



OKSER 2011

AZ ORSZÁGOS KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI ELLENŐRZŐ RENDSZER (OKSER) 2011. ÉVI JELENTÉSE

Budapest, 2013. június

Tartalomjegyzék

Előszó.....	4
Bevezetés	8
Következtetések	10
Conclusion	10
1. Külső gamma-dózisteljesítmény	11
1.1. Országos adatok	12
1.1.1. A Radiológiai Távmérő hálózat adatai (BM OKF, MH, OMSZ, RHK Kft. - Bátaapáti).....	12
1.1.2. Az ERMAH mérési adatai.....	17
1.1.3. Egyetemek mérési eredményei.....	17
1.2. Létesítményi mérési adatok.....	19
1.2.1. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrzési adatai.....	19
1.2.1.1. A Paksi Atomerőmű mérési adatai.....	19
1.2.2. A KFKI telephelyén mért gammadózis-teljesítmények	20
1.2.3. A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért dózisteljesítmények (OSSKI).....	21
1.3. Az OSSKI telephelyén végzett mérések	22
2. Levegőszűrők (aeroszol).....	23
2.1. Az országos ellenőrzési eredmények	23
2.2. Létesítmények környezetében mért aeroszol-koncentrációk.....	25
2.2.1. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének mérési eredményei	25
Paks, kérjük javítani a fenti táblát és szöveget! Egyébként az OKSER adatbázisban az aeroszoloznál az	
alábbiak szerepelnek:	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyének adatai	25
2.2.3. A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk	27
3. Kihullás (fall-out).....	28
3.1. Országos adatok	28
3.2. Létesítmények környezetében mért kihullások	30
3.2.1. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének mérési eredményei	30
3.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyén mért eredmények.....	30
3.2.2. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fallout minták mérési eredményei (OSSKI)	32
4. Talaj	32
4.1. Országos adatok	33
4.2. Létesítmények környezetében mért adatok	36
4.2.1. A püspökszilágyi RHFT telephelyi mérési eredményei	36
4.2.2. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett talajminták mérési eredményei (OSSKI).....	37
5. Növényzet	37
5.1. Takarmány	37
5.1.1. Országos adatok	37
5.1.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyén mért adatok.....	42
5.1.3. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fűminták mérési eredményei (OSSKI).....	42
5.2. Növényi eredetű, nyers élelmiszer	43
5.2.1. Országos adatok	43
5.2.2. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett zöldség- és gyümölcsminták mérési	
eredményei (OSSKI).....	47
5.3. Feldolgozott, növényi eredetű élelmiszer.....	48
5.3.1. Országos adatok	48
6. Állati eredetű élelmiszerek.....	52
6.1. Tej, tejtermék	52
6.1.1. Országos adatok	52
6.2. Hús és hústermékek aktivitáskoncentrációi	55
6.2.1. Országos adatok	55
6.2.2. A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei	58
7. Felszíni vizek	60
7.1. Országos adatok	60
7.2. Létesítmények környezetének felszíni vizeiben mért aktivitáskoncentrációk.....	63
7.2.1. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrzési adatai.....	63
7.2.1.1. A Paksi Atomerőmű mérési adatai	63
7.2.1.2. Az OSSKI mérési adatai	64

7.2.2. Az RHFT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményei	64
7.2.3. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett folyóvíz- és iszapminták mérési eredményei (OSSKI)	65
8. Ivóvíz	66
8.1. Vezetékes ivóvíz országos adatok	66
8.2. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett ivóvízminták mérési eredményei (OSSKI)	69
8.3. Ásványvizek	70
9. Vegyes élelmiszer	71
9.1. Országos adatok	71
10. Rendkívüli kibocsátásokkal kapcsolatos hazai mérési eredmények	72
10.1. Az OSSKI és az ERMAH laboratóriumok mérési eredményei a fukusimai baleset után	72
10.2. A 2011. év folyamán az ERMAH laboratóriumokban mért radiojód eredmények	75
Irodalom	77

Előszó

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

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

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

Budapest, 2013. június

Dr. Koblinger László
az OKSER Szakbizottság elnöke

Az OKSER tagjai (a Rendelet 1. sz. melléklete alapján):

1. Önkormányzati és Területfejlesztési Minisztérium,
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. Miniszterelnöki Hivatal Nemzetbiztonsági Iroda,
9. Magyar Tudományos Akadémia,
10. Országos Atomenergia Hivatal,
11. Paksi Atomerőmű Részvénytársaság,
12. Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Társaság.

Az OKSER Szakbizottság tagjai (2012.december):

Barnabás István (Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft)
Dr. Bujtás Tibor (Paksi Atomerőmű Zrt.)
Dr. Dobi Bálint (Vidékfejlesztési Minisztérium - Környezetvédelmi és Vízügyi Ágazat)
Fülöp Nándor (OSSKI, titkár)
Dr. Koblinger László (az Országos Atomenergia Hivatal képviselőjében, az OKSER Szakbizottság elnöke)
Dr. Lévai Zoltán (Gazdasági Minisztérium)
Dr. Pellet Sándor (Nemzeti Erőforrás Minisztérium - Egészségügyi Ágazat)
Dr. Zagytai Péter (Magyar Tudományos Akadémia - Atomenergia Kutatóintézet)
Huszka Ádám (Nemzeti Erőforrás Minisztérium - Oktatási Ágazat)
Szeitz Anita (Belügyminisztérium, Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság - BM OKF)
Dr. Tarján Sándor (Vidékfejlesztési Minisztérium - Földművelésügyi Ágazat)
Micskey Gusztáv (Magyar Honvédség)

A Szakbizottság ülésein állandó meghívott Szarka Zsolt t. alezredes (BM OKF).

Az OKSER adatszolgáltató ágazatok rövidítése:

EüÁ - egészségügyi ágazat
FmÁ - földművelésügyi ágazat
KvVÁ - környezetvédelmi és vízügyi ágazat
OÁ - oktatási ágazat

A 2011. évi jelentésben szereplő mérési adatokat szolgáltató szervezetekben a mérésekben és adatküldésben részt vett intézmények és szakemberek (a Földművelésügyi Ágazat nem nevezte meg a résztvevő szakembereket):

NEMZETI ERŐFORRÁS MINISZTERIUM - EGÉSZSÉGÜGYI ÁGAZAT (OSSKI és ERMAH LABORATÓRIUMOK)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Glavatszkih Nándor

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Bertalan Csaba, Dr. Déri Zsolt, Dr. Henye Irén, Homoki Zsolt, Horváth Nikoletta, Jobbágy Benedek, Kelemen Mária, Kovács Árpád, Kövendiné Kónyi Júlia, Dr. Legoza József, Madarász István, Dr. Nagy Zsuzsanna, Dr. Polgár Attila, Ormosiné Laca Éva, Szabó Gyula, Dr. Szarkáné Németh Ágnes, Ugron Ágota

VIDÉKFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM - FÖLDMŰVELÉSÜGYI ÁGAZAT

Bács-Kiskun Megyei MgSzH, Regionális Élelmiszerlánc-vizsgáló Komplex Laboratórium

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

Fejér Megyei MgSzH, Regionális Élelmiszerlánc-vizsgáló Komplex Laboratórium

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

Somogy Megyei MgSzH, Regionális Élelmiszerlánc-vizsgáló Komplex Laboratórium

Tolna Megyei MgSzH, Regionális Élelmiszerlánc Radiokémiai Laboratórium

Vas Megyei MgSzH, Regionális Élelmiszerlánc Radiokémiai Laboratórium

Veszprém Megyei MgSzH, Regionális Élelmiszerlánc-vizsgáló Kémiai Laboratórium

MgSzH Központ Élelmiszer- és Takarmánybiztonsági Igazgatóság, Radioanalitikai Referencia Laboratórium

HONVÉDELMI MINISZTERIUM (MAGYAR HONVÉDSÉG)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Zelenák János

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Micskey Gusztáv

VIDÉKFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM - KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS VÍZÜGYI ÁGAZAT

Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőségek:

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Vancsura Péter

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

Országos Meteorológiai Szolgálat:

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Dr. Nagy József

A mérésekben és adatküldésben részt vett: Dr. Sándor Valéria

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA (KFKI ATOMENERGIA KUTATÓ INTÉZET)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Dr. Zagytai Péter

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Csada Gabriella, Földi Anikó, Tósaki László

NEMZETI ERŐFORRÁS MINISZTERIUM - OKTATÁSI ÁGAZAT

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Huszka Ádám

A mérésekben és adatküldésben részt vettek:

Egyetemek: Abermann Dániel Leó, Dr. Antal Gergely, Bálintné Dr. Kristóf Krisztina, Dr. Dezső Zoltán, Dr. Dimény Judit, Dr. Divós Ferenc, Dr. Erdőhelyi András, Dr. Kári Béla, Dr. Kóbor József, Dr. Séra Emese Teréz, Dr. Somlai János, Dr. Süvegh Károly, Szabó Bálint, Huszka Ádám

BELÜGYMINISZTERIUM (ORSZÁGOS KATASZTRÓFAVÉDELMI FŐIGAZGATÓSÁG)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Szeitz Anita

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

PAKSI ATOMERŐMŰ (PA ZRT.)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Ranga Tibor

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

RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KÖZHASZNÚ NONPROFIT KFT (PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Kapitány Sándor

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

Bevezetés

Az OKSER 2011. évi jelentése az Információs Központ adatbázisába beküldött eredményeken alapul. Egy összefoglaló, éves jelentésben természetesen nem lehet minden egyes adatot szerepeltetni (a 2011. évre vonatkozó mérési eredményeket közel 72000 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. Ezekben 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. Megjegyzendő, hogy a környezeti gamma-dózisteljesítmény adatokat egyes laboratóriumok Gy, más laboratóriumok Sv egységben közlik.
- 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 kimutatási határ feletti és alatti eredmények megfelelő statisztikai kezelésére a táblázatos összefoglalásokban a következő módszert alkalmaztuk:
 - átlagot és szórást csak abban az esetben képeztünk, ha a kimutatási határ feletti eredmények száma legalább tíz volt (ekkor a kimutatási határ alatti eredményeket a kimutatási határ értékével vettük figyelembe); azonban az országos táblázatokban az országos összesítéseknél (a táblázatok alsó soraiban) sehol sem adtuk meg a szórást, csak a megyei eredményeknél - a fentieknek megfelelően.
 - csak a minimum és maximum értékeket adtuk meg, ha a kimutatási határ feletti eredmények száma 2 és 10 közötti volt;
 - csak a maximum értéket szerepeltettük – megállapodás szerint –, ha csupán 1 kimutatási határ feletti eredmény volt;
 - végül nem közöltünk eredményt, ha minden adat kimutatási határ alatti volt;

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

1. táblázat. A megyék kódjai

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

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

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

Budapest, 2013. június

Fülöp Nándor
az OKSER Információs Központ vezetője

Következtetések

Hangsúlyozni kell, hogy míg az Európai Unió rendelete szerint {Council Regulation (EEC) No 737/90 of 22 March 1990 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power-station} az élelmiszerekben a ^{134}Cs és ^{137}Cs radionuklidok megengedhető együttes legnagyobb szintje 600 Bq/kg (tejben, tejtermékekben és csecsemőélelmiszerben 370 Bq/kg), addig a hazai, feldolgozott élelmiszerekben a 2011-ben mért legnagyobb értékek 10 Bq/kg alatt maradtak.

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

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

Conclusion

It should be emphasized that the activity concentration of radiocaesium concentrations remained below 10 Bq/kg in the Hungarian processed foodstuffs in 2011. 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 annual dose of the Hungarian population due to artificial radiation sources – excluding the exposure due to the medical applications – was about 3-6 μSv in the last years, while the natural radiation burden is higher by nearly 3 orders of magnitude.

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

1. Külső gamma-dózisteljesítmény

Az Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer (OSJER) részeként működő Radiológiai Távmérő Hálózatának (TMH) négy üzemeltető ágazatához 2010-ben 2 új ágazat csatlakozott. OSJER TMH ágazatai és az általuk üzemeltetett mérőállomások:

- Belügyminisztérium, Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (BM OKF) – 26 állomás
- Magyar Honvédség (MH); – 40 állomás
- Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ); – 29 állomás
- Paksi Atomerőmű Zrt (PA Zrt); – 20 állomás
- Nemzeti Erőforrás Minisztérium (NEFMI – oktatási ágazat); – 13 állomás
- Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (RHK Kft.) –Bátaapáti telephely

A mérőállomásáról származó gamma-dózisteljesítmény adatok az egyes ágazati információs központokon keresztül a BM OKF Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központba érkeznek, ahonnan a megfelelő feldolgozás után rendszeres időközönként átadásra kerülnek az OKSER adatbázisa számára, valamint a sugárzási adatok felhasználásával készített országos sugárzási helyzetjelentés havi rendszerességgel megküldésre kerül az ONER ágazatok vezetői számára.

Alaphelyzetben a BM OKF, a NEFMI, a PA Zrt. és az RHK Kft. 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 kerülnek át az OKSER adatbázisba. A rendszerben a riasztási szint minden mérőállomáson egységesen 500 nSv/óra. A BM OKF alkalmaz egy figyelmeztetési szintet is, aminek a túllépése esetén a változást ki kell vizsgálni. A figyelmeztetési szint értéke 250 nSv/h. 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.

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

A külső gammadózis-teljesítmény mérése az elmúlt években az OSSKI által működtetett országos, illetve a Paksi Atomerőmű környezetében működtetett környezeti TLD-hálózattal is történt, azonban 2011. évre a kiértékelő műszer meghibásodása miatt adatközlésre nem került sor.

Az Oktatási Ágazathoz tartozó egyetemeken elhelyezett, 13 mérőszonda dózisteljesítmény adatait az OÁ-OSJER központja (BME-NTI) gyűjti és értékeli, ezek eredményeit is a megfelelő alfejezet tartalmazza.

1.1. Országos adatok

1.1.1. A Radiológiai Távmérő hálózat adatai (BM OKF, MH, OMSZ, RHK Kft. - Bátaapáti)

A mérőállomások országos területi elhelyezkedését az 1.1.1. ábra szemlélteti. Látható, hogy a területi eloszlás nem egyenletes, pl. Budapest és a Paksi Atomerőmű térségében az állomások sűrűsége nagyobb. Egyes térségekben azonban megyénként csak 1-2 állomás található.

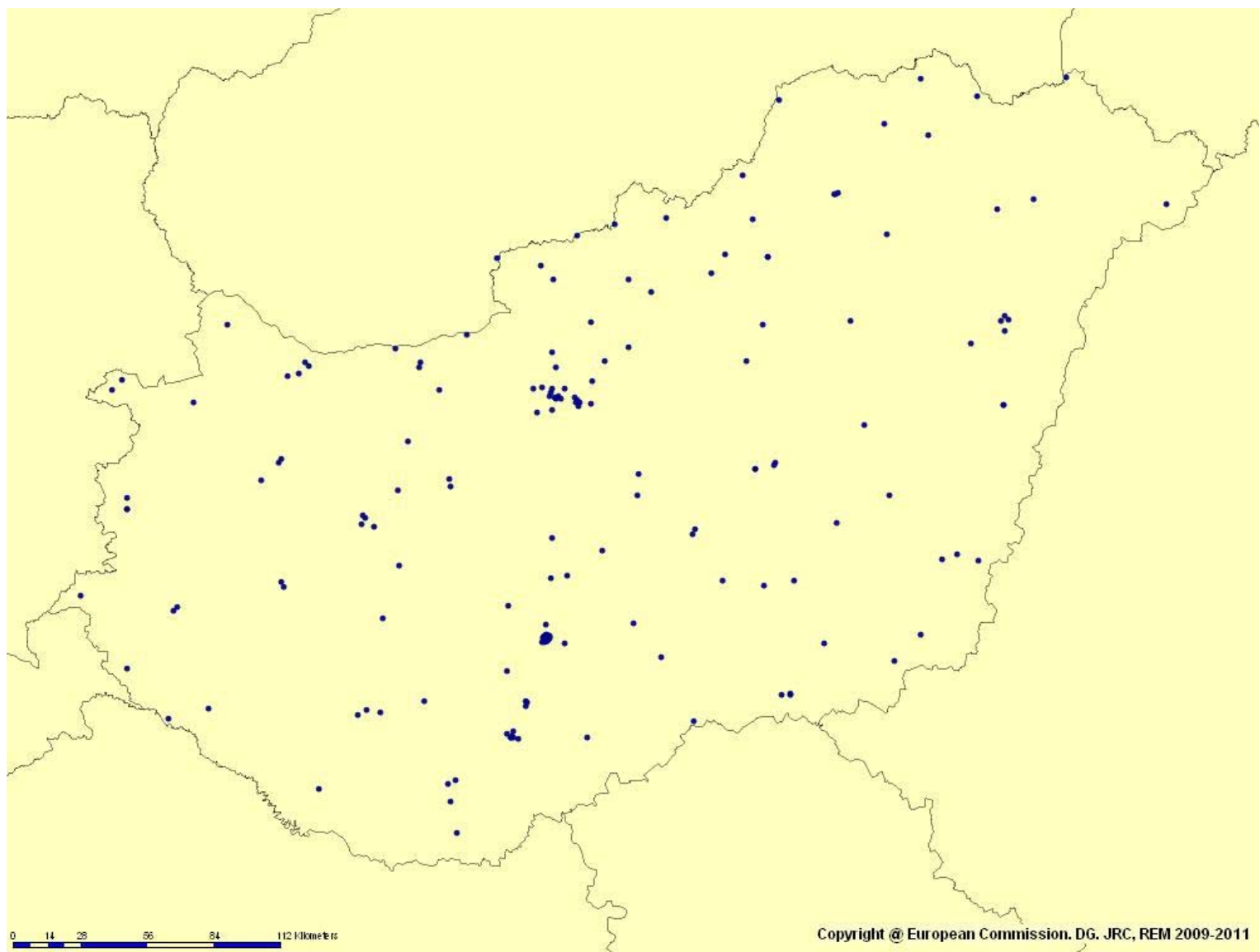
Az adott pontban mérhető környezeti dózisteljesítményt négy tényező határozza meg:

- 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 2011-ben. 2011-ben nem történt olyan valós esemény, amely a riasztási szint túllépését eredményezte volna. A napi dózisteljesítmény országos éves átlaga - 94 nSv/óra - ami hozzávetőlegesen megegyezik a 2010. évi értékkel, a napi átlagok a 52-178 nSv/óra közötti tartományban mozogtak.

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

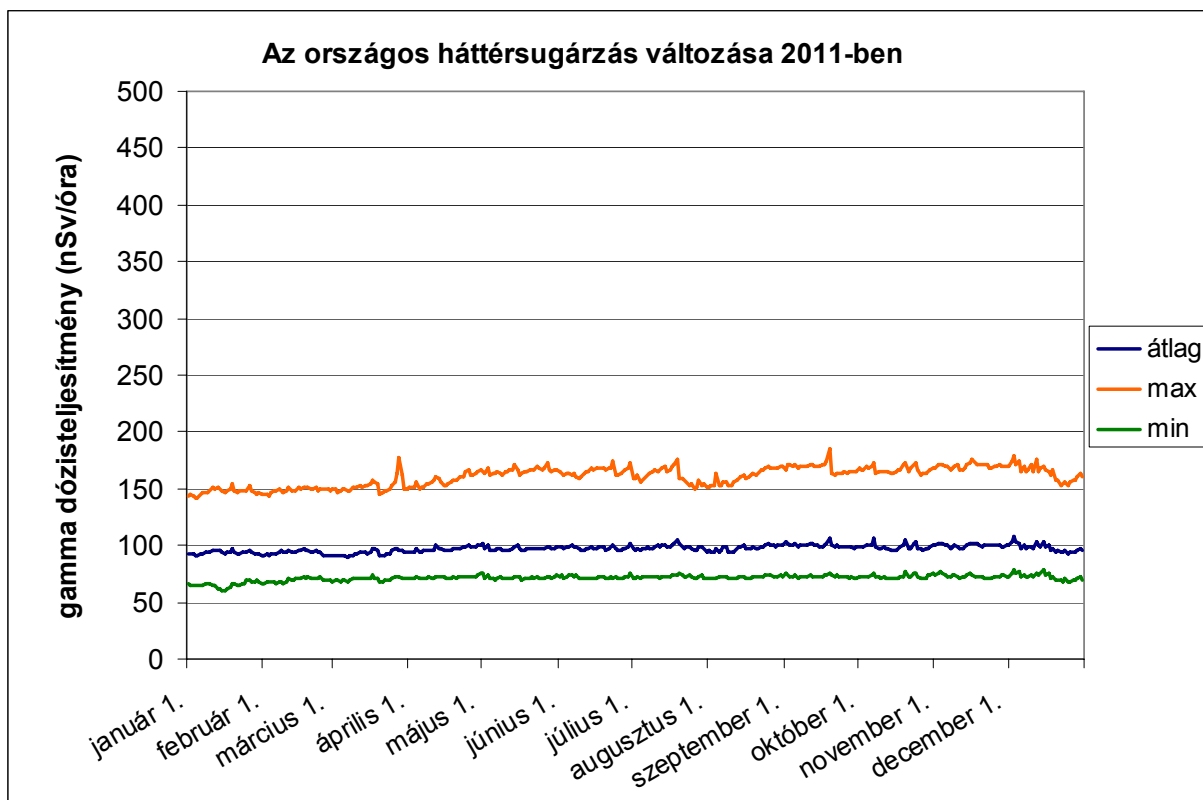
1.1.1. táblázat. Országos dózisteljesítmény eredmények napi átlagainak jellemzői 2011-ben (N az üzemelő napok számát jelöli)

Állomáskód*	Település neve	Átlag nSv/h	Minimum nSv/h	Maximum nSv/h	Szórás nSv/h	N
101	Komárom	103	96	114	2,7	300
104	Ózd	85	66	101	3,9	135
109	Szekszárd	102	93	116	4,4	342
118	Veszprém	107	100	120	3,9	364
120	Budapest BM OKF	88	82	99	2,3	361
124	Salgótarján	102	96	112	2,3	365
130	Gyomaendrőd	100	88	114	5,3	365
131	Vajta	90	85	97	1,9	248
132	Budapest - Ferihegy	88	52	98	5,1	146
133	Komárom	99	92	111	3,3	348
134	Szombathely	108	103	130	3,0	365
135	Solt	88	82	96	2,2	323
136	Zalaegerszeg	100	96	119	2,6	238
137	Kisújszállás	100	83	112	7,5	318
138	Berettyóújfalu	96	84	113	4,6	315
139	Hajdúszoboszló	93	82	108	5,0	340
140	Gyula	108	94	120	5,9	365
141	Mezőkovácsháza	103	95	111	3,4	308
142	Kiskunfélegyháza	77	64	87	3,7	325
143	Vámosmikola	105	94	113	5,4	157
144	Mór	108	98	121	5,1	360
145	Siófok	91	82	100	3,6	365
146	Dombóvár	100	90	110	3,5	296
147	Letenye	104	90	118	7,6	365
148	Lenti	105	90	120	5,6	365
149	Tiszaújváros	104	95	116	3,2	365
201	Bátaapáti - Zsibrik halastó	128	119	141	3,8	350
202	Bátaapáti - Mórággy	149	141	162	4,2	340
204	Bátaapáti - Vadászház	158	142	176	7,7	253
205	Bátaapáti - Udvar	139	128	147	3,6	174
301	Siklós	113	103	133	6,5	172
302	Székesfehérvár	93	80	118	13,4	365
303	Veszprém	83	79	102	2,2	365
304	Tata	160	139	178	9,1	365
305	Győr	84	80	94	2,2	364
307	Várpalota	96	90	109	2,8	365
310	Debrecen	89	82	104	3,2	365
311	Táborfalva	85	79	97	2,4	365
312	Hódmezővásárhely	106	92	120	5,2	365
313	Szentendre	95	89	108	2,9	365
316	Kaposvár	136	122	175	7,7	351
322	Medina	90	82	122	4,2	365
326	Jobbágyi	90	82	101	2,9	365
328	Kecskemét	82	75	99	2,8	365
329	Szentes	98	81	116	9,0	130
330	Budapest VVR	101	91	114	3,6	365
331	Budapest HM II	74	70	84	1,8	365
332	Zalaegerszeg	111	104	137	3,6	365
333	Miskolc	126	116	142	3,9	365
335	Békéscsaba	98	90	110	4,0	194
336	Kalocsa	97	91	133	3,6	351
337	Pápa	77	72	93	2,6	365

1.1.1. táblázat (folytatás).

Állomáskód*	Település neve	Átlag nSv/h	Minimum nSv/h	Maximum nSv/h	Szórás nSv/h	N
338	Szekszárd	142	132	172	4,5	365
339	Budapest ORE	100	93	112	3,4	365
341	Kál	87	78	98	3,3	350
344	Budapest HM I	86	82	95	1,8	365
346	Budakeszi	118	113	131	2,6	357
348	Pusztavacs	82	76	95	2,5	365
349	Budapest HTEK	90	87	97	1,6	111
350	Budapest THHE	100	91	116	3,7	365
351	Recsk	98	85	113	5,3	340
355	Szolnok Repülőtér	96	83	111	5,1	365
356	Kecskemét Repülőtér	80	72	99	3,0	365
357	Pápa Repülőtér	94	87	113	4,2	265
358	Szolnok Repülőtér 2	96	84	118	4,7	365
387	Erdőbénye	103	89	129	6,5	365
388	Telkibánya	114	95	138	7,2	365
389	Buják	92	83	101	3,1	127
390	Budapest XI. Ker. (HM IV)	130	125	143	2,7	361
391	Bánkút	97	86	113	3,6	365
400	Baja	102	94	115	4,1	365
401	Békéscsaba	75	70	89	3,0	289
402	Budapest Lőrinc	77	72	90	2,9	298
403	Debrecen	82	77	94	2,3	365
404	Győr	82	76	89	2,4	242
405	Homokszentgyörgy	91	80	102	3,7	365
406	Jászapáti	81	76	90	2,3	365
407	Jósvafő	86	77	95	3,0	298
408	Kékestető	85	76	100	4,2	222
409	Kelebia	78	68	88	3,8	365
410	Miskolc	78	68	92	4,3	319
411	Mosonmagyaróvár	75	68	90	3,0	365
412	Nagykanizsa	113	101	129	5,6	365
413	Nyíregyháza - Napkör	77	71	94	2,6	365
414	Pápa	87	60	106	12,4	311
415	Panyod	91	83	106	3,6	361
416	Pécs	88	81	100	2,8	365
417	Pitvaros	74	68	90	2,9	365
418	Sátoraljaújhely	95	88	107	4,0	298
419	Soltvadkert	86	79	100	3,2	365
420	Sopron	86	78	95	2,9	365
421	Szécsény	74	68	86	2,2	311
422	Szeged	80	75	94	3,0	344
423	Farkasfa	107	95	122	5,3	360
424	Tát	102	88	117	5,9	311
425	Tata	99	88	123	5,1	365
426	Tésa	72	69	81	1,9	308
427	Záhony	87	78	104	4,3	298
428	Bátaapáti	123	110	138	6,0	365
Az összes állomásra		98	52	178	-	36901

* A 100-as kezdetű kódok a BM OKF, a 200-as kezdetűek az RHK Kft. – Bátaapáti, 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 2011-ben

1.1.2. Az ERMAH mérési adatai

Az ERMAH laboratóriumok hetente egy alkalommal mérik a környezeti gamma-dózisteljesítményt a laboratórium telephelyén. A mérési eredményeket az 1.1.2. táblázat tartalmazza.

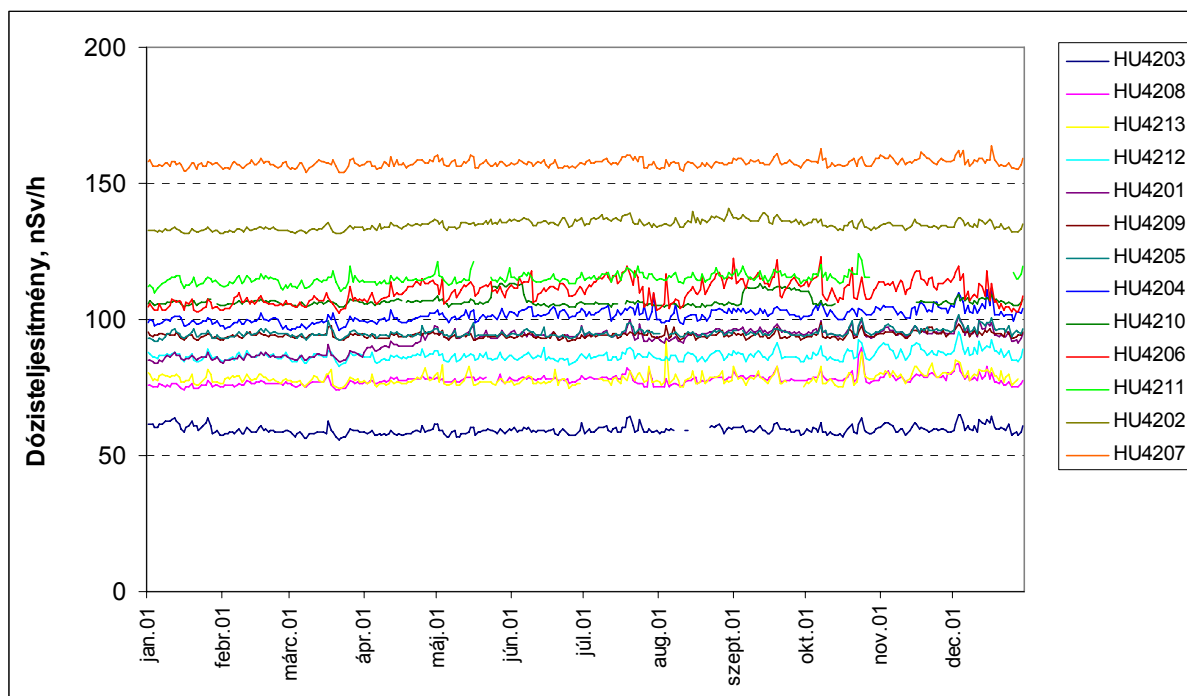
1.1.2. táblázat. Az ERMAH laboratóriumok mérési adatai

	Átlag, nSv/h	Minimum, nSv/h	Maximum, nSv/h	Szórás, nSv/h	N
Budapest	119	100	140	8	51
Debrecen	143	120	170	12	100
Győr	103	90	115	6	48
Miskolc	129	116	145	7	52
Szeged	98	93	111	3	54
Szekszárd	108	93	143	12	53
OSSKI	104	87	144	3	48

1.1.3. Egyetemek mérési eredményei

Az Oktatási Ágazathoz tartozó egyetemeken elhelyezett, összesen 13 proporcionális mérőszonda napi dózisteljesítmény adatainak változását az 1.1.3. ábrán szemléltetjük. Az ábrán használt kódok jelentését az 1.1.3. táblázatban adtuk meg.

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



1.1.3. ábra. Az egyetemeken elhelyezett mérőszondák napi dózisteljesítményeinek időbeli változása 2011-ben

1.1.3. táblázat. Az egyetemeken elhelyezett mérőszondák kódjai

Helykód	Intézmény neve
HU4201	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
HU4202	Semmelweis Egyetem (Budapest)
HU4203	Eötvös Loránd Tudományegyetem (Budapest)
HU4204	Debreceni Egyetem
HU4205	Szent István Egyetem (Gödöllő)
HU4206	Kaposvári Egyetem
HU4207	Pécsi Tudományegyetem
HU4208	Pannon Egyetem (Veszprém)
HU4209	Nyugat-magyarországi Egyetem (Sopron)
HU4210	Szegedi Tudományegyetem - I. mérőhely
HU4211	Szegedi Tudományegyetem - II. mérőhely
HU4212	Nyugat-magyarországi Egyetem (Székesfehérvár)
HU4213	Nyugat-magyarországi Egyetem (Szombathely)

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

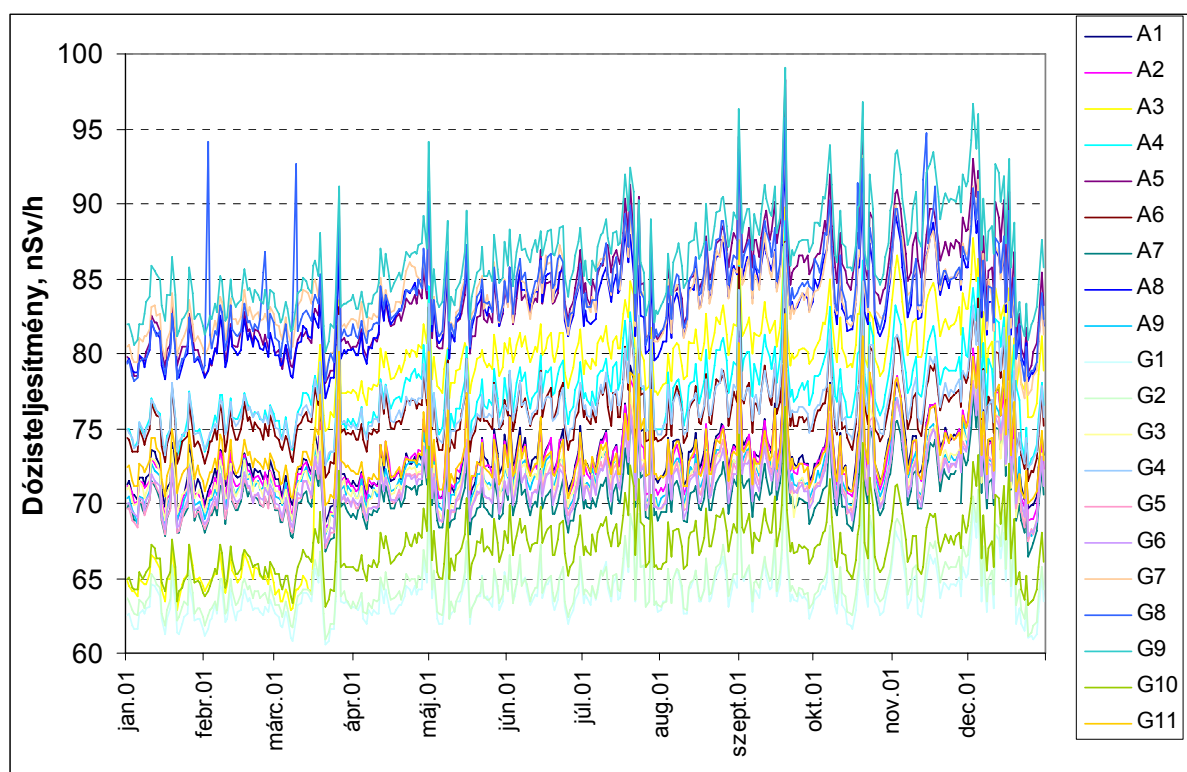
1.2. Létesítményi mérési adatok

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

1.2.1. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrzési adatai

1.2.1.1. A Paksi Atomerőmű mérési adatai

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

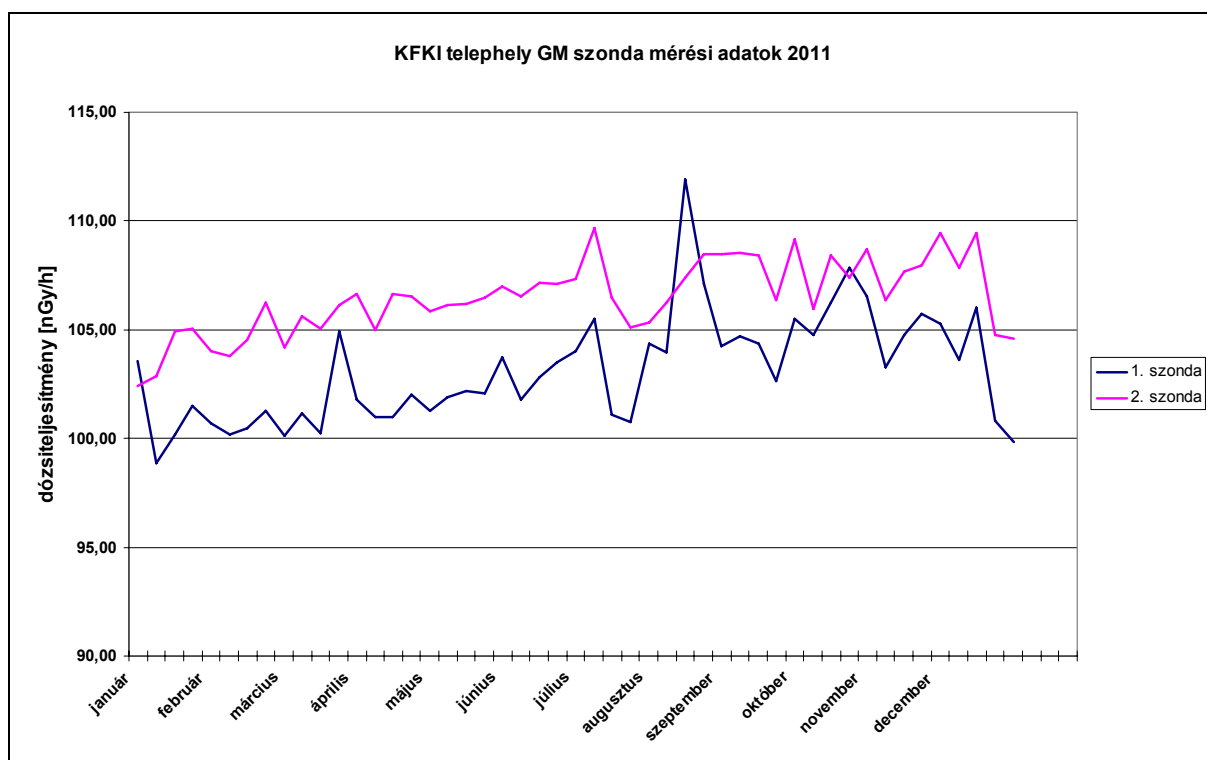


1.2.1. ábra. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző állomásain mért napi dózisteljesítmények időbeli változása 2011-ben

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

1.2.2. A KFKI telephelyén mért gammadózis-teljesítmények

A KFKI telephelyén a dózisteljesítmény ellenőrzésére 20 GM-szonda szolgál. Ezen detektorok közül két olyat választottunk ki (1. és 2. szonda), amelyek általában jól jellemzik a telephely dózisteljesítmény-szintjét (1.2.3. ábra). A többi állomáson az izotópforgalom és izotóp szállítások miatt időnként az átlagos háttérszintet meghaladó értékek is jelentkezhetnek, ezek azonban inkább az egyes műveletek sugárzási viszonyaira és nem a telephely környezetére jellemzőek.



1.2.3. ábra. A KFKI mérőállomásain mért napi dózisteljesítmények időbeli változása 2011-ben

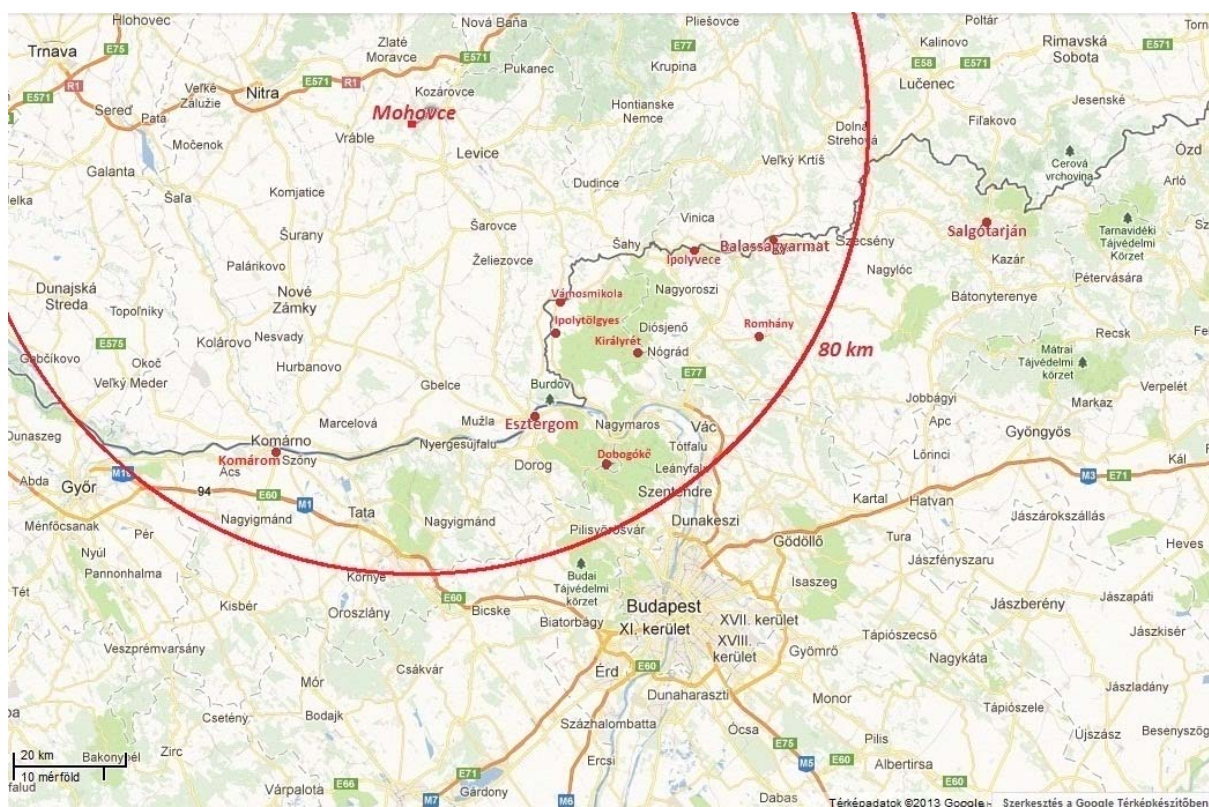
A szondák az intézetben kifejlesztett elektronikát és 2 GM-csövet tartalmaznak: egy nagy érzékenységűt (10 nGy/h - 1 mGy/h) a normál, és egy kis érzékenységűt (0,10 mGy/h - 10 Gy/h) a baleseti szintekre. Az adatokat on-line módon továbbítják az NBIÉK adatközpontba.

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 Szolgálat honlapján (www.kvsz.kfki.hu) lehet megtekinteni a „Jelentések” menüpontban.

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

A Mohi Atomerőmű hazai környezetének ellenőrzéseként az OSSKI in-situ gamma-spektrometriai és dózisteljesítmény méréseket is végez a határ közelében 8 mérési helyszínen évente kétszer. A mérési helyszíneket és a 2011-es mérések eredményeit az 1.2.4. ábra, ill. az 1.2.2. és 1.2.3. táblázatok mutatják be. A tórium-sorra, az urán-sorra valamint a ^{40}K -re vonatkozó adatokat csak a teljesség kedvéért tüntettük fel, ezeket a Mohi Atomerőmű működése nem befolyásolja. A ^{137}Cs koncentrációjára kapott értékek nem térnek el szignifikánsan az ország más területein jellemző értékektől (lásd pl. 1.2.4. táblázat).

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



1.2.4. ábra. A mohi atomerőmű hazai környezetének mérési helyszínei

1.2.2. táblázat. In-situ mérések eredményei 2011-ben
(a ^{137}Cs eredmények kBq/m^2 , a többi adat Bq/kg egységben szerepel)

	Komárom	Esztergom	Dobogókő	Királyrét	Vámosmikola	Romhány	Salgótarján	Balassagyarmat
1. félév								
Th-232-sor	21 ± 1	21 ± 1	30 ± 2	35 ± 2	30 ± 2	37 ± 2	33 ± 2	29 ± 1
U-238-sor	50 ± 2	25 ± 1	27 ± 1	33 ± 1	27 ± 1	38 ± 2	30 ± 1	24 ± 1
K-40	340 ± 10	350 ± 10	330 ± 10	510 ± 20	500 ± 20	570 ± 20	410 ± 20	360 ± 1
Cs-137	5,0 ± 0,2	0,90 ± 0,10	2,6 ± 0,1	0,60 ± 0,10	1,3 ± 0,1	0,70 ± 0,10	1,3 ± 0,1	0,90 ± 0,10
2. félév								
Th-232-sor	25 ± 1	29 ± 1	30 ± 1	38 ± 2	34 ± 2	34 ± 2	39 ± 2	30 ± 2
U-238-sor	34 ± 1	28 ± 1	25 ± 1	41 ± 2	29 ± 1	30 ± 1	42 ± 2	25 ± 1
K-40	440 ± 20	440 ± 20	350 ± 10	540 ± 20	530 ± 20	530 ± 20	510 ± 20	380 ± 20

Cs-137	1,7 ± 0,1	1,5 ± 0,1	3,2 ± 0,2	0,80 ± 0,10	1,1 ± 0,1	0,80 ± 0,10	1,5 ± 0,1	0,80 ± 0,10
--------	-----------	-----------	-----------	-------------	-----------	-------------	-----------	-------------

1.2.3. táblázat. 2011. évi dózisteljesítmény mérések eredményei

	Dózisteljesítmény, 1. félév (nSv/h)	Dózisteljesítmény, 2. félév (nSv/h)
Komárom	83	84
Esztergom	75	73
Dobogókő	85	82
Királyrét	85	86
Vámosmikola	80	84
Romhány	94	90
Salgótarján	89	99
Balassagyarmat	86	80

1.3. Az OSSKI telephelyén végzett mérések

2011-ben kétféle in-situ mérés történt az OSSKI telephelyének (Budapest, Budafok) udvarán, amelynek eredményeit az 1.3.1. táblázat tartalmazza.

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

Nuklid	2010.04.21.	2010.10.13.
Ac-228	33 ± 2	67 ± 2
Tl-208	37 ± 2	36 ± 2
Pb-214	28 ± 2	28 ± 2
Bi-214	37 ± 5	29 ± 2
K-40	480 ± 20	500 ± 20
Cs-137	3,0 ± 0,2	3,2 ± 0,2

A gamma-dózisteljesítményt minden munkanapon háromszor mérjük meg az OSSKI „C”-épülete melletti füves területen AUTOMESS 6150 AD 6/H típusú műszerrel. Az 1.3.2. táblázat a heti mérési eredmények átlagait és terjedelmét mutatja.

1.3.2. táblázat. Az OSSKI udvarán 2011-ben végzett dózisteljesítmény mérések heti átlagai

Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)	Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)	Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)	Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)
1	96	90 – 107	14	100	95 – 106	27	102	97 – 107	40	110	96 – 118
2	100	93 – 105	15	103	97 – 112	28	103	97 – 112	41	105	99 – 113
3	98	94 – 108	16	107	102 – 109	29	106	97 – 144	42	107	102 – 112
4	99	87 – 106	17	107	99 – 116	30	103	97 – 111	43	106	101 – 112
5	98	87 – 104	18	105	99 – 115	31	102	93 – 110	44	107	104 – 113
6	100	89 – 107	19	103	93 – 109	32	102	99 – 105	45	105	99 – 112
7	102	95 – 110	20	103	95 – 116	33	104	100 – 110	46	108	103 – 115
8	100	96 – 108	21	105	100 – 110	34	105	101 – 114	47	110	106 – 115
9	-	-	22	104	98 – 118	35	109	103 – 112	48	108	103 – 114
10	-	-	23	104	98 – 115	36	109	102 – 115	49	105	98 – 111
11	-	-	24	107	96 – 114	37	107	100 – 113	50	107	99 – 111
12	97	91 – 103	25	104	95 – 112	38	107	100 – 116	51	102	98 – 111
13	100	95 – 105	26	107	99 – 117	39	107	101 – 112	52	-	-

2. Levegőszűrők (aeroszol)

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

Az aeroszol formájú radionuklidok a levegőből megfelelő szűrővel 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

Országosnak mondható kiépítettséget az Egészségügyi Ágazathoz 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. 2011-ben közepes légforgalmú mintavevővel 4 laboratórium, kis légforgalmú mintavevővel ugyancsak 4 laboratórium rendelkezett.

Az ERMAH laboratóriumok aeroszol mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. Eszerint a közepes légforgalmú mintavevővel 7-10 naponként kell mintát venni, és a szűrők gamma-spektrometriai elemzését kell elvégezni, míg a kis légforgalmú mintavevőkkel vett napi minták esetében az összes béta-aktivitást kell meghatározni. (Ez utóbbiak esetén a 72 órás pihentetés utáni eredmények veendők figyelembe.) Az ERMAH és HAKSER program keretében 2011-ben 943 aeroszol mintát vettek. A mintavevő típusa – azaz az átszívott levegőmennyiség – és az alkalmazott mérés érzékenysége együttesen határozzák meg a levegő aktivitáskoncentrációjának kimutatási határát. Jellemző kimutatási határértékek: $1-10 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (20-30 ezer m^3 átszívott levegőből, félvezető-detektoros gamma-spektrométerrel mérve a ^{137}Cs -tartalmat); illetve $0,5-2,5 \text{ mBq}/\text{m}^3$ (50-300 m^3 átszívott levegőből, összes béta-aktivitás mérésével).

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

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

A táblázatból láthatóan a ^{137}Cs koncentrációi - vélhetően a fukusimai baleset miatt - ezúttal több esetben a kimutatási határt (kh) felett is megjelentek, egészen a $0,11 \text{ mBq/m}^3$ -es értékig. Az aeroszolban mérhető természetes eredetű ^7Be radionuklid koncentrációjának szokásos értéktartománya $0,1\text{-}10 \text{ mBq/m}^3$ közötti. Az aeroszolszűrők 72 órás pihentetés után mért összes béta-aktivitásai jellemzően $0,3\text{-}20 \text{ mBq/m}^3$ értékűek.

Megjegyezzük még, hogy a ^{137}Cs -et leszámítva az aeroszol mérési eredmények mind az átlagokat, mind a minimum, maximum értékeket tekintve általában jól egyeznek a korábbi adatokkal.

2.1.1. táblázat. Országos aeroszol mérési eredmények éves jellemzői 2011-ben (EüÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag, mBq/m^3	Minimum, mBq/m^3	Maximum, mBq/m^3	Szórás, mBq/m^3	N	Kh alatti
Be-7	BP	4,3	1,6	8,0	1,6	46	0
Be-7	BZ	5,4	1,0	9,4	2,0	38	0
Be-7	GY	4,1	1,2	7,8	1,5	49	0
Be-7	HA	-	-	-	-	16	16
Be-7	TO	3,5	0,12	9,5	1,5	106	0
Cs-137	BP	0,0063	0,00074	0,10	0,016	46	31
Cs-137	BZ	-	0,0050	0,11	-	38	29
Cs-137	GY	0,0066	0,00090	0,080	0,012	49	36
Cs-137	HA	-	-	-	-	17	17
Cs-137	TO	-	0,010	0,050	-	104	96
Összes-béta	BP	1,6	0,26	7,7	1,1	246	5
Összes-béta	CS	-	-	10	-	1	0
Összes-béta	HA	-	2,8	9,2	-	66	58
Összes-béta	TO	2,0	0,37	20	1,9	394	79
Be-7	Összesen	4,5	0,12	9,5	-	255	16
Cs-137	Összesen	1,4	0,00074	0,11	-	254	209
Összes-béta	Összesen	2,3	0,26	20	-	707	142

2.2. Létesítmények környezetében mért aeroszol-koncentrációk

2.2.1. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének mérési eredményei

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

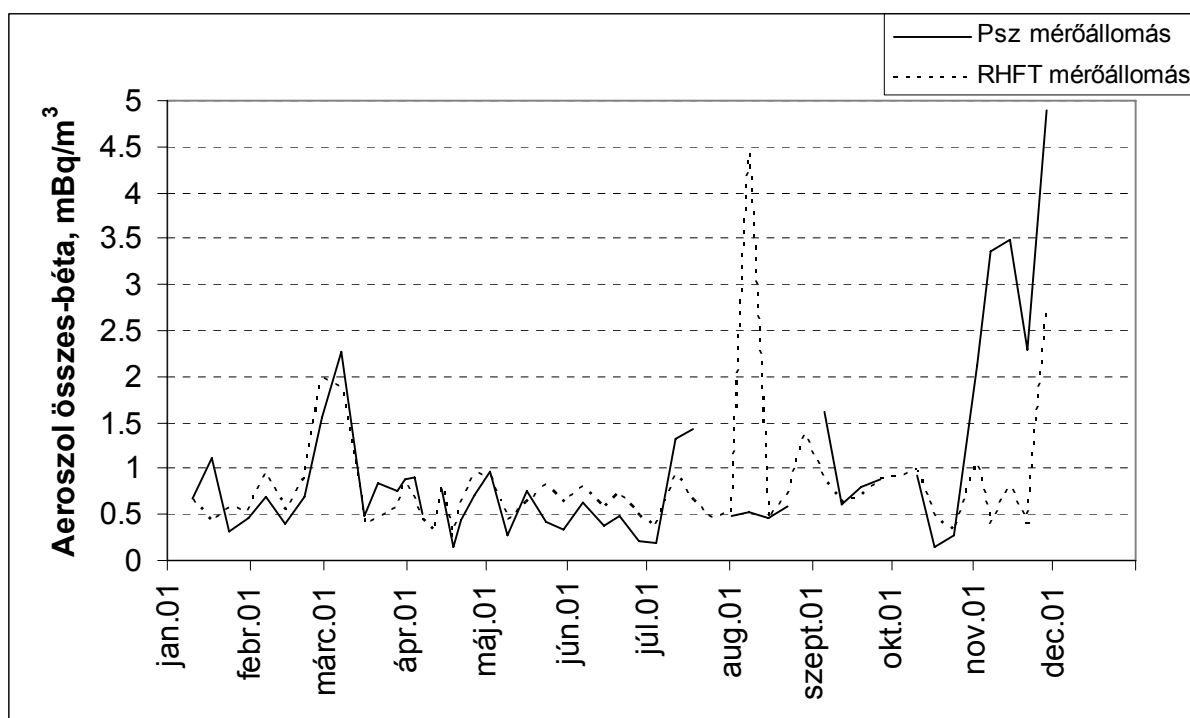
2.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyének adatai

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

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

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

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



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

2.2.1. 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	3,4	0,31	16	2,4	92	3
Cs-134	-	0,054	0,070	-	2	0
I-131	0,36	0,053	1,3	0,40	12	0
K-40	-	-	0,41	-	3	2
Összes-béta	0,89	0,15	4,9	0,82	98	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 körül van. A mintavételt és mérést jellemző összes-béta aktivitás-koncentráció kimutatási határa 0,1 mBq/m³.

A KFKI Telephely területén létesített „A” típusú környezetellenőrző állomáson nagy légforgalmú mintavevővel történik az aeroszol mintavételezés. Az átszívott levegő mennyiségének jellemző értéke 5000 m³/hét. A nuklidspecifikus mérés két HPGe detektor segítségével történik. A mérés kimutatási határa ¹²⁵I izotópra 0,05 mBq/m³, ¹³¹I izotópra pedig 0,02 mBq/m³. Az éves adatok a feldolgozást követően a Szolgálat honlapján (<http://www.kvsz.kfki.hu>) elérhetőek.

A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk éves jellemző adatait a 2.2.3 táblázatban foglaltuk össze. Látható, hogy a telephelyen rendszeresen mérhetőek a ¹²⁵I és ¹³¹I radioizotópok, a jód-koncentrációik átlag- és maximumértékei magasabbak a tavalyinál, az Izotóp Kft. megemelkedett kibocsátásainak köszönhetően. A többi mérési eredmény illeszkedik a más laboratóriumok által kapott adatokhoz.

2.2.3. táblázat. A KFKI telephelyén végzett aeroszol mérések eredményeinek éves összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/m ³	Minimum mBq/m ³	Maximum mBq/m ³	Szórás mBq/m ³	N	Kh. alatt
Be-7	7,3	0,21	26	4,6	52	1
K-40	0,73	0,030	1,9	0,59	52	45
I-125	4,9	0,37	24	4,9	52	15
I-131	0,93	0,020	10	1,6	52	10
Cs-134	0,060	0,050	0,070	0,010	52	50
Cs-137	0,050	0,020	0,090	0,030	52	49
Összes-béta	0,47	0,090	1,6	0,27	356	78

3. Kihullás (fall-out)

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

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

3.1. Országos adatok

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

Az ERMAH laboratóriumok kihullásra vonatkozó mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. Az ERMAH és HAKSER program keretében 2011-ben 181 fallout mintát vettek. A mintavevő edények felülete $0,15-0,4 \text{ m}^2$, 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 $20-500 \text{ mBq/m}^2/\text{nap}$ (összes béta-aktivitás) és $1-20 \text{ mBq/m}^2/\text{nap}$ (^{137}Cs gamma-spektrometriai vizsgálata).

A 2011-ben az egyes mintavételi pontokra kapott eredményeket a 3.1.1. táblázatban foglaltuk össze.

A kihullás összes béta-aktivitásainak átlagai az országos átlagtól jellemzően csupán 2-5-szörös eltérést jeleznek, ami nem jelentős. Az országos átlag nagyságrendileg egyezik a 2010 évvel. A ^{137}Cs aktivitása a minták kerekén 90 %-ában kimutatási határ alatti volt.

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 2011-ben (EüÁ)

Radionuklid	Megye	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	BP	1700	100	7100	1400	47	1
Be-7	HA	1500	400	3900	1200	11	0
Be-7	TO	1700	270	6400	1500	58	12
Cs-137	BP	4,7	0,53	6,3	3,0	47	37
Cs-137	BZ	-	-	-	-	12	12
Cs-137	CS	-	-	-	-	9	9
Cs-137	GY	-	1,6	4,2	-	11	8
Cs-137	HA	-	-	-	-	11	11
Cs-137	TO	-	-	-	-	58	58
Összes-béta	BP	300	83	1400	220	47	0
Összes-béta	BZ	66	37	140	29	12	0
Összes-béta	CS	190	33	340	94	12	0
Összes-béta	GY	230	33	470	130	12	0
Összes-béta	HA	300	110	520	140	11	1
Összes-béta	TO	640	97	3900	640	59	0
Be-7	Összesen	1700	100	7100	-	116	13
Cs-137	Összesen	6,2	0,53	6,3	-	148	135
Összes-béta	Összesen	400	33	3900	-	153	1

3.2. Létesítmények környezetében mért kihullások

3.2.1 A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének mérési eredményei

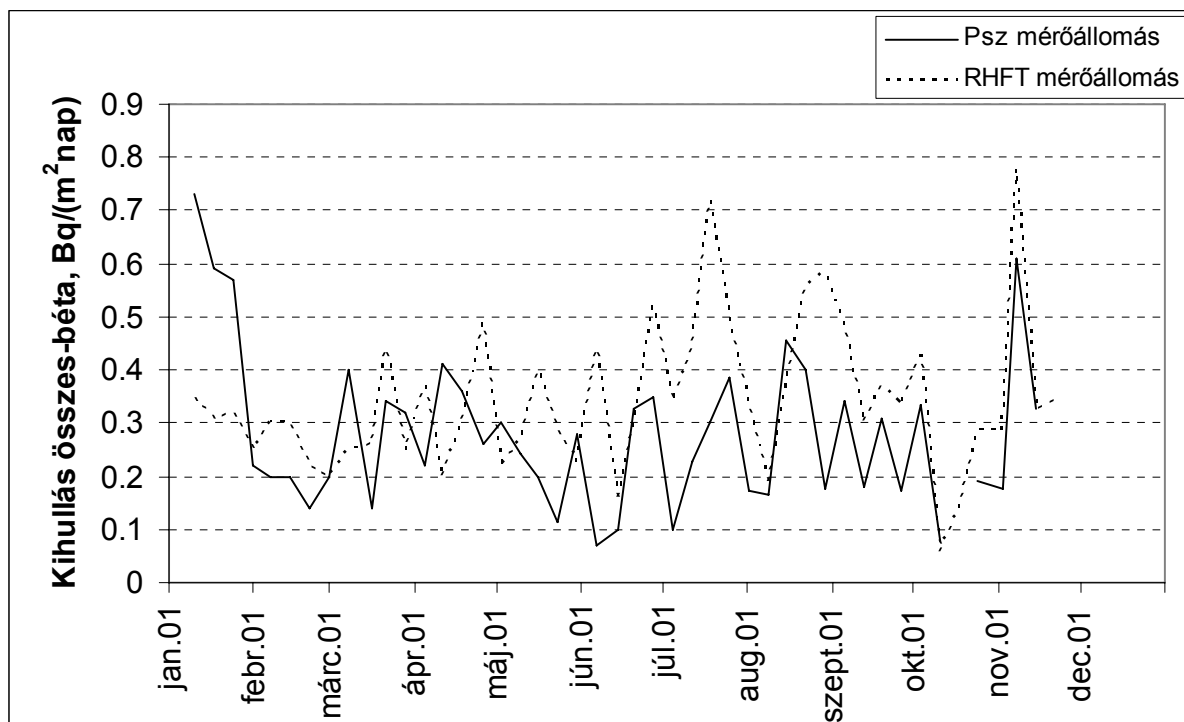
A kihullás mintázása az A típusú állomásokon történt. A méréseket jellemző kimutatási határ $0,2 \text{ Bq/m}^2/\text{hó}$. A mesterséges izotópok aktivitása – néhány felporlódásból származó ^{137}Cs eredmény kivételével – a kimutatási határ alatt maradt.

3.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyén mért eredmények

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

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

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



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

3.2.1. 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	1600	190	26000	3600	70	7
Cs-137	-	23	73	-	1	0
I-131	-	51	170	-	6	1
K-40	-	660	2300	-	12	6
Összes-béta	310	57	780	150	90	0

3.2.3. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fallout minták mérési eredményei (OSSKI)

Az OSSKI három határmenti településen (Ipolytölgyes, Ipolyvece, Balassagyarmat) vesz fallout mintát havi rendszerességgel a téli hónapok kivételével. A mintavevő edények felülete $0,2 \text{ m}^2$. Ezeken a mintákon összes béta-aktivitáskoncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végeznek. A gamma-spektrometriai mérésekkel csak a természetes eredetű ^7Be és ^{40}K (esetenként ^{210}Pb) izotópokat tudták kimutatni, a mesterséges eredetű ^{131}I és ^{137}Cs izotópok aktivitáskoncentrációja a kimutatási határ (kb. $2\text{--}6 \text{ Bq/m}^2/\text{hó}$ ill. $0,2 \text{ Bq/m}^2/\text{hó}$) alatt maradt. Az összes béta-aktivitáskoncentráció mérések eredményeit a 3.2.3. táblázat tartalmazza.

3.2.3. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetében vett fallout minták összes béta-aktivitása 2011-ben ($\text{Bq/m}^2/\text{hó}$)

Mintavétel hónapja	Balassagyarmat	Ipolytölgyes	Ipolyvece
3	$9,4 \pm 2,1$	$5,8 \pm 1,3$	14 ± 2
4	19 ± 3	14 ± 3	13 ± 3
5	16 ± 3	$5,1 \pm 1,4$	10 ± 2
6	$6,9 \pm 1,7$	14 ± 3	$5,7 \pm 1,4$
7	13 ± 2	$7,0 \pm 1,5$	11 ± 2
8	14 ± 3	-	$5,8 \pm 1,5$
9	16 ± 3	$3,5 \pm 1,1$	$6,6 \pm 1,6$
10	42 ± 6	$9,1 \pm 2,0$	20 ± 4

4. Talaj

A talajban található radionuklidok aktivitáskoncentrációit országosan az Egészségügyi Ágazat ERMAH, illetve az Földművelésügyi Ágazat Radioanalitikai Ellenőrző Hálózat (REH) laboratóriumai mérik.

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

4.1. Országos adatok

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

Az ERMAH laboratóriumok az ország 19 megyéjében és a fővárosban, negyedévente vesznek talajmintát a talaj felső 10 cm vastagságú rétegéből. Az ERMAH és HAKSER mérési program keretében 2011-ben összesen 255 talajminta vizsgálatát végezték el. A mintákon gamma-spektrometriai méréseket végeznek. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a 110 °C-on szárított mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm³ térfogaton) végzik 20 000 s mérési idővel. A ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,3-1,5 Bq/kg.

Az ERMAH és az FmÁ REH laboratóriumok országos mérési eredményeit a 4.1.1. ábrán mutatjuk be. Az ábra a ¹³⁷Cs, a ⁹⁰Sr és az összes béta-aktivitáskoncentrációk maximális értékeit szemlélteti az egyes megyékre összegezve. Mind az FmÁ REH, mind pedig az ERMAH programja szolgáltat nuklidszelektív eredményeket (különösen Cs esetén) a legtöbb megyére. A talaj mérési eredmények éves jellemzőit a 4.1.1. táblázatban foglaltuk össze.

A csernobili kihullásból és a légköri atomfegyver kísérletekből származó ¹³⁷Cs izotóp aktivitáskoncentrációja még mindig jól mérhető, megyénkénti átlagainak maximumai a 2010. évihez hasonlóak voltak, értéktartománya 2,1-29 Bq/kg volt, az egyedi eredmények maximuma a 250 Bq/kg volt, ez alacsonyabb a tavalyinál. A ⁹⁰Sr izotóp koncentrációinak átlagai ennél kisebbek, 0,72-2,5 Bq/kg közöttiek voltak. Az összes béta-aktivitáskoncentrációk jóval nagyobbak (220-710 Bq/kg), azonban ez az aktivitás túlnyomórészt a természetes ⁴⁰K izotóptól származik.

4.1.1. táblázat. Talaj mérési eredmények éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	7,8	2,3	27	8,3	31	12
Cs-137	BK	2,1	0,14	7,3	2,4	32	16
Cs-137	BP	20	0,11	70	20	27	1
Cs-137	BZ	11	4,1	30	7,4	13	0
Cs-137	CS	2,9	0,44	7,2	2,1	31	14
Cs-137	FE	29	0,090	250	54	22	1
Cs-137	GY	26	0,045	100	26	26	1
Cs-137	HA	5,8	0,31	30	6,7	18	1
Cs-137	HE	9,6	0,23	21	6,0	16	1
Cs-137	JA	-	4,3	18	-	4	0
Cs-137	KO	4,0	0,090	16	5,0	23	6
Cs-137	NO	11	0,20	31	9,9	30	4
Cs-137	PE	11	0,080	79	12	86	8
Cs-137	SO	14	0,11	53	14	25	3
Cs-137	SZ	2,4	0,23	4,4	1,5	17	2
Cs-137	TO	4,8	0,80	34	7,8	154	101
Cs-137	VA	17	0,22	68	18	26	0
Cs-137	VE	10	0,070	77	17	37	5
Cs-137	ZA	14	0,073	54	12	20	1
Sr-90	BA	1,5	0,14	15	3,3	21	5
Sr-90	BK	0,72	0,090	3,1	0,77	21	2
Sr-90	BP	-	0,30	2,9	-	5	0
Sr-90	CS	-	0,055	1,3	-	9	2
Sr-90	HE	-	0,28	0,63	-	4	1
Sr-90	NO	-	0,19	2,9	-	7	0
Sr-90	PE	1,2	0,19	3,6	0,78	26	1
Sr-90	SO	1,3	0,19	3,7	1,1	16	2
Sr-90	SZ	-	-	0,21	-	8	7
Sr-90	TO	0,80	0,035	25	3,1	62	11
Sr-90	VE	-	0,23	7,3	-	4	0
Sr-90	ZA	2,5	0,14	11	3,2	15	2
Összes-béta	BP	440	220	710	150	19	0
Cs-137	Összesen	9,9	0,045	250	-	638	177
Sr-90	Összesen	1,1	0,035	25	-	198	33
Összes-béta	Összesen	440	220	710	-	19	0

A talaj ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 9,9 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé 1,1 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes béta-aktivitása pedig 440 Bq/kg volt 2011-ben. (Ezek az eredmények nem térnek el lényegesen a 2010. éviéktől) A két csernobili eredetű radionuklid átlagos koncentrációi ezúttal a 9:1 arányszámmal jellemezhetők.

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

4.2. Létesítmények környezetében mért adatok

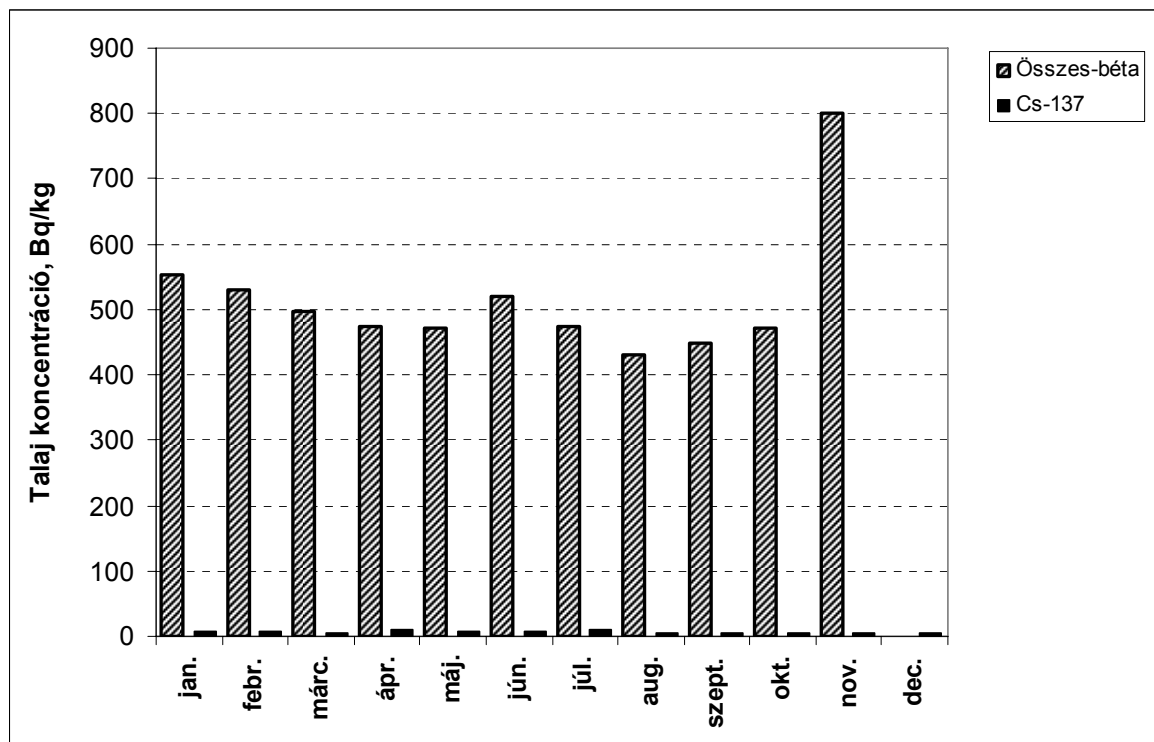
4.2.1. A püspökszilágyi RHFT telephelyi mérési eredményei

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

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

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

Az RHFT telephelyén a talajban mért aktivitáskoncentrációk havi átlagait a 4.2.1. ábrán mutatjuk be. Látható, hogy mind az összes-béta, mind a ^{137}Cs aktivitáskoncentrációk az év folyamán alig változtak. Az eredmények a 2010. évekhez hasonlóak és jól egyeznek az országos adatokkal is.



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

4.2.2. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett talajminták mérési eredményei (OSSKI)

Az OSSKI három határmenti település (Balassagyarmat, Esztergom, Komárom) talaját mintázza félévente. A mintákon összes béta-aktivitáskoncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a 110 °C-on szárított mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm³ térfogaton) végzik 20 000 s mérési idővel. Az összes béta-aktivitást kb. 1 g talajból határozzák meg. A mérési eredményeket a 4.2.1. táblázat tartalmazza.

4.2.1. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó talajminták ¹³⁷Cs koncentrációja és összes béta-aktivitáskoncentrációja (Bq/kg)

	¹³⁷ Cs koncentráció		Összes béta-aktivitáskonc.	
	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév
Balassagyarmat	9,9 ± 0,3	4,5 ± 0,1	490 ± 40	450 ± 40
Esztergom	11 ± 0,3	4,1 ± 0,2	670 ± 50	480 ± 40
Komárom	50 ± 2	64 ± 2	580 ± 50	620 ± 50

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, a takarmányozási céllal termesztett növényeket, valamint az egyes adalékokat foglalja magában.

5.1.1. Országos adatok

Az FmÁ 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 -spektrum analízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként (ezek az eredmények a jelentésben nem szerepelnek). Szintén ebből a hamuból történik az összes- α aktivitás mérése, illetve a ⁹⁰Sr radiokémiai elválasztása. Ezeket a vizsgálatokat minden mintából elvégzik.

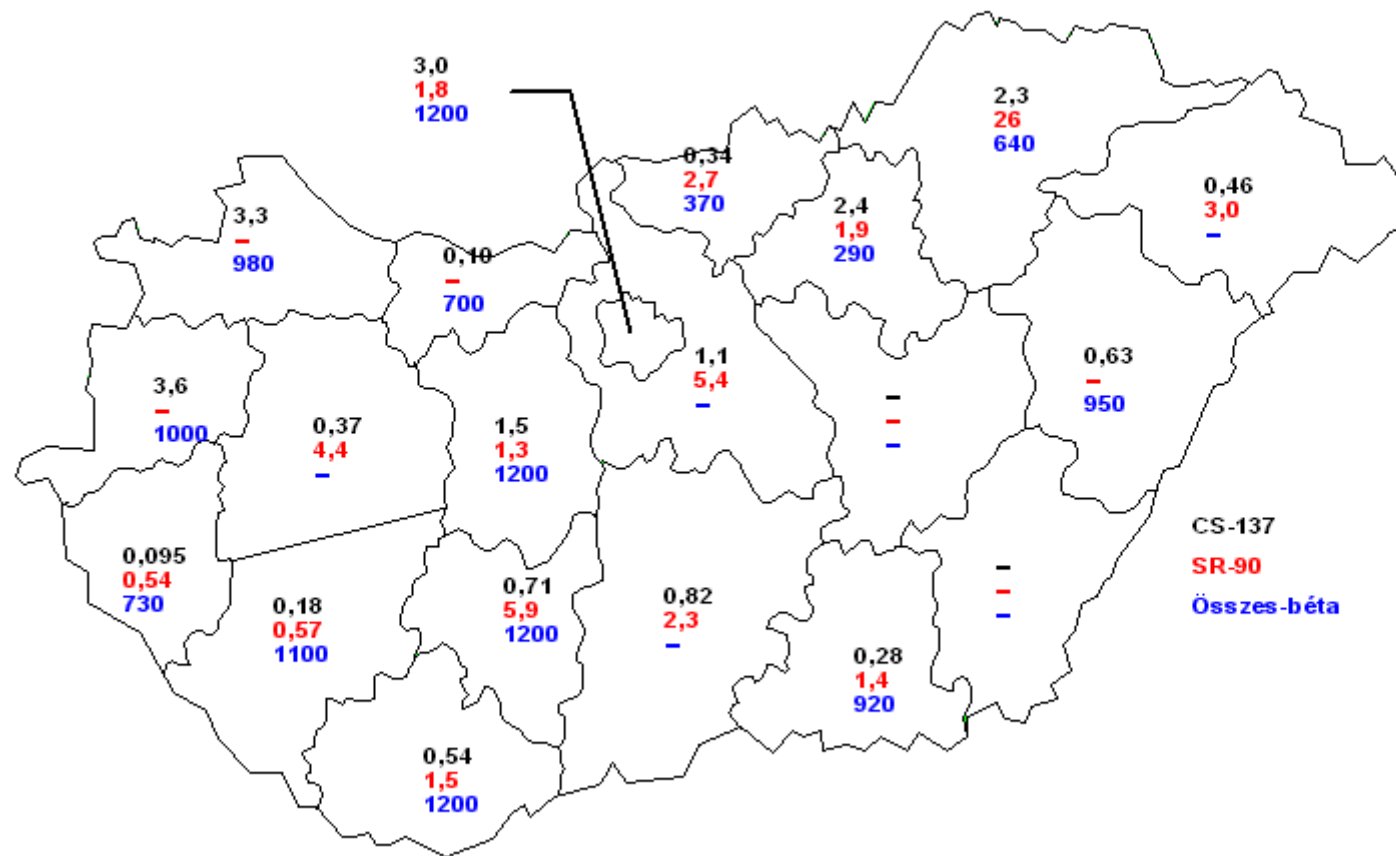
Az ERMAH laboratóriumok negyedévente, megyénként vesznek fű, illetve szénamintát. Összesen 83 minta vizsgálatát végezték el. A mintaelőkészítés szárítást, a száraz tömeg mérését, majd hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározását pedig

ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Az aktivitáskoncentrációt minden esetben száraz tömegre vonatkoztatják. A ^{137}Cs aktivitáskoncentráció mérések jellemző kimutatási határa: 0,3-1,5 Bq/kg, az összes béta-aktivitáskoncentrációk minden esetben kimutatási határ felett voltak.

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 nagyobb része meghaladja azt. Ennek oka egyrészt a két mérési módszer eltérő érzékenysége, másrészt a ^{90}Sr aktivitáskoncentrációk jellemzően magasabb szintje.

A talajban és a takarmánynövényekben mért aktivitáskoncentrációkat (4.1.1. és 5.1.1. táblázatok) összehasonlítva ki kell emelni, hogy amíg a talaj esetében a két mesterséges eredetű radionuklid – azaz a ^{137}Cs és a ^{90}Sr – koncentrációjának aránya 9 körüli, addig a takarmánymintáknál az arány éppen fordított, átlagosan 0,4. Ennek két lehetséges oka van, egyrészt a ^{90}Sr a legtöbb talajban mobilisabb, a növények számára könnyebben elérhető formában van jelen, másrészt a növények nagyobb mértékben igénylik a kalciumot, amelyet a stroncium képes helyettesíteni. (A két hatás együtt az ún. talaj-növény átviteli tényezővel jellemezhető, amelynek szokásos irodalmi értéke ^{90}Sr -ra 10, ^{137}Cs -ra pedig 1 körüli.) Megjegyezzük még, hogy ez a megfigyelés jól egybevág a 2010-ben tapasztaltakkal.

A takarmánynövények ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,48 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé 1,3 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes béta-aktivitása pedig 590 Bq/kg volt 2011-ben.



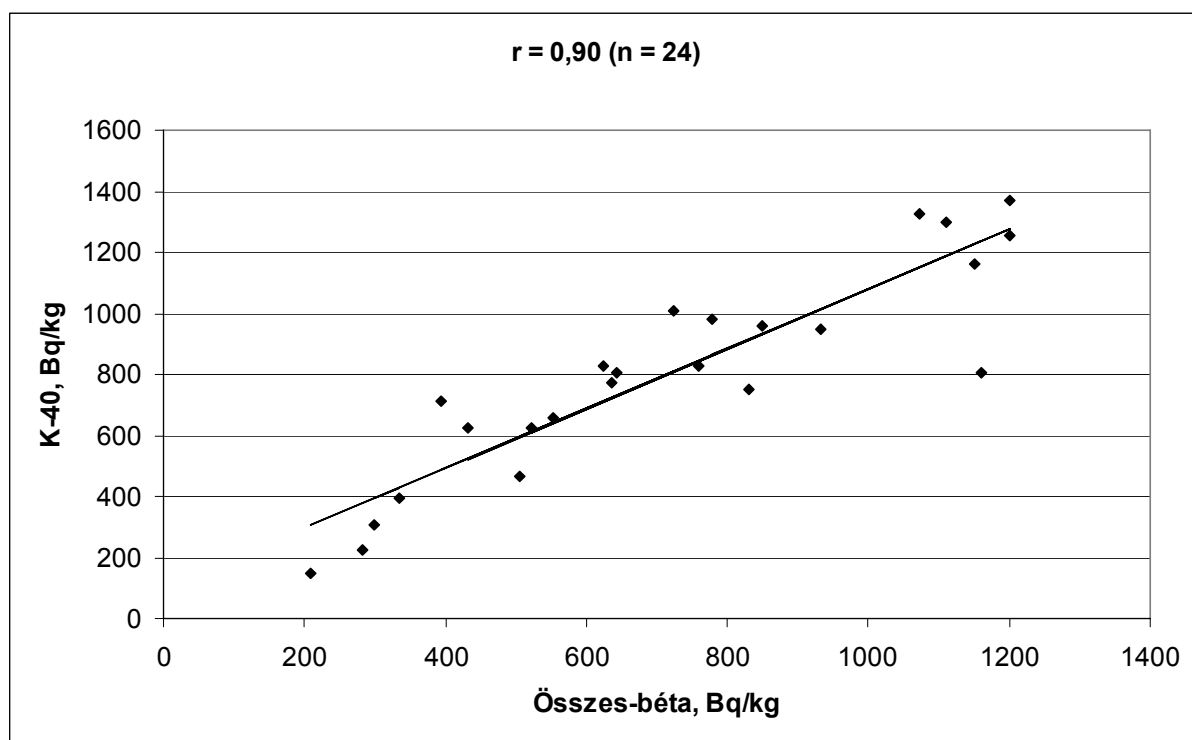
5.1.1. ábra. Takarmány mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüÁ és FmÁ, Bq/kg, "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény)

5.1.1. táblázat. Országos takarmány mérési eredmények éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	0,12	0,54	-	18	9
Cs-137	BK	-	0,094	0,82	-	24	21
Cs-137	BP	0,76	0,032	3,0	0,66	21	10
Cs-137	BZ	-	0,20	2,4	-	20	11
Cs-137	CS	-	-	0,28	-	23	22
Cs-137	FE	-	0,13	1,5	-	15	6
Cs-137	GY	0,69	0,070	3,3	0,72	19	3
Cs-137	HA	-	-	0,63	-	13	12
Cs-137	HE	-	0,21	2,4	-	18	13
Cs-137	KO	-	0,080	0,10	-	15	12
Cs-137	NO	-	0,25	0,34	-	16	14
Cs-137	PE	0,40	0,040	1,1	0,33	21	7
Cs-137	SO	-	0,070	0,18	-	18	13
Cs-137	SZ	-	-	0,46	-	14	13
Cs-137	TO	0,26	0,050	0,71	0,18	31	20
Cs-137	VA	0,57	0,082	3,6	0,80	19	1
Cs-137	VE	-	0,070	0,37	-	11	9
Cs-137	ZA	-	0,087	0,095	-	4	2
Sr-90	BA	0,70	0,46	1,5	0,47	14	4
Sr-90	BK	0,93	0,15	2,3	0,79	15	1
Sr-90	BP	0,88	0,20	1,8	0,54	10	0
Sr-90	BZ	-	1,7	26	-	3	0
Sr-90	CS	-	0,24	1,4	-	5	1
Sr-90	FE	-	0,41	1,3	-	10	1
Sr-90	HE	-	0,51	1,9	-	6	0
Sr-90	NO	1,5	0,23	2,7	0,83	12	0
Sr-90	PE	1,8	0,090	5,4	1,6	24	0
Sr-90	SO	0,28	0,14	0,57	0,14	14	3
Sr-90	SZ	-	0,32	3,0	-	8	0
Sr-90	TO	1,3	0,18	5,9	1,4	29	8
Sr-90	VE	-	0,47	4,4	-	2	0
Sr-90	ZA	-	0,083	0,54	-	4	0
Összes-béta	BA	-	400	1200	-	4	0
Összes-béta	BP	570	220	1200	280	20	0
Összes-béta	BZ	-	340	640	-	4	0
Összes-béta	CS	540	240	920	210	12	0
Összes-béta	FE	-	640	1200	-	2	0
Összes-béta	GY	-	320	980	-	4	0
Összes-béta	HA	560	140	950	270	12	0
Összes-béta	HE	-	120	290	-	4	0
Összes-béta	KO	-	620	700	-	2	0
Összes-béta	NO	-	160	370	-	4	0
Összes-béta	SO	-	630	1100	-	4	0
Összes-béta	TO	-	210	1200	-	5	0
Összes-béta	VA	-	530	1000	-	4	0
Összes-béta	ZA	-	-	740	-	1	0
Cs-137	Összesen	0,48	0,032	3,6	-	320	198
Sr-90	Összesen	1,3	0,083	26	-	156	18
Összes-béta	Összesen	590	120	1200	-	82	0

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

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



5.1.2. ábra. Takarmányminták összes-béta és ^{40}K aktivitáskoncentrációi közötti korreláció (EüÁ)

5.1.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyén mért adatok

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

A növényminták 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 növényminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Be-7	51	14	150	32	23	0
Cs-137	-	0,60	1,5	-	4	1
K-40	580	83	1400	390	24	0
Ra-224	-	8,4	11	-	2	1
Ra-226	-	12	18	-	2	0
Összes-béta	400	110	910	230	18	0

5.1.3. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fűminták mérési eredményei (OSSKI)

Az OSSKI három határmenti településen (Balassagyarmat, Esztergom, Komárom) vesz fűmintákat félévente. Ezekre a mintákra összes béta-aktivitáskoncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez. A minta-előkészítés szárítást, a száraz tömeg mérését, majd hamvasztást jelent. A gamma-spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározását pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik. A mérési eredményeket az 5.1.3. táblázat tartalmazza.

5.1.3. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó fűminták ^{137}Cs koncentrációja és összes béta-aktivitáskoncentrációja (Bq/kg)

	^{137}Cs koncentráció		Összes béta-aktivitáskonc.	
	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév
Balassagyarmat	1,3 ± 0,1	< 0,60	850 ± 40	330 ± 20
Esztergom	1,0 ± 0,1	0,55 ± 0,10	510 ± 30	300 ± 20
Komárom	0,80 ± 0,10	0,30 ± 0,10	1100 ± 40	550 ± 20

5.2. Növényi eredetű, nyers élelmiszer

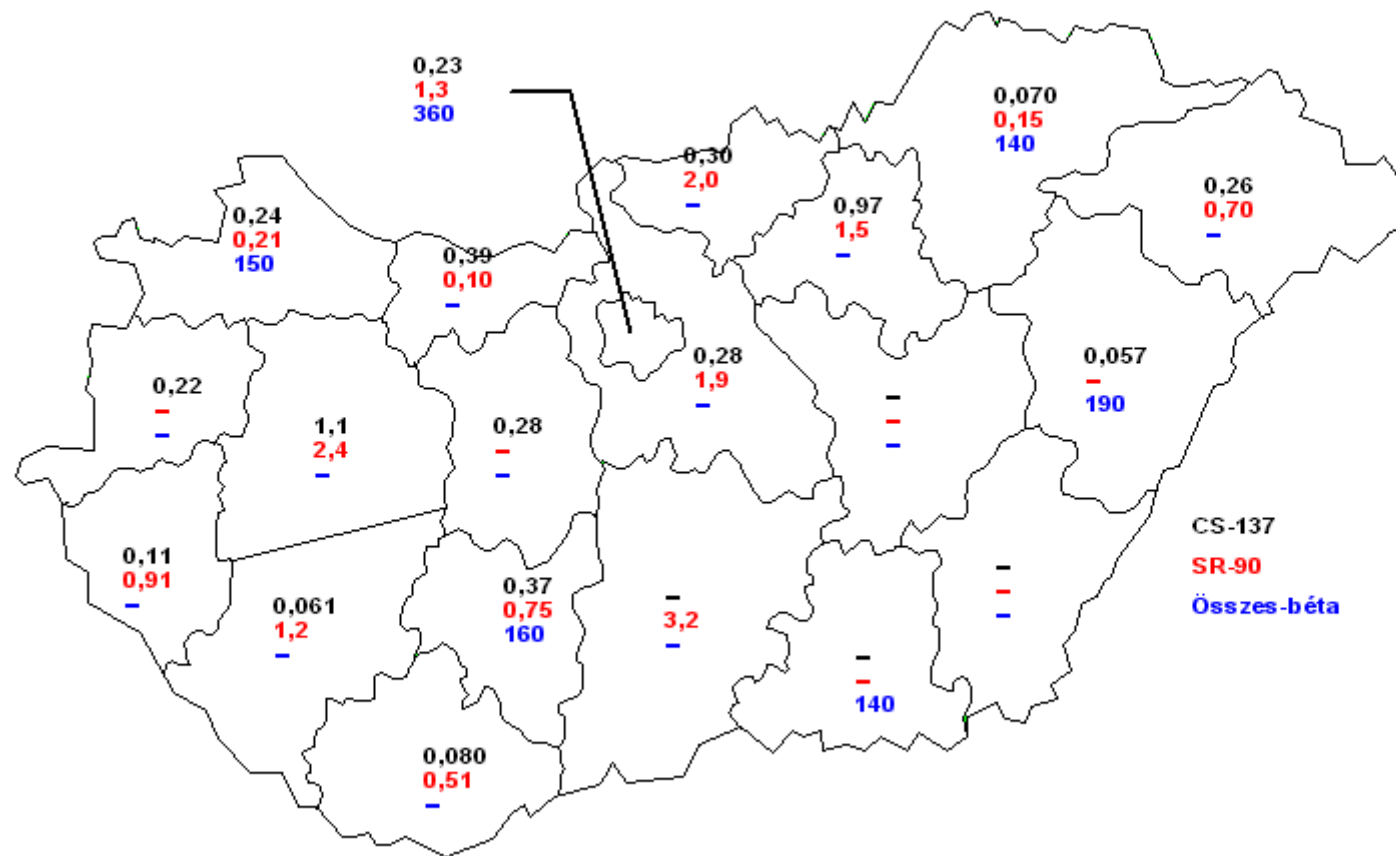
A mintáknak ebbe a csoportjába tartoznak mindazon haszonnövények – elsősorban a zöldségfélék –, amelyek közvetlenül, vagy kismértékű előkészítés (mosás, tisztítás) után fogyasztásra kerülnek. A zöldség- és gyümölcsfélék aktivitáskoncentrációit az irodalomban leggyakrabban az ún. nyers tömegre vonatkoztatják.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

5.2.1. Országos adatok

Az FmÁ REH mérési programja a teljes országot lefedi nuklidszelektív mérési eredményeket szolgáltatva. A részletes terményenkénti és izotóponkénti értékelés a monitoring programmal együtt a REH éves jelentésében megtalálható. Az FmÁ REH laboratóriumainak mintavételi programjában zöldségfélék, gyümölcsök illetve szabadban termő gombák is szerepelnek. A γ -spektrumanalízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként (ezek a jelentésben nem szerepelnek). Szintén ebből a hamuból történik az összes- α aktivitás mérése, illetve a ⁹⁰Sr radiokémiai elválasztása.

2007. évtől a vizsgálati programban szerepel az EU más tagországaiból vagy 3. országból származó zöldségek, gyümölcsök, fűszerek, szárított gombák, aszalt gyümölcsök ¹³⁷Cs szűrő vizsgálata. A minták mérése eredeti anyagból, 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik (ezen utóbbi adatok – az eltérő érzékenységgű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja decentrum régióként és negyedévenként 2-2 zöldségfajtát, valamint az első és negyedik negyedévben 1-1, a második és harmadik negyedévben 2-2 gyümölcsfajtát tartalmaz. Összesen 138 zöldség és gyümölcs minta vizsgálatát végezték el. A minta-előkészítés tisztítást, a tömeg mérését, szárítást, majd hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Az aktivitáskoncentrációt nyers tömegre vonatkoztatják. A ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,3 Bq/kg.



5.2.1. ábra. Nyers, növényi eredetű élelmiszer mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüÁ és FmÁ, Bq/kg, "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény, a gombaminták mérési eredményeit az ábrán nem tüntettük fel)

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 nagy része 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 0,2) hasonló a takarmánymintáknál kapottakhoz.

A nyers növényi élelmiszerek ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,98 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé 0,61 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes béta-aktivitás pedig 70 Bq/kg volt 2011-ben. (Megjegyezzük, hogy a gombaminták nélküli ^{137}Cs koncentrációk nagyobb része kimutatási határ alatti volt.)

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	0,070	0,080 (* 2,7)	-	5	3
Cs-137	BK	-	-	- (* 0,48)	-	9	9
Cs-137	BP	-	0,058	0,23	-	30	25
Cs-137	BZ	-	0,040	0,070 (* 0,42)	-	37	34
Cs-137	CS	-	-	- (* 1,2)	-	17	17
Cs-137	FE	-	0,090	0,28	-	7	2
Cs-137	GY	0,054	0,012	0,24 (* 7,9)	0,044	44	27
Cs-137	HA	-	-	0,057 (* 0,18)	-	37	36
Cs-137	HE	-	0,030	0,97	-	4	1
Cs-137	KO	-	0,18	0,39	-	8	6
Cs-137	NO	-	0,050	0,30 (* 0,83)	-	30	26
Cs-137	PE	-	0,026	0,28 (* 0,68)	-	12	4
Cs-137	SO	-	0,025	0,061 (* 1,3)	-	22	17
Cs-137	SZ	-	0,070	0,26 (* 2,0)	-	16	12
Cs-137	TO	-	0,050	0,37 (* 0,44)	-	38	35
Cs-137	VA	0,061	0,020	0,22 (* 2,7)	0,045	29	15
Cs-137	VE	-	0,060	1,2	-	17	12
Cs-137	ZA	-	0,051	0,11 (* 0,13)	-	23	18

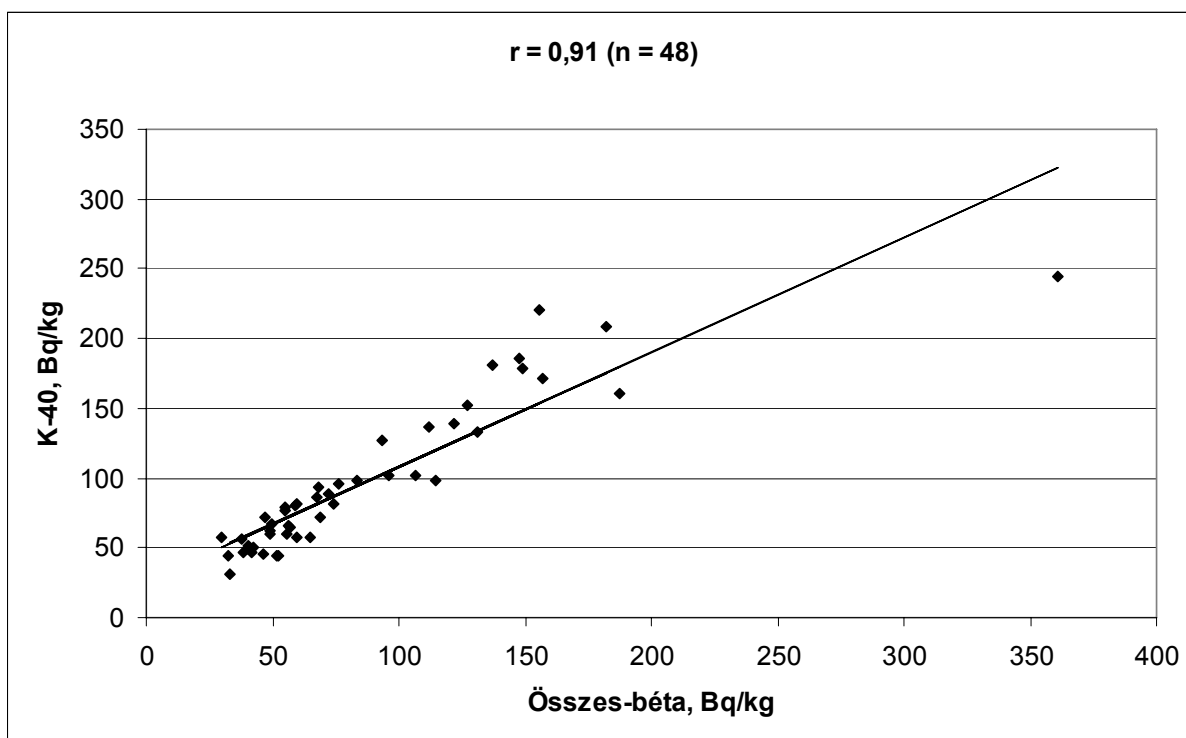
5.2.1. táblázat. (folytatás).

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Sr-90	BA	-	0,17	0,51	-	5	2
Sr-90	BK	-	0,13	3,2	-	5	0
Sr-90	BP	-	0,26	1,3	-	2	0
Sr-90	BZ	-	0,11	0,15	-	2	0
Sr-90	GY	-	-	0,21	-	1	0
Sr-90	HE	-	0,060	1,5	-	2	0
Sr-90	KO	-	-	0,10	-	1	0
Sr-90	NO	0,65	0,046	2,0	0,68	10	0
Sr-90	PE	-	0,22	1,9	-	6	0
Sr-90	SO	-	0,10	1,2	-	8	3
Sr-90	SZ	-	0,23	0,70	-	4	0
Sr-90	TO	-	0,056	0,75	-	9	0
Sr-90	VE	-	0,55	2,4	-	3	0
Sr-90	ZA	-	0,19	0,91	-	7	1
Összes-béta	BP	65	19	360	55	52	0
Összes-béta	BZ	72	27	140	36	13	0
Összes-béta	CS	76	29	140	37	18	0
Összes-béta	GY	66	28	150	28	18	0
Összes-béta	HA	74	28	190	42	19	0
Összes-béta	TO	78	30	160	39	18	0
Cs-137	Összesen	0,098	0,012	1,2 (*7,9)	-	385	299
Sr-90	Összesen	0,61	0,046	3,2	-	65	6
Összes-béta	Összesen	70	19	360	-	138	0

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

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

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



5.2.2. ábra. Nyers, növényi eredetű élelmiszerminták összes-béta és ^{40}K aktivitáskonzentrációi közötti korreláció (EüÁ)

5.2.2. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett zöldség- és gyümölcsminták mérési eredményei (OSSKI)

Az OSSKI három határmenti település (Balassagyarmat, Esztergom, Komárom) piacán vesz zöldség- és gyümölcsmintákat évente egyszer (ősszel). Ezeken a mintákon összes béta-aktivitáskonzentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez. A mintaelőkészítés szárítást, a száraz tömeg mérését, majd hamvasztást jelent. A gamma-spektrometriai analízist a minta $420\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on izzított hamujának legalább 50 cm^3 -éből, az összes béta-aktivitáskonzentráció meghatározását pedig ennek a hamunak 1 g -jából végzik. A ^{137}Cs koncentrációja minden esetben kimutatási határ (kb. $0,1\text{ Bq/kg}$) alatt maradt, az összes béta-aktivitáskonzentrációk pedig jellemzően a természetes eredetű ^{40}K izotóptól származtak. A mérési eredményeket az 5.2.2. táblázat tartalmazza.

5.2.2. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó zöldség- és gyümölcsminták ^{40}K koncentrációja és összes béta-aktivitáskonzentrációja (Bq/kg)

	^{40}K koncentráció		Összes béta-aktivitáskonc.	
	gyümölcs	zöldség	gyümölcs	zöldség
Balassagyarmat	52 ± 2	180 ± 10	41 ± 1	150 ± 10
Esztergom	45 ± 1	210 ± 10	33 ± 1	180 ± 10
Komárom	47 ± 1	180 ± 10	39 ± 1	140 ± 4

5.3. Feldolgozott, növényi eredetű élelmiszer

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

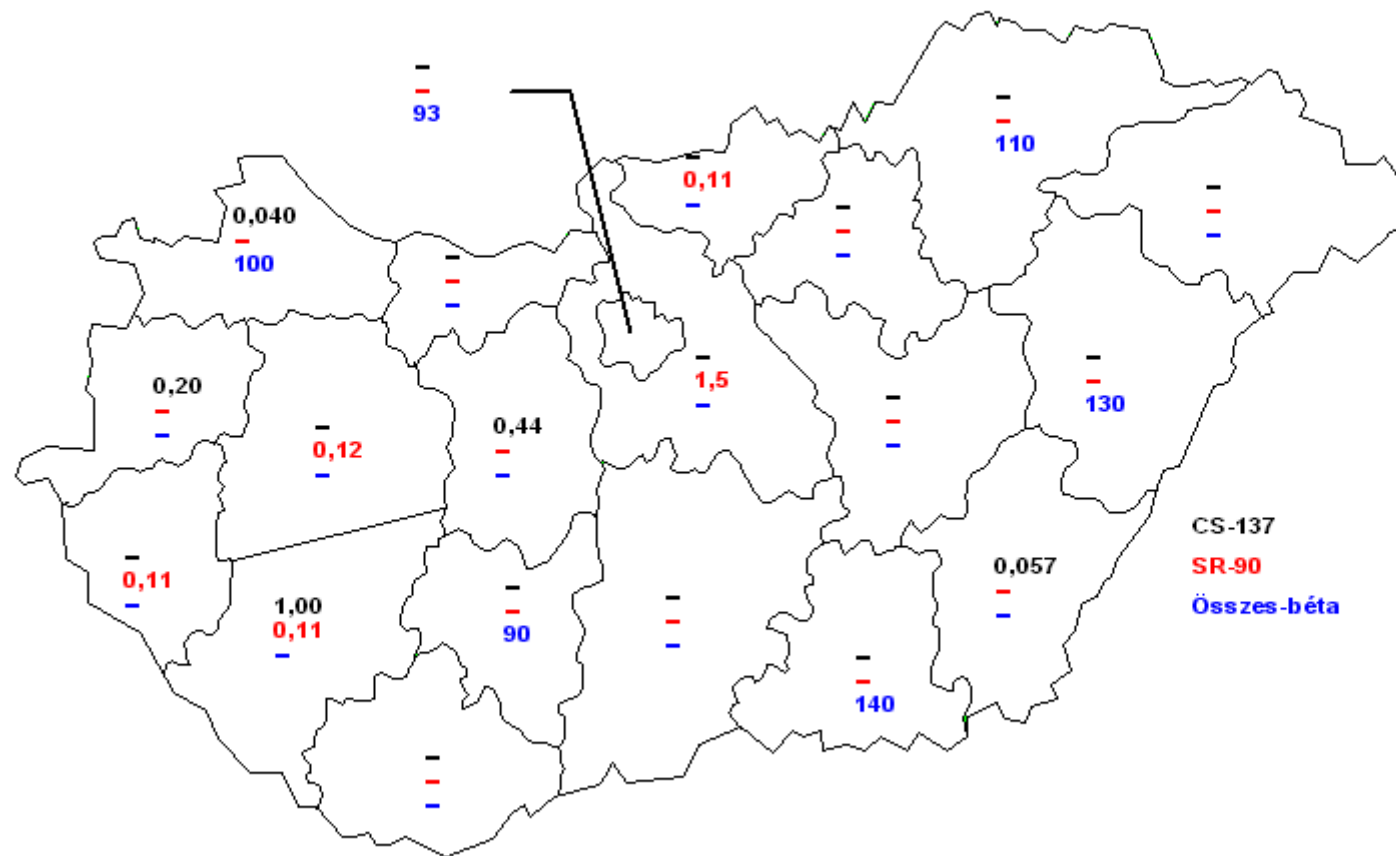
5.3.1. Országos adatok

Az FmÁ REH laboratóriumainak monitoring programja ebben az élelmiszer-csoportban is lefedi az országot; búza, árpa, kukorica, rozs minták szerepelnek. A γ -spektrumanalízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként (a jelentésben nem szerepelnek). Szintén ebből a hamuból történik az összes- α aktivitás mérése, illetve a ⁹⁰Sr radiokémiai elválasztása. Ezeket a vizsgálatokat, lehetőség szerint, minden mintából elvégzik.

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

Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja 5 megyére és a fővárosra terjed ki, negyedévente 1 gabonafajta és havonta 1 kenyérféle mintázását tartalmazza. Összesen 123 minta vizsgálatát végezték el. A minta-előkészítés szárítást, majd hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-ből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Az aktivitáskoncentrációt száraz tömegre vonatkoztatják. A ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,2 Bq/kg.

A gabonafélékben és termékekben mért aktivitáskoncentrációk éves, országos értékei az alábbi határok közt mozogtak (5.3.1. táblázat): 0,028 - 1,0 Bq/kg (¹³⁷Cs); 0,064 - 1,5 Bq/kg (⁹⁰Sr) és 14 - 140 Bq/kg (összes-béta). Kiemelendő, hogy ezen mintafajtákban a csernobili eredetű ¹³⁷Cs az igen kis kimutatási határok ellenére általában – a minták több mint 90 %-ában – már nem volt kimutatható.



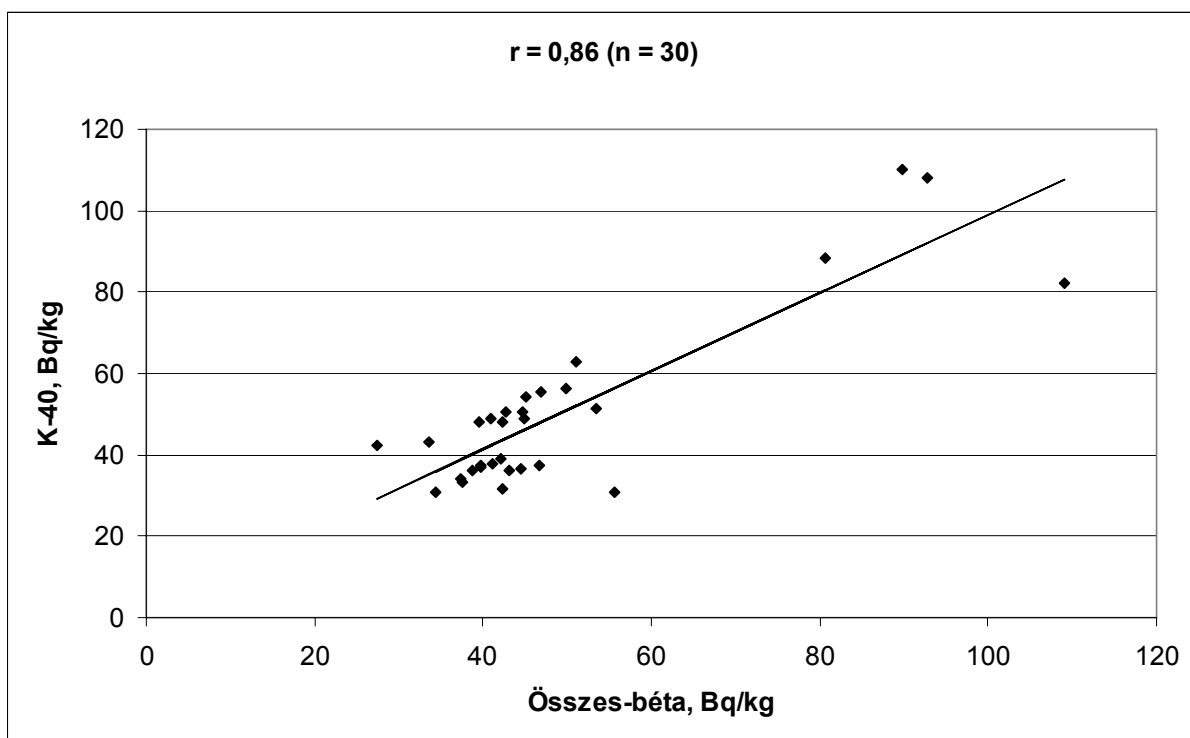
5.3.1. ábra. Feldolgozott, növényi eredetű élelmiszer mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüÁ és FmÁ, Bq/kg, "-" jelzi, hogy a méréből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény)

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	-	-	-	1	1
Cs-137	BE	-	-	0,057	-	2	1
Cs-137	BK	-	-	-	-	11	11
Cs-137	BP	-	-	-	-	19	19
Cs-137	BZ	-	-	-	-	6	6
Cs-137	CS	-	-	-	-	7	7
Cs-137	FE	-	-	0,44	-	5	4
Cs-137	GY	-	0,028	0,040	-	15	13
Cs-137	HA	-	-	-	-	13	13
Cs-137	JA	-	-	-	-	1	1
Cs-137	KO	-	-	-	-	16	16
Cs-137	NO	-	-	-	-	6	6
Cs-137	SO	-	-	1,0	-	5	4
Cs-137	TO	-	-	-	-	12	12
Cs-137	VA	-	0,056	0,20	-	10	6
Cs-137	VE	-	-	-	-	2	2
Cs-137	ZA	-	-	-	-	6	6
Sr-90	NO	-	-	0,11	-	2	1
Sr-90	PE	-	0,13	1,5	-	2	0
Sr-90	SO	-	-	0,12	-	1	0
Sr-90	TO	-	-	-	-	4	4
Sr-90	VE	-	-	0,12	-	1	0
Sr-90	ZA	-	0,064	0,11	-	3	0
Összes-béta	BP	37	14	93	19	32	2
Összes-béta	BZ	-	26	110	-	9	0
Összes-béta	CS	56	24	140	35	16	0
Összes-béta	GY	40	26	100	19	16	0
Összes-béta	HA	53	34	130	29	16	0
Összes-béta	TO	41	27	90	14	16	0
Cs-137	Összesen	-	0,028	1,0	-	137	128
Sr-90	Összesen	-	0,064	1,5	-	13	5
Össz-béta	Összesen	44	14	140	-	105	2

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

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



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

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.

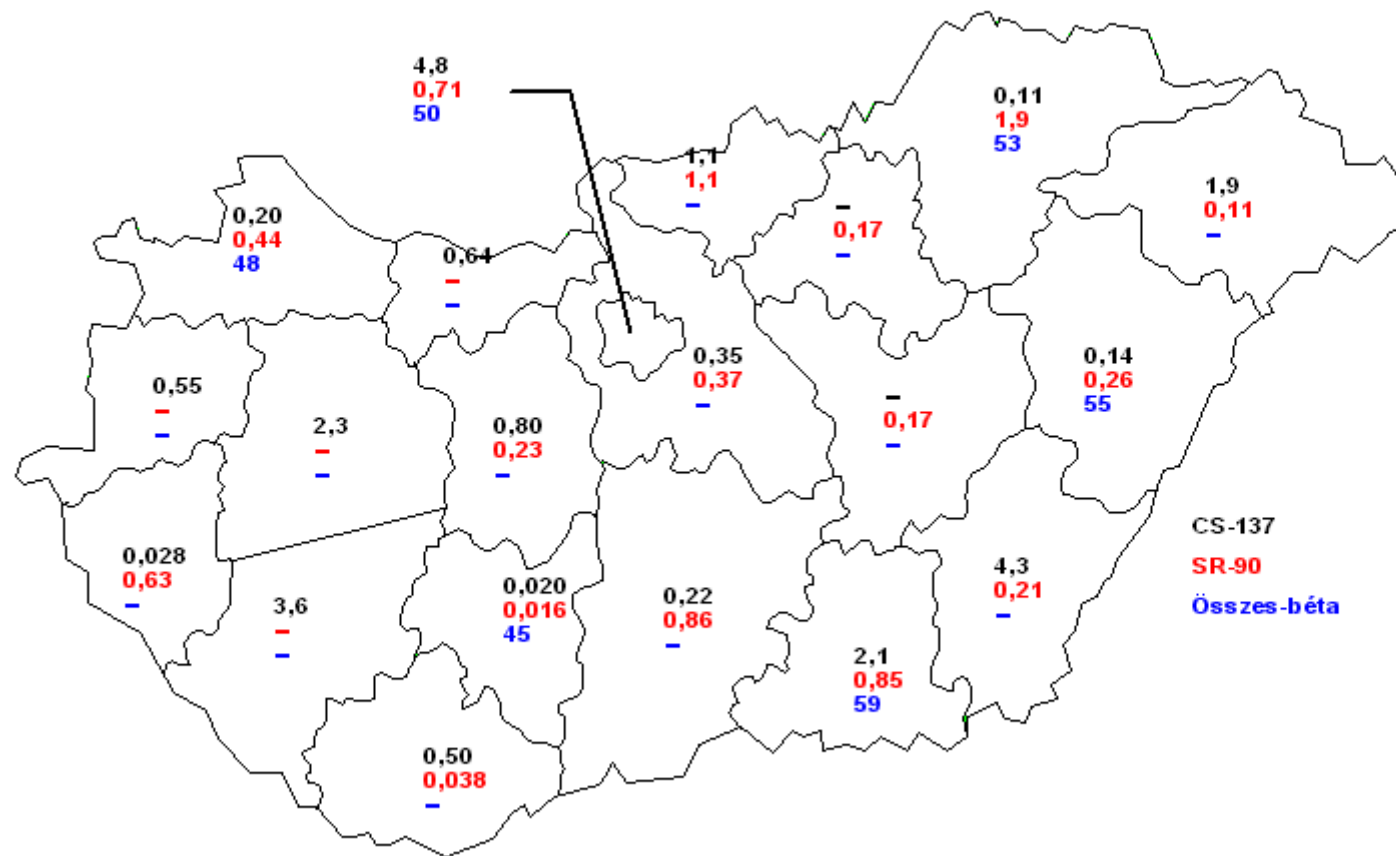
6.1.1. Országos adatok

Az FmÁ REH mérési programja a teljes országot lefedi nuklidszelektív mérési eredményeket szolgáltatva. A részletes terményenkénti és izotóponkénti értékelés a monitoring programmal együtt a REH éves jelentésében megtalálható. Az FmÁ REH laboratóriumainak mintavételi programjában tej, sajt illetve tejpör minták szerepelnek. A tej mintavétel havonta, tejgazdaságból vagy kistermelőtől, a takarmány mintavétellel együtt történik. A γ -spektrumanalízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként (a jelentésben nem szerepelnek). Szintén ebből a hamuból történik az összes- α aktivitás mérése, illetve a ⁹⁰Sr radiokémiai elválasztása. Ezeket a vizsgálatokat minden mintából elvégzik.

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 megyében és a fővárosban havonta 1-1 tejminta, továbbá negyedévente 1-1 sajt, túró és tejporminta vételére terjed ki. Az ERMAH és HAKSER mintavételi program keretében összesen 259 minta vizsgálatát végezték el. A mintaelőkészítés hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-ből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok, illetve a ⁹⁰Sr méréséhez ebből kiindulva végeznek radiokémiai elválasztást. A ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,25 Bq/kg (¹³⁷Cs).

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 helyszínét.

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



6.1.1. ábra. Tej és tejtermék mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüÁ és FmÁ, Bq/kg, "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény)

A tej- és tejtermékek ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,16 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé is hasonló, 0,12 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes béta-aktivitásé pedig 37 Bq/kg volt 2011-ben (Megjegyezzük, hogy a ^{137}Cs mérési eredmények több mint háromnegyede kimutatási határ alatti volt.)

6.1.1. táblázat. Tej és tejtermék mérési eredmények éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	-	0,50	-	15	14
Cs-137	BE	-	0,047	4,3	-	15	11
Cs-137	BK	-	-	0,22	-	20	19
Cs-137	BP	0,30	0,016	4,8	1,0	22	9
Cs-137	BZ	-	0,019	0,11	-	28	26
Cs-137	CS	-	0,040	2,1	-	24	21
Cs-137	FE	-	0,71	0,80	-	16	14
Cs-137	GY	-	0,017	0,20	-	35	29
Cs-137	HA	-	-	0,14	-	30	29
Cs-137	HE	-	-	-	-	13	13
Cs-137	JA	-	-	-	-	4	4
Cs-137	KO	-	-	0,64	-	13	12
Cs-137	NO	0,20	0,020	1,1	0,29	19	6
Cs-137	PE	0,084	0,020	0,35	0,10	21	6
Cs-137	SO	-	3,4	3,6	-	16	14
Cs-137	SZ	-	0,040	1,9	-	16	13
Cs-137	TO	-	0,020	0,020	-	81	79
Cs-137	VA	0,15	0,013	0,55	0,18	23	9
Cs-137	VE	-	-	2,3	-	13	12
Cs-137	ZA	-	0,026	0,028	-	19	17
Sr-90	BA	-	0,024	0,038	-	17	14
Sr-90	BE	-	-	0,21	-	3	2
Sr-90	BK	-	0,024	0,86	-	10	2
Sr-90	BP	-	0,060	0,71	-	18	13
Sr-90	BZ	-	0,037	1,9	-	8	2
Sr-90	CS	-	0,030	0,85	-	6	2
Sr-90	FE	-	0,023	0,23	-	21	16
Sr-90	GY	-	-	0,44	-	5	4
Sr-90	HA	-	0,025	0,26	-	10	6
Sr-90	HE	-	0,045	0,17	-	3	1
Sr-90	JA	-	-	0,17	-	1	0
Sr-90	KO	-	-	-	-	3	3
Sr-90	NO	0,27	0,024	1,1	0,35	16	2
Sr-90	PE	0,11	0,023	0,37	0,092	17	0
Sr-90	SO	-	-	-	-	17	17
Sr-90	SZ	-	0,034	0,11	-	4	0
Sr-90	TO	0,037	0,0046	0,016	0,061	43	31
Sr-90	VE	-	-	-	-	2	2
Sr-90	ZA	-	0,061	0,63	-	18	14

6.1.1. táblázat (folytatás).

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Összes-béta	BP	28	5,5	50	13	45	0
Összes-béta	BZ	40	16	53	11	13	0
Összes-béta	CS	40	26	59	8,7	24	0
Összes-béta	GY	38	17	49	9,8	24	0
Összes-béta	HA	39	10	55	8,9	28	0
Összes-béta	TO	40	6,4	45	7,3	61	0
Cs-137	Összesen	0,16	0,013	4,8	-	443	357
Sr-90	Összesen	0,12	0,0046	1,9	-	222	131
Összes-béta	Összesen	37	5,5	59	-	195	0

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

6.2. Hús és hústermékek aktivitáskoncentrációi

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

6.2.1. Országos adatok

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

2007. évtől szerepel az FmÁ REH monitoring programjában a húskészítmények, tengeri hal és tengeri puhatestűek ¹³⁷Cs szűrő vizsgálata. A minták mérése eredeti anyagból, 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenységu mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 megyében és a fővárosban negyedévente 1-1 marha-, sertés- és baromfihús minta vételére terjed ki. Összesen 123 minta vizsgálatát végezték el. A mintaelőkészítés hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-ből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Jellemző kimutatási határ: 0,01-0,2 Bq/kg (¹³⁷Cs).

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

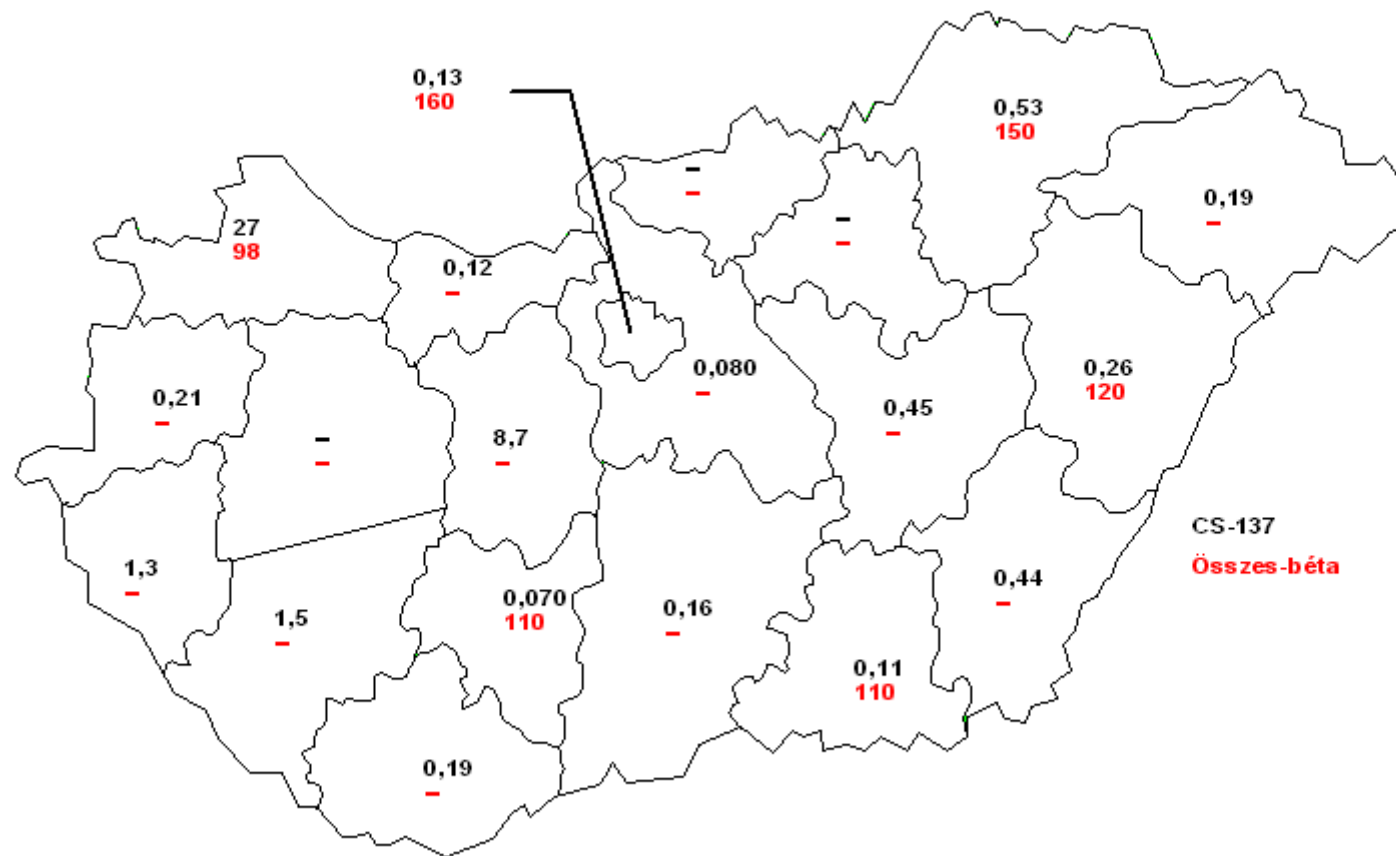
A hús és hústermékek ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,25 Bq/kg, a döntően természetes eredetű (^{40}K) összes béta-aktivitása pedig 72 Bq/kg volt 2010-ben. Ezek az értékek a 2010. évekhez hasonlóak.

6.2.1. táblázat. Hús és hústermék mérési eredmények éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

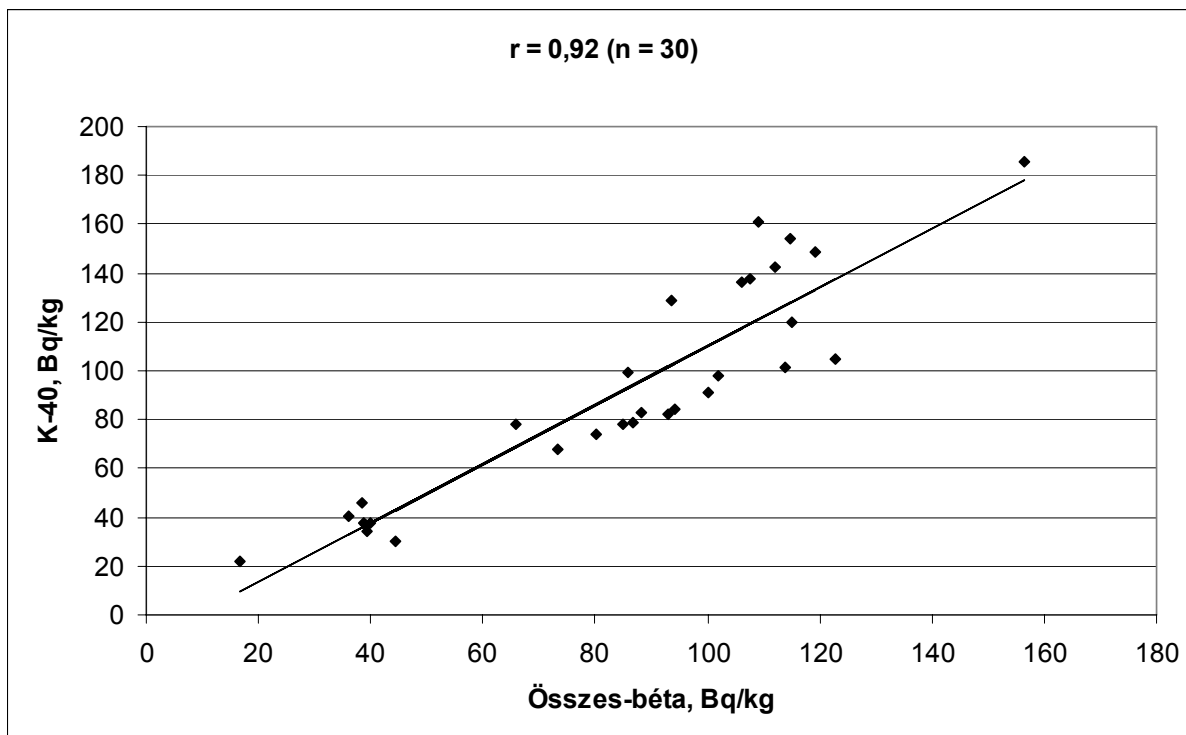
Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	0,090	0,19	-	10	6
Cs-137	BE	-	0,040	0,44	-	20	14
Cs-137	BK	-	0,10	0,16	-	55	53
Cs-137	BP	-	0,051	0,13	-	15	11
Cs-137	BZ	-	0,028	0,53	-	8	4
Cs-137	CS	-	0,070	0,11	-	28	24
Cs-137	FE	0,92	0,080	8,7	1,9	21	8
Cs-137	GY	1,2	0,041	27	5,6	23	12
Cs-137	HA	-	0,043	0,26	-	43	37
Cs-137	HE	-	-	-	-	8	8
Cs-137	JA	-	-	0,45	-	17	16
Cs-137	KO	-	-	0,12	-	6	5
Cs-137	NO	-	-	-	-	1	1
Cs-137	PE	-	0,060	0,080	-	11	8
Cs-137	SO	0,20	0,078	1,5	0,37	29	17
Cs-137	SZ	-	0,030	0,19	-	27	24
Cs-137	TO	-	-	0,070	-	15	14
Cs-137	VA	-	0,057	0,22	-	24	16
Cs-137	VE	-	-	-	-	8	8
Cs-137	ZA	-	0,066	1,3	-	19	11
Összes-béta	BP	59	14	160	37	34	0
Összes-béta	BZ	-	40	150	-	9	0
Összes-béta	CS	80	39	110	27	14	0
Összes-béta	GY	71	33	98	23	14	0
Összes-béta	HA	79	39	120	28	14	0
Összes-béta	TO	78	34	110	29	14	0
Cs-137	Összesen	0,25	0,028	27	-	388	297
Összes-béta	Összesen	72	14	160	-	99	0

A húspan és hústermékekben mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskoncentrációk közötti korrelációt a 6.2.2. ábrán szemléltetjük. A 2010. év eredményeihez hasonlóan a korreláció itt is erősnek mondható.

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



6.2.1. ábra. Hús és hústermék mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüÁ és FmÁ, Bq/kg, "-" jelzi, hogy a mérésekből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény)



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

6.2.2. A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei

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

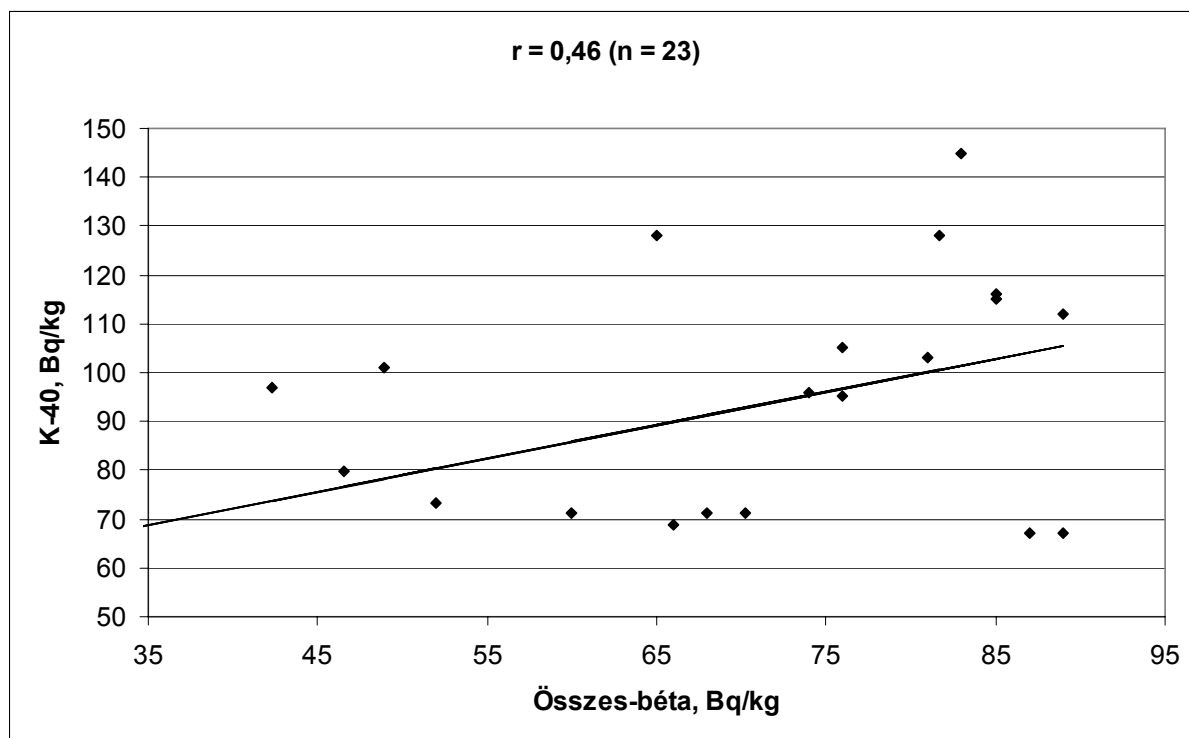
A dunai halakra, az erőmű alatti szakaszon kapott mérési eredményeket a 6.2.2. táblázatban foglaltuk össze.

Látható, hogy a mesterséges radionuklidok halakban mért koncentrációi – a szárazföldi tápláléklánc elemeihez hasonlóan – igen kicsik, a minták többségében kimutatási határ alattiak.

A halakban mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskonzentrációk közötti korrelációt a 6.2.3. ábrán szemléltetjük, a korreláció a korábbi éveknél is gyengébb. A halak a szárazföldi állatoktól eltérően koncentrálják a fémeket, a ^{40}K izotópon kívül más bétasugárzó, többnyire természetes eredetű radioaktív izotóp is hozzájárul az összes-béta eredményekhez.

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

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	0,13	0,030	0,43	0,11	24	14
Sr-90	-	0,40	0,70	-	24	24
Összes-béta	68	32	89	18	24	0



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

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 Környezetvédelmi és Vízügyi Ágazat 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 pécsi laboratórium a Duna erőmű feletti és alatti szakaszán a víz ^{137}Cs és ^{90}Sr koncentrációit is ellenőrzi.

Az ERMAH mérési program keretében a laboratóriumok megyénként 1-1 mintavételi pontban havonta egy folyóvizet és negyedévente egy állóvizet mintáznak. Az ERMAH és HAKSER mérési program keretében összesen 606 felszíni vízminta vizsgálatát végezték el. A mintákon összes-béta, féléves egyesített mintákon pedig gamma-spektrometriai elemzést végeznek. A ^{137}Cs aktivitáskoncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 2-20 mBq/l.

Az OSSKI a Duna alprogram keretében havi gyakorisággal vesz mintát a Duna vízből Gönyűnél, Észak-Pesten (Nagy Felszíni Vízmű – NFVM), Budafokon, Pakson és Mohácson, illetve a Szelidi-tóból is történik mintavételezés. A paksi mérések eredményeit a következő alfejezet tartalmazza. A mintákból havonta összes béta-aktivitás, ^{40}K - és ^3H -koncentráció mérések, illetve negyedévente ^{90}Sr -aktivitáskoncentráció és gamma-spektrometriai meghatározások történnek. A mintaelőkészítés a gamma-spektrometriai elemzés esetén bepárlást (45 literről 150 ml-re), az összes béta-aktivitás mérés esetén bepárlást és 380 °C-on történő hamvasztást, a ^{90}Sr -aktivitáskoncentráció mérése esetén további kémiai elválasztást jelent. A trícium méréseket elektrolitikus dúsítás előzi meg, a ^{40}K koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik.

A 2011. évben kapott mérési eredményeket a 7.1.1. táblázatban foglaltuk össze. A Dunában található mesterséges – csernobili eredetű – radionuklidok koncentrációja alacsony, legfeljebb 10-30 mBq/l nagyságrendű. Az összes-béta aktivitáskoncentrációk egy-két kivételtől eltekintve általában nem érik el az 1 Bq/l értéket. Az eredmények szóródása jelentős, a maximum és minimum értékek aránya néhányszor tíz is lehet.

7.1.1. táblázat. Egyes felszíni vizek mérési eredményeinek éves jellemzői (EüÁ és KvVÁ)

Radionuklid	Víz neve	Átlag mBq/l	Minimum mBq/l	Maximum mBq/l	Szórás mBq/l	N	Kh alatti
Cs-137	Által ér	-	4,8	10	-	2	2
Cs-137	Cseke tó	-	-	8,4	-	1	1
Cs-137	Deseda	-	5,6	6,7	-	2	2
Cs-137	Duna	-	0,18	11	-	59	53
Cs-137	Eger patak	-	4,8	5,0	-	2	2
Cs-137	Fehér tó	-	10	20	-	2	2
Cs-137	Fertő tó	-	17	18	-	2	2
Cs-137	Halastó (Orfű)	-	4,6	7,2	-	2	2
Cs-137	Hátori tó	-	16	16	-	2	2
Cs-137	Hármas-Körös	-	-	10	-	1	1
Cs-137	Horgásztó(Kecskem.)	-	10	20	-	2	2
Cs-137	Kapos	-	2,3	2,4	-	2	2
Cs-137	Keleti Főcsatorna	-	-	10	-	1	1
Cs-137	Kondor tó	-	5,0	9,5	-	3	3
Cs-137	Körös/Fehér-körös	-	10	30	-	2	2
Cs-137	Laskóvölgyi víztározó	-	14	14	-	2	2
Cs-137	Maros	-	-	10	-	1	1
Cs-137	Palotási víztározó	-	14	15	-	2	2
Cs-137	Rába	-	2,9	4,5	-	2	2
Cs-137	Sárvár tó	-	2,1	10	-	4	3
Cs-137	Séd	-	-	10	-	1	1
Cs-137	Sóstó	-	6,6	100	-	7	6
Cs-137	Szelidi tó	-	4,4	10	-	3	3
Cs-137	Szinva	-	4,6	4,9	-	2	2
Cs-137	Tisza	-	6,8	50	-	11	10
Cs-137	Vártó	-	10	20	-	2	2
Cs-137	Vekeri tó	-	-	24	-	1	1
Cs-137	Zagyva	-	4,7	4,9	-	2	2
H-3	Börzsöny patak	-	680	1000	-	2	0
H-3	Duna	2100	600	6400	780	152	0
H-3	Kemence patak	-	550	770	-	2	0
H-3	Kőérberki patak	1200	650	1800	340	12	0
H-3	Letskés patak	-	550	840	-	2	0
H-3	Némedi patak	-	660	1200	-	4	0
H-3	Szelidi tó	840	420	1100	170	12	0
H-3	Szilágyi patak	-	640	1300	-	4	0
H-3	Szilágyi patak, halastó	-	790	850	-	2	0
Sr-90	Duna	4,3	0,50	26	4,1	58	28
Sr-90	Kondor tó	-	4,1	5,3	-	3	3
Sr-90	Szelidi tó	-	5,0	5,6	-	3	3

7.1.1. táblázat. (folytatás).

Radionuklid	Víz neve	Átlag mBq/l	Minimum mBq/l	Maximum mBq/l	Szórás mBq/l	N	Kh alatti
Összes-béta	Által ér	-	200	330	-	6	0
Összes-béta	Balaton	290	240	330	31	22	0
Összes-béta	Bódva	190	110	480	100	11	0
Összes-béta	Börzsöny patak	-	140	170	-	2	0
Összes-béta	Cseke tó	-	170	580	-	2	0
Összes-béta	Deseda	-	140	180	-	4	0
Összes-béta	Dráva	110	90	150	17	10	0
Összes-béta	Duna	150	10	490	63	247	1
Összes-béta	Eger patak	270	150	480	110	12	0
Összes-béta	Fehér tó	-	320	630	-	4	0
Összes-béta	Fertő tó	-	600	750	-	4	0
Összes-béta	Halastó (Orfű)	-	81	91	-	4	0
Összes-béta	Hámori tó	-	26	51	-	4	0
Összes-béta	Hármas-Körös	160	100	280	44	16	0
Összes-béta	Hernád	170	100	200	29	11	0
Összes-béta	Holt tiszta	-	160	240	-	5	0
Összes-béta	Horgásztó(Kecskem.)	-	150	430	-	4	0
Összes-béta	Kapos	230	93	760	150	23	0
Összes-béta	Keleti Főcsatorna	130	70	230	44	10	0
Összes-béta	Kemence patak	-	140	280	-	2	0
Összes-béta	Kondor tó	-	130	190	-	9	0
Összes-béta	Kőérberki patak	490	100	700	180	15	0
Összes-béta	Körös/Fehér-körös	330	120	2100	550	12	0
Összes-béta	Lajta	120	90	140	16	12	0
Összes-béta	Laskóvölgyi víztározó	-	290	410	-	4	0
Összes-béta	Letkés patak	-	220	270	-	2	0
Összes-béta	Maros	-	170	430	-	5	0
Összes-béta	Nádor-csatorna	460	380	570	57	12	0
Összes-béta	Némedi patak	-	390	450	-	4	0
Összes-béta	Omszki tó	-	500	600	-	2	0
Összes-béta	Palotási víztározó	-	260	500	-	4	0
Összes-béta	Pinka	82	60	110	14	11	0
Összes-béta	Rába	120	60	180	30	24	0
Összes-béta	Sajó	200	130	330	52	11	0
Összes-béta	Sárvár tó	120	88	160	21	16	0
Összes-béta	Séd	-	-	80	-	1	0
Összes-béta	Sió	400	310	520	60	12	0
Összes-béta	Sóstó	-	140	200	-	6	0
Összes-béta	Szelidi tó	170	140	240	22	20	0
Összes-béta	Szilágyi patak	-	130	370	-	4	0
Összes-béta	Szilágyi patak,halastó	-	280	370	-	2	0
Összes-béta	Szinva	170	84	270	65	12	0
Összes-béta	Tisza	160	80	320	50	42	1
Összes-béta	Vártó	-	210	230	-	4	0
Összes-béta	Vekeri tó	-	120	200	-	6	0
Összes-béta	Velencei-tó	1600	1300	1800	180	12	0
Összes-béta	Zagyva	430	300	530	81	12	0
Összes-béta	Zala	-	-	150	-	1	0

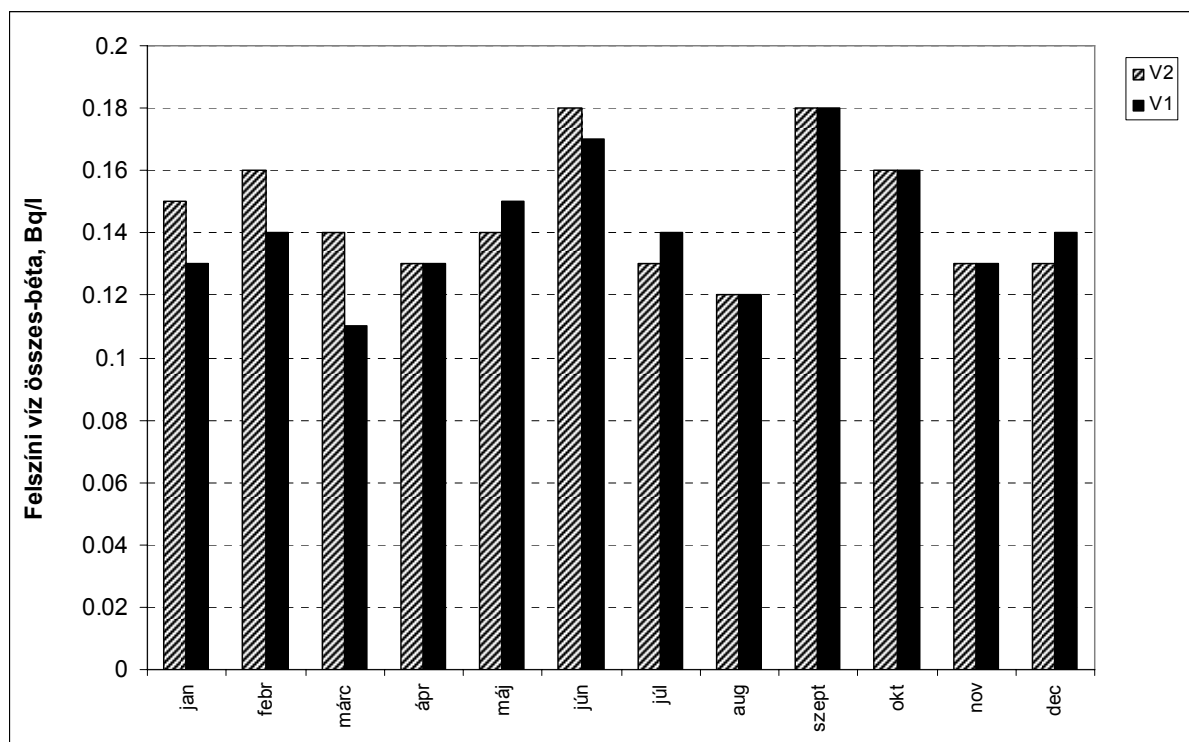
7.2. Létesítmények környezetének felszíni vizeiben mért aktivitáskoncentrációk

7.2.1. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrzési adatai

7.2.1.1. A Paksi Atomerőmű mérési 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. A melegvízcsatornánál – a természetes radionuklidok járulékát is tartalmazó – összes béta-aktivitáskoncentráció emelkedése várható. A 7.2.1. ábrán a melegvízcsatorna vizének havi átlagai számottevő mértékben nem haladják meg a hidegvízcsatorna hasonló értékeit.



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

7.2.1.2. Az OSSKI mérési adatai

Az OSSKI a Duna alprogram keretében havi gyakorisággal vesz mintát a Duna vízből Paksnál, illetve a paksi kollégák segítségével az M5 és T24 figyelőkutakból, valamint a V2 melegvízes csatornából. A mintákból havonta összes béta-aktivitás, ^{40}K - és ^3H -koncentráció mérések, illetve negyedévente ^{90}Sr -aktivitáskoncentráció és gamma-spektrometriai meghatározások történnek. A mintaelőkészítés a gamma-spektrometriai elemzés esetén bepárlást (45 literről 150 ml-re), az összes béta-aktivitás mérés esetén bepárlást és 380 °C-on történő hamvasztást, a ^{90}Sr -aktivitáskoncentráció mérése esetén további kémiai elválasztást jelent. A trícium méréseket elektrolitikus dúsítás előzi meg, a ^{40}K koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik. A ^{137}Cs aktivitáskoncentrációja minden esetben kimutatási határ alatti volt. A mérési eredményeket a 7.2.1. táblázat tartalmazza.

7.2.1. táblázat. Paks közvetlen környezetében vett Dunavíz-minták aktivitása (OSSKI)

Radionuklid	Mintavétel helye	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kh alatti	Egység
Sr-90	Paks	-	1,5	4,6	-	4	0	mBq/l
Sr -90	V2	–	1,6	4,2	–	4	0	mBq/l
H-3	M5	89	33	170	47	12	0	Bq/l
H-3	Paks	1,4	0,60	2,2	0,4	12	0	Bq/l
H-3	T24	100	35	370	90	12	0	Bq/l
H-3	V2	1,9	1,5	2,9	0,4	12	0	Bq/l
K-40	Paks	83	62	110	13	12	0	mBq/l

7.2.2. Az RHFT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményei

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

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

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

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

Radionuklid	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kh alatti
C-14	-	0,019	0,027	-	4	0
H-3	-	0,79	1,1	-	6	0
K-40	0,41	0,22	0,68	0,12	12	0
Ra-224	-	0,054	0,10	-	18	10
Ra-226	-	0,0062	0,070	-	15	10
Sr-90	-	0,0021	0,0029	-	4	0
U-235	-	0,0031	0,0092	-	10	4
U-238	-	0,037	0,052	-	4	0
Összes-béta	0,31	0,018	0,60	0,16	11	0

7.2.3. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett folyóvíz- és iszapminták mérési eredményei (OSSKI)

Az OSSKI három határmenti településen (Bernecebaráti, Letkés, Nagybörzsöny) vesz folyóvízmintákat félévente. Ezeknek a mintáknak meghatározza az összes béta-aktivitáskonzentrációját, valamint a trícium és ^{40}K koncentrációját. A mintaelőkészítés az összes béta-aktivitás mérés esetén bepárlást és 380 °C-on történő hamvasztást jelent, a trícium mérés esetén pedig elektrolitikus dúsítást. A ^{40}K koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik. A mérési eredményeket a 7.2.3. táblázat tartalmazza.

7.2.3. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó folyóvízminták összes béta-aktivitáskonzentrációja, trícium és ^{40}K koncentrációja (Bq/l)

	Összes béta-aktivitáskonc.		Trícium koncentráció		^{40}K koncentráció	
	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév
Bernecebaráti	0,14 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,77 ± 0,21	0,52 ± 0,18	0,10 ± 0,001	0,020 ± 0,001
Letkés	0,22 ± 0,01	0,27 ± 0,02	0,84 ± 0,22	0,55 ± 0,18	0,17 ± 0,001	0,030 ± 0,001
Nagybörzsöny	0,14 ± 0,01	0,17 ± 0,01	1,0 ± 0,2	0,68 ± 0,18	0,070 ± 0,001	0,010 ± 0,001

Az OSSKI ugyanezek a helyszíneken ugyancsak féléves gyakorisággal iszapmintákat is vizsgál gamma-spektrometriai módszerrel. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a 110 °C-on szárított mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm³ térfogaton) végzik 20 000 s mérési idővel. A ^{137}Cs aktivitáskonzentrációjára vonatkozó mérési eredményeket a 7.2.4. táblázat tartalmazza.

7.2.4. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó iszapminták ^{137}Cs koncentrációja (Bq/kg)

	1. félév	2. félév
Bernecebaráti	1,5 ± 0,1	1,3 ± 0,1
Letkés	1,8 ± 0,1	2,7 ± 0,1
Nagybörzsöny	3,4 ± 0,1	2,3 ± 0,1

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.

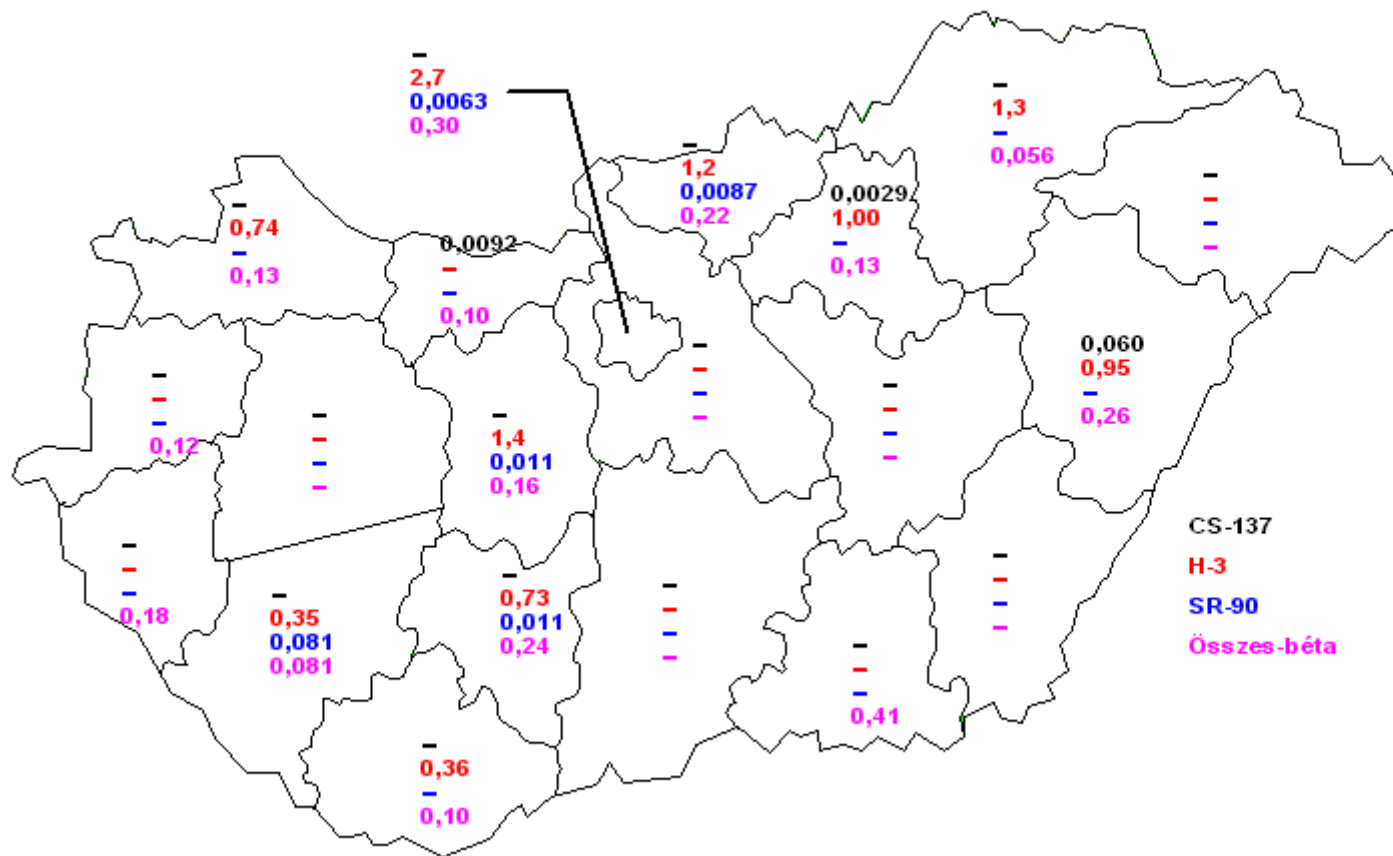
8.1. Vezetékes ivóvíz országos adatok

Országos ivóvíz-ellenőrzési programot az EüÁ ERMAH laboratóriumok végeznek. A mintavételi program megyénkénti negyedéves mintázást ír elő az összes-béta mérésekhez. Ezenkívül a ^3H és ^{90}Sr vizsgálatokhoz évi 2-2 mintát vesznek megyénként. Az ERMAH és HAKSER mérési program keretében összesen 323 vízminta vizsgálatát végezték el. Jellemző kimutatási határok: 0,16-0,20 Bq/l (^3H), 5-30 mBq/l (^{90}Sr).

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

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

Az ivóvíz ^3H aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,71 Bq/l, a legnagyobb érték (2,7 Bq/l) is jóval kisebb mint az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X.25.) Korm. rendeletben európai uniós ajánlás alapján megadott indikátor paraméter (100 Bq/l). A ^{90}Sr koncentrációi 0,0053-0,081 Bq/l között vannak, az összes béta-aktivitások átlaga 0,10 Bq/l, a ^{137}Cs koncentrációi javarészt kimutatási határ alattiak.



8.1.1. ábra. Ivóvíz mérési eredmények éves maximum értékei (EüÁ, Bq/l, "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény)

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	-	-	-	2	2
Cs-137	BP	-	-	-	-	1	1
Cs-137	BZ	-	-	-	-	4	4
Cs-137	CS	-	-	-	-	3	3
Cs-137	FE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	GY	-	-	-	-	4	4
Cs-137	HA	-	0,010	0,060	-	14	12
Cs-137	HE	-	-	0,0029	-	2	1
Cs-137	KO	-	-	0,0092	-	1	0
Cs-137	NO	-	-	-	-	2	2
Cs-137	SO	-	-	-	-	2	2
Cs-137	TO	-	-	-	-	24	24
Cs-137	VA	-	-	-	-	2	2
H-3	BA	-	-	0,36	-	2	1
H-3	BP	1,5	1,0	2,7	0,58	15	1
H-3	BZ	-	1,1	1,3	-	2	0
H-3	CS	-	-	-	-	3	3
H-3	FE	-	-	1,4	-	1	0
H-3	GY	-	0,61	0,74	-	2	0
H-3	HA	-	0,26	0,95	-	6	1
H-3	HE	-	0,95	1,0	-	2	0
H-3	KO	-	-	-	-	1	1
H-3	NO	-	1,0	1,2	-	2	0
H-3	SO	-	-	0,35	-	2	1
H-3	TO	0,34	0,20	0,73	0,18	26	8
H-3	VA	-	-	-	-	2	2
H-3	ZA	-	-	-	-	1	1
Sr-90	BA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	BP	-	-	0,0063	-	1	0
Sr-90	BZ	-	-	-	-	1	1
Sr-90	FE	-	-	0,011	-	1	0
Sr-90	GY	-	-	-	-	2	2
Sr-90	HA	-	-	-	-	6	6
Sr-90	HE	-	-	-	-	1	1
Sr-90	KO	-	-	-	-	1	1
Sr-90	NO	-	-	0,0087	-	1	0
Sr-90	SO	-	-	0,081	-	2	1
Sr-90	TO	-	0,0053	0,011	-	22	17
Sr-90	VA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	ZA	-	-	-	-	1	1

8.1.1. táblázat. (folytatás)

Összes-béta	BA	-	0,077	0,10	-	4	0
Összes-béta	BP	0,10	0,024	0,30	0,062	43	5
Összes-béta	BZ	-	0,026	0,056	-	7	0
Összes-béta	CS	0,11	0,030	0,41	0,12	16	0
Összes-béta	FE	-	0,14	0,16	-	2	0
Összes-béta	GY	-	0,040	0,13	-	8	0
Összes-béta	HA	0,12	0,059	0,26	0,049	39	4
Összes-béta	HE	-	0,11	0,13	-	4	0
Összes-béta	KO	-	0,10	0,10	-	2	0
Összes-béta	NO	-	0,078	0,22	-	4	0
Összes-béta	SO	-	0,057	0,081	-	4	0
Összes-béta	TO	0,088	0,046	0,24	0,035	65	0
Összes-béta	VA	-	0,056	0,12	-	4	0
Összes-béta	ZA	-	0,16	0,18	-	2	0
Cs-137	Összesen	-	0,0029	0,060	-	62	58
H-3	Összesen	0,71	0,20	2,7	-	67	19
Sr-90	Összesen	-	0,0053	0,081	-	43	34
Összes-béta	Összesen	0,10	0,024	0,41	-	204	9

8.2. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett ivóvízminták mérési eredményei (OSSKI)

Az OSSKI három határmenti településen (Balassagyarmat, Esztergom, Vác) vesz ivóvízmintákat félévente. Ezeknek a mintáknak meghatározza az összes béta-aktivitáskonzentrációját, valamint a trícium és ^{40}K koncentrációját. A mintaelőkészítés az összes béta-aktivitás mérés esetén bepárlást és 380 °C-on történő hamvasztást jelent, a trícium mérés esetén pedig elektrolitikus dúsítást. A ^{40}K koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik. A mérési eredményeket a 8.2.1. táblázat tartalmazza.

8.2.1. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó ivóvízminták összes béta-aktivitáskonzentrációja, trícium és ^{40}K koncentrációja (Bq/l)

	Összes béta-aktivitáskonc.		Trícium koncentráció		^{40}K koncentráció	
	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév
Balassagyarmat	0,11 ± 0,02	0,17 ± 0,02	1,4 ± 0,2	1,1 ± 0,2	0,090 ± 0,001	0,10 ± 0,001
Esztergom	0,11 ± 0,01	0,080 ± 0,011	1,7 ± 0,2	< 0,17	0,080 ± 0,001	0,060 ± 0,001
Vác	0,11 ± 0,01	0,11 ± 0,01	2,1 ± 0,3	1,0 ± 0,2	0,11 ± 0,001	0,10 ± 0,001

8.3. Ásványvizek

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

Az EüÁ ERMAH mérési programjában a decentrumok megyéiben szerepel negyedévenkénti mintavétel. Az összesen 44 mintán összes béta-aktivitáskoncentráció mérést végeztek. A 2011-ben kapott eredményeket a 8.2.1. táblázatban foglaltuk össze.

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

8.3.1. táblázat. Ásványvíz mérési eredmények jellemzői (EüÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kh alatti
Cs-137	BP	-	-	-	-	1	1
Cs-137	BZ	-	-	-	-	2	2
Cs-137	GY	-	-	-	-	2	2
Cs-137	HA	-	-	-	-	2	2
Cs-137	TO	-	-	-	-	2	2
Összes-béta	BP	0,11	0,024	0,30	0,081	16	5
Összes-béta	BZ	-	0,027	0,056	-	3	0
Összes-béta	CS	-	0,12	0,41	-	4	0
Összes-béta	GY	-	0,040	0,080	-	4	0
Összes-béta	HA	-	0,080	0,22	-	4	0
Összes-béta	TO	-	0,053	0,24	-	4	0
Cs-137	Összesen	-	-	-	-	9	9
Összes-béta	Összesen	0,13	0,024	0,41	-	35	5

9. Vegyes élelmiszer

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

9.1. Országos adatok

Az EüÁ ERMAH mérési programjában a decentrumok megyéiben szerepel félévenkénti mintavétel. Az összesen 21 mintán ^{90}Sr meghatározást és gamma-spektrometriai elemzést végeztek el. A ^{90}Sr és ^{137}Cs radionuklidok aktivitáskoncentrációit az ERMAH laboratóriumok az ételminták hamvasztása után határozzák meg. A 2011. évi eredményeket a 9.1.1. táblázatban foglaltuk össze. Az eredményeket Bq/kg egységben adtuk meg. Jellemző kimutatási határok: 0,01-0,05 Bq/kg (^{90}Sr és ^{137}Cs radionuklidra egyaránt).

A táblázatban közölt eredményekből látható, hogy a ^{137}Cs a ^{90}Sr koncentrációk többsége a kimutatási határ alatt volt. A lakosság által fogyasztott ételekben tehát a csernobili eredetű ^{137}Cs és ^{90}Sr aktivitáskoncentrációja mára gyakorlatilag nem haladja meg a 0,05 Bq/kg szintet.

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BP	-	-	-	-	2	2
Cs-137	BZ	-	-	-	-	1	1
Cs-137	CS	-	-	-	-	2	2
Cs-137	GY	-	-	-	-	2	2
Cs-137	HA	-	-	-	-	2	2
Cs-137	TO	-	-	-	-	2	2
Sr-90	BP	-	0,022	0,044	-	2	0
Sr-90	BZ	-	-	-	-	1	1
Sr-90	GY	-	-	-	-	2	2
Sr-90	HA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	TO	-	0,011	0,013	-	2	0
Összes-béta	BP	-	32	38	-	2	0
Összes-béta	HA	26	15	43	8,4	10	0
Cs-137	Összesen	-	-	-	-	11	11
Sr-90	Összesen	-	0,011	0,044	-	9	5
Összes-béta	Összesen	28	15	43	-	12	0

10. Rendkívüli kibocsátásokkal kapcsolatos hazai mérési eredmények

10.1. Az OSSKI és az ERMAH laboratóriumok mérési eredményei a fukusimai baleset után

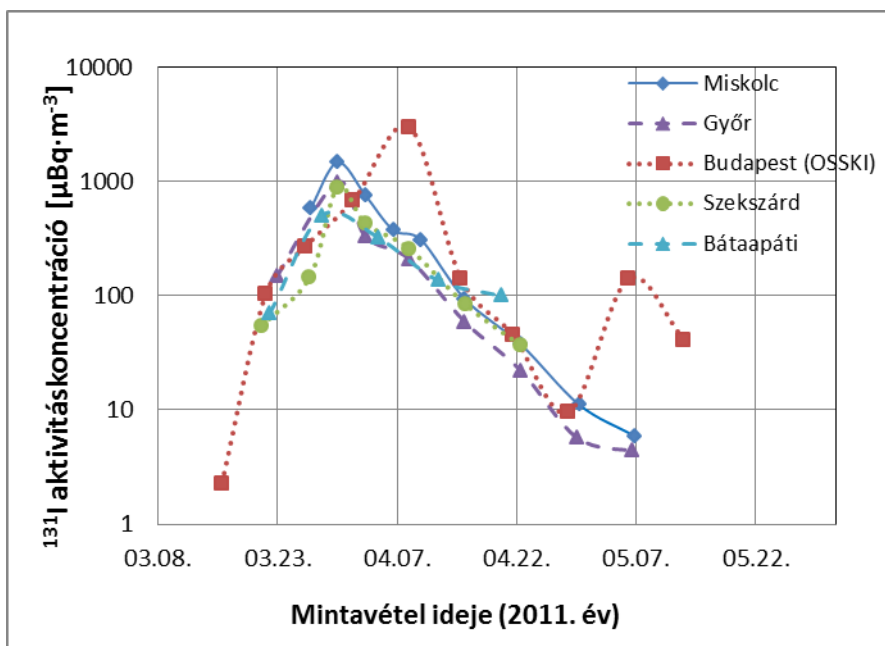
2011. március 11-én 9,0 magnitúdójú földrengés rázta meg Japán csendes-óceáni partját, amelyet rendkívüli erejű szökőár követett. A földrengés és az árhullám komoly károkat okozott Fukushima tartományban levő Fukushima TEPCO Dai-ichi atomerőműben, ahol több reaktorbloknál kémiai robbanás következett be. Ennek következtében nagy mennyiségű hasadvány termék jutott ki a környezetbe, elsősorban radioaktív nemesgázok, radiojódok és radiocéziumok.

A cézium izotópok a levegőbe kerülést követően rövid idő alatt kitapadtak aeroszolok felületére, amelyek mintegy hordozó anyagként viselkedtek az izotópok levegőben történő transzportja során. A jódizotópoknak azonban nem a teljes egésze tapad ki szilárd szemcsék felületére, egy részük gáz halmazállapotú marad.

Európában az első észlelést március 20-án Izlandról jelentették (Rejkjavíkból), majd 24-25-én már Európa legtöbb országában emelkedett radioaktivitás volt mérhető a levegőben. Az ERMAH laboratóriumok a nukleáris baleseti helyzetre való tekintettel a meghatározott éves mintavételi és mérési programot kibővítve, fokozott figyelemmel végezték a környezet radiológiai ellenőrzését.

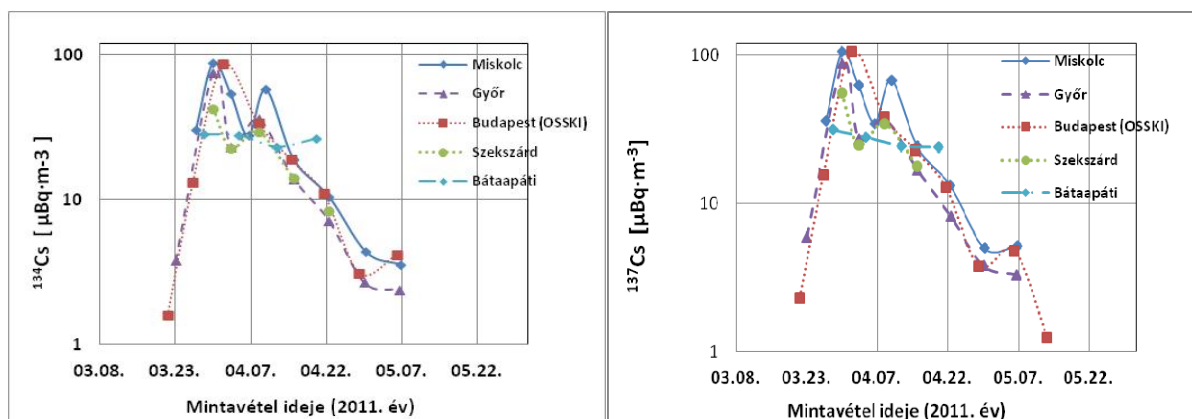
A radiológiai környezeti monitorozás legfontosabb eleme a levegő vizsgálata, mivel a környezetbe kikerülő radioizotópok legkönnyebben és leggyorsabban a légköri transzport útján jutnak el a kibocsátás területétől távolabb eső területekre. Az ERMAH laboratóriumokban 6 kis légforgalmú ($3-4 \text{ m}^3/\text{h}$ teljesítményű) és 5 közepes légforgalmú ($150 \text{ m}^3/\text{h}$ teljesítményű) aeroszol mintavevő áll rendelkezésre. Az utóbbiak esetében a mintagyűjtési idő általában egy hét, ami alatt kb. $25-30000 \text{ m}^3$ levegő átszívása valósul meg a filteren. Az előbbieket esetében a filter cseréje rendszerint naponta történik és csak mintegy $60-80 \text{ m}^3$ levegő mintázása valósul meg. Az így kapott filterekből feldolgozás nélkül összes béta-aktivitás mérés történik, míg a közepes légforgalmúval vett mintákból komppaktálás után gamma-spektrometriai meghatározás történik.

Az aeroszol vizsgálatok eredményei alapján a radioaktív felhő március 24-én érte el hazánkat. Ekkor a ^{131}I radioizotóp jelenléte a levegőben több helyen vett mintában is kimutathatóvá vált. 2011 márciusát megelőzően Budapest területét kivéve egyik ERMAH laboratórium környezetében sem volt radiojód mérhető mennyiségben. A ^{131}I aktivitáskoncentrációja az ország nagyobb részében az első észlelések után egy héttel (március végén) érte el a maximumot $1,0-1,4 \text{ mBq/m}^3$ körüli értéknél, majd folyamatosan csökkent és május közepére visszaesett a mérés kimutatási határa alá (amely néhány $\mu\text{Bq/m}^3$). A laboratóriumok mérési eredményei mind nagyságukat, mind pedig időbeli eloszlásukat tekintve hasonló képet mutattak. Egyedül a Budapesten mért értékek nem illeszkedtek ebbe a képbe, ezért ezeket később külön is vizsgáltuk. (10.1.1. ábra)



10.1.1. ábra. Aeroszolhoz kötött ^{131}I aktivitáskonzentrációjának időbeli változása

A ^{134}Cs és ^{137}Cs radioizotópok egyidejűleg, majdnem egy héttel a ^{131}I megjelenése után váltak mérhetővé a levegő mintákban. Az aktivitáskonzentrációjuk a radiojódéhoz hasonlóan, március legvégén érte el a maximumot kb. $100 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ értéknél, majd folyamatos csökkent május közepéig, amikor is visszatért a kimutatási határ (néhány $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) szintje alá. A mért adatok alapján megállapítható, hogy a ^{137}Cs és a ^{131}I aktivitáskonzentrációja között mintegy 15-szörös különbség volt. Ez magyarázatul szolgál arra is, hogy mért volt a ^{131}I hamarabb kimutatható, mint a cézium izotópjai. (10.1.2. ábra)



10.1.2. a-b ábra. Aeroszolhoz kötött ^{134}Cs (a) és ^{137}Cs (b) aktivitáskonzentrációjának időbeli változása

A ^{134}Cs és ^{137}Cs aktivitáskonzentrációjának aránya az egész országban közel megegyező, $0,83 \pm 0,08$ volt. A radioizotópok aktivitáskonzentrációjának időbeli változásának hasonlósága alapján, valamint a két radiocézium arányából arra lehetett következtetni, hogy a mért hasadvány termékek erőműi eredetűek.

Az ERMAH laboratóriumok a fukusimai baleset környezeti hatásának nyomon követése céljából a rendszeres, tervezett radiológiai ellenőrző programban foglaltakon felül további mintákat is vizsgáltak: így fűvet és nyers zöldségfélét, illetve tej és ivóvíz mintákat. A

vizsgálathoz olyan zöldségek voltak választva, amelyeket szabadföldön (veteményeskertben) termesztettek és nyersen is fogyasztunk (sóska, spenót, zöldhagyma), a vizsgált tej minták szabadon legeltetett állatoktól (tehén, kecske) származtak. A frissen nyírt fűminták eredményeiből a levegőben levő hasadvány termékek száraz kiülepedéséről kaphatunk információt. A levelekre kiülepedett radioizotópok a legeltetett állatok tején és húján keresztül az ember által fogyasztott élelmiszerbe is bekerülhetnek. Az emberi szervezetbe ezen kívül radioaktív szennyezett levegő belélegzésével kerülhet még be radioizotóp, amely belső sugárterhelést okozhat.

A vizsgált mintákból, feldolgozás nélkül, gamma-spektrometriai meghatározás történt. A zöldségfélék esetében egyedül a ^{131}I izotóp volt kimutatható 0,2-1,0 Bq/kg mennyiségben. A ^{131}I radioizotóp aktivitáskoncentrációja az április elején vett, frissen nyírt fűmintákban is mérhető volt 0,5-3,0 Bq/kg mennyiségben a radiocéziumok 0,2-0,7 Bq/kg aktivitáskoncentrációja mellett.

A gamma-dózisteljesítmény mérések nem mutattak emelkedést a megelőző évek hasonló időszakához képest. A mért értékek 90-110 nSv/h közöttiek voltak.

A kapott aeroszol eredmények felhasználásával megbecsültük a hazai lakosság mesterséges forrásból, belégzés útján származó sugárterhelését a 2011. március-május. közötti időszakra. A számításokhoz a ^{131}I , ^{134}Cs és ^{137}Cs izotópok levegőben mért aktivitáskoncentrációi voltak alapul véve. A lekötött effektív dózis meghatározásakor konzervatív becslés történt, ezért a választott időszak minden napjára az aznap mért legmagasabb aktivitáskoncentráció érték volt figyelembe véve. A becslést felnőtt emberre és csecsemőre lett elvégezve. A számítások eredményeit az 10.1.1. táblázat mutatja.

A becslések szerint egy átlagos magyarországi felnőtt lakos ^{131}I belélegzéséből származó lekötött effektív dózisa nem haladja meg a 4 nSv-et, a csecsemőknél a 9 nSv-et. A ^{134}Cs és ^{137}Cs belélegzéséből származó dózisok pedig egyik korcsoportra sem haladták meg a 2 nSv-et.

10.1.1. táblázat. Belégzésből származó lekötött effektív dózis értékek

Korcsoport		Felnőtt (>17 év) légzési sebesség: 22,2 (m ³ /nap)			Csecsemő (1-2 év) légzési sebesség 5,16 (m ³ /nap)		
Radioizotóp		^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs
Dóziskonverziós tényező*, D (Sv·Bq ⁻¹)		7,4·10 ⁻⁹	2,0·10 ⁻⁸	3,9·10 ⁻⁸	7,2·10 ⁻⁸	6,3·10 ⁻⁸	1,0·10 ⁻⁷
Lekötött effektív dózis, LEK (nSv)	Magyar.	3,90	0,88	1,81	8,82	0,64	1,08

* A konzervatív becslés érdekében minden korcsoportban a legmagasabb dóziskonverziós tényezőt vettük figyelembe.

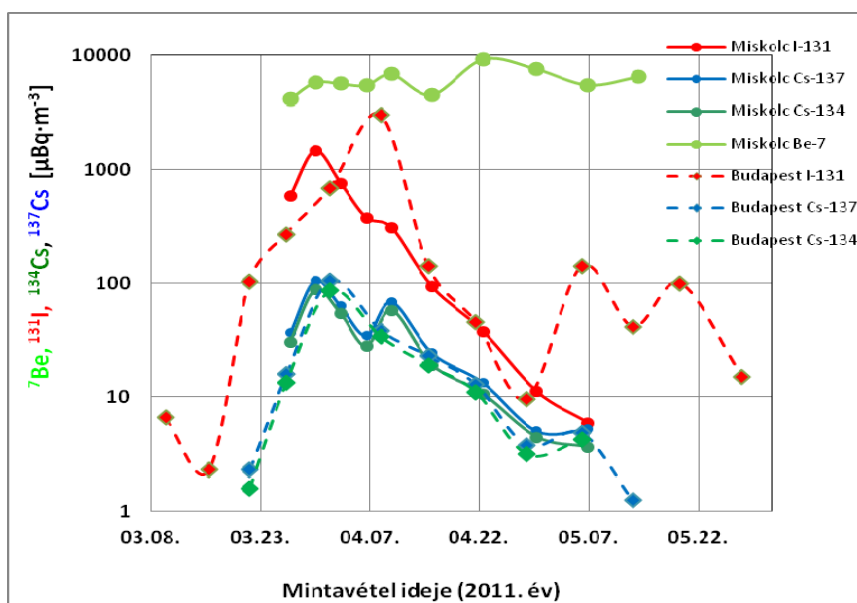
A számítással kapott lekötött effektív dózis értékek annyira alacsonyak, hogy azokból egészségügyi károsodásra vagy annak kockázatára nem lehet következtetni.

10.2. A 2011. év folyamán az ERMAH laboratóriumokban mért radiojód eredmények

Az OSSKI telephelyén a fukusimai balesetet megelőzően is gyakran kimutatható volt a ^{131}I aeroszolhoz kötve a levegőben, amelynek koncentrációja rendszerint 5 és $20\ \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ közé esett. A ^{131}I mellett alkalmanként a ^{125}I is kimutatható volt az aeroszol mintákban néhány $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ koncentrációban. A radiojód észlelések valószínűsíthető magyarázata a Budapesten, a KFKI telephelyén működő Izotóp Intézet Kft. ^{125}I és ^{131}I radioizotóp előállításának során bekövetkező, ellenőrzött körülmények között végbemenő kibocsátásai, továbbá a radiojód felhasználó intézményeké (elsődlegesen kórházak) kibocsátásai lehetnek.

A 10.2.1 ábrán látható, hogy a Budapesten, az OSSKI telephelyén végzett aeroszolhoz kötött ^{131}I mérések eredményei más képet mutattak, mint vidéki laboratóriumokban végzett méréseké. A radiojód koncentrációja a maximumot az ország többi pontjával összehasonlítva körülbelül másfél héttel később (április második hetében) érte el $3,0\ \text{mBq}/\text{m}^3$ –nél, amely érték kb. kétszer magasabb, mint a vidéki laboratóriumokban mért legmagasabb érték ($1,4\ \text{mBq}/\text{m}^3$). Ezt követően Budapesten is folyamatosan csökkent a ^{131}I aktivitáskoncentrációja május elejéig, amikor ismét emelkedni kezdett. Ez idő tájt a vidéki laboratóriumokban azonban már egyöntetűen kimutatási határ közelébe estek a mért ^{131}I aktivitáskoncentrációk. Ugyanakkor a Budapesten mért radiocéziumok eredményei jól illeszkedtek a többi laboratórium mérési eredményeihez mind nagyságukat, mind az időbeli változásuk tekintetében. Mindez arra utalt, hogy a Budapesten észlelt ^{131}I csak részben származhatott a fukusimai baleset következtében létrejött radioaktív felhőből.

A 10.2.1. ábra a Miskolcon és a Budapesten mért aeroszol mérési eredményeket mutatja be ugyanazon időperiódusra.



10.2.1. ábra. A Miskolcon és Budapesten mért ^7Be , ^{131}I , ^{134}Cs és ^{137}Cs aktivitáskoncentrációk időbeli változása

A vidéki laboratóriumok mérési adatainak részletesebb elemzése azt mutatta, hogy az általuk mért ^{131}I is több forrásból vagy két radioaktív felhő együttes jelenlétéből adódhatott össze. Erre utaltak a ^{137}Cs és ^{131}I aktivitáskoncentrációi csökkenési sebességének összehasonlítása. Ugyanis, feltételezhető, hogy a ^{137}Cs aktivitáskoncentrációjának a maximumot követő

csökkenési sebessége a radioaktív felhő mozgásáról ad információt. A céziuméval összehasonlítva a ^{131}I aktivitáskoncentrációjának változási sebességét (figyelembe véve a radioaktív bomlás hozzájárulását is), az volt látható, hogy a ^{131}I koncentrációja lassabban csökkent, mint az a céziumé alapján várható lett volna.

Fontos azonban megjegyezni azt is, ami a 10.2.1. ábrán jól látható, hogy a mesterséges eredetű hasadvány termékek mért legmagasabb koncentrációja is alatta marad a természetes (kozmosz) eredetű ^7Be aktivitáskoncentrációjának. A belélegzett radioizotópok többlet sugárzásából egészségügyi kockázat nem várható.

Irodalom

- [1] A Paksi Atomerőmű Sugárvédelmi Osztálya 2011. évi jelentése (Szerk.: Dr. Bujtás Tibor, PA Zrt., Paks, 2012. március)
- [2] Kövendiné Kónyi Júlia és munkatársai: Környezeti sugáregészségügyi mérési eredmények 2011-ben (Egészségtudomány, 2012)
- [3] HAKSER 2011 – A Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer 2011. évi jelentése (Szerk.: Fülöp Nándor, OSSKI, Budapest, 2012)
- [4] FVM Radioanalitikai Ellenőrző Hálózat – Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ, Élelmiszer- és Takarmánybiztonsági Igazgatóság, Radioanalitikai Referencia Laboratórium: Radioanalitikai monitoring jelentés, 2012
- [5] Homoki Zsolt és munkatársai: Radiológiai helyzet Magyarországon a Fukushima-i atomerőmű balesete után, Egészségtudomány, 55/4 pp.75-89 (2011)
- [6] Ugron Ágota és munkatársai: Hazai környezetradiológia Fukushima után, Nukleon 113 pp. 1-6 (2012)