

OKSER 2015

AZ ORSZÁGOS KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI ELLENŐRZŐ RENDSZER (OKSER) 2015. ÉVI JELENTÉSE

Budapest, 2016. szeptember

Tartalomjegyzék

Előszó	4
Bevezetés	8
Következtetések	10
Conclusion	10
1. Külső gamma-dózisteljesítmény	11
1.1. Országos adatok	12
1.1.1. A Radiológiai Távmérő hálózat adatai (BM OKF, MH, OMSZ, RHK Kft. - Bábaapáti).....	12
1.1.2. Az ERMAH mérési adatai	17
1.1.3. Az országos TLD mérőhálózat adatai (OSSKI)	18
1.1.4. Egyetemek mérési eredményei	19
1.2. Létesítményi mérési adatok	20
1.2.1. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrzési adatai	20
1.2.1.1. A Paksi Atomerőmű mérési adatai	20
1.2.1.2. Az OSSKI mérési adatai	21
1.2.2. A KFKI telephelyén mért gammadózis-teljesítmények	22
1.2.3. A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért dózisteljesítmények és aktivitáskoncentrációk (OSSKI és NÉBIH).....	24
1.2.3.1. Az OSSKI mérési adatai	24
1.2.3.2. A NÉBIH mérési adatai	26
1.2.4. In-situ mérések az RHK környezetében (NÉBIH).....	26
1.3. Az OSSKI telephelyén végzett mérések	27
2. Levegőszűrők (aeroszol).....	28
2.1. Az országos ellenőrzési eredmények	28
2.2. Létesítmények környezetében mért aeroszol-koncentrációk	30
2.2.1. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének mérési eredményei	30
2.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyének adatai	30
2.2.2. A bábaapáti NRHT telephelyének adatai.....	32
2.2.4. A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk.....	33
3. Kihullás (fall-out)	34
3.1. Országos adatok.....	34
3.2. Létesítmények környezetében mért kihullások.....	37
3.2.1. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének mérési eredményei.....	37
3.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyén mért eredmények.....	37
3.2.3. A bábaapáti NRHT telephelyén mért eredmények	38
3.2.4. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fallout minták mérési eredményei (OSSKI)	39
3.2.5. A KFKI telephely területén mért eredmények	40
4. Talaj.....	41
4.1. Országos adatok.....	41
4.2. Létesítmények környezetében mért adatok	45
4.2.1. A RHFT környezetének mérési eredményei	45
4.2.1.1. A püspökszilágyi RHFT telephelyi mérési eredményei	45
4.2.1.2. A NÉBIH mérési eredményei	46
4.2.2. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett talajminták mérési eredményei (OSSKI és NÉBIH).....	47
4.2.2.1. Az OSSKI mérési eredményei	47
4.2.2.1. A NÉBIH mérési eredményei	48
5. Növényzet	49
5.1. Takarmány	49
5.1.1. Országos adatok.....	49
5.1.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyén mért adatok	54
5.1.3. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fűminták mérési eredményei (OSSKI és NÉBIH).....	55
5.1.3.1. az OSSKI mérési eredményei	55
5.1.3.2. A NÉBIH mérési eredményei	56
5.2. Növényi eredetű, nyers élelmiszer	56
5.2.1. Országos adatok.....	56
5.2.2. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett zöldség- és gyümölcsminták mérési eredményei (OSSKI és NÉBIH)	61
5.2.2.1. Az OSSKI mérési eredményei	61
5.2.2.2. A NÉBIH mérési eredményei	61

5.3. Feldolgozott, növényi eredetű élelmiszer	62
5.3.1. Országos adatok	62
6. Állati eredetű élelmiszerek	66
6.1. Tej, tejtermék	66
6.1.1. Országos adatok	66
6.2. Hús és hústermékek aktivitáskoncentrációi	70
6.2.1. Országos adatok	70
6.2.2. A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei	73
7. Felszíni vizek	75
7.1. Országos adatok	75
7.2. Létesítmények környezetének felszíni vizeiben mért aktivitáskoncentrációk	78
7.2.1. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrzési adatai	78
7.2.1.1. A Paksi Atomerőmű mérési adatai	78
7.2.1.2. Az OSSKI mérési adatai	79
7.2.2. Az RHFT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményei	79
7.2.3. Az NRHT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményei	80
7.2.4. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett folyóvíz- és iszapminták mérési eredményei (OSSKI)	81
8. Ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz	82
8.1. Ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz országos adatok	82
8.2. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett ivóvízminták mérési eredményei (OSSKI)	86
8.3. Ásványvizek	86
9. Vegyes élelmiszer	87
9.1. Országos adatok	88
10. Beltéri radon-koncentráció	89
Irodalom	90

Előszó

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

Ennek felismeréseként jelent meg 2002 végén a kormány 275/2002. (XII. 21.) Korm. rendelete¹ az országos sugárzási helyzet és radioaktív anyagkoncentrációk ellenőrzéséről (Rendelet), amely rendelkezett az eredmények összegyűjtéséről. A Rendelet meghatározta, hogy az OKSER hivatali szerve az Országos Közegészségügyi Központ - Országos Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Igazgatósága² (a továbbiakban OSSKI), valamint, hogy az OKSER tevékenységét Szakbizottság irányítja.

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

Budapest, 2016. szeptember 26.

Dr. Rónaky József
az OKSER Szakbizottság elnöke

¹ 2016.01.01-jei hatálybalépéssel a 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet „a lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezően mérendő mennyiségek köréről” váltotta fel a 275/2002 (XII.21.) Korm. rendeletet.

² 2016.01.01-i hatállyal az OKSER hivatali szerve az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) lett, a központi adatfeldolgozási feladatokat továbbra is OKK-OSSKI végzi.

a 66/2015. (III. 30) Kormány rendelet értelmében (29. §) a környezetvédelmi és természetvédelmi felügyelőségek 2015. március 31-ével beolvadással megszűntek, a felügyelőségek általános jogutódjai a megyei kormányhivatalok.

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

1. Önkormányzati és Területfejlesztési Minisztérium,
2. Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium,
3. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium,
4. Gazdasági és Közlekedési Minisztérium,
5. Honvédelmi Minisztérium,
6. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium,
7. Oktatási Minisztérium,
8. Miniszterelnöki Hivatal Nemzetbiztonsági Iroda,
9. Magyar Tudományos Akadémia,
10. Országos Atomenergia Hivatal,
11. Paksi Atomerőmű Részvénytársaság,
12. Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft.

Az OKSER Szakbizottság tagjai (2016. szeptember):

Dr. Radó Krisztián (Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft)
Dr. Bujtás Tibor (MVM Paksi Atomerőmű Zrt.)
Dr. Dobi Bálint (Földművelésügyi Minisztérium - Környezetvédelmi és Vízügyi Ágazat)
Fülöp Nándor (OKK-OSSKI)
Dr. Rónaky József (az Országos Atomenergia Hivatal képviselőjében, az OKSER Szakbizottság elnöke)
Dr. Pellet Sándor (Emberi Erőforrások Minisztériuma - Egészségügyi Ágazat)
Dr. Zagyvai Péter (Magyar Tudományos Akadémia - Energiatudományi Kutatóközpont)
Cservenák Ildikó (Emberi Erőforrások Minisztériuma - Oktatási Ágazat)
Szeitz Anita (Belügyminisztérium, Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság - BM OKF)
Ádámné Sió Tünde (Földművelésügyi Minisztérium - Földművelésügyi Ágazat)
Farkas Ferenc ezredes (Honvédelmi Minisztérium - MH GAVIK)
Nagy József (Országos Meteorológiai Szolgálat)

Az OKSER adatszolgáltató ágazatok rövidítése:

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

A 2015. évi jelentésben szereplő mérési adatokat szolgáltató szervezetekben a mérésekben és adatküldésben részt vett intézmények és szakemberek:

BELÜGYMINISZTERIUM (ORSZÁGOS KATASZTRÓFAVÉDELMI FŐIGAZGATÓSÁG)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Szeitz Anita
Az adatküldésben részt vett: Herceg Péter tű. százados, Szabados László tű. őrnagy

EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA - EGÉSZSÉGÜGYI ÁGAZAT (OSSKI és ERMAH LABORATÓRIUMOK)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Glavatszkih Nándor
A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Bertalan Csaba, Dr. Déri Zsolt, Dr. Henye Irén, Homoki Zsolt, Horváth Nikoletta, Hum Gábor, Jobbágy Benedek, Kelemen Mária, Kovács Árpád, Kövendiné Kónyi Júlia, Dr. Legoza József, Madarász István, Dr. Nagy Zsuzsanna, Pálvölgyiné Szabó Zsuzsanna, Dr. Polgár Attila, Rell Péter, Ormosiné Laca Éva, Szabó Gyula, Dr. Szarkáné Németh Ágnes

EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA - OKTATÁSI ÁGAZAT

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Cservenák Ildikó
A mérésekben és adatküldésben részt vettek:
Egyetemek: Dr. Antal Gergely, Bálintné Dr. Kristóf Krisztina, Dr. Dezső Zoltán, Dr. Dimény Judit, Dr. Divós Ferenc, Dr. Erdőhelyi András, Dr. Kári Béla, Dr. Kóbor József, Dr. Séra Emese Teréz, Dr. Somlai János, Dr. Süvegh Károly, Huszka Ádám

FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERIUM - FÖLDMŰVELÉSÜGYI ÁGAZAT

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Ádámné Sió Tünde
A mérésekben és adatküldésben részt vettek:
Nemzeti Élelmiszer-lánc Biztonsági Hivatal (NÉBIH), Élelmiszer- és Takarmánybiztonsági Igazgatóság akkreditált laboratóriumai:
Kecskeméti Regionális Élelmiszerlánc Laboratórium
Miskolci Regionális Élelmiszerlánc Laboratórium
Debreceni Regionális Élelmiszerlánc Laboratórium
Kaposvári Regionális Élelmiszerlánc Laboratórium
Veszprémi Regionális Élelmiszerlánc Laboratórium
Radioanalitikai Referencia Laboratórium (Budapesti Telephely, Szekszárdi Telephely, Szombathelyi Telephely)

FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERIUM - KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS VÍZÜGYI ÁGAZAT

Megyei Kormányhivatalok, Környezetvédelmi Mérőközpontjai:
Az adatszolgáltatásért felelős személy: Vancsura Péter
A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Alföldi Attila, Erdős József, Gulyásné Deák Magdolna, Horn Adrienn, Dr. Szécsényi István, Ulrich Zsolt
Országos Meteorológiai Szolgálat:
Az adatszolgáltatásért felelős személy: Tölgyesi László
A mérésekben és adatküldésben részt vett: Nagy József, Hodossyné Rétfalvi Rita

HONVÉDELMI MINISZTERIUM (MAGYAR HONVÉDSÉG)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Farkas Ferenc ezredes
A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Vágföldi Zoltán alezredes, Földi Balázs
őrnagy

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA (MTA ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Dr. Zagyvai Péter
A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Zagyvai Márton, Földi Anikó, Tósaki
László

MVM PAKSI ATOMERŐMŰ ZRT. (PA ZRT.)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Daróczi László
A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Kapás Péter, Lencsés András, Manga
László, Végh Gábor

**RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KÖZHASZNÚ NONPROFIT KFT (PÜSPÖKSZILÁGYI
RHFT)**

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Turza Péter
A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Fekete István, Kirchhofer Beáta, Turza
Péter, Zábrádiné Antal Andrea

RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KÖZHASZNÚ NONPROFIT KFT (BÁTAAPÁTI NRHT)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Dr. Radó Krisztián
A mérésekben és adatküldésben részt vettek: László Mónika, Szentpál Csaba, Dr.
Radó Krisztián

Bevezetés

Az OKSER 2015. évi jelentése az Információs Központ adatbázisába beküldött eredményeken alapul. Egy összefoglaló, éves jelentésben természetesen nem lehet minden egyes adatot szerepeltetni (a 2015. évre vonatkozó mérési eredményeket közel 74000 rekord tartalmazza). Az eredmények feldolgozásánál, összesítésénél és bemutatásánál a következő főbb szempontokat érvényesítettük:

- a) A jelentésben az izotópok jelölését a közvetlen számítógépes lekérdezések eredményeként előálló táblázatokban és ábrákon a szabványos „ ^{AAA}Xy ” alak helyett „XY-AAA” alakban adtuk meg.
- b) 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.
- c) 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.)
- d) Természetes csoportosítási lehetőséget jelent a mért mennyiség, radionuklid, aktivitás stb. szerinti besorolás. Lehetőség szerint törekedtünk az ún. nuklidspecifikus eredmények bemutatására, azonban nem hagyhattuk el a mérési programok jelentős részét képviselő – inkább indikátor jellegű mennyiségnek tekinthető – összes béta-aktivitási adatokat sem. Megjegyzendő, hogy a környezeti gamma-dózisteljesítmény adatokat egyes laboratóriumok Gy, más laboratóriumok Sv egységben közlik.
- e) 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.
- f) A létesítmények ellenőrzési eredményeinél a telephelyet és annak környezetét általában jellemző adatsorokat választottunk, nem volt célunk az egyes munkahelyekre, műveletekre érvényes sugárzási viszonyok bemutatása.
- g) A jelentés táblázataiban a „kimutatási határ alatti” esetek jelzésére a „Kha” rövidítést használtuk.
- h) Az alkalmazott érzékeny technikák, eszközök ellenére a mérések több mintafajtánál is nagy számban kimutatási határ alatti eredményeket szolgáltatottak. A kimutatási határ feletti és alatti eredmények megfelelő statisztikai kezelésére a táblázatos összefoglalásokban a következő módszert alkalmaztuk:
 - átlagot és szórást csak abban az esetben képeztünk, ha a kimutatási határ feletti eredmények száma legalább tíz volt (ekkor a kimutatási határ alatti eredményeket a kimutatási határ értékével vettük figyelembe); azonban az országos táblázatokban az országos összesítéseknél (a táblázatok alsó soraiban) sehol sem adtuk meg a szórást, csak a megyei eredményeknél - a fentieknek megfelelően.
 - csak a minimum és maximum értékeket adtuk meg, ha a kimutatási határ feletti eredmények száma 2 és 10 közötti volt;
 - csak a maximum értéket szerepeltettük – megállapodás szerint –, ha csupán 1 kimutatási határ feletti eredmény volt;

- végül nem közöltünk eredményt, ha minden adat kimutatási határ alatti volt;
- természetesen az eredmények összesített számán kívül minden esetben feltüntettük a kimutatási határ alattiak számát is.
- A térképeknél – az egységes megjelenítés érdekében – mindenütt a maximumokat tüntettük fel.

1. táblázat. A megyék kódjai

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

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

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

Budapest, 2016. szeptember 26.

Fülöp Nándor
OKK OSSKI

Következtetések

Hangsúlyozni kell, hogy míg az Európai Unió rendelete szerint {Post-Chernobyl 733/2008/EC, Council Regulation No 733/2008 of 15 July 2008 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station (codified version); Council Regulation (EC) No 1048/2009 extends its validity until 31 March 2020) (OJ L-201 of 30/07/2008, page 1)} 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 Magyarországon kapható, feldolgozott élelmiszerekben a 2015-ben mért legnagyobb értékek is 10 Bq/kg alatt maradtak.

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

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

Conclusion

It should be emphasized that the activity concentration of radiocaesium concentrations remained below 10 Bq/kg in foodstuffs available in Hungary in 2015. The maximum permitted levels according to the Council Regulation {Post-Chernobyl 733/2008/EC, Council Regulation No 733/2008 of 15 July 2008 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station (codified version); Council Regulation (EC) No 1048/2009 extends its validity until 31 March 2020) (OJ L-201 of 30/07/2008, page 1)} on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power-station are 600 Bq/kg in general and 370 Bq/kg for milk, milk products and infant foods, for the sum of ^{137}Cs and ^{134}Cs .

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

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

1. Külső gamma-dózisteljesítmény

Az Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer (OSJER) részeként működő Radiológiai Táv mérő Hálózatot (TMH) hat üzemeltető ágazat működteti. Az OSJER TMH ágazatai és az általuk üzemeltetett mérőállomások száma a következő:

- Belügyminisztérium, Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (BM OKF) – 26 állomás
- Magyar Honvédség (MH) – 38 állomás
- Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) – 28 állomás
- MVM Paksi Atomerőmű Zrt (PA Zrt) – 20 állomás
- Emberi Erőforrások Minisztériuma (EMMI– oktatási ágazat) – 11 állomás
- Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (RHK Kft. – Bábaapáti telephely) – 4 állomás

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

Alaphelyzetben a BM OKF, az EMMI, a PA Zrt. és az RHK Kft. adatai 10 percenként, az OMSZ adatai óránként, az MH adatai 3 óránként érkeznek a Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központba (NBIÉK). Normál időszakban az adatok ritkábban kerülnek át az OKSER adatbázisba. A rendszerben a riasztási szint minden mérőállomáson egységesen 500 nSv/óra. A BM OKF alkalmaz egy figyelmeztetési szintet is, aminek a túllépése esetén a változást ki kell vizsgálni. A figyelmeztetési szint értéke 250 nSv/h. A riasztási szint túllépése esetén az egyes mérőállomások a központba riasztási jelet küldenek és ezután minden mérőállomás esetében lehetőség van átállni a 10 percenként történő adattovábbításra. A riasztási állapot elérése után a rendszer az OKSER adatbázis számára az adatokat az alaphelyzethez képest nagyobb gyakorisággal tudja biztosítani.

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

A külső gammadózis-teljesítmény mérése ún. integráló típusú passzív detektorokkal is történhet. Az OSSKI egy országos és egy Paks környéki TLD-hálózatot működtet, amelynek 2015. évi eredményeit a megfelelő alfejezetekben ismertetjük.

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

1.1. Országos adatok

1.1.1. A Radiológiai Távmérő Hálózat adatai

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

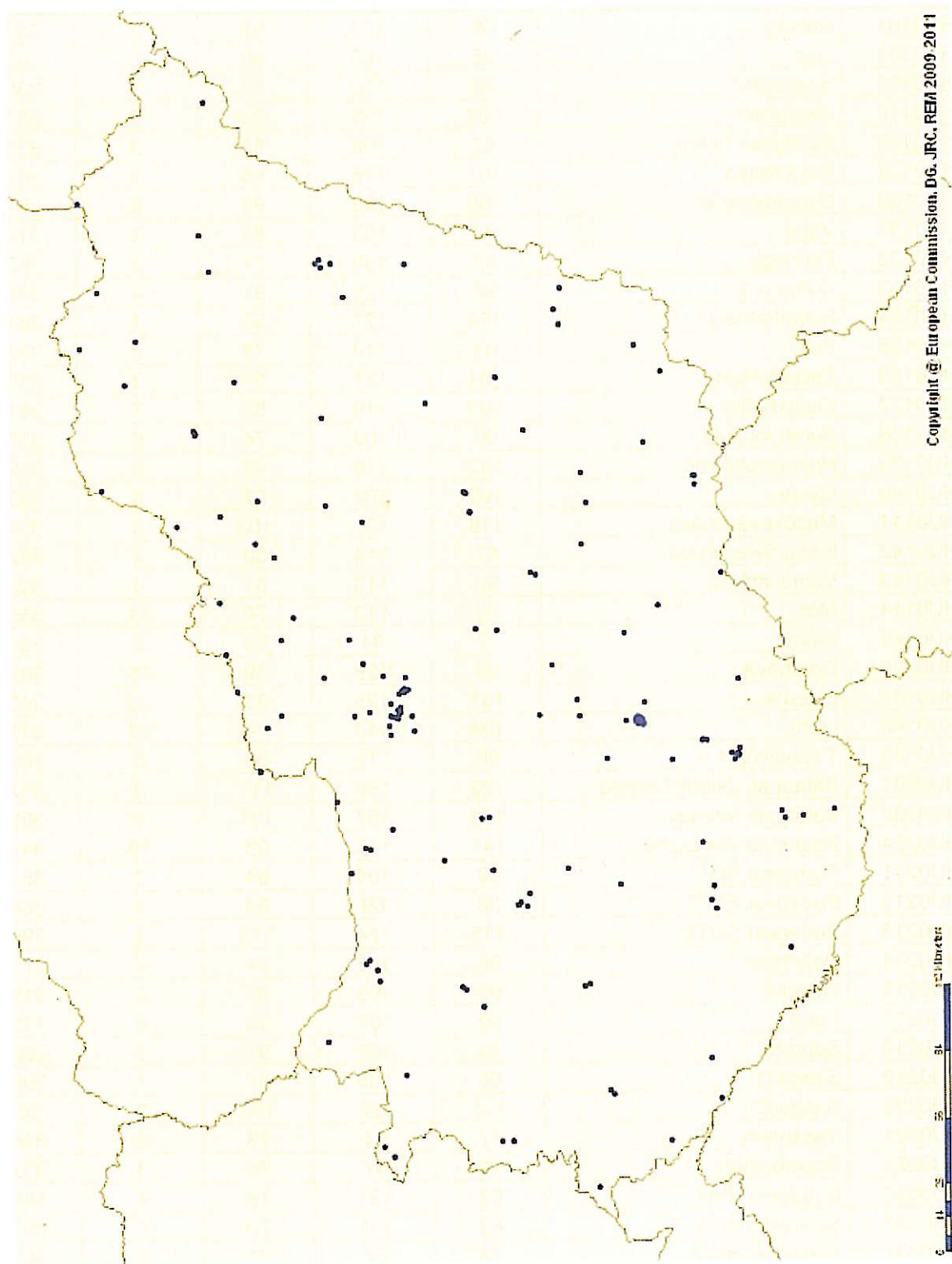
Az adott pontban mérhető környezeti dózisteljesítményt négy tényező határozza meg:

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

Nyilvánvaló, hogy egy létesítmény környezet-ellenőrzése szempontjából a negyedik tényező a fontos, a másik három csupán az eredményt befolyásoló „zaj”; ugyanakkor a lakosság sugárterhelésének meghatározásában 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 2015-ben. A tárgyidőszakban nem történt olyan valós esemény, amely a riasztási szint túllépését eredményezte volna. A napi dózisteljesítmény országos éves átlaga 95 nSv/óra, ami közel megegyezik a 2015. évi értékkel. A napi átlagok az 57-190 nSv/óra közötti tartományban mozogtak.

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



1.1.1. ábra. A dózisteljesítmény-mérőhelyek országos elhelyezkedése

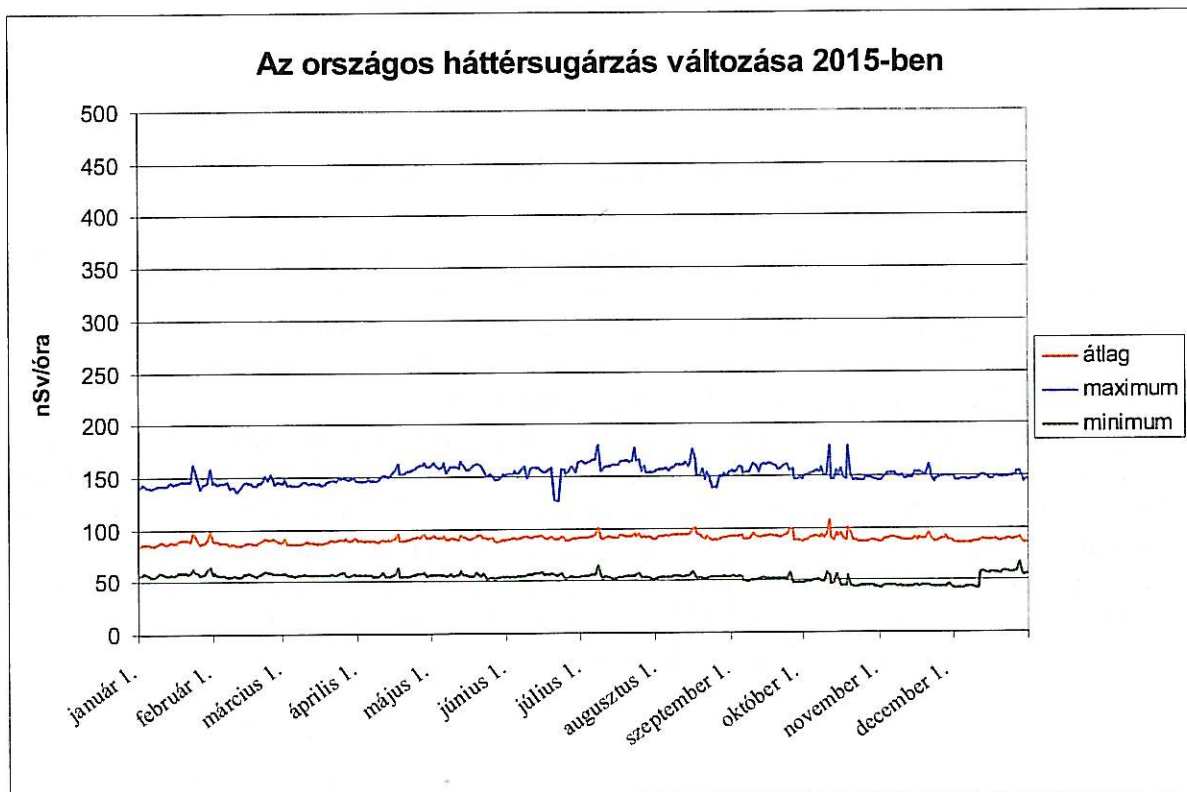
1.1.1. táblázat. Országos dózisteljesítmény eredmények napi átlagainak jellemzői 2015-ben (N az üzemelő napok számát jelöli)

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Maximum	Minimum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0101	Rétság	98	123	92	3	333
HU0104	Ózd	85	106	80	3	355
HU0109	Szekszárd	98	139	86	5	338
HU0118	Veszprém	102	135	94	5	361
HU0120	Budapest 14.ker.	87	106	82	3	338
HU0124	Salgótarján	101	115	96	3	362
HU0130	Gyomaendrőd	100	123	90	5	351
HU0131	Vajta	87	103	83	2	314
HU0132	Ferihegy	82	100	77	3	362
HU0133	Komárom	98	125	91	4	347
HU0134	Szombathely	104	127	96	4	361
HU0135	Solt	83	110	78	3	337
HU0136	Zalaegerszeg	101	121	91	3	359
HU0137	Kisújszállás	103	119	85	7	361
HU0138	Berettyóújfalu	90	105	74	6	355
HU0139	Hajdúszoboszló	102	118	92	5	362
HU0140	Gyula	109	132	92	9	362
HU0141	Mezőkovácsháza	118	131	103	6	354
HU0142	Kiskunfélegyháza	87	114	80	4	362
HU0143	Vámosmikola	90	113	81	4	362
HU0144	Mór	93	113	76	11	356
HU0145	Siófok	77	94	59	6	355
HU0146	Dombóvár	95	129	59	16	362
HU0147	Letenye	107	128	81	12	346
HU0148	Lenti	104	140	74	12	342
HU0149	Tiszaújváros	98	118	86	6	362
HU0201	Bátaapáti Zsibrik halastó	129	158	111	5	347
HU0202	Bátaapáti Mórággy	143	167	131	4	352
HU0204	Bátaapáti Vadászház	141	179	98	19	347
HU0211	Budapest BME	88	104	84	2	351
HU0212	Budapest ELTE	58	69	54	2	364
HU0213	Budapest SOTE	115	124	113	2	290
HU0214	Debrecen	98	108	94	2	273
HU0215	Gödöllő	93	103	91	2	318
HU0217	Pécs	99	109	56	6	125
HU0218	Sopron	94	103	91	2	222
HU0219	Szeged1	98	105	97	1	296
HU0220	Szeged2	114	122	109	2	50
HU0221	Veszprém	77	94	73	2	324
HU0223	Szombathely	78	97	74	3	322
HU0330	Budapest VVR	92	121	76	4	186
HU0302	Székesfehérvár	82	101	78	3	365
HU0331	Budapest HM II	74	97	71	2	365
HU0303	Veszprém	78	88	74	2	160
HU0304	Tata	150	180	127	8	306
HU0310	Debrecen	88	112	81	3	365
HU0312	Hódmezővásárhely	99	129	90	4	365

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Maximum	Minimum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0305	Győr	81	111	75	3	365
HU0332	Zalaegerszeg	100	107	95	3	48
HU0322	Medina	96	138	85	5	364
HU0333	Miskolc	98	121	92	3	270
HU0335	Békéscsaba	94	112	89	3	300
HU0337	Pápa	87	119	71	6	364
HU0307	Várpalota	92	109	81	4	295
HU0316	Kaposvár	124	174	95	8	365
HU0338	Szekszárd	138	158	125	5	86
HU0313	Szentendre	95	113	89	3	345
HU0339	32.BP.Or E.	99	123	93	4	307
HU0311	Táborfalva	80	117	76	3	365
HU0328	Kecskemét	78	102	73	3	363
HU0329	Szentes	86	102	79	3	365
HU0326	Jobbágyi	88	109	83	3	365
HU0344	Budapest HM I.	83	99	80	2	365
HU0390	Budapest HM IV.	130	154	125	4	326
HU0301	Siklós	114	179	100	7	302
HU0346	Budakeszi	122	152	111	4	363
HU0391	Bánkút	95	131	78	5	364
HU0389	Bujak	93	131	86	4	362
HU0387	Erdőbénye	97	109	89	4	224
HU0348	Pusztavacs	79	127	72	4	365
HU0349	Budapest HTEK	87	100	83	2	183
HU0350	Budapest THHE	94	111	88	4	308
HU0351	Recsk	91	116	85	4	365
HU0355	Szolnok Repülőtér	91	114	84	4	282
HU0356	Kecskemét Repülőtér	76	102	71	4	361
HU0357	Pápa Repülőtér	94	127	80	5	364
HU0358	Szolnok Repülőtér 2	92	122	84	4	308
HU0359	Nyírtelek	100	133	85	6	320
HU0400	Mosonmagyaróvár	101	127	86	6	365
HU0401	Nyíregyháza Napkor	74	92	67	3	342
HU0402	Sopron-Fertőrákos	76	102	71	4	350
HU0403	Baja	80	122	73	4	364
HU0404	Békéscsaba	77	94	73	4	113
HU0405	Kékestető	88	113	73	5	351
HU0406	Bp. Lőrinc	80	116	75	4	365
HU0407	Győr	78	113	69	4	345
HU0408	Farkasfa	53	64	42	5	345
HU0409	Szeged	78	110	68	4	365
HU0410	Debrecen	93	125	84	5	365
HU0411	Miskolc	78	89	74	2	365
HU0412	Pécs	110	151	84	7	346
HU0413	Jósvafő	76	94	73	3	71
HU0419	Homokszentgyörgy	83	120	70	4	365
HU0426	Soltvadkert	72	104	68	3	365
HU0421	Kelebia	74	104	68	3	365
HU0420	Jászapáti	85	102	78	3	365
HU0424	Pitvaros	98	118	88	4	350

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Maximum	Minimum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0425	Sátoraljaújhely	98	123	90	5	362
HU0414	Szécsény	92	118	84	5	365
HU0415	Tát	89	115	79	4	365
HU0416	Tata	79	106	75	3	297
HU0417	Záhony	73	93	68	3	365
HU0418	Nagykanizsa	94	122	81	5	350
HU0427	Tésa	86	123	78	4	341
HU0428	Bátaapáti	135	179	103	19	247
HU0429	Csenger	99	122	89	5	360
HU0500	Paks A1	72	113	68	3	365
HU0501	Paks A2	72	110	67	4	365
HU0502	Paks A3	77	94	73	3	365
HU0503	Paks A4	77	121	72	4	365
HU0504	Paks A5	83	128	77	4	365
HU0505	Paks A6	72	113	68	3	365
HU0506	Paks A7	70	105	66	3	365
HU0507	Paks A8	85	121	79	4	365
HU0508	Paks A9	71	91	67	2	365
HU0509	Paks G1	71	114	67	3	365
HU0510	Paks G2	65	103	62	3	365
HU0511	Paks G3	72	110	57	3	365
HU0512	Paks G4	76	116	72	3	365
HU0513	Paks G5	73	111	65	4	365
HU0514	Paks G6	71	99	66	3	365
HU0515	Paks G7	77	109	71	3	365
HU0516	Paks G8	82	126	77	4	365
HU0517	Paks G9	84	125	78	4	365
HU0518	Paks G10	73	116	69	3	365
HU0519	Paks G11	74	116	70	4	365

* A 100-as kezdetű kódok a BM OKF, a 201-204 közöttiek- az RHK Kft. – Bátaapáti, 211-223 közöttiek az EMMI Oktatási Ágazat,- a 300-as kezdetűek a MH, a 400-as kezdetűek az OMSZ, az 500-as kezdetűek pedig a Paksi Atomerőmű mérőhelyeit jelölik.



1.1.2. ábra. A napi dózisteljesítmények országos átlagainak, maximális és minimális értékeinek változása 2015-ben

1.1.2. Az ERMAH mérési adatai

Az ERMAH laboratóriumok az OSSKI kivételével hetente egy alkalommal mérik a környezeti gamma-dózisteljesítményt a telephelyükön, az OSSKI-ban napi gyakorisággal. A mérési eredményeket az 1.1.2. táblázat tartalmazza. Az adatok foton-dózisegyenérték teljesítményben (Hx-ben) vannak megadva.

1.1.2. táblázat. Az ERMAH laboratóriumok mérési adatai

	Átlag, nSv/h	Minimum, nSv/h	Maximum, nSv/h	Szórás, nSv/h	N
Budapest	124	100	160	14	51
Debrecen	152	100	180	19	53
Győr	104	94	115	5	51
Miskolc	132	115	173	11	52
OSSKI	96	84	147	5	244
Szeged	96	89	101	3	42
Szekszárd	109	91	133	11	52

1.1.3. Az országos TLD mérőhálózat adatai (OSSKI)

A környezeti gamma-dózisteljesítmény passzív eszközzel történő mérésére egy közel 100 mérési helyszínből álló országos mérőhálózatot tartunk fenn. A mérőhálózat mérési helyszíneire negyedévente küldjük ki a termolumineszcens detektorokat (TLD) postán, így minden detektor negyed éves expozíciós időszak után kerül vissza hozzánk. A detektorokat a szabadban helyezik ki a talajtól kb. 1 – 1,5 m magasságban.

Az országos személyi dozimetriai mérőrendszer által használt filmdózismérők TLD-vel való kiváltásával (2012 – 2013.) egyidejűleg lehetőség nyílt a korábban használt környezeti dozimetriai mérőrendszer korszerűbbel való kiváltására. A 2014. évben a PAE környéki mérőhálózatban voltak először egyedül csak az új TL detektorok kihelyezve. Az új technológia országos körü bevezetését 2016-ban tervezzük. A detektorok cseréjét az átmeneti időszakra felfüggesztettük, így a 2015. évre nem állnak rendelkezésre adatok. Az országos hálózat mérési pontjai az 1.1.3. ábrán láthatók.

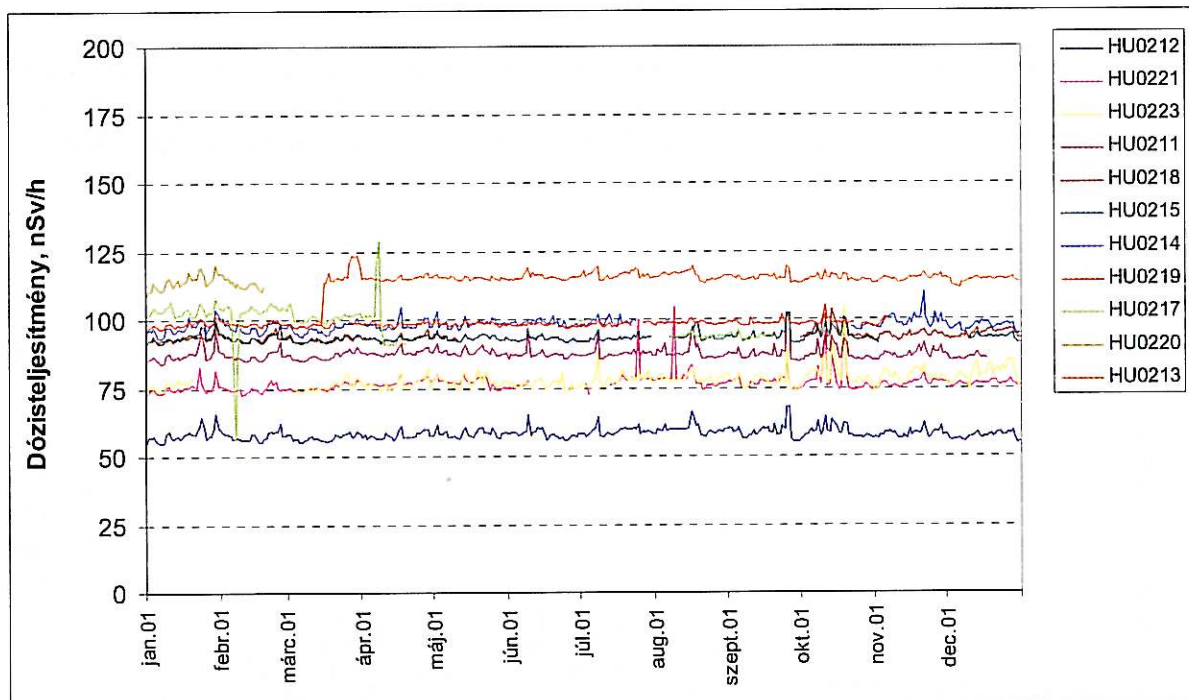


1.1.3. ábra. Az országos TLD mérőhálózat mérési pontjai

1.1.4. Egyetemek mérési eredményei

Az Oktatási Ágazathoz tartozó egyetemeken elhelyezett, összesen 11 proporcionális mérőszonda napi dózisteljesítmény adatainak változását az 1.1.4. ábrán szemléltetjük. Az ábrán használt kódok jelentését az 1.1.4. táblázatban adtuk meg.

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



1.1.4. ábra. Az egyetemeken elhelyezett mérőszondák napi dózisteljesítményeinek időbeli változása 2015-ben

1.1.4. táblázat. Az egyetemeken elhelyezett mérőszondák kódjai

Helykód	Intézmény neve
HU0211	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
HU0212	Eötvös Loránd Tudományegyetem (Budapest)
HU0213	Semmelweis Egyetem (Budapest)
HU0214	Debreceni Egyetem
HU0215	Szent István Egyetem (Gödöllő)
HU0217	Pécsi Tudományegyetem
HU0218	Nyugat-magyarországi Egyetem (Sopron)
HU0219	Szegedi Tudományegyetem - I. (Szilárdtest és Radiokémia Tanszék)
HU0220	Szegedi Tudományegyetem - II. (Orvostudományi Kar)
HU0221	Pannon Egyetem (Veszprém)
HU0223	Nyugat-magyarországi Egyetem (Szombathely)

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

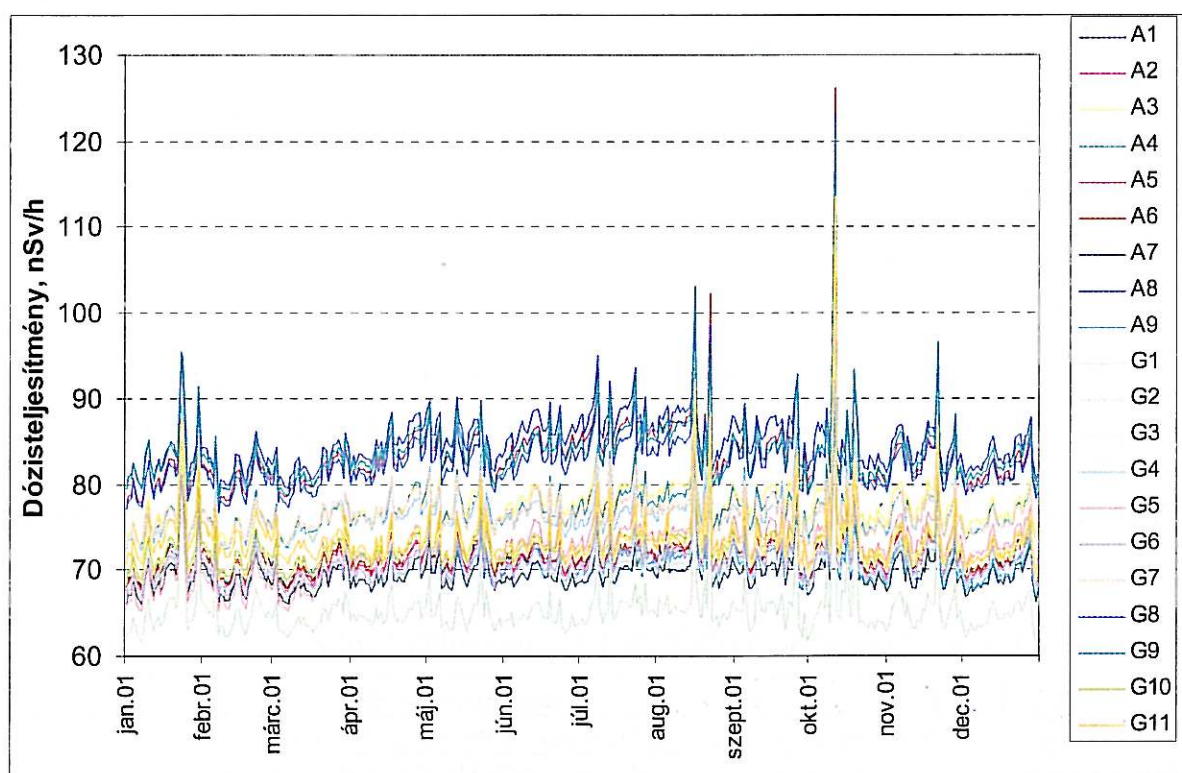
1.2. Létesítményi mérési adatok

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

1.2.1. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrzési adatai

1.2.1.1. A Paksi Atomerőmű mérési adatai

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



1.2.1. ábra. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző állomásain mért napi dózisteljesítmények időbeli változása 2015-ben

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

1.2.1.2. Az OSSKI mérési adatai

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



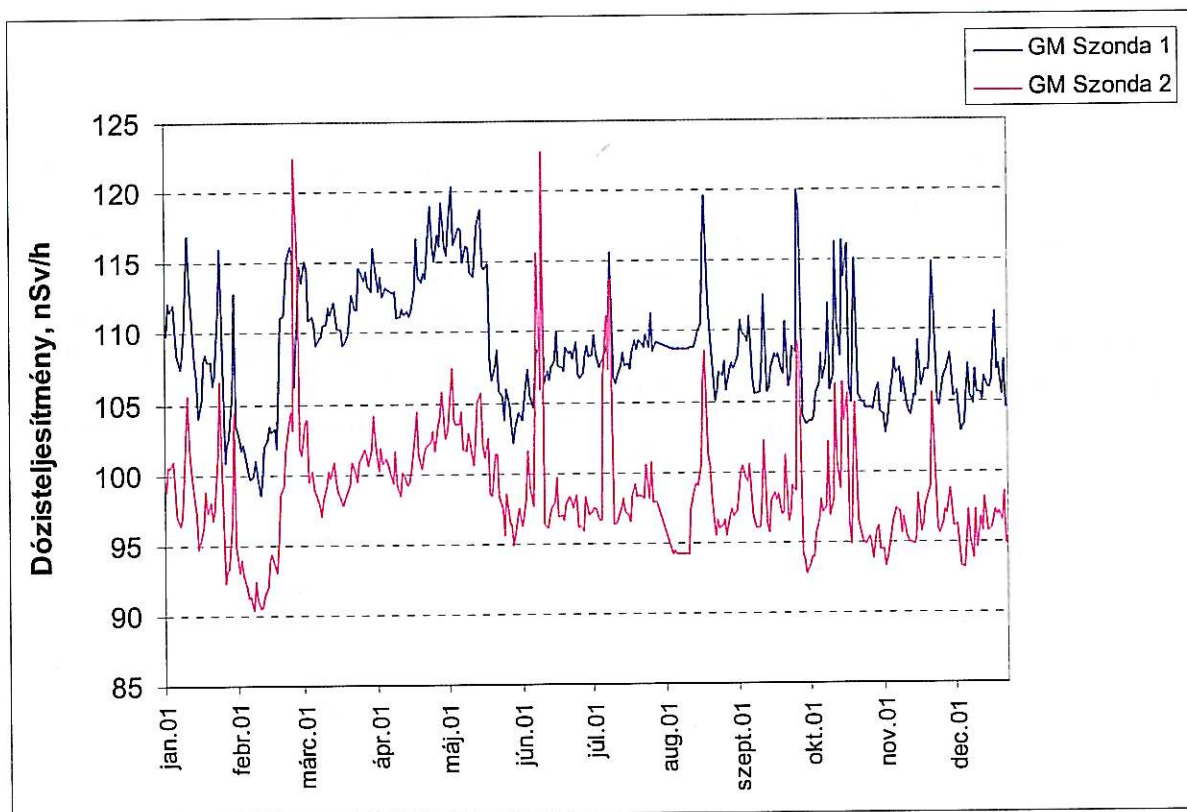
1.2.2. ábra. A Paks környéki TLD mérések helyszínei

1.2.1. táblázat. A Paks környéki TLD mérések 2015. évi eredményei

Település	Dózisteljesítmény (nGy/h)			
	1. negyedév	2. negyedév	3. negyedév	4. negyedév
Bátya	68,8	72,2	77,4	79,3
Bogyiszló	74,6	81,3	80,8	82,9
Borsócséplői út	55,3	48,7	57,2	61,1
Csámpa vízmű	55,0	53,9	60,5	60,7
Császártöltés	73,6	73,5	25,4	82,1
PAE Déli bekötőút	54,4	51,4	55,2	62,0
Dunaföldvár	55,3	52,2	55,3	64,1
Dunakömlőd	83,6	84,7	88,3	88,3
Dunapataj	-	-	-	-
Dunaszentbenedek	61,4	63,3	68,8	73,9
Dunaszentgyörgy I.	59,8	61,9	64,8	68,5
Dunaszentgyörgy II.	68,4	69,9	74,3	79,0
Dusnok	68,7	67,9	75,2	78,5
PAE Északi bekötőút	48,6	49,9	52,7	56,1
Fajsz	76,5	75,6	79,6	84,2
Foktő I.	65,4	62,4	72,8	78,4
Foktő II.	76,0	74,7	77,6	77,0
Földespuszta	-	59,9	69,4	68,1
Géderlak	65,7	65,6	69,8	75,6
Hajós	73,1	69,3	74,4	80,5
Kalocsa	67,0	60,2	72,3	71,0
Kecel	72,8	72,8	75,1	78,9
Kiskőrös	56,5	52,4	55,1	62,0
Kölesd	89,2	88,5	86,1	90,2
Löszdomb	52,3	48,3	53,1	60,7
Miske	91,0	93,2	-	106,1
Nagydorog	81,8	81,7	81,8	80,2
Németkér	78,1	74,4	77,9	82,4
Óregcsertő	74,4	70,9	79,0	79,0
Paks	95,6	93,4	94,8	98,0
Simontornya	76,6	82,5	82,5	87,8
Szalmár	72,1	67,6	71,8	77,0
Szekszárd	65,2	64,1	68,2	73,5
Tengelic I.	56,0	55,2	59,8	62,0
Tengelic II.	75,7	75,6	80,5	-
Uszód	60,6	62,9	68,6	71,2
Uszód	-	-	-	-
Úzd reléállomás	62,5	60,3	73,6	69,7
Zomba	104,5	98,7	-	114,8

1.2.2. A KFKI telephelyén mért gammadózis-teljesítmények

A KFKI telephelyen a dózisteljesítmény ellenőrzésére 20 GM-szonda szolgál. Ezen felül a telephely A típusú környezetellenőrző állomásán (a paksi állomások analógjaként) egy darab, a gamma-dózisteljesítmény mérésére alkalmas BITT szonda működik, 10 nSv/h – 10 Sv/h mérési tartományban. A szondák jelei a Környezetvédelmi Szolgálatra (MTA EK KVSZ) futnak be. Ezen mérőhelyek közül két olyat választottunk ki (1. és 2. állomás), amelyek általában jól jellemzik a telephely egészének dózisteljesítmény-szintjét (1.2.3. ábra). A többi állomáson az izotópforgalom és izotópszállítások miatt időnként az átlagos háttérszintet meghaladó értékek is jelentkezhetnek, ezek azonban elsősorban az egyes műveletek sugárzási viszonyaira, nem pedig a telephely környezetére jellemzőek.



1.2.3. ábra. A KFKI telephely mérőállomásain mért napi dózisteljesítmények időbeli változása 2015-ben

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

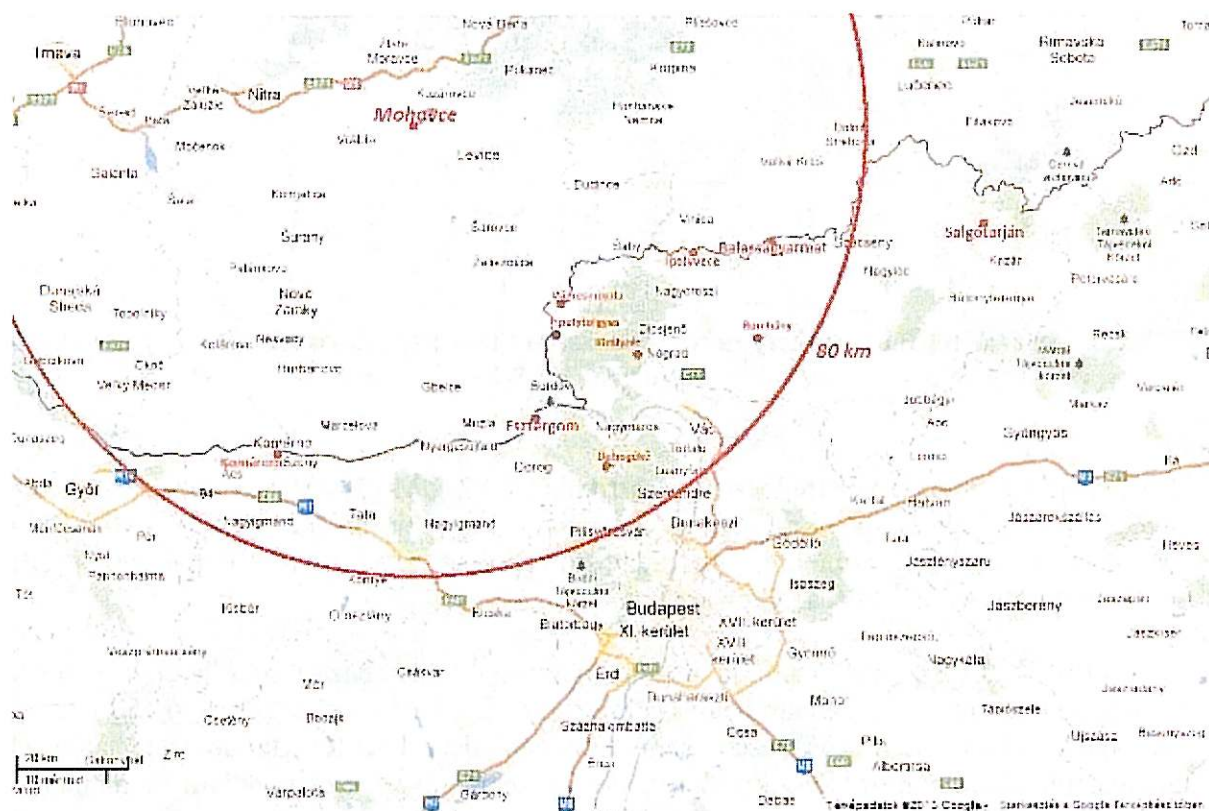
A MTA EK KVSZ adatközpontja az eredményeket tízpercenként tárolja. (A pillanatnyi adatok az interneten is megtekinthetők a következő honlapon: <http://148.6.56.150>.) Az éves feldolgozott adatokat a Környezetvédelmi Szolgálat Évi Jelentése tartalmazza, amelyet a Szolgálat honlapján (<http://kvsz.kfki.hu/>) lehet megtekinteni a „Jelentések” menüpontban.

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

1.2.3.1. Az OSSKI mérési adatai

A Mohi Atomerőmű hazai környezetének ellenőrzéseként az OSSKI in-situ gamma-spektrometriai és dózisteljesítmény méréseket is végez a határ közelében 8 mérési helyszínen évente kétszer. A mérési helyszíneket és a 2015-ös mérések eredményeit az 1.2.4. ábra, ill. az 1.2.2. és 1.2.3. táblázatok mutatják be. A ^{232}Th -sorra, az ^{238}U -sorra valamint a ^{40}K -re vonatkozó adatokat csak a teljesség kedvéért tüntettük fel, ezeket a Mohi Atomerőmű működése nem befolyásolja. A ^{137}Cs koncentrációjára kapott értékek nem térnek el szignifikánsan az ország más területein jellemző értékektől (lásd pl. 1.2.2. táblázat).

A gamma-dózisteljesítményt AUTOMESS 6150 AD 6/H műszerrel mértük, a hiba minden esetben 1% körüli. (lásd pl. 1.2.3. táblázat)



1.2.4. ábra. A mohi atomerőmű hazai környezetének mérési helyszínei

1.2.2. táblázat. In-situ mérések eredményei 2015-ben
(a ¹³⁷Cs eredmények kBq/m², a többi adat Bq/kg egységben szerepel)

	Komárom	Esztergom	Dobogókő	Királyrét	Vámosmikola	Romhány	Salgótarján	Balassagyarmat
1. félév								
Ac-228	26,6 ± 1,2	31,2 ± 1,2	27,9 ± 1,1	35,2 ± 1,4	32,1 ± 1,3	n.a.	40,3 ± 1,5	33,1 ± 1,3
Tl-208	27,2 ± 1,5	31,8 ± 1,3	28,8 ± 1,6	39,5 ± 1,9	35,3 ± 1,8	n.a.	41,3 ± 2,0	34,0 ± 1,8
Pb-214	35,2 ± 1,4	30,7 ± 1,3	22,4 ± 1,1	33,5 ± 1,4	27,2 ± 1,3	n.a.	55,1 ± 1,9	26,5 ± 1,2
Bi-214	36,0 ± 1,4	30,6 ± 1,3	22,3 ± 1,1	34,4 ± 1,5	28,9 ± 1,3	n.a.	62,2 ± 2,1	30,0 ± 1,4
K-40	483 ± 19	523 ± 20	373 ± 12	539 ± 20	489 ± 19	n.a.	502 ± 19	456 ± 18
Cs-137	1,31 ± 0,09	1,50 ± 0,09	1,26 ± 0,15	0,67 ± 0,09	1,56 ± 0,09	n.a.	1,00 ± 0,08	2,65 ± 0,13
2. félév								
Ac-228	23,0 ± 1,2	25,8 ± 1,1	32,6 ± 1,3	32,7 ± 1,3	28,5 ± 1,3	29,3 ± 1,3	30,2 ± 1,2	25,3 ± 1,2
Tl-208	22,3 ± 1,3	27,4 ± 1,3	30,4 ± 1,6	35,2 ± 1,6	33,9 ± 1,6	29,1 ± 1,6	33,8 ± 1,5	24,0 ± 1,4
Pb-214	35,4 ± 1,5	28,3 ± 1,3	31,0 ± 1,3	34,6 ± 1,4	72,5 ± 2,3	30,3 ± 1,4	27,5 ± 1,3	65,2 ± 2,1
Bi-214	37,6 ± 1,8	31,4 ± 1,5	31,5 ± 1,1	37,0 ± 1,6	80,3 ± 3,4	37,9 ± 1,5	28,1 ± 1,3	70,8 ± 3,5
K-40	395 ± 16	447 ± 17	380 ± 15	501 ± 19	470 ± 18	499 ± 19	435 ± 17	380 ± 15
Cs-137	1,84 ± 0,10	1,31 ± 0,09	1,38 ± 0,09	0,61 ± 0,07	1,16 ± 0,07	0,66 ± 0,07	1,18 ± 0,08	1,86 ± 0,10

1.2.3. táblázat. 2015. évi dózisteljesítmény mérések eredményei

	Dózisteljesítmény, 1. félév (nSv/h)	Dózisteljesítmény, 2. félév (nSv/h)
Komárom	106	98
Esztergom	107	101
Dobogókő	96	109
Királyrét	115	113
Vámosmikola	100	114
Romhány	111	119
Balassagyarmat	104	103
Salgótarján	135	110

1.2.3.2. A NÉBIH mérési adatai

A Mohi atomerőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek in-situ méréseket, melyek eredményeit az 1.2.4. táblázatban mutatjuk be.

1.2.4. táblázat. In-situ mérések eredményei 2015-ben

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Kemence	Ac-228 (Bq/kg)	-	27,4	41,6	-	5	0
Kemence	Cs-137 (Bq/m ²)	-	101	730	-	5	0
Kemence	K-40 (Bq/kg)	-	381	511	-	5	0
Kemence	Pb-214 (Bq/kg)	-	24,5	36,3	-	4	0
Nagybörzsöny	Ac-228 (Bq/kg)	-	-	39,5	-	1	0
Nagybörzsöny	Cs-137 (Bq/m ²)	-	-	471	-	1	0
Nagybörzsöny	K-40 (Bq/kg)	-	-	484	-	1	0
Nagybörzsöny	Pb-214 (Bq/kg)	-	-	42,7	-	1	0
Peröcsény	Ac-228 (Bq/kg)	-	-	41,3	-	1	0
Peröcsény	Cs-137 (Bq/m ²)	-	-	521	-	1	0
Peröcsény	K-40 (Bq/kg)	-	-	475	-	1	0
Peröcsény	Pb-214 (Bq/kg)	-	-	29,7	-	1	0

1.2.4. In-situ mérések az RHK környezetében (NÉBIH)

A NÉBIH laboratóriumai végeztek in-situ méréseket Bátaapáti és Püspökszilágy térségében is, melyek eredményeit a 1.2.5. táblázatban mutatjuk be.

1.2.5. táblázat. In-situ mérések eredményei 2015-ben

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Bátaapáti	Ac-228 (Bq/kg)	-	43,6	44,8	-	2	0
Bátaapáti	Cs-137 (Bq/m ²)	-	260	418	-	2	0
Bátaapáti	K-40 (Bq/kg)	-	516	533	-	2	0
Bátaapáti	Pb-214 (Bq/kg)	-	39,5	42,4	-	2	0
Kisnémedi	Ac-228 (Bq/kg)	-	-	36,2	-	1	0
Kisnémedi	Cs-137 (Bq/m ²)	-	-	760	-	1	0
Kisnémedi	K-40 (Bq/kg)	-	-	480	-	1	0
Kisnémedi	Pb-214 (Bq/kg)	-	-	38,6	-	1	0
Püspökszilágy	Ac-228 (Bq/kg)	-	40,8	49,4	-	4	0
Püspökszilágy	Cs-137 (Bq/m ²)	-	649	1048	-	4	0
Püspökszilágy	K-40 (Bq/kg)	-	519	604	-	4	0
Püspökszilágy	Pb-214 (Bq/kg)	-	34	47,7	-	4	0

1.3. Az OSSKI telephelyén végzett mérések

2015-ben kettő in-situ mérés történt az OSSKI telephelyének (Budapest, Budafok) udvarán, amelynek eredményeit az 1.3.1. táblázat tartalmazza.

1.3.1. Az OSSKI udvarán végzett in-situ mérések eredményei a ^{137}Cs -re vonatkozó értékek kBq/m^2 , a többi érték Bq/kg egységben szerepel

Nuklid	2015.04.30.	2015.10.14.
Ac-228	$33,4 \pm 1,3$	$30,8 \pm 1,2$
Tl-208	$37,2 \pm 1,9$	$28,3 \pm 1,5$
Pb-214	$26,4 \pm 1,2$	$24,2 \pm 1,2$
Bi-214	$28,9 \pm 1,1$	$28,7 \pm 1,1$
K-40	479 ± 18	433 ± 17
Cs-137	$2,22 \pm 0,12$	$2,04 \pm 0,11$

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

1.3.2. táblázat. Az OSSKI udvarán 2015-ben végzett dózisteljesítmény mérések heti átlagai

Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)	Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)	Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)	Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)
1	-	-	14	101,8	95 - 110	27	103,8	99 - 108	40	104,0	98 - 109
2	96,8	86 - 104	15	99,8	95 - 105	28	103,4	93 - 116	41	110,0	102 - 131
3	97,9	93 - 103	16	104,6	101 - 113	29	102,3	95 - 109	42	102,1	95 - 110
4	103,1	98 - 108	17	102,6	98 - 108	30	105,3	98 - 113	43	103,0	95 - 121
5	100,5	93 - 107	18	104,7	100 - 111	31	105,9	96 - 117	44	101,5	98 - 106
6	98,2	93 - 103	19	102,6	96 - 109	32	106,4	97 - 117	45	101,7	95 - 114
7	96,5	91 - 100	20	101,1	96 - 106	33	109,4	106 - 120	46	99,6	93 - 105
8	97,8	86 - 103	21	105,8	96 - 129	34	104,4	101 - 108	47	100,0	96 - 105
9	105,0	97 - 122	22	98,3	93 - 101	35	104,5	101 - 114	48	97,4	93 - 105
10	101,0	95 - 106	23	100,2	95 - 105	36	107,2	98 - 114	49	99,8	95 - 107
11	101,9	94 - 109	24	102,5	95 - 109	37	108,5	101 - 129	50	101,3	98 - 107
12	100,8	95 - 106	25	102,1	91 - 114	38	106,1	99 - 114	51	103,7	101 - 106
13	101,1	98 - 105	26	101,8	96 - 105	39	117,5	98 - 177	52	-	-

2. Levegőszűrők (aeroszol)

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

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

2.1. Az országos ellenőrzési eredmények

Országosnak mondható kiépítettséget az Egészségügyi Ágazathoz tartozó Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatszolgáltató Hálózat (ERMAH) laboratóriumai jelentenek. Az egyes laboratóriumok levegőminta-vevői sajnos nem azonos teljesítőképességűek, ami az elvégezhető elemzések lehetőségét is meghatározza. 2015-ben közepes légforgalmú mintavevővel 4 laboratórium, kis légforgalmú mintavevővel ugyancsak 4 laboratórium rendelkezett.

Emellett az FmÁ NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratóriumának budapesti telephelyén működik egy nagy teljesítményű aeroszol mintavevő. Szűrőcserét hetente végeznek, az átszívott levegő kb. 33000 m³/hét, 72 órás pihentetés után gamma-spektrometriával mérik az aeroszol-mintákat, 2015-ben 52 mintát vettek.

Az ERMAH laboratóriumok aeroszol mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. Eszerint a közepes légforgalmú mintavevővel 7-10 naponként kell mintát venni, és a szűrők gamma-spektrometriai elemzését kell elvégezni, míg a kis légforgalmú mintavevőkkel vett napi minták esetében az összes béta-aktivitást kell meghatározni. (Ez utóbbiak esetén a 72 órás pihentetés utáni eredmények veendő figyelembe.) Az EüÁ ERMAH, HAKSER és egyéb programjai keretében 2015-ben 627 aeroszol mintát vettek. A mintavevő típusa – azaz az átszívott levegőmennyiség – és az alkalmazott mérés érzékenysége együttesen határozzák meg a levegő aktivitáskoncentrációjának kimutatási határát. Jellemző kimutatási határértékek: 1-10 μBq/m³ (20-30 ezer m³ átszívott levegőből, félvezető-detektoros gamma-spektrométerrel mérve a ¹³⁷Cs aktivitást); illetve 0,5-2,5 mBq/m³ (50-300 m³ átszívott levegőből, összes béta-aktivitás mérésével). Az összes béta-aktivitás mérése a legtöbb laboratóriumban pasztik szcintillációs mérőfejjel ellátott detektorral történik. Ezek a detektorok kb. 50 keV – 1 MeV energiájú elektronok detektálásra alkalmasak. Más laboratóriumokban alacsony háttérű alfa/béta számláló készülékekkel történik az összes béta-mérés, amelybe proporcionális detektorok vannak beépítve. Ezek a detektorok a detektorok hasonlóképpen a kb. 50 keV energiájú elektronok detektálására már alkalmasak.

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 ERMAH és NÉBIH 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 a kimutatási határ (kh) felett is megjelentek, a $0,002 \text{ mBq/m}^3$ -es értékig. Az aeroszolban mérhető természetes eredetű ^7Be radionuklid koncentrációjának szokásos értéktartománya $0,65\text{-}19 \text{ mBq/m}^3$ közötti. Az aeroszol-szűrők legalább 72 órás pihentetés után mért összes béta-aktivitásai jellemzően $0,1\text{-}4,0 \text{ mBq/m}^3$ értékűek.

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

2.1.1. táblázat. Országos aeroszol mérési eredmények éves jellemzői 2015-ben (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag, mBq/m^3	Minimum, mBq/m^3	Maximum, mBq/m^3	Szórás, mBq/m^3	N	Kha
Be-7	BP	4,5	0,65	19	2,8	98	0
Be-7	BZ	5,3	1,5	10	2,1	39	1
Be-7	TO	4,1	1,1	7,3	1,5	31	0
Cs-137	BP	0,0015	0,00060	0,0049	0,00048	98	64
Cs-137	BZ	0,0028	0,0014	0,0062	0,0018	39	24
Cs-137	TO	-	-	-	-	31	31
Összes-béta	BK	-	0,93	2,0	-	48	40
Összes-béta	BP	0,94	0,30	2,8	0,50	268	133
Összes-béta	CS	2,6	1,0	4,0	0,84	21	0
Összes-béta	HA	0,45	0,10	1,8	0,44	53	15
Összes-béta	TO	0,76	0,61	1,1	0,21	104	91
Be-7	Összesen	4,6	0,65	19	-	168	1
Cs-137	Összesen	0,0017	0,00060	0,0062	-	168	119
Összes-béta	Összesen	0,94	0,10	4,0	-	494	279

2.2. Létesítmények környezetében mért aeroszol-koncentrációk

2.2.1. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének mérési eredményei

A Paksi Atomerőmű A-típusú állomásain elvégzett aeroszol mérések eredményeit összegzi a 2.2.1. táblázat. A mintavétel nagy légforgalmú mintavevővel történik, ennek ellenére a szűrőkön mesterséges eredetű radionuklidot a 2015. évben csak egyetlen esetben az A6-os állomáson a 45. héten lehetett kimutatni (a radionuklidtól függő kimutatási határok értéke 1-5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ közötti). A mért ^7Be radioizotóp természetes eredetű, koncentrációja jól egyezik más laboratóriumok eredményeivel (ld. 2.1. fejezet). (Meggjegyezzük, hogy számítások szerint a 0,1 GBq nagyságrendű éves kibocsátásokkal jellemezhető aeroszolak várható átlagos aktivitáskoncentrációja 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 aeroszol mérések eredményeinek éves összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/m^3	Minimum mBq/m^3	Maximum mBq/m^3	Szórás mBq/m^3	N	Kha
Be-7	3,8	0,7	11	1,8	520	0
Co-60	-	-	0,027	-	520	519
Cs-134	-	-	-	-	520	520
Cs-137	-	-	-	-	520	520
I-131	-	-	-	-	520	520

2.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyének adatai

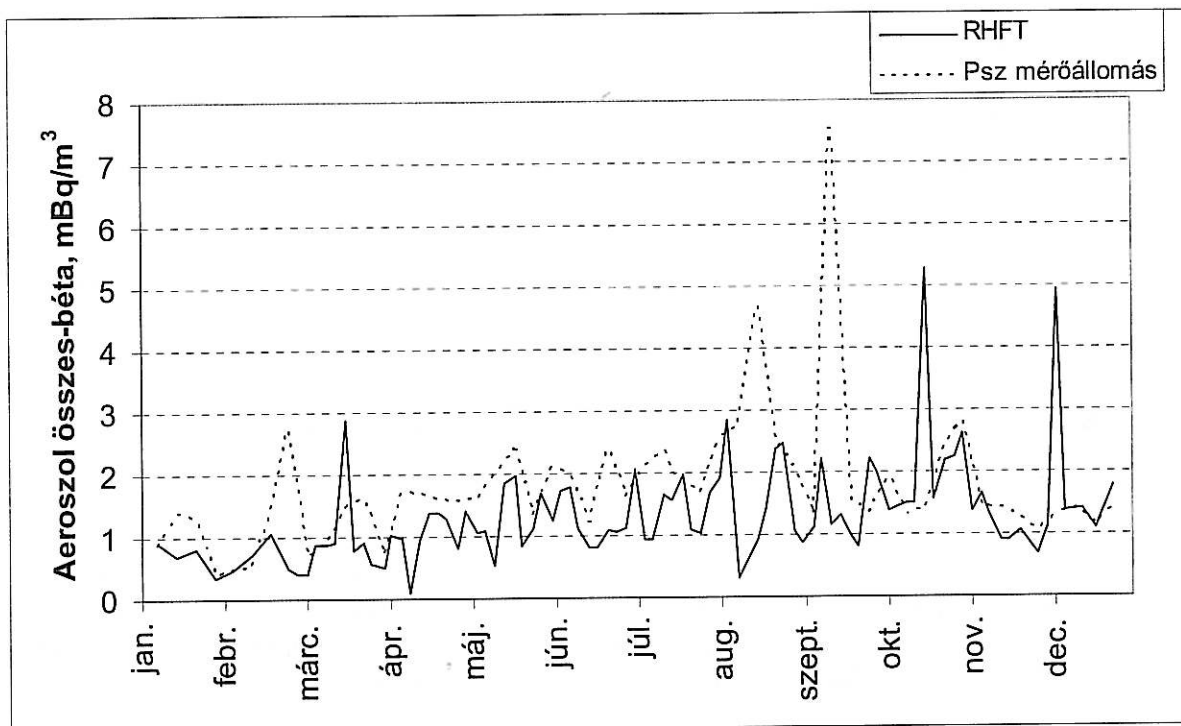
A püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló (RHFT) környezetében mért aeroszol-koncentrációkat a 2.2.1. ábrán és a 2.2.1. táblázatban mutatjuk be. Az adatok két mintavevő összesített eredményeit tükrözik, az egyik mintavevő a telephelyen, a másik a néhány km-re lévő Püspökszilágy faluban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

A faluban elhelyezett mintavevő kisebb térfogatáramú (optimális beállítás szerint 2,3 m^3/h), a jellemző heti mintavételi idő alatt átszívott levegőmennyiség 380 m^3 (az ábrán "Psz mérőállomás"). Az RHFT telephelyén nagyobb térfogatáramú aeroszol mintavevő található, 32 m^3/h optimális térfogatárammal. A jellemző mintavételi idő (3,5 nap) alatt közel 3000 m^3 levegőmennyiség halad át a szűrőpapíron (az ábrán "RHFT mérőállomás").

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

Az időszakonként jelentkező nagyobb csúcsokat az alkalmanként megnövekvő porterhelés indokolja, amelynek okai a telephely környezetében folyó mezőgazdasági tevékenység illetve

a faluban történő tűzgyújtás. A csúcsoktól eltekintve az összes béta-aktivitáskonzentrációk jellemzően 3 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 aeroszol-mérések eredményeinek éves összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/m^3	Minimum mBq/m^3	Maximum mBq/m^3	Szórás mBq/m^3	N	Kha
Be-7	3,0	0,39	8,1	1,7	135	1
Cs-137	-	-	-	-	145	145
Összes-béta	1,5	0,093	7,6	0,94	144	0

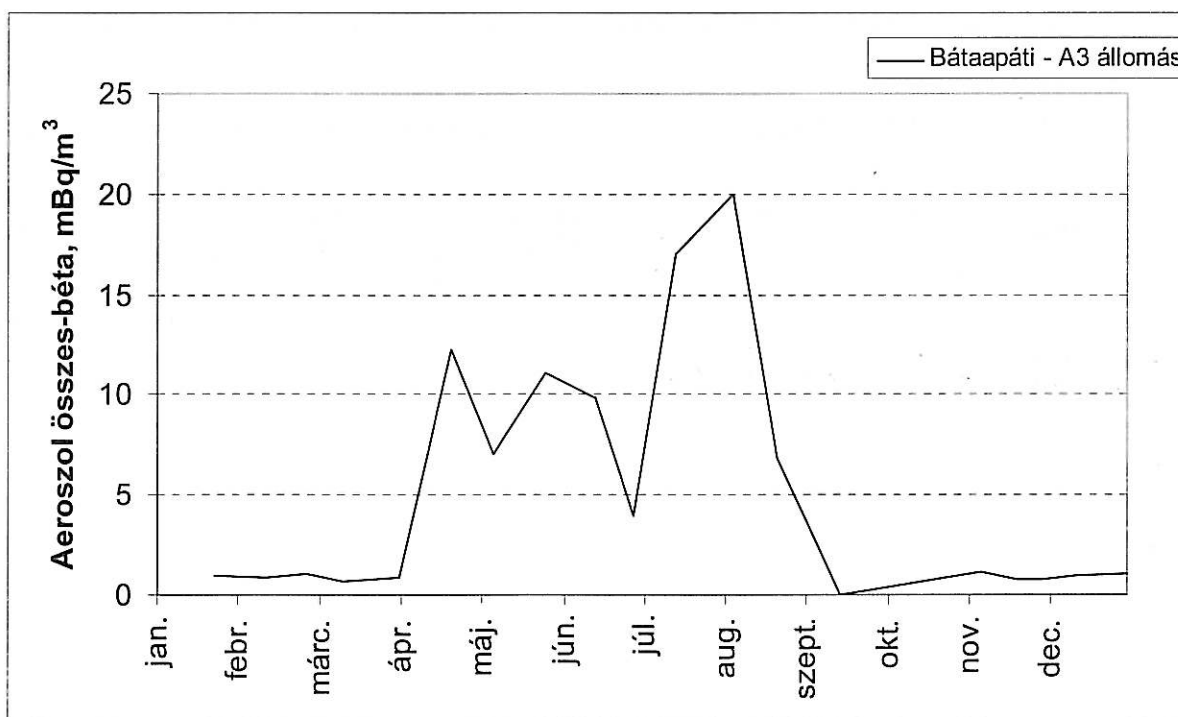
2.2.2. A bátaapáti NRHT telephelyének adatai

A Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló környezetében mért aeroszol-koncentrációkat a 2.2.3. táblázatban mutatjuk be. Az adatok öt mintavevő (A1-A5 állomások) összesített eredményeit tükrözik, az egyik mintavevő a telephelyen, négy pedig a telephely 3 km-es környezetében található különböző távolságokban. A 2.2.2. ábrán az A3 állomás összes-béta koncentrációinak időbeli változását mutatjuk be.

Az elhelyezett mintavevők $3 \text{ m}^3/\text{h}$ optimális térfogatárammal működnek. A jellemző mintavételi idő (14 nap) alatt közel 1000 m^3 levegőmennyiség halad át a szűrőpapíron.

A mintavétel után legalább 72 órás pihentetés következik. A minta gamma-spektrometriai mérése után az összes béta-aktivitását mérik. Jellemző kimutatási határok: $0,1-1,0 \text{ mBq/m}^3$ (összes béta-aktivitás), $0,05 \text{ mBq/m}^3$ (gamma-spektrometria, ^{137}Cs izotóp).

Az időszakonként jelentkező nagyobb csúcsokat, illetve az állomásokon mért adatok közti eltéréseket az alkalmanként megnövekvő porterhelés indokolja. Ennek oka az állomások környezetében folyó emberi tevékenység (közlekedés, mezőgazdasági munka, tűzgyújtás-fűtés) melynek mértéke az állomások telepítési helyére jellemző (az A3 állomás helyezkedik el egyedül településen belül). A csúcsoktól eltekintve az összes béta-aktivitáskoncentrációk jellemzően $\sim 1 \text{ mBq/m}^3$ alatt maradnak, ami igen alacsony érték.



2.2.2. ábra. Az NRHT éves aeroszol összes-béta méréseinek időbeli változása

2.2.3. táblázat. Az NRHT környezetében végzett aeroszol-mérések eredményeinek éves összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/m ³	Minimum mBq/m ³	Maximum mBq/m ³	Szórás mBq/m ³	N	Kha
Be-7	8,4	0,55	180	27	103	2
Cs-137	-	-	-	-	103	103
Összes-béta	1,5	0,011	20	3,1	103	2

2.2.4. A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk

A KFKI telephelyen 5 mérőállomáson történik aeroszolos mintavételezés. Az összes-béta mérésre szánt minták esetében a mintavételezés és mintamérés – a 72 órás pihentetést követően – napi gyakorisággal történik. Az átszívott levegő mennyisége általában 100 m³/nap körül van. A mintavételt és mérést jellemző összes-béta aktivitás-koncentráció szokásos kimutatási határa 0,5 mBq/m³.

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

A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk éves jellemző adatait a 2.2.4. táblázatban foglaltuk össze.

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

Radionuklid	Átlag mBq/m ³	Minimum mBq/m ³	Maximum mBq/m ³	Szórás mBq/m ³	N	Kha
Be-7	6,4	0,28	35	5,5	53	2
Cs-137	-	1,0	1,0	-	3	3
I-125	11	0,10	240	33	94	3
I-131	0,82	0,010	6,7	1,3	47	6
K-40	1,7	0,25	6,2	1,1	74	1
Összes-béta	1,4	0,076	47	1,9	968	10

Az alkalmazott számítógépes programok illetve kiértékelési algoritmus szerint azokat az eredményeket nem soroljuk az elfogadott adatok közé, amelyeknél ugyan minőségileg azonosítható a keresett komponens, de relatív bizonytalansága (hibája) meghaladja a 30%-ot. A kimutatási határ alatti mérések számát nem tüntettük fel. A ¹²⁵I és ¹³¹I radioizotópok a telephelyen működő Izotóp Intézet kft. radiokémiai laboratóriumainak a kibocsátási kritériumoknál kisebb kibocsátásaihoz köthetők.

3. Kihullás (fall-out)

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

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

3.1. Országos adatok

Országos kiterjedésűnek mondható mintavételi és mérési programot az ERMAH laboratóriumok végeznek. A kihullást a központi és a 6 regionális laboratórium összesen 9 megyében és a fővárosban mintázza és méri (3.1.1. ábra).

Emellett a NÉBIH három telephelyen (Budapest, Szekszárd és Szombathely) gyűjti és vizsgálja a csapadékvizet (fall-out). A mintavételi felület 1 m^2 , a mintagyűjtés ideje 1 hónap. Bepárlás után gamma-spektrometria, összes-alfa, összes-béta és radiostroncium meghatározás történik. 2015-ben a NÉBIH laboratóriumai 39 fall-out mintát vettek.

Az ERMAH laboratóriumok kihullásra vonatkozó mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. Az EüÁ ERMAH, HAKSER és egyéb programjai keretében 2015-ben 219 fallout mintát vettek. A mintavevő edények felülete $0,15\text{-}0,4 \text{ m}^2$, a havi mintázással kapott teljes kihullás mintáknak a laboratóriumok – felszerelésüktől függően – csak az összes béta-aktivitását mérik, illetve azok gamma-spektrometriai elemzését is elvégzik. A mintavétel és mérés jellemző kimutatási határa $20\text{-}500 \text{ mBq}/(\text{m}^2 \cdot \text{nap})$ (összes béta-aktivitáskoncentrációra) és $1\text{-}20 \text{ mBq}/(\text{m}^2 \cdot \text{nap})$ (a ^{137}Cs izotópra gamma-spektrometriai vizsgálat alapján). Az összes béta-aktivitások mérése ugyanazon detektorokkal történik, mint az aeroszol minták esetében, amelyek a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok detektálására képesek.

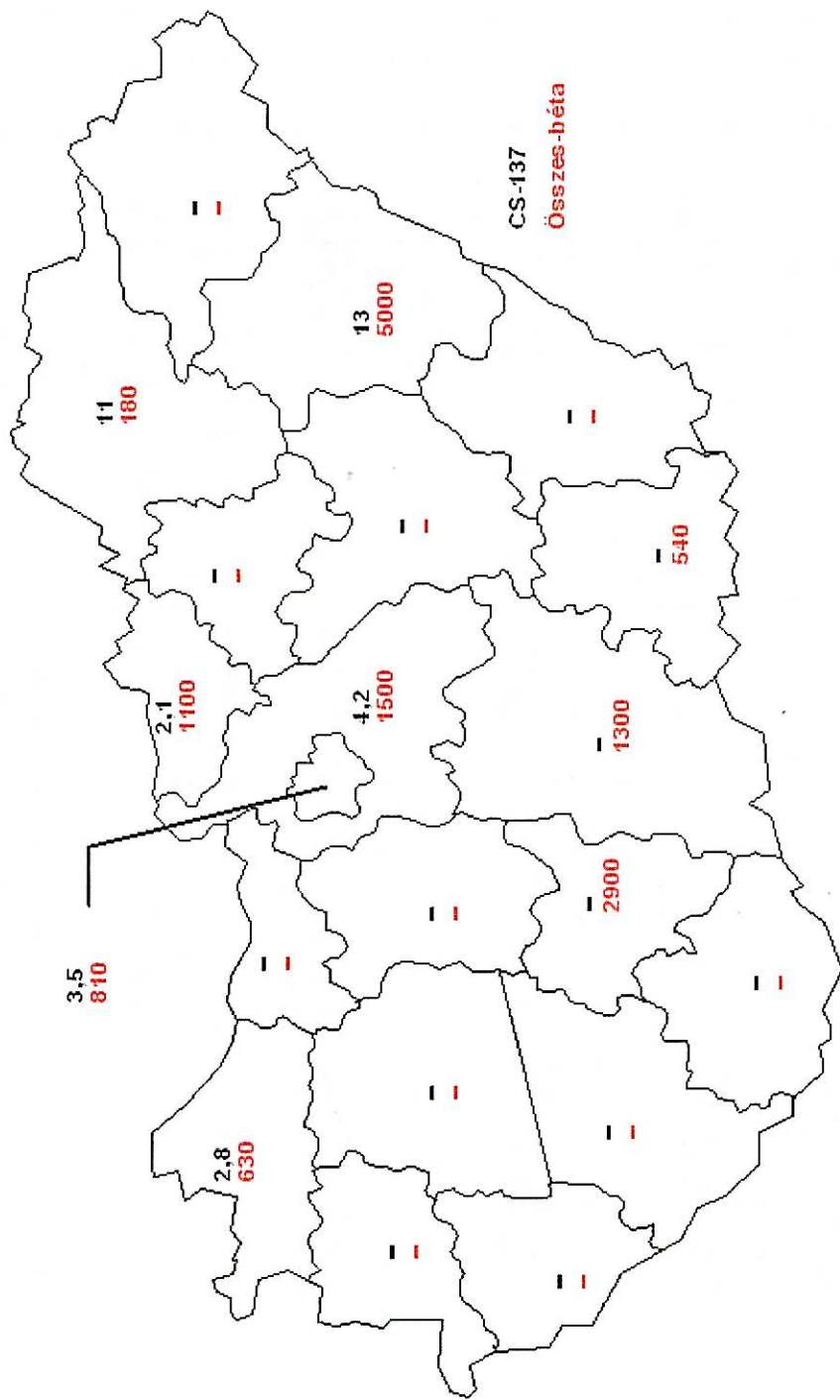
A 2015-ban az egyes mintavételi pontokra kapott eredményeket a 3.1.1. táblázatban foglaltuk össze.

A kihullás összes béta-aktivitásainak átlagai az országos átlagtól legfeljebb 3-4-szeres eltérést mutatnak, ami nem jelentős. Az országos átlag nagyságrendileg egyezik a 2014 évvel. A ¹³⁷Cs aktivitása a minták kerekén 85%-ában kimutatási határ alatti volt.

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

3.1.1. táblázat. Kihullás mérési eredmények országos, éves jellemzői 2015-ben (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag mBq/m ² /nap	Minimum mBq/m ² /nap	Maximum mBq/m ² /nap	Szórás mBq/m ² /nap	N	Kha
Be-7	BK	-	700	2900	-	11	2
Be-7	BP	2300	75	7100	1900	35	0
Be-7	HA	1700	290	4200	1300	13	0
Be-7	NO	2700	940	5000	1400	16	0
Be-7	PE	-	920	7300	-	8	0
Be-7	TO	1100	340	3300	910	55	16
Be-7	VA	1600	140	3300	1200	10	0
Cs-137	BK	-	-	-	-	12	12
Cs-137	BP	8,1	0,89	3,5	23	39	29
Cs-137	BZ	-	11	11	-	9	6
Cs-137	CS	-	-	-	-	11	11
Cs-137	GY	-	2,6	2,8	-	12	10
Cs-137	HA	7,6	0,30	13	3,7	14	0
Cs-137	NO	-	-	2,1	-	16	15
Cs-137	PE	-	-	4,2	-	8	7
Cs-137	TO	-	-	-	-	60	60
Cs-137	VA	-	-	-	-	10	10
Összes-béta	BK	540	210	1300	300	12	0
Összes-béta	BP	340	16	1400	270	35	0
Összes-béta	BZ	-	19	180	-	9	0
Összes-béta	CS	250	92	540	120	11	0
Összes-béta	GY	240	46	630	150	47	1
Összes-béta	HA	1000	70	5000	1500	13	0
Összes-béta	NO	500	210	1100	230	16	0
Összes-béta	PE	-	310	1500	-	8	0
Összes-béta	TO	700	60	2900	610	59	0
Összes-béta	VA	200	28	740	210	10	0
Be-7	Összesen	1700	75	7300	-	148	18
Cs-137	Összesen	5,7	0,30	13	-	191	160
Összes-béta	Összesen	470	16	5000	-	220	1



3.1.1. ábra. Kihullás éves maximumainak országos eloszlása 2015-ben (EüÁ és FmÁ, mBq/m²/nap, "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény)

3.2. Létesítmények környezetében mért kihullások

3.2.1 A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének mérési eredményei

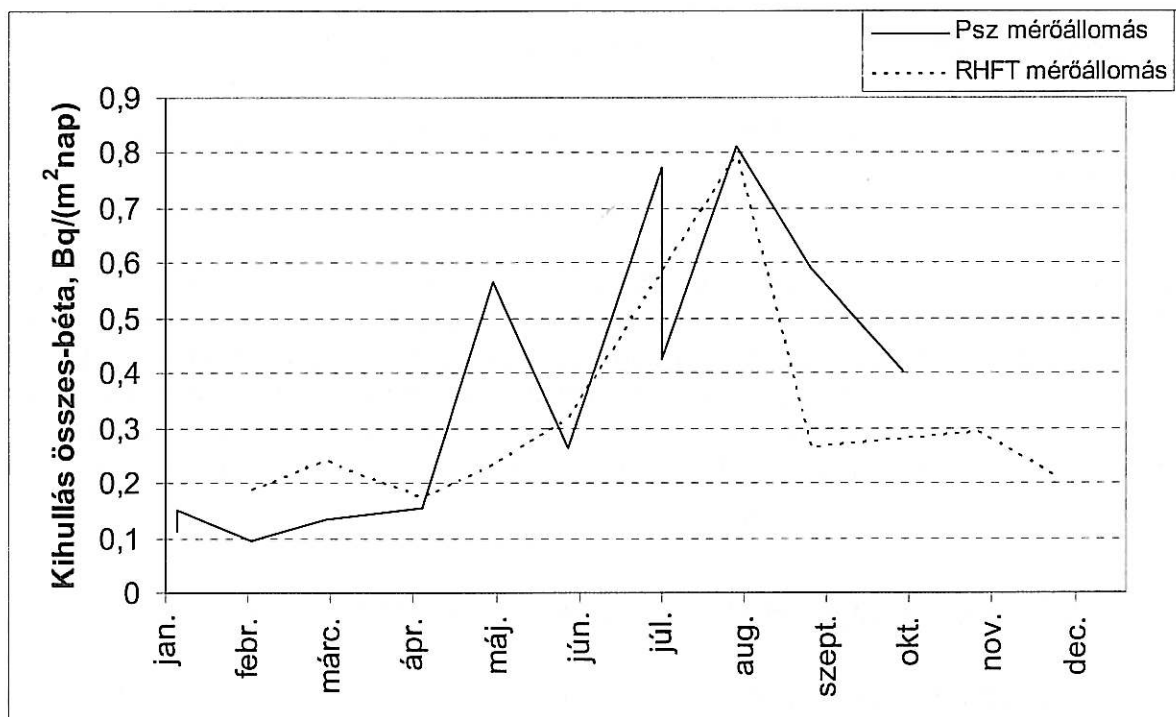
A kihullás mintázása az A típusú állomásokon történt. A fall-out mintákban a 2015. évben négy alkalommal tudunk kimutatni atomerőművi eredetű izotópot kimutatási határ ($0,20 \text{ Bq/m}^2/\text{hó}$) közeli értékkel. Az A6-os állomáson május és november hónapban ^{60}Co -at $0,89 \text{ Bq/m}^2$ és $0,55 \text{ Bq/m}^2$ -es értékkel. Mindkét esetben a mintafelezési módszer kimutatta, hogy a részecske csak a minta egyik felében található meg, ezért minden bizonnyal korróziós részecskét sikerült megfognunk. Két alkalommal pedig az A2 állomáson június és július hónapban ^{137}Cs -et $0,49 \text{ Bq/m}^2$ és $1,35 \text{ Bq/m}^2$ -es értékkel. Ezekben az esetekben a mintában homogén módon volt jelen az izotóp.

3.2.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyén mért eredmények

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

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

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



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

3.2.1. táblázat. Az RHFT környezetében végzett kihullás mérések összefoglalása

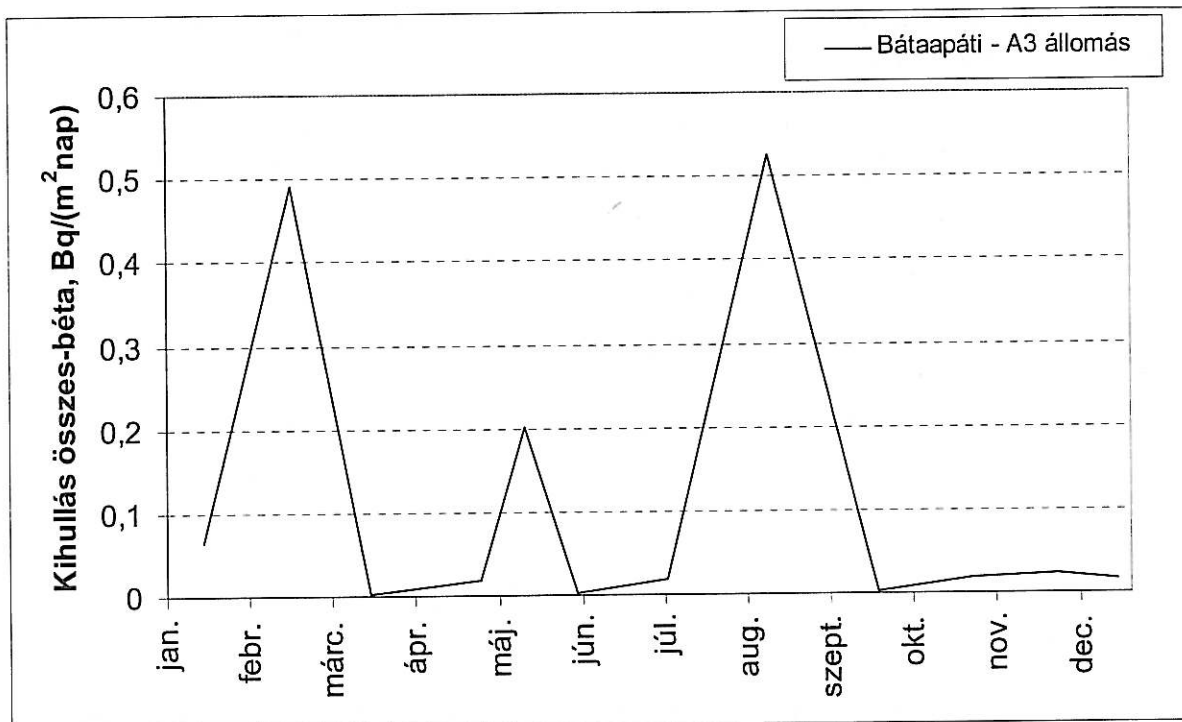
Radionuklid	Átlag mBq/(m ² nap)	Minimum mBq/(m ² nap)	Maximum mBq/(m ² nap)	Szórás mBq/(m ² nap)	N	Kha
Be-7	870	130	2800	720	24	0
Cs-137	-	-	-	-	24	24
K-40	-	190	850	-	14	5
Összes-béta	350	93	810	220	24	0

3.2.3. A bátaapáti NRHT telephelyén mért eredmények

Öt helyszínen (A1-A5 mérőállomások), az aeroszol mintavevők közelében elhelyezett mintavevők folyamatos üzemű, szakaszosan üritett csapadékgyűjtő edények. A mintagyűjtő aktív felülete 1 m². A mintavételi idő 1 hét.

A mintagyűjtőből kimosott kihullást bepárolják, majd összes-béta és gamma-spektrometriai mérést végeznek. A mérések jellemző kimutatási határa: ~25 mBq/m²/nap (összes-béta) és 20 mBq/m²/nap (¹³⁷Cs, gamma-spektrometria).

A mintákon végzett gamma-spektrometriai és összes-béta mérések eredményeinek éves jellemzőit a 3.2.2. táblázatban foglaltuk össze. A 3.2.2. ábrán az A3 állomáson mért kihullás összes-béta aktivitásainak időbeli változását mutatjuk be.



3.2.2. ábra. Az NRHT környezetében mért kihullás összes béta-aktivitások időbeli változása

3.2.2. táblázat. Az NRHT 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	Kha
Be-7	410	21	2000	370	60	43
Cs-137	-	-	-	-	60	60
Összes-béta	110	1,1	930	180	60	24

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

Az OSSKI három határ menti településen (Ipolytölgyes, Ipolyvece, Balassagyarmat) vesz fallout mintát havi rendszerességgel márciustól novemberig (a téli hónapokban nem). A mintavevő edények felülete 0,2 m². Ezekon a mintákon összes béta-aktivitáskonzentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végeznek. A gamma-spektrometriai mérésekkel csak a természetes eredetű ⁷Be, ⁴⁰K és ²¹⁰Pb izotópokat tudták kimutatni, a mesterséges eredetű ¹³⁷Cs izotóp aktivitáskonzentrációja két minta kivételével kimutatási határ alatti, 0,12 – 0,32 Bq/(m²·30 nap) alatti volt. A detektált ¹³⁷Cs felületi aktivitások 0,06 és 0,13 Bq/(m²·30 nap) voltak, a mintában lévő cézium legvalószínűbben a talaj felporzásából származott. Az összes béta-aktivitáskonzentráció mérések eredményeit a 3.2.3. táblázat tartalmazza. A fallout minták összes béta-aktivitások mérése proporcionális detektorokkal történik, hasonlóképpen mint az aeroszol minták esetében, amelyek a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok detektálására képesek.

3.2.3. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetében vett fall-out minták összes béta-aktivitása 2015-ben Bq/(m²·30 nap)

Mintavétel hónapja	Balassagyarmat	Ipolytölgyes	Ipolyvece
március	9,6 ± 2,3	10,7 ± 2,2	10,9 ± 2,1
április	13,0 ± 3,0	9,2 ± 2,0	10,6 ± 2,1
május	16,5 ± 3,0	22,1 ± 3,5	16,2 ± 2,8
június	6,3 ± 1,6	11,6 ± 2,4	10,1 ± 2,1
július	9,6 ± 2,0	12,2 ± 2,6	16,3 ± 3,1
augusztus	14,7 ± 2,5	20,1 ± 2,6	18,3 ± 3,0
szeptember	29,3 ± 5,3	46,4 ± 7,5	31,7 ± 5,3
október	10,3 ± 2,0	29,4 ± 4,3	14,9 ± 2,6

3.2.5. A KFKI telephely területén mért eredmények

A KFKI telephely területén a Környezetvédelmi Szolgálat hetente vesz fall-out mintákat a Telephely négy pontján (1.,2., 5., és 6. állomás). A mintavevő-edények felülete 0,2 m². A mintákkal gamma-spektrometriai vizsgálatot végeznek. A mérések során legtöbbször csak természetes eredetű ⁷Be illetve ⁴⁰K izotópokat illetve néhány alkalommal ¹²⁵I, ⁶⁰Co és ¹³⁷Cs izotópokat találtak (3.2.4. táblázat).

3.2.4. táblázat. A KFKI telephelyén végzett fall-out mérések eredményeinek éves összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/(m ² nap)	Minimum mBq/(m ² nap)	Maximum mBq/(m ² nap)	Szórás mBq/(m ² nap)	N	Kha
Be-7	32	10	120	29	70	20
Co-60	-	1,6	3,9	-	4	2
Cs-137	-	1,0	1,3	-	3	2
I-125	-	-	1000	-	1	1
K-40	-	14	1000	-	6	1

Az alkalmazott számítógépes programok illetve kiértékelési algoritmus szerint azokat az eredményeket nem soroljuk az elfogadott adatok közé, amelyeknél ugyan minőségileg azonosítható a keresett komponens, de relatív bizonytalansága (hibája) meghaladja a 30%-ot. Csak a kimutatási határ feletti eredményeket adó mérések számát közöljük. A ¹²⁵I radioizotóp eredetéről a 2.2.4. fejezetben már szóltunk.

4. Talaj

A talajban található radionuklidok aktivitáskoncentrációit országosan az Egészségügyi Ágazat ERMAH, illetve az Földművelésügyi Ágazat Nemzeti Élelmiszer-lánc Biztonsági Hivatal (NÉBIH) laboratóriumai mérik.

A talajmintákat az előkészítés során tisztítják (eltávolítják a köveket, gyökér-, növénymaradványokat), szárítják, homogenizálják. A mérések az összes béta-aktivitás, a gamma-sugárzó radionuklidok és a ^{90}Sr meghatározását jelentik. A ^{90}Sr aktivitáskoncentráció meghatározásához a mintán radiokémiai előkészítést, elválasztást kell végezni. Az ERMAH laboratóriumai a talaj minták összes béta-aktivitás mérését szcintillációs, valamint alacsony háttérű alfa/béta detektorokkal végzik, amelyek a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok detektálására képesek.

4.1. Országos adatok

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában mezőgazdaságilag művelt talaj (lucerna, sóska) és bolygatatlan talaj (erdei és legelői talaj) vizsgálata szerepelt. A talajminták felső 5 cm-es szelete minden esetben elemzésre került (bolygatatlan talajnál az 5-20 cm rész is). A talajminták γ -spektrometriás vizsgálata szárítás után 450 cm³ térfogatú Marinelli edényben, 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározás 1 g talajból történik szűrővizsgálatként. A felső 5 cm-es szeletből kémiai elválasztás után a ^{90}Sr aktivitáskoncentráció is meghatározásra kerül. Ezeket a vizsgálatokat lehetőség szerint, minden mintából elvégzik. 2015-ben a 19 megye és Budapest területéről 303 talajminta vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai. Jellemző kimutatási határok; ^{137}Cs : 0,3 - 0,5 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,1 - 0,6 Bq/kg.

Az ERMAH laboratóriumok az ország 19 megyéjében és a fővárosban, negyedévente vesznek talajmintát a talaj felső 10 cm vastagságú rétegéből. Az EüÁ ERMAH, HAKSER és egyéb mérési programjai keretében 2015-ben összesen 233 talajminta vizsgálatát végezték el. A mintákon gamma-spektrometriai méréseket végeznek. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a 110 °C-on szárított mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm³ térfogaton) végzik 20 000 s mérési idővel. A ^{137}Cs aktivitáskoncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,3-1,5 Bq/kg.

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

A csernobili kihullásból és a légköri atomfegyver kísérletekből származó ^{137}Cs izotóp aktivitáskoncentrációja még mindig jól mérhető, megyénkénti átlagai a 2014. évihez hasonlóak voltak, értéktartománya 2-24 Bq/kg volt, az egyedi eredmények maximuma a 110 Bq/kg volt, ez kissé magasabb a tavalyinál. A ^{90}Sr izotóp koncentrációinak értékei ennél kisebbek, 0,28-5,9 Bq/kg közöttiek voltak. Az összes béta-aktivitáskoncentrációk nagyobbak (250-1100 Bq/kg), azonban ez az aktivitás túlnyomórészt a természetes ^{40}K izotóptól származik.

A talaj ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 9,3 Bq/kg, a ^{90}Sr -é ennél kisebb, 1,4 Bq/kg, a döntően természetes eredetű összes béta-aktivitása pedig 610 Bq/kg volt 2015-ben. (Ezek az eredmények nem térnek el lényegesen, a 2014. éviéktől).

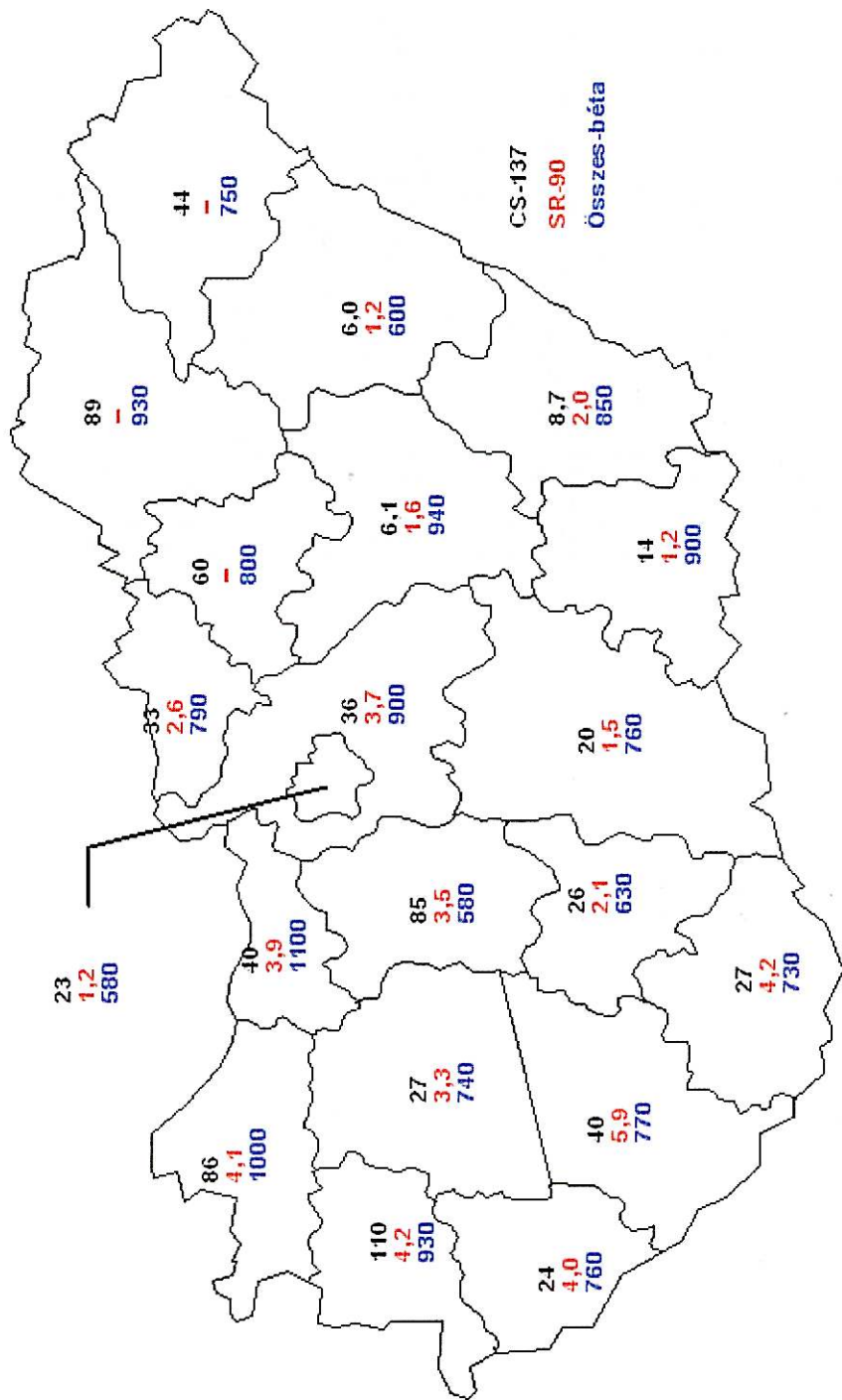
Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], az FmÁ NÉBIH mérési eredményeinek részletes értékelését pedig annak éves jelentéseiben találhatjuk meg.

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
CS-137	BA	8,5	1,9	27	7,4	24	3
CS-137	BE	-	1,3	8,7	-	7	0
CS-137	BK	2,3	0,94	20	3,5	51	34
CS-137	BP	-	3,5	23	-	6	0
CS-137	BZ	15	2,6	89	26	19	0
CS-137	CS	5,3	1,5	14	3,6	17	0
CS-137	FE	15	2,8	85	20	22	3
CS-137	GY	24	5,6	86	16	51	0
CS-137	HA	3,7	0,38	6,0	1,6	11	0
CS-137	HE	16	6,5	60	14	15	0
CS-137	JA	-	1,8	6,1	-	9	0
CS-137	KO	9,0	1,5	40	8,9	24	0
CS-137	NO	11	3,2	33	6,8	18	0
CS-137	PE	10	2,7	36	6,8	31	0
CS-137	SO	12	0,66	40	11	19	0
CS-137	SZ	6,4	0,54	44	9,6	18	0
CS-137	TO	2,6	1,6	26	4,0	110	89
CS-137	VA	19	1,6	110	26	20	0
CS-137	VE	6,7	1,4	27	5,7	19	0
CS-137	ZA	12	5,0	24	5,3	20	0
SR-90	BA	1,5	0,50	4,2	1,1	15	3
SR-90	BE	-	1,2	2,0	-	3	0
SR-90	BK	-	1,3	1,5	-	6	3
SR-90	BP	-	1,0	1,2	-	2	0
SR-90	CS	-	0,90	1,2	-	8	5
SR-90	FE	1,2	0,38	3,5	0,92	12	0
SR-90	GY	-	0,90	4,1	-	11	2
SR-90	HA	-	0,50	1,2	-	7	1
SR-90	JA	-	0,40	1,6	-	5	1
SR-90	KO	-	0,90	3,9	-	11	4
SR-90	NO	-	0,28	2,6	-	9	0
SR-90	PE	1,6	0,84	3,7	0,81	18	0
SR-90	SO	-	0,42	5,9	-	10	2
SR-90	TO	1,1	0,43	2,1	0,41	15	0
SR-90	VA	-	0,81	4,2	-	11	2
SR-90	VE	1,5	0,69	3,3	0,79	11	1
SR-90	ZA	1,6	0,62	4,0	0,94	11	0

4.1.1. táblázat. (folytatás)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Összes-béta	BA	650	560	730	54	20	0
Összes-béta	BE	-	780	850	-	3	0
Összes-béta	BK	560	300	760	160	14	0
Összes-béta	BP	-	300	580	-	6	0
Összes-béta	BZ	750	580	930	110	14	0
Összes-béta	CS	480	250	900	250	15	0
Összes-béta	FE	470	340	580	70	18	0
Összes-béta	GY	690	430	1000	180	16	0
Összes-béta	HA	-	320	600	-	7	0
Összes-béta	HE	710	570	800	78	12	0
Összes-béta	JA	-	580	940	-	5	0
Összes-béta	KO	580	350	1100	180	20	0
Összes-béta	NO	570	410	790	120	15	0
Összes-béta	PE	690	490	900	100	28	0
Összes-béta	SO	570	390	770	140	15	0
Összes-béta	SZ	600	410	750	94	13	0
Összes-béta	TO	460	330	630	86	17	0
Összes-béta	VA	770	500	930	120	16	0
Összes-béta	VE	610	420	740	100	16	0
Összes-béta	ZA	630	460	760	100	16	0
Cs-137	Összesen	9,3	0,38	110	-	511	129
Sr-90	Összesen	1,4	0,28	5,9	-	165	24
Összes-béta	Összesen	610	250	1100	-	286	0



4.1.1. ábra. Talaj mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása 2015-ben (EüÁ és FmÁ, Bq/kg, "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény)

4.2. Létesítmények környezetében mért adatok

4.2.1. A RHFT környezetének mérési eredményei

4.2.1.1. A püspökszilágyi RHFT telephelyi mérési eredményei

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

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

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

Az RHFT telephelyén a talajban mért aktivitáskoncentrációk mérési eredményeit a 4.2.1. ábrán mutatjuk be.

4.2.1. táblázat. Az RHFT környezetében vett talajminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	7,2	0,63	14	4,5	19	0
K-40	410	330	510	47	19	0
Ra-226	53	30	74	14	17	0
Sr-90	-	0,15	0,69	-	6	1
Összes-béta	550	410	760	76	20	0

4.2.2. Az NRHT környezetének mérési eredményei

4.2.2.1. A bátaapáti NRHT telephelyi mérési eredményei

A talajmintákat a környezeti monitoring állomások mellől éves gyakorisággal veszik. A talaj vizsgálata az 5 mintavételi ponton 0-5 cm-es mélységre terjed ki.

A mintákat 105 °C-on szárítják, majd őrlőmalomban homogenizálják. A kis – 3 mm alatti – szemcseméretű frakciót vizsgálják. Összes-béta méréshez 1 g feldolgozott mintát használnak fel, a mérés jellemző kimutatási határa 20 Bq/kg (száraz talajra). A gamma-spektrometriai vizsgálatot 1000 g tömegű mintán végzik. Jellemző kimutatási határ: 0,4 Bq/kg (a ¹³⁷Cs izotópra).

Az NRHT telephelyén a talajban mért aktivitáskoncentrációk mérési eredményeit a 4.2.2. táblázatban mutatjuk be.

4.2.2. táblázat. Az NRHT környezetében vett talajminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	-	0,62	2,4	-	5	0
K-40	-	-	-	-	5	5
Ra-226	-	7,3	34	-	5	3
Sr-90	-	0,29	0,58	-	3	1
Összes-béta	-	440	650	-	5	0

4.2.1.2. A NÉBIH mérési eredményei

Püspökszilágy és Bátaapáti térségében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek méréseket, melyek eredményeit a 4.2.3. táblázatban mutatjuk be.

A talajminták γ -spektrometriás vizsgálata szárítás után 450 cm³ térfogatú Marinelli edényben, 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározás 1 g talajból történik szűrővizsgálatként. A felső 5 cm-es szeletből kémiai elválasztás után a ⁹⁰Sr aktivitáskoncentráció is meghatározásra kerül.

4.2.3.táblázat. Az RHFT létesítményeinek környezetéből származó talajminták aktivitáskoncentrációja 2015-ben (Bq/kg)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Kisnémedi	Cs-137	-	5,1	9,2	-	3	0
Kisnémedi	K-40	-	490	520	-	3	0
Kisnémedi	Sr-90	-	1,3	1,4	-	2	0
Kisnémedi	Össz-béta	-	730	760	-	3	0
Püspökszilágy	Cs-137	-	5,4	9,7	-	4	0
Püspökszilágy	K-40	-	460	660	-	4	0
Püspökszilágy	SR-90	-	0,88	1,3	-	3	0
Püspökszilágy	Össz-béta	-	650	850	-	4	0

4.2.3. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett talajminták mérési eredményei (OSSKI és NÉBIH)

4.2.3.1. Az OSSKI mérési eredményei

Az OSSKI három határ menti település (Balassagyarmat, Esztergom, Komárom) talaját mintázza félévente. A mintákon összes béta-aktivitáskoncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a 110 °C-on szárított mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm³ térfogaton) végzik 20 000 s mérési idővel. Az összes béta-aktivitást kb. 1 g talajból határozzák meg alacsony háttérű alfa/béta mérőműszerrel, amelybe proporcionális detektorok vannak beépítve. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok érzékelésére képesek. A mérési eredményeket a 4.2.4. táblázat tartalmazza.

4.2.4. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó talajminták ¹³⁷Cs koncentrációja és összes béta-aktivitáskoncentrációja 2015-ben (Bq/kg)

	¹³⁷ Cs koncentráció		Összes béta-aktivitáskonc.	
	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév
Balassagyarmat	7,5 ± 0,2	16,6 ± 0,5	599 ± 48	573 ± 46
Esztergom	12,1 ± 0,4	10,9 ± 0,3	711 ± 50	605 ± 48
Komárom	7,2 ± 0,2	40,4 ± 1,2	557 ± 45	765 ± 54

A talajmintákban mérhető összes béta-aktivitás első sorban a talaj 1-2%-át kitevő, természetes eredetű ^{40}K izotóptól származik. A kálium eloszlása a talajban közel (kis területen belül) egyenletesnek tekinthető, ezért nem mutat nagy eltérést a mért aktivitáskoncentrációjának értéke. Ezzel szemben a mesterséges eredetű, kihullásból származó ^{137}Cs aktivitáskoncentrációja kis területen belül is nagy inhomogenitást mutathat geofizikai, kémiai okokból. Ez látható a következő táblázatokból is, amelyek a mohi atomerőmű hazai környezetében végzett mintavételi program keretében egy adott területről, 2012. és 2014. között vett talajminták eredményeit mutatják be.

4.2.5. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó talajminták ^{137}Cs aktivitáskoncentrációja (Bq/kg)

^{137}Cs koncentráció	2012.		2013.		2014.	
	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév
Balassagyarmat	7,40 ± 0,3	4,30 ± 0,1	10,2 ± 0,3	17,9 ± 0,7	26,9 ± 0,8	18,7 ± 0,6
Esztergom	11,7 ± 0,3	10,2 ± 0,2	4,94 ± 0,1	11,2 ± 0,6	24,2 ± 0,7	9,9 ± 0,3
Komárom	27,5 ± 2	3,65 ± 0,2	4,95 ± 0,1	51,0 ± 1,5	23,7 ± 0,7	20,5 ± 0,6

4.2.6. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó talajminták összes béta-aktivitáskoncentrációja (Bq/kg)

Összes béta-aktivitáskoncentráció	2012.		2013.		2014.	
	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév
Balassagyarmat	639 ± 40	519 ± 40	579 ± 46	576 ± 46	678 ± 54	647 ± 52
Esztergom	696 ± 50	748 ± 40	525 ± 42	598 ± 48	552 ± 44	579 ± 46
Komárom	576 ± 50	529 ± 50	551 ± 44	644 ± 52	539 ± 48	614 ± 49

4.2.3.2. A NÉBIH mérési eredményei

A Mohi erőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek méréseket, amelyeket a 4.2.7. táblázatban mutatunk be.

A talajminták γ -spektrometriás vizsgálata szárítás után 450 cm³ térfogatú Marinelli edényben, 80 000 s mérési idővel, az összes-béta aktivitáskoncentráció meghatározás 1 g talajból történik szűrővizsgálatként. A felső 5 cm-es szeletből kémiai elválasztás után a ^{90}Sr aktivitáskoncentráció is meghatározásra kerül.

4.2.7. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó talajminták aktivitáskoncentrációja 2015-ben (Bq/kg)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Cs-137	8,4	1,5	21	5,6	20	0
K-40	430	260	560	94	20	0
Sr-90	1,5	0,28	3,6	0,88	12	2
Össz-béta	610	430	770	110	17	0

5. Növényzet

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

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

5.1. Takarmány

A takarmány gyűjtőnév a legelőkről származó fűvet, a takarmányozási céllal termesztett növényeket, valamint az egyes adalékokat foglalja magában.

5.1.1. Országos adatok

A NÉBIH takarmány mintavételi programja kiterjed a takarmány alapanyagokra, keverékekre és premixekre. A γ -spektrum analízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), takarmánykeverékek, premixek esetén szárazanyagból 450 cm³-e Marinelli edényben 80 000 s mérési idővel, az összes- β és összes-alfa aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1-2 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként. A takarmány alapanyagokból és a nyers tejjel együtt vett takarmányból kémiai elválasztás után a ⁹⁰Sr aktivitáskoncentrációt is meghatározzák. 2015-ben a 19 megye és Budapest területéről 535 takarmányminta vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai. Jellemző kimutatási határok; ¹³⁷Cs: 0,03 - 2,3 Bq/kg; ⁹⁰Sr: 0,05 - 6 Bq/kg.

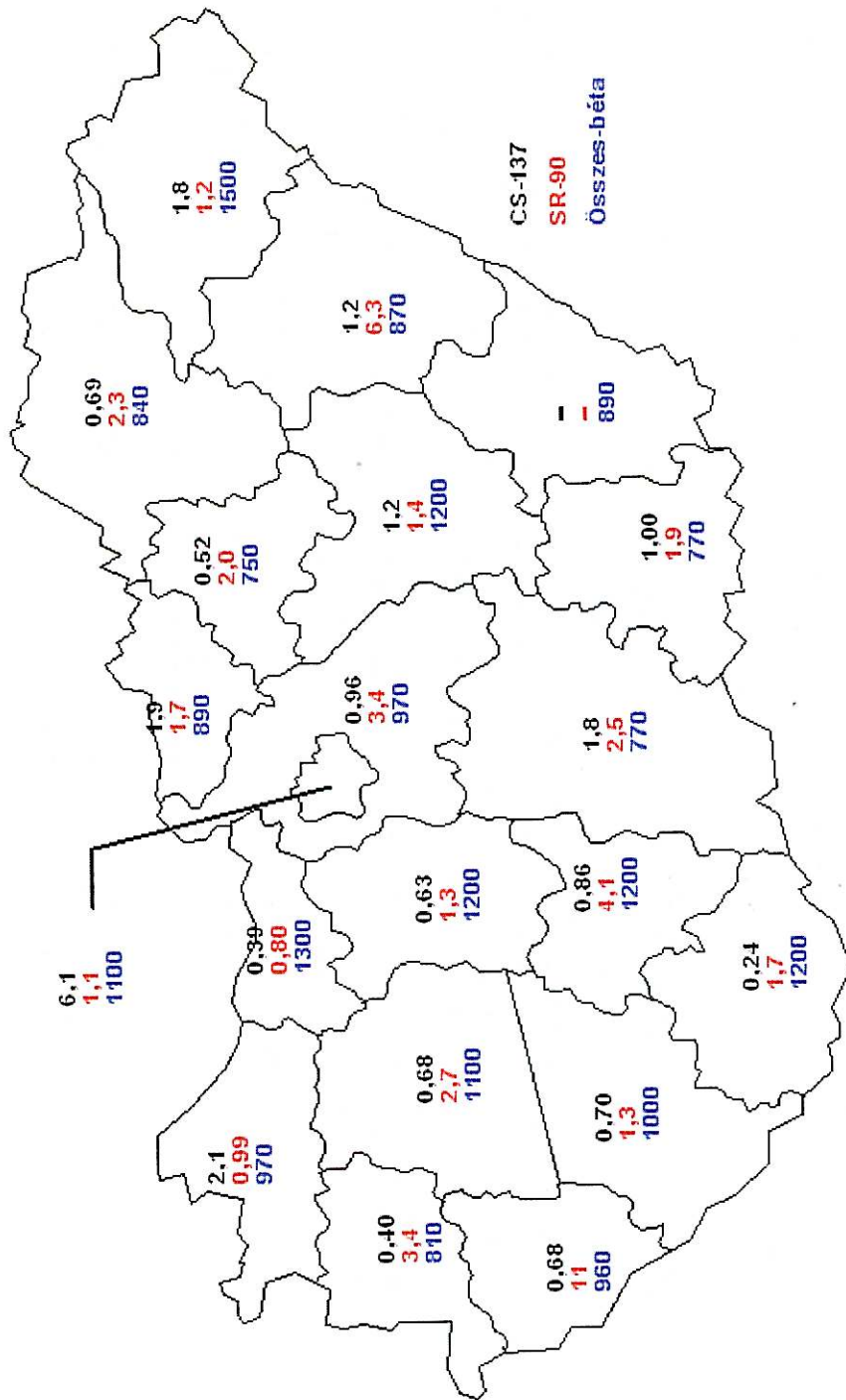
Az ERMAH laboratóriumok negyedévente, megyénként vesznek fű, illetve szénamintát. Az EüÁ ERMAH, HAKSER és egyéb programjai keretében 2015-ben összesen 107 minta vizsgálatát végezték el. A mintaelőkészítés szárítást, a száraz tömeg mérését, majd hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározását pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Az aktivitáskoncentrációt minden esetben száraz tömegre vonatkoztatják. Az összes béta-aktivitás méréseket ugyanazon mérőköszülékkel mérik, mint a talajmintákat. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek. A ¹³⁷Cs aktivitáskoncentráció mérések jellemző kimutatási határa: 0,3-1,5 Bq/kg, az összes béta-aktivitáskoncentrációk minden esetben kimutatási határ felett voltak.

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

A talajban és a takarmánynövényekben mért aktivitáskoncentrációkat (4.1.1. és 5.1.1. táblázatok) összehasonlítva ki kell emelni, hogy amíg a talaj esetében a két mesterséges eredetű radionukliból a ¹³⁷Cs magasabb koncentrációjú, mint az ⁹⁰Sr, addig a takarmánymintáknál ez éppen fordított. Ennek két lehetséges oka van, egyrészt a ⁹⁰Sr a legtöbb talajban mobilisabb, a növények számára könnyebben elérhető formában van jelen,

másrészt a növények nagyobb mértékben igénylik a kalciumot, amelyet a stroncium képes helyettesíteni. (A két hatás együtt az ún. talaj-növény átviteli tényezővel jellemezhető, amelynek szokásos irodalmi értéke ^{90}Sr -ra 10, ^{137}Cs -ra pedig 1 körüli.) Megjegyezzük még, hogy ez a megfigyelés jól egybevághat a 2014-ben tapasztaltakkal.

A takarmánynövények ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,41 Bq/kg, a ^{90}Sr -é magasabb, 0,77 Bq/kg, a döntően természetes eredetű összes béta-aktivitásé pedig 380 Bq/kg volt 2015-ben.



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

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

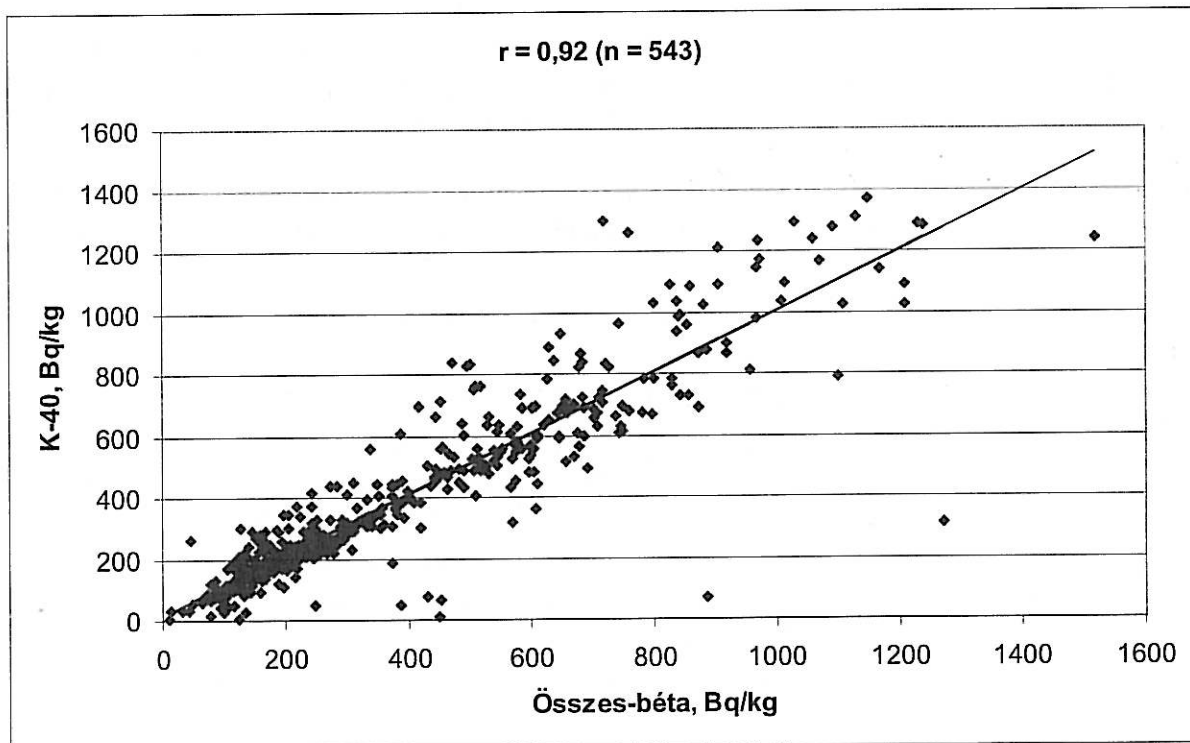
Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	0,082	0,24	-	30	27
Cs-137	BE	-	-	-	-	13	13
Cs-137	BK	-	0,15	1,8	-	42	35
Cs-137	BP	1,1	0,11	6,1	0,76	57	41
Cs-137	BZ	-	0,15	0,69	-	24	21
Cs-137	CS	-	0,50	1,0	-	28	24
Cs-137	FE	-	0,077	0,63	-	27	19
Cs-137	GY	0,48	0,070	2,1	0,43	57	17
Cs-137	HA	-	0,12	1,2	-	13	8
Cs-137	HE	-	-	0,52	-	24	23
Cs-137	JA	-	0,031	1,2	-	21	14
Cs-137	KO	-	0,079	0,39	-	32	27
Cs-137	NO	0,35	0,060	1,9	0,37	31	15
Cs-137	PE	0,24	0,043	0,96	0,19	38	25
Cs-137	SO	-	0,060	0,70	-	26	18
Cs-137	SZ	-	0,32	1,8	-	18	10
Cs-137	TO	-	0,13	0,86	-	56	49
Cs-137	VA	0,26	0,051	0,40	0,30	31	13
Cs-137	VE	-	0,14	0,68	-	28	23
Cs-137	ZA	0,22	0,080	0,68	0,13	34	24
Sr-90	BA	0,49	0,19	1,7	0,41	20	1
Sr-90	BE	-	-	-	-	1	1
Sr-90	BK	0,71	0,13	2,5	0,66	35	6
Sr-90	BP	-	0,39	1,2	-	2	0
Sr-90	BZ	0,70	0,20	2,3	0,65	16	3
Sr-90	CS	0,60	0,18	1,9	0,56	18	6
Sr-90	FE	0,63	0,19	1,3	0,33	14	1
Sr-90	GY	-	0,14	0,99	-	24	15
Sr-90	HA	-	0,60	6,3	-	5	2
Sr-90	HE	1,5	0,20	2,0	1,3	16	1
Sr-90	JA	-	0,17	1,4	-	9	7
Sr-90	KO	0,31	0,19	0,80	0,15	23	6
Sr-90	NO	0,71	0,24	1,7	0,41	23	1
Sr-90	PE	0,79	0,13	3,4	0,88	34	1
Sr-90	SO	0,32	0,10	1,3	0,29	20	0
Sr-90	SZ	-	0,20	1,2	-	11	2
Sr-90	TO	1,1	0,12	4,1	0,96	38	1
Sr-90	VA	0,71	0,17	3,4	0,68	21	3
Sr-90	VE	0,93	0,15	2,7	0,70	22	5
Sr-90	ZA	1,6	0,15	11	2,6	26	0
Összes-béta	BA	310	80	1200	260	31	0
Összes-béta	BE	430	150	890	230	13	0
Összes-béta	BK	310	80	770	200	42	0
Összes-béta	BP	-	150	1100	-	7	0
Összes-béta	BZ	390	15	840	280	24	0
Összes-béta	CS	270	45	770	190	28	0

5.1.1. táblázat. (folytatás)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Összes-béta	FE	370	95	1200	310	27	0
Összes-béta	GY	520	120	970	240	58	0
Összes-béta	HA	430	82	870	260	13	0
Összes-béta	HE	350	78	750	210	24	0
Összes-béta	JA	230	66	1200	280	21	0
Összes-béta	KO	400	130	1300	320	32	0
Összes-béta	NO	390	100	890	200	31	0
Összes-béta	PE	340	130	970	210	38	0
Összes-béta	SO	230	34	1000	260	26	0
Összes-béta	SZ	510	120	1500	330	18	0
Összes-béta	TO	470	110	1200	290	56	0
Összes-béta	VA	380	84	810	210	31	0
Összes-béta	VE	410	10	1100	250	28	0
Összes-béta	ZA	260	90	960	220	34	0
Cs-137	Összesen	0,41	0,031	6,1	-	630	446
Sr-90	Összesen	0,77	0,10	11	-	378	62
Összes-béta	Összesen	380	10	1500	-	582	0

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

Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], az FmÁ NÉBIH mérési eredményeinek részletes értékelését pedig annak éves jelentéseiben találhatjuk meg.



5.1.2. ábra. Takarmányminták összes-béta és ⁴⁰K aktivitáskonzentrációi közötti korreláció (EüÁ és FmÁ)

5.1.2. A püspökszilágyi RHFT telephelyén mért adatok

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

A növényminták mérési eredményeit az 5.1.2. táblázatban foglaltuk össze. Megállapítható, hogy a minták aktivitáskoncentrációi nem térnek el lényegesen 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	Kha
Be-7	70	13	200	52	20	3
Cs-137	-	0,40	1,6	-	24	21
K-40	830	140	2300	440	24	0
Sr-90	0,35	0,042	1,4	0,39	12	2
Összes-béta	730	210	1400	310	24	0

5.1.3. A bátaapáti NRHT telephelyén mért adatok

A növényzetet a telephely környezetében 5 ponton évente mintázzák. (A növényzet fogalma minden esetben a pongyola pitypangot (*Taraxacum officinale*) jelenti.) A mintát szárítószekrényben 105 °C-on, 24 órán át szárítják, majd aprítógéppel ~2 mm-es darabokra darálják és homogenizálják, ezt követően 300 °C-on elhamvasztják. Jellemző kimutatási határok: 40 Bq/kg (összes béta-aktivitás); 2,5 Bq/kg (¹³⁷Cs, gamma-spektrometria).

A növényminták mérési eredményeit az 5.1.3. táblázatban foglaltuk össze. Megállapítható, hogy a minták aktivitáskoncentrációi nem térnek el az országos adatoktól (5.1.1. táblázat).

5.1.3. táblázat. Az NRHT környezetében vett növényminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Be-7	-	80	170	-	5	0
Cs-137	-	-	-	-	5	5
K-40	-	-	-	-	5	5
Ra-226	-	-	74	-	5	4
Sr-90	-	0,18	0,33	-	3	0
Összes-béta	-	690	750	-	5	0

5.1.4. A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fűminták mérési eredményei (OSSKI és NÉBIH)

5.1.4.1. az OSSKI mérési eredményei

Az OSSKI három határ menti településen (Balassagyarmat, Esztergom, Komárom) vesz fűmintákat félévente, a talajmintákkal egyidejűleg. Ezeken a mintákon összes béta-aktivitáskoncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez. A minta-előkészítés szárítást, a száraz tömeg mérését, majd hamvasztást jelent. A gamma-spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározását pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik. Az összes béta-aktivitás méréseket az OSSKI az alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel méri, hasonlóképpen mint a talajmintákat. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek. A mérési eredményeket az 5.1.4. táblázat tartalmazza.

5.1.4. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó fűminták ¹³⁷Cs koncentrációja és összes béta-aktivitáskoncentrációja 2015-ben(Bq/kg)

	¹³⁷ Cs koncentráció		Összes béta-aktivitáskonc.	
	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév
Balassagyarmat	0,36 ± 0,1	1,31 ± 0,9	577 ± 23	446 ± 22
Esztergom	< 0,50	<0,51	1132 ± 34	828 ± 331
Komárom	<0,50	<0,33	906 ± 27	1271 ± 51

Megjegyzés a táblázathoz: a gamma-spektrometriai mérések esetében lehetséges az, hogy egy mintára vonatkozó kimutatási határ meghaladja egy másik mintában már detektálható aktivitások szintjét. Ez a gamma-spektrometriai mérés azon sajátosságából adódik, hogy felvett spektrum alakját, vagyis a detektálhatóságot, a mintában levő összes gamma-sugárzó izotóp aktivitása együttesen határozza meg a detektor tulajdonságai mellett.

A talajmintákhoz hasonlóan a növényminták összes béta-aktivitása is legnagyobb részt a bennük lévő ⁴⁰K-től származik. A növények kálium-koncentrációjában gyakran figyelhető meg évszakos különbség a tavaszi és az őszi vegetációs időszakban, azonos helyen gyűjtött minták eredményeit összehasonlítva. Az alábbi táblázat az OSSKI telephelyén vett fűminták összes béta, ¹³⁷Cs és ⁴⁰K aktivitáskoncentrációit mutatja a 2013-2015. közötti időszakban.

5.1.5. táblázat. Az OSSKI telephelyéről származó fűminták összes béta, ¹³⁷Cs és ⁴⁰K aktivitáskoncentrációja (Bq/kg)

	2013.		2014.		2015.	
	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév
Összesbéta	708 ± 28	819 ± 33	521 ± 21	743 ± 22	1101 ± 66	670 ± 27
Cs-137	1,05 ± 0,1	<1,1	<1,22	<1,33	6,1 ± 0,2	0,4 ± 0,04
K-40	961 ± 29	889 ± 27	588 ± 4	937 ± 28	790 ± 24	530 ± 16

Az összes béta-aktivitás évszakos változását figyelhetjük meg a következő táblázatban, amely a MOHI mintavételi és mérési program keretében 2012-2014. között vett fűminták összes béta-aktivitáskoncentrációit mutatja be.

5.1.6. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó növényminták összes béta-aktivitáskoncentrációja (Bq/kg)

Összes béta-aktivitáskoncentráció	2012.		2013.		2014.	
	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév
Balassagyarmat	850 ± 40	330 ± 20	632 ± 19	376 ± 27	630 ± 19	570 ± 23
Esztergom	1141 ± 30	319 ± 20	770 ± 23	548 ± 22	585 ± 18	820 ± 33
Komárom	367 ± 40	642 ± 20	1171 ± 35	892 ± 20	915 ± 27	663 ± 27

5.1.4.2. A NÉBIH mérési eredményei

A mohi erőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek méréseket, ennek eredményeit mutatjuk be az 5.1.7. táblázatban.

A fű minták γ -spektrum analízisét a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g) 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1-2 g-jából végzik a laboratóriumok. Kémiai elválasztás után a ⁹⁰Sr aktivitáskoncentrációt is meghatározzák.

5.1.7. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó fűminták aktivitáskoncentrációja 2015-ben (Bq/kg)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Cs-137	-	0,064	0,65	-	18	10
K-40	450	120	1100	270	18	0
Sr-90	1,2	0,13	3,4	1,1	18	0
Össz-alfa	17	1,9	61	16	18	1
Össz-béta	460	130	970	250	18	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

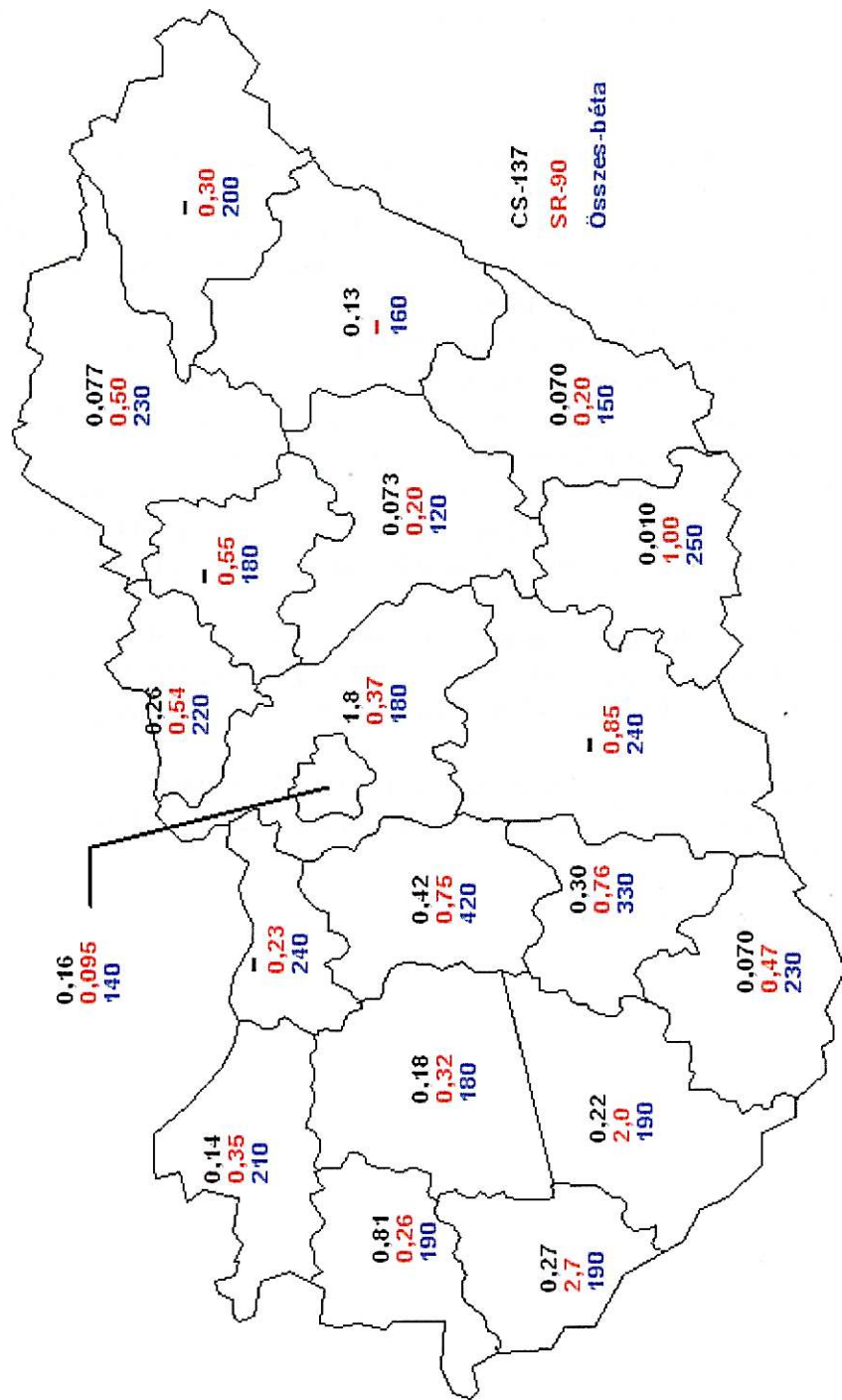
Az FmÁ NÉBIH mérési programja a teljes országot lefedi nuklidszelektív mérési eredményeket szolgáltatva. Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában zöldségfélék, gyümölcsök illetve szabadban termő gombák is szerepelnek. A γ -spektrum analízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként. Szintén ebből a hamuból történik az összes- α szűrővizsgálat. (ezek a jelentésben nem szerepelnek). Leveles zöldségfélékből, vadon termő

ehető gombákból illetve a gyökérszöldségekből kémiai elválasztás után a ^{90}Sr aktivitáskonzentrációt is meghatározzák. 2015-ben a 19 megye és Budapest területéről 417 nyers növényi élelmiszer minta vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai. Jellemző kimutatási határok; ^{137}Cs : 0,01 - 0,89 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,03 - 0,12 Bq/kg. 2007. évtől a vizsgálati programban szerepel az EU más tagországaiból vagy harmadik országból származó zöldségek, gyümölcsök, fűszerek, szárított gombák, aszalt gyümölcsök ^{137}Cs szűrő vizsgálata. A minták mérése eredeti anyagból, 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik, 2015-ben 558 ilyen típusú mintát vettek (ezen utóbbi adatok – az eltérő érzékenységu mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja decentrum régióként és negyedévenként 2-2 zöldségfajtát, valamint az első és negyedik negyedévben 1-1, a második és harmadik negyedévben 2-2 gyümölcsfajtát tartalmaz. Az EüÁ ERMAH, HAKSER és egyéb mérési programjai keretében 2015-ben összesen 106 zöldség és gyümölcs minta vizsgálatát végezték el. A minta-előkészítés tisztítást, a tömeg mérését, szárítást, majd hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összes béta-aktivitáskonzentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Az aktivitáskonzentrációt nyers tömegre vonatkoztatják. Az ERMAH laboratóriumai a zöldségek, gyümölcsök összes béta-aktivitását a korábban említett szcintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére alkalmasak. A ^{137}Cs aktivitáskonzentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,3 Bq/kg.

A növényi eredetű, nyers élelmiszer mintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit az 5.2.1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy a ^{137}Cs aktivitáskonzentrációk nagyrészt kimutatási határ alattiak (kivéve a vadon termő gombákat).

A nyers növényi élelmiszerek ^{137}Cs aktivitáskonzentrációinak országos, éves átlaga 0,08 Bq/kg, a ^{90}Sr nuklidé pedig 0,29 Bq/kg, a döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig 90 Bq/kg volt 2015-ben.



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

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	0,026	0,070 (* 0,59)	-	18	16
Cs-137	BE	-	-	0,070	-	22	21
Cs-137	BK	-	-	- (* 0,59)	-	22	22
Cs-137	BP	-	0,025	0,16 (* 1,3)	-	20	16
Cs-137	BZ	-	0,052	0,077	-	36	32
Cs-137	CS	-	-	0,010 (*1,7)	-	33	32
Cs-137	FE	-	0,024	0,42	-	21	14
Cs-137	GY	-	0,021	0,14 (* 1,3)	-	41	32
Cs-137	HA	0,10	0,044	0,13	0,055	40	22
Cs-137	HE	-	-	- (* 0,30)	-	21	21
Cs-137	JA	-	0,030	0,073	-	22	20
Cs-137	KO	-	-	- (* 2,6)	-	24	24
Cs-137	NO	0,071	0,011	0,26 (* 0,81)	0,053	29	18
Cs-137	PE	-	0,036	1,8	-	11	5
Cs-137	SO	-	0,020	0,22	-	24	19
Cs-137	SZ	-	-	- (* 0,24)	-	16	16
Cs-137	TO	-	0,025	0,30	-	44	40
Cs-137	VA	-	0,039	0,81 (* 5,5)	-	24	16
Cs-137	VE	-	0,050	0,18 (* 2,2)	-	24	21
Cs-137	ZA	-	0,050	0,27	-	18	14
Sr-90	BA	-	0,081	0,47	-	7	1
Sr-90	BE	-	-	0,20	-	5	4
Sr-90	BK	-	0,13	0,85	-	8	0
Sr-90	BP	-	0,059	0,095	-	3	0
Sr-90	BZ	-	0,20	0,50	-	5	0
Sr-90	CS	-	0,090	1,0	-	5	3
Sr-90	FE	-	0,11	0,75	-	9	2
Sr-90	GY	-	0,14	0,35	-	7	1
Sr-90	HE	-	0,15	0,55	-	6	0
Sr-90	JA	-	-	0,20	-	2	1
Sr-90	KO	-	0,22	0,23	-	3	0
Sr-90	NO	0,20	0,062	0,54	0,19	12	1
Sr-90	PE	-	0,049	0,37 (* 2,8)	-	7	0
Sr-90	SO	-	0,070	2,0	-	6	0
Sr-90	SZ	-	0,20	0,30	-	3	0
Sr-90	TO	0,28	0,031	0,76	0,22	10	0
Sr-90	VA	-	0,11	0,26	-	7	1
Sr-90	VE	-	0,090	0,32	-	7	1
Sr-90	ZA	-	0,14	2,7	-	5	0
Össz-béta	BA	100	27	230	57	17	0
Össz-béta	BE	74	20	150	38	22	0
Össz-béta	BK	93	22	240	53	22	0
Össz-béta	BP	82	32	140	36	20	0
Össz-béta	BZ	90	31	230	48	36	0
Össz-béta	CS	98	29	250	54	33	0

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

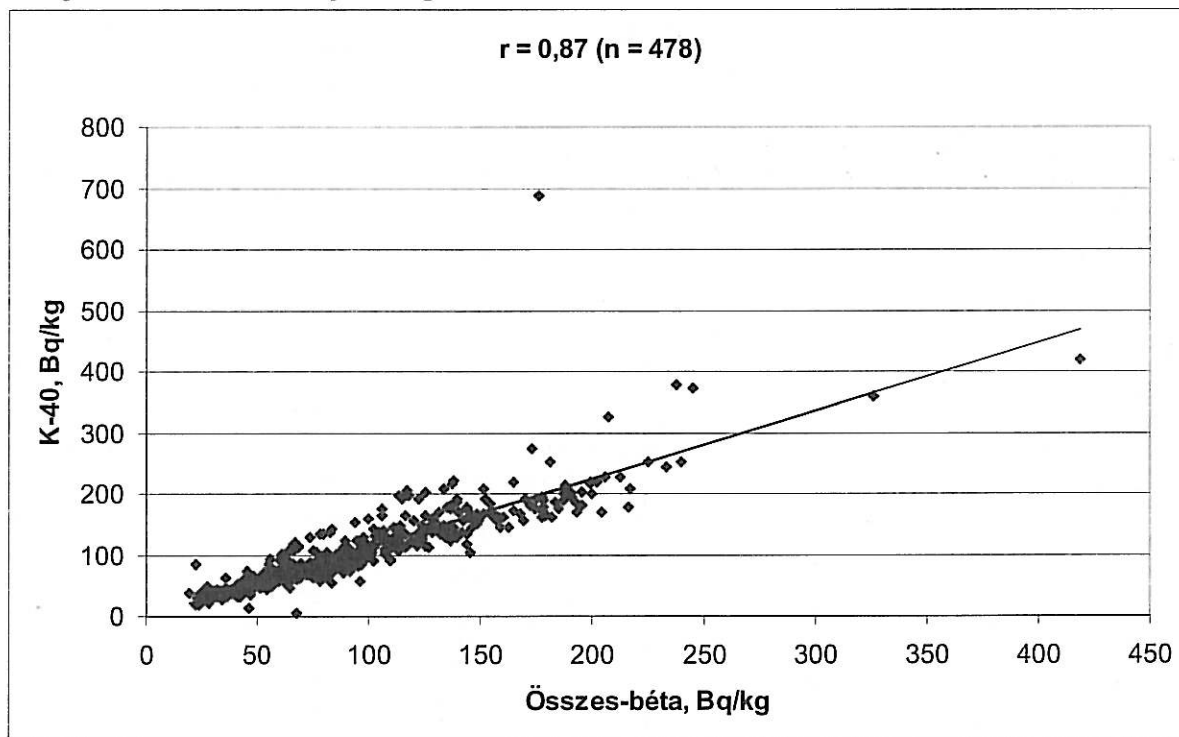
5.2.1. táblázat. (folytatás)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Össz-béta	FE	120	28	420	83	21	0
Össz-béta	GY	79	28	210	45	42	0
Össz-béta	HA	72	23	160	36	40	0
Össz-béta	HE	96	40	180	45	21	0
Össz-béta	JA	66	26	120	26	22	0
Össz-béta	KO	95	29	240	60	24	1
Össz-béta	NO	110	42	220	52	30	0
Össz-béta	PE	110	36	180	50	11	0
Össz-béta	SO	87	27	190	46	24	0
Össz-béta	SZ	96	45	200	47	16	0
Össz-béta	TO	98	30	330 (* 1900)	60	44	0
Össz-béta	VA	95	38	190	48	23	0
Össz-béta	VE	92	28	180	43	24	0
Össz-béta	ZA	83	29	190	46	18	0
Cs-137	Összesen	0,080	0,010	1,8 (* 5,5)	-	510	421
Sr-90	Összesen	0,29	0,031	2,7 (* 2,8)	-	117	15
Összes-béta		90	20	420 (* 1900)	-	510	1

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

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

Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], az FmÁ NÉBIH mérési eredményeinek részletes értékelését pedig annak éves jelentéseiben találhatjuk meg.



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

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

5.2.2.1. Az OSSKI mérési eredményei

Az OSSKI három határ menti település (Balassagyarmat, Esztergom, Komárom) piacán vesz zöldség- és gyümölcsmintákat évente egyszer (ősszel). Ezekben a mintákban összes béta-aktivitáskonzentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez. A minta-előkészítés szárítást, a száraz tömeg mérését, majd hamvasztást jelent. A gamma-spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összes béta-aktivitáskonzentráció meghatározását pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik. Az összes béta-aktivitás méréseket az OSSKI az alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel méri. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek. A ¹³⁷Cs koncentrációja minden esetben kimutatási határ (kb. 0,3 Bq/kg) alatt maradt, az összes béta-aktivitáskonzentrációk pedig jellemzően a természetes eredetű ⁴⁰K izotóptól származtak. A mérési eredményeket az 5.2.2. táblázat tartalmazza.

5.2.2. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó zöldség- és gyümölcsminták ⁴⁰K koncentrációja és összes béta-aktivitáskonzentrációja 2015-ben (Bq/kg)

	⁴⁰ K koncentráció		Összes béta-aktivitáskonc.	
	gyümölcs	zöldség	gyümölcs	zöldség
Balassagyarmat	34,8 ± 1	191 ± 6	44,8 ± 1	152 ± 5
Esztergom	34,9 ± 1	164 ± 5	32,6 ± 1	125 ± 4
Komárom	34,4 ± 1	183 ± 5	29,7 ± 1	154 ± 5

5.2.2.2. A NÉBIH mérési eredményei

A Mohi erőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumai is végeznek méréseket, melyek eredményeit az 5.2.3. táblázatban mutatjuk be.

A γ -spektrum analízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskonzentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként. Leveles zöldségféléből, vadon termő ehető gombákból illetve a gyökérzöldségekből kémiai elválasztás után a ⁹⁰Sr aktivitáskonzentrációt is meghatározzák.

5.2.3. táblázat. A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó zöldség- és gyümölcsminták aktivitáskonzentrációja 2015-ben (Bq/kg)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Cs-137	-	0,014	0,34	-	15	11
K-40	110	35	250	58	14	0
Sr-90	-	0,049	0,54	-	7	0
Össz-alfa	-	0,33	5,9	-	15	10
Össz-béta	110	36	240	58	15	0

5.3. Feldolgozott, növényi eredetű élelmiszer

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

5.3.1. Országos adatok

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak monitoring programja ebben az élelmiszercsoportban is lefedi az országot; búza, árpa, kukorica, rozs minták szerepelnek. A γ -spektrum analízist a minta 450°C -on izzított hamujának 50 cm^3 -ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként. Szintén ebből a hamuból történik az összes- α szűrővizsgálat (a jelentésben nem szerepelnek). Kémiai elválasztás után a ^{90}Sr aktivitáskoncentrációt is meghatározzák. Ezeket a vizsgálatokat, lehetőség szerint, minden mintából elvégzik. 2015-ben a 19 megye és Budapest területéről 249 gabonaféle vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai. Jellemző kimutatási határok; ^{137}Cs : 0,02 - 0,9 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,03 - 0,5 Bq/kg.

2007. évtől szerepel az FmÁ NÉBIH vizsgálati programjában a kenyérfélék, péksütemények ^{137}Cs szűrő vizsgálata is. A minták mérése eredeti anyagból, 450 cm^3 térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik, 2015-ben 417 ilyen típusú mintát vettek (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenységgű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja 5 megyére és a fővárosra terjed ki, negyedévente 1 gabonafajta és havonta 1 kenyérféle mintázását tartalmazza. Az EüÁ ERMAH, HAKSER és egyéb mintavételi programjai keretében 2015-ben összesen 102 minta vizsgálatát végezték el. A mintaelőkészítés szárítást, majd hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C -on izzított hamujának legalább 50 cm^3 -ből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Az aktivitáskoncentrációt száraz tömegre vonatkoztatják. Az összes béta-aktivitás mérések ugyanazon mérőműszerrel történik, mint a zöldség és gyümölcs minták esetében. A ^{137}Cs aktivitáskoncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,2 Bq/kg.

A gabonafélékben és termékekben mért aktivitáskoncentrációk éves, országos értékei az alábbi határok közt mozogtak (5.3.1. táblázat): 0,048 - 1,6 Bq/kg (^{137}Cs); 0,061 - 0,65 (^{90}Sr) és 1,6 - 680 Bq/kg (összes-béta). Kiemelendő, hogy ezen mintafajtákban a csernobili eredetű ^{90}Sr és ^{137}Cs az igen kis kimutatási határok ellenére általában – a minták 75-90 %-ában – már nem volt kimutatható.

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

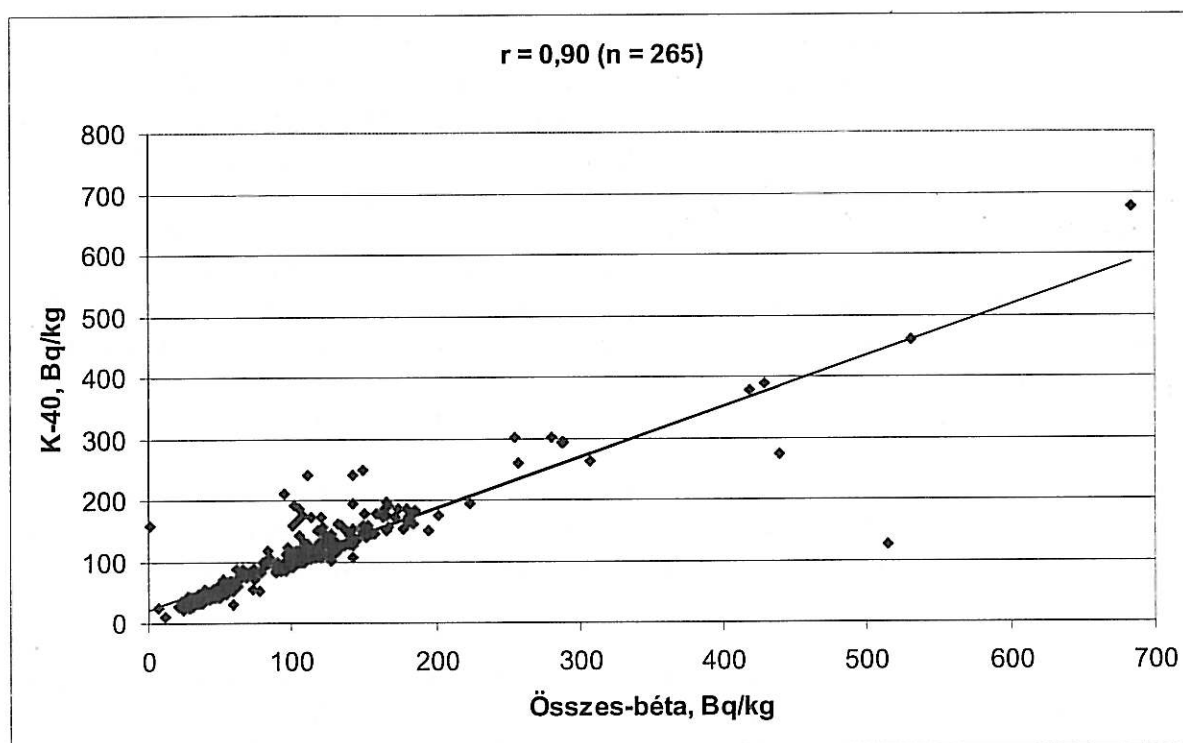
Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	0,10	0,26	-	13	10
Cs-137	BE	-	-	0,37	-	18	17
Cs-137	BK	-	-	-	-	6	6
Cs-137	BP	-	-	-	-	16	16
Cs-137	BZ	-	0,098	0,11	-	15	12
Cs-137	CS	-	-	0,10	-	21	20
Cs-137	FE	-	0,31	0,38	-	19	17
Cs-137	GY	-	0,14	1,6	-	25	20
Cs-137	HA	-	0,080	0,96	-	22	14
Cs-137	HE	-	0,13	0,28	-	10	8
Cs-137	JA	-	0,13	0,24	-	13	11
Cs-137	KO	-	-	-	-	14	14
Cs-137	NO	-	0,12	0,99	-	12	9
Cs-137	PE	-	-	-	-	14	14
Cs-137	SO	-	-	0,050	-	12	11
Cs-137	SZ	-	-	-	-	10	10
Cs-137	TO	-	-	-	-	25	25
Cs-137	VA	-	0,048	0,52	-	15	12
Cs-137	VE	-	-	-	-	13	13
Cs-137	ZA	-	0,20	0,23	-	12	10
Sr-90	BA	-	0,10	0,23	-	6	3
Sr-90	BE	-	-	-	-	9	9
Sr-90	BK	-	-	-	-	4	4
Sr-90	BZ	-	-	-	-	1	1
Sr-90	CS	-	-	-	-	7	7
Sr-90	FE	-	0,076	0,42	-	12	8
Sr-90	GY	-	-	-	-	7	7
Sr-90	HA	-	-	-	-	6	6
Sr-90	HE	-	0,088	0,26	-	4	2
Sr-90	JA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	KO	-	-	-	-	4	4
Sr-90	NO	-	-	0,061	-	5	4
Sr-90	PE	-	-	-	-	2	2
Sr-90	SO	-	0,10	0,24	-	6	0
Sr-90	TO	-	0,075	0,65	-	10	6
Sr-90	VA	-	0,10	0,22	-	9	4
Sr-90	VE	-	0,15	0,15	-	4	2
Sr-90	ZA	-	0,14	0,61	-	5	3
Össz-béta	BA	120	62	180	44	11	0
Össz-béta	BE	110	30	190	35	16	0
Össz-béta	BK	-	73	150	-	6	0
Össz-béta	BP	49	21	110	19	16	0
Össz-béta	BZ	52	24	100	19	12	0
Össz-béta	CS	82	1,6	180	48	27	0
Össz-béta	FE	170	7,1	680	180	17	0
Össz-béta	GY	68	17	160	43	31	0

5.3.1. táblázat. (folytatás)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Össz-béta	HA	72	28	260	51	28	0
Össz-béta	HE	110	28	180	55	10	0
Össz-béta	JA	97	25	170	41	11	0
Össz-béta	KO	100	31	180	53	11	0
Össz-béta	NO	98	32	170	42	10	0
Össz-béta	PE	100	12	290	96	11	0
Össz-béta	SO	94	28	150	36	12	0
Össz-béta	SZ	-	36	310	-	8	0
Össz-béta	TO	110	20	530	120	33	0
Össz-béta	VA	100	25	170	42	14	0
Össz-béta	VE	140	45	170	110	11	1
Össz-béta	ZA	94	28	170	46	11	0
Cs-137	Összesen	0,16	0,048	1,6	-	305	269
Sr-90	Összesen	0,12	0,061	0,65	-	103	74
Összes-béta	Összesen	97	1,6	680	-	306	1

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

Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], az FmÁ NÉBIH mérési eredményeinek részletes értékelését pedig annak éves jelentéseiben találhatjuk meg.



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

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, tejpör) tartoznak. A tej- és tejtermékminták aktivitáskoncentrációit az irodalomban leggyakrabban az ún. nyers tömegre vonatkoztatják. A továbbiakban az eredményeket ilyen egységben adjuk meg.

6.1.1. Országos adatok

Az FmÁ NÉBIH mérési programja a teljes országot lefedi nuklidszelektív mérési eredményeket szolgáltatva. Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában tej, sajt illetve tejpör minták szerepelnek. A tej mintavétel havonta, tejgazdaságból vagy kistermelőtől, a takarmány mintavétellel együtt történik. A γ -spektrum analízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes- β aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként (a jelentésben nem szerepelnek). Szintén ebből a hamuból történik az összes- α aktivitás mérése, illetve a ⁹⁰Sr radiokémiai elválasztása. Ezeket a vizsgálatokat minden mintából elvégzik. 2015-ben a 19 megye és Budapest területéről 405 tej- és tejtermékminta vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai. Jellemző kimutatási határok: ¹³⁷Cs: 0,01 - 1,5 Bq/kg; ⁹⁰Sr: 0,018 - 0,6 Bq/kg.

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 megyében és a fővárosban havonta 1-1 tejminta, továbbá negyedévente 1-1 sajt, túró és tejporminta vételére terjed ki. Az EüÁ ERMAH, HAKSER és egyéb mintavételi programjainak keretében 2015-ben összesen 234 minta vizsgálatát végezték el. A mintaelőkészítés hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-ből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok, illetve a ⁹⁰Sr méréséhez ebből kiindulva végeznek radiokémiai elválasztást. Az ERMAH laboratóriumai a tej és tejtermékek összes béta-aktivitását a korábban említett szcintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére alkalmasak. A ¹³⁷Cs aktivitáskoncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,25 Bq/kg.

Megjegyezzük, hogy különösen a tej és tejtermékek – de bizonyos mértékben a többi feldolgozott élelmiszer, pl. hús és hústermékek esetében is – az eredmények adott megyénél történő feltüntetése nem feltétlenül jellemzi a minta származási helyét, gyakran csak a mintavétel helyszínét.

A tej- és tejtermékmintákra vonatkozó mérési eredmények jellemzőit a 6.1.1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy míg a ¹³⁷Cs és ⁹⁰Sr aktivitáskoncentrációk nagyobb részt kimutatási határ alattiak. (Megjegyezzük, hogy a magasabb koncentrációk - a gyakran nem is hazai előállítású - tejporból származnak, amely mintegy tizedrészére hígul a felhasználás során.)

A tej- és tejtermékek ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,23 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé is hasonló, 0,19 Bq/kg; a döntően természetes eredetű összes béta-aktivitása pedig 110 Bq/kg volt 2015-ben.

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	0,016	4,2	-	19	15
Cs-137	BE	-	0,080	0,94	-	20	14
Cs-137	BK	-	-	0,56	-	32	31
Cs-137	BP	-	0,019	5,1	-	16	9
Cs-137	BZ	-	0,043	1,8	-	31	23
Cs-137	CS	-	0,13	1,6	-	27	23
Cs-137	FE	-	0,24	0,92	-	16	12
Cs-137	GY	0,13	0,014	0,46	0,12	37	24
Cs-137	HA	0,21	0,041	3,0	0,47	39	15
Cs-137	HE	-	-	15	-	18	17
Cs-137	JA	-	0,23	1,3	-	22	17
Cs-137	KO	-	0,26	0,34	-	24	22
Cs-137	NO	-	0,010	4,5	-	22	14
Cs-137	PE	-	0,013	0,79	-	23	15
Cs-137	SO	-	0,32	1,1	-	22	19
Cs-137	SZ	-	0,72	1,8	-	17	13
Cs-137	TO	-	0,018	0,020	-	75	71
Cs-137	VA	0,19	0,015	1,5	0,33	20	9
Cs-137	VE	-	0,050	0,76	-	23	18
Cs-137	ZA	-	-	-	-	19	19
Sr-90	BA	-	0,022	0,69	-	19	11
Sr-90	BE	-	0,13	0,50	-	19	14
Sr-90	BK	-	0,0080	0,014	-	20	16
Sr-90	BP	-	0,023	0,28	-	13	5
Sr-90	BZ	-	0,054	0,77	-	14	10
Sr-90	CS	-	-	-	-	18	18
Sr-90	FE	0,23	0,025	0,59	0,19	16	6
Sr-90	GY	-	0,010	0,020	-	31	28
Sr-90	HA	-	0,029	0,30	-	25	20
Sr-90	HE	0,29	0,024	2,5	0,59	17	6
Sr-90	JA	-	0,057	1,0	-	22	17
Sr-90	KO	-	-	-	-	24	24
Sr-90	NO	0,15	0,015	1,2	0,26	20	7
Sr-90	PE	0,12	0,022	0,44	0,14	22	6
Sr-90	SO	0,25	0,020	2,6	0,54	22	3
Sr-90	SZ	-	0,028	0,70	-	16	8
Sr-90	TO	0,092	0,0052	0,71	0,14	45	24
Sr-90	VA	-	-	-	-	20	20
Sr-90	VE	-	-	-	-	23	23
Sr-90	ZA	0,32	0,020	3,3	0,74	19	2

6.1.1. táblázat. (folytatás)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Összes-béta	BA	130	20	530	180	19	0
Összes-béta	BE	220	22	640	240	19	0
Összes-béta	BK	72	25	470	96	29	0
Összes-béta	BP	100	25	540	150	32	0
Összes-béta	BZ	110	17	630	170	32	0
Összes-béta	CS	86	22	510	130	44	0
Összes-béta	FE	150	6,0	570	190	16	0
Összes-béta	GY	71	16	550	100	51	0
Összes-béta	HA	95	18	530	140	48	0
Összes-béta	HE	70	20	530	120	18	0
Összes-béta	JA	170	8,9	510	210	22	0
Összes-béta	KO	150	22	730	210	24	0
Összes-béta	NO	160	25	760	230	22	0
Összes-béta	PE	120	16	680	190	23	0
Összes-béta	SO	150	19	460	190	22	0
Összes-béta	SZ	310	22	770	300	17	0
Összes-béta	TO	69	19	500	92	81	0
Összes-béta	VA	170	32	670	230	20	0
Összes-béta	VE	160	24	540	210	23	0
Összes-béta	ZA	36	11	88	16	19	0
Cs-137	Összesen	0,23	0,010	15	-	522	400
Sr-90	Összesen	0,19	0,0052	3,3	-	425	268
Összes-béta	Összesen	110	6,0	770	-	581	0

Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], az FmÁ NÉBIH mérési eredményeinek részletes értékelését pedig annak éves jelentéseiben találhatjuk meg.

6.2. Hús és hústermékek aktivitáskoncentrációi

Ezen mintacsoportba a húsfélék (baromfi, marha, sertés, vadhús, 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

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában sertés, marha, baromfi, házinyúl, hal és vadhús szerepel. A γ -spektrum analízist 105°C -on szárított 450 cm^3 -ből (kb. 200-250 g), 80 000 s mérési idővel végzik a laboratóriumok. 2015-ben a 19 megye és Budapest területéről 339 húsminta vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai. Jellemző kimutatási határok; ^{137}Cs : 0,05 - 1,7 Bq/kg.

2007. évtől szerepel az FmÁ NÉBIH monitoring programjában a húskészítmények, tengeri hal és tengeri puhatestűek ^{137}Cs szűrő vizsgálata. A minták mérése eredeti anyagból, 450 cm^3 térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik, 2015-ben 430 ilyen típusú mintát vettek (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenységgű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 megyében és a fővárosban negyedévente 1-1 marha-, sertés- és baromfi-húsminta vételére terjed ki. Az EüÁ ERMAH, HAKSER és egyéb mintavételi programjai keretében 2015-ben összesen 91 minta vizsgálatát végezték el. A mintaelőkészítés hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C -on izzított hamujának legalább 50 cm^3 -ből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 g-jából végzik a laboratóriumok. Az ERMAH laboratóriumai az állati eredetű minták összes béta-aktivitását szintén a korábban már említett szcintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére alkalmasak. Jellemző kimutatási határ: 0,01-0,2 Bq/kg (^{137}Cs).

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 háromnegyede itt is kimutatási határ alatti.

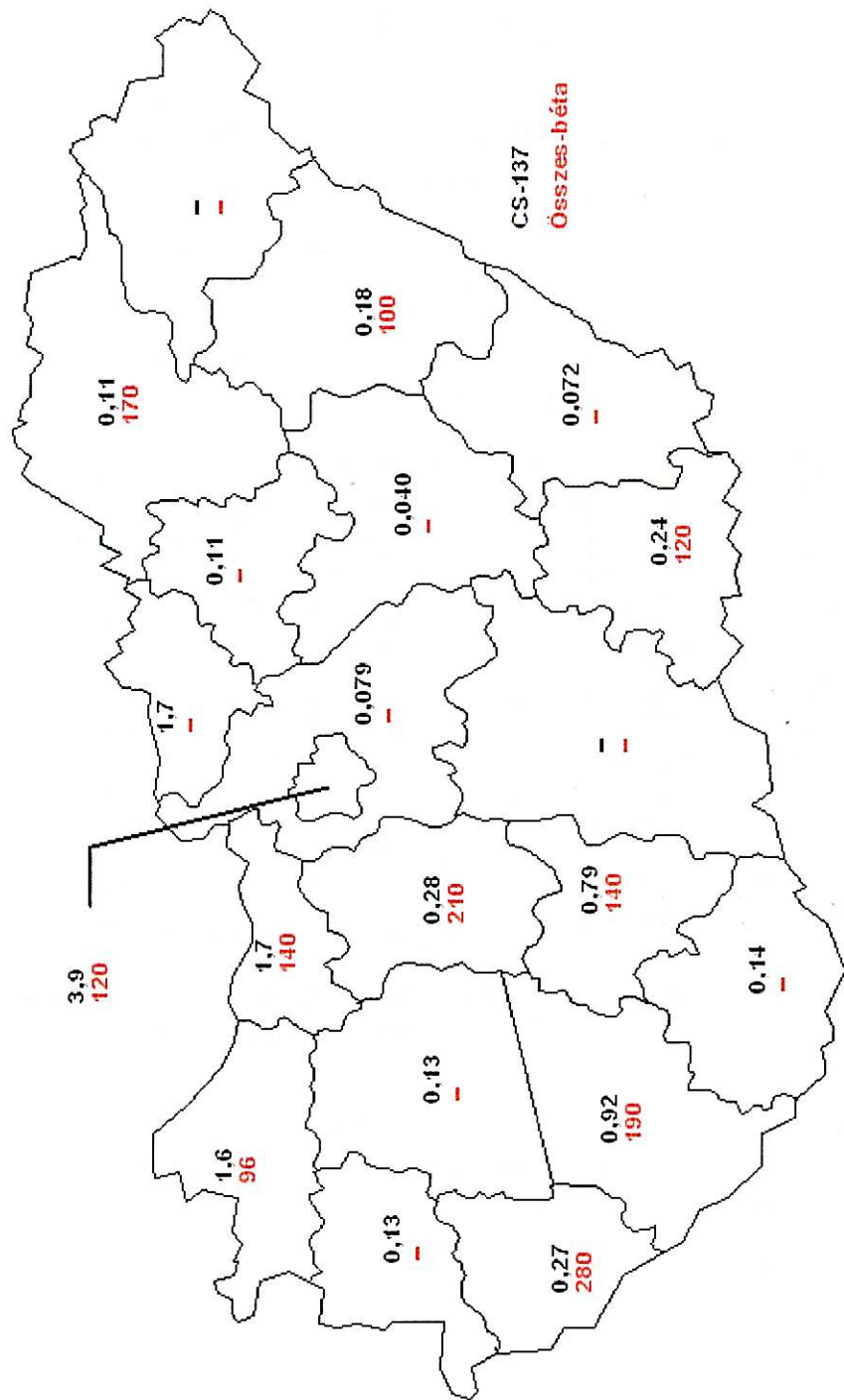
A hús és hústermékek ^{137}Cs aktivitáskoncentrációinak országos, éves átlaga 0,12 Bq/kg, a döntően természetes eredetű (^{40}K) összes béta-aktivitása pedig 90 Bq/kg volt 2015-ben, az értékek a 2014. évihez hasonlóak voltak.

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

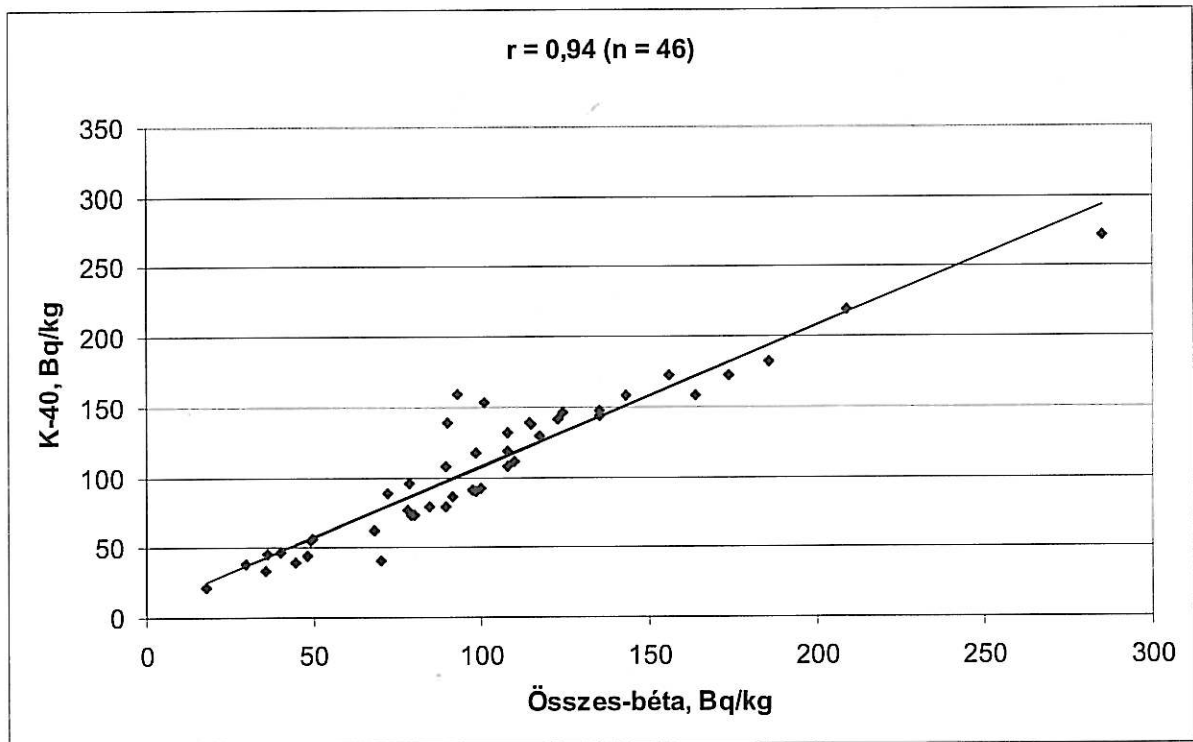
Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	0,12	0,14	-	10	6
Cs-137	BE	-	0,037	0,072	-	29	26
Cs-137	BK	-	-	-	-	46	46
Cs-137	BP	-	-	0,10	-	14	13
Cs-137	BZ	-	0,041	0,11	-	12	7
Cs-137	CS	-	0,040	0,24	-	36	30
Cs-137	FE	-	0,11	0,28	-	13	7
Cs-137	GY	-	0,029	1,6	-	13	6
Cs-137	HA	0,086	0,030	0,18	0,040	39	19
Cs-137	HE	-	0,070	0,11	-	29	27
Cs-137	JA	-	0,032	0,040	-	19	17
Cs-137	KO	-	-	0,17	-	2	1
Cs-137	PE	-	0,055	0,060	-	27	21
Cs-137	SO	0,18	0,056	0,92	0,21	33	20
Cs-137	SZ	-	-	-	-	27	27
Cs-137	TO	-	-	0,79	-	15	14
Cs-137	VA	-	0,050	0,13	-	16	13
Cs-137	VE	-	0,033	0,13	-	12	10
Cs-137	ZA	-	-	0,11	-	10	9
Össz-béta	BP	86	18	120	38	14	0
Össz-béta	BZ	110	48	170	47	11	0
Össz-béta	CS	83	43	120	25	14	0
Össz-béta	FE	-	-	210	-	1	0
Össz-béta	GY	69	25	96	25	14	0
Össz-béta	HA	76	36	100	21	14	0
Össz-béta	KO	-	-	140	-	1	0
Össz-béta	SO	-	-	190	-	1	0
Össz-béta	TO	85	40	140	32	14	0
Össz-béta	ZA	-	-	290	-	1	0
Cs-137	Összesen	0,12	0,029	1,6	-	402	319
Összes-béta	Összesen	90	18	290	-	85	0

A húsban és hústermékekben mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskoncentrációk közötti korrelációt a 6.2.2. ábrán szemléltetjük. A 2014. év eredményeihez hasonlóan a korreláció itt is erősnek mondható.

Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményeit a korábban már említett Egészségtudomány c. folyóiratban [2], az FmÁ NÉBIH mérési eredményeinek részletes értékelését pedig annak éves jelentéseiben találhatjuk meg.



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



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

6.2.2. A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei

A Paksi Atomerőmű környezetében a KvVÁ környezetvédelmi hatáskörében eljáró Baranya Megyei Kormányhivatal Környezetvédelmi Mérőközpontja végzi a halak mintázását és mérését az erőmű alatti Duna-szakaszon.

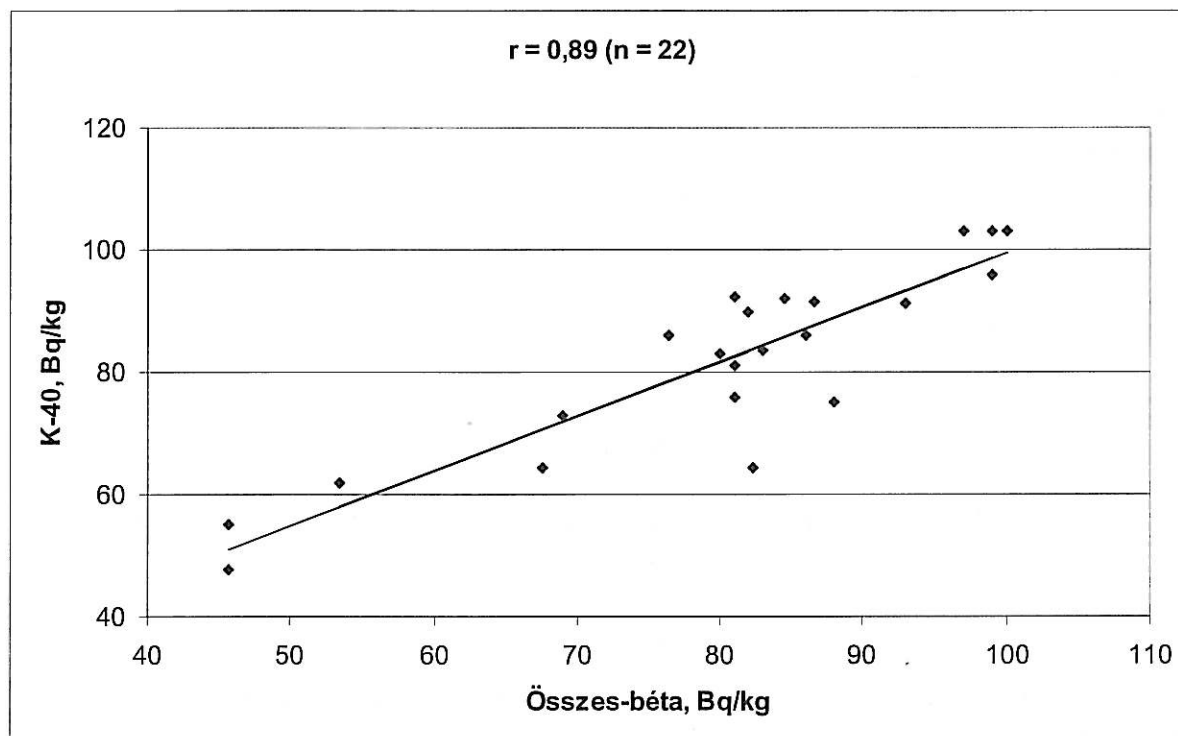
A dunai halakra, az erőmű alatti szakaszon kapott mérési eredményeket a 6.2.2. táblázatban foglaltuk össze.

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

A halakban mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitáskonzentrációk közötti korrelációt a 6.2.3. ábrán szemléltetjük, a korreláció elég erős, a tavalyi évhez hasonlóan, annak ellenére, hogy a halak - a szárazföldi állatoktól eltérően - koncentrálnak egyes fémeket, valamint a ^{40}K izotópon kívül más béta-sugárzó, többnyire természetes eredetű radioaktív izotóp is hozzájárul az összes-béta eredményekhez.

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

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	0,15	0,030	0,35	0,12	22	12
Sr-90	-	-	-	-	22	22
Összes-béta	80	46	100	16	22	0



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

7. Felszíni vizek

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

7.1. Országos adatok

A Környezetvédelmi és Vízügyi Ágazat területi kormányhivatalaihoz tartozó laboratóriumok az országos felszíni vízminőségi törzshálózat program keretében mérik a vizek összes béta-aktivitáskonzentrációit. A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző programjához csatlakozóan a pécsi laboratórium a Duna erőmű feletti és alatti szakaszán a vízmintákon gamma-spektrometriai mérést (^{137}Cs) - valamint ^3H és ^{90}Sr aktivitáskonzentráció meghatározást is végez.

2015-ben mérési programjaik keretében 265 vízminta vizsgálatát végezték el a KvVÁ laboratóriumai.

Az ERMAH mérési program keretében a laboratóriumok megyénként 1-1 mintavételi pontban havonta egy folyóvizet és negyedévente egy állóvizet mintáznak. Az EüÁ ERMAH, HAKSER és egyéb mérési programjai keretében 2015-ben összesen 583 felszíni vízminta vizsgálatát végezték el. A mintákon összes-béta, féléves egyesített mintákon pedig gamma-spektrometriai elemzést végeznek. A ^{137}Cs aktivitáskonzentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 2-20 mBq/l.

Az OSSKI a Duna-alprogram keretében havi gyakorisággal vesz mintát a Duna vizéből Gönyűnél, Észak-Pesten (Nagy Felszíni Vízmű – NFVM), Budafokon, Pakson és Mohácson, illetve a Szelidi-tóból is történik mintavételezés. A paksi mérések eredményeit a következő alfejezet tartalmazza. A mintákból havonta összes béta-aktivitás, ^{40}K - és ^3H -koncentráció mérések, illetve negyedévente ^{90}Sr -aktivitáskonzentráció és gamma-spektrometriai meghatározások történnek. A mintaelőkészítés a gamma-spektrometriai elemzés esetén bepárlást (45 literrel 150 ml-re), az összes béta-aktivitás mérés esetén bepárlást és $380\text{ }^\circ\text{C}$ -on történő hamvasztást, a ^{90}Sr -aktivitáskonzentráció mérése esetén további kémiai elválasztást jelent. Az összes béta-aktivitás méréseket az OSSKI az alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel méri. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek. A trícium méréseket elektrolitikus dúsítás előzi meg, a kálium-konzentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik.

A NÉBIH laboratóriumai Baja, Uszód és Gerjen közelében havonta vesznek mintát a Duna vizéből és H-3-meghatározást végeznek belőle, 2015-ben 34 mintát vettek.

A 2015 évben kapott mérési eredményeket a 7.1.1. táblázatban foglaltuk össze. A Dunában található mesterséges – csernobili eredetű – radionuklidok koncentrációja alacsony, általában 0,1-30 mBq/l nagyságrendű. Az összes-béta aktivitáskonzentrációk egy-két kivételtől eltekintve általában nem érik el az 1 Bq/l értéket. Az eredmények szóródása jelentős, a maximum és minimum értékek között 1-2 nagyságrend eltérés is lehet.

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

Radionuklid	Víz neve	Átlag mBq/l	Minimum mBq/l	Maximum mBq/l	Szórás mBq/l	N	Kha
Cs-137	Által ér	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Balaton	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Cseke tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Deseda tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Duna	1,8	0,12	10	2,5	50	40
Cs-137	Eger patak	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Fehér Körös	-	-	10	-	2	1
Cs-137	Fehér tó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Fertő tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Hámori tó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Hármas Körös	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Holt Duna-ág	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Holt tiszta	-	15	20	-	6	2
Cs-137	Horgász-tó	-	-	10	-	2	1
Cs-137	Kapos	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Keleti Főcsatorna	-	-	17	-	1	0
Cs-137	Kondor tó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Laskóvölgyi víztározó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Maros	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Orfűi tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Palotási víztározó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Rába	-	-	-	-	3	3
Cs-137	Sárvár tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Séd patak	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Szelidi tó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Szinva folyó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Tisza	-	-	10	-	3	2
Cs-137	Vártó	-	-	10	-	2	1
Cs-137	Vekeri tó	-	10	17	-	3	1
Cs-137	Zagyva	-	-	-	-	1	1
H-3	Börzsöny patak	-	840	1100	-	2	0
H-3	Duna	3500	85	16000	2500	146	12
H-3	Kőér patak	-	980	1400	-	9	0
H-3	Letkés patak	-	560	1400	-	2	0
H-3	Szelidi tó	-	730	1800	-	8	0
Sr-90	Duna	4,8	0,11	28	5,9	46	20
Sr-90	Holt Duna-ág	-	-	12	-	4	3
Sr-90	Kondor tó	-	-	-	-	4	4
Sr-90	Szelidi tó	-	1,2	14	-	7	1

7.1.1. táblázat. (folytatás).

Radionuklid	Víz neve	Átlag mBq/l	Minimum mBq/l	Maximum mBq/l	Szórás mBq/l	N	Kha
Össz-béta	Által ér	230	140	380	57	13	0
Össz-béta	Balaton	380	250	500	69	29	0
Össz-béta	Bódva	140	70	200	33	12	0
Össz-béta	Börzsöny patak	-	100	130	-	2	0
Össz-béta	Cseke tó	-	430	700	-	4	0
Össz-béta	Deseda tó	-	120	160	-	4	0
Össz-béta	Dráva	100	62	140	21	12	0
Össz-béta	Duna	120	23	250	37	210	0
Össz-béta	Eger patak	-	150	530	-	9	0
Össz-béta	Fehér Körös	-	150	200	-	4	0
Össz-béta	Fertő tó	-	480	740	-	4	0
Össz-béta	Hámori tó	-	33	42	-	3	0
Össz-béta	Hármas Körös	-	150	270	-	3	0
Össz-béta	Hármas-Körös	140	100	190	25	12	1
Össz-béta	Hernád	160	110	220	34	12	0
Össz-béta	Holt Duna-ág	170	70	210	39	12	0
Össz-béta	Holt tiszta	-	120	230	-	7	0
Össz-béta	Horgász-tó	-	130	260	-	3	0
Össz-béta	Kapos	330	140	780	210	24	0
Össz-béta	Keleti Főcsatorna	140	35	260	53	13	0
Össz-béta	Kondor tó	130	48	160	37	12	0
Össz-béta	Kőér patak	570	420	700	86	12	0
Össz-béta	Körös/Fehér-körös	-	180	200	-	2	0
Össz-béta	Lajta	130	110	150	11	12	0
Össz-béta	Laskóvölgyi víztározó	-	320	420	-	3	0
Össz-béta	Letkés patak	-	220	250	-	2	0
Össz-béta	Maros	-	150	390	-	4	0
Össz-béta	Nádor-csatorna	470	380	820	120	11	0
Össz-béta	Orfői tó	-	77	150	-	4	0
Össz-béta	Palotási víztározó	-	590	670	-	3	0
Össz-béta	Pinka	79	60	90	9,0	12	0
Össz-béta	Rába	140	80	280	40	36	0
Össz-béta	Sajó	170	140	220	28	12	0
Össz-béta	Sárvár tó	-	130	150	-	4	0
Össz-béta	Séd patak	110	60	260	52	12	0
Össz-béta	Sió	460	350	750	120	12	0
Össz-béta	Szelidi tó	210	140	290	38	24	0
Össz-béta	Szinva folyó	-	150	410	-	9	0
Össz-béta	Tisza	150	53	270	50	44	2
Össz-béta	Vártó	-	130	200	-	3	0
Össz-béta	Vekeri tó	-	73	170	-	3	0
Össz-béta	Velencei-tó	1900	1300	2600	450	12	0
Össz-béta	Zagyva	-	340	750	-	9	0

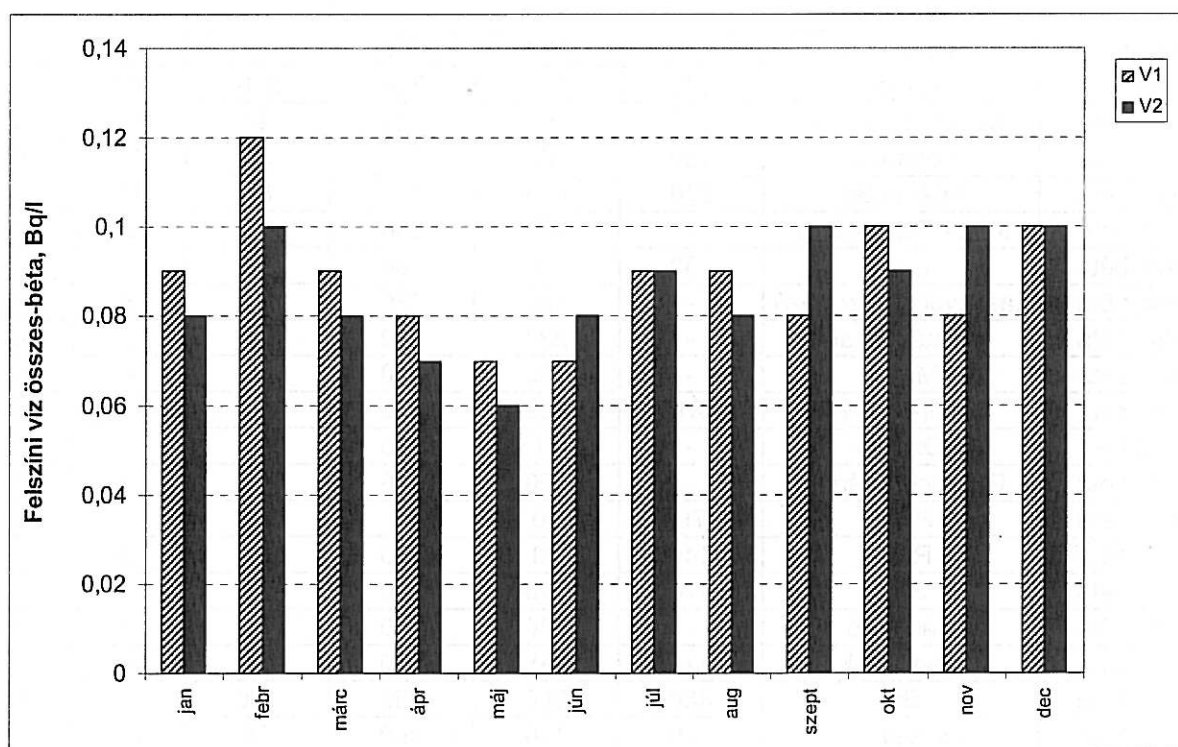
7.2. Létesítmények környezetének felszíni vizeiben mért aktivitáskonzentrációk

7.2.1. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrzési adatai

7.2.1.1. A Paksi Atomerőmű mérési adatai

Az erőmű környezet-ellenőrzési programja keretében rendszeresen méri a hidegvíz- (V1) és melegvízcsatorna (V2) vizének aktivitáskonzentrációit. Az összes béta-aktivitások havi átlagait a 7.2.1. ábrán mutatjuk be (az összes-béta mérések jellemző energiája 100 és 1000 keV közötti).

A hidegvízcsatorna vizének aktivitáskonzentrációja meg kell hogy egyezzen a Dunáéval, a melegvízcsatornánál sem várható lényeges emelkedés. A 7.2.1. ábrán a melegvízcsatorna vizének havi átlag értékei mérési hibahatáron (kb. 25%-on) belüli jó egyezést mutatnak a hidegvízcsatorna hasonló értékeivel.



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

7.2.1.2. Az OSSKI mérési adatai

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

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

Radionuklid	Mintavétel helye	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha	Egység
Sr-90	Paks	-	0,7	2,3	-	4	0	mBq/l
Sr-90	V2	-	1,1	2,5	-	4	0	mBq/l
H-3	M5	56,2	20,0	118,4	30,9	12	0	Bq/l
H-3	T24	35,4	29,2	47,9	6,3	12	0	Bq/l
H-3	V2	2,20	1,29	3,55	0,60	12	0	Bq/l
K-40	Paks	-	72,0	149	-	4	0	mBq/l

7.2.2. Az RHFT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményei

A felszíni vizeket 9 ponton mintázzuk. A mintavételi gyakoriság féléves, illetve éves. Az összes-béta mérésekhez 10 liter vízmennyiséget párolnak be, és a bepárlási maradékból 1 g aktivitását mérik. A mérés kimutatási határa 10 mBq/l. A gamma-spektrometriai méréshez szintén 10 liter vizet párolnak be, és a teljes bepárolt mennyiséget elemzik. A mérés jellemző kimutatási határa 1-2 mBq/l (a ^{137}Cs radionuklidra).

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

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

Radionuklid	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kha
Cs-137	-	-	-	-	12	12
K-40	-	0,11	0,61	-	9	0
Ra-226	-	-	-	-	6	6
Összes-béta	0,24	0,089	0,45	0,098	12	1

7.2.3. Az NRHT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményei

A vízminták mintavétele a felszíni vizekre (5 ponton), zajlik éves mintavételi gyakorisággal. Az összes-béta mérésekhez legalább 1 liter vízmennyiséget párolnak be, és a bepárlási maradék aktivitását mérik. A mérés kimutatási határa 10 mBq/l. A gamma-spektrometriai méréshez általában 5 liter vizet párolnak be, és a teljes bepárolt mennyiséget elemzik. A mérés jellemző kimutatási határa 1-2 mBq/l (a ¹³⁷Cs radionuklidra).

Az NRHT környezetében végzett felszíni víz mérések eredményeit a 7.2.3. táblázat foglalja össze. Az ellenőrzési eredmények nem térnek el az országos mérési program keretében felszíni vizekre kapott eredményektől (7.1.1. táblázat).

7.2.3. táblázat. Az NRHT környezetében végzett felszíni víz mérési eredményeinek éves jellemzői

Radionuklid	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kha
Cs-137	-	-	-	-	5	5
K-40	-	-	-	-	5	5
Ra-226	-	-	-	-	5	5
Összes-béta	-	0,00082	0,0097	-	5	0

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

Az OSSKI három határ menti településen (Kemence, Letkés, Nagybörzsöny) vesz folyóvízmintákat félévente. Ezeknek a mintáknak meghatározza az összes béta-aktivitáskonzentrációját, valamint a trícium és ^{40}K koncentrációját. A minta-előkészítés az összes béta-aktivitás mérés esetén bepárlást és $380\text{ }^\circ\text{C}$ -on történő hamvasztást jelent, a trícium mérés esetén pedig elektrolitikus dúsítást. A ^{40}K koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik. Az összes béta-aktivitás méréseket az OSSKI az alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel méri. A detektorok a kb. 50 keV -nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek. A mérési eredményeket a 7.2.4. táblázat tartalmazza.

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

	Összes béta-aktivitáskonc.		Trícium koncentráció		^{40}K koncentráció	
	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév
Kemence	$0,09 \pm 0,01$	$0,13 \pm 0,03$	$1,00 \pm 0,22$	$0,71 \pm 0,29$	$0,06 \pm 0,001$	$0,07 \pm 0,001$
Letkés	$0,25 \pm 0,03$	$0,22 \pm 0,02$	$1,38 \pm 0,25$	$0,56 \pm 0,26$	$0,15 \pm 0,003$	$0,21 \pm 0,004$
Nagybörzsöny	$0,10 \pm 0,02$	$0,13 \pm 0,02$	$0,84 \pm 0,22$	$1,10 \pm 0,31$	$0,07 \pm 0,001$	$0,09 \pm 0,002$

Az OSSKI ugyanezekben a helyszíneken ugyancsak féléves gyakorisággal iszapmintákat is vizsgál gamma-spektrometriai módszerrel. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a $110\text{ }^\circ\text{C}$ -on szárított mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm^3 térfogaton) végzik 40000 s mérési idővel. A ^{137}Cs aktivitáskonzentrációjára vonatkozó mérési eredményeket a 7.2.5. táblázat tartalmazza.

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

	1. félév	2. félév
Kemence	$1,54 \pm 0,11$	$1,71 \pm 0,17$
Letkés	$6,55 \pm 0,20$	$3,33 \pm 0,10$
Nagybörzsöny	$5,24 \pm 0,21$	$5,00 \pm 0,20$

8. Ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz

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. Ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz országos adatok

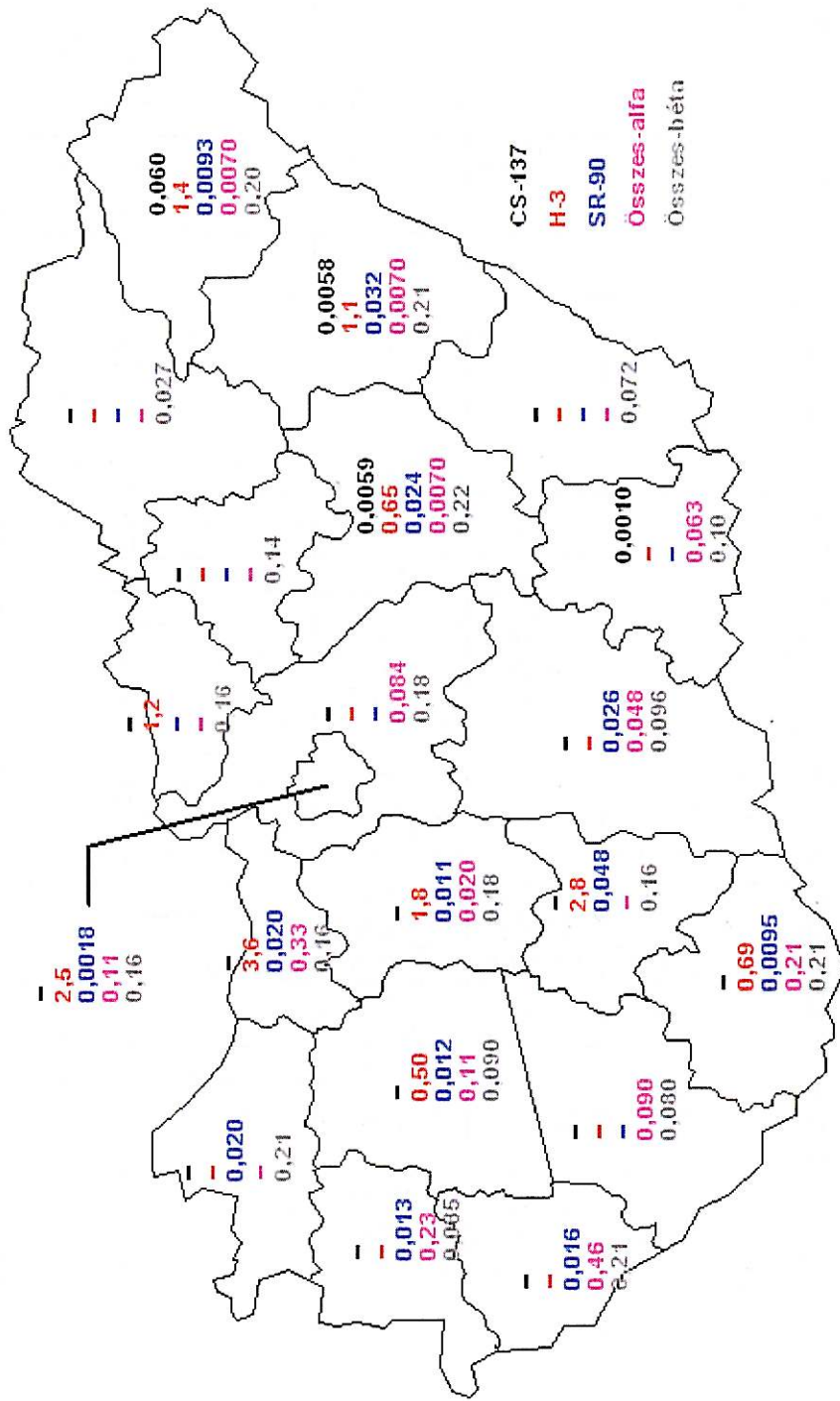
Országos vezetékes ivóvíz-ellenőrzési programot az EüÁ ERMAH laboratóriumok végeznek. A mintavételi program megyénkénti negyedéves mintázást ír elő az összes-béta mérésekhez. Ezenkívül a ^3H és ^{90}Sr vizsgálatokhoz évi 2-2 mintát vesznek megyénként. Az EüÁ ERMAH, HAKSER és egyéb mérési programjai keretében 2015-ben összesen 366 vízminta vizsgálatát végezték el. Az ERMAH laboratóriumai az ivóvíz minták összes béta-aktivitását szintén a korábban már említett szcintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére alkalmasak. Jellemző kimutatási határok: 0,16-0,20 Bq/l (^3H), 5-30 mBq/l (^{90}Sr).

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumai is végeznek ivóvíz - elsősorban élelmiszer előállításához használt ivóvíz - méréseket. 2015-ben összesen 105 vízminta vizsgálatát végezték el. Jellemző kimutatási határok; ^{137}Cs : 0,0008 - 0,15 Bq/l; ^3H : 0,9 Bq/l, összes-alfa: 0,038 - 0,07.

Az ivóvíz aktivitáskonzentrációira kapott maximumok országos eloszlását a 8.1.1. ábra szemlélteti. Az ivóvízmintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit a 8.1.1. táblázatban foglaltuk össze.

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 aktivitáskonzentrációi két jellemző csoportba sorolhatók. A felszíni víz eredetű ivóvizeknél az érték hasonló a felszíni vizekéhez, 1-2 Bq/l nagyságú. A mélységi ivóvizek (karszt, artézi) trícium koncentrációi viszont legfeljebb a néhány tized Bq/l értéket érik el.

Az ivóvíz ^3H aktivitáskonzentrációinak országos, éves átlaga 0,92 Bq/l, a legnagyobb érték (3,6 Bq/l) is jóval kisebb mint az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X.25.) Korm. rendeletben európai uniós ajánlás alapján megadott indikátor paraméter (100 Bq/l). A ^{90}Sr koncentrációi 0,0008-0,05 Bq/l között vannak, az összes béta-aktivitások átlaga 0,1 Bq/l, az összes alfa-aktivitások átlaga 0,087 Bq/l, míg a ^{137}Cs koncentrációi javarészt kimutatási határ alattiak, értékeik a 0,001 és 0,06 Bq/l. között találhatóak.



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

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	-	-	3	3
Cs-137	BE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	BK	-	-	-	-	2	2
Cs-137	BP	-	-	-	-	13	13
Cs-137	BZ	-	-	-	-	1	1
Cs-137	CS	-	-	0,0010	-	1	0
Cs-137	FE	-	-	-	-	3	3
Cs-137	GY	-	-	-	-	4	4
Cs-137	HA	-	0,0050	0,0058	-	4	1
Cs-137	HE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	JA	-	0,0056	0,0059	-	4	0
Cs-137	KO	-	-	-	-	4	4
Cs-137	NO	-	-	-	-	1	1
Cs-137	PE	-	-	-	-	2	2
Cs-137	SO	-	-	-	-	3	3
Cs-137	SZ	-	0,0056	0,060	-	4	1
Cs-137	TO	-	-	-	-	11	11
Cs-137	VA	-	-	-	-	4	4
Cs-137	VE	-	-	-	-	4	4
Cs-137	ZA	-	-	-	-	5	5
H-3	BA	-	0,54	0,69	-	2	0
H-3	BK	-	-	-	-	1	1
H-3	BP	1,9	0,75	2,5	0,53	10	0
H-3	FE	-	1,4	1,8	-	3	1
H-3	HA	-	0,20	1,1	-	2	0
H-3	JA	-	0,58	0,65	-	2	0
H-3	KO	-	0,37	3,6	-	6	1
H-3	NO	-	0,73	1,2	-	2	0
H-3	SO	-	-	-	-	2	2
H-3	SZ	-	0,20	1,4	-	2	0
H-3	TO	0,55	0,29	2,8	0,54	26	10
H-3	VE	-	-	0,50	-	1	0
H-3	ZA	-	-	-	-	1	1
Sr-90	BA	-	-	0,0095	-	2	1
Sr-90	BK	-	0,0070	0,026	-	4	1
Sr-90	BP	0,0013	0,00081	0,0018	0,00028	12	0
Sr-90	FE	-	-	0,012	-	2	1
Sr-90	GY	-	-	0,020	-	1	0
Sr-90	HA	-	-	0,032	-	1	0
Sr-90	JA	-	-	0,024	-	1	0
Sr-90	KO	-	0,015	0,020	-	2	0
Sr-90	SO	-	-	-	-	2	2
Sr-90	SZ	-	-	0,0093	-	1	0
Sr-90	TO	-	0,0027	0,048	-	18	12
Sr-90	VA	-	-	0,013	-	1	0
Sr-90	VE	-	-	0,012	-	1	0
Sr-90	ZA	-	0,0070	0,016	-	2	0

8.1.1. táblázat. (folytatás)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kha
Összes-alfa	BA	-	0,069	0,21	-	3	1
Összes-alfa	BK	-	-	0,048	-	1	0
Összes-alfa	BP	0,084	0,055	0,11	0,019	13	0
Összes-alfa	CS	-	-	0,063	-	1	0
Összes-alfa	FE	-	-	0,020	-	3	2
Összes-alfa	GY	-	-	-	-	2	2
Összes-alfa	HA	-	-	0,0070	-	1	0
Összes-alfa	JA	-	-	0,0070	-	1	0
Összes-alfa	KO	-	0,15	0,33	-	2	0
Összes-alfa	PE	-	0,027	0,084	-	2	0
Összes-alfa	SO	-	0,013	0,090	-	3	1
Összes-alfa	SZ	-	-	0,0070	-	1	0
Összes-alfa	TO	-	-	-	-	2	2
Összes-alfa	VA	-	0,043	0,23	-	2	0
Összes-alfa	VE	-	0,052	0,11	-	2	0
Összes-alfa	ZA	-	0,15	0,46	-	3	0
Összes-béta	BA	-	0,055	0,21	-	5	0
Összes-béta	BE	-	0,042	0,072	-	4	0
Összes-béta	BK	0,071	0,040	0,096	0,014	16	0
Összes-béta	BP	0,13	0,073	0,16	0,023	25	0
Összes-béta	BZ	-	0,019	0,027	-	3	0
Összes-béta	CS	-	0,072	0,10	-	4	0
Összes-béta	FE	-	0,12	0,18	-	5	0
Összes-béta	GY	0,099	0,060	0,21	0,035	41	2
Összes-béta	HA	0,12	0,016	0,21	0,054	13	0
Összes-béta	HE	-	0,095	0,14	-	3	0
Összes-béta	JA	0,11	0,010	0,22	0,063	13	0
Összes-béta	KO	0,13	0,10	0,16	0,022	10	0
Összes-béta	NO	-	0,073	0,16	-	5	0
Összes-béta	PE	-	0,062	0,18	-	2	0
Összes-béta	SO	-	0,073	0,080	-	5	0
Összes-béta	SZ	0,11	0,032	0,20	0,053	13	0
Összes-béta	TO	0,10	0,067	0,16	0,026	60	0
Összes-béta	VA	-	0,060	0,085	-	5	0
Összes-béta	VE	-	0,050	0,090	-	5	0
Összes-béta	ZA	-	0,090	0,21	-	7	0
Cs-137	Összesen	0,0052	0,0010	0,060	-	75	64
H-3	Összesen	0,92	0,20	3,6	-	60	16
Sr-90	Összesen	0,0092	0,00081	0,048	-	50	17
Összes-alfa	Összesen	0,087	0,0070	0,46	-	42	8
Összes-béta	Összesen	0,10	0,010	0,22	-	244	2

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

Az OSSKI három határ menti településen (Balassagyarmat, Esztergom, Vác) vesz ivóvízmintákat félévente. Ezeknek a mintáknak meghatározza az összes béta-aktivitáskonzentrációját, valamint a trícium és ^{40}K koncentrációját. A minta-előkészítés az összes béta-aktivitás mérés esetén bepárlást és $380\text{ }^\circ\text{C}$ -on történő hamvasztást jelent, a trícium mérés esetén pedig elektrolitikus dúsítást. A ^{40}K koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik. Az OSSKI ezen ivóvíz minták összes béta-aktivitás mérését a korábbiakban már bemutatott mérőműszerrel végzi el. A mérési eredményeket a 8.2.1. táblázat tartalmazza.

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

	Összes béta-aktivitáskonc.		Trícium koncentráció		^{40}K koncentráció	
	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév	1. félév	2. félév
Balassagyarmat	$0,16 \pm 0,03$	$0,15 \pm 0,03$	$1,16 \pm 0,2$	$0,73 \pm 0,3$	$0,09 \pm 0,002$	$0,09 \pm 0,002$
Esztergom	$0,15 \pm 0,02$	$0,11 \pm 0,02$	$1,34 \pm 0,2$	$1,33 \pm 0,3$	$0,07 \pm 0,001$	$0,08 \pm 0,002$
Vác	$0,11 \pm 0,02$	$0,11 \pm 0,02$	$1,96 \pm 0,2$	$3,61 \pm 0,3$	$0,09 \pm 0,002$	$0,10 \pm 0,002$

8.3. Ásványvizek

Bár az ásványvizek a hatósági szabályozás szempontjából nem tartoznak az ivóvíz kategóriába – azaz kivételek pl. az utóbbi minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X.25.) Korm. rendelet előírásai alól is – hazánkban is erősen emelkedő mértékű fogyasztásuk indokolja radiológiai szempontból történő vizsgálatukat. A 2015-ben kapott eredményeket a 8.2.1. táblázatban foglaltuk össze.

Az EüÁ ERMAH mérési programjában a decentrumok megyéiben szerepel negyedévenkénti mintavétel. Az EüÁ ERMAH és egyéb mintavételi programjai keretében 2015-ben összesen 29 mintán végeztek méréseket.

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumai is végeznek ásványvízméréseket. 2015-ben összesen 18 ásványvízminta részletes radioanalitikai vizsgálatát végezték el.

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

8.3.1. táblázat. Ásványvíz mérési eredmények jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	-	-	1	1
Cs-137	BZ	-	-	-	-	1	1
Cs-137	CS	-	-	-	-	1	1
Cs-137	FE	-	-	-	-	6	6
Cs-137	GY	-	-	-	-	3	3
Cs-137	HA	-	0,020	0,024	-	4	1
Cs-137	KO	-	-	-	-	1	1
Cs-137	PE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	SO	-	-	-	-	1	1
Cs-137	TO	-	-	-	-	2	2
Cs-137	VE	-	-	-	-	2	2
H-3	BA	-	-	-	-	1	1
H-3	FE	-	-	-	-	5	5
H-3	KO	-	-	-	-	1	1
Összes-alfa	BA	-	-	0,038	-	1	0
Összes-alfa	FE	-	0,047	0,47	-	5	1
Összes-alfa	GY	-	-	0,26	-	1	0
Összes-alfa	PE	-	-	1,0	-	1	0
Összes-alfa	SO	-	-	0,070	-	1	0
Összes-alfa	VE	-	-	0,066	-	1	0
Összes-béta	BA	-	-	0,053	-	1	0
Összes-béta	BP	-	0,015	0,036	-	4	0
Összes-béta	BZ	-	0,027	0,20	-	3	0
Összes-béta	CS	-	0,052	0,17	-	4	0
Összes-béta	FE	-	0,053	0,36	-	5	0
Összes-béta	GY	-	0,050	0,48	-	5	1
Összes-béta	HA	-	0,023	0,25	-	4	0
Összes-béta	KO	-	-	0,060	-	1	0
Összes-béta	PE	-	-	0,56	-	1	0
Összes-béta	SO	-	-	0,080	-	1	0
Összes-béta	TO	-	0,18	0,22	-	4	0
Összes-béta	VE	-	0,080	0,10	-	2	0
Cs-137	Összesen	-	0,020	0,024	-	23	20
H-3	Összesen	-	-	-	-	7	7
Összes-alfa	Összesen	-	0,038	1,0	-	10	1
Összes-béta	Összesen	0,13	0,015	0,56	-	35	1

9. Vegyes élelmiszer

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

9.1. Országos adatok

Az EüÁ ERMAH mérési programjában a decentrumok megyéiben szerepel félévenkénti mintavétel. Az EüÁ ERMAH és egyéb mintavételi programjai keretében 2015-ben összesen 21 mintát vettek. A γ -spektrometriai analízist a minta 420°C-on izzított teljes hamujából, az összes béta-aktivitáskonzentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 0,3 g-jából végzik a laboratóriumok. A minta ^{90}Sr aktivitáskonzentrációját 10 g hamuból kiindulva határozzák meg radiokémiai feltárás és elválasztás után. Az ERMAH laboratóriumai a minták összes béta-aktivitását szintén szcintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére alkalmasak. Az eredményeket Bq/kg egységben adjuk meg. Jellemző kimutatási határok: 0,01-0,05 Bq/kg (^{90}Sr és ^{137}Cs radionuklidra egyaránt).

A 2015. évi eredményeket a 9.1.1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatban közölt eredményekből látható, hogy a ^{137}Cs a ^{90}Sr koncentrációk többsége a kimutatási határ alatt volt. A lakosság által fogyasztott ételekben tehát a csernobili eredetű ^{137}Cs és ^{90}Sr aktivitáskonzentrációja mára nem haladja meg a 0,1 Bq/kg szintet.

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

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BP	-	-	-	-	2	2
Cs-137	CS	-	-	-	-	2	2
Cs-137	GY	-	-	-	-	2	2
Cs-137	HA	-	0,041	0,044	-	2	0
Cs-137	TO	-	-	-	-	4	4
Sr-90	BP	-	0,014	0,017	-	2	0
Sr-90	GY	-	0,015	0,031	-	3	0
Sr-90	HA	-	-	0,039	-	1	0
Sr-90	TO	-	-	-	-	4	4
Összes-béta	BP	-	31	35	-	2	0
Összes-béta	GY	-	-	38	-	1	0
Összes-béta	HA	38	14	56	14	11	0
Cs-137	Összesen	-	0,041	0,044	-	12	10
Sr-90	Összesen	-	0,014	0,039	-	10	4
Összes-béta	Összesen	37	14	56	-	14	0

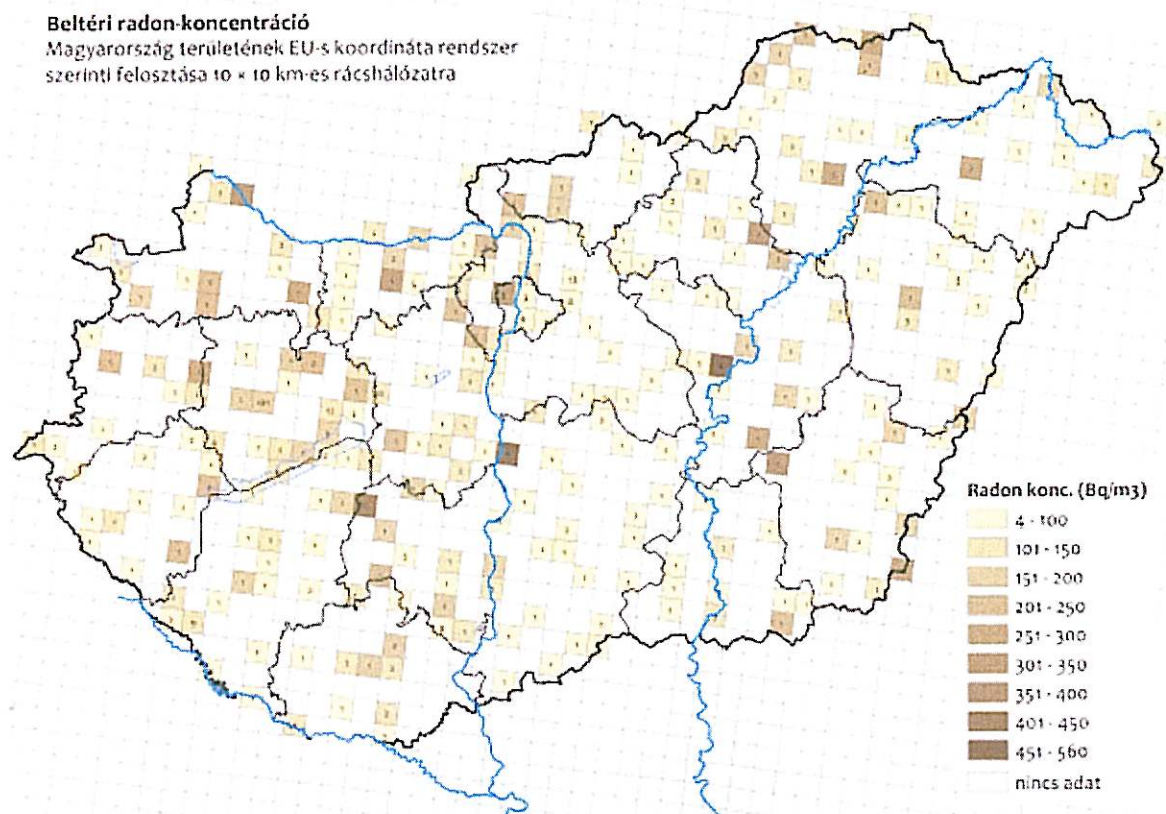
10. Beltéri radon-koncentráció

A legtöbb európai országban a lakosság természetes eredetű sugárterhelésének legnagyobb része a radon (Rn-222) bomlástermékeinek belégzésétől származik. [4] Hazánkban több felmérést is végeztek a lakosságot érő beltéri radon-expozícióról. [5, 6]

A 2013 decemberében megjelent 2013/59/EURATOM direktíva [7] minden uniós tagállam számára előírja, hogy programokat kell készíteni a lakosság radon-expozíciójának megismerésére és annak hosszú távú csökkentésére.

A beltéri radon-koncentrációk nagy változékonysága miatt egy-egy épületet csak a hosszú idejű (rendszerint egy éves) mérések eredményeivel lehet jellemezni. Egy-egy terület radon potenciáljának jellemzéséhez pedig a lakóépületek földszinti helyiségeiben mért értékeket szokás alapul venni. Az eredmények térképi megjelenítésekor egy-egy területi egységre vonatkozó átlag értékeket szokás ábrázolni. Az EC JRC az európai radon térkép elkészítéséhez egy 10×10 km-es négyzethálós területi felosztást alkalmazott. Az így képzett felosztás alapján Magyarország területét (bele értve a határvonalon átnyúlókat is) 1035 cella fedi le.

A jövőbeni magyarországi radon program megalapozásaként az OSSKI és a hazai egyetemek (Pannon Egyetem, ELTE, SZIE) egyesítették a rendelkezésük álló és a fenti kritériumoknak eleget tevő beltéri radon-koncentráció adataikat. A jelenleg 539 mérési pontról van információnk, amelyek 277 cellában oszlanak meg. Mivel a cellák többségére nem vagy csak egyetlen adat jut, a rendelkezésre álló adatokból nem készíthető reprezentatív értékelés. A hazai lakosság radontól származó sugárterhelésének jobb megismerése a fenti hivatkozott direktíva által megkövetelt és jelenleg elkészítés alatt lévő Radon Cselekvési Terv egyik fontos célkitűzése.



10.1. ábra. Beltéri radon-koncentrációk megoszlása Magyarország 10×10 km-es rácshálózatos felosztása alapján.

Irodalom

- [1] Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Sugár- és Környezetvédelmi Főosztály 2015. évi jelentése (Szerk.: Dr. Bujtás Tibor, MVM PA Zrt., Paks, 2016. március)
- [2] Kövendiné Kónyi Júlia és munkatársai: Környezeti sugáregészségügyi mérési eredmények 2015-ben (szerkesztés alatt)
- [3] HAKSER 2015 – A Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer 2015. évi jelentése (szerkesztés alatt)
- [4] UNSCEAR Report 2000 Annex B, Exposures from natural radiation sources
- [5] István Nikl, The radon concentration and absorbed dose rate in Hungarian dwellings, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 67., No. 3, pp. 225-228 (1996)
- [6] Hámori K., Tóth E., Köteles Gy., Pál L., A magyarországi lakások radon szintje (1994 – 2004), Egészségtudomány, 48, 283 - 299 (2004)
- [7] Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation