos takarmány mérési eredmények éves jellemzői (EüM és FVM)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	0,24	0,096	0,39	0,11	23	11
Cs-137	BE	-	-	0,21	-	11	10
Cs-137	BK	-	0,30	0,94	-	37	32
Cs-137	BP	0,48	0,050	1,6	0,41	20	2
Cs-137	BZ	-	0,063	1,3	-	22	13
Cs-137	CS	-	0,13	0,44	-	20	15
Cs-137	FE	0,12	0,040	0,40	0,090	17	1
Cs-137	GY	0,72	0,15	2,9	0,62	22	0
Cs-137	HA	-	0,088	2,8	-	25	18
Cs-137	HE	0,16	0,030	0,98	0,22	18	6
Cs-137	JA	-	-	-	-	15	15
Cs-137	KO	0,19	0,065	0,43	0,10	13	3
Cs-137	NO	-	0,040	0,35	-	13	6
Cs-137	PE	0,37	0,11	0,68	0,18	15	3
Cs-137	SO	-	0,037	0,15	-	17	10
Cs-137	SZ	-	-	0,18	-	11	10
Cs-137	TO	0,31	0,087	0,90	0,18	41	25
Cs-137	VA	0,46	0,042	2,8	0,62	17	1
Cs-137	VE	0,31	0,13	0,96	0,20	18	5
Cs-137	ZA	0,35	0,084	0,96	0,50	19	9
Sr-90	BA	0,65	0,15	3,0	0,60	21	0
Sr-90	BE	0,81	0,078	1,9	0,60	11	0
Sr-90	BK	1,4	0,12	4,5	1,2	31	0
Sr-90	BP	1,1	0,079	4,9	1,1	18	0
Sr-90	BZ	1,2	0,19	4,2	1,2	17	0
Sr-90	CS	2,0	0,15	5,5	1,5	13	0
Sr-90	FE	0,15	0,068	0,27	0,070	17	0
Sr-90	GY	0,47	0,10	0,98	0,21	18	0
Sr-90	HA	1,2	0,063	2,8	0,97	20	0
Sr-90	HE	0,47	0,080	1,3	0,40	18	0
Sr-90	JA	0,24	0,073	0,47	0,12	15	0
Sr-90	KO	0,66	0,072	1,6	0,53	13	0
Sr-90	NO	0,46	0,18	1,5	0,37	14	0
Sr-90	PE	2,4	0,20	5,5	1,4	15	0
Sr-90	SO	0,29	0,088	0,56	0,15	17	0
Sr-90	SZ	-	0,50	4,4	-	8	0
Sr-90	TO	1,6	0,13	4,9	1,4	37	0
Sr-90	VA	1,3	0,17	4,3	1,1	17	0
Sr-90	VE	0,59	0,052	1,6	0,45	18	0
Sr-90	ZA	0,68	0,27	1,8	0,41	18	0
Összes-béta	BA	260	130	970	160	24	0
Összes-béta	BE	420	150	900	230	11	0
Összes-béta	BK	460	170	940	210	35	0
Összes-béta	BP	320	86	990	210	35	0
Összes-béta	BZ	380	84	670	170	22	0
Összes-béta	CS	560	170	1200	260	28	0
Összes-béta	FE	210	110	560	110	21	0
Összes-béta	GY	440	190	720	160	22	0

Összes-béta	HA	510	120	1200	260	33	0
Összes-béta	HE	210	83	500	110	21	0
Összes-béta	JA	240	95	640	150	15	0
Összes-béta	KO	480	130	830	220	17	0
Összes-béta	NO	340	130	1100	260	20	0
Összes-béta	PE	360	110	720	180	15	0
Összes-béta	SO	170	37	650	130	20	0
Összes-béta	SZ	540	240	950	260	11	0
Összes-béta	TO	400	150	860	220	41	0
Összes-béta	VA	360	110	810	220	21	0
Összes-béta	VE	290	110	480	110	22	0
Összes-béta	ZA	190	93	450	86	21	0
Cs-137	Összes	0,32	0,030	2,9	-	394	195
Sr-90	Összes	1,0	0,052	5,5	-	356	0
Összes-béta	Összes	360	37	1200	-	455	0

Az 5.1.2. ábrán szemléltetjük a takarmánymintákban mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskoncentrációk közötti korrelációt. A talajmintákra kapott hasonló ábrával (4.1.2. ábra) összevetve egyrészt erősebb korrelációt láthatunk, másrészt a takarmánynövényeknél az összes-béta aktivitás legalább 90 %-ban a ^{40}K radionuklidtól származik. (A talajnál átlagosan mintegy 15-20 %-os járulékot képviselnek a természetes urán és tórium bomlási sorok elemei.)

Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], a REH laboratóriumokét pedig éves jelentéseikben [4] is megtalálhatjuk.



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

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 (¹³⁷Cs, 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	110	13	300	83	24	0
Cs-137	-	0,21	3,0	-	24	17
Összes-béta	790	190	1500	340	24	0

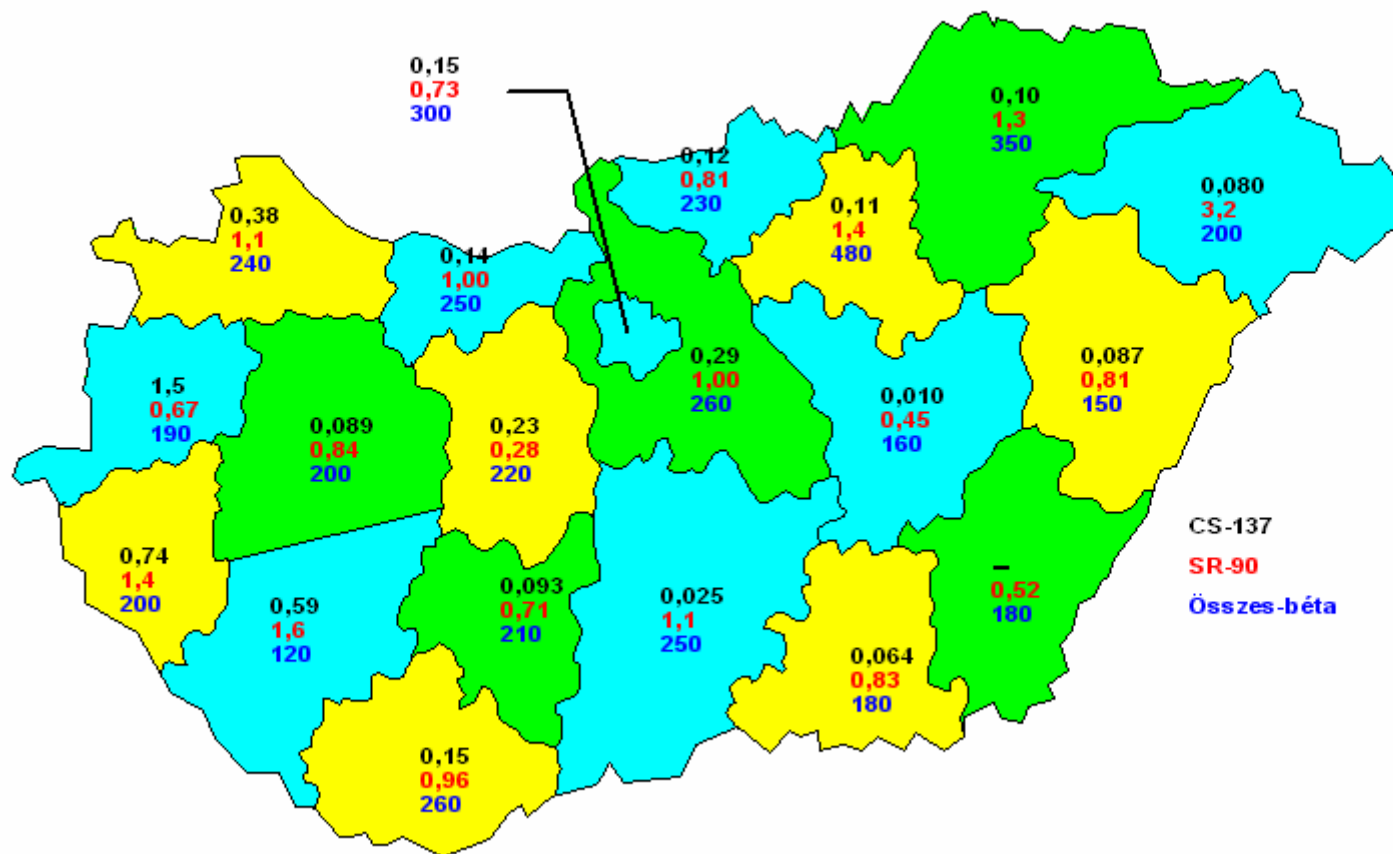
5.2. Növényi eredetű, nyers élelmiszer

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 ⁹⁰Sr méréséhez ebből kiindulva végeznek radiokémiai elválasztást.



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 ERMAH laboratóriumok mintavételi programja megyénként és negyedévenként 2-2 zöldségfajtát tartalmaz. Jellemző kimutatási határ: 0,03-0,1 Bq/kg (^{137}Cs).

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), az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Szintén ebből a hamuból történik az összes- α aktivitás mérése, illetve a ^{90}Sr radiokémiai elválasztása. A 2006. évben a 19 megye és Budapest területéről 473 db zöldség, gyümölcs illetve gomba minta vizsgálatát végezték el az FVM REH laboratóriumai.

A növényi eredetű, nyers élelmiszermintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit az 5.2.1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy míg a ^{137}Cs aktivitáskoncentrációk nagyrészt kimutatási határ alattiak (kivéve a vadon termő gombákat), addig a ^{90}Sr 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 ^{137}Cs és a ^{90}Sr - koncentrációnak aránya itt is jóval 1 alatti (a gombaminták nélkül átlagosan 0,23) nagyon hasonló a takarmánymintáknál kapottakhoz. (Megjegyezzük, hogy a 2005. évben nem mutatkozott egyértelmű tendencia a ^{137}Cs és a ^{90}Sr - koncentrációnak arányában, amelynek egy lehetséges oka az volt, hogy akkor még nem különítettük el a gombamintákat.)

A nyers élelmiszerek ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,07 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé ennél közel ötször nagyobb, 0,28 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig 83 Bq/kg volt 2006-ban. (Megjegyezzük, hogy a gombaminták nélküli ^{137}Cs koncentrációk jóval több mint a fele kimutatási határ alatti volt.)

Az 5.2.2. ábrán szemléltetjük a nyers, növényi élelmiszerekben mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskoncentrációk közötti korrelációt. A korreláció mértéke itt is hasonlóan erős, mint a takarmánymintáknál láttuk (5.1.2. ábra), és az összes-béta aktivitás közel 100 %-ban a ^{40}K radionuklidtól származik.

Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], a REH laboratóriumokét pedig éves jelentéseikben [4] is megtalálhatjuk.

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	-	0,016	0,55*	-	35	24
Cs-137	BE	-	-	-	-	22	22
Cs-137	BK	-	-	3,1*	-	28	26
Cs-137	BP	-	0,030	0,15	-	27	19
Cs-137	BZ	-	0,024	0,26*	-	48	41
Cs-137	CS	0,061	0,010	0,064	0,11	46	33
Cs-137	FE	0,067	0,020	0,23	0,065	17	5
Cs-137	GY	0,058	0,0090	1,1*	0,072	44	20
Cs-137	HA	-	-	1,6*	-	21	19

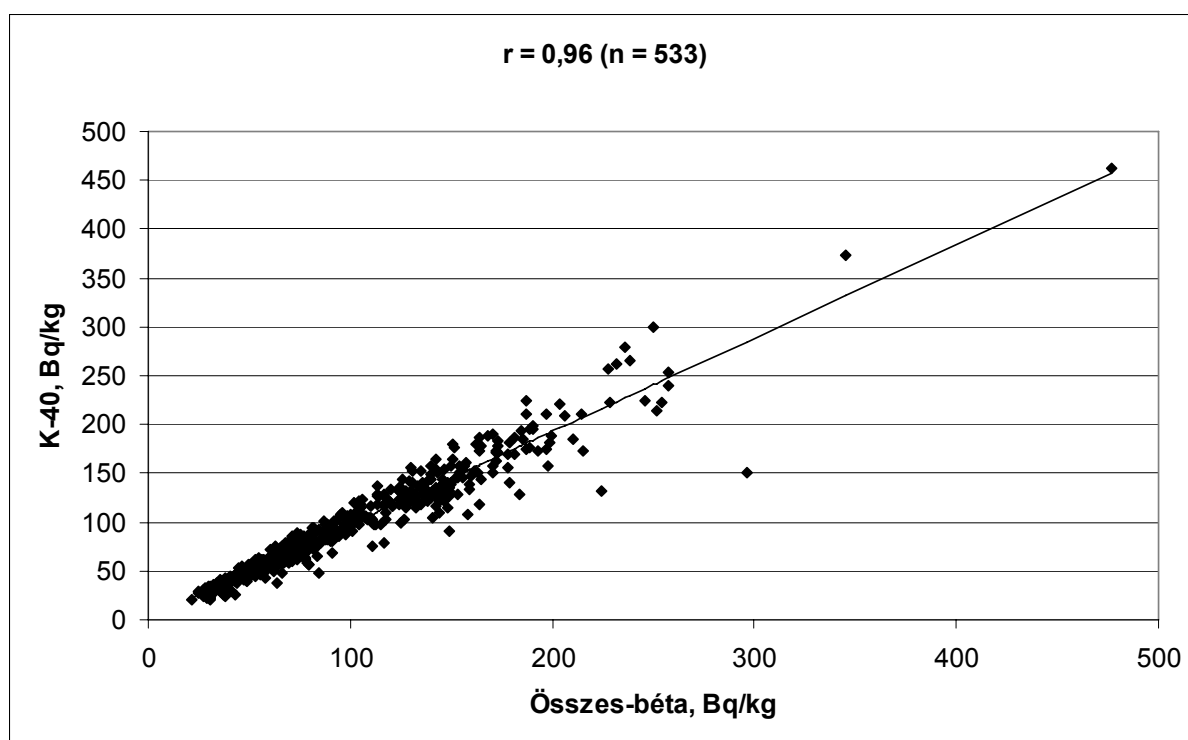
Cs-137	HE	0,040	0,0040	3,6*	0,028	24	5
Cs-137	JA	-	-	0,01	-	7	6
Cs-137	KO	-	0,010	1,4*	-	28	18
Cs-137	NO	-	0,010	0,86*	-	19	10
Cs-137	PE	0,054	0,010	0,29	0,060	27	12
Cs-137	SO	-	0,090	7,6*	-	27	19
Cs-137	SZ	-	0,010	4,7*	-	28	19
Cs-137	TO	-	0,010	0,71*	-	43	35
Cs-137	VA	0,10	0,017	1,5	0,29	31	17
Cs-137	VE	-	0,015	1,3*	-	33	22
Cs-137	ZA	0,083	0,026	420*	0,13	35	16
Sr-90	BA	0,20	0,011	0,96	0,27	16	0
Sr-90	BE	-	0,023	0,52	-	7	0
Sr-90	BK	0,50	0,0070	1,1	0,41	16	0
Sr-90	BP	-	0,042	0,73	-	8	0
Sr-90	BZ	-	0,14	1,3	-	8	0
Sr-90	CS	-	0,083	0,83	-	6	0
Sr-90	FE	-	0,016	0,28	-	7	0
Sr-90	GY	0,21	0,0080	1,1	0,27	19	0
Sr-90	HA	-	0,017	0,81	-	7	0
Sr-90	HE	0,18	0,0090	1,4	0,33	21	0
Sr-90	JA	-	0,30	0,45	-	3	0
Sr-90	KO	0,21	0,017	1	0,32	15	0
Sr-90	NO	-	0,015	0,81	-	8	0
Sr-90	PE	-	0,11	1	-	8	0
Sr-90	SO	0,33	0,0080	1,6	0,54	14	0
Sr-90	SZ	-	0,014	3,2	-	6	0
Sr-90	TO	0,25	0,0084	0,71	0,25	13	0
Sr-90	VA	0,20	0,011	0,67	0,24	19	0
Sr-90	VE	0,17	0,015	0,84	0,26	18	0
Sr-90	ZA	0,24	0,0090	1,4	0,29	25	0
Összes-béta	BA	87	29	370*	49	38	0
Összes-béta	BE	93	25	180	44	22	0
Összes-béta	BK	120	33	250	55	28	0
Összes-béta	BP	69	15	300	56	64	0
Összes-béta	BZ	91	28	350	66	49	0
Összes-béta	CS	76	23	180	34	79	0
Összes-béta	FE	77	28	220	46	31	0
Összes-béta	GY	94	25	240	57	44	0
Összes-béta	HA	68	27	150	34	55	0
Összes-béta	HE	88	31	480	71	47	0
Összes-béta	JA	-	33	160	-	7	0
Összes-béta	KO	86	25	820*	48	42	0
Összes-béta	NO	88	27	230	51	50	0
Összes-béta	PE	84	11	260	59	48	0
Összes-béta	SO	68	27	120	28	38	0
Összes-béta	SZ	94	37	200	48	29	0
Összes-béta	TO	79	31	420*	41	45	0
Összes-béta	VA	89	40	190	42	46	0
Összes-béta	VE	80	27	200	37	45	0
Összes-béta	ZA	86	21	250*	45	46	0

Cs-137	Összesen	0,063	0,0040	420*	-	590	388
Sr-90	Összesen	0,28	0,0070	3,2	-	244	0
Összes-béta	Összesen	83	11	820*	-	853	0

* A megjelölt maximumok vadon termő gombák mintáitól származnak, ezen minták eredményeit az átlag és a szórás számításából 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], a REH laboratóriumokét pedig éves jelentéseikben [4] is megtalálhatjuk.



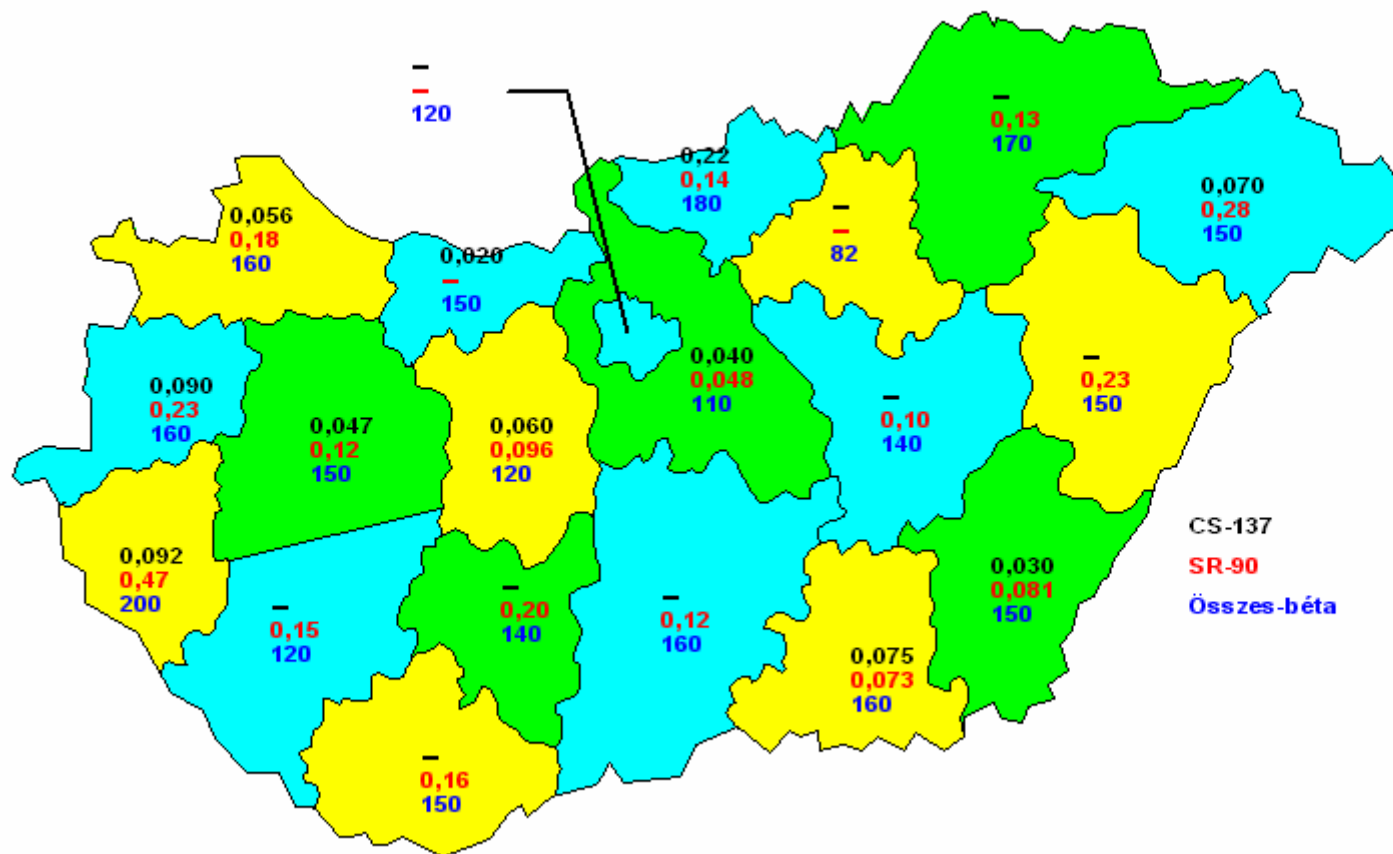
5.2.2. ábra. Nyers, növényi eredetű élelmiszerminták összes-béta és K-40 aktivitáskoncentrációi közötti korreláció (EüM és FVM) (a gombaminták eredményei nélkül)

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.



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

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

Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja 8 megyére és a fővárosra terjed ki, negyedévente 2-2 gabonafajta és havonta 1 kenyérféle mintázását tartalmazza. Jellemző kimutatási határ: 0,03-0,2 Bq/kg (^{137}Cs).

Az FVM REH laboratóriumainak mintavételi programjában jelenleg a gabonafélék (főleg búza) szerepelnek. A γ -spektrumanalízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Szintén ebből a hamuból történik az összes- α aktivitás mérése, illetve a ^{90}Sr radiokémiai elválasztása. Ezeket a vizsgálatokat, lehetőség szerint, minden mintából elvégzik. A 2006. évben a 19 megye területéről 63 db búza minta vizsgálatát végezték el az FVM REH laboratóriumai.

A gabonafélékben és termékekben mért aktivitáskoncentrációk éves, országos átlagai a következők voltak (5.3.1. táblázat): 0,081 Bq/kg (^{137}Cs); 0,13 Bq/kg (^{90}Sr) és 74 Bq/kg (összes-béta). Kiemelendő, hogy ezen mintafajtákban a csernobili eredetű ^{137}Cs az igen kis kimutatási határok ellenére általában – a minták több mint 80 %-ában - már nem volt kimutatható.

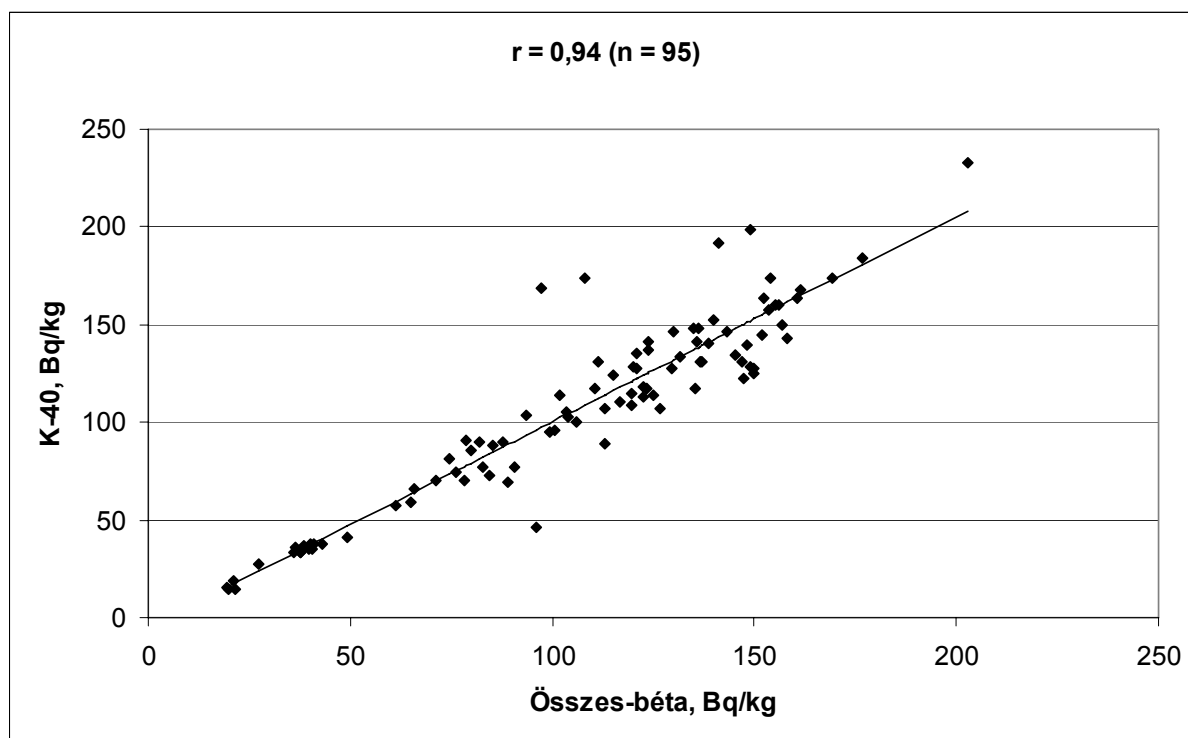
5.3.1. táblázat. Feldolgozott, növényi eredetű élelmiszerek országos mérési eredményeinek éves jellemzői (EüM és FVM)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	-	-	-	9	9
Cs-137	BE	-	-	0,030	-	1	0
Cs-137	BK	-	-	-	-	4	4
Cs-137	BP	-	-	-	-	15	15
Cs-137	BZ	-	-	-	-	17	17
Cs-137	CS	-	0,030	0,075	-	13	10
Cs-137	FE	-	0,040	0,060	-	4	2
Cs-137	GY	-	0,032	0,056	-	15	12
Cs-137	HA	-	-	-	-	13	13
Cs-137	HE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	JA	-	-	-	-	3	3
Cs-137	KO	-	-	0,020	-	1	0
Cs-137	NO	-	0,020	0,22	-	5	0
Cs-137	PE	-	-	0,040	-	2	1
Cs-137	SO	-	-	-	-	3	3
Cs-137	SZ	-	0,030	0,070	-	7	5
Cs-137	TO	-	-	-	-	9	9
Cs-137	VA	-	-	0,090	-	4	3
Cs-137	VE	-	-	0,047	-	4	3
Cs-137	ZA	-	-	0,092	-	3	2
Összes-béta	BA	70	20	150	46	18	0
Összes-béta	BE	-	-	150	-	1	0
Összes-béta	BK	-	75	160	-	4	0
Összes-béta	BP	45	20	120	27	36	0

Összes-béta	BZ	79	20	170	46	25	0
Összes-béta	CS	75	19	160	48	23	0
Összes-béta	FE	-	36	120	-	4	0
Összes-béta	GY	72	19	160	47	23	0
Összes-béta	HA	77	21	150	44	23	0
Összes-béta	HE	-	-	82	-	1	0
Összes-béta	JA	-	100	140	-	3	0
Összes-béta	KO	61	18	150	42	21	0
Összes-béta	NO	-	93	180	-	5	0
Összes-béta	PE	41	12	120	31	14	0
Összes-béta	SO	-	71	120	-	3	0
Összes-béta	SZ	-	76	150	-	7	0
Összes-béta	TO	55	22	140	39	16	0
Összes-béta	VA	-	85	160	-	4	0
Összes-béta	VE	-	88	150	-	4	0
Összes-béta	ZA	-	120	200	-	3	0
Sr-90	BA	-	0,071	0,16	-	3	0
Sr-90	BE	-	-	0,081	-	1	0
Sr-90	BK	-	0,058	0,12	-	3	0
Sr-90	BZ	-	0,13	0,13	-	2	0
Sr-90	CS	-	0,045	0,073	-	3	0
Sr-90	FE	-	0,079	0,096	-	3	0
Sr-90	GY	-	0,014	0,18	-	2	0
Sr-90	HA	-	0,082	0,23	-	3	0
Sr-90	JA	-	0,063	0,10	-	3	0
Sr-90	NO	-	0,058	0,14	-	2	0
Sr-90	PE	-	-	0,048	-	1	0
Sr-90	SO	-	0,057	0,15	-	2	0
Sr-90	SZ	-	0,14	0,28	-	2	0
Sr-90	TO	-	0,064	0,20	-	2	0
Sr-90	VA	-	0,10	0,24	-	3	0
Sr-90	VE	-	0,058	0,12	-	3	0
Sr-90	ZA	-	0,27	0,47	-	3	0
Cs-137	Összesen	0,081	0,020	0,22	-	133	112
Sr-90	Összesen	0,13	0,014	0,47	-	41	0
Összes-béta	Összesen	74	12	200	-	238	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], a REH laboratóriumokét pedig éves jelentéseikben [4] is megtalálhatjuk.



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

6. Állati eredetű élelmiszerek

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

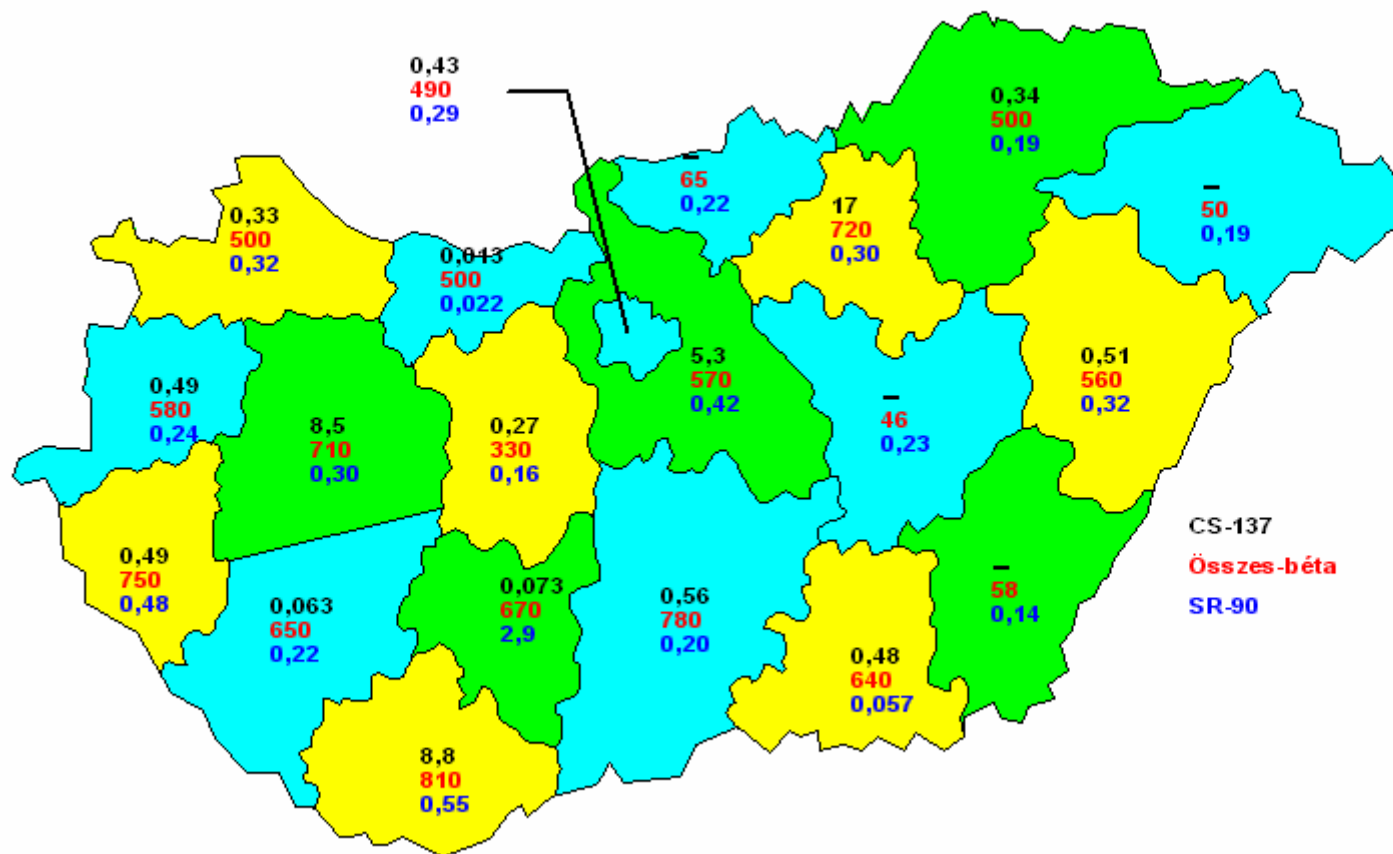
6.1. Tej, tejtermék

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 hálózathál hálózathál hamvasztást jelent. A hamu radioaktivitását mérik, illetve a ^{90}Sr méréséhez ebből kiindulva végeznek radiokémiai elválasztást.

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 8 megyében (decentrumok és alapszintű laboratórium megyei) havonta 3-3 tejminta, továbbá negyedévente 1-1 sajt, túró és tejporminta vételére terjed ki. Jellemző kimutatási határ: 0,02-0,5 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), az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Szintén ebből a hamuból történik az összes- α aktivitás mérése, illetve a ⁹⁰Sr radiokémiai elválasztása. Ezeket a vizsgálatokat minden mintából elvégzik. A 2006. évben a 19 megye és Budapest területéről 246 db tej, 35 db tejpor és 85 db 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 az 5,3 és 17 Bq/kg ¹³⁷Cs-koncentrációk tejporból származnak, amely mintegy tizedrészére hígul a felhasználás során.)

A tejben és tejtermékekben mért aktivitáskoncentrációkat (6.1.1. táblázat) áttekintve kiemelendő, hogy a két csernobili eredetű radionuklid - azaz a ¹³⁷Cs és a ⁹⁰Sr - koncentrációnak aránya itt általában 1-nél nagyobb (a két szélsőérték: 0,77 és 4,6). Ez a nyers, növényi eredetű élelmiszerekhez hasonlóan a 2005. évtől eltérő, akkor ugyanis nem látszott egyértelmű tendencia az arányokban.

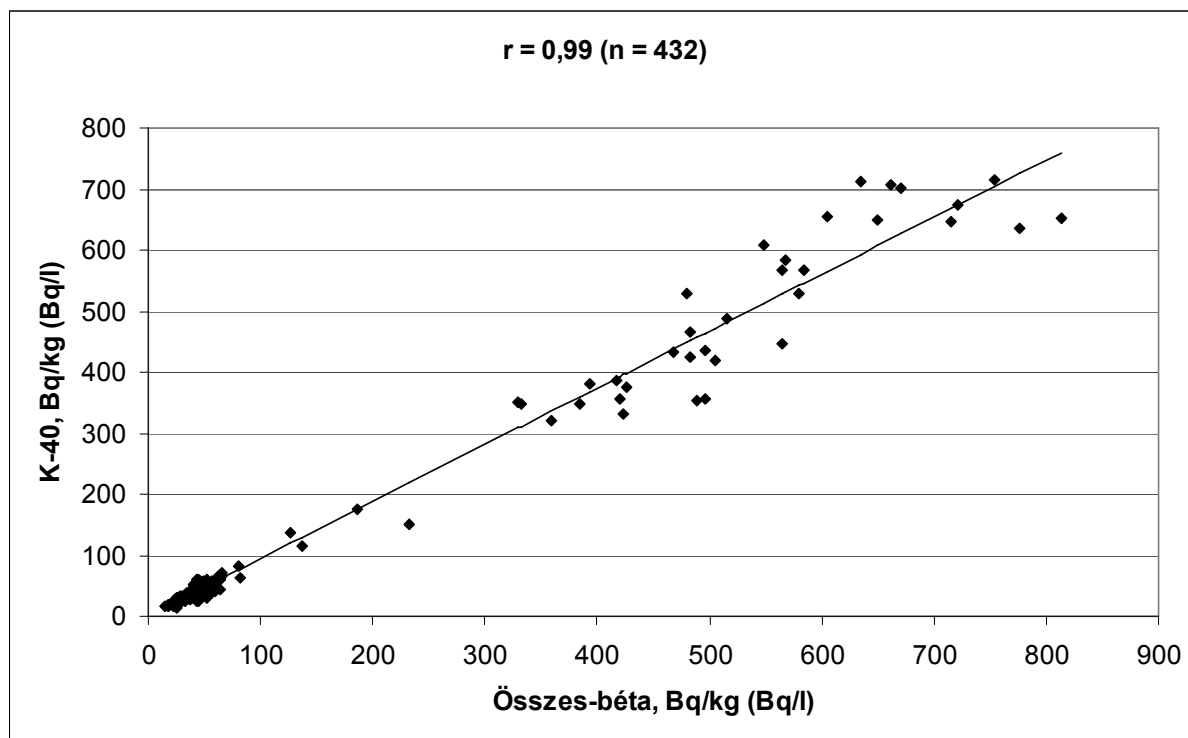
A tej- és tejtermékek ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,19 Bq/kg, a ⁹⁰Sr radionuklidé kisebb, 0,087 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig 76 Bq/kg volt 2006-ban. A két csernobili eredetű radionuklid átlagos koncentrációi közelítően a 2:1 arányszámmal jellemezhetők. (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	-	0,018	8,8	-	32	24
Cs-137	BE	-	-	-	-	11	11
Cs-137	BK	-	-	0,56	-	28	27
Cs-137	BP	0,086	0,0090	0,43	0,11	19	6
Cs-137	BZ	-	0,014	0,34	-	28	25
Cs-137	CS	-	0,013	0,48	-	21	13
Cs-137	FE	0,067	0,0060	0,27	0,086	20	4
Cs-137	GY	0,061	0,0079	0,33	0,078	31	12
Cs-137	HA	-	-	0,51	-	27	26
Cs-137	HE	-	0,030	17	-	14	12
Cs-137	JA	-	-	-	-	15	15
Cs-137	KO	-	-	0,013	-	7	6
Cs-137	NO	-	-	-	-	10	10
Cs-137	PE	0,39	0,0070	5,3	1,4	15	5

Cs-137	SO	-	0,033	0,063	-	19	17
Cs-137	SZ	-	-	-	-	8	8
Cs-137	TO	-	0,010	0,073	-	92	85
Cs-137	VA	0,14	0,011	0,49	0,15	23	5
Cs-137	VE	-	0,013	8,5	-	20	12
Cs-137	ZA	-	0,054	0,49	-	18	15
Sr-90	BA	0,14	0,0029	0,55	0,13	25	0
Sr-90	BE	0,046	0,013	0,14	0,045	11	0
Sr-90	BK	0,064	0,018	0,20	0,051	25	0
Sr-90	BP	0,040	0,0040	0,29	0,066	17	1
Sr-90	BZ	0,065	0,0064	0,19	0,065	21	0
Sr-90	CS	0,027	0,018	0,057	0,012	12	0
Sr-90	FE	0,066	0,017	0,16	0,058	19	0
Sr-90	GY	0,079	0,021	0,32	0,088	25	4
Sr-90	HA	0,081	0,024	0,32	0,082	23	2
Sr-90	HE	0,10	0,019	0,30	0,10	18	0
Sr-90	JA	0,086	0,022	0,23	0,084	15	0
Sr-90	KO	-	0,021	0,022	-	7	0
Sr-90	NO	0,043	0,019	0,22	0,059	11	0
Sr-90	PE	0,085	0,015	0,42	0,10	15	0
Sr-90	SO	0,079	0,022	0,22	0,071	19	0
Sr-90	SZ	-	0,023	0,20	-	4	0
Sr-90	TO	0,13	0,0051	2,9	0,41	48	0
Sr-90	VA	0,11	0,020	0,24	0,093	23	0
Sr-90	VE	0,083	0,021	0,30	0,087	20	0
Sr-90	ZA	0,15	0,018	0,48	0,14	18	0
Összes-béta	BA	120	23	810	180	60	0
Összes-béta	BE	44	25	58	13	11	0
Összes-béta	BK	76	30	780	140	26	0
Összes-béta	BP	54	6,5	490	83	83	0
Összes-béta	BZ	64	24	500	87	66	0
Összes-béta	CS	76	14	640	120	58	0
Összes-béta	FE	92	44	330	94	19	0
Összes-béta	GY	73	16	500	110	68	0
Összes-béta	HA	74	0,094	560	110	69	0
Összes-béta	HE	86	37	720	150	19	0
Összes-béta	JA	36	19	46	9,4	15	0
Összes-béta	KO	71	24	500	110	52	0
Összes-béta	NO	53	44	65	8,2	12	0
Összes-béta	PE	44	7,5	570	92	35	0
Összes-béta	SO	96	24	650	180	19	0
Összes-béta	SZ	-	26	50	-	8	0
Összes-béta	TO	75	21	670	130	127	0
Összes-béta	VA	180	43	580	220	22	0
Összes-béta	VE	99	22	710	180	19	0
Összes-béta	ZA	79	19	750	170	18	0
Cs-137	Összesen	0,19	0,0060	17	-	458	338
Sr-90	Összesen	0,087	0,0029	2,9	-	376	7
Összes-béta	Összesen	76	0,094	810	-	806	0

A 6.1.2. ábrán szemléltetjük a tejben és tejtermékekben mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskoncentrációk 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 aktivitáskoncentrációi is jóval nagyobbak.



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

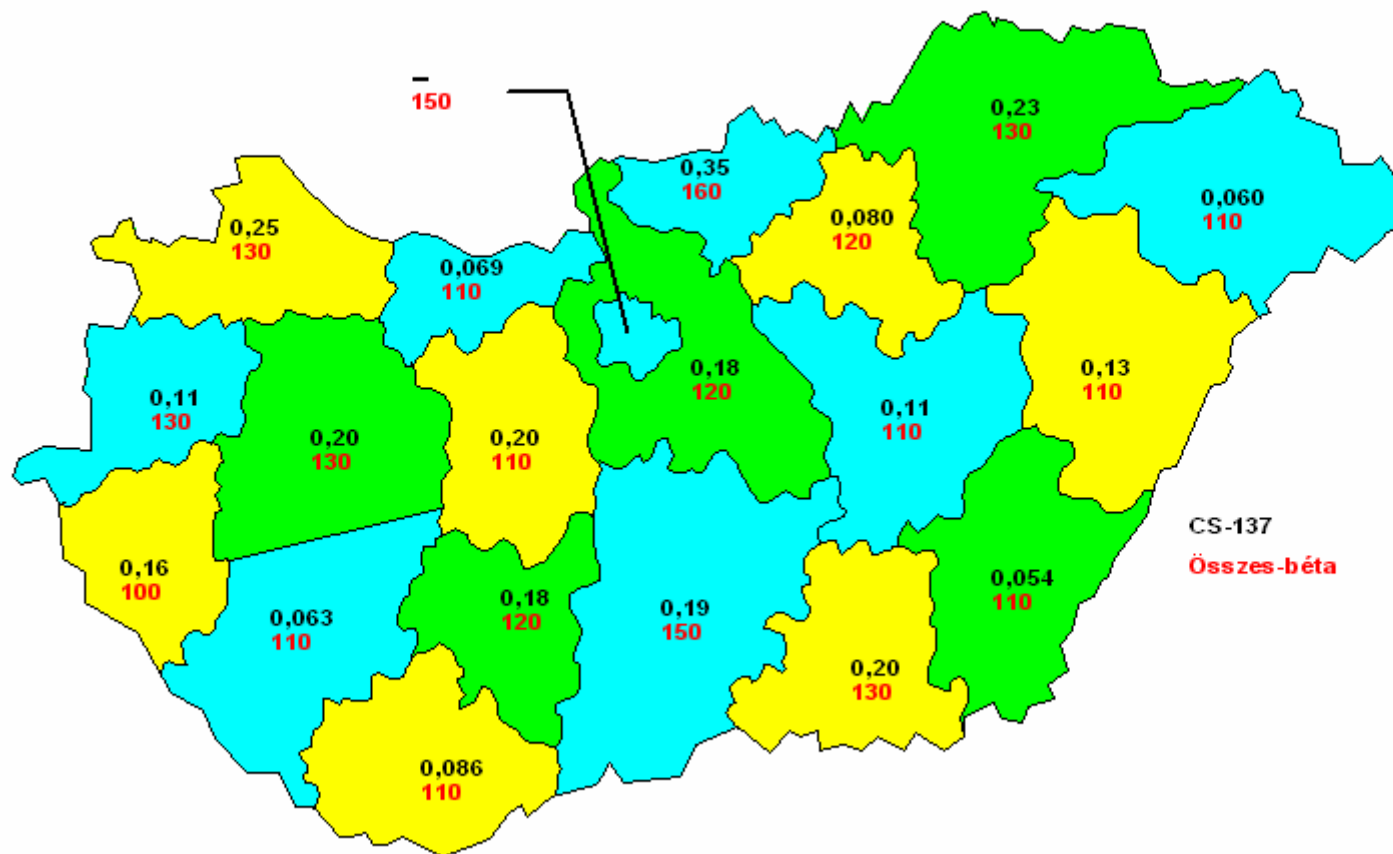
Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], a REH laboratóriumokét pedig éves jelentéseikben [4] is megtalálhatjuk.

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 (decentrumok és alapszintű laboratórium megyéi) negyedévente 1-1 marha-, sertés- és baromfihús minta vételére terjed ki. Jellemző kimutatási határ: 0,02-0,2 Bq/kg (^{137}Cs).

Az FVM REH laboratóriumainak mintavételi programjában csak nyershús (sertés, marha baromfi és vad) szerepel. A γ -spektrumanalízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Ezeket a vizsgálatokat minden mintából elvégzik. A 2006. évben a 19 megye területéről 93 db sertés, 38 db marha és 98 db baromfihús minta vizsgálatát végezték el az FVM REH laboratóriumai.

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 ^{137}Cs aktivitáskoncentrációk közel fele itt is kimutatási határ alatti.

A hús és hústermékek ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,078 Bq/kg, a döntően természetes eredetű (^{40}K) összes-béta aktivitásé pedig a tejhez igen hasonló, 87 Bq/kg volt 2006-ben. Ezek az értékek hasonlóak a 2005. éviékhöz.

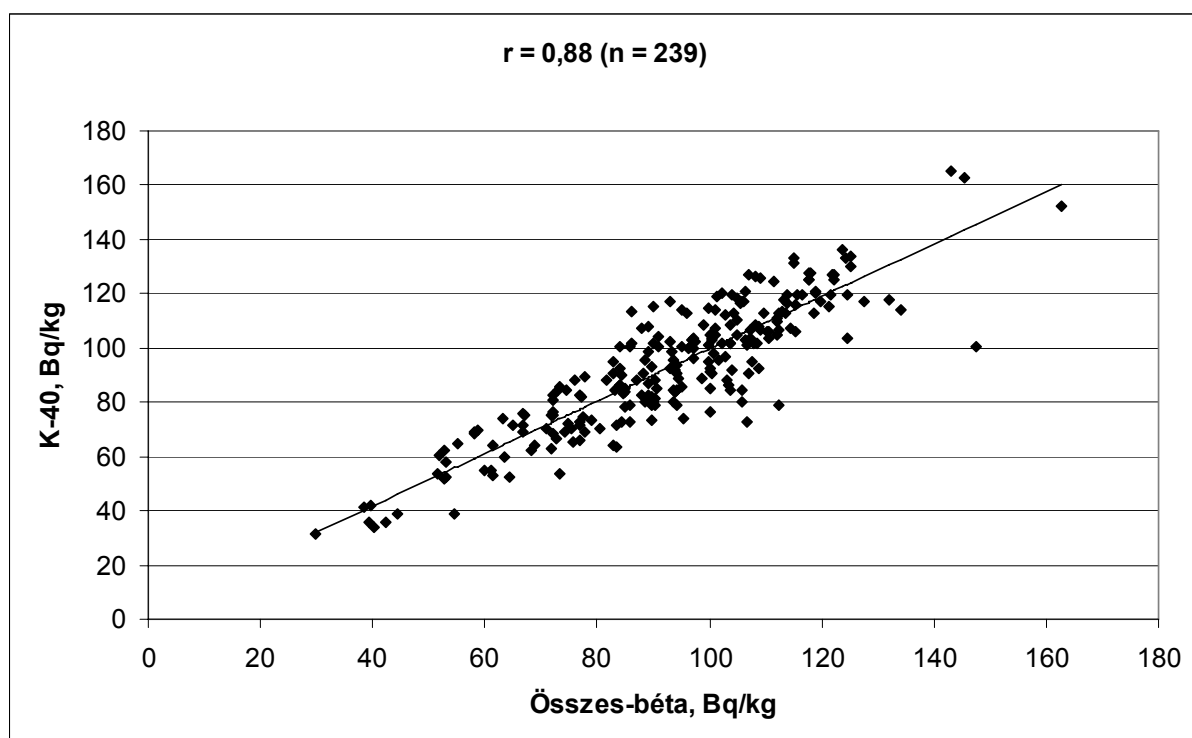
A húsban és hústermékekben mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskoncentrációk közötti korrelációt a 6.2.2. ábrán szemléltetjük. A 2005. év eredményeihez képest a korreláció itt erősnek mondható és a pontok szóródása is kisebb.

Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], a REH laboratóriumokét pedig éves jelentéseikben [4] is megtalálhatjuk.

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	-	0,032	0,086	-	26	17
Cs-137	BE	-	0,010	0,054	-	8	4
Cs-137	BK	-	0,040	0,19	-	16	9
Cs-137	BP	-	-	-	-	12	12
Cs-137	BZ	0,075	0,020	0,23	0,049	24	9
Cs-137	CS	-	0,040	0,20	-	22	13
Cs-137	FE	0,086	0,035	0,20	0,051	13	0
Cs-137	GY	0,087	0,042	0,25	0,046	25	3
Cs-137	HA	0,066	0,027	0,13	0,035	25	14
Cs-137	HE	-	-	0,080	-	3	2
Cs-137	JA	-	0,047	0,11	-	11	7
Cs-137	KO	-	0,020	0,069	-	2	0
Cs-137	NO	-	0,040	0,35	-	12	3
Cs-137	PE	0,081	0,020	0,18	0,042	17	7
Cs-137	SO	-	0,043	0,063	-	7	4
Cs-137	SZ	-	0,040	0,060	-	11	8

Cs-137	TO	-	0,035	0,18	-	19	11
Cs-137	VA	0,058	0,018	0,11	0,029	12	1
Cs-137	VE	0,085	0,026	0,20	0,052	11	1
Cs-137	ZA	-	0,046	0,16	-	9	4
Összes-béta	BA	83	35	110	19	31	0
Összes-béta	BE	-	59	110	-	8	0
Összes-béta	BK	110	67	150	18	15	0
Összes-béta	BP	82	12	150	31	46	0
Összes-béta	BZ	80	30	130	28	32	0
Összes-béta	CS	92	39	130	28	61	0
Összes-béta	FE	79	53	110	18	13	0
Összes-béta	GY	91	33	130	27	33	0
Összes-béta	HA	82	39	110	20	32	0
Összes-béta	HE	-	31	120	-	8	0
Összes-béta	JA	83	55	110	15	11	0
Összes-béta	KO	62	35	110	21	18	0
Összes-béta	NO	100	35	160	31	16	0
Összes-béta	PE	82	12	120	26	35	0
Összes-béta	SO	-	97	110	-	7	0
Összes-béta	SZ	69	39	110	22	11	0
Összes-béta	TO	83	35	120	22	28	0
Összes-béta	VA	110	90	130	11	12	0
Összes-béta	VE	110	85	130	14	11	0
Összes-béta	ZA	-	53	100	-	9	0
Cs-137	Összesen	0,078	0,010	0,35	-	285	129
Összes-béta	Összesen	87	12	160	-	437	0



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

6.2.2. A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei

A Paksi Atomerőmű környezetében a KvVM alá tartozó ADV KTVF bajai laboratóriuma végzi a halak mintázását és mérését az erőmű előtti és utáni Duna-szakaszon.

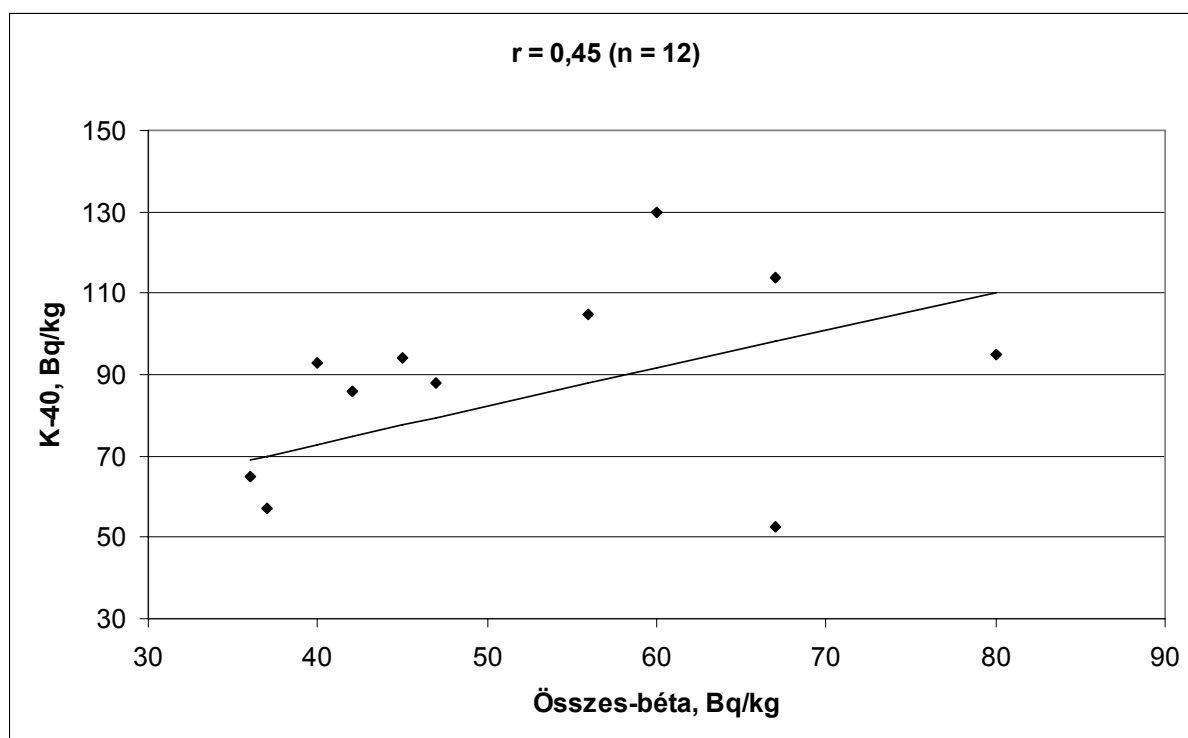
A dunai halakra, az erőmű utáni szakaszon kapott mérési eredményeket a 6.2.2. táblázatban foglaltuk össze.

Látható, hogy a mesterséges radionuklidok halakban mért koncentrációi – a szárazföldi tápláléklánc elemeihez hasonlóan – igen kicsik, a ^{137}Cs és ^{90}Sr -nál is a minták többségében kimutatási határ alattiak.

A halakban mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskoncentrációk közötti korrelációt a 6.2.3. ábrán szemléltetjük. (Az eredmények kis száma nem teszi lehetővé következtetések levonását.)

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	-	0,050	1,3	-	12	7
Sr-90	-	0,10	0,28	-	12	10
Összes-béta	51	36	80	15	12	0



6.2.3. ábra. Halak összes-béta és K-40 aktivitáskoncentrációi 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 aktivitáskoncentrációit. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző programjához csatlakozóan a bajai laboratórium a Duna erőmű utáni 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: 0,5-1,5 mBq/l (^{90}Sr és ^{137}Cs).

A 2006. évben kapott mérési eredményeket a 7.1.1. táblázatban foglaltuk össze. A Dunában található mesterséges – csernobili eredetű – radionuklidok koncentrációja igen alacsony, legfeljebb néhány mBq/l nagyságrendű. A folyóvizek összes-béta aktivitáskoncentrációi nem érik el az 1 Bq/l értéket, állóvizeknél – sekély vizű tavaknál - azonban 1,2-1,8 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	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Deseda	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Dombori tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Dráva	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Duna	3,4	0,10	9,3	3,4	48	36
Cs-137	Erőműi tó (Tatabánya)	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Fehér tó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Fertő tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Gyöngyös patak	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Halastó (Orfű)	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Hátori tó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Hármas-Körös	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Hévíz	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Kapos	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Kondor tó	-	-	-	-	3	3
Cs-137	Maros	-	-	64	-	3	2
Cs-137	Rába	-	-	-	-	4	4

Cs-137	Sárvári tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Séd	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Szelidi tó	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Szinva	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Tisza	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Velencei tó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Zala	-	-	-	-	1	1
Sr-90	Duna	1,2	0,45	2,5	0,59	18	6
Összes-béta	Balaton	230	120	340	42	28	0
Összes-béta	Bánki tó	-	-	440	-	1	0
Összes-béta	Berettyó	200	100	330	60	11	1
Összes-béta	Bódva	130	110	210	34	12	0
Összes-béta	Búzásvölgyi tó	-	-	430	-	1	0
Összes-béta	Deseda	-	77	150	-	4	0
Összes-béta	Dombori tó	-	3,0	190	-	6	1
Összes-béta	Dráva	100	70	190	29	33	4
Összes-béta	Duna	120	15	270	39	217	35
Összes-béta	DVCS	150	130	190	18	12	0
Összes-béta	Eger patak	-	230	270	-	3	0
Összes-béta	Erőműi tó (Tatabánya)	-	110	370	-	4	0
Összes-béta	Fehér tó	-	460	480	-	3	0
Összes-béta	Fehér-Körös	180	95	410	85	17	1
Összes-béta	Fekete-Körös	140	42	320	67	17	2
Összes-béta	Fertő tó	-	870	1200	-	4	0
Összes-béta	FTCS	-	-	190	-	1	0
Összes-béta	Gyöngyös patak	-	60	460	-	9	0
Összes-béta	Halastó (Orfű)	-	71	140	-	3	0
Összes-béta	Hámori tó	-	20	42	-	4	0
Összes-béta	Hármas-Körös	-	100	220	-	12	6
Összes-béta	Hernád	210	140	260	37	13	0
Összes-béta	Hévíz	-	23	640	-	2	0
Összes-béta	Horgásztó (Kecskemét)	-	170	170	-	2	0
Összes-béta	Horgásztó (Recsk)	-	-	130	-	1	0
Összes-béta	Kapos	200	70	410	89	34	1
Összes-béta	Keleti- Főcsatorna	-	130	150	-	3	0
Összes-béta	Kígyós fogyújtó	-	-	580	-	1	0
Összes-béta	Kondor tó	140	24	180	40	12	0
Összes-béta	Kőérberki patak	430	180	650	130	16	0
Összes-béta	Kraszna	170	100	250	37	21	0
Összes-béta	Lajta	110	90	140	14	22	0
Összes-béta	Lapincs	150	30	320	97	12	1
Összes-béta	Lónyai- csatorna	160	70	270	38	22	0
Összes-béta	Maros	-	100	680	-	15	6
Összes-béta	Nádor- csatorna	400	310	490	42	12	0
Összes-béta	Omszki tó	-	500	700	-	5	0

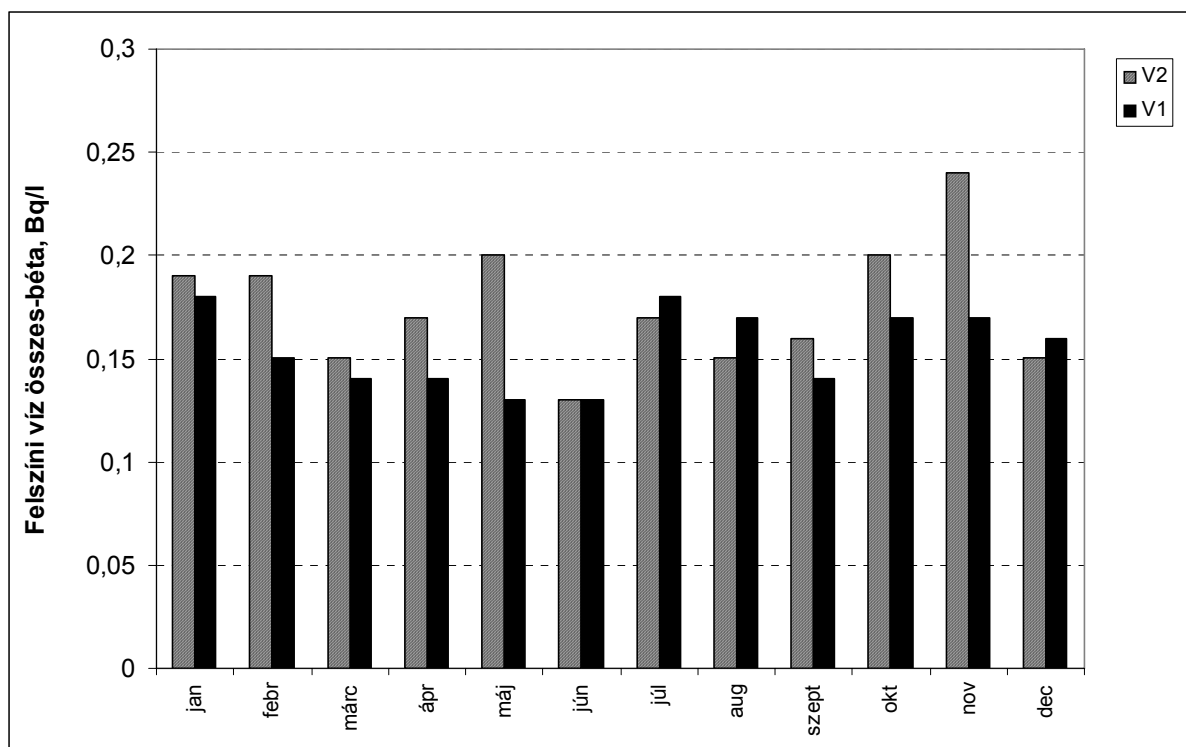
Összes-béta	Pinka	160	70	460	110	12	0
Összes-béta	Rába	150	60	410	63	32	0
Összes-béta	Rakamaz	160	100	230	41	10	0
Összes-béta	Sajó	180	120	350	63	12	0
Összes-béta	Sárvári tó	-	110	160	-	3	0
Összes-béta	Sebes-Körös	170	42	700	120	29	1
Összes-béta	Séd	140	81	240	47	12	0
Összes-béta	Sió	260	200	310	30	12	0
Összes-béta	Sóstó (Kiskunhalas)	-	420	430	-	2	0
Összes-béta	Sóstó (Nyíregyháza)	-	-	230	-	1	0
Összes-béta	Szamos	150	90	220	41	23	0
Összes-béta	Szécsény patak	-	230	250	-	3	0
Összes-béta	Szelidi tó	170	120	220	22	23	1
Összes-béta	Szinva	120	30	240	79	12	0
Összes-béta	Tarján patak	-	140	210	-	3	0
Összes-béta	Tarna	-	100	350	-	8	1
Összes-béta	Tisza	120	50	300	56	126	22
Összes-béta	Túr	75	50	130	17	23	0
Összes-béta	Velencei tó	1400	450	1800	290	16	0
Összes-béta	Víztározó (Mihálygerge)	-	70	160	-	3	0
Összes-béta	Zagyva	350	170	710	160	15	0
Összes-béta	Zala	-	53	79	-	5	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 többségében meghaladják a hidegvízcsatorna hasonló értékeit.



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

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
Be-7	-	-	0,044	-	20	19
Cs-137	-	-	0,0039	-	20	19
K-40	0,70	0,20	1,5	0,36	20	1
Összes-béta	0,55	0,043	1,5	0,35	20	2
Sr-90	-	0,0018	0,0022	-	4	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.

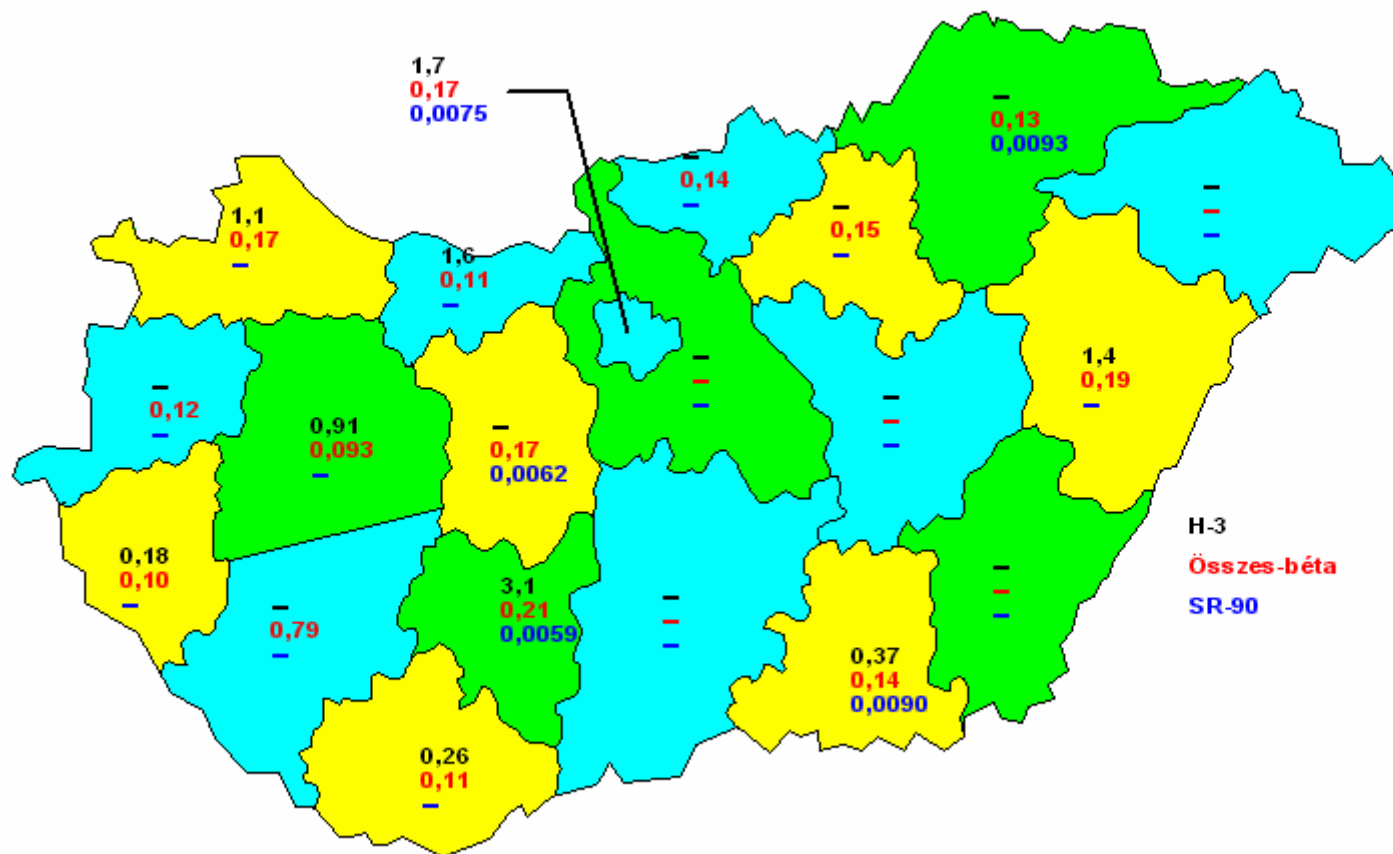
8.1. Vezetékes ivóvíz országos adatok

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. Jellemző kimutatási határok: 0,1-0,2 Bq/l (^3H), 1-15 mBq/l (^{90}Sr) és 0,1 Bq/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 felénél 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 0,62 Bq/l, a legnagyobb érték is jóval kisebb mint az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X.25.) kormányrendeletben európai uniós ajánlás alapján megadott indikátor paraméter (100 Bq/l). A ^{90}Sr koncentrációinak átlaga 0,0070 Bq/l, az összes-béta aktivitásé 0,099 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)

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	BZ	-	-	-	-	1	1
Cs-137	CS	-	-	-	-	3	3
Cs-137	GY	-	-	-	-	1	1
Cs-137	HA	-	-	-	-	1	1
Cs-137	HE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	KO	-	-	-	-	1	1
Cs-137	NO	-	-	-	-	1	1
Cs-137	TO	-	-	-	-	15	15
Cs-137	VA	-	-	-	-	1	1
H-3	BA	-	-	0,26	-	1	0
H-3	BP	-	1,6	1,7	-	2	0
H-3	CS	-	0,31	0,37	-	2	0
H-3	FE	-	-	-	-	2	2
H-3	GY	-	0,65	1,1	-	2	0
H-3	HA	-	0,84	1,4	-	5	1
H-3	KO	-	1,1	1,6	-	2	0
H-3	SO	-	-	-	-	1	1
H-3	TO	0,49	0,20	3,1	0,69	18	7
H-3	VE	-	0,88	0,91	-	2	0
H-3	ZA	-	-	0,18	-	2	1
Sr-90	BA	-	-	-	-	1	1
Sr-90	BP	-	0,00056	0,0075	-	2	0
Sr-90	BZ	-	0,0063	0,0093	-	6	4
Sr-90	CS	-	0,0017	0,0090	-	5	0
Sr-90	FE	-	-	0,0062	-	2	1
Sr-90	GY	-	-	-	-	2	2
Sr-90	HA	-	-	-	-	6	6
Sr-90	KO	-	-	-	-	2	2
Sr-90	SO	-	-	-	-	1	1
Sr-90	TO	-	0,00093	0,0059	-	18	11
Sr-90	VE	-	-	-	-	2	2
Sr-90	ZA	-	-	-	-	2	2
Összes-béta	BA	-	0,084	0,12	-	5	0
Összes-béta	BP	0,12	0,070	0,17	0,027	37	0
Összes-béta	BZ	-	0,010	0,13	-	4	0
Összes-béta	CS	0,059	0,0085	0,14	0,035	13	0
Összes-béta	FE	-	0,091	0,17	-	4	0
Összes-béta	GY	-	0,050	0,17	-	4	0
Összes-béta	HA	0,12	0,072	0,19	0,027	37	0
Összes-béta	HE	-	0,048	0,15	-	4	0
Összes-béta	KO	-	0,064	0,11	-	4	0
Összes-béta	NO	-	0,13	0,14	-	4	0
Összes-béta	SO	-	0,057	0,79	-	4	0
Összes-béta	TO	0,076	0,0074	0,21	0,034	61	4
Összes-béta	VA	-	0,069	0,12	-	4	0
Összes-béta	VE	-	0,048	0,093	-	4	0
Összes-béta	ZA	-	0,029	0,10	-	4	0
Cs-137	Összesen	-	-	-	-	25	25

H-3	Összesen	0,62	0,18	3,1	-	39	12
Sr-90	Összesen	0,0070	0,00056	0,0093	-	49	32
Összes-béta	Összesen	0,099	0,0074	0,79	-	193	4

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.) kormányrendelet 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 2006-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.

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	CS	-	-	-	-	1	1
Cs-137	HA	-	-	-	-	1	1
Összes-béta	BA	-	0,15	0,28	-	3	0
Összes-béta	BP	-	0,090	0,20	-	10	1
Összes-béta	BZ	-	0,29	0,34	-	4	0
Összes-béta	CS	-	0,060	0,12	-	4	0
Összes-béta	GY	-	0,076	0,16	-	4	0
Összes-béta	HA	-	0,081	0,093	-	4	0
Összes-béta	KO	-	0,088	0,14	-	4	0
Összes-béta	TO	-	0,060	0,40	-	4	0
Cs-137	Összesen	-	-	-	-	2	2
Összes-béta	Összesen	0,15	0,060	0,40	-	37	1

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 az ún. decentrum megyékre terjed ki. A program összeállításánál cél volt, hogy a vizsgált készétel 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 2006. évi eredményeket a 9.1.1. táblázatban foglaltuk össze. Az eredményeket Bq/nap egységben adtuk meg. Jellemző kimutatási határok: 0,03-0,07 Bq/kg (^{90}Sr és ^{137}Cs radionuklidra egyaránt).

A táblázatban közölt eredményekből látható, hogy a ^{137}Cs koncentrációk - egy eredményt leszámítva - majdnem 100 %-ban kimutatási határ alattiak voltak. Annyit mondhatunk tehát, hogy a lakosság által fogyasztott ételekben a csernobili eredetű ^{137}Cs aktivitáskoncentrációja mára nem haladja meg a 0,03-0,07 Bq/kg szintet. A minták ^{90}Sr koncentrációja – a korábban ismertetett feldolgozott és állati eredetű élelmiszerekhez hasonlóan - hasonlóan alakult, azonban a mérési módszer által nyújtott nagyobb érzékenység miatt a minták közel felénél kimutatási határ feletti eredményeket kaptunk.

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	BA	-	-	-	-	2	2
Cs-137	BP	-	-	-	-	2	2
Cs-137	BZ	-	-	0,013	-	2	1
Cs-137	GY	-	-	-	-	2	2
Cs-137	HA	-	-	-	-	1	1
Cs-137	TO	-	-	-	-	1	1
Sr-90	BA	-	0,0068	0,065	-	2	0
Sr-90	BP	-	-	-	-	1	1
Sr-90	BZ	-	-	0,060	-	2	1
Sr-90	CS	-	-	0,014	-	1	0
Sr-90	GY	-	-	-	-	2	2
Sr-90	HA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	TO	-	-	0,017	-	1	0
Cs-137	Összesen	-	-	0,063	-	10	9
Sr-90	Összesen	-	0,0068	0,068	-	11	6

10. A természetes eredetű sugárterhelés fontosabb forrásai

Természetes sugárterhelés alatt az élővilágra annak kialakulása óta ható, a Föld egyes részein különböző nagyságú sugárterhelést értjük. A természetes sugárterhelés jellemző világátlaga 2,0 mSv, 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 bomlástermékeiktől származó nagyobb sugárterhelés miatt az átlagos sugárterhelés 3,1 mSv.

A természetes eredetű sugárterhelés legfontosabb összetevői a következők:

- kozmikus sugárzás: 0,37 mSv
- földkérgi eredetű radionuklidok (^{40}K , U-sorok, Th-sor): 0,69 mSv
- radon: 2,0 mSv
- toron: 0,07 mSv

10.1. Hazai lakásokban mért radonaktivitás-koncentrációk (RAD Labor és OSSKI)

A ^{238}U radioaktív bomlási sor egyik eleme a radon (^{222}Rn) nemesgáz, amelynek radioaktív leányelemei jelentik a természetes sugárterhelés legnagyobb összetevőjét. (Lényegesen kisebb mértékű sugárterhelést okoznak a másik két bomlási sor radon gázainak bomlástermékei, elsősorban a kisebb aktivitáskoncentrációk miatt.)

A szabadba kijutó radon nagymértékben felhígul, a jellemző aktivitáskoncentráció néhány Bq/m³. A lakásokban azonban koncentrációja - elsősorban a talajtól, majd az épület szerkezetétől és az építőanyagtól függően - igen nagy is lehet. Hazai lakások felmérései a világátlagnál 2-2,5-szer nagyobb átlagokat adtak.

A radon nemesgáz, ezért a belélegzett radon túlnyomó részét kilélegezzük, csak egy kis hányada oldódik a vérben és kerül el a testszövetekbe. Bomlástermékei ugyanakkor a levegőben található kisméretű szilárd részecskékhez, az aeroszolokhoz kötődnek, amelyek jelentős hányada a tüdőben kiülepedve jelentékeny sugárterhelést okoz.

A radon két fő forrása a talaj és az építőanyag. A szélsőséges esetektől eltekintve általában az első számít meghatározónak. Ezért fontos, hogy azonosítsuk azokat a területeket, ahol a tervezés és építkezés során megfelelő intézkedésekkel elkerülhető a lakásokban a radon koncentrációjának elfogadhatatlan szintre emelkedése.

A radontérkép – azaz a talaj járulékára információt nyújtó térkép – létrehozásához több út vezethet:

- a) közettani, talajmorfológiai információk felhasználása;
- b) a talajgáz radonaktivitás-koncentrációjának mérése;
- c) a lakások alkalmas alcsoportjában mért radonaktivitás-koncentrációk meghatározása.

Az a) pont alatti módszer lényeges segédadatokat szolgáltat, azonban önmagában - már csak a számszerűsíthető összefüggés hiánya miatt - bizonyosan nem elegendő. A talajgáz radonaktivitás-koncentrációjának mérése a talaj jellemzésére szolgáló közvetlen módszernek tekinthető, azonban hangsúlyozni kell, hogy a talaj permeabilitásának egyidejű meghatározása elengedhetetlen, továbbá a mérést számos külső körülmény (pl. talajnedvesség, a talaj vertikális szerkezete) befolyásolja. A lakásokban mért radonaktivitás-koncentráció felhasználása több előnnyel is jár, így pl. a cselekvési szintekkel közvetlenül összevethető információt nyújt, valamint a hosszabb idejű mérések miatt az eredmények megbízhatóbbak.

A lakások kiválasztásánál azonban gondosan kell eljárni. A felmérésbe olyan lakáscsoportot kell beválasztani, amelyiknél a legerősebb korreláció várható a talaj járuléka és a lakásban kialakuló radonaktivitás-koncentráció között, minden zavaró, befolyásoló körülmény kiküszöbölésével, illetve legalább állandó szinten tartásával.

10.1.1. A RAD Labor országos felmérése

A radonszint a radon aktivitáskoncentráció (Bq/m^3) éves átlaga. Ennek mérése a lakóterekbe kihelyezett CR39 passzív nyomdetektorokkal történt. Az adott lakótérben három évszakban besugárzott detektorok eredményeiből becsült negyedik, (nyári) évszak adatával kiegészítve, a négy évszak radon aktivitáskoncentrációját a besugárzási napok számával súlyozva kapták meg az éves átlagot, azaz a radonszintet. A radonszintek mérési bizonytalansága (hibája) 50 Bq/m^3 alatt $\approx 20\%$, 100 Bq/m^3 fölött 10% alatt van, s a hiba annál kisebb, minél nagyobb a mért radonszint.

Az 1994-2006 közötti időszakban 17224 lakótérben történt mérés, közülük 11474 esetben a ház szerkezetét felmérő lapokat már feldolgozták. Kiterjedt statisztikai vizsgálataik szerint a lakótéri radonszintet döntően befolyásolja a ház szerkezete, azaz:

- o a lakótér talajtól mért távolsága (földszinti vagy emeleti a helyiség),
- o a pince léte vagy hiánya,
- o a ház földszintes vagy emeletes volta,
- o a lakószoba falának építőanyaga.

A radonszint és a házak szerkezete közötti összefüggést mutatja be a 10.1.1. táblázat. A földszintes, alápincézetlen házak esetében válik domináns tényezővé a ház alatt húzódó talaj geológiai összetétele.

A 10.1.2. táblázat az 1994 és 2006 között mért 17224 lakótér radonszintjeit mutatja be megyei bontásban. A 10.1.1. ábra ugyanezen adatahalmazt ábrázolja $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ négyzethálóban, minden négyzeten a maximum értéket választva a színezés alapjául.

A nemzetközi gyakorlatnak megfelelően, matematikai statisztikai eljárásokkal meghatározták egy-egy adott lakótérhalmazban a 200 Bq/m^3 értéket meghaladó lakóterek számarányát is. Ez a számarány mind a lakosság, mind a döntéshozók számára lényegesen informatívabb jellemzője egy adott lakótér-halmaznak, mint az átlag, a minimum vagy a maximum érték.

A RAD Labor kutatásai részben a GVOP-3.1.1. -2004-5-0384/3.0 projekt keretében az Európai Unió és a Magyar Köztársaság támogatásával valósulnak meg, irányító hatóság a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség.

10.1.1. táblázat. Néhány példa a házszerkezet és a radonszint összefüggésére

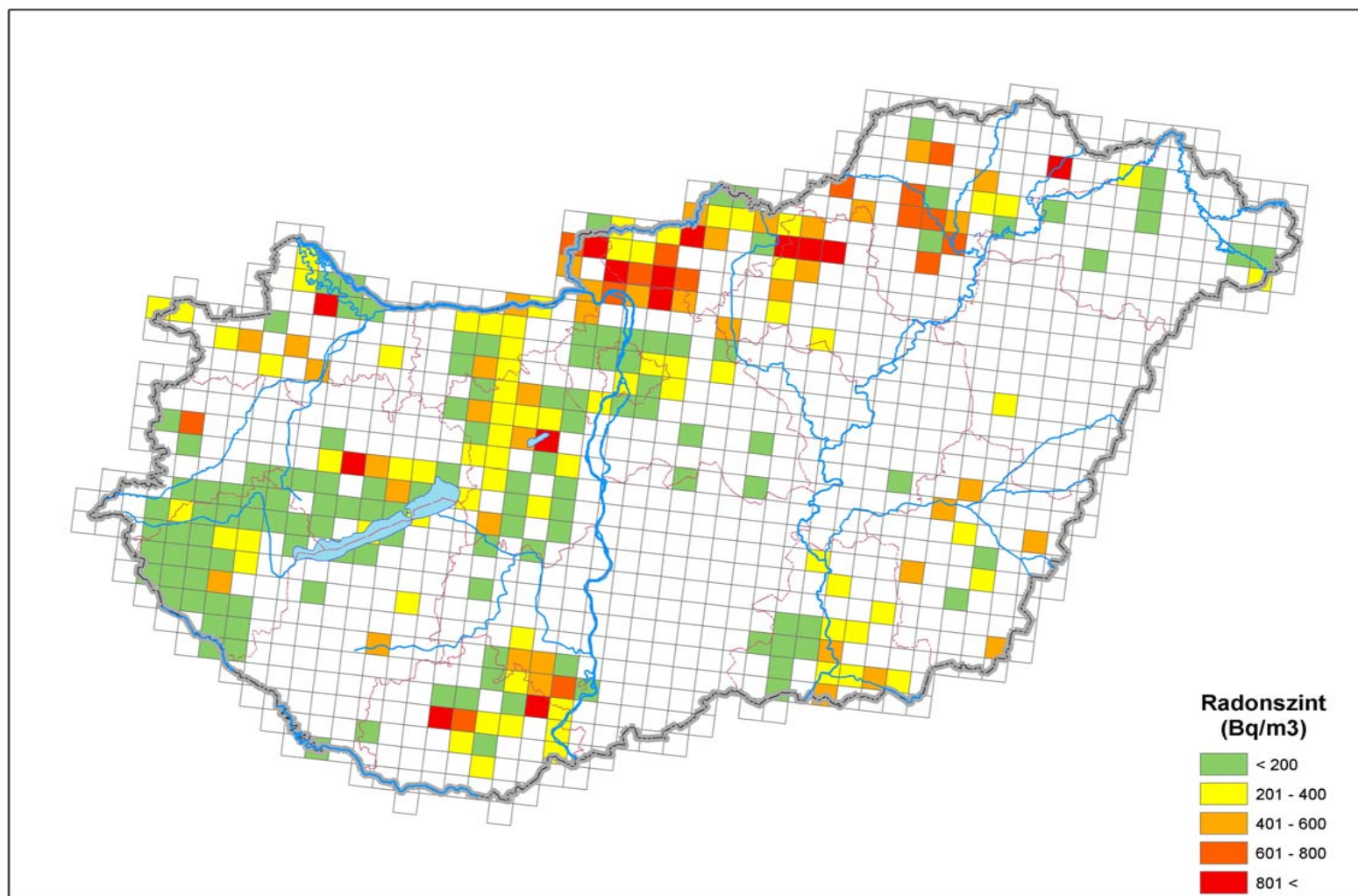
	átlag Bq/m ³	minimum Bq/m ³	maximum Bq/m ³	szórás Bq/m ³	N
Emeleti lakások szobái	59	12	491	47	665
Alápincézett, emeletes családi ház földszinti lakótere	67	15	494	49	705
Földszintes alápincézett ház	102	17	859	85	769
Földszintes téglafalú ház, nincs pince a szoba alatt	148	12	1841	118	3073
Földszintes vályogfalú ház, nincs pince a szoba alatt	207	13	1602	157	2310

Az alápincézetlen, földszintes házakban (összes mintaszám 6154) történt mérések eredményeinek megyei összesítését mutatja a 10.1.2. ábra. A 200 Bq/m³ radonszintet meghaladó lakások számarányát 3 megyében (VA, JA és HA) nem lehetett meghatározni, mert nem volt hozzá elegendő adat. Ugyancsak az alápincézetlen, földszintes házak radonszintjeit mutatja be a 10.1.3. ábra, ahol csak azon 10x10 km² négyzetek színezettek, amelyeken több, mint 10 mért ház van.

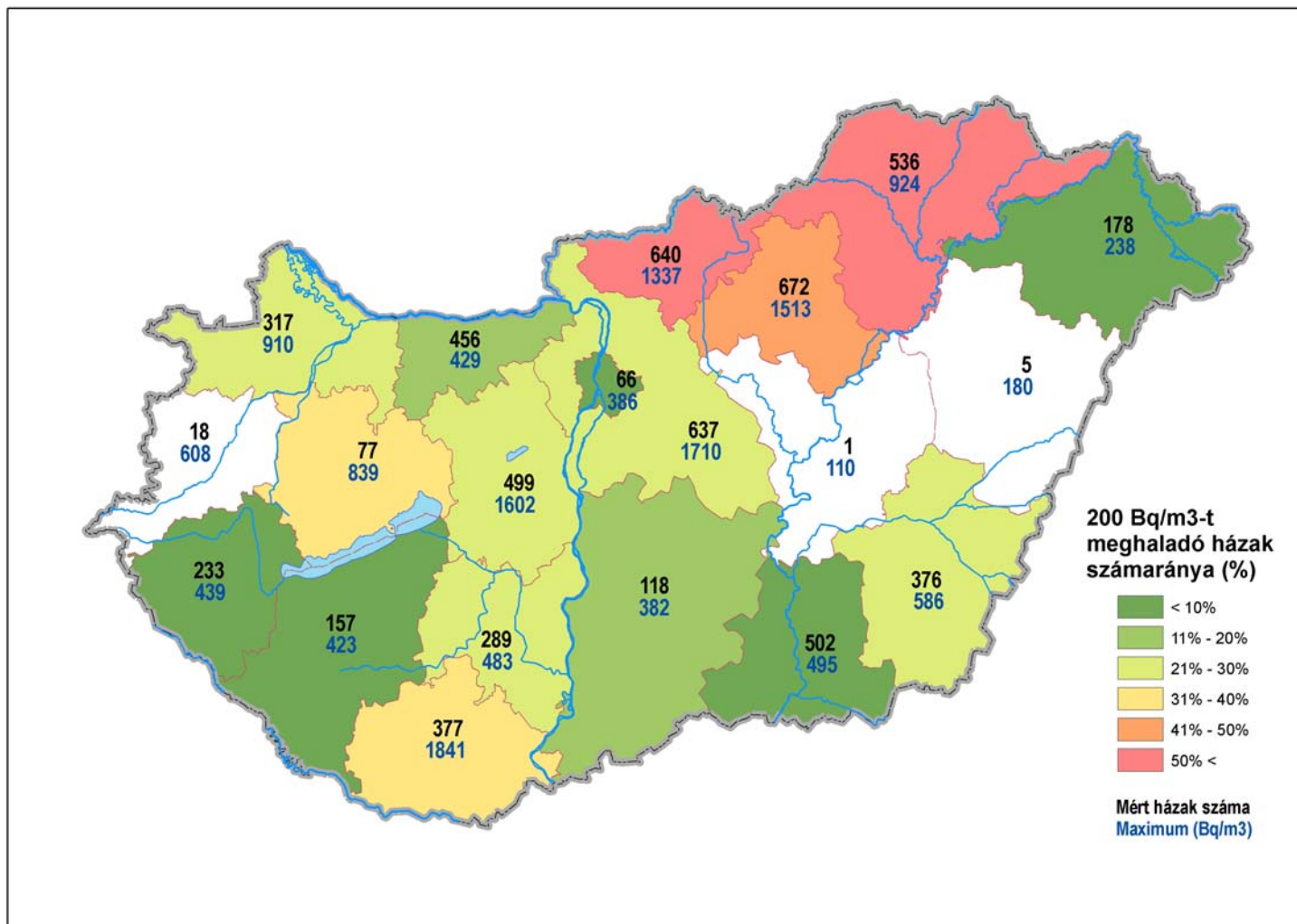
10.1.2. táblázat. Az 1994 és 2006 között mért 17224 lakótér radonszintje megyék szerinti bontásban

Megye	átlag Bq/m ³	minimum Bq/m ³	maximum Bq/m ³	szórás Bq/m ³	N
BK	139	24	382	68	135
BA	149	16	2469	156	1058
BE	132	18	586	85	748
BZ	162	12	924	126	1663
BP	53	9	386	40	388
CS	92	13	495	66	835
FE	141	14	5758*	135	1216
GY	110	17	910	84	738
HA	111	30	267	56	17
HE	181	17	2598*	182	2182
JA			110		1
KO	94	15	429	59	1176
NO	190	22	1337	148	2168
PE	131	12	1710	121	1735
SO	96	12	423	63	683
SZ	82	16	255	45	297
TO	144	10	698	91	1000
VA	119	22	608	101	69
VE	115	21	839	103	502
ZA	76	12	439	55	613

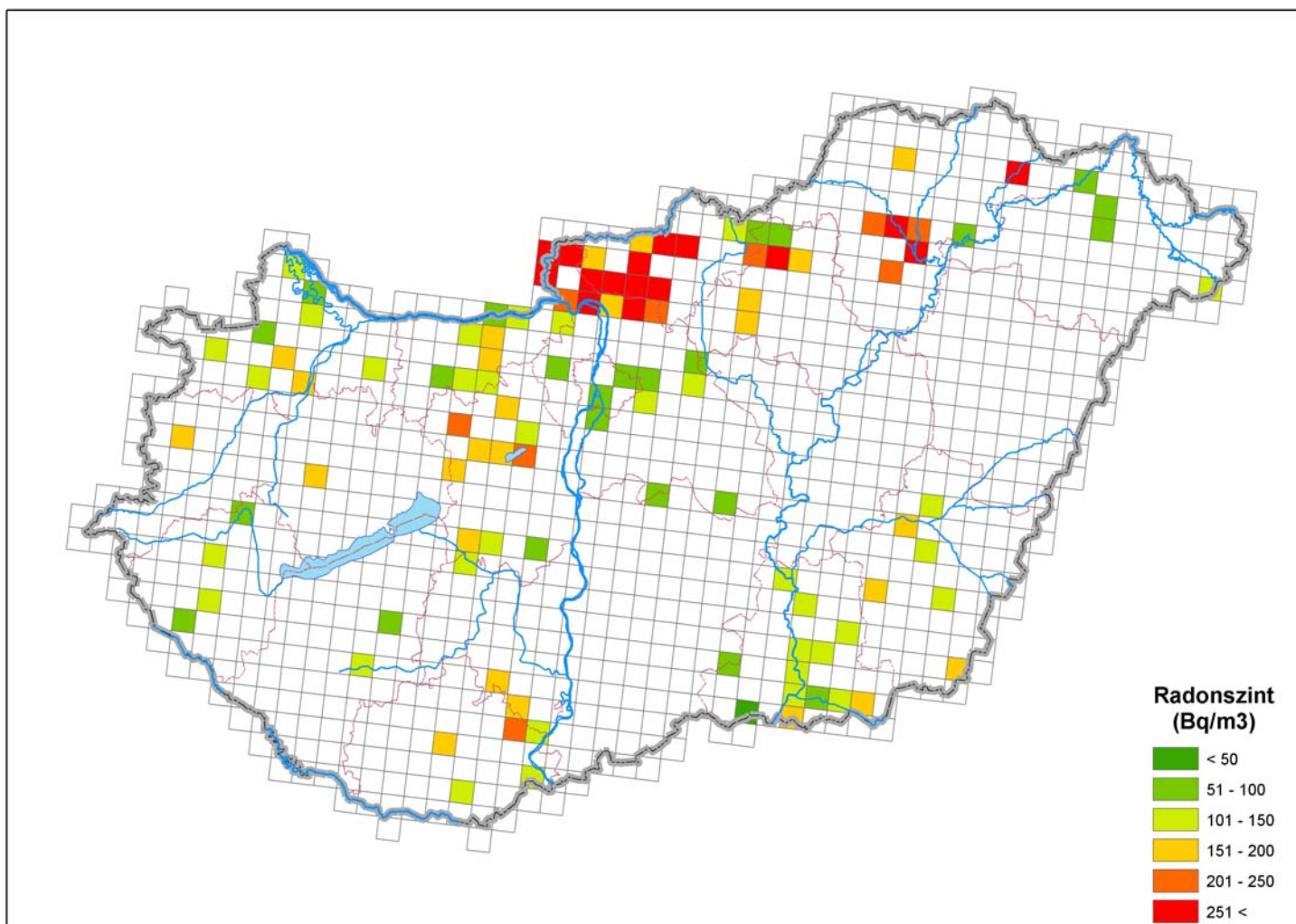
* a ház mentesítése 1995-ben megtörtént, ez után az ellenőrző mérésekben a radonszint < 400 Bq/m³



10.1.1. ábra. Magyarországi lakóterek radonszintje – a mért értékek maximuma



10.1.2. ábra. Radonszint földszintes házak alapincézetlen szobáiban. (Borsod-Abaúj-Zemplén, Csongrád és Pest megyék jelentős geológiai változatossága miatt a radonszintek e megyék területén jelentősen különbözőek)



10.1.3. Átlagos radonszint a földszintes házak alapincézetlen szobáiban. (Csak azokban a cellákban, ahol több mint 10 eredmény volt.)

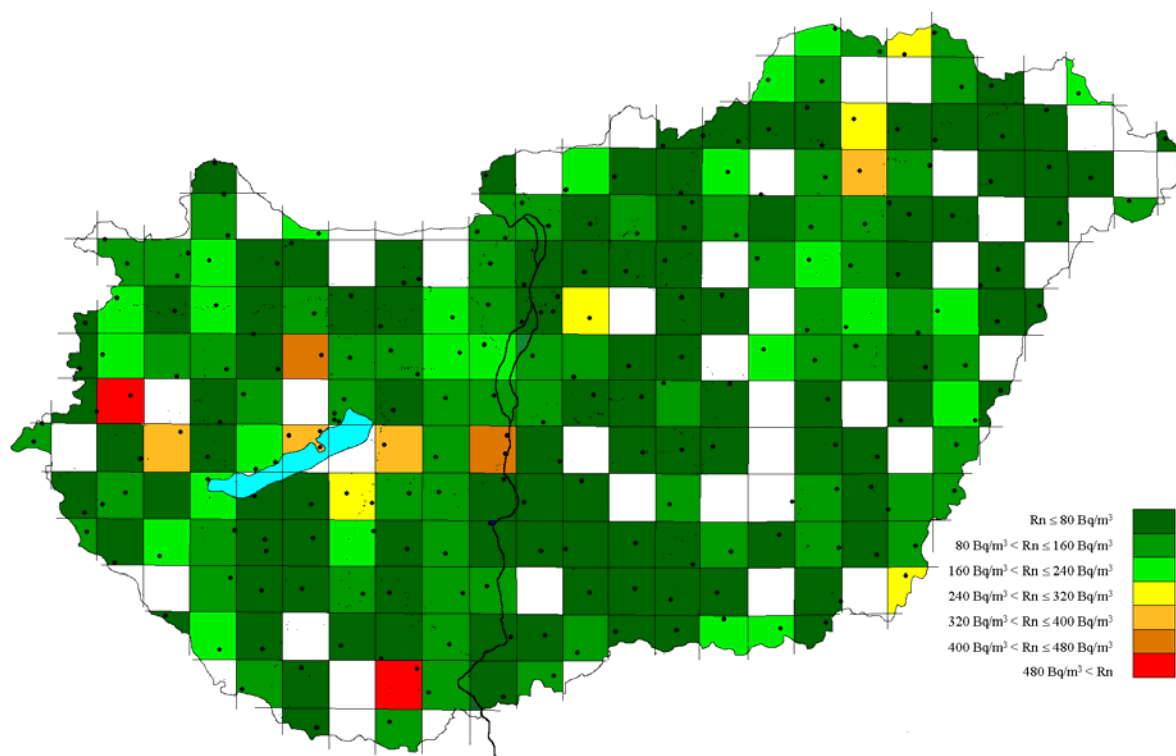
10.1.2. Az OSSKI országos felmérése

A Nemzeti Kutatási Fejlesztési Program keretében végzett felmérés során a lakások alkalmas alcsoportjában mért radonaktivitás-koncentrációk meghatározásán alapuló módszert alkalmazták. Az alkalmas alcsoport a földszintes, legalább a mért szoba alatt alapíncézetlen, téglafalú lakásokat, házakat jelenti.

Az országot 20×20 km²-es rácshálózattal fedték le. Az egyes cellákban kiválasztott helységek önkormányzataival, polgármesteri hivatalaival levélben, illetve faxon vették fel a kapcsolatot, kérve segítségüket a követelményeknek megfelelő lakás kiválasztásához és a tulajdonossal való kapcsolatfelvételhez.

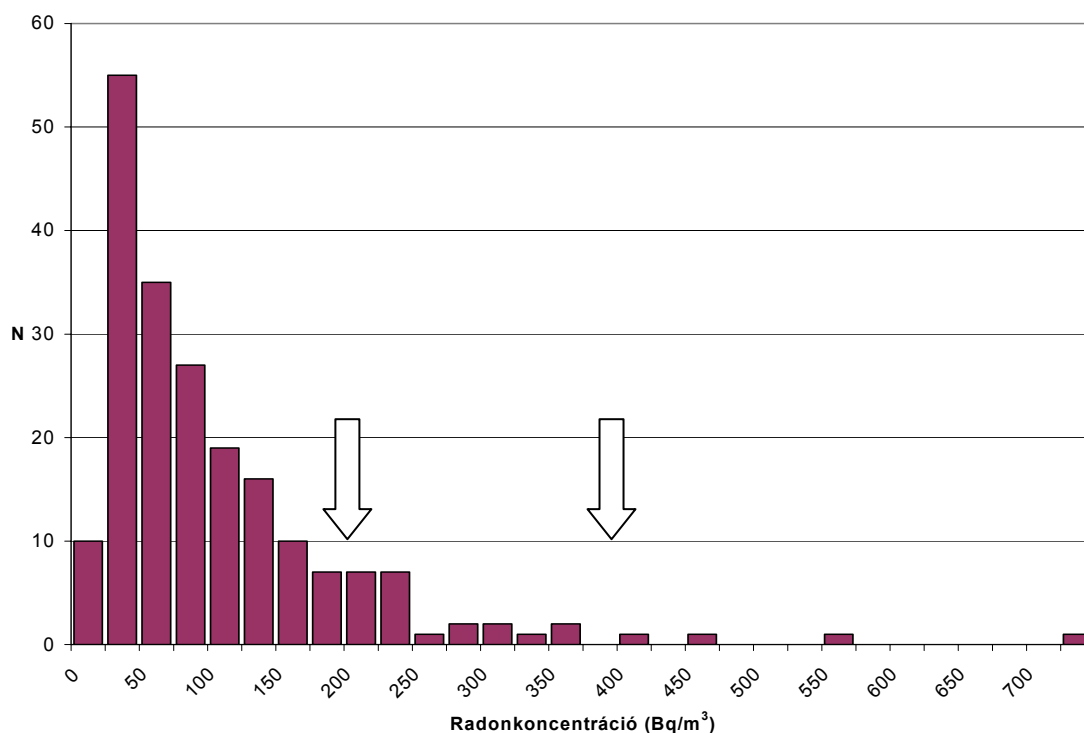
A radon és gammadózis-teljesítmény mérésére alkalmas passzív detektorokat (3 db nyomdetektor, TLD és elektret detektor) tartalmazó csomagot, egy tájékoztatót a mérőeszközök elhelyezéséről, valamint egy kérdőívet, amelyben a vizsgált helyiségről, az építőanyagról, a szellőztetésről, ill. a mérés időtartamáról kértünk információt, postai úton továbbították. A tervezett első mérési időszak féléves volt, azonban lehetőség szerint a méréseket több időszakban is igyekeztek elvégezni. Az itt közölt eredmények az adott időszakot vagy időszakokat jellemzik, nem a becsült éves átlagokat.

A tervezett 261 cella nem mindegyikében sikerült alkalmas helyszínt találni. (Ezek némelyikének nagy része az országhatáron kívülre esik, nem is tartalmaz hazai települést.) A bemutatott eredmények 205 cella mérési eredményét foglalják össze (10.1.4. ábra).



10.1.4. ábra. Az egyes cellákra kapott radonaktivitás-koncentrációk színkódos megjelenítése (a fekete pontok a mérési helyszíneket jelölik)

A mért radonaktivitás-koncentrációk gyakoriságeloszlását a 10.1.5. ábra mutatja be. Az ábrán nyilak jelölik a hazai rendelettervezet szerinti cselekvési szinteket (200 Bq/m³ új és 400 Bq/m³ meglévő lakásokra). A két szintet meghaladó lakások (cellák) aránya 13, illetve 2 % nagyságú. Első közelítésben tehát azt mondhatjuk, hogy olyan lakások esetében, amelyek megfelelnek a korábban ismertetett feltételeknek, és tervezésüknél, építésüknél semmilyen beavatkozás nem történik, az ország területének nyolcadán várható az új lakásokra tervezett cselekvési szintet meghaladó radonaktivitás-koncentráció kialakulása. (Ez a kijelentés természetesen a mérések számának növelésével finomítandó.)



10.1.5. ábra. A mért radonaktivitás-koncentrációk gyakoriságeloszlása

10.2. Építőanyagok aktivitáskoncentrációi (OSSKI)

A radontól származó belső, illetve a természetes külső sugárterhelés egyik forrását az építőanyagok jelentik. Bár járulékaik általában nem a legjelentősebb, felmérésük mégis indokolt, a szélsőségesen nagy aktivitáskoncentrációjú anyagok kizárása érdekében.

A tervezett hazai szabályozás az európai uniós ajánlással összhangban a ²³⁸U és ²³²Th bomlási sorok és a ⁴⁰K aktivitáskoncentrációit figyelembe vevő indexen alapul. (Megjegyezzük, hogy a tervezet külön szabályozná a radon kibocsátása szempontjából meghatározó ²²⁶Ra aktivitáskoncentrációját is.)

Mivel hazánkban a legelterjedtebb építőanyag a tégl, a 10.2.1. táblázatban különböző téglafajták természetes és mesterséges radioaktivitására az OSSKI által kapott eredmények szerepelnek. (A csernobili eredetű ¹³⁷Cs radionuklidot a teljesség kedvéért szerepeltetjük, aktivitáskoncentrációja kimutatási határ közeli vagy az alatti volt minden mintára.) Az eredményekből meghatározott indexek értéke egy esetben érte el az 1-et, átlagos értéke 0,6 volt.

10.2.1. táblázat. Különböző téglák természetes és mesterséges radioaktivitása (Bq/kg)

Megnevezés	Származási hely (cég, város)	Th-232 sor	Ra-226	U-238 sor	K-40	Cs-137
kisméretű tömör tégl		$39 \pm 0,4$	$46 \pm 3,2$	$42 \pm 1,1$	680 ± 14	$< 1,3$
10-es válaszfaltégla		$44 \pm 1,9$	$34 \pm 6,5$	$35 \pm 2,3$	690 ± 24	$< 3,24$
10-es válaszfaltégla	Wienerberger	$38 \pm 0,6$	$33 \pm 2,3$	$30 \pm 0,8$	670 ± 12	$< 0,971$
kisméretű tömör tégl		$42 \pm 1,2$	$41 \pm 4,5$	$43 \pm 1,5$	470 ± 15	$< 2,07$
Ytong válaszfal	Halmajugra	$10,2 \pm 0,9$	$9,5 \pm 3,6$	$7,8 \pm 1,3$	170 ± 10	$0,9 \pm 0,1$
30-as porotherm tégl		$41 \pm 0,8$	$42 \pm 2,9$	$40 \pm 1,1$	740 ± 14	$0,8 \pm 0,1$
10-es válaszfaltégla		$40 \pm 1,4$	$46 \pm 5,5$	$39 \pm 1,9$	650 ± 19	$0,7 \pm 0,2$
10-es válaszfaltégla		$44 \pm 0,9$	$38 \pm 3,4$	$37 \pm 1,3$	680 ± 15	$0,5 \pm 0,2$
kisméretű mész-homok tégl		$8,6 \pm 0,5$	$13,6 \pm 2,0$	$10,4 \pm 0,7$	$260 \pm 7,4$	$10,8 \pm 0,2$
kisméretű tömör tégl		$53 \pm 0,8$	$61 \pm 3,0$	$54 \pm 1,0$	730 ± 13	$0,7 \pm 0,1$
6/40-es válaszfaltégla	Fertőszéplaki Téglagyár	$51 \pm 0,9$	$38 \pm 3,4$	$37 \pm 1,2$	920 ± 17	$1,2 \pm 0,2$
10/40-es válaszfaltégla	Fertőszéplaki Téglagyár	$53 \pm 0,8$	$39 \pm 3,1$	$38 \pm 1,0$	900 ± 16	$1,0 \pm 0,1$
B30-as falazóblokk	Fertőszéplaki Téglagyár	$52 \pm 0,9$	$40 \pm 3,6$	$39 \pm 1,2$	920 ± 17	$0,8 \pm 0,1$
kisméretű tömör tégl	Fertőszéplaki Téglagyár	$48 \pm 0,8$	$42 \pm 3,3$	$38 \pm 1,1$	880 ± 16	$< 1,3$
kisméretű tömör tégl	Ritter és Plézer Téglagyártó és Forgalmazó Kft. Paksi Téglagyár	$41 \pm 0,6$	$39 \pm 2,4$	$35 \pm 0,8$	$470 \pm 9,5$	$0,6 \pm 0,1$
B30-as falazóblokk	Nagykanizsa I. Téglagyár Burkoló- és Falazóanyag-gyártó Kft.	$47 \pm 0,7$	$41 \pm 2,7$	$40 \pm 2,1$	620 ± 12	$< 1,1$
HB-38-as falazóblokk	Nagykanizsa I. Téglagyár Burkoló- és Falazóanyag-gyártó Kft.	$49 \pm 1,0$	$45 \pm 3,6$	$42 \pm 1,3$	610 ± 15	$< 1,7$
tömör tégl fűrészpor adalékkal	Nagykanizsa I. Téglagyár Burkoló- és Falazóanyag-gyártó Kft.	$48 \pm 0,7$	$42 \pm 2,7$	$41 \pm 0,9$	630 ± 12	$< 1,1$
burkolótégla	Nagykanizsa I. Téglagyár Burkoló- és Falazóanyag-gyártó Kft.	$48 \pm 0,7$	$40 \pm 2,5$	$41 \pm 0,9$	630 ± 12	$0,6 \pm 0,1$
vázkerámiai földem béléstest 60/19	Törökbálint	$50 \pm 0,8$	$51 \pm 3,1$	$49 \pm 1,1$	810 ± 15	$0,4 \pm 0,1$
FÜB válaszfaltégla	Törökbálint	$49 \pm 0,8$	$43 \pm 3,0$	$44 \pm 1,1$	850 ± 15	$0,8 \pm 0,1$
válaszfaltégla 10/40	Mohács	$46 \pm 1,2$	$55 \pm 4,7$	$48 \pm 1,6$	760 ± 18	$< 2,0$
blokktegla	Mohács	$50 \pm 0,9$	$74 \pm 3,8$	$69 \pm 1,3$	840 ± 16	$0,7 \pm 0,2$
kettősméretű soklyukú tégl	Mohács	$48 \pm 0,8$	$56 \pm 3,2$	$55 \pm 1,1$	800 ± 15	$< 1,3$

kettősméretű soklyukú tégl	Pilisborosjenő	38 ± 0,7	41 ± 2,8	35 ± 1,0	700 ± 13	± 0,0
egyszeres méretű kevéslyukú tégl	Pilisborosjenő	38 ± 0,7	37 ± 2,8	33 ± 1,0	730 ± 13	< 1,1
kettősméretű soklyukú tégl	Tapolcafő	41 ± 0,8	36 ± 3,0	37 ± 1,0	720 ± 14	< 1,2
Budatherm 30	Törökbálint	48 ± 0,8	52 ± 3,2	47 ± 1,1	850 ± 15	< 1,3
Budatherm 38	Törökbálint	48 ± 0,7	46 ± 2,8	45 ± 1,0	890 ± 15	0,4 ± 0,1
Porotherm 30	Solymár II.	39 ± 0,7	47 ± 2,7	44 ± 1,0	720 ± 13	< 1,0
Porotherm 38	Solymár II.	41 ± 0,7	50 ± 2,7	45 ± 1,0	740 ± 13	0,4 ± 0,1
Porotherm 10/40 válaszfal tégl	Solymár II.	41 ± 0,7	41 ± 2,7	38 ± 0,9	710 ± 13	< 1,0
Körös 38 válaszfaltégl 10/40	Békéscsaba	43 ± 0,8	41 ± 3,0	39 ± 1,0	750 ± 14	0,4 ± 0,1
Uniform tégl 11/14	Kisújszállás	48 ± 0,8	39 ± 2,8	41 ± 1,0	740 ± 14	< 1,1
tégl-falazóelem	Székesfehérvár	42 ± 0,8	47 ± 3,0	42 ± 1,0	640 ± 13	0,9 ± 0,1
kisméretű tömör tégl	Hajdúszoboszló	45 ± 0,8	47 ± 3,0	43 ± 1,0	570 ± 12	0,6 ± 0,1
Pápateszér	Pápateszér	49 ± 1,0	75 ± 3,9	64 ± 1,4	800 ± 16	< 1,1
6-os válaszfal	Pápateszér	52 ± 0,8	67 ± 3,0	61 ± 1,1	840 ± 15	< 1,2
10-es válaszfal	Pápateszér	48 ± 0,8	67 ± 3,2	58 ± 1,1	820 ± 15	0,7 ± 0,1
B-30-as tégl	Szentes	43 ± 0,7	36 ± 2,6	36 ± 0,9	710 ± 13	< 1,0
Körös 10 válaszfalelem	Békéscsaba	45 ± 0,9	40 ± 3,8	38 ± 1,3	740 ± 14	< 1,4
Körös 30 falazóblokk	Békéscsaba	46 ± 0,8	43 ± 3,2	39 ± 1,1	750 ± 13	< 1,1
Körös 38 falazóblokk	Békéscsaba	44 ± 0,7	43 ± 2,9	38 ± 1,0	720 ± 13	1
Körös 45 falazóblokk	Békéscsaba	44 ± 0,7	45 ± 3,0	39 ± 1,0	710 ± 13	1
FB 60/19 földémbéléstest	Békéscsaba	46 ± 0,8	41 ± 3,0	38 ± 1,0	730 ± 13	1,1
Ytong falazóelem		8,1 ± 1,1	21 ± 7,7	10,2 ± 1,0	180 ± 24	< 1,7
Wienerberger 1.	Wienerberger	34 ± 0,8	34 ± 4,8	30 ± 0,8	610 ± 23	< 1,1
Wienerberger 2.	Wienerberger	84 ± 1,2	58 ± 6,2	72 ± 1,1	1730 ± 50	< 1,6
Wienerberger 3.	Wienerberger	42 ± 1,0	43 ± 5,4	37 ± 0,9	730 ± 27	< 1,2
Wienerberger 4.	Wienerberger	38 ± 0,8	37 ± 4,5	35 ± 0,7	470 ± 19	< 1,0
Wienerberger 5.	Wienerberger	36 ± 0,8	38 ± 4,5	36 ± 0,8	720 ± 25	< 1,1
Wienerberger 6.	Wienerberger	13,1 ± 0,6	28 ± 3,9	22 ± 0,6	250 ± 14	< 0,9
Wienerberger 7.	Wienerberger	36 ± 0,8		30 ± 0,7	650 ± 23	< 1,1
Porotherm 30N+F kisbéri erőműi salakadalékos tégl	Wienerberger	44 ± 1,0	53 ± 5,4	44 ± 0,9	690 ± 25	< 1,2
Ytong falazóelem		6,5 ± 1,4	17,1 ± 7,6	8,1 ± 1,1	130 ± 24	< 1,7

10.3. Az emberi szervezet ⁴⁰K aktivitására kapott eredmények

A kozmogén radionuklidok és a talaj természetes radioizotópjai a levegőben és a tápláléklánc egyes elemeiben is megtalálhatók. Ily módon beléggzéssel és lenyeléssel szervezetünkbe is bejutnak, majd belső sugárterhelést okoznak. Az emberi testben legnagyobb mennyiségben, csökkenő sorrendben a földkérgi eredetű ⁸⁷Rb, ⁴⁰K, majd a kozmogén ¹⁴C és ³H természetes radioizotópok találhatók. Szervezetünkben kereken minden kétmilliomodik atom radioaktív, átlagos összes aktivitásuk 7000 Bq körüli. A belső sugárterhelés mintegy kétharmada a ⁴⁰K radioizotóptól származik, míg a legnagyobb számban jelenlévő ⁸⁷Rb által okozott sugárterhelés csak százalékos nagyságú.

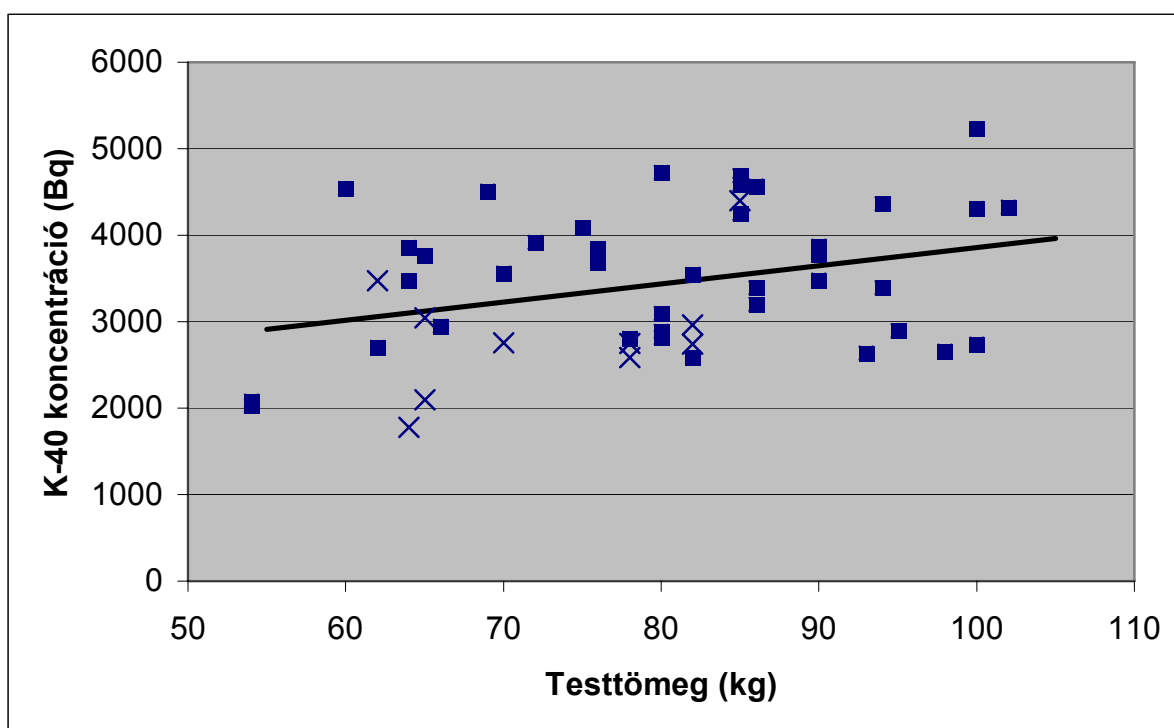
Az OSSKI ún. egésztest számlálójával az emberi szervezetben (felnőtt nők és férfiak) mért ^{40}K aktivitáskoncentrációkat a 10.3.1. táblázatban mutatjuk be.

10.3.1. táblázat. Egésztest mérések ^{40}K eredményei

Megye/ország	Nem	Életkor (év)	Testtömeg (kg)	K-40 aktivitás és hiba (Bq)	
BP	nő	32	78	2750	940
NO	férfi	28	78	2800	520
NO	férfi	29	82	3550	590
NO	férfi	30	85	4590	1320
NO	férfi	31	69	4510	1330
NO	férfi	40	66	2950	490
NO	férfi	41	60	4540	1260
NO	férfi	45	86	3200	840
NO	férfi	46	86	3400	760
NO	férfi	47	94	4370	1380
NO	férfi	47	102	4320	1350
NO	férfi	49	100	2740	590
NO	férfi	49	95	2890	530
NO	férfi	49	75	4090	1270
NO	férfi	50	65	3770	590
NO	férfi	50	100	4310	690
NO	férfi	50	93	2630	540
NO	férfi	51	82	2580	520
NO	férfi	51	72	3920	590
NO	férfi	51	100	5230	1500
NO	férfi	52	86	4570	690
NO	férfi	52	80	2810	590
NO	férfi	52	70	3560	1210
NO	férfi	53	94	3400	540
NO	férfi	53	85	4250	1280
NO	férfi	54	76	3690	590
NO	férfi	54	98	2660	510
NO	férfi	54	80	4720	590
NO	férfi	54	82	2580	590
NO	férfi	54	54	2080	430
NO	férfi	54	90	3870	1240
NO	férfi	55	64	3470	670
NO	férfi	55	76	3850	670
NO	férfi	55	85	4690	690
NO	férfi	55	80	2890	590
NO	férfi	55	54	2030	370
NO	férfi	56	62	2710	610
NO	férfi	56	90	3780	1200
NO	férfi	56	80	3100	1200
NO	férfi	57	64	3860	1200
NO	nő	31	62	3470	1130

NO	nő	40	78	2580	520
NO	nő	42	85	4400	1280
NO	nő	49	70	2750	1050
NO	nő	51	82	2960	520
NO	nő	52	82	2740	1060
NO	nő	55	64	1780	370
NO	nő	56	65	2090	490
NO	nő	57	65	3050	1030
Szerbia	férfi	57	90	3480	380
Átlag	férfi			3560	800
Átlag	nő			2860	720

Irodalmi adatok szerint az emberi szervezet ^{40}K tartalma jól szabályozott módon közel állandó, és korrelál a testtömeggel (pontosabban az izomszövetek mennyiségével). A ^{40}K aktivitáskonzentrációit a testtömeg függvényében ábrázolva látható, hogy a tapasztalt korreláció nem mondható erősnek (10.3.1. ábra). Ennek legvalószínűbb okai a kis mintaszám és az a tény, hogy az eredmények döntő része egy viszonylag szűk testtömeg-tartományba esett (60-100 kg). Ugyanakkor a két nem közötti különbség határozottabban látható mind a 10.3.1. táblázat átlagaiból, mind a 10.3.1. ábrából.



10.3.1. Az emberi szervezetben mért ^{40}K -koncentráció és a testtömeg kapcsolata (X-nők, ■-férfiak)

Irodalom

[1] A Paksi Atomerőmű Sugárvédelmi Osztálya 2006. évi jelentése (Szerk.: Bujtás Tibor, PA Zrt., Paks, 2007. március)

[2] Kerekes Andor, Bokori Edit, Guczi Judit és mtársai: Környezeti sugáregészségügyi mérési eredmények 2006-ban (Egészségtudomány, megjelenés alatt)

[3] HAKSER 2006 – A Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer 2006. évi jelentése (Szerk.: Kerekes Andor, OSSKI, Budapest, megjelenés alatt)

[4] FVM REH – éves jelentések