

OKSER 2005

**AZ ORSZÁGOS KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI
ELLENŐRZŐ RENDSZER (OKSER)
2005. ÉVI JELENTÉSE**

Budapest, 2006. szeptember

Szerkesztette

Dr. Kerekes Andor (felelős szerkesztő)
Glavatszkih Nándor
Dr. Koblinger László
Dr. Sági László
Dr. Zagyvai Péter
Dr. Zellei Gábor

A jelentést az OKSER Szakbizottság 2006. 09. 15-i ülésén hagyta jóvá

Tartalomjegyzék

Előszó.....	4
Bevezetés	8
Következtetések	10
Conclusion	10
1. Külső gammadózis-teljesítmény	11
1.1. Országos adatok	12
1.2. Létesítményi mérési adatok.....	16
1.2.1. Egyetemek mérési eredményei.....	16
1.2.2. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző állomásainak mérési adatai.....	17
1.2.3. A KFKI telephelyén mért gammadózis-teljesítmények	18
2. Levegőszűrők (aeroszol).....	19
2.1. Az országos ellenőrzési eredmények	19
2.2. Létesítmények környezetében mért aeroszol-koncentrációk.....	21
2.2.1. A PAE környezetellenőrző rendszerének mérési eredményei.....	21
2.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyének adatai	22
2.2.3. A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk.....	23
3. Kihullás (fall-out).....	24
3.1. Országos adatok	24
3.2. Létesítmények környezetében mért kihullások	25
3.2.1. A PAE környezetellenőrző rendszerének mérési eredményei.....	25
3.2.2. Az RHFT telephelyén mért eredmények	27
4. Talaj	28
4.1. Országos adatok	28
4.2. Létesítmények környezetében mért adatok	31
4.2.1. Az RHFT telephelyi mérési eredményei	31
5. Növényzet	33
5.1. Takarmány	33
5.1.1. Országos adatok	34
5.1.2. Az RHFT telephelyén mért adatok.....	37
5.2. Növényi eredetű, nyers élelmiszer	38
5.2.1. Országos adatok	38
5.3. Feldolgozott, növényi eredetű élelmiszer.....	42
5.3.1. Országos adatok	42
6. Állati eredetű élelmiszerek.....	45
6.1. Tej, tejtermék	45
6.1.1. Országos adatok	45
6.2. Hús és hústermékek aktivitáskoncentrációi	49
6.2.1. Országos adatok	49
6.2.2. A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei	52
7. Felszíni vizek	53
7.1. Országos adatok	53
7.2. Létesítmények környezetének felszíni vizeiben mért aktivitáskoncentrációk.....	55
7.2.1. A Paksi Atomerőmű ellenőrzési adatai	55
8. Ivóvíz	56
8.1. Vezetékes ivóvíz országos adatok.....	56
8.2. Ásványvizek.....	59
9. Vegyes élelmiszer	60
9.1. Országos adatok	60
Irodalom.....	61

Előszó

Magyarországon a lakosság sugárterhelésének megítélése szempontjából elkerülhetetlenül fontos környezeti sugárzási jellemzőket számos szervezet régóta méri. Hazánkban az első kihullás (fall-out) méréseket 1952-ben, Debrecenben végezték.

A Földművelésügyi Minisztérium laboratóriumaiban (elsősorban az Élelmiszer és Vegyvizsgáló Intézetben) 1959 óta, az Egészségügyi Minisztérium intézményeiben (elsősorban az Országos 'Frédéric-Joliot Curie' Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézetben) 1963 óta, a KFKI területén 1964 óta, a Budapesti Műszaki Egyetem Oktatóreaktora mellett 1971 óta folynak rendszeres környezeti sugárvédelmi mérések.¹

Nagy lendületet kapott a környezeti sugárterhelés vizsgálata a Paksi Atomerőmű megépítésekor. Az üzemeltetés megkezdését megelőző ún. nullszint felmérések után a Paksi Atomerőmű 1982-ben kezdte meg a környezet folyamatos ellenőrzését. A püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló (ugyancsak a nullszint felmérések után) 1976-ban kezdte meg saját, üzemi környezeti sugárzás ellenőrző rendszerének működtetését.

A Magyar Honvédség sugárfigyelő rendszere 1993 óta működik, s ez a rendszer képezte az alapját a (ma a Katasztrófavédelmi Főigazgatóság keretében működő) Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszernek, amelynek létrehozását elsősorban a csernobili katasztrófa hatásai indokolták.

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

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

Ennek felismeréseként jelent meg 2002 végén a kormány 275/2002. (XII. 21.) Korm. rendelete (a továbbiakban Rendelet) az országos sugárzási helyzet és radioaktív anyagkoncentrációk ellenőrzéséről, amely rendelkezik az eredmények összegyűjtéséről.

A Rendelet meghatározza, hogy „az OKSER hivatali szerve a 'Fodor József' Országos Közegészségügyi Központ 'Frédéric-Joliot Curie' Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézete” (a továbbiakban OSSKI), valamint, hogy az OKSER tevékenységét Szakbizottság irányítja.

¹ A nevezett intézmények neve az évek folyamán többször változott, ehelyütt igyekeztünk a legismertebb neveket megadni.

2003-ban megkezdődött a munka. Egyrészt az OSSKI-ban kellett az OKSER Információs Központ kiépítésének műszaki és személyi feltételeit megteremteni, másrészt a Szakbizottságnak kellett megalakulnia.

2003 folyamán az illetékes miniszterek delegálták a Szakbizottság tagjait, majd decemberben Dr. Lamperth Mónika - az Országos Atomenergia Hivatal akkor felügyelő belügyminiszter - kinevezte a Szakbizottság elnökét. 2004 márciusában a Szakbizottság megkezdte működését, elkészítette az OKSER Működési Rendjét, amelyet áprilisban mutatott be a belügyminiszternek.

2004-ben a Szakbizottság – két albizottság közreműködésével felmérte a rendelkezésre álló adatok körét, és javaslatot tett az adatforgalom műszaki megoldására. 2004 végén megtörténtek az első adatszolgáltatások és feldolgozások.

2005-ben már valamennyi érintett intézmény adott adatokat, az OKSER központ fogadta és feldolgozta az adatokat. Ez a jelentés a 2005. évi főbb adatokat tartalmazza. Bár a Szakbizottság némi meglepetéssel nyújtja be a több évi előkészítés után fizikai valóságában is létrejött és működő OKSER rendszer első jelentését, nagyon reméljük, hogy a következő években a begyűjtött adatok mennyisége növekedni, a feldolgozottság és az értékelés fejlődni fog. Itt csak egyetlen hiányosságra hívjuk fel a figyelmet, a jelentésből hiányoznak a természetes eredetű lakossági sugárterhelés oroszánrészt adó radonra vonatkozó adatok. Hazánkban több intézmény is foglalkozik radonkoncentrációk és -dózisok mérésével, számításával, ezek azonban általában nem tartoznak az OKSER rendeletben felsorolt szervezetek körébe. Reméljük, a közeljövőben ennek ellenére meg tudjuk oldani adataik integrálását az OKSER adatbázisba.

Kérjük a Tisztelt Olvasókat, hogy az első jelentést fogadják szeretettel és jóindulatú megértéssel, de ez ne akadályozza meg Önöket abban, hogy amennyiben kritikai észrevételük van, azt megosszák a Szakbizottság tagjaival. Minden jobbító szándékú észrevételt szívesen veszünk, hiszen közös célunk, hogy az elkövetkező jelentések egyre jobbak legyenek, az ország lakossága egyre jobban informált legyen sugárzási helyzetünkről.

Budapest, 2006. szeptember

Dr. Koblinger László
az OKSER Szakbizottság elnöke

Az OKSER tagjai (a Rendelet alapján):

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

Az OKSER Szakbizottság tagjai (a kinevezés idején):

Barnabás István (Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Társaság)
Bujtás Tibor (Paksi Atomerőmű Részvénytársaság)
Dr. Dobi Bálint (Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium)
Karch László (Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium)
Dr. Kékesi Zsuzsanna (Magyar Honvédség)
Dr. Kerekes Andor (OKK-OSSKI, titkár)
Dr. Koblinger László (Országos Atomenergia Hivatal, elnök)
Dr. Lénárt András (Nemzetbiztonsági Hivatal)
Dr. Lévai Zoltán (Gazdasági és Közlekedési Minisztérium)
Dr. Pellet Sándor (Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium)
Résző János (Oktatási Minisztérium)
Dr. Zellei Gábor (Belügyminisztérium)
Dr. Zombori Péter (Magyar Tudományos Akadémia)

A Szakbizottság munkájában 2006-tól Dr. Kékesi Zsuzsanna helyett Dr. Micskey Gusztáv, Résző János helyett Dr. Zagyvai Péter, Dr. Zombori Péter helyett Dr. Sági László vesz részt. Az üléseken állandó meghívott Bertalanits Szilárd (2006-tól Szántó Attila, OKF), Dr. Tarján Sándor (OÉVI) és Fülöp Nándor (OKK-OSSKI).

A 2005. évi jelentésben szereplő mérési adatokat szolgáltató szervezetekben a mérésekben és adatküldésben részt vett szakemberek (a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium nem nevezte meg a résztvevőket):

Egyetemek (Oktatási Minisztérium)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Dr. Zagyvai Péter

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Abermann Dániel Leó, Dr. Antal Gergely, Dr. Dezső Zoltán, Dr. Dimény Judit, Dr. Divós Ferenc, Dr. Duffek László, Dr. Erdőhelyi András, Dr. Ferenczi Szilamér, Dr. Homonnay Zoltán, Dr. Kóbor József, Dr. Séra Emese Teréz, Dr. Somlai János, Dr. Zagyvai Péter

KFKI AEKI (Magyar Tudományos Akadémia)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Dr. Sági László

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Nagy Attila, Csada Gabriella, Dr. Sági László

Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőségek (Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Rozmanitz Péter

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Alföldi Anita, Bató Zsolt Flórián, Dr. Csenke Zoltánné, Gots Zsuzsanna, Kálmán Gyula, Lipták Magdolna, Lukács Marianna, Muránszky Mária, Majoróczy Mária, Révész Vass Ildikó, Salamon Ágnes, Sinka Gáborné, Vass István

Magyar Honvédség (Honvédelmi Minisztérium)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Zelenák János

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Dr. Micskey Gusztáv

Országos Katasztrófavédelmi Főfelügyelőség (Belügyminisztérium)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Szántó Attila

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

Országos Meteorológiai Szolgálat (Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Dr. Nagy József

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Dr. Sándor Valéria

OSSKI és ERMAH laboratóriumok (Egészségügyi Minisztérium)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Glavatszkih Nándor

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Balatinácz Szilvia, Bokori Edit, Dr. Czégeni Árpád Attila, Dr. Déri Zsolt, Dudásné Dr. Erdőhelyi Ágota, Fábry Zoltán, Fekete Tibor, Gajdos Enikő, Gucci Judit, Hansági Gyula, Hársné Takáts Ilona, Jobbágy Benedek, Kelemen Mária, Kocsy Gábor, Környei László, Michlné Kicska Judit, Mikusné Bartossik Mária, Dr. Pásztor-Turák Mónika, Ormosiné Laca Éva, Supák Éva, Szabó Gyula, Szakács Sándor, Ugron Ágota

Paksi Atomerőmű (PA Zrt.)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Ranga Tibor

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

RHFT (Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Társaság)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Kapitány Sándor

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

Bevezetés

Az OKSER 2005. évi jelentése az Információs Központ adatbázisába beküldött eredményeken alapul. Egy összefoglaló, éves jelentésben természetesen nem lehet minden egyes adatot szerepeltetni (a 2005. évre vonatkozó mérési eredményeket több mint 40 000 rekord tartalmazza). Az eredmények feldolgozásánál, összesítésénél és bemutatásánál a következő főbb szempontokat érvényesítettük:

- a) A mérési eredményeket elsősorban a mintafajták, nagyobb mintacsoportok szerint (pl. talaj, növényzet, állati eredetű élelmiszerek) csoportosítottuk. 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.
- 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 mintafajtnál is nagy számban kimutatási határ alatti eredményeket szolgáltatottak. A valódi és a kimutatási határ alatti eredmények megfelelő statisztikai kezelésére a táblázatos összefoglalásokban a következő módszert alkalmaztuk:
 - átlagot csak abban az esetben képeztünk, ha a valódi eredmények száma 10 feletti volt (ekkor a kimutatási határ alatti eredményeket a kimutatási határ felével vettük figyelembe);
 - a minimum és maximum értékeket adtuk meg, ha a valódi eredmények száma 2 és 10 közötti volt;
 - maximum értéként szerepeltettük – megállapodás szerint – az 1 valódi eredményt;
 - végül nem közöltünk eredményt, ha minden adat kimutatási határ alatti volt;
 - természetesen az eredmények összesített számán kívül minden esetben feltüntettük a kimutatási határ alattiak számát is.

A térképeknél – az egységes megjelenítés érdekében - 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 ilyent 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 inhomogenitással kell számolnunk (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 cikkekben, jelentésekben. Ezeket az irodalomjegyzékben megadjuk.

Budapest, 2006. szeptember

Dr. Kerekes Andor
az OKSER Információs Központ vezetője

Következtetések

Hangsúlyozni kell, hogy míg az Európai Unió rendelete szerint {Council Regulation (EEC) No 737/90 of 22 March 1990 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power-station} az élelmiszerekben a ^{134}Cs és ^{137}Cs radionuklidok megengedhető együttes legnagyobb szintje 600 Bq/kg (tejben, tejtermékekben és csecsemőélelmiszerben 370 Bq/kg), addig a hazai, feldolgozott élelmiszerekben a 2005-ben mért legnagyobb értékek 1 Bq/kg alatt maradtak.

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

Végül megemlíjtük, hogy a lakosság mesterséges forrásokból – elsősorban a csernobili atomerőmű balesetből - származó sugárterhelése hazánkban az utóbbi években 3-4 μSv közöttire becsülhető, míg a természetes eredetű sugárterhelés ennél közel 1000-szer nagyobb.

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

Conclusion

It should be emphasized that the activity concentration of radiocaesium concentrations remained well below 1 Bq/kg in the Hungarian processed foodstuffs in 2005. The maximum permitted levels according to the Council Regulation (EEC) No 737/90 of 22 March 1990 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power-station are 600 Bq/kg in general and 370 Bq/kg for milk, milk products and infant foods, for the sum of ^{137}Cs and ^{134}Cs .

The effect on the environment of the Nuclear Power Plant at Paks and of the other special installations (Budapest Research Reactor, the University Training Reactor, the Spent Fuel Interim Storage Facility and the Radioactive Waste Management and Disposal Facility) was detected neither by the environmental monitoring systems of the installations nor by the networks of authorities.

The annual dose of the Hungarian population due to artificial radiation sources - still mainly due to the contamination from the Chernobyl accident – was about 3-4 μSv in the last years, while the natural radiation burden is higher by nearly 3 orders of magnitude.

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

1. Külső gammadózis-teljesítmény

Az Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer (OSJER) részeként működő Radiológiai Távmérő Hálózat 2005-ben négy ágazat mérőhálózatából és azok információs központjából állt, ezeket:

- a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatósága (OKF);
- a Magyar Honvédség (MH);
- az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ);
- a Paksi Atomerőmű Rt. (PA Rt.)
üzemelteti.

A mérési adatok közvetett módon, az egyes ágazati információs központokon keresztül érkeznek az OKF Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központba (NBIÉK), ahonnan a megfelelő feldolgozás után rendszeres időközönként kerülnek átadásra az OKSER adatbázisa számára.

A mérőállomások száma folyamatosan változik, mivel az ágazatok bővítik és átalakítják a mérőrendszereiket, illetve újabbakra és korszerűbbekre cserélik azokat. A 2005. évi gammadózisteljesítmény adatokat a Magyar Honvédség 34, az Országos Meteorológiai Szolgálat 17, a Paksi Atomerőmű Rt. 8 és az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság 10 mérőállomásáról (azaz összesen 69 db mérőállomásról) küldték meg az OKSER adatbázisba.

A mérőállomásokon az ágazatok jelenleg már egységesen a BITT Technology által gyártott RS03 típusú proporcionális mérőszondát használják, amelyek a környezeti gammadózisteljesítmény mérését végzik 30 nSv/óra és 10 Sv/óra dózisteljesítmény tartományban.

Normál időszaki működésben az egyes ágazatok adatküldése nem egységes gyakoriságú, a mérőállomásokon rendelkezésre álló, a mérési adatokból képzett 10 perces dózisteljesítmény átlagokat az OKF és a PA Rt. állomásaitól 10 percenként, az OMSZ-tól óránként, az MH-tól 6 óránként küldik az NBIÉK-be. Az OKSER adatbázisába normál időszakban az adatok heti, vagy havi rendszerességgel kerülnek át.

Az 500 nSv/órás riasztási szint túllépése esetén az egyes mérőállomások az ágazati központokba riasztási jelet küldenek, ezt követően az ágazati központokból lehetőség van az egyes mérőállomásokat 10 percenként történő adattovábbításra átállítani. A rendszer ilyen helyzetben az adatokat az OKSER adatbázis számára is nagyobb gyakorisággal tudja átküldeni.

Megjegyezzük még, hogy az adatok a lakosság részére a www.katasztrofavedelem.hu honlapon keresztül elérhetők. Az Európai Unió által indított EURDEP program keretében az adatokat a szervező intézetbe (Joint Research Centre, Ispra, Olaszország) is megküldik, így ezek az ottani honlapon (eurdeppub.jrc.it) is megtekinthetők.

1.1. Országos adatok

A mérőállomások országos területi elhelyezkedését az 1.1.1. ábra szemlélteti. Látható, hogy a területi eloszlás nem egyenletes, pl. Budapest térségében az állomások sűrűsége nagyobb. Egyes térségekben azonban megyénként csak 1-1 állomás található². Az ábrán és az 1.1.1. táblázatban a 100-zal kezdődő kódok az OKF, a 300-zal kezdődőek a HM, a 400-as kezdetűek az OMSZ állomásait jelölik. (A PA Rt. Állomásairól kapott adatokat az 1.2.2. fejezetben ismertetjük.)

Az adott pontban mérhető környezeti dózisteljesítményt négy tényező határozza meg:

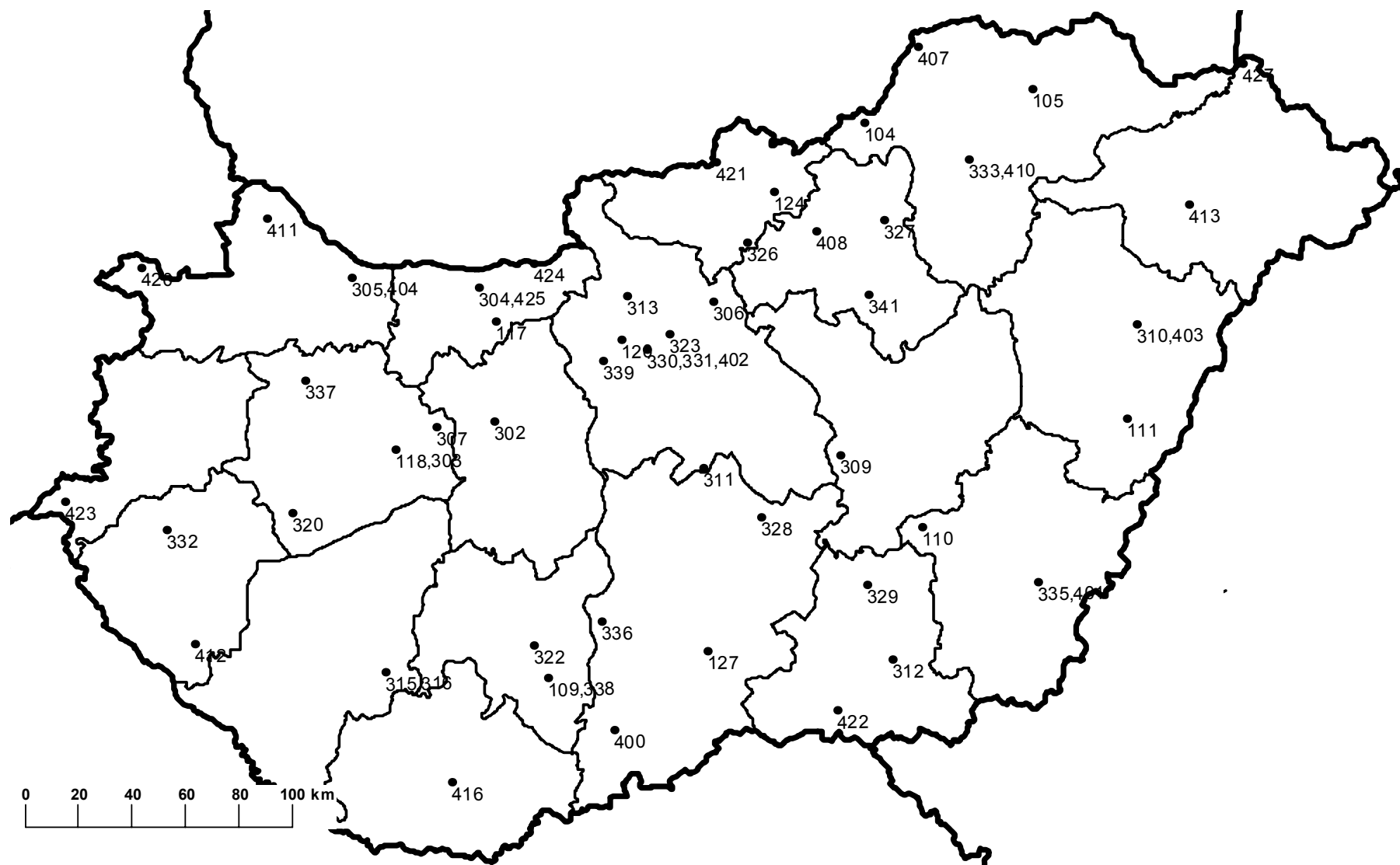
- a kozmikus sugárzás mértéke, amely első közelítésben az országon belül azonosnak vehető,
- a talajban található és onnan kikerülő természetes radionuklidok sugárzása,
- az épített környezet jellemzői (a szonda elhelyezkedése),
- a létesítmény működésének hatása.

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

Az 1.1.2. ábrán a napi dózisteljesítmények országos átlagának, illetve az adott napon mért minimum és maximum értékeknek a változása látható 2005-ben. Hangsúlyozzuk, hogy 2005-ben nem történt olyan valós esemény, amely a riasztási szint túllépését eredményezte volna. A napi dózisteljesítmény országos átlaga a 78-102 nSv/óra közötti tartományban mozgott. A maximumértékek jóval nagyobb ingadozása nagyrészt a meteorológiai viszonyok megváltozásának - pl. nagy esőzések hatásának - az eredménye.

A mérőállomások telepítési helye alapvetően meghatározza a dózisteljesítmény szintjét, pl. a Tatán telepített mérőállomások (304 és 425 kódok) eredményei jelentősen eltérnek egymástól (1.1.1. táblázat). Ennek oka az, hogy míg az egyik mérőállomás füves terepen, a másik salakkal borított területen van telepítve, és a salak jelentősen megnöveli az ott mérhető dózisteljesítményt. (Hasonló volt korábban a helyzet a dunaujvárosi mérőállomásnál, ahol a vasmű meddője emelte meg jelentős mértékben a háttérsugárzást.)

² Ezen a területi egyenlőtlenségen javít, hogy 2006. áprilisától további mérőállomások léptek működésbe, így számuk 67-ről 91-re növekedett.



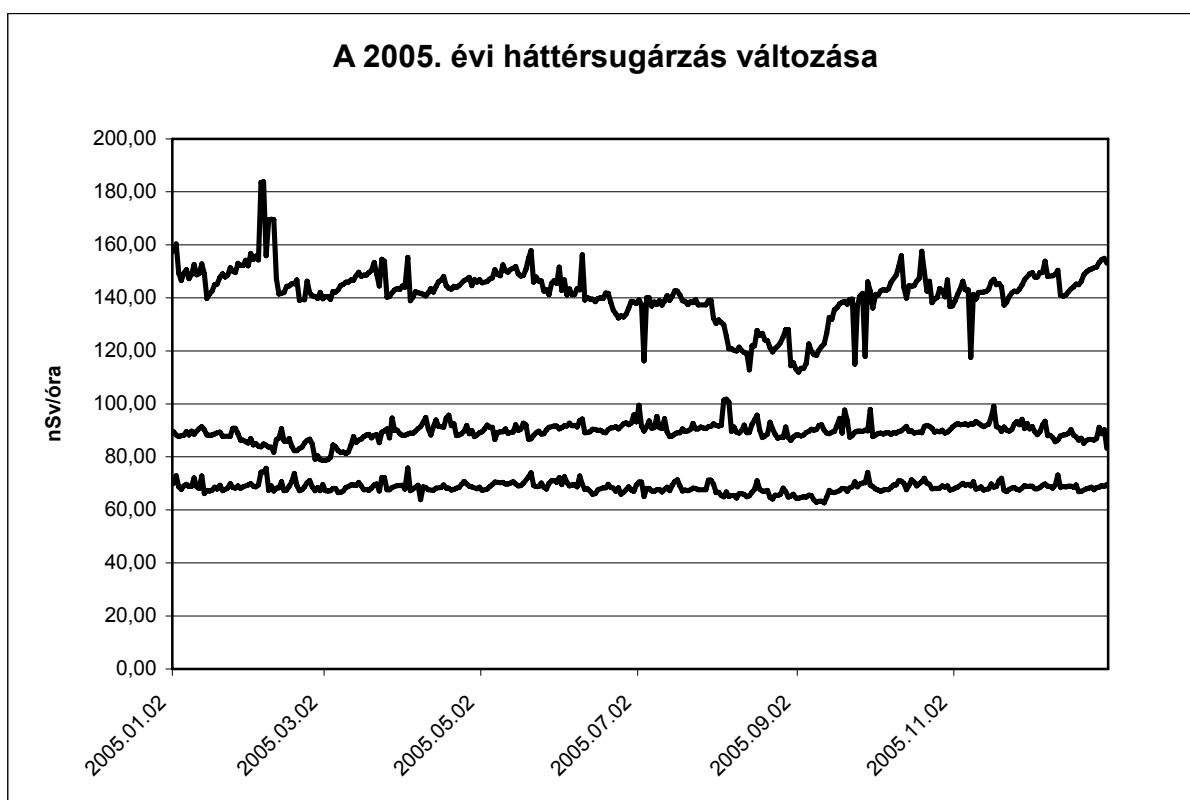
1.1.1. ábra. A dózisteljesítmény-mérőhelyek országos elhelyezkedése (a 100-as kezdetű kódok az OKF, a 300-as kezdetűek a HM, a 400-as kezdetűek az OMSZ mérőhelyeit jelölik)

1.1.1. táblázat. Országos dózisteljesítmény eredmények napi átlagainak jellemzői 2005-ben (N az üzemelő napok számát jelöli)

Állomáskód*	Átlag nSv/h	Minimum nSv/h	Maximum nSv/h	Szórás nSv/h	N
104	79	76	83	1,6	155
105	83	80	100	3,0	71
109	120	110	140	3,5	348
110	76	73	84	2,1	115
111	88	82	98	2,9	158
117	100	88	110	4,4	353
118	94	82	110	3,2	343
120	88	84	100	2,9	245
124	92	85	150	4,3	342
127	71	67	77	1,5	86
302	110	100	130	3,3	281
303	100	91	120	2,6	290
304	140	120	160	8,9	348
305	85	81	98	2,7	111
306	91	81	100	3,7	167
307	86	80	93	1,9	50
309	98	92	110	3,1	82
310	84	78	97	2,7	180
311	81	73	100	3,5	195
312	100	92	120	3,6	180
313	90	81	100	3,0	227
315	100	91	120	4,1	241
316	130	110	150	9,3	187
320	87	82	110	3,5	224
322	84	78	110	5,1	181
323	85	81	98	2,4	180
326	84	81	95	2,3	235
327	98	80	110	2,6	348
328	77	69	100	3,3	343
329	100	86	120	6,4	343
330	95	86	120	3,6	331
331	71	68	81	2,0	347
332	110	99	120	3,9	110
333	110	100	120	2,5	169
335	95	86	110	3,3	181
336	92	84	110	3,6	181
337	72	66	89	3,1	301
338	130	91	160	5,0	348
339	93	85	110	3,2	347
341	81	72	99	2,9	326
400	83	76	100	3,3	360
401	76	66	89	3,5	359
402	81	74	100	3,4	359
403	76	69	89	3,2	220

404	88	83	98	2,5	177
407	75	67	90	3,0	357
408	91	71	110	6,7	359
410	74	63	89	3,6	317
411	100	85	120	5,6	345
412	94	88	110	3,4	181
413	75	70	90	2,6	120
416	110	99	140	5,4	252
420	78	72	86	2,6	86
421	95	76	110	5,1	212
422	91	73	120	6,6	319
423	82	67	99	5,3	221
424	90	76	110	5,0	359
425	88	75	100	4,2	359
427	76	66	92	4,0	289
Az összes állomásra	92	63	160	-	14501

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



1.1.2. ábra. A napi dózisteljesítmények országos átlagainak, maximális és minimális értékeinek változása 2005-ben

1.2. Létesítményi mérési adatok

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

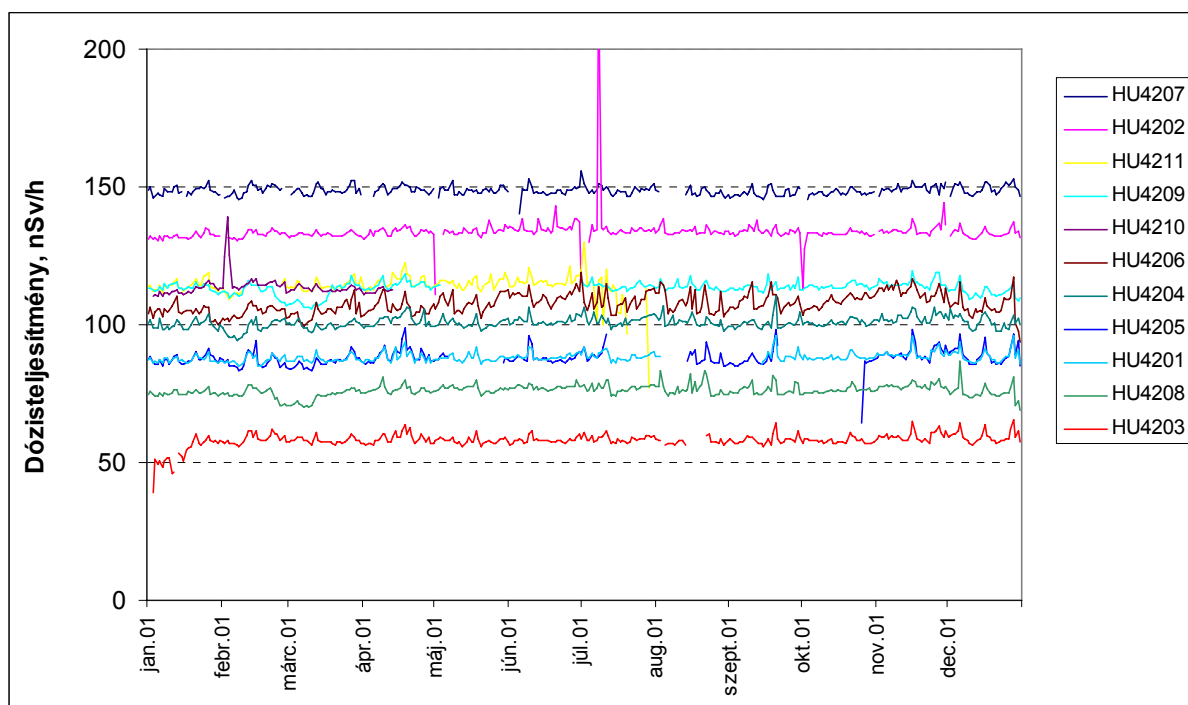
1.2.1. Egyetemek mérési eredményei

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

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

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

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



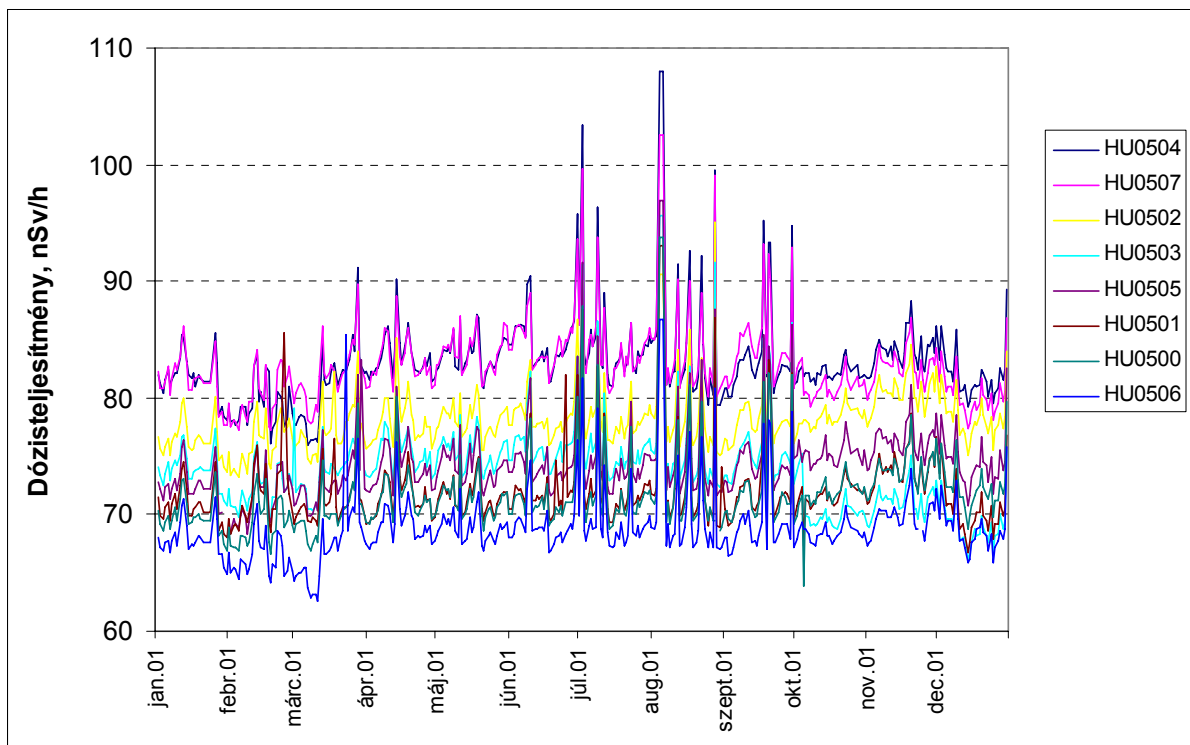
1.2.1. ábra. Az egyetemeken elhelyezett mérőszondák napi dózisteljesítményeinek időbeli változása 2005-ben

1.2.1. táblázat. Az egyetemeken elhelyezett mérőszondák kódjai

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

1.2.2. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző állomásainak mérési adatai

A Paksi Atomerőmű (PAE) környezet-ellenőrző rendszerének A1-A9 állomásain van dózisteljesítmény-mérő szonda elhelyezve. Az 1.2.2. ábrán az A1-A8 állomásokon mért napi dózisteljesítmények időbeli változását mutatjuk be. (Az A9 állomáson mért adatokat 2005-ben még nem továbbították az NBIÉK adatközpontjába, ezek az eredmények azonban az erőmű éves jelentésében megtalálhatók [1]). Az ábrán alkalmazott kódok jelentését az 1.2.2. táblázatban adtuk meg.



1.2.2. ábra. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző állomásain mért napi dózisteljesítmények időbeli változása 2005-ben

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

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

Az 1.2.2. ábrából láthatóan az egyes állomások idősorainak változásai jól követik egymást. A dózisteljesítményben megfigyelhető csúcsok időjárási eseményekhez – légnyomás nagymértékű változása, esőzések – kötődnek. A legnagyobb (A5) és legkisebb (A7) dózisteljesítményekben látható, legfeljebb 20 %-os különbség oka az állomások környezetének eltérő talajtípusa. (Ugyanakkor pl. az A5 és A8 állomások eredményei gyakorlatilag egybeesnek.)

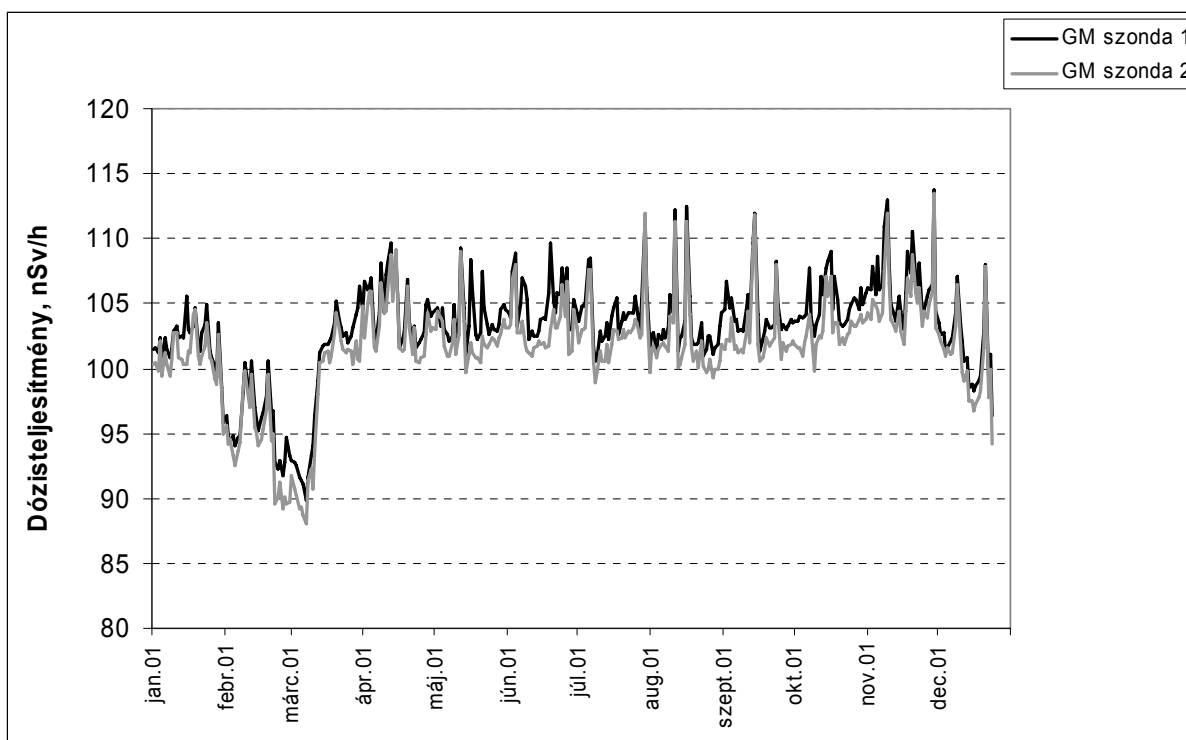
1.2.3. A KFKI telephelyén mért gammadózis-teljesítmények

A KFKI telephelyén a dózisteljesítmény ellenőrzésére 17 GM-szonda szolgál. Ezen detektorok közül két olyant választottunk ki (1. és 2. állomás), amelyek jól jellemzik a telephely dózisteljesítmény-szintjét általában. A többi állomáson az izotópforgalom, a szállítások miatt időnként az átlagos háttérszintet meghaladó értékeket is mérhetünk, ezek azonban inkább az egyes műveletek sugárzási viszonyaira és nem a telephely környezetére jellemzőek.

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

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

Az 1.2.3. ábrán bemutatott idősorok jól mutatják a talajt borító hótakaró vastagodásának és gyors elolvadásának hatását a dózisteljesítményre a január közepe-március közepe közötti időszakban.



1.2.3. ábra. A KFKI két állomásán mért napi dózisteljesítmények időbeli változása 2005-ben

2. Levegőszűrők (aeroszol)

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

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

2.1. Az országos ellenőrzési eredmények

Országosnak mondható kiépítettséget az Egészségügyi Minisztériumhoz tartozó Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatszolgáltató Hálózat (ERMAH) laboratóriumai jelentenek. Az egyes laboratóriumok levegőminta-vevői sajnos nem azonos teljesítőképességűek, ami az elvégezhető elemzések lehetőségét is meghatározza. 2005-ben közepes légtérfogatú mintavevővel 4 laboratórium, kis légtérfogatú mintavevővel 7 rendelkezett. (Megjegyezzük, hogy 2005 végén a hálózat két, ún. alapszintű laboratóriuma megszűnt.)

Az ERMAH laboratóriumok aeroszol mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. Eszerint a közepes légtérfogatú mintavevővel 7-10 naponként kell mintát venni, és a szűrők gamma-spektrometriai elemzését kell elvégezni. A kis légtérfogatú mintavevőkkel vett napi minták összes-béta aktivitását határozzák meg. (Az utóbbiak esetén a 72 órás pihentetés utáni eredmények veendőek figyelembe.) A mintavevő típusa - azaz az átszívott levegőmennyiség – és az alkalmazott mérés érzékenysége együttesen határozzák meg a levegő aktivitáskoncentrációjának kimutatási határát. Jellemző értéke 1-7 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (20-30 ezer m^3 átszívott levegő, ^{137}Cs mérése félvezető-detektoros gamma-spektrométerrel); illetve 0,3-3 mBq/m^3 (50-300 m^3 átszívott levegő, összes-béta aktivitás mérése).

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

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

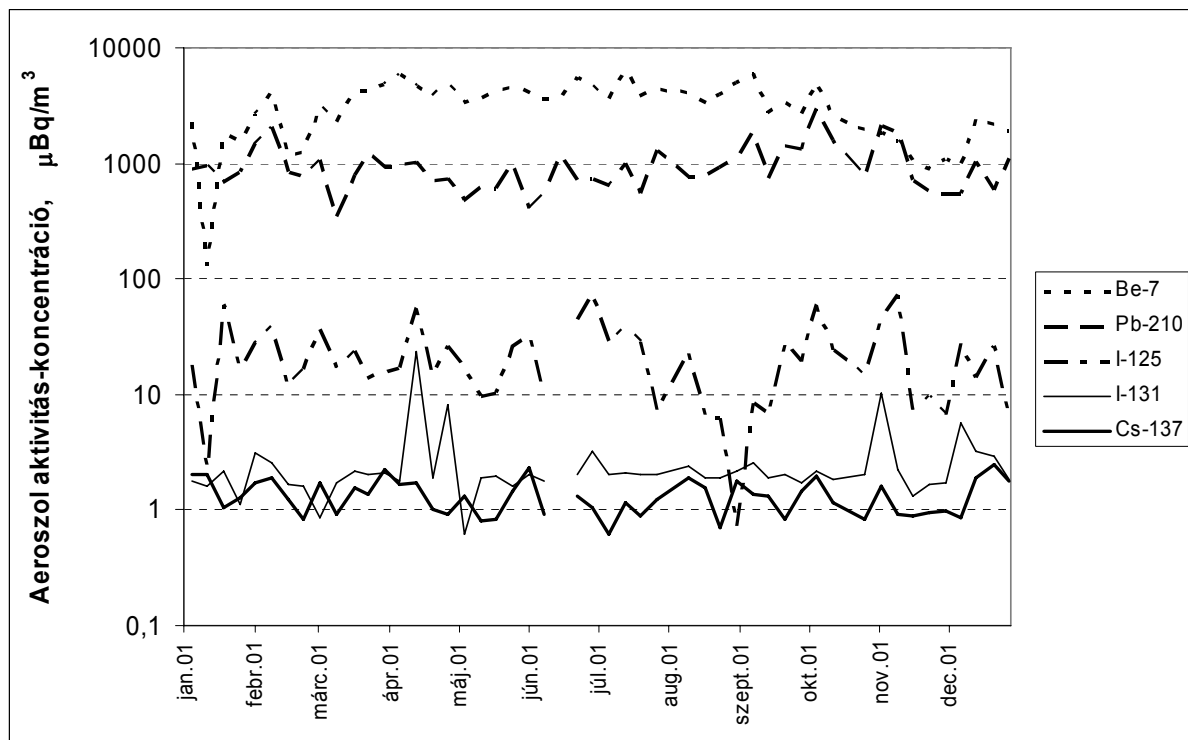
A táblázatból láthatóan a ^{137}Cs koncentrációi nagyrészt kimutatási határ (Kh) alattiak voltak. A levegőbeni ^{137}Cs jelenlegi forrása a csernobili atomerőmű-baleset következtében a talajra történő kihullás és a talajfelszínről történő visszaporlódás; ennek mértéke azonban mára igen kicsivé vált, jellemzően néhány $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ alatti koncentrációt eredményezve. Az aeroszolban mérhető természetes eredetű ^7Be radionuklid koncentrációja jellemző értéktartománya 1-5 mBq/m^3 közötti. Az aeroszolszűrők 72 órás pihentetés után mért összes-béta aktivitásai jellemzően 1-10 mBq/m^3 értékűek.

2.1.1. táblázat. Országos aeroszol mérési eredmények éves jellemzői 2005-ben (EüM)

Radionuklid	Megye	Átlag, mBq/m^3	Minimum, mBq/m^3	Maximum, mBq/m^3	Szórás, mBq/m^3	N	Kh alatti
Be-7	BA	-	2,1	4,0	-	4	0
Be-7	BP	3,7	1,1	7,3	1,7	53	0
Be-7	BZ	4,8	1,8	8,3	1,9	31	0
Be-7	TO	3,0	0,76	5,6	1,2	58	0
Cs-137	BA	-	-	-	-	7	7
Cs-137	BP	-	0,00086	0,0023	-	53	48
Cs-137	BZ	-	0,0015	0,0053	-	31	28
Cs-137	GY	-	0,0049	0,0062	-	41	39
Cs-137	TO	-	0,0018	0,0024	-	54	51
Összes-béta	BP	2,3	0,42	11	1,6	240	2
Összes-béta	CS	21	10	60	16	12	0
Összes-béta	HA	10	1,6	30	8,5	52	12
Összes-béta	KO	2,5	2,0	7,0	1,9	60	34
Összes-béta	TO	2,2	0,33	77	5,9	174	55
Összes-béta	VA	10	4,0	30	7,3	12	0
Összes-béta	ZA	-	0,60	0,90	-	9	1
Be-7	Összesen	3,7	0,76	8,3	-	146	0
Cs-137	Összesen	0,0023	0,00086	0,0062	-	186	173
Összes-béta	Összesen	3,6	0,33	77	-	559	104

A Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium budapesti laboratóriuma végez rendszeres aeroszolminta-vételt és mérést. A mintavételi ciklus 1 hét, a mintavevő légforgalma 50 000 m³/hét. A mintákat 3 nap pihentetési idő után kisháttérű gamma-spektrométeren rendszeren, kisenergiájú gamma-fotonok detektálására is alkalmas CARBON-EPOXI ablakú, ULB kivitelű, n-típusú HPGe detektor alkalmazásával, 250 000 s időtartamig mérik. Az adott légforgalom mellett a mérés kimutatási határa 0,5 µBq/m³ (¹³⁷Cs izotópra). A mintavétel a ¹²⁵I és ¹³¹I izotópok esetében is az aeroszolokra történik, az elemi és szerves formára nem használnak külön patront, illetve szűrőt.

A 2005-re kapott eredmények időbeli változását a 2.1.1. ábrán szemléltetjük. Figyelemre méltó, hogy a laboratórium 1-10 µBq/m³ közötti koncentrációban rendszeresen mért ¹³¹I izotópot, és ennél nagyobb, 90 µBq/m³-t is elérő koncentrációban ¹²⁵I –ot. A ¹²⁵I forrása a KFKI telephelyén végzett izotópgyártás, a ¹³¹I-é vélhetően valamelyik budapesti kórház és/vagy ugyancsak a KFKI telephelyén végzett izotópgyártás.



2.1.1. ábra. Budapesti aeroszol mérési eredmények időbeli változása (FVM)

2.2. Létesítmények környezetében mért aeroszol-koncentrációk

2.2.1. A PAE környezetellenőrző rendszerének mérési eredményei

A Paksi Atomerőmű A-típusú állomásain elvégzett aeroszolmérések eredményeit összegzi a 2.2.1. táblázat. A mintavétel nagy légtérfogatú mintavevővel történik, ennek ellenére a szűrőkön mesterséges eredetű radionuklidot nem tudtak kimutatni (a radionuklidotól függő kimutatási határok értéke 1-5 µBq/m³ közötti). Az egyedüliként mért ⁷Be radioizotóp

természetes eredetű, koncentrációja jól egyezik más laboratóriumok eredményeivel (ld. 2.1. fejezet). (Megjegyezzük, hogy számítások szerint a 0,1 GBq nagyságrendű éves kibocsátásokkal jellemezhető aeroszolak várható átlagos koncentrációja az A-típusú állomások távolságában 0,1-0,2 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ alatt marad [3], amely speciális meteorológiai körülmények között, és a nagyjavítások során megnövekedett kibocsátások idején rövid időszakokra mintegy 10-szeresére emelkedhet.)

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

Radionuklid	Átlag mBq/m^3	Minimum mBq/m^3	Maximum mBq/m^3	Szórás mBq/m^3	N	Kh alatti
Ag-110m	-	-	-	-	467	467
Be-7	3,6	0,65	8,0	1,5	467	0
Co-58	-	-	-	-	467	467
Co-60	-	-	-	-	467	467
Cs-137	-	-	-	-	467	467
Mn-54	-	-	-	-	467	467

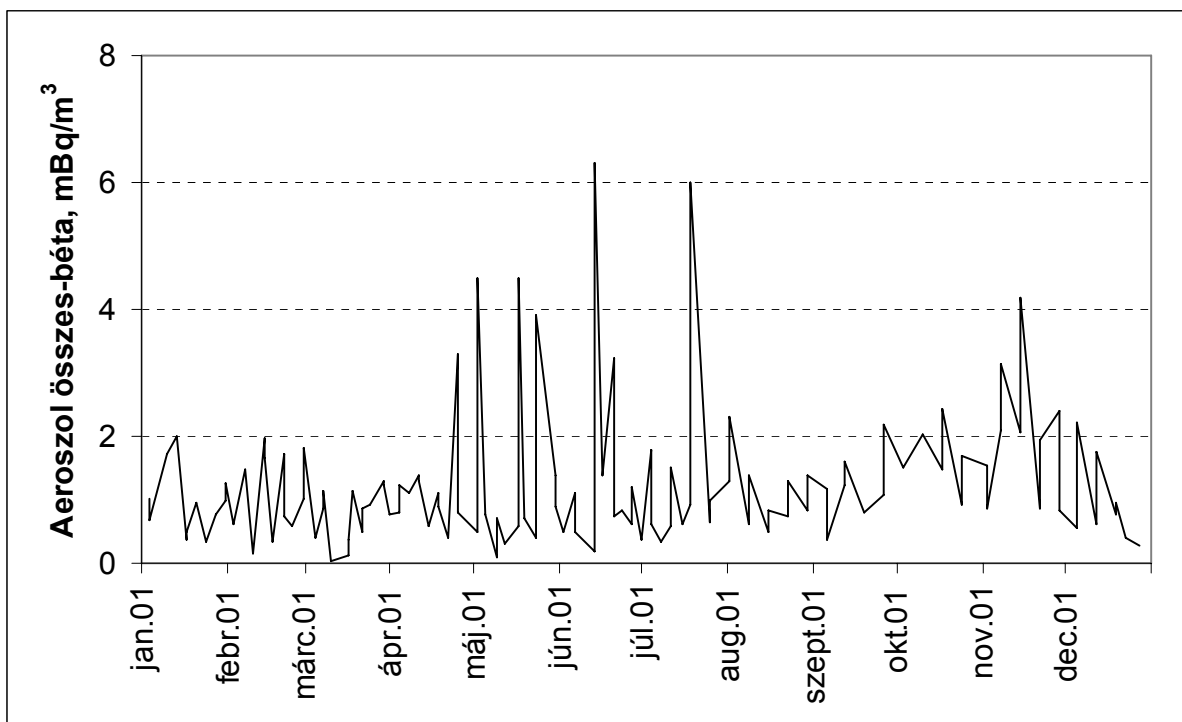
2.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyének adatai

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

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

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

A nyári időszakban jelentkező csúcsokat az alkalmanként megnövekvő porterhelés indokolja, amelynek okai egyrészt a nyárra ütemezett felújítási munkák, másrészt a telephely környezetében folyó mezőgazdasági tevékenység. (Megjegyezzük, hogy a csúcsoktól eltekintve az összes-béta aktivitáskoncentrációk jellemzően 1 mBq/m^3 alatt maradnak, ami igen alacsony érték.)



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

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

Radionuklid	Átlag mBq/m ³	Minimum mBq/m ³	Maximum mBq/m ³	Szórás mBq/m ³	N	Kh alatti
Be-7	4,0	0,40	16	2,3	91	2
Cs-137	-	-	-	-	122	122
K-40	-	1,3	1,7	-	5	3
Összes-béta	1,3	0,10	6,3	1,1	122	3

2.2.3. A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk

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

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

A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk éves jellemző adatait a 2.2.3 táblázatban foglaltuk össze. Látható, hogy a telephelyen rendszeresen mérhetőek a ¹²⁵I és ¹³¹I

radioizotópok, az utóbbi koncentrációja rövid időszakokban elérte a 2 Bq/m³ értéket is. A többi mérési eredmény illeszkedik a más laboratóriumom által kapott adatokhoz.

2.2.3. táblázat. A KFKI telephelyén végzett aeroszolvizelések 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	3,1	0,21	6,9	1,7	34	0
Cs-137	-	0,0012	0,0093	-	3	0
I-125	1,4	0,0041	21	3,4	45	0
I-131	60	0,017	2400	370	40	0
K-40	-	0,29	0,47	-	3	0
Összes-béta	0,78	0,030	50	2,2	539	0

3. Kihullás (fall-out)

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

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

3.1. Országos adatok

Országos kiterjedésűnek mondható mintavételi és mérési programot az ERMAH laboratóriumok végeznek. A kihullást a központi, 7 regionális és 3 alapszintű laboratórium összesen 11 megyében mintázza és méri (3.1.1. ábra). (Itt is megjegyezzük, hogy 2005 végén a hálózat két, ún. alapszintű laboratóriuma megszűnt.)

Az ERMAH laboratóriumok kihullásra vonatkozó mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. A mintavevő edény felülete 0,15-0,4 m², a havi mintázással kapott ún. teljes kihullás mintáknak a laboratóriumok - felszerelésüktől függően – csak az összes-béta aktivitását mérik, illetve azok gamma-spektrometriai elemzését is elvégzik. A mintavétel és mérés jellemző kimutatási határa 50-200 mBq/m²/nap (összes-béta aktivitás) és 1-10 mBq/m²/nap (¹³⁷Cs gamma-spektrometriai vizsgálata).

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

A 2005-ben az egyes mintavételi pontokra kapott összes-béta aktivitások maximumait a 3.1.1. ábrán szemléltetjük és az eredmények további jellemzőivel együtt a 3.1.1. táblázatban foglaltuk össze.

A kihullás összes-béta aktivitások átlagai az országon belül csak 2-3-szoros eltérést jeleznek, ami nem mondható jelentősnek. A ^{137}Cs aktivitása a minták több mint 90 %-ában kimutatási határ alatti volt. (A 2.1.1. táblázat szerinti évi átlagos $2,3 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ^{137}Cs levegőbeli aktivitáskoncentráció $0,01 \text{ m/s}$ teljes kihullási sebességet feltételezve kereken $2 \text{ mBq}/\text{m}^2/\text{nap}$ kihullást eredményezne, ami a kimutatási határ tartományába esik.)

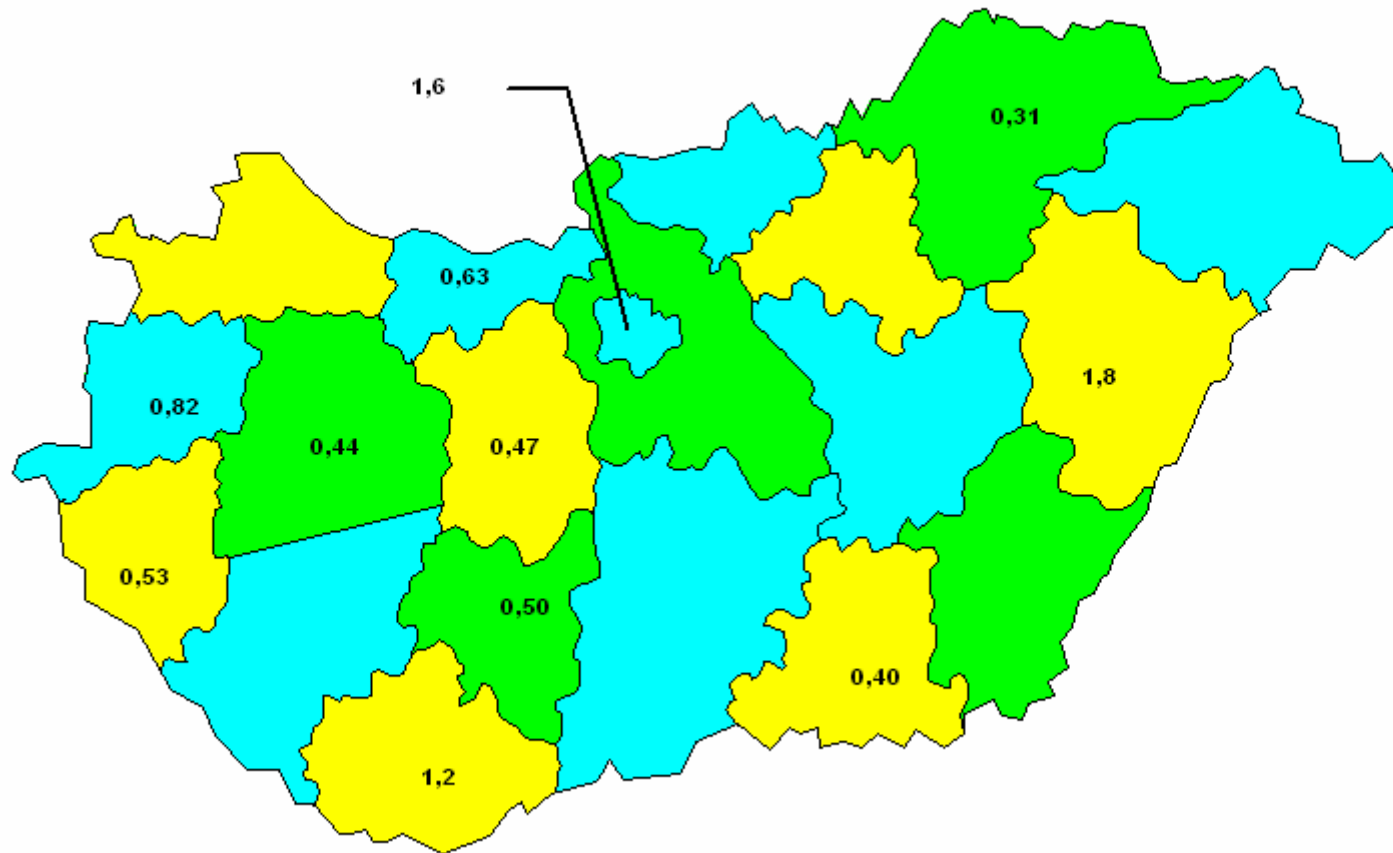
3.1.1. táblázat. Kihullás mérési eredmények országos, éves jellemzői (EüM)

Radionuklid	Megye	Átlag $\text{mBq}/\text{m}^2/\text{nap}$	Minimum $\text{mBq}/\text{m}^2/\text{nap}$	Maximum $\text{mBq}/\text{m}^2/\text{nap}$	Szórás $\text{mBq}/\text{m}^2/\text{nap}$	N	Kh alatti
Be-7	BP	3000	480	9200	2200	37	1
Be-7	FE	2200	290	5900	1600	12	0
Be-7	TO	2200	210	8000	1700	30	0
Be-7	VE	1900	420	4400	1200	12	0
Cs-137	BP	-	9,0	23	-	41	36
Cs-137	BZ	-	-	-	-	5	5
Cs-137	CS	-	-	-	-	6	6
Cs-137	FE	-	-	-	-	12	12
Cs-137	HA	-	-	-	-	8	8
Cs-137	KO	-	1,6	3,5	-	23	18
Cs-137	TO	-	-	8,5	-	30	29
Cs-137	VA	-	-	-	-	10	10
Cs-137	VE	-	-	-	-	12	12
Összes-béta	BA	-	53	1200	-	6	0
Összes-béta	BP	440	66	1600	350	43	1
Összes-béta	BZ	130	47	310	83	12	0
Összes-béta	CS	260	120	400	99	12	0
Összes-béta	FE	230	70	470	110	12	0
Összes-béta	HA	750	110	1800	470	12	0
Összes-béta	KO	260	63	630	170	23	0
Összes-béta	TO	230	34	500	140	30	0
Összes-béta	VA	360	80	820	260	12	0
Összes-béta	VE	230	86	440	120	12	0
Összes-béta	ZA	-	520	530	-	2	0
Be-7	Összes	2500	210	9200	-	91	1
Cs-137	Összes	5,5	1,6	23	-	147	136
Összes-béta	Összes	330	34	1800	-	176	1

3.2. Létesítmények környezetében mért kihullások

3.2.1 A PAE környezetellenőrző rendszerének mérési eredményei

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



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

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

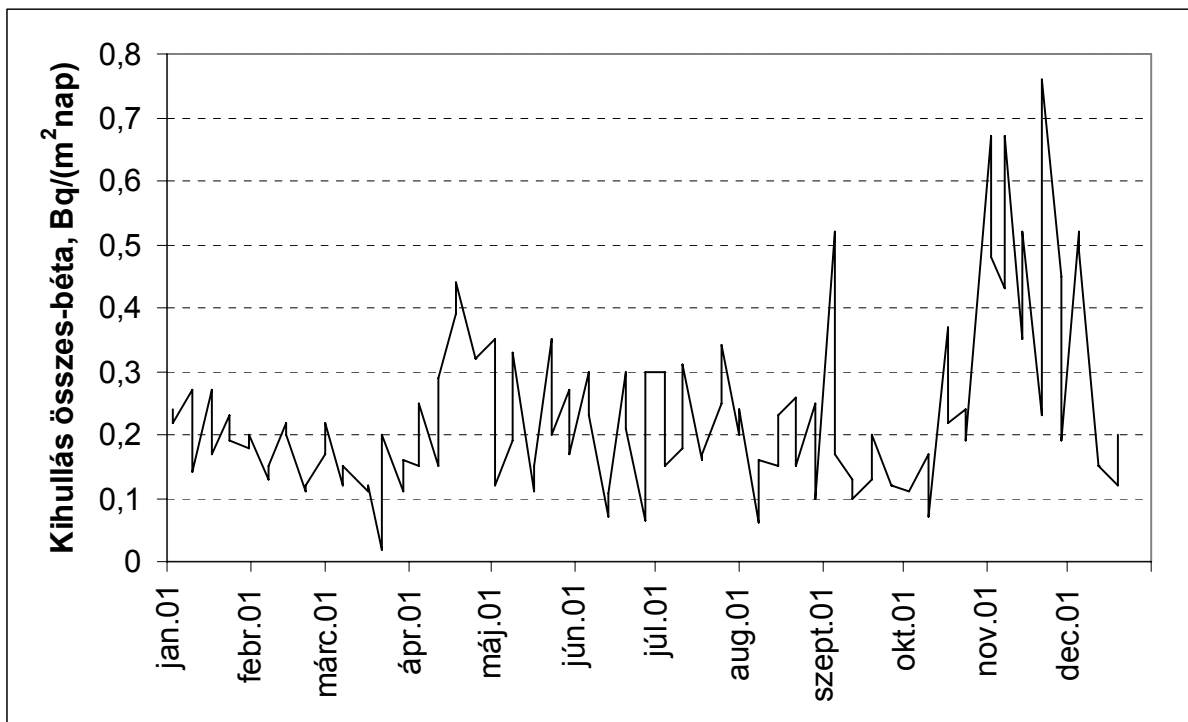
Radionuklid	Átlag Bq/m ² /hó	Minimum Bq/m ² /hó	Maximum Bq/m ² /hó	N	Kh alatti
Ag-110m	-	-	-	108	108
Be-7	70	6,6	230	108	0
Co-58	-	-	-	108	108
Co-60	-	-	0,33	108	107
Cs-137	-	0,07	0,16	108	104
Mn-54	-	-	-	108	108

3.2.2. Az RHFT telephelyén mért eredmények

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

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

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



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

3.2.2. táblázat. Az RHFT környezetében végzett kihullás mérések összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/(m ² nap)	Minimum mBq/(m ² nap)	Maximum mBq/(m ² nap)	Szórás mBq/(m ² nap)	N	Kh alatti
Be-7	860	290	1800	480	30	7
K-40	2900	670	7000	1500	17	0
Cs-137	-	-	-	-	102	102
Összes-béta	230	17	760	140	101	0

4. Talaj

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

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

4.1. Országos adatok

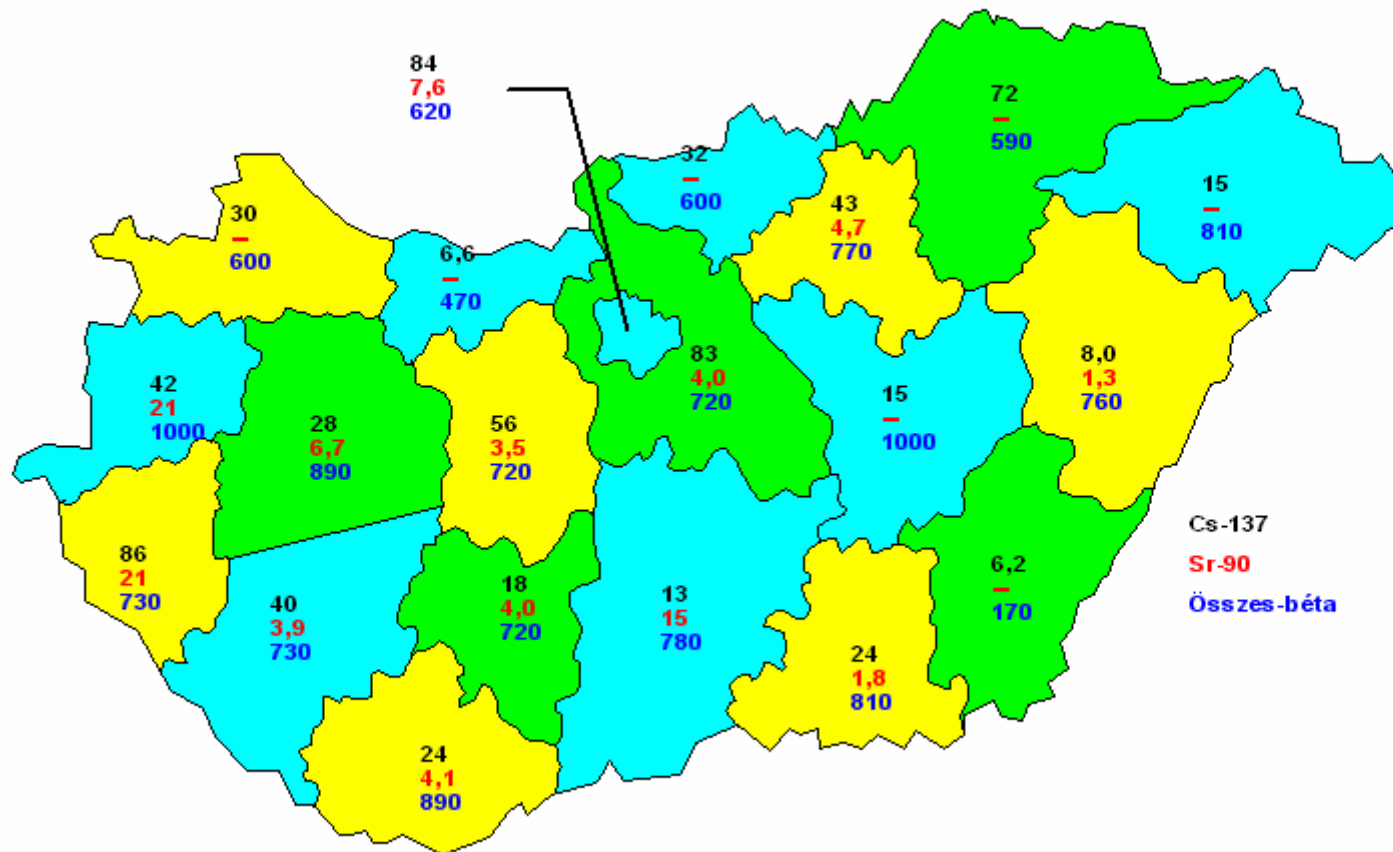
Az ERMAH laboratóriumok az ország 11 pontján, negyedévente vesznek talajmintát. A mintákon összes-béta és gamma-spektrometriai méréseket végeznek. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a 110 °C-on szárított mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm³ térfogaton) végzik. Jellemző kimutatási határ: 1-4 Bq/kg (¹³⁷Cs, gamma-spektrometria).

Az FVM REH laboratóriumok a mintákat – így a havi gyakorisággal vett talajmintákat is – 450 °C-on hamvasztják. A gamma-spektrometriai elemzést a hamu 50 cm³-én, az összes-béta aktivitás meghatározását 1 g hamuból végzik. (Ugyancsak ebből a hamuból történik az összes-alfa aktivitás mérése, illetve a stroncium és a transzurán izotópok radiokémiai elválasztása.)

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

A csernobili kihullásból származó ¹³⁷Cs izotóp aktivitáskonzentrációja még mindig jól mérhető, átlagának értéktartománya 8,1-25 Bq/kg, de az egyedi eredmények maximuma a 80 Bq/kg értéket is meghaladja. A ⁹⁰Sr izotóp koncentrációinak átlagai ennél kisebbek, 1,7 Bq/kg alattiak. Az összes-béta aktivitáskonzentrációk jóval nagyobbak (370-730 Bq/kg), azonban ez az aktivitás túlnyomórészt a természetes ⁴⁰K izotóptól származik.

A 4.1.2. ábrán szemléltetjük az ugyanazon minták összes-béta és ⁴⁰K aktivitáskonzentrációi közötti – elfogadható mértékű - korrelációt. (A talaj esetében a ⁴⁰K radionuklidon kívül



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

számottevő béta-aktivitást képviselnek a természetes urán, tórium bomlási sorok radioaktív leányelemei is.)

Ha a két hálózat ^{137}Cs mérési eredményeit vetjük össze – ezek azonos megyékből, de nem azonos mintavételi helyekről származó, azaz nem azonos minták átlagos koncentrációira vonatkoznak – akkor a szóródás már jelentős mértékű, bár a pontok nagy többsége az 1-es meredekségű egyeneshez közeli (4.1.3. ábra). (Az eltérés nem feltétlenül mérési hibát jelez, a ^{137}Cs talajban mérhető aktivitáskoncentrációját ugyanis igen nagy területi inhomogenitás jellemzi, egy-egy megyén belül, sőt – például vízösszefolyási helyeken – akár néhány méteres távolságon belül is, jelentős különbségek fordulhatnak elő.)

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	12	0,39	24	8,9	10	0
Cs-137	BE	-	-	6,2	-	1	0
Cs-137	BK	-	3,6	13	-	6	0
Cs-137	BP	-	11	84	-	9	1
Cs-137	BZ	-	15	72	-	4	1
Cs-137	CS	-	3,6	24	-	8	0
Cs-137	FE	-	4,5	56	-	8	1
Cs-137	GY	-	24	30	-	4	0
Cs-137	HA	-	0,78	8,0	-	4	0
Cs-137	HE	-	0,91	43	-	9	2
Cs-137	JA	-	7,5	15	-	2	0
Cs-137	KO	-	4,7	6,6	-	4	0
Cs-137	NO	-	3,1	32	-	3	0
Cs-137	PE	25	9,0	83	21	11	0
Cs-137	SO	17	2,3	40	11	11	0
Cs-137	SZ	-	8,8	15	-	2	0
Cs-137	TO	8,1	0,55	18	5,1	12	1
Cs-137	VA	21	7,6	42	12	13	0
Cs-137	VE	13	7,7	29	7,8	13	2
Cs-137	ZA	-	11	86	-	9	0
Sr-90	BA	-	0,66	4,1	-	8	0
Sr-90	BK	-	2,6	15	-	6	0
Sr-90	BP	-	1,2	7,6	-	3	0
Sr-90	CS	-	-	1,8	-	1	0
Sr-90	FE	-	2,8	3,5	-	4	0
Sr-90	HA	-	0,32	1,3	-	2	0
Sr-90	HE	-	1,5	4,7	-	6	0
Sr-90	PE	1,7	0,80	4,0	0,97	10	0
Sr-90	SO	-	0,60	3,9	-	9	0
Sr-90	TO	-	1,3	4,0	-	9	0
Sr-90	VA	-	1,2	21	-	9	0
Sr-90	VE	-	1,7	6,7	-	9	0
Sr-90	ZA	-	1,3	21	-	9	0
Összes-béta	BA	-	550	890	-	8	0
Összes-béta	BE	-	-	170	-	1	0
Összes-béta	BK	-	400	780	-	7	0

Összes-béta	BP	370	160	620	130	25	0
Összes-béta	BZ	-	430	590	-	4	0
Összes-béta	CS	490	290	810	180	12	0
Összes-béta	FE	-	460	720	-	8	0
Összes-béta	GY	-	520	600	-	2	0
Összes-béta	HA	-	320	760	-	6	0
Összes-béta	HE	520	340	770	120	10	0
Összes-béta	JA	-	620	1000	-	4	0
Összes-béta	KO	-	360	470	-	4	0
Összes-béta	NO	-	370	600	-	4	0
Összes-béta	PE	580	410	720	100	11	0
Összes-béta	SO	-	410	730	-	9	0
Összes-béta	SZ	-	470	810	-	4	0
Összes-béta	TO	510	170	720	140	12	0
Összes-béta	VA	730	400	1000	210	13	0
Összes-béta	VE	640	340	890	190	13	0
Összes-béta	ZA	-	460	730	-	9	0
Cs-137	Összesen	17	0,39	86	-	143	8
Sr-90	Összesen	3,2	0,32	21	-	85	0
Összes-béta	Összesen	560	160	1000	-	166	0

A talaj ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 17 Bq/kg, a ⁹⁰Sr radionuklidé 3,2 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig 560 Bq/kg volt 2005-ben. A két csernobili eredetű radionuklid átlagos koncentrációi közelítően az 5:1 arányszámmal jellemezhetők.

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

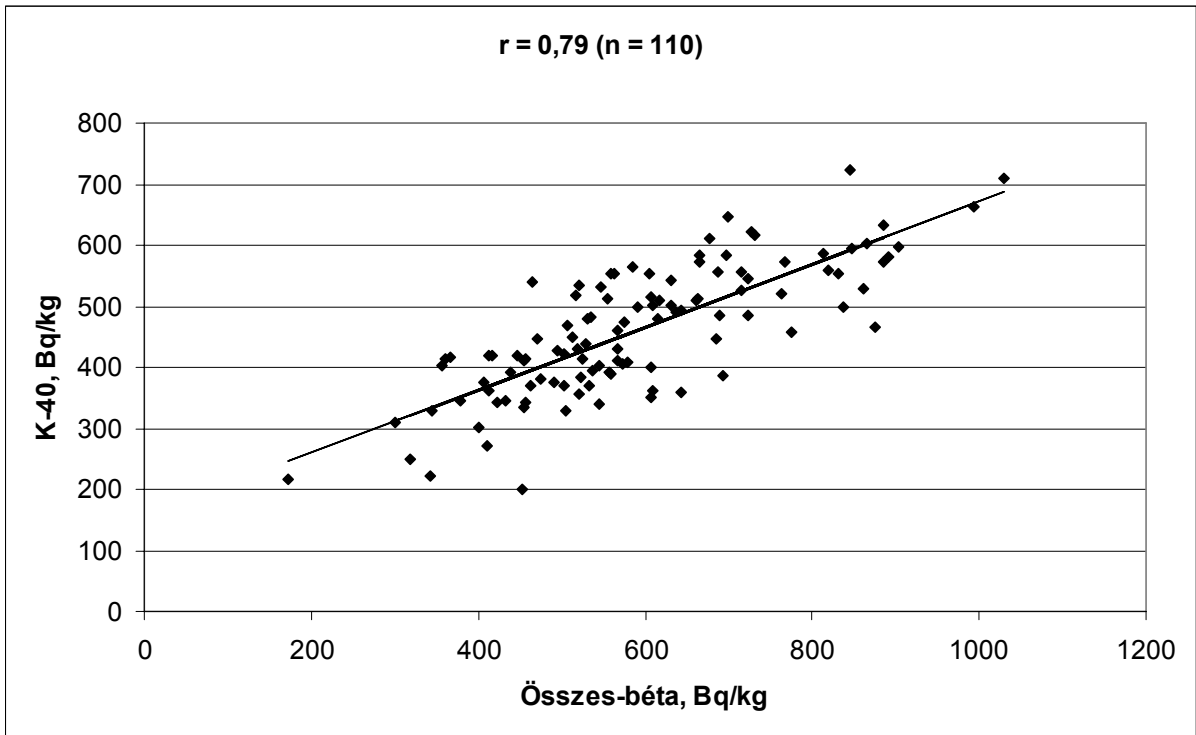
4.2. Létesítmények környezetében mért adatok

4.2.1. Az RHFT telephelyi mérési eredményei

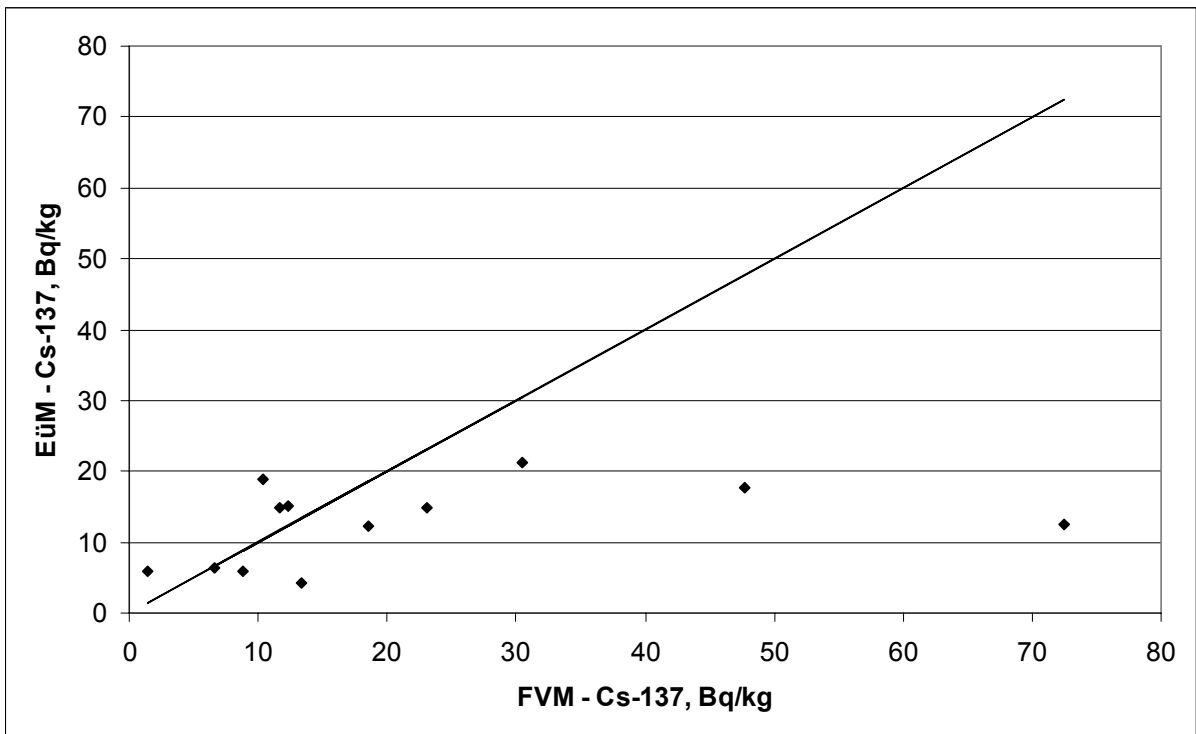
A talaj- és a hasonló jellegű iszap-, hordalékmintákat a különböző mintavételi pontokon havi, féléves illetve éves gyakorisággal veszik.

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

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

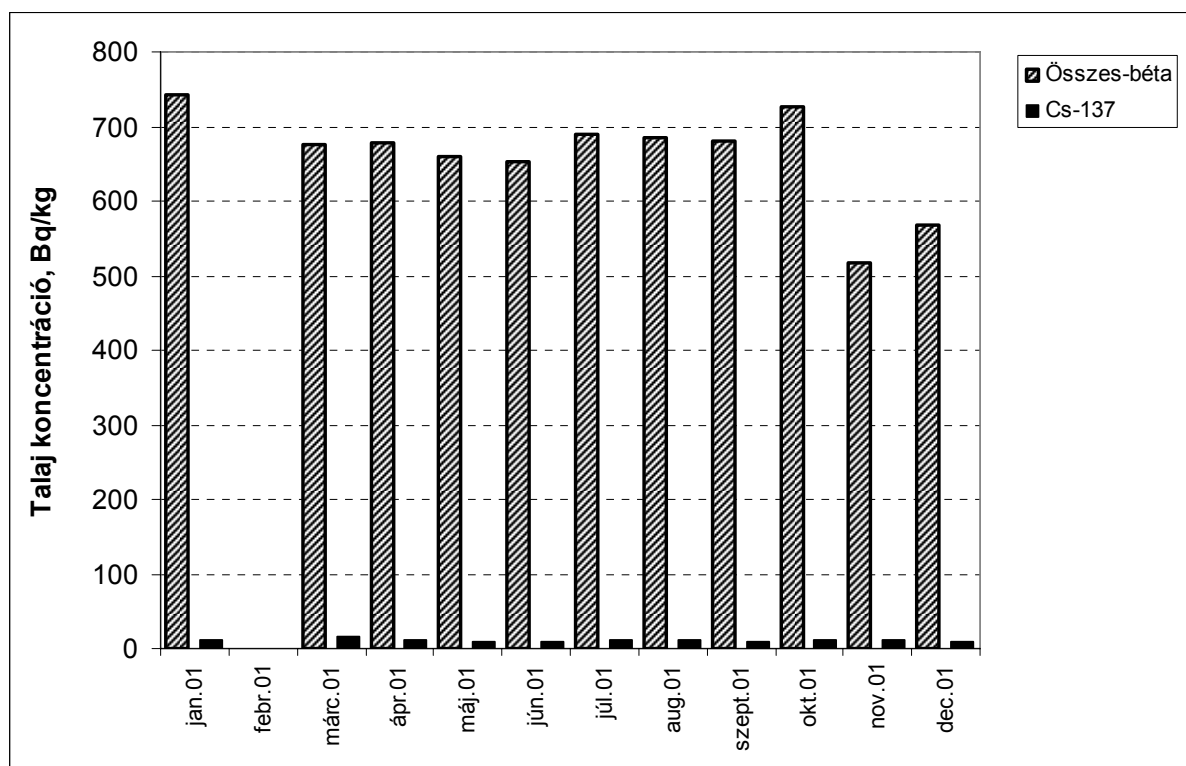


4.1.2. ábra. Országos talajmérések (EüM és FVM) összes-béta és K-40 mérési eredményeinek korrelációja



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

Az RHFT telephelyén a talajban mért aktivitáskonzentrációk havi átlagait a 4.2.1. ábrán mutatjuk be. Látható, hogy mind az összes-béta, mind a ^{137}Cs aktivitáskonzentrációk az év folyamán alig változtak.



4.2.1. ábra. Az RHFT környezetében vett talajminták aktivitáskonzentrációi

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 füvet, továbbá a takarmányozási céllal termesztett növényeket foglalja magában. A takarmánynövények aktivitáskonzentrációit az irodalomban leggyakrabban az ún. száraz tömegre vonatkoztatják. A továbbiakban az eredményeket ilyen egységben adjuk meg.

5.1.1. Országos adatok

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

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

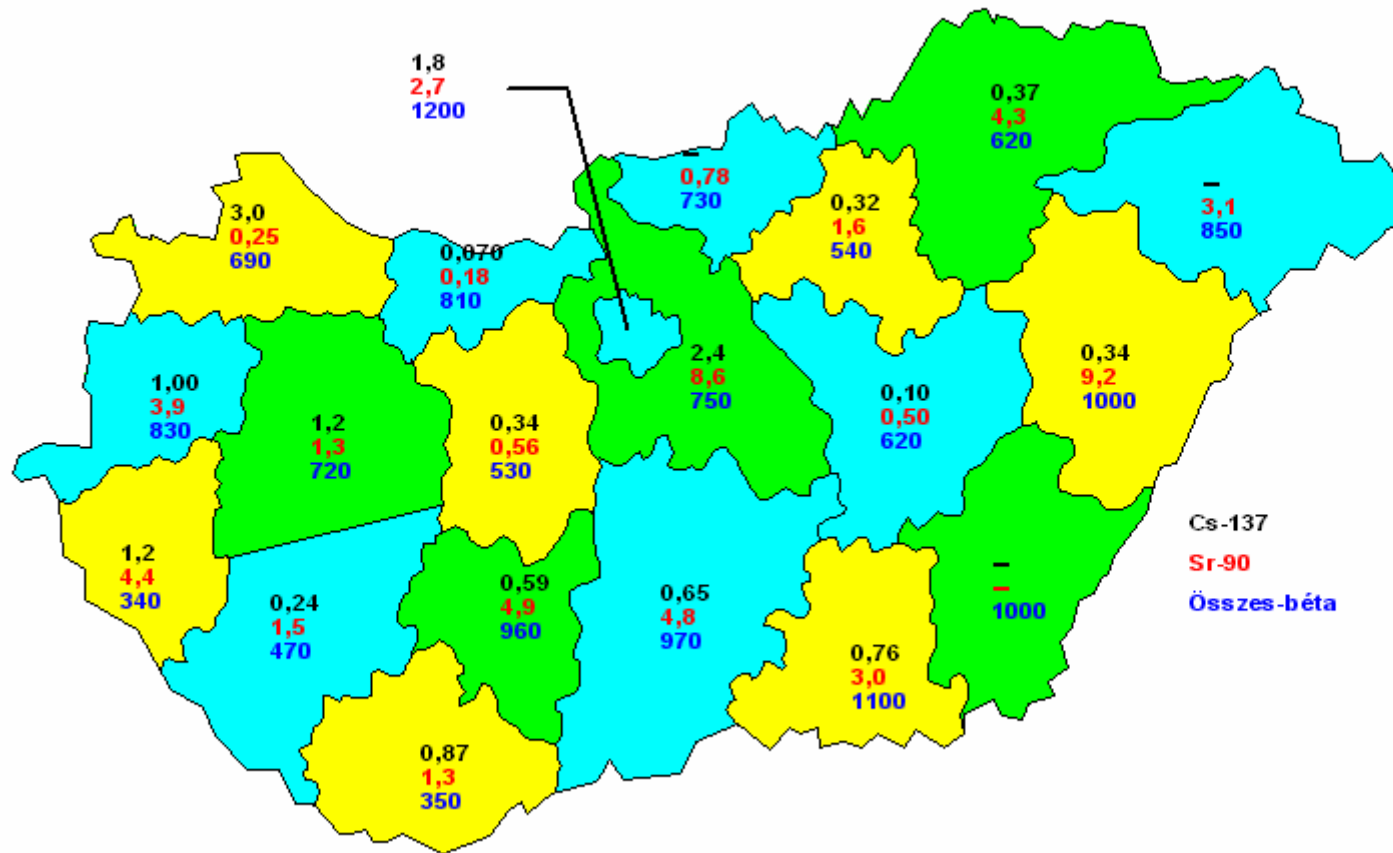
A takarmánymintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit az 5.1.1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy míg a ^{137}Cs aktivitáskonzentrációk jelentős hányada kimutatási határ alatti, addig a ^{90}Sr eredmények mindegyike meghaladja azt.

A talajban és a takarmánynövényekben mért aktivitáskonzentrációkat (4.1.1. és 5.1.1. táblázatok) összehasonlítva ki kell emelni, hogy amíg a talaj esetében a két csernobili eredetű radionuklid - azaz a ^{137}Cs és a ^{90}Sr - koncentrációnak aránya jellemzően 4-10 közötti (átlagosan 5,3), addig a takarmánymintáknál az arány éppen fordított, általában 0,1-0,3 közötti (átlagosan 0,22). Ennek két lehetséges oka van, egyrészt a ^{90}Sr a legtöbb talajban mobilisabb, a növények számára könnyebben elérhető formában van jelen, másrészt a növények nagyobb mértékben igénylik a stronciumot. (A két hatás együtt az ún. talaj-növény átviteli tényezővel jellemezhető, amelynek szokásos irodalmi értéke ^{90}Sr -ra 10, ^{137}Cs -ra pedig 1 körüli.)

A takarmánynövények ^{137}Cs aktivitáskonzentrációinak országos, éves átlaga 0,29 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé 1,3 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig 340 Bq/kg volt 2005-ben. A két csernobili eredetű radionuklid átlagos koncentrációi közelítően az 1:4 arányszámmal jellemezhetők.

Az 5.1.2. ábrán szemléltetjük a takarmánymintákban mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskonzentrációk közötti korrelációt. A talajmintákra kapott hasonló ábrával (4.1.2. ábra) összevetve egyrészt erősebb korrelációt láthatunk, másrészt a takarmánynövényeknél az összes-béta aktivitás közel 100 %-ban a ^{40}K radionukliddal származik. (A talajnál átlagosan mintegy 15-20 %-os járulékot képviselnek a természetes urán és tórium bomlási sorok elemei.)

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

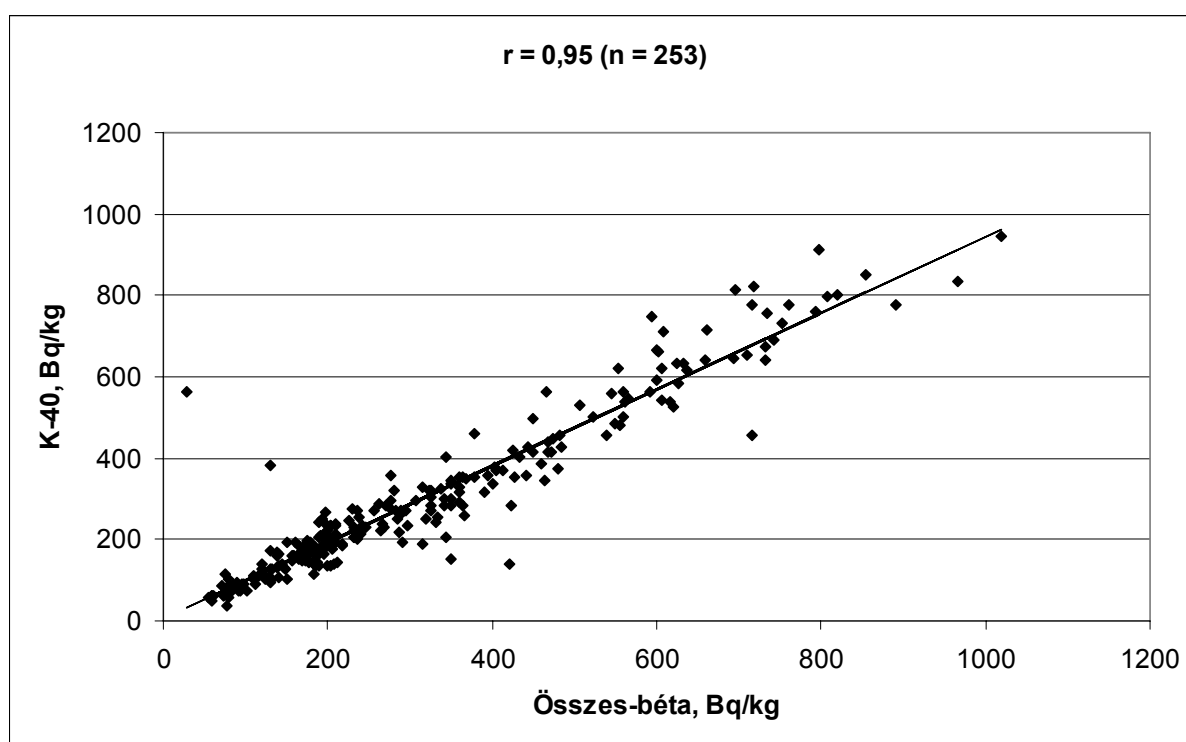


5.1.1. ábra. Takarmány mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüM és FVM, Bq/kg)

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	0,22	0,080	0,87	0,19	20	3
Cs-137	BE	-	-	-	-	2	2
Cs-137	BK	0,19	0,040	0,65	0,14	23	13
Cs-137	BP	0,53	0,13	1,8	0,46	21	1
Cs-137	BZ	-	0,21	0,37	-	4	1
Cs-137	CS	0,21	0,050	0,76	0,17	16	4
Cs-137	FE	0,15	0,050	0,34	0,10	17	5
Cs-137	GY	-	0,16	3,0	-	5	0
Cs-137	HA	-	0,23	0,34	-	19	15
Cs-137	HE	-	-	0,32	-	18	17
Cs-137	JA	-	0,090	0,10	-	2	0
Cs-137	KO	-	0,050	0,070	-	2	0
Cs-137	NO	-	-	-	-	1	1
Cs-137	PE	0,62	0,050	2,4	0,66	17	3
Cs-137	SO	0,12	0,063	0,24	0,065	18	5
Cs-137	SZ	-	-	-	-	3	3
Cs-137	TO	0,27	0,030	0,59	0,25	33	14
Cs-137	VA	0,45	0,091	1,0	0,31	17	1
Cs-137	VE	0,35	0,12	1,2	0,36	20	9
Cs-137	ZA	0,19	0,047	1,2	0,30	15	5
Sr-90	BA	0,66	0,14	1,3	0,32	19	0
Sr-90	BK	1,7	0,092	4,8	1,4	22	0
Sr-90	BP	0,99	0,17	2,7	0,65	16	0
Sr-90	BZ	-	-	4,3	-	1	0
Sr-90	CS	1,8	0,25	3,0	1,1	11	0
Sr-90	FE	0,25	0,043	0,56	0,14	17	0
Sr-90	GY	-	-	0,25	-	1	0
Sr-90	HA	1,9	0,16	9,2	2,1	18	0
Sr-90	HE	0,45	0,090	1,6	0,36	18	0
Sr-90	JA	-	0,16	0,50	-	2	0
Sr-90	KO	-	0,15	0,18	-	2	0
Sr-90	NO	-	-	0,78	-	1	0
Sr-90	PE	2,3	0,17	8,6	2,6	16	0
Sr-90	SO	0,48	0,070	1,5	0,34	16	0
Sr-90	SZ	-	2,3	3,1	-	3	0
Sr-90	TO	2,0	0,16	4,9	1,5	29	0
Sr-90	VA	1,7	0,35	3,9	1,1	17	0
Sr-90	VE	0,64	0,073	1,3	0,37	20	0
Sr-90	ZA	1,1	0,32	4,4	1,1	14	0
Összes-béta	BA	210	120	350	57	19	0
Összes-béta	BE	-	-	1000	-	1	0
Összes-béta	BK	420	29	970	240	26	0
Összes-béta	BP	300	76	1200	240	29	0
Összes-béta	BZ	-	130	620	-	5	0
Összes-béta	CS	400	160	1100	210	24	0
Összes-béta	FE	210	71	540	100	21	0
Összes-béta	GY	-	130	690	-	5	0
Összes-béta	HA	400	95	1000	210	22	0

Összes-béta	HE	190	62	540	110	22	0
Összes-béta	JA	-	170	620	-	3	0
Összes-béta	KO	-	85	810	-	5	0
Összes-béta	NO	-	67	730	-	5	0
Összes-béta	PE	370	77	750	190	16	0
Összes-béta	SO	160	55	470	100	18	0
Összes-béta	SZ	-	560	850	-	6	0
Összes-béta	TO	440	120	960	230	33	0
Összes-béta	VA	460	140	830	250	21	0
Összes-béta	VE	320	110	720	140	24	0
Összes-béta	ZA	170	79	340	87	15	0
Cs-137	Összesen	0,29	0,030	3,0	-	273	102
Sr-90	Összesen	1,3	0,043	9,2	-	243	0
Összes-béta	Összesen	340	29	1200	-	320	0



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

5.1.2. Az 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); 0,3 Bq/kg (¹³⁷Cs, 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	93	20	340	78	24	0
Cs-137	0,80	0,49	1,8	0,42	14	1
K-40	600	290	920	180	17	0
Összes-béta	660	88	1200	260	24	0

5.2. Növényi eredetű, nyers élelmiszer

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

5.2.1. Országos adatok

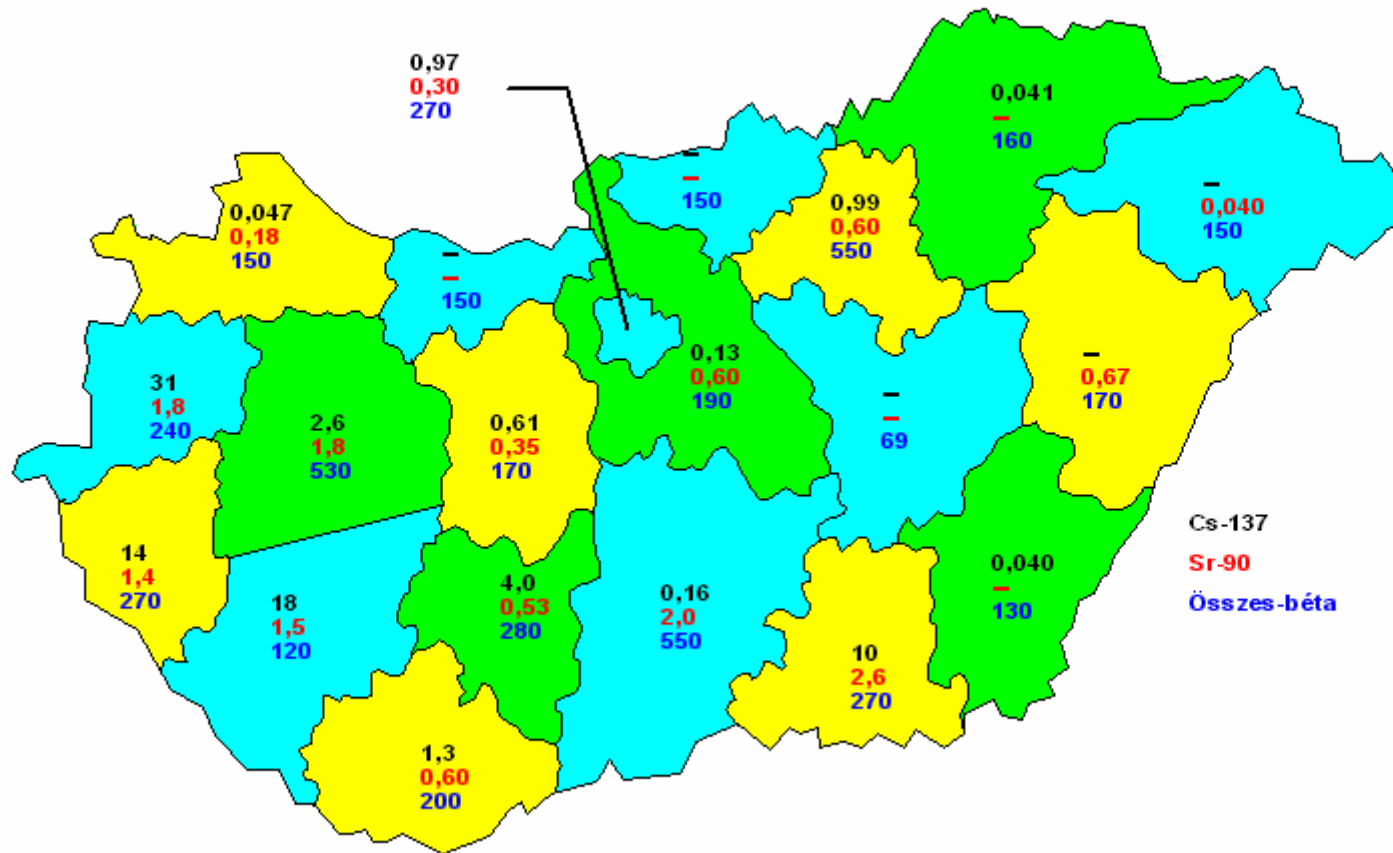
Országos mintavételi és mérési programmal az EüM ERMAH és az FVM REH hálózatok rendelkeznek. A két hálózat mintavételi programjában az évszakoknak megfelelően leveles (primőr) zöldségfélék, bogyós zöldségek, burgonya, gyökértermésűek, illetve alma és idényjellegű gyümölcsfélék szerepelnek.

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

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

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

A zöldségfélékben mért aktivitáskoncentrációkat (5.2.1. táblázat) áttekintve kiemelendő, hogy a talaj-, illetve takarmányminták aktivitáskoncentrációitól eltérően (4.1.1. és 5.1.1. táblázatok) itt a két csernobili eredetű radionuklid - azaz a ¹³⁷Cs és a ⁹⁰Sr - koncentrációnak aránya nem mutat határozott irányt, egyes megyékben az arány 1-nél nagyobb, másoknál 1-nél kisebb (a két szélsőérték 0,5 és 4,6).



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

Ez egyrészt azzal magyarázható, hogy a mintafajták itt sokkal szélesebb skálán találhatók, ami a radionuklidok felvételében is jelentős különbségeket eredményezhet, másrészt a ^{137}Cs koncentrációk nagyobb hányada volt kimutatási határ alatti, vagy azt éppen meghaladó, bizonytalanabb eredmény.

A nyers élelmiszerek ^{137}Cs aktivitáskonzentrációinak országos, éves átlaga 0,28 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé ehhez hasonló, 0,27 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig 89 Bq/kg volt 2005-ben. A két csernobili eredetű radionuklid átlagos koncentrációi közelítően az 1:1 arányszámmal jellemezhetők. (Megjegyezzük, hogy a ^{137}Cs koncentrációk több mint a fele kimutatási határ alatti volt.)

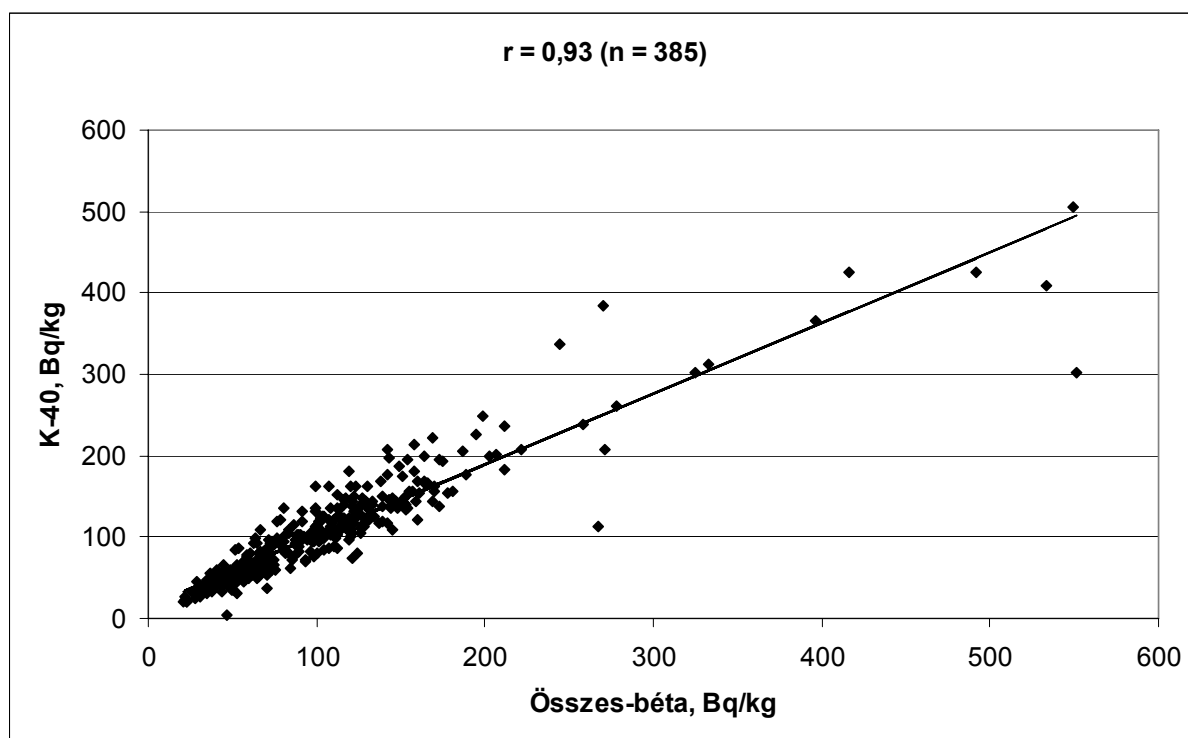
Az 5.2.2. ábrán szemléltetjük a nyers, növényi élelmiszerekben mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskonzentrációk közötti korrelációt. A korreláció mértéke itt is hasonlóan erős, mint a takarmánymintáknál láttuk (5.1.2. ábra), és az összes-béta aktivitás közel 100 %-ban itt is a ^{40}K radionuklidotól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

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

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	0,081	0,010	1,3	0,21	44	24
Cs-137	BE	-	-	0,040	-	1	0
Cs-137	BK	-	0,022	0,16	-	31	26
Cs-137	BP	0,10	0,020	0,97	0,17	31	20
Cs-137	BZ	-	-	0,041	-	23	22
Cs-137	CS	0,41	0,010	11	1,8	33	14
Cs-137	FE	0,14	0,046	0,61	0,14	25	12
Cs-137	GY	-	0,025	0,047	-	25	22
Cs-137	HA	-	-	-	-	22	22
Cs-137	HE	-	0,11	1,0	-	21	16
Cs-137	PE	0,050	0,020	0,13	0,038	16	5
Cs-137	SO	0,84	0,040	18	3,4	30	19
Cs-137	SZ	-	-	-	-	1	1
Cs-137	TO	-	0,010	4,0	-	46	37
Cs-137	VA	1,3	0,015	31	5,9	28	10
Cs-137	VE	0,18	0,012	2,6	0,53	31	21
Cs-137	ZA	0,62	0,019	14	2,5	31	15
Sr-90	BA	0,17	0,0070	0,60	0,17	23	0
Sr-90	BK	0,50	0,018	2,0	0,62	10	0
Sr-90	BP	-	0,028	0,30	-	8	0
Sr-90	CS	-	0,015	2,6	-	9	0
Sr-90	FE	0,12	0,020	0,35	0,10	17	0
Sr-90	GY	-	-	0,18	-	1	0
Sr-90	HA	0,24	0,012	0,67	0,24	11	0
Sr-90	HE	0,16	0,010	0,60	0,16	16	0
Sr-90	PE	-	0,045	0,60	-	5	0
Sr-90	SO	0,37	0,012	1,5	0,47	16	0
Sr-90	SZ	-	-	0,040	-	1	0

Sr-90	TO	0,24	0,011	0,53	0,17	10	0
Sr-90	VA	0,28	0,0090	1,8	0,45	18	0
Sr-90	VE	0,26	0,010	1,8	0,46	23	0
Sr-90	ZA	0,34	0,010	1,4	0,31	21	0
Összes-béta	BA	84	25	200	43	46	0
Összes-béta	BE	-	33	130	-	4	0
Összes-béta	BK	140	38	550	120	34	0
Összes-béta	BP	80	13	270	50	48	0
Összes-béta	BZ	68	27	160	39	23	0
Összes-béta	CS	78	25	270	43	72	0
Összes-béta	FE	78	18	170	39	36	0
Összes-béta	GY	80	22	150	41	25	0
Összes-béta	HA	78	21	170	43	39	0
Összes-béta	HE	120	33	550	100	35	0
Összes-béta	JA	-	54	70	-	5	0
Összes-béta	KO	74	16	150	43	24	0
Összes-béta	NO	65	31	150	38	13	0
Összes-béta	PE	82	19	190	43	39	0
Összes-béta	SO	73	30	120	28	39	0
Összes-béta	SZ	68	23	150	35	19	0
Összes-béta	TO	88	21	280	52	46	0
Összes-béta	VA	100	29	240	52	55	0
Összes-béta	VE	110	31	530	92	44	0
Összes-béta	ZA	100	30	270	50	33	0
Cs-137	Összesen	0,28	0,010	31	-	439	286
Sr-90	Összesen	0,27	0,0070	2,6	-	189	0
Összes-béta	Összesen	89	13	550	-	679	0



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

5.3. Feldolgozott, növényi eredetű élelmiszer

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

5.3.1. Országos adatok

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

Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja 10 megyére és a fővárosra terjed ki, negyedévente 2-2 gabonafajta és havonta 1 kenyérféle mintázását tartalmazza. Jellemző kimutatási határ: 0,03-0,2 Bq/kg (^{137}Cs).

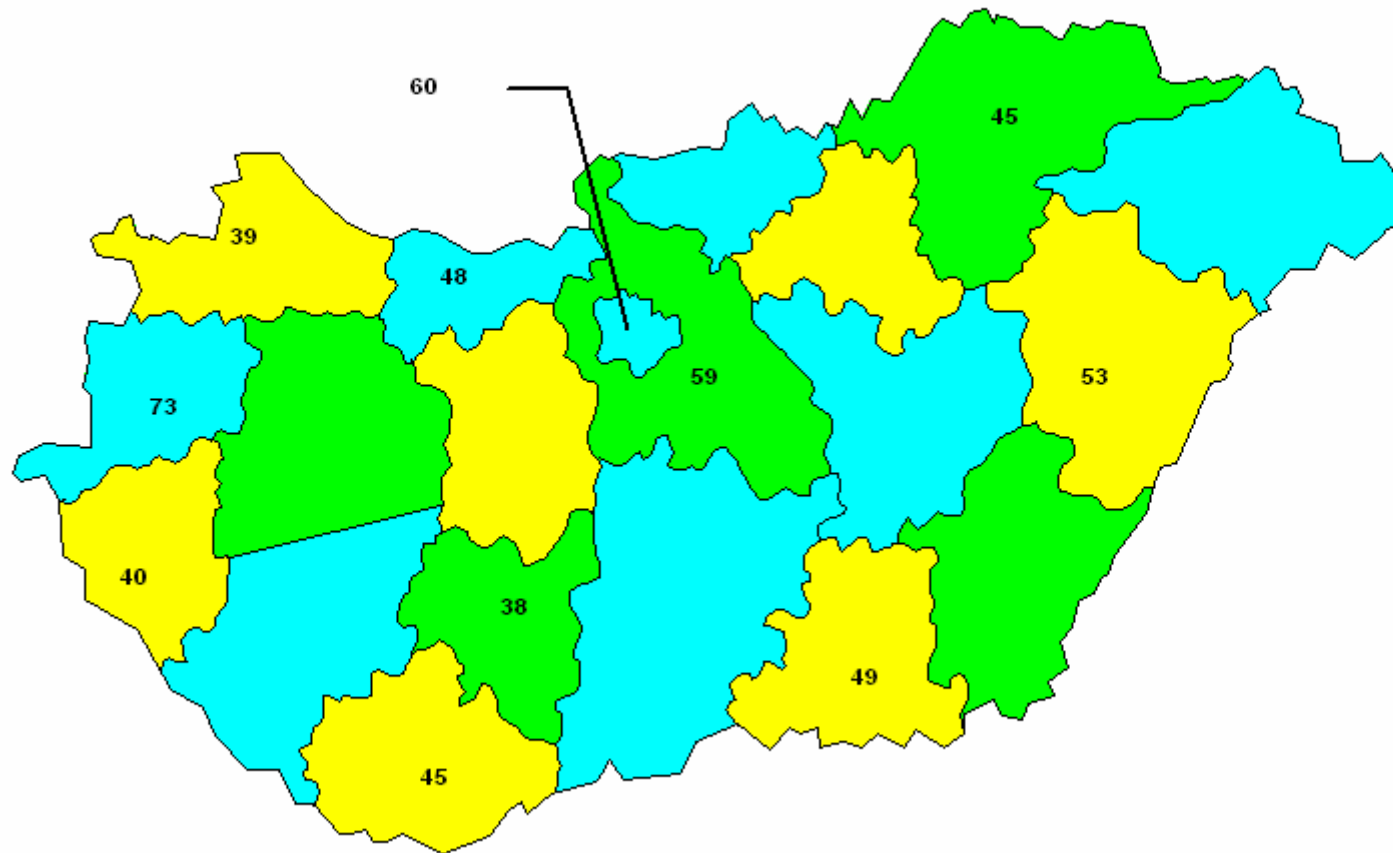
Az 5.3.1. ábrából láthatóan itt már a két hálózat mérési programja együtt sem fedi le a teljes országot (az ERMAH mérési programja mint láttuk, csak a regionális központok, az ún. decentrum megyékre és az alapszintű laboratóriumok megyéire szorítkozik). A minta-előkészítés mindkét hálózatnál szárítást, majd hamvasztást jelent, és a hamu radioaktivitását mérik.

A gabonafélékben és termékekben mért aktivitáskoncentrációkat közül térképen csak az összes-béta eredmények maximumait mutatjuk be (5.3.1. ábra), ennek oka az, hogy a ^{137}Cs koncentrációi szinte minden esetben kimutatási határ alattiak voltak, ^{90}Sr mérések pedig ezekből a mintákból nem történtek (5.3.1. táblázat). Kiemelendő, hogy ezen mintafajtákban a csernobili eredetű ^{137}Cs az igen kis kimutatási határok ellenére általában már nem volt kimutatható.

Ezen élelmiszerekben a döntően természetes eredetű összes-béta aktivitáskoncentrációk országos, éves átlaga 39 Bq/kg volt 2005-ben.

Az 5.3.2. ábrán szemléltetjük a minták összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskoncentrációi közötti korrelációt. A lényegesen kisebb mintaszám miatt - a ^{40}K mérése csak a minták egy részében történt - a korreláció mértéke itt kevésbé számszerűsíthető, azonban látható, hogy az összes-béta aktivitás meghatározó részét itt is a ^{40}K aktivitása teszi ki.

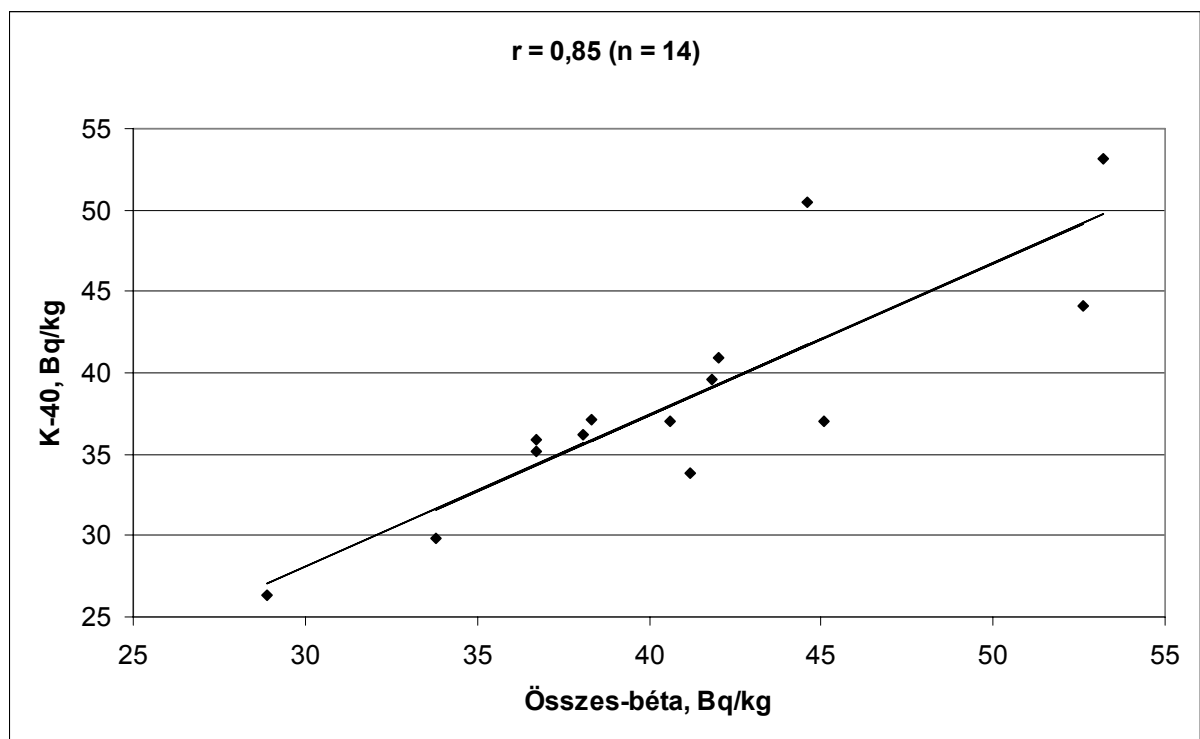
Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], a REH laboratóriumokét pedig éves jelentéseikben [4] is megtalálhatjuk.



5.3.1. ábra. Feldolgozott, növényi eredetű élelmiszer összes-béta aktivitáskonzentrációk éves maximumainak országos eloszlása (EüM és FVM, Bq/kg)

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	-	-	-	2	2
Cs-137	BP	-	-	-	-	11	11
Cs-137	BZ	-	-	0,54	-	4	3
Cs-137	CS	-	-	-	-	1	1
Cs-137	GY	-	-	-	-	4	4
Cs-137	HA	-	-	-	-	1	1
Cs-137	TO	-	-	-	-	4	4
Összes-béta	BA	-	36	45	-	4	0
Összes-béta	BP	40	25	60	9,4	18	0
Összes-béta	BZ	37	31	45	3,5	12	0
Összes-béta	CS	38	15	49	10	12	0
Összes-béta	GY	34	15	39	6,4	12	0
Összes-béta	HA	41	29	53	7,1	12	0
Összes-béta	KO	32	20	48	7,7	12	0
Összes-béta	PE	-	23	59	-	8	0
Összes-béta	TO	30	25	39	5,0	10	0
Összes-béta	VA	59	42	73	9,3	12	0
Összes-béta	ZA	-	-	40	-	1	0
Cs-137	Összesen	-	-	0,54	-	27	26
Összes-béta	Összesen	39	15	73	-	113	0



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

6. Állati eredetű élelmiszerek

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

6.1. Tej, tejtermék

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

6.1.1. Országos adatok

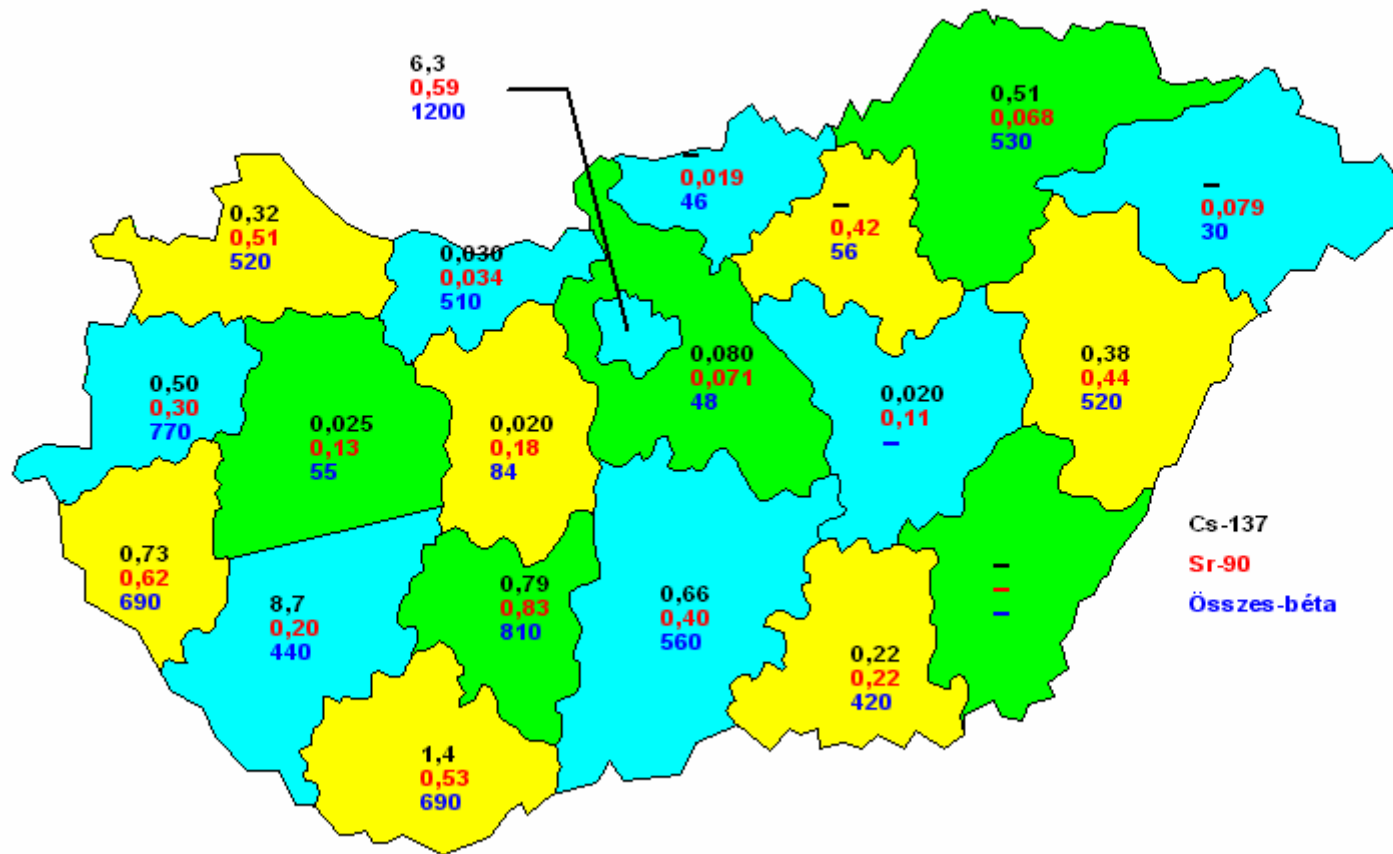
Országos mintavételi és mérési programmal az EüM ERMAH és az FVM REH hálózatok rendelkeznek. A két hálózat mintavételi programjában a nyerstej, tejpör, sajt és a túró szerepel. A minta-előkészítés mindkét hálózatnál hamvasztást jelent. A hamu radioaktivitását mérik, illetve a ^{90}Sr méréséhez ebből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

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 10 megyében (decentrum és alapszintű laboratóriumok megyéi) havonta 3-3 tejminta, továbbá negyedévente 1-1 sajt, túró és tejporminta vételére terjed ki. Jellemző kimutatási határ: 0,02-0,5 Bq/kg (^{137}Cs).

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

A tej- és tejtermékmintákra vonatkozó mérési eredmények jellemzőit a 6.1.1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy míg a ^{137}Cs aktivitáskoncentrációk nagyrészt kimutatási határ alattiak, addig a ^{90}Sr eredmények mindegyike meghaladja azt. (Megjegyezzük, hogy a 6,3 és 8,7 Bq/kg ^{137}Cs -koncentráció tejporból származik, amely mintegy tizedrészére hígul a felhasználás során.)

A tejben és tejtermékekben mért aktivitáskoncentrációkat (6.1.1. táblázat) áttekintve kiemelendő, hogy a nyers, növényi eredetű élelmiszerekhez hasonlóan a két csernobili eredetű radionuklid - azaz a ^{137}Cs és a ^{90}Sr - koncentrációnak aránya itt sem mutat határozott irányt, egyes megyékben az arány 1-nél nagyobb, másoknál 1-nél kisebb (a két szélsőérték itt azonban kisebb tartományt képvisel: 0,7 és 3,4). A magyarázat hasonló: egyrészt a mintafajták itt is – a feldolgozásból eredően - széles skálán helyezkednek el, ami a radionuklidok koncentrációját eltérően befolyásolja, másrészt a ^{137}Cs koncentrációk nagy hányada – mintegy kétharmada - volt itt is kimutatási határ alatti, vagy azt éppen meghaladó, bizonytalanabb eredmény.



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

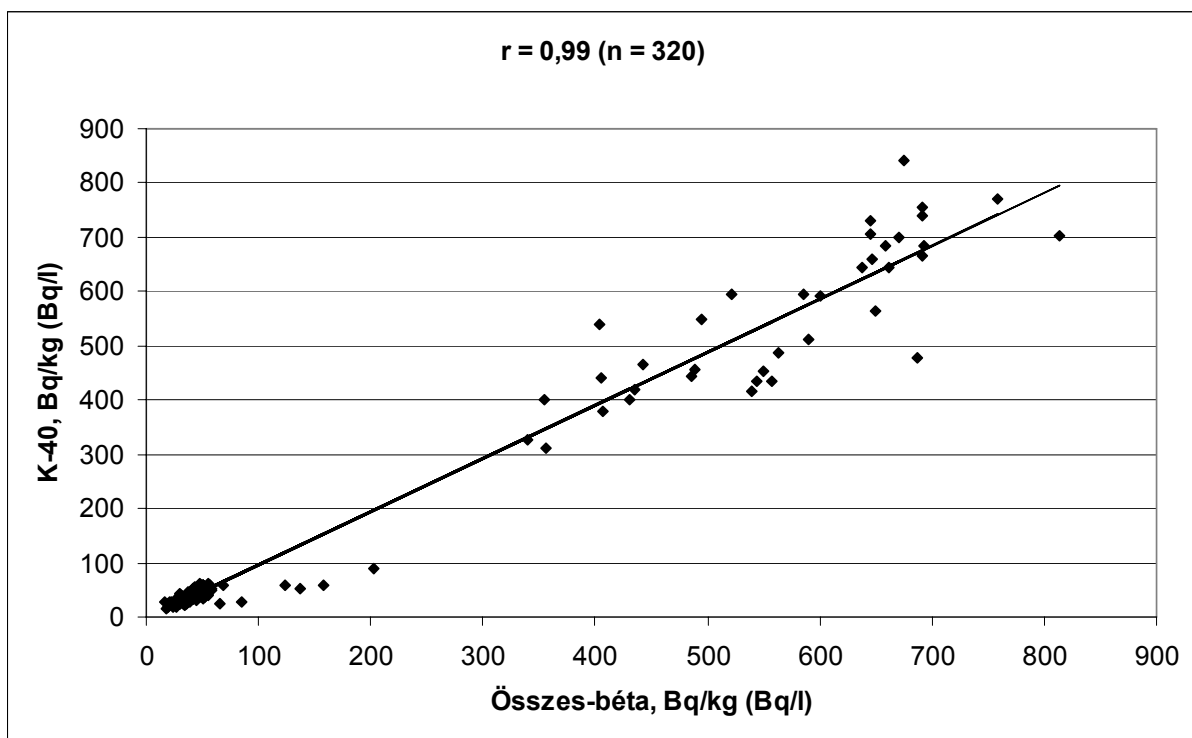
A tej- és tejtermékek ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,12 Bq/kg, a ⁹⁰Sr radionuklidé ehhez hasonló, 0,10 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig 93 Bq/kg volt 2005-ben. A két csernobili eredetű radionuklid átlagos koncentrációi közelítően az 1:1 arányszámmal jellemezhetők. (Megjegyezzük, hogy a ¹³⁷Cs mérési eredmények mintegy kétharmada kimutatási határ alatti volt.)

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	0,020	1,4	-	25	22
Cs-137	BE	-	-	-	-	2	2
Cs-137	BK	-	0,010	0,66	-	29	25
Cs-137	BP	0,30	0,020	6,3	1,1	31	11
Cs-137	BZ	-	0,019	0,51	-	12	10
Cs-137	CS	-	0,010	0,22	-	19	10
Cs-137	FE	-	0,010	0,020	-	10	8
Cs-137	GY	0,070	0,0077	0,32	0,091	31	7
Cs-137	HA	-	0,19	0,38	-	26	23
Cs-137	HE	-	-	-	-	18	18
Cs-137	JA	-	-	0,020	-	4	3
Cs-137	KO	-	-	0,030	-	2	1
Cs-137	NO	-	-	-	-	1	1
Cs-137	PE	0,035	0,020	0,080	0,017	12	0
Cs-137	SO	-	0,029	8,7	-	18	10
Cs-137	SZ	-	-	-	-	3	3
Cs-137	TO	0,098	0,010	0,79	0,15	58	42
Cs-137	VA	0,091	0,011	0,50	0,13	23	8
Cs-137	VE	-	0,013	0,025	-	19	14
Cs-137	ZA	0,19	0,024	0,73	0,22	25	8
Sr-90	BA	0,12	0,019	0,53	0,15	18	0
Sr-90	BK	0,073	0,017	0,40	0,095	25	0
Sr-90	BP	0,089	0,011	0,59	0,12	28	1
Sr-90	BZ	-	0,0095	0,068	-	5	0
Sr-90	CS	0,084	0,017	0,22	0,075	11	0
Sr-90	FE	0,076	0,017	0,18	0,056	10	0
Sr-90	GY	0,10	0,017	0,51	0,14	24	4
Sr-90	HA	0,15	0,022	0,44	0,15	28	0
Sr-90	HE	0,091	0,020	0,42	0,11	18	0
Sr-90	JA	-	0,021	0,11	-	4	0
Sr-90	KO	-	0,018	0,034	-	2	0
Sr-90	NO	-	-	0,019	-	1	0
Sr-90	PE	0,051	0,036	0,071	0,012	11	0
Sr-90	SO	0,080	0,021	0,21	0,075	18	0
Sr-90	SZ	-	0,056	0,079	-	3	0
Sr-90	TO	0,14	0,018	0,83	0,17	41	1
Sr-90	VA	0,12	0,022	0,30	0,10	23	0
Sr-90	VE	0,059	0,021	0,13	0,050	19	0
Sr-90	ZA	0,19	0,019	0,62	0,16	21	0
Összes-béta	BA	120	27	690	180	29	0
Összes-béta	BK	66	18	560	98	28	0
Összes-béta	BP	110	0,027	1200	220	73	0

Összes-béta	BZ	77	20	530	120	49	0
Összes-béta	CS	74	18	420	100	64	0
Összes-béta	FE	54	24	84	17	10	0
Összes-béta	GY	85	21	520	130	54	0
Összes-béta	HA	87	0,030	520	130	83	0
Összes-béta	HE	46	33	56	8,0	18	0
Összes-béta	KO	75	17	510	120	49	0
Összes-béta	NO	-	-	46	-	1	0
Összes-béta	PE	35	16	48	10	19	0
Összes-béta	SO	58	19	440	95	18	0
Összes-béta	SZ	-	28	30	-	3	0
Összes-béta	TO	98	20	810	160	153	0
Összes-béta	VA	120	37	770	190	68	0
Összes-béta	VE	43	29	55	9,2	18	0
Összes-béta	ZA	220	16	690	290	27	0
Cs-137	Összesen	0,12	0,0077	8,7	-	368	226
Sr-90	Összesen	0,10	0,0095	0,83	-	310	6
Összes-béta	Összesen	93	0,027	1200	-	764	0

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



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

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

6.2. Hús és hústermékek aktivitáskoncentrációi

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

6.2.1. Országos adatok

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

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 10 megyében (decentrum és alapszintű laboratóriumok megyéi) negyedévente 1-1 marha-, sertés- és baromfihúsminta vételére terjed ki. Jellemző kimutatási határ: 0,02-0,2 Bq/kg (^{137}Cs).

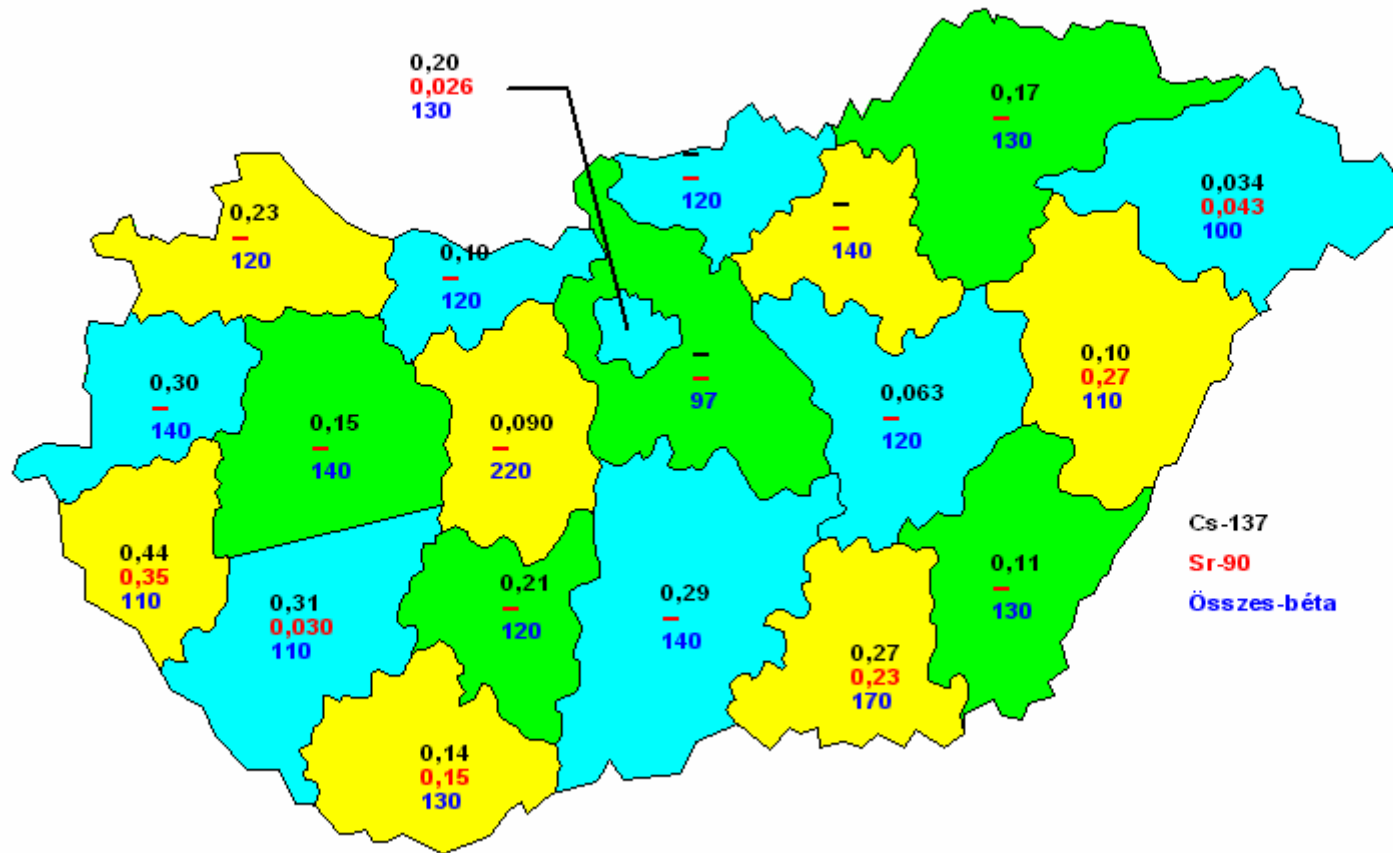
A 6.2.1. ábrából látható, hogy a két hálózat mérési programja együttesen itt is lefedi a teljes országot. Az összes-béta méréshez történő minta-előkészítés mindkét hálózatonál hamvasztást jelent. A hamu radioaktivitását mérik, illetve a ^{90}Sr méréséhez ebből kiindulva végeznek radiokémiai elválasztást. (Az ERMAH laboratóriumok a hús gamma-spektrometriai mérését nyers, homogenizált formában végzik.)

A hús- és hústermék mintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit a 6.2.1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy a ^{137}Cs aktivitáskoncentrációk közel harmada itt is kimutatási határ alatti, a kisszámú ^{90}Sr eredmény mindegyike meghaladja azt.

A hús és hústermékek ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,075 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé nagyobb, 0,13 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig a tejhez igen hasonló, 86 Bq/kg volt 2005-ben. A két csernobili eredetű radionuklid átlagos koncentrációi közelítően az 1:2 arányszámmal jellemezhetők. (Megjegyezzük azonban, hogy a ^{137}Cs mérési eredmények mintegy harmada kimutatási határ alatti, a ^{90}Sr mérések száma pedig kicsi volt.)

A húsban és hústermékekben mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskoncentrációk közötti korrelációt a 6.2.2. ábrán szemléltetjük. A korreláció mértéke kevésbé erős és a pontok nagyobb szóródása látható. (Mérési hibára is utalhat az a tény, hogy jelentős számú mintában a ^{40}K aktivitáskoncentrációja 50 %-kal is meghaladja az összes-béta aktivitásokat.)

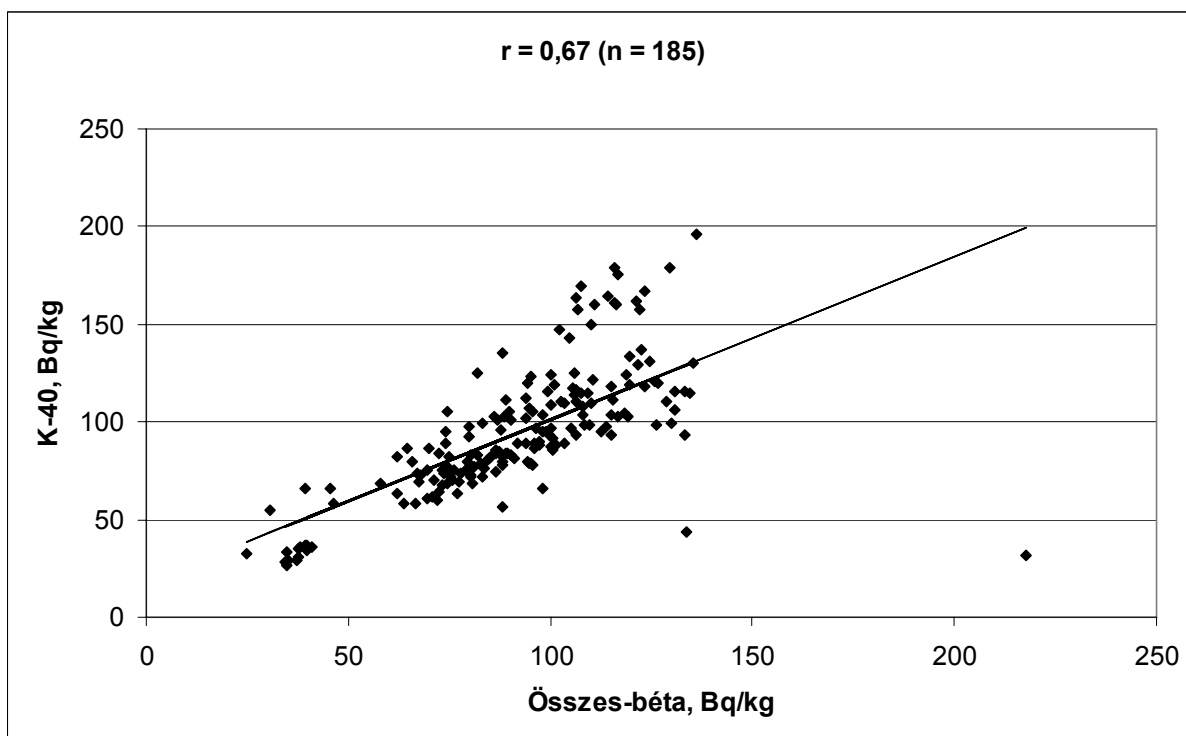
Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], a REH laboratóriumokét pedig éves jelentéseikben [4] is megtalálhatjuk.



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

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	0,060	0,026	0,14	0,028	22	9
Cs-137	BE	-	-	0,11	-	5	4
Cs-137	BK	-	0,049	0,29	-	13	6
Cs-137	BP	-	-	0,20	-	13	12
Cs-137	BZ	-	0,025	0,17	-	12	5
Cs-137	CS	0,084	0,024	0,27	0,069	13	1
Cs-137	FE	-	0,030	0,090	-	13	5
Cs-137	GY	-	0,054	0,23	-	9	2
Cs-137	HA	0,061	0,025	0,10	0,024	21	4
Cs-137	HE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	JA	-	-	0,063	-	1	0
Cs-137	KO	-	0,077	0,10	-	2	0
Cs-137	SO	-	0,061	0,31	-	10	5
Cs-137	SZ	-	-	0,034	-	1	0
Cs-137	TO	-	0,050	0,21	-	16	8
Cs-137	VA	-	0,041	0,30	-	9	0
Cs-137	VE	-	0,038	0,15	-	11	3
Cs-137	ZA	-	0,059	0,44	-	5	0
Sr-90	BA	-	-	0,15	-	1	0
Sr-90	BP	-	-	0,026	-	1	0
Sr-90	CS	-	0,14	0,23	-	2	0
Sr-90	HA	-	0,032	0,27	-	3	0
Sr-90	SO	-	-	0,030	-	1	0
Sr-90	SZ	-	-	0,043	-	1	0
Sr-90	ZA	-	-	0,35	-	1	0
Összes-béta	BA	81	39	130	27	25	0
Összes-béta	BE	-	48	130	-	8	0
Összes-béta	BK	110	39	140	25	16	0
Összes-béta	BP	83	20	130	31	27	0
Összes-béta	BZ	87	35	130	30	20	0
Összes-béta	CS	96	39	170	28	50	0
Összes-béta	FE	77	25	220	37	28	0
Összes-béta	GY	74	14	120	27	17	0
Összes-béta	HA	87	35	110	19	37	0
Összes-béta	HE	81	29	140	32	17	0
Összes-béta	JA	79	34	120	27	17	0
Összes-béta	KO	63	33	120	21	18	0
Összes-béta	NO	82	35	120	29	16	0
Összes-béta	PE	74	13	97	29	11	0
Összes-béta	SO	88	49	110	20	19	0
Összes-béta	SZ	77	35	100	25	17	0
Összes-béta	TO	82	38	120	25	23	0
Összes-béta	VA	110	58	140	25	25	0
Összes-béta	VE	93	30	140	30	27	0
Összes-béta	ZA	-	90	110	-	6	0
Cs-137	Összesen	0,075	0,024	0,44	-	177	65
Sr-90	Összesen	0,13	0,026	0,35	-	10	0
Összes-béta	Összesen	86	13	220	-	424	0



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

6.2.2. A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei

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

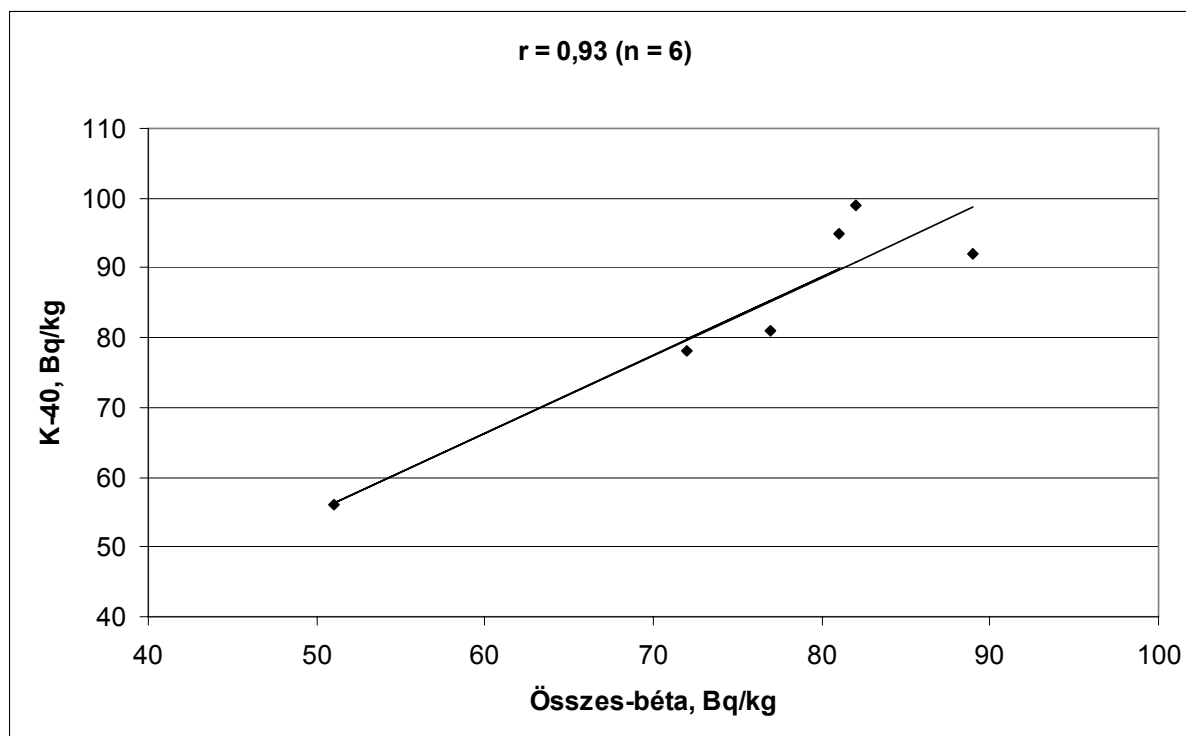
A dunai halakra, az erőmű utáni szakaszon kapott mérési eredményeket a 6.2.2. táblázatban foglaltuk össze.

Látható, hogy a mesterséges radionuklidok halakban mért koncentrációi – a szárazföldi tápláléklánc elemeihez hasonlóan – igen kicsik, a ^{137}Cs esetében kivétel nélkül, a ^{90}Sr -nál a minták kétharmad részében kimutatási határ alattiak.

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

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

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	-	-	-	-	6	6
Sr-90	-	0,27	0,67	-	12	8
Összes-béta	67	38	89	15	12	0



6.2.3. ábra. Halak összes-béta és K-40 aktivitáskonzentrációi közötti korreláció (KvVM)

7. Felszíni vizek

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

7.1. Országos adatok

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

Az ERMAH mérési program keretében a laboratóriumok megyénként 1-1 mintavételi pontban havonta egy folyóvizet és negyedévente egy állóvizet mintáznak. A mintákon összes-béta,

féléves egyesített mintákon pedig gamma-spektrometriai elemzést végeznek. Jellemző kimutatási határ: 0,5-1,5 mBq/l (^{90}Sr és ^{137}Cs).

A 2005. évben kapott mérési eredményeket a 7.1.1. táblázatban foglaltuk össze. A Dunában található mesterséges – csernobili eredetű – radionuklidok koncentrációja igen alacsony, legfeljebb néhány mBq/l nagyságrendű. A folyóvizek összes-béta aktivitáskonzentrációi nem érik el az 1 Bq/l értéket, állóvizeknél azonban 2 Bq/l feletti érték is előfordul. Az eredmények szóródása jelentős, a maximum és minimum értékek aránya néhány tízszeres is lehet.

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

Radionuklid	Víz neve	Átlag mBq/l	Minimum mBq/l	Maximum mBq/l	Szórás mBq/l	N	Kh alatti
Cs-137	Duna	-	0,40	3,8	-	19	12
Sr-90	Duna	1,4	1,3	2,5	0,83	18	7
Összes-béta	Balaton	250	200	310	27	48	0
Összes-béta	Berettyó	280	100	530	93	17	0
Összes-béta	Bódva	160	100	280	62	15	0
Összes-béta	Dráva	140	70	350	73	26	0
Összes-béta	Duna	120	80	350	36	139	0
Összes-béta	DVCS	140	110	160	15	12	0
Összes-béta	Fehér-Körös	170	60	390	65	26	0
Összes-béta	Fekete-Körös	160	70	450	79	26	0
Összes-béta	FTCS	130	91	170	21	14	0
Összes-béta	Godafoki csat.	-	84	170	-	8	0
Összes-béta	Hármas-Körös	210	60	590	110	25	0
Összes-béta	Hernád	180	30	430	87	15	0
Összes-béta	Kapos	190	80	370	75	22	0
Összes-béta	Keleti-Főcsatorna	-	300	430	-	4	0
Összes-béta	Kigyós főgyűjtő	580	470	680	60	14	0
Összes-béta	Kraszna	140	90	200	28	30	0
Összes-béta	Lajta	110	90	140	13	42	0
Összes-béta	Lónyai-csatorna	150	100	240	39	25	0
Összes-béta	Maros	160	60	330	80	15	0
Összes-béta	Nádor-csatorna	490	410	660	75	23	0
Összes-béta	Pinka	120	30	450	89	21	0
Összes-béta	Rába	150	20	620	140	22	0
Összes-béta	Sajó	180	120	330	48	14	0
Összes-béta	Sárközi I.	-	110	220	-	8	0
Összes-béta	Sárközi II.	110	78	150	20	16	0
Összes-béta	Sebes-Körös	150	60	340	60	26	0
Összes-béta	Sió	260	180	320	37	24	0
Összes-béta	Szamos	110	80	170	23	30	0
Összes-béta	Szelidi tavi csat.	-	140	190	-	8	0
Összes-béta	Szelidi tó	160	81	210	39	10	0
Összes-béta	Tarna	240	100	320	72	13	0
Összes-béta	Tisza	110	50	590	69	129	0

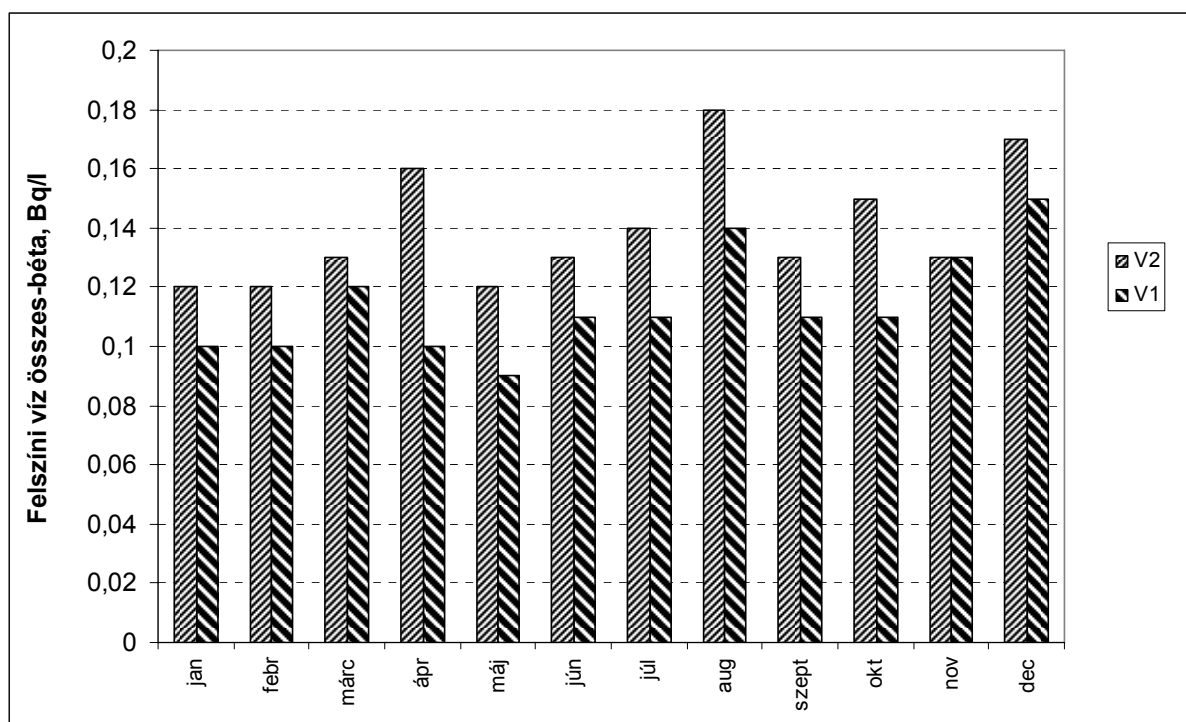
Összes-béta	Túr	71	50	100	11	26	0
Összes-béta	Velencei-tó	1500	160	2300	670	23	0
Összes-béta	Zagyva	350	220	520	93	13	0

7.2. Létesítmények környezetének felszíni vizeiben mért aktivitáskoncentrációk

7.2.1. A Paksi Atomerőmű ellenőrzési adatai

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

A hidegvízcsatorna vizének aktivitáskoncentrációja meg kell, hogy egyezzen a Dunáéval. Az erőmű hulladék vizeivel terhelt melegvízcsatornánál - a természetes radionuklidok járulékát is tartalmazó - összes-béta aktivitáskoncentráció emelkedése figyelhető meg. A 7.2.1. ábrán a melegvízcsatorna vizének havi átlagai az esetek többségében 20-40 mBq/l értékkel haladják meg a hidegvízcsatorna hasonló értékeit.



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

7.2.2. Az RHFT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményei

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

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

A vizek ^{90}Sr , ^{14}C és ^3H koncentrációinak vizsgálatához a mintát az RHFT személyzete veszi, a méréseket külső laboratórium végzi.

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 mérések eredményeinek éves jellemzői

Radionuklid	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kh alatti
Cs-137	-	0,0014	0,0080	-	5	1
K-40	0,41	0,094	1,2	0,34	12	2
Összes-béta	0,81	0,28	4,8	1,0	18	0

8. Ivóvíz

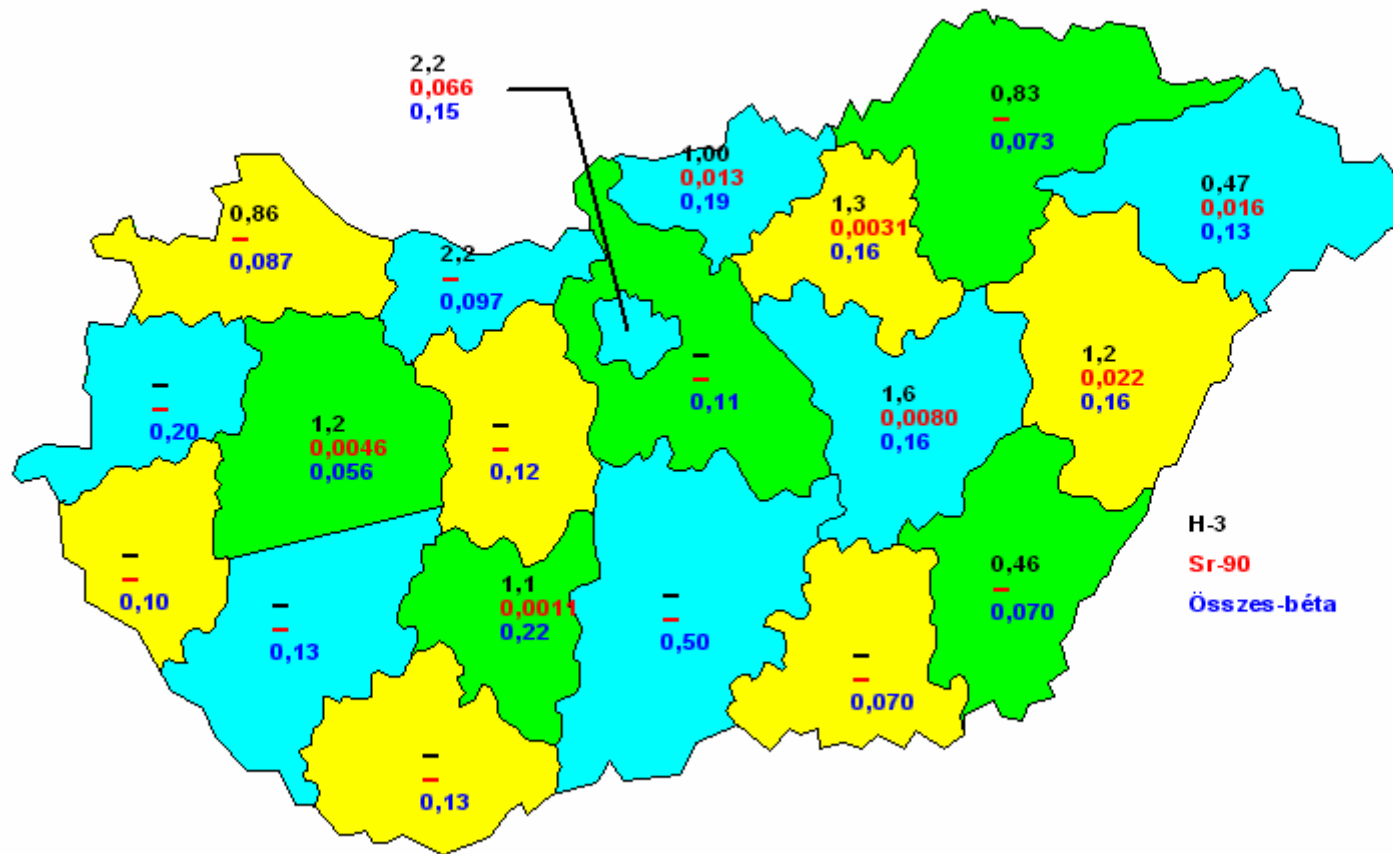
Az ivóvízre fokozottan érvényes az, amit a felszíni vizek bevezető részében írtunk, azaz radioaktív szennyeződése nem csak normál időszakban, hanem általában még balesetek idején sem jelentős. Az ivóvíz stratégiai jelentősége miatt monitorozása azonban ennek ellenére kiemelten fontos feladat.

8.1. Vezetékes ivóvíz országos adatok

Országos ivóvíz-ellenőrzési programot az EüM ERMAH laboratóriumok végeznek. A mintavételi program megyénkénti negyedéves mintázást ír elő az összes-béta mérésekhez. Ezenkívül a ^3H és ^{90}Sr vizsgálatokhoz évi 2-2 mintát vesznek. Jellemző kimutatási határok: 0,1-0,2 Bq/l (^3H), 1-15 mBq/l (^{90}Sr) és 0,1 Bq/l (összes-béta).

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

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



8.1.1. ábra. Ivóvíz mérési eredmények éves maximum értékei (EüM, Bq/l)

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kh alatti
H-3	BE	-	-	0,46	-	1	0
H-3	BK	-	-	-	-	1	1
H-3	BP	-	-	2,2	-	1	0
H-3	BZ	-	0,55	0,83	-	2	0
H-3	CS	-	-	-	-	1	1
H-3	FE	-	-	-	-	2	2
H-3	GY	-	0,68	0,86	-	2	0
H-3	HA	-	1,2	1,2	-	2	0
H-3	HE	-	0,46	1,3	-	2	0
H-3	JA	-	1,2	1,6	-	2	0
H-3	KO	-	-	2,2	-	1	0
H-3	NO	-	0,68	1,0	-	2	0
H-3	SZ	-	-	0,47	-	2	1
H-3	TO	0,62	0,15	1,1	0,28	13	0
H-3	VE	-	0,53	1,2	-	2	0
Sr-90	BP	-	0,0034	0,066	-	3	0
Sr-90	BZ	-	-	-	-	2	2
Sr-90	FE	-	-	-	-	2	2
Sr-90	GY	-	-	-	-	2	2
Sr-90	HA	-	0,0050	0,022	-	3	0
Sr-90	HE	-	-	0,0031	-	2	1
Sr-90	JA	-	-	0,0080	-	1	0
Sr-90	KO	-	-	-	-	2	2
Sr-90	NO	-	-	0,013	-	2	1
Sr-90	SZ	-	-	0,016	-	1	0
Sr-90	TO	-	0,00078	0,0011	-	6	4
Sr-90	VE	-	-	0,0046	-	2	1
Összes-béta	BA	-	0,11	0,13	-	2	0
Összes-béta	BE	-	-	0,070	-	1	0
Összes-béta	BK	-	-	0,50	-	1	0
Összes-béta	BP	0,10	0,039	0,15	0,026	30	1
Összes-béta	BZ	-	0,018	0,073	-	3	0
Összes-béta	CS	-	0,027	0,070	-	5	0
Összes-béta	FE	-	0,12	0,12	-	3	0
Összes-béta	GY	-	0,068	0,087	-	3	0
Összes-béta	HA	-	0,089	0,17	-	9	0
Összes-béta	HE	-	0,074	0,16	-	3	0
Összes-béta	JA	-	0,11	0,16	-	9	0
Összes-béta	KO	-	0,064	0,097	-	4	0
Összes-béta	NO	-	0,055	0,19	-	3	0
Összes-béta	PE	-	-	0,11	-	1	0
Összes-béta	SO	-	0,046	0,13	-	2	0
Összes-béta	SZ	-	0,087	0,13	-	9	0
Összes-béta	TO	0,11	0,077	0,22	0,030	22	0
Összes-béta	VA	-	0,090	0,20	-	4	1
Összes-béta	VE	-	0,055	0,056	-	3	0
Összes-béta	ZA	-	0,091	0,10	-	4	0

H-3	Összesen	0,75	0,15	2,2	-	36	5
Sr-90	Összesen	0,0084	0,00078	0,066	-	28	15
Összes-béta	Összesen	0,11	0,018	0,50	-	121	2

Az ivóvíz ^3H aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,75 Bq/l, a legnagyobb érték is jóval kisebb mint az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X.25.) kormányrendeletben európai uniós ajánlás alapján megadott indikátor paraméter (100 Bq/l). A ^{90}Sr koncentrációinak átlaga 8,4 mBq/l, az összes-béta aktivitásé 0,11 Bq/l.

8.2. Ásványvizek

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

A 8.2.1. táblázatban összefoglaltuk az OSSKI 11, Magyarországon elterjedten forgalmazott ásványvízre kapott vizsgálati eredményeit. Hangsúlyozni kívánjuk, hogy a felmérés nem tekinthető reprezentatívnak – így például csak öt ásványvízfajtából vettünk ismételt mintát, továbbá pontos forgalmazási, fogyasztási adataink sincsenek – azonban az eredmények általános tájékozódásra mindenképpen felhasználhatóak. (A táblázatban az ásványvízfajtákat csak sorszámmal jelöltük.) A mérések jellemző kimutatási határai: 0,03-0,04 Bq/l (összes-alfa); 0,08-0,1 Bq/l (összes-béta) és 0,1-0,2 Bq/l (^{40}K , gamma-spektrometria).

Az ásványvizekre kapott eredményeket a 8.1.1. táblázatban szereplő aktivitáskoncentrációkkal összevetve megállapítható, hogy a vizsgált ásványvizek több mint felének összes-béta aktivitása jelentősen – 2-5-ször - meghaladja a vezetékes ivóvizek hasonló értékeit, ami az ásványvízjellegre utaló, valójában nem meglepő tény. Ugyanezek az ásványvizek hasonlóan magas – közelítően megegyező - összes-alfa aktivitást is mutattak.

8.2.1. táblázat. Ásványvíz mérési eredmények jellemzői (EüM-OSSKI)

Ásványvíz	Összes-alfa Bq/l		Összes-béta Bq/l		K-40 Bq/l	
	Koncentr.	Hiba	Koncentr.	Hiba	Koncentr.	Hiba
1/1	1,0	0,40	1,05	0,074	0,71	0,0064
1/2	1,2	0,23	1,14	0,080	0,910	0,081
2/1	0,95	0,29	1,02	0,061	0,43	0,0035
2/2	1,7	0,22	1,01	0,061	0,52	0,057
3/1	0,53	0,19	0,39	0,031	0,27	0,0024
3/2	0,52	0,13	0,43	0,035	0,36	0,047
4/1	0,26	0,14	0,24	0,022	0,59	0,0005
4/2	0,36	0,72	0,13	0,017	-	-
5/1	0,22	0,19	0,43	0,039	-	-
5/2	0,24	0,12	0,48	0,043	0,54	0,059
6	0,14	0,088	0,34	0,024	0,31	0,0028
7	-	-	0,11	0,012	0,019	0,0002
8	-	-	0,089	0,011	0,019	0,0002

9	-	-	0,10	0,012	0,029	0,0002
10	-	-	0,085	0,011	0,029	0,0002
11	-	-	0,12	0,015	0,062	0,0006

9. Vegyes élelmiszer

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

9.1. Országos adatok

A ^{90}Sr és ^{137}Cs radionuklidok aktivitáskonzentrációit az ERMAH laboratóriumok az ételminták hamvasztása után határozzák meg. A 2005. évi eredményeket a 9.1.1. táblázatban foglaltuk össze. Az eredményeket Bq/kg egységben adtuk meg. Jellemző kimutatási határok: 0,02-0,05 Bq/kg (^{90}Sr és ^{137}Cs).

A táblázatban közölt eredményekből látható, hogy a ^{137}Cs koncentrációk majdnem 100 %-ban kimutatási határ alattiak voltak. Annyit mondhatunk tehát, hogy a lakosság által fogyasztott ételekben a csernobili eredetű ^{137}Cs aktivitáskonzentrációja mára nem haladja meg a 0,05 Bq/kg szintet. A minták ^{90}Sr koncentrációja – a korábban ismertetett feldolgozott és állati eredetű élelmiszerekhez hasonlóan – nem tér el jelentősen, azonban a mérési módszer által nyújtott nagyobb érzékenység miatt a minták közel felénél kimutatási határ feletti eredményeket kaptunk.

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kh alatti
Cs-137	BA	-	-	-	-	2	2
Cs-137	BP	-	-	-	-	2	2
Cs-137	GY	-	-	0,095	-	2	1
Cs-137	TO	-	-	-	-	2	2
Sr-90	BP	-	-	-	-	2	2
Sr-90	BZ	-	0,027	0,037	-	2	0
Sr-90	GY	-	-	-	-	2	2
Sr-90	HA	-	0,044	0,067	-	2	0
Sr-90	TO	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Összesen	-	-	0,095	-	8	7
Sr-90	Összesen	-	0,027	0,067	-	10	6

Irodalom

[1] A Paksi Atomerőmű Sugárvédelmi Osztálya 2005. évi jelentése (Szerk.: Bujtás Tibor, PA Zrt., Paks, 2006. március)

[2] Kerekes Andor, Bokori Edit, Guzzi Judit és mtársai: Környezeti sugáregészségügyi mérési eredmények 2005-ben (Egészségtudomány, megjelenés alatt)

[3] HAKSER 2005 – A Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer 2005. évi jelentése (Szerk.: Kerekes Andor, OKK-OSSKI, Budapest, 2006. július)

[4] FVM REH – éves jelentések