



AZ ORSZÁGOS KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI ELLENŐRZŐ RENDSZER

(OKSER)

2024. ÉVI JELENTÉSE

Budapest, 2025. június

Tartalomjegyzék

Előszó	4
1 Bevezetés	5
1.1 A mérési adatok megjelenítése.....	5
1.2 Az Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer tagjai.....	6
1.3 Az OKSER Szakbizottság tagjainak képviselőjét ellátó szakértők 2024-ben	7
1.4 A lakossági sugárterhelés forrásainak ismertetése.....	7
2 Létesítményi kibocsátások, kibocsátási korlátok	9
2.1 Kibocsátási korlátok származtatása, korlátok az egyes létesítményekre vonatkozóan.....	9
2.2 A kiemelt létesítmények kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	10
2.2.1 A Paksi Atomerőmű kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata.....	10
2.2.2 A Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	11
2.2.3 A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata.....	12
2.2.4 A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata.....	12
2.2.5 A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	13
2.2.6 A BVH Kft. kővagószőlősi telephelyének környezetellenőrző hálózata	13
3 A hatósági ellenőrzés rendszere	14
3.1 A hatósági ellenőrzést folytató szervezetek bemutatása	14
3.1.1 A Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály	14
3.1.2 Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal.....	14
3.1.3 Baranya Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály, Laboratóriumi Osztály, Népegészségügyi, Állategészségügyi és Környezetvédelmi Laboratórium Radiológiai Csoport.....	15
3.1.4 Egészségügyi Radiológiai Mérő- és Adatszolgáltató Hálózat	15
3.2 A hatósági ellenőrzés mérési módszerei	15
4 Országos mérési adatok értékelése	20
4.1 A külső gamma-dózteljesítmény mérések eredményei.....	20
4.1.1 A Radiológiai Távmérő Hálózat adatai	20
4.1.2 Időszakos külső gamma-dózteljesítmény mérések	26
4.2 Levegőszűrők (aeroszol) mérési eredményei	28
4.3 Kihullás (fall-out) eredmények	30
4.4 Talajminták mérési eredményei	32
4.5 Felszíni vizek monitoringja	35
4.6 Ivóvíz	37
4.6.1 Vezetékes ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz	37
4.6.2 Palackozott vizek	41
4.7 Növényzet.....	43
4.7.1 Takarmány	43
4.7.2 Növényi eredetű, nyers élelmiszer	46
4.7.3 Gabonafélék és az azokból készült termékek.....	50
4.8 Állati eredetű élelmiszerek.....	53
4.8.1 Tej, tejtermék	53
4.8.2 Hús és hústermékek aktivitás-koncentrációi	55
4.9 Vegyes élelmiszer.....	58
5 Létesítmények környezete	59
5.1 A Paksi Atomerőmű környezetében végzett mérések	59
5.1.1 Gamma-dózteljesítmény mérések a Paksi Atomerőmű környezetében.....	61
5.1.2 Aeroszol aktivitás-koncentráció mérések a Paksi Atomerőmű környezetében	63

5.1.3	A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző rendszerének kihullás mérési eredményei .	65
5.1.4	A Paksi Atomerőmű hideg- és melegvízcatornájában mért aktivitás-koncentrációk .	66
5.1.5	A Nemzeti Népegészségügyi Központ, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály mérési adatai a paksi felszíni vizekre vonatkozóan.....	66
5.1.6	A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei	67
5.1.7	A vízi környezetben mért aktivitás-koncentrációk a hatósági mérések alapján	68
5.1.8	A talajban mért aktivitás-koncentrációk.....	71
5.1.9	A takarmánymintákban mért aktivitás-koncentrációk.....	72
5.1.10	A növénymintákban mért aktivitás-koncentrációk	73
5.1.11	Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása	74
5.2	A Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló telephelyének környezetellenőrzési mérési adatai	76
5.2.1	A bátaapáti NRHT környezetében mért aeroszol-koncentráció adatai	76
5.2.2	A bátaapáti NRHT környezetében mért kihullás eredmények	78
5.2.3	A bátaapáti NRHT környezetében vett talajminták mérési eredményei.....	79
5.2.4	A bátaapáti NRHT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményei	80
5.2.5	A bátaapáti NRHT környezetében mért növényminták adatai.....	80
5.3	A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló környezetellenőrzési mérési adatai	82
5.3.1	A püspökszilági RHFT környezetében mért aeroszol aktivitás-koncentráció adatok .	82
5.3.2	A püspökszilági RHFT környezetében mért kihullás eredmények.....	83
5.3.3	A püspökszilági RHFT környezetének talajmérési eredményei.....	84
5.3.4	A püspökszilági RHFT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményei.....	86
5.3.5	A püspökszilági RHFT környezetében mért növényzet adatok	87
5.4	A Központi Fizikai Kutató Intézet telephely környezetellenőrzési mérési adatai	88
5.4.1	A KFKI telephelyén mért gammadózis-teljesítmények.....	88
5.4.2	A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk	89
5.4.3	A KFKI telephely területén mért kihullás eredmények.....	89
5.4.4	A KFKI telephely területén mért talajmérési eredmények	90
5.4.5	A KFKI telephely területén mért növényzet adatok	90
5.5	A BME NTI Oktatóreaktor telephely környezetellenőrzési mérési adatai.....	91
5.6	A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetellenőrzési mérési adatai	93
5.6.1	A BVH Kft. környezetében mért kihullás eredmények	93
5.6.2	A BVH Kft. környezetében vett talajminták mérési eredményei.....	93
5.6.3	A BVH Kft. környezetében vett növényminták mérési eredményei	97
6	Országhatáron túli hatások	102
6.1	A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért eredmények.....	102
6.1.1	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében mért dózisteljesítmények és aktivitás-koncentrációk.....	102
6.1.2	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fall-out minták mérési eredményei	104
6.1.3	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett talajminták mérési eredményei	104
6.1.4	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fűminták mérési eredményei	105
6.1.5	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett zöldség- és gyümölcsminták mérési eredményei.....	106
6.1.6	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett folyóvíz és iszapminták mérési eredményei	106
6.1.7	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett ivóvízminták mérési eredményei	107
7	Kibocsátási eredmények	108
7.1	A Paksi Atomerőmű kibocsátásai	108

7.1.1	Léggöri kibocsátás.....	109
7.1.2	Folyékony kibocsátás.....	112
7.1.3	Megállapítások.....	119
7.2	A Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló kibocsátásai.....	122
7.2.1	A földfelszíni telephely folyékony kibocsátás értékelése.....	122
7.2.2	A földfelszíni telephely légnemű kibocsátás értékelése	122
7.2.3	A felszín alatti térrész léggöri kibocsátásának értékelése	123
7.2.4	A felszín alatti térrész folyékony kibocsátásának értékelése.....	124
7.2.5	Megállapítások.....	124
7.2.6	A létesítmény összesített kibocsátásának értékelése	125
7.2.6.1	A telephely felszíni és felszín alatti összesített léggöri kibocsátásának értékelése 125	
7.2.6.2	A telephely felszíni és felszín alatti összesített folyékony kibocsátásának értékelése	125
7.3	A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kibocsátásai.....	126
7.3.1	Üzemi épület kibocsátásainak ellenőrzése.....	127
7.3.2	Tárolóterület folyékony kibocsátásainak ellenőrzése	127
7.3.3	Tárolóterületi gázdifúzió ellenőrzése	128
7.3.4	Összesített kibocsátások	128
7.4	A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátásai.....	130
7.5	A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátásai.....	132
7.6	Izotóp Intézet Kft. kibocsátásai	133
7.6.1	Folyékony kibocsátások értékelése	133
7.6.2	Légnemű kibocsátások értékelése	133
7.7	A BVH Kft. kövágószőlősi telephelyének kibocsátásai.....	136
8	Létesítmények hatásának értékelése, a lakossági sugárterhelés járulékai.....	137
8.1	A Paksi Atomerőmű	137
8.1.1	A léggöri kibocsátásból származó sugárterhelés	137
8.1.2	A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés.....	139
8.1.3	Az atomerőművi kibocsátások összefoglaló értékelése	140
8.2	Egyéb kiemelt létesítmények	141
8.3	A lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelésének értékelése.....	141
	Következtetések	144
	Conclusion	144
	Irodalom, hivatkozott jogszabályok	145
	Rövidítések jegyzéke	145
	Adatszolgáltatásban résztvevő intézmények, szakemberek.....	147

Előszó

Az ionizáló sugárzás veszélyeivel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírásokat, az Európai Unió célkitűzéseit 2013. december 5-i tanácsi irányelv határozza meg [1]. A 2013/59/Euratom tanácsi irányelv átültetésének főbb kereteit az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény adja, amelynek hatálya kiterjed az atomenergia békés célú alkalmazására, az azzal kapcsolatos jogosultságokra és kötelezettségekre, továbbá az embereknek, valamint az élő és élettelen környezetnek a természetes és mesterséges eredetű ionizáló sugárzás káros hatásai elleni védelmére.

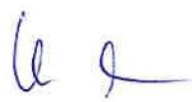
Az Európai Atomenergia Közösséget létrehozó szerződés (a továbbiakban: Euratom-Szerződés) 35. cikke alapján valamennyi uniós tagállam az elmúlt évtizedekben létrehozta a levegő, a víz és a talaj radioaktivitásának állandó figyelemmel kíséréséhez szükséges intézményi feltételrendszert. Ezen monitoringrendszer részletesebb követelményeit az Euratom-Szerződés 36. cikkének alkalmazásáról a környezet radioaktivitási szintjének a lakosság egészségének sugárterhelésének értékelése céljából történő ellenőrzéséről szóló, 2000. június 8-i 2000/473/Euratom Bizottsági ajánlás tartalmazza.

A hivatkozott nemzetközi kötelezettségekkel és ajánlásokkal összhangban lévő hazai szabályozás a lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezően mérendő mennyiségek köréről szóló 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Rendelet), amely a lakosság természetes és az orvosi sugárterhelésen kívüli mesterséges eredetű sugárterhelés meghatározásához szükséges kötelezően mérendő mennyiségekről, azok központi gyűjtéséről, feldolgozásáról, kezeléséről és értékeléséről, ellenőrzési rendjéről rendelkezik.

A Rendelet alapján az Országos Atomenergia Hivatal (a továbbiakban: OAH) felügyeletével működő Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (a továbbiakban: OKSER) végzi a lakosság természetes és - az orvosi sugárterhelésen kívüli - mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási viszonyok és a környezetben mérhető egyes radionuklidok aktivitás-koncentrációja országos mérési eredményeinek gyűjtését, nyilvántartását és értékelését, valamint a kiemelt létesítmények környezetére vonatkozó sugárvédelmi hatósági ellenőrző programok koordinálását. Az OKSER tagjai a környezeti sugárzás adatgyűjtésében érintett központi államigazgatási szervek és egyéb szakmai szervezetek.

Az OKSER operatív szerve az OAH által működtetett Radiológiai Információs és Szolgáltató Központ, amelynek alapvető feladata az ország területén mérhető környezeti sugárzás dózisteljesítmény, a környezet közegeiben, az élelmiszerekben található radioaktív izotópokról, az emberi szervezet radioaktív belső szennyezettségének, valamint a létesítményi kibocsátási adatok gyűjtése, nyilvántartása és elemzések készítése. A Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ (a továbbiakban: NNGYK) szakmai támogatást nyújt az OAH részére e feladat ellátásához.

A mérési eredményekből az OKSER Szakbizottság minden évben éves jelentést készít. Jelen kiadvány a 2024. évi mérési eredmények feldolgozását mutatja be.


Kádár Andrea Beatrix
az OKSER Szakbizottság elnöke



1 Bevezetés

1.1 A mérési adatok megjelenítése

Az OKSER 2024. évi jelentése az OAH által működtetett Radiológiai Információs és Szolgáltató Központ adatbázisába beküldött eredményeken alapul. Egy összefoglaló, éves jelentésben természetesen nem lehet minden egyes adatot szerepeltetni (a 2024. évre vonatkozó mérési eredményeket több mint 105.000 rekord tartalmazza). Az eredmények feldolgozásánál, összesítésénél és bemutatásánál a következő főbb szempontokat érvényesítettük:

- a) A jelentés szövegében az izotópok jelölését „^{AAA}Xy” alakban, 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) 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 aktivitási¹ és összes alfa-aktivitási² adatokat sem.
- d) A környezeti gamma-dózisteljesítmény adatokat egyes laboratóriumok prefixálva Gy/h, más laboratóriumok Sv/h egységben közlik, a jelentésben egységesen Sv/h szerepel.
- 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 vármegyei szintig lebontottak, – kivétel a gamma-dózisteljesítmény és a felszíni vizek ellenőrzése – a feldolgozás térbeli felbontása is ennek megfelelő. 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.
- g) A jelentés táblázataiban a „kimutatási határ alatti” esetek jelzésére a „Kha” rövidítést használtuk. Megjegyezzük, hogy a kimutatási határ ugyanazon mintafajta és izotóp esetén is laboratóriumonként eltérő lehet.
- 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

¹ Az összes-béta aktivitás a mintában található béta-sugárzó izotópok összes aktivitását jelenti, rendszerint a kisenergiájú

³H és ¹⁴C nélkül

² Az összes alfa-aktivitás a mintában található alfa-sugárzó izotópok összes aktivitását jelenti

kimutatási határ értékével vettük figyelembe); azonban az országos táblázatokban az országos összesítéseknél (a táblázatok alsó soraiban) ekkor sem adtuk meg a szórást, csak a vármegyei eredményeknél;

- 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;
- az eredmények összesített számán kívül, minden esetben feltüntettük a kimutatási határ alattiak számát is.

- i) A térképeknél – az egységes megjelenítés érdekében – mindenütt a maximum értékeket tüntettük fel.

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 balesetéből származó ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációja a talajban).

Kiegészítésként megjegyezzük, hogy a jelentésben szereplő adatoknál több tekintetben részletesebb, elemzőbb összefoglalókat találhatunk az egyes tárcák mérőhálózatainak tevékenységéről, illetve az egyes létesítmények környezetellenőrzéséről szóló cikkekben, jelentésekben.

1.2 Az Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer tagjai

Az OKSER tagjai 2024-ben (a Rendelet 1. sz. melléklete alapján)

1. a katasztrófák elleni védekezésért felelős miniszter által vezetett minisztérium
2. az egészségügyért felelős miniszter által vezetett minisztérium
3. a környezetvédelemért felelős miniszter által vezetett minisztérium
4. az agrárpolitikáért felelős miniszter által vezetett minisztérium
5. az élelmiszerlánc-felügyeletért felelős miniszter által vezetett minisztérium
6. a felsőoktatásért felelős miniszter által vezetett minisztérium
7. a honvédelemért felelős miniszter által vezetett minisztérium
8. a közigazgatás-szervezésért felelős miniszter által vezetett minisztérium
9. a HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. (továbbiakban: HungaroMet Nonprofit Zrt.)
10. a Magyar Tudományos Akadémia
11. az OAH
12. az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. (a továbbiakban: PA Zrt.)
13. a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (a továbbiakban: RHK Kft.)
14. a Mecsekérc Zrt.
15. az NNGYK
16. a Magyar Kutatási Hálózat
17. az Izotóp Intézet Kutató, Fejlesztő, Termelő és Szolgáltató Kft. (a továbbiakban: Izotóp Intézet Kft.)
18. a Bányavagyon-hasznosító Nonprofit Közhasznú Kft.

1.3 Az OKSER Szakbizottság tagjainak képviseletét ellátó szakértők 2024-ben

1. Szeitz Anita (Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság képviseletében)
2. Dr. Sáfrány Géza (Belügyminisztérium Egészségügyi Ágazat képviseletében)
3. Ádámné Sió Tünde (Agrárminisztérium, mezőgazdaságért és vidékfejlesztésért felelős államtitkárság, valamint élelmiszerlánc-felügyeletért felelős államtitkárság képviseletében)
4. Lókiné Nagy Enikő Éva (Energiaügyi Minisztérium, környezetvédelmi ágazat; valamint Közigazgatási és Területfejlesztési Minisztérium képviseletében)
5. Milecz-Mitykó Richárd és Szabados György (Technológiai és Ipari Minisztérium, foglalkoztatásért és felnőttképzésért felelős helyettes államtitkárság képviseletében)
6. Veres József ezredes (Honvédelmi Minisztérium - MH Sodró László 102. Vegyiharc Ezred)
7. Nagy József (HungaroMet Nonprofit Zrt.)
8. Dr. Zagvyai Péter (Energiatudományi Kutatóközpont)
9. Kapitány Sándor (OAH)
10. Dr. Bujtás Tibor (PA Zrt.)
11. Dr. Radó Krisztián (RHK Kft.)
12. Molnárné Róna Éva (Mecsekérc Zrt.)
13. Glavatszkih Nándor (NNGYK - Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály)
14. Kocsis Erika (Bányavagyon-hasznosító Nonprofit Közhasznú Kft.)
15. Kovács Bence Árpád (Izotóp Intézet Kft.)

1.4 A lakossági sugárterhelés forrásainak ismertetése

A lakosságot folyamatosan éri ionizáló sugárzás, mivel az ionizáló sugárzást létrehozó anyagok jelen vannak a környezetünkben, mind az élőlényekben, mind a természetes, illetve a mesterséges eredetű élettelen anyagokban is.

Az emberiséget érő sugárzásokat többféleképpen csoportosíthatjuk. A sugárzás eredete alapján megkülönböztetünk természetes és mesterséges eredetű sugárforrásokat. A sugárzás forrása és a sugárhatást elszenvedő egyén relatív elhelyezkedése alapján pedig, megkülönböztetünk külső és belső sugárforrásokat. Amennyiben a sugárforrás a szervezetünkön kívül helyezkedik el, külső sugárforrásról beszélünk. Azonban, ha a radionuklid táplálkozás vagy légzés (esetleg sérülés) során bejut a szervezetbe, és ott hosszabb-rövidebb ideig megkötődik, akkor belső sugárforrásról van szó.

A természetes eredetű sugárzás két fő forrása az űr és a földkéreg. Az űrből a Föld légkörébe érkező nagy energiájú részecske sugárzások, az elsődleges kozmikus sugárzások (kozmikus sugárzás) és a másodlagos folyamat során, a magaslégkörben lejátszódó reakciók miatt keletkező kozmogén radionuklidok. A kozmikus sugárzás egy részét a Föld mágneses tere eltéríti, amelynek mértéke a földrajzi szélességtől, illetve a naptevékenység keltette mágneses terek változásától függ. Eredetük szerint megkülönböztethető a galaktikus és a szoláris kozmikus sugárzás. A kozmikus sugárzás értéke magasság és földrajzi szélesség függő.

A földkéregi eredetű sugárzások tekintetében ma már csak azok a radioizotópok (valamint bomlástermékeik) találhatók meg a Földön, (a mesterségesen előállítottakat nem számítva) amelyeknek a felezési ideje összemérhető a Föld korával. Ezeket földkéregi vagy terasztriális

eredetű radionuklidoknak is szokás nevezni. A dózisterhelés szempontjából az alapvető primordiális radionuklidok a ^{40}K , ^{232}Th és ^{238}U izotópok.

A természetes sugárterhelés legnagyobb része - mintegy fele, kétharmada - az ^{238}U bomlási sor részét képező gáznemű ^{222}Rn (radon)-tól és annak leányelemeitől származik, emiatt ez a radionuklid külön figyelmet érdemel. Az ^{238}U és bomlástermékei jelen vannak minden környezeti elemekben, de változó mennyiségben. Legnagyobb aktivitás-koncentrációban a talajokban és a kőzetekben, valamint a felhasználásukkal készített építőanyagokban találhatók meg. A radon a legnagyobb koncentrációban a talajszemcsék közötti térben van jelen, ahonnan az épületekbe a talajfelszín alatti határoló felületeken keresztül juthat be. A radon a szabadban gyorsan felhígul, de zárt terekben (pl. lakásokban, munkahelyeken) feldúsulhat, és magas szintet érhet el a koncentrációja.

A mesterséges eredetű, az ember által előállított ionizáló sugárforrásoktól származó hatások a röntgen sugárzás felfedezésétől, azaz 1895-től érik az emberiséget. Mesterségesen előállított izotópokat alkalmaznak az iparban, a kutatások során és a gyógyászatban is.

Az Egyesült Nemzetek Atomsugárzás hatásaival foglalkozó Tudományos Bizottsága (The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, a továbbiakban: UNSCEAR) jelenleg is aktuális, „Sources and Effects of Ionizing Radiation” címmel, 2000-ben megjelent kiadványa szerint a felnőtt lakosság természetes és mesterséges forrásból várható éves effektív dózisének világátlagos körülbelül 3 mSv. A természetes forrásból származó éves effektív dózis körülbelül 2,4 mSv, ebből a legnagyobb járulékot a radon és leányelemei képezik 1,3 mSv-es értékkel. A földkérgi eredetű radionuklidok okozta sugárterhelés körülbelül 0,48 mSv, a kozmikus sugárzás körülbelül 0,39 mSv dózist eredményez. Az emberekben lévő és a beléggzéssel, lenyeléssel bevitt természetes radionuklidoktól származó sugárterhelés kb. 0,31 mSv. Ennek kb. fele a ^{40}K radionukliddal származik. A mesterséges forrásból származó éves effektív dózis értéke körülbelül 0,65 mSv. A mesterséges eredetű sugárzás forrásai: radioaktív hulladékok, nukleárisfegyver-kísérletek, radioizotópok előállítása és felhasználása, orvosi alkalmazások, sugár- és nukleáris balesetek, működő atomerőművek – beleértve az egész nukleáris üzemanyagciklust. A mesterséges sugárterhelés esetében a legnagyobb hozzájárulást világátlagban az orvosi alkalmazás képviseli 0,62 mSv éves átlagos többletdózissal. [2]

Hazánk lakosságának természetes és mesterséges forrásból származó, becsült éves sugárterhelését a 8.3 fejezet mutatja be részletesen.

Hazánkban az orvosi eredetű sugárterheléseken kívül, az alábbi létesítmények okozhatnak mesterséges eredetű sugárterhelést:

- A kiemelt létesítmények:
 - MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Paksi Atomerőmű,
 - BME Nukleáris Technikai Intézet (a továbbiakban: BME NTI) Oktatóreaktora,
 - RHK Kft. Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója,
 - Energiatudományi Kutatóközpont által üzemeltetett Budapesti Kutatóreaktor (a továbbiakban: BKR),
 - Izotóp Intézet Kft. Izotópgyártó A-típusú laboratórium,
 - RHK Kft. Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló,
 - RHK Kft. Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló.
 - Bányavagyon-hasznosító Nonprofit Közhasznú Kft.
- A radioaktív anyagot alkalmazó munkahelyek.
- Ionizáló sugárzást létrehozó berendezéseket alkalmazó munkahelyek.
- A külföldi atomerőművek, amelyek potenciális veszélyforrást jelenthetnek, jellemzően:
 - Mochovce (Szlovákia),
 - Bohunice (Szlovákia),
 - Krško (Szlovénia),

- Dukovany (Csehország),
- Temelin (Csehország).

Az OKSER jelentés tartalma nem terjed ki a lakosság természetes, illetve orvosi eredetű teljes sugárterhelésének meghatározására.

A lakossági sugárterhelés mesterséges forrásból származó járulékaiknak számítása során elsősorban a kiemelt létesítmények radioaktív kibocsátásait, környezetellenőrzési eredményeit kell figyelembe venni és megállapítani, hogy mely létesítmény, milyen többletdózissal járul hozzá a lakosság sugárterheléséhez.

2 Létesítményi kibocsátások, kibocsátási korlátok

2.1 Kibocsátási korlátok származtatása, korlátok az egyes létesítményekre vonatkozóan

Az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről szóló 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet (továbbiakban KöM rendelet) rendelkezik az atomenergia alkalmazása során a radioaktív anyagoknak a levegőbe és vízbe történő kibocsátásáról, a vizek és víztartó képződmények radioaktív és hőszennyezés elleni védelméről, a levegő és a vízi környezet radioaktív szennyeződése ellenőrzéséről, továbbá az e tevékenységeket végzőkre vonatkozóan állapít meg előírásokat.

Annak érdekében, hogy egy adott tevékenységből származó, adott és ellenőrzés alatt tartott forrásból eredő foglalkozási vagy a lakosság tagjaira vonatkozó sugárterhelés az észszerűen elérhető legalacsonyabb szintet jelentősen ne haladja meg, a forrásra vonatkozóan dózismegszorítást kell alkalmazni. A dózismegszorítást, a lakosságot érintő valamennyi engedélyezett tevékenységből és fennálló sugárzási helyzetből eredő dózisek összegére vonatkozó dóziskorlát figyelembevételével kell megállapítani. A dózismegszorítás – a létesítmények jellegének megfelelően – a Paksi Atomerőmű esetében 90 $\mu\text{Sv/év}$, a Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója részére 10 $\mu\text{Sv/év}$, a püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló (a továbbiakban: püspökszilágyi RHFT), valamint a bátaapáti Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló (a továbbiakban: bátaapáti NRHT) részére 100 $\mu\text{Sv/év}$, az Energiatudományi Kutatóközpont által üzemeltetett BKR részére 50 $\mu\text{Sv/év}$, a BME NTI által üzemeltetett Oktatóreaktorra 50 $\mu\text{Sv/év}$ és a bezárt uránbánya területének helyreállítására 300 $\mu\text{Sv/év}$.

A KöM rendelet szerint, a kiemelt létesítmények radioaktív kibocsátásaira vonatkozó éves kibocsátási határértékeit a dózismegszorításból kiindulva kell származtatni. A határértékek származtatását a KöM rendelet 1. számú mellékletében foglalt szempontok figyelembevételével kell elvégezni úgy, hogy - a kibocsátási határérték betartása, illetve a kritérium teljesülése esetén - a lakosság éves sugárterhelése ne haladja meg a dózismegszorítást. A kibocsátási határértéket minden olyan radionuklidra, vagy azok csoportjaira származtatni kell, amelyek kibocsátásra kerülhetnek. Egyéb létesítmények radioaktív kibocsátásaira alapértelmezés szerint a KöM rendelet 2. számú mellékletében foglalt, jogszabályban rögzített éves kibocsátási határértékek érvényesek, amelyektől csak a kiemelt létesítményekre vonatkozó módszertan szerint meghatározott, külön eljárásban kiadott engedély alapján térhetnek el.

A KöM rendelet szerint az engedélyes a kibocsátások és a környezet ellenőrzését, az I. fokú környezetvédelmi hatóság által jóváhagyott Kibocsátásellenőrzési- illetve Környezetellenőrzési Szabályzatok alapján köteles végezni.

Elsőfokú környezetvédelmi hatóságként, a KöM rendeletben foglalt hatósági felügyeletet a környezet- és természetvédelmi hatáskörben eljáró Baranya Vármegyei Kormányhivatal (a továbbiakban: BAVKH) Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Hulladékgazdálkodási Főosztálya, valamint a BAVKH Népegészségügyi Főosztály Laboratóriumi Osztály Népegészségügyi, Állategészségügyi és Környezetvédelmi Laboratóriumának Radiológiai Csoportja (a továbbiakban: BAVKH NF LO) látja el. A helyszíni hatósági ellenőrzéseket a BAVKH Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Hulladékgazdálkodási Főosztály és a BAVKH NF LO közösen látja el.

A Rendelet az OKSER feladataként jelölte meg a kiemelt létesítmények környezetében kialakult sugárzási helyzet hatósági értékelését.

2.2 A kiemelt létesítmények kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata

2.2.1 A Paksi Atomerőmű kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata

A radioaktív anyagok kibocsátásának, valamint a környezet radioaktív terhelésének ellenőrzése céljából az PA Zrt. egy széleskörűen kiépített üzemi kibocsátás- és környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszert üzemeltet. A rendszert egyrészt távmérő hálózatok mérései, másrészt mintavételen alapuló laboratóriumi vizsgálatok képezik. A telepített kibocsátás és környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszer (KKSER) egy szűkebb részét a környezeti A és B típusú levegőmonitoring távmérő állomások, a G típusú dózisteljesítményt mérő állomások és a V típusú vízmintavételeket ellátó állomások hálózata, továbbá a meteorológiai adatokat szolgáltató berendezések – röviden környezetellenőrző hálózat – képezik.

A környezetellenőrző hálózat érzékelői több, mint 130 különböző sugárzási- és meteorológiai paraméterről szolgáltatnak folyamatosan, 10 perces mérési időciklusokban információt, amelyek jelkábelen és/vagy rádiótelefonon keresztül számítógépes adatgyűjtő és -feldolgozó egységekbe kerülnek. Innen a sugárzási adatok a különböző technológiai vezénylők megjelenítőin követhetők nyomon. Határérték túllépéskor a vezénylőkben fény- és hangjelzés hívja fel a figyelmet az adott mérőcsatorna jelzésére. A távmérő állomások aktív és passzív mintavevő egységekkel is fel vannak szerelve, amelyek laboratóriumi vizsgálatok céljára folyamatos mintavételt végeznek a különböző környezeti közegekből. A környezet mintavételes ellenőrzése, azaz a környezeti mintákban lévő radioaktív izotópok aktivitás-koncentrációjára, valamint a környezeti gamma-sugárzás dózisára vonatkozó vizsgálat célja, hogy közvetlen mérési adatokat kapjanak az erőműből kibocsátott radioaktív izotópok által létrehozott környezetterhelésről. Az érzékeny, nuklidspecifikus laboratóriumi vizsgálatok kiegészítik, egyben pontosabbá teszik a távmérések útján kapott képet. Az ellenőrzés főleg az elsődleges környezeti közegekre – a légköri eredetű, a talajfelszíni, a felszíni víz és a talajvíz mintákra – terjed ki. A minták túlnyomó része az erőmű 1,5-3 km-es, néhány a 30 km-es (14 db környezeti dózist mérő C típusú állomás) sugarú körzetéből származik. A dunaföldvári B (vagy B24) állomást kontroll állomásnak tekintik. A legfontosabb mintákat a távmérő és mintavevő állomások folyamatos üzemi aktív mintavevői szolgáltatják (aeroszol-, jód-, illetve vízminták). A táplálékféleségek közül a normálüzemi ellenőrzés a fűre, a tejre és a halra korlátozódik. Az erőmű normál üzemelése mellett, a környezeti minták gyűjtése (a mintacserék végzése) előre meghatározott program szerint történik. A mintákat a Környezetellenőrző Laboratóriumban dolgozzák fel és mérik meg aktivitás-koncentrációjukat. A mérési eredményekről a laboratórium vizsgálati jegyzőkönyvet, heti, havi és éves jelentést készít, amelyeket az érintett hatóságok részére rendszeresen megküldenek. Évente legalább 4000 különböző minta vizsgálatára kerül sor, a mérési eredmények száma pedig – a nuklidspecifikus vizsgálatoknak köszönhetően – 10 000 körül mozog.

2.2.2 A Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata

A környezeti sugárvédelmi (radiológiai) ellenőrzés célja, hogy – folyamatos mintavételezéssel és méréssel – megfigyelje a tároló környezetében a sugárzási helyzetben (aktivitásszint, gamma-dózisteljesítmény) beálló változásokat, tendenciákat. A radiológiai környezetterhelést vizsgáló rendszert alkotó monitor elemek két csoportba oszthatók: a környezetellenőrzési és a kibocsátást ellenőrző csoportba. Bár feladatukat tekintve vannak olyan monitor elemek, amelyek mindkét funkciót ellátják, de a két csoport objektumai térben elkülönülnek. Az első a telephely tágabb (néhány km-re lévő) térségében helyezkedik el, míg a másodikba a kibocsátás detektálására a telephelyen vagy annak közvetlen közelében lévő észlelési, mintázási helyszínek tartoznak.

A kibocsátások sugárvédelmi ellenőrzése rögzített mintavételi helyeken történik. A légköri kibocsátások ellenőrzésére három kibocsátás ellenőrzési pont, a vízkörnyezeti kibocsátásokra kettő (+egy) pont szolgál. Folyamatos dózisteljesítmény-mérés mellett aeroszol, légköri trícium és radiokarbon mintavétel, majd kiértékelés szolgálja a kibocsátás folyamatos ellenőrzést.

A létesítmény sajátosságait és a helyszíni viszonyokat figyelembe véve, öt környezeti monitoring állomás létesült. Ezek az állomásokon folyamatos környezeti dózisteljesítmény mérés mellett aeroszol-, kihullás-, légköri trícium és radiokarbon, valamint talaj- és növényi mintavétel történik. A bátaapáti NRHT telephelyén környezeti laboratórium működik, ahol a környezeti minták hagyományos gamma- és összes-béta vizsgálatait, illetve ezek előkészítési munkáit végzik. A nehezen mérhető izotópok mérései, illetve a kapcsolódó technológiai rendszerek karbantartási feladatainak ellátásához, külső vállalkozóval nyílt közbeszerzési pályázat útján szerződést kötöttek.

A hagyományos környezetellenőrző monitoring keretébe tartozik a meteorológiai paraméterek mérése, a levegőben lévő szennyező anyagok (por, nitrogén-dioxid stb.) kimutatása, a mederüledékekben lévő (a tágabb környezetből származó) és a bátaapáti NRHT-ba vezető út mentén a közlekedési eredetű toxikus nyomelemek megfigyelése, valamint a zajterhelés mérése. A kibocsátások sugárvédelmi ellenőrzése rögzített mintavételi helyeken történik. A létesítményből csak tervezett és ellenőrzött módon, gyűjtőtartályokból kerül kibocsátásra víz. A légköri kibocsátások ellenőrzésére három kibocsátás-ellenőrzési pont szolgál.

A monitoring elemek utolsó csoportjába a földtani (geotechnikai)-, vízföldtani monitoring elemek tartoznak, amelyek a felszín alatti térségek és a földtani gát állapotának folyamatos ellenőrzését teszik lehetővé.

2.2.3 A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata

A püspökszilágyi RHFT környezeti megfigyelő rendszerének célja, hogy a radioaktív hulladékok kezelésének és tárolásának környezeti hatásait, illetve a munkavégzés közben keletkezett esetleges szennyeződések időben feltárja. A mintavételezés a telephely teljes területét, felszíni vízfolyások esetében pedig 5 km-es körzetét érinti.

A püspökszilágyi RHFT környezeti kibocsátásait és környezetellenőrzésének rendszerét, a hivatalos üzemviteli dokumentumok részeként kiadott, az illetékes hatóságok által jóváhagyott kibocsátás-ellenőrzési szabályzat, a környezetellenőrzési szabályzat határozza meg. A püspökszilágyi RHFT területén légköri vagy folyékony (elsősorban csapadékvíz) radioaktív kibocsátásokra, üzemszerűen csak az ellenőrzött zónában elhelyezkedő üzemi épületből és a tárolóterületről kerülhet sor. A légnemű kibocsátás ellenőrzése, az üzemi épület szellőző rendszerének a kéményébe telepített légköri, valamint aeroszol mintavevővel történik. A tárolóterület és az üzemi épület kibocsátását, az uralkodó szélirányba telepített folyamatos üzemű aeroszol monitorok is ellenőrzik. A tároló üzembe helyezése előtt meghatározták a tároló környezetének leglényegesebb pontjain (a környező vízfolyások mentén és a talajvízben) az úgynevezett alapszintet, azaz a működés előtti sugárzási háttérértékeket. Az ellenőrző mérések eredményeit, ezekhez az 1976-77-ben meghatározott adatokhoz is viszonyítják. A püspökszilágyi RHFT radiológiai környezetellenőrzési tevékenysége több laboratórium munkáján alapul, azonban saját környezeti laboratóriuma végzi az alapvető, legszükségesebb méréseket. A szerződéses partnerek végzik a speciális méréseket, illetve a nehezen detektálható izotópok kimutatását a környezeti mintákban. A telephely környezetellenőrző laboratóriuma jellemzően 40 különböző mintavételi helyről gyűjt rendszeresen növény, talaj, üledék/iszap, aeroszol, kihullás, állati eredetű, felszíni- illetve talajvíz mintákat gamma-spektrometria és összes-béta számlálás céljából. A telephely környezetéből éves szinten mintegy 600 mintát (aeroszol, növény, talaj, hal, felszíni- és talajvíz) vesznek. A tároló környezetében mérhető radiológiai jellemzők számítógépes nyilvántartásába kerülnek.

2.2.4 A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata

A környezeti sugárzási szintek folyamatos monitorozása, a mintegy 0,27 km² kiterjedésű telephelyen kihelyezett 17 db (közülük 1 detektorpár, gépkocsi be/kihajtó közlekedési út két oldalán) GM szondával történik. A dózisteljesítmény folyamatos mérése mellett a telephelyen 5 kistérfogatú környezetmonitorozó mérőállomás található, valamint 1 nagytérfogatú állomás. A mérési módszerek és az éves mintaszámok az alábbiak:

- napi (heti 4 napon) aeroszol-mintavétel (kistérfogatú állomások) 5 állomáson, szakaszos kiértékelés összes-béta-számlálással (éves mintaszám 1020), valamint gamma-spektrometriával a hetente egyesített mintákból (éves mintaszám 52);
- heti elemi jód mintavétel, szakaszos kiértékelés összes-béta-számlálással, gamma-spektrometriával 2 állomáson (éves mintaszám 102; az előző aeroszol mintákkal közös gamma-spektrometriás mérés);
- heti szerves jód mintavétel, szakaszos kiértékelés gamma-spektrometriával 2 állomáson (éves mintaszám 104);
- heti aeroszol, elemi jód és szerves jód szakaszos kiértékelés gamma-spektrometriával a nagytérfogatú állomáson vett mintával (éves mintaszám 153);
- nedves és száraz kihullás egyesített mintavétele 4 állomáson, kiértékelés gamma-spektrometriával (éves mintaszám: 3×12 (havi) + 51 (heti), összesen 87).

A szennyvízkibocsátás ellenőrzése a telekhatár közelében elhelyezkedő vízmintavevő állomáson havi mintavétel történik. Trícium és gamma-spektrometriás mérés a kimenő szennyvízből vett mintából havonta egyszer (éves mintaszám: 12).

2.2.5 A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata

A reaktorépület több pontján gamma- és neutron detektorok folyamatosan mérik a dózisteljesítményt. Emellett a levegő aktivitását a primerkörben, valamint a hulladékvíz-kezelő rendszerben lévő víz aktivitását is folyamatosan monitorozzák és archiválják. Az ellenőrzés főbb elemei a következők:

- Kibocsátás mérése: a kibocsátott levegőben GM-csöves folyamatos dózisteljesítmény mérés és annak aeroszol-tartalmához kapcsolódó havi egyszeri radioaktivitás szakaszos mérése összes-béta számlálással.
- Környezeti ellenőrző mérések: gamma-dózisteljesítmény folyamatos mérése két RS-04 típusú széles méréshatárú dózisteljesítmény mérővel a bejáratnál és a reaktorépület melletti kertben, aeroszol-mintavétel hetente 3-szor (éves mintaszám 150), összes-béta- és összes-gamma mérés szakaszosan, a rövid felezési idejű radon-leányelemek lebomlása után; a száraz és nedves kihullás meghatározása, szakaszos mintavétellel, havonta egyszer összes-béta számlálással (éves mintaszám 12), a talajra és a növényzetre kiülepedett, illetve a növényzet által felszívott radioaktivitás mérése évente kétszer gamma-spektrometriával.

2.2.6 A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetellenőrző hálózata

A mecseki uránércbányászat termelő tevékenysége, a 2161/1994. (XII. 30.) számú Kormányhatározat alapján, 1997. évben befejeződött. A bányászatból és az ércfeldolgozásból származó környezeti károk felszámolása és a környezet helyreállítása, a rekultivációs tevékenység végzése, valamint a folyamatos monitoring a 2385/1997. (XI. 26.) számú Kormányhatározattal elfogadott Beruházási Program, és a Dél-dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőség (jelenleg Baranya Megyei Kormányhivatal Pécsi Járási Hivatal) által kiadott 917-19/2023. számú környezetvédelmi működési engedély alapján történik.

A mecseki uránércbányászat megszüntetéséhez kapcsolódó, állami felelősségi körbe tartozó rekultivációs és környezetvédelmi feladatokat, az üzemeltetői feladatokat a Bányavagyon-hasznosító Nonprofit Közhasznú Kft. Mecseki Környezetvédelmi Bázis (MKB) fióktelepe látja el.

A helyreállított üzemi területek, az I., II. és III. bányaüzem udvarok, valamint az Ércdúsító Üzem (ÉDÜ) üzemi területek radiológiai állapotának az ellenőrzése hosszabb időciklusban, 4 évente történik. Ennek során 20x20 m-es négyzethálóban, a talajszinttől 1 m magasságban gamma dózisteljesítmény felmérésre, valamint 50x50 m-es hálóban komplex radonvizsgálatokra kerül sor (nyílt levegő és talajgáz ^{222}Rn koncentráció, talajfelszín ^{222}Rn -exhaláció). A felmérést talaj- és növényminták begyűjtése és gamma-spektrometriai elemzése egészíti ki.

A hosszú távú monitoring jelenlegi stádiumában radiológiai monitoringgal ellenőrizzük azokat a meddőhányókat, ahol a meddő anyagának radioaktivitása ezt indokoltá teszi. Ezek a következők: az I., II. és III. bányaüzemi meddők, a II/A, III/A, valamint a Frici-tárói meddőhányók. A meddőhányók rekultivációja hivatalosan is lezártnak tekinthető.

A meddőhányók szezonális radonvizsgálatokat folyamatosan (évszakonként, évente 4 alkalommal), 4 évente pedig részletes területi felmérést és radionuklid-migrációs vizsgálatokat végzünk.

Technikai értelemben a két zagytározó rekultivációja is befejeződött. A szezonális radonvizsgálatokat folyamatosan (évszakonként, évente 4 alkalommal), 4 évente pedig részletes területi felmérést és radionuklid-migrációs vizsgálatokat végzünk.

Az előírt monitoring tevékenységek közül a mintavételeket és labor vizsgálatokat a Mecsekérc Környezetvédelmi Zrt. végezi.

3 A hatósági ellenőrzés rendszere

3.1 A hatósági ellenőrzést folytató szervezetek bemutatása

3.1.1 A Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály

A fővárosi és vármegyei kormányhivatal, valamint a járási (fővárosi kerületi) hivatal népegészségügyi feladatai ellátásáról, továbbá az egészségügyi államigazgatási szerv kijelöléséről szóló 385/2016. (XII. 2.) Korm. rendelet szabályozza többek között az NNGYK munkáját.

Az NNGYK Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztálya (a továbbiakban: NNGYK SSFO) akkreditált Sugáregészségügyi Vizsgáló Laboratóriuma vizsgálja és méri a lakossági, foglalkozási, orvosi, civilizációs és környezeti sugárterhelést, azok ésszerű csökkentésének lehetőségeit. Vizsgálja és nyomon követi a természetben található radioaktív anyagok felhasználását, továbbá azok bedúsulását eredményező ipari folyamatokat. Ellenőrző méréseket végez a felszíni vizek magyarországi szakaszain, ha azok lakossági ivóvízként vagy az élelmiszergyártás során technológiai vízként kerülnek hasznosításra. Nyomon követi a szabadban lévő természetes külső sugárterhelés alakulását, és ennek érdekében a PA Zrt. a Paksi Atomerőmű környezetében környezeti termolumineszcens dozimetriai hálózatot működtet.

3.1.2 Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal

A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (a továbbiakban: NÉBIH) az Agrárminisztérium háttérintézményeként, országos hatáskörben felügyeli az élelmiszerlánc-biztonsági szabályok betartását. A radioanalitikai vizsgálatokat az Élelmiszerlánc-biztonsági Laboratórium Igazgatóság Radioanalitikai Referencia Laboratórium végzi. A laboratórium 6 telephelyen működik, amelyek közül 5 telephelyen végeznek radioanalitikai vizsgálatokat. A laboratórium összes telephelye akkreditált az MSZ EN ISO/IEC 17025 szabvány szerint. A Radioanalitikai Referencia Laboratórium telephelyei az alábbiak szerint végzik a mintavételt és a vizsgálatokat:

- A budapesti telephely: A laboratórium feladata a hazai és import élelmiszereken, takarmányokon kívül, a mezőgazdasági tevékenységgel és erdőgazdálkodással összefüggő területről származó minták radioanalitikai ellenőrzése. Az akkreditált vizsgálatok kiterjednek a félvezető detektoros és szcintillációs gamma-spektrometrián kívüli kémiai előkészítést igénylő alfa és béta-sugárzó izotópok meghatározására folyadékszcintillációs, alfa-spektrometriás mérés technikával, vagy alacsony háttérű béta-számlálással. A laboratórium részt vesz a nukleáris létesítmények környezetellenőrzésében, a környezetellenőrző minták mintavételében és terepen való mérésekben.
- A szombathelyi, kaposvári, kecskeméti és miskolci telephelyei: a mezőgazdasági tevékenységgel és erdőgazdálkodással összefüggő mintákból, élelmiszerekből, takarmányokból minden telephely végez összes-béta-sugárzás mérést, összes alfa-vizsgálatot, gamma-spektrometriával nuklidszelektív radioaktív izotóp meghatározást, és radiostroncium elválasztást, valamint mérést, továbbá részt vesznek a környezeti minták mintavételezésében. A szombathelyi telephely ezeken kívül alfa-spektrometriás méréseket is végez.
- A szekszárdi telephely: a mezőgazdasági tevékenységgel és erdőgazdálkodással összefüggő minták, élelmiszerek, takarmányok előkészítését radioanalitikai vizsgálatokhoz, valamint a környezeti minták mintavételét végzi.

3.1.3 Baranya Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály, Laboratóriumi Osztály, Népegészségügyi, Állategészségügyi és Környezetvédelmi Laboratórium Radiológiai Csoport

A levegő, a szárazföldi és a vízi környezet radioaktív szennyezésének ellenőrzését a környezetvédelmi hatósági és igazgatási feladatokat ellátó szervek kijelöléséről szóló 624/2022. (XII. 30.) Korm. rendelet értelmében valamennyi környezeti elem vonatkozásában országos illetékességi területtel a BAVKH végzi.

A BAVKH NF LO Magyarország kiemelt létesítményeinek kibocsátás- és környezetellenőrzésére kiterjedően országos illetékességgű környezetvédelmi hatósági laboratórium szerepét tölti be. Mintavételi és mérési programját a KöM rendelet 6. számú melléklete alapján dolgozza ki és hajtja végre. A KöM rendeletben foglaltak szerint részt vesz a kiemelt létesítmények negyedéves, éves hatósági ellenőrzésében.

A BAVKH NF LO részt vesz a nemzetközi vízvédelmi Határvízi Egyezményekben meghatározott radiológiai mintavételezésben és mérésben. Munkatársai a szakértői- és albizottsági üléseken szakértői feladatokat látnak el.

3.1.4 Egészségügyi Radiológiai Mérő- és Adatszolgáltató Hálózat

A környezeti sugáregészségügyi vizsgálatok mérőhálózati feladatait a népegészségügyi feladatkörében eljáró fővárosi és vármegyei kormányhivatal szervezeti keretében működő Egészségügyi Radiológiai Mérő- és Adatszolgáltató Hálózat (a továbbiakban: ERMAH) látja el. Az ERMAH hálózatra vonatkozó szabályokat az egészségügyi ágazat radiológiai mérő- és adatszolgáltató hálózata felépítéséről és működéséről szóló 8/2002. (III. 12.) EüM rendelet tartalmazza a 385/2016. (XII. 2.) Korm. rendeletben meghatározott illetékességi területeknek megfelelően. Ennek megfelelően a hálózatot egy felsőszintű akkreditált radioanalitikai laboratórium (NNGYK) és öt középszintű laboratórium alkotja, amelyenек székelye Miskolc, Debrecen, Szeged, Szekszárd és Győr. A vidéki laboratóriumok a vármegyei Közegészségügyi Osztályok keretében működnek. Az ERMAH Információs Központ (a továbbiakban: ERMAH IK) az NNGYK szervezeti keretében működik.

Az ERMAH feladatkörében a környezeti sugárvédelmi ellenőrzés keretében mintát vételez, valamint helyszíni (külső gamma-dózis, valamint in-situ gamma-spektrometria) és laboratóriumi méréseket (gamma-spektrometria, alfa-spektrometria, összes alfa-béta-aktivitás meghatározás, ^3H meghatározás, ^{90}Sr -meghatározás, radon aktivitáskoncentráció mérés) végez. A mérési adatokat továbbítja a külön jogszabály alapján működő OKSER részére, illetve meghatározza a lakosság természetes és mesterséges forrásokból származó sugárterhelését.

Az ERMAH laboratóriumok által vizsgált minták: levegő aeroszol és fall-out, felszíni víz, hal, talaj, takarmány(széna), fű, gabona, szemestermények, zöldségfélék, gyümölcsfélék, tej és tejtermékek, hús, kenyér, tojás, import élelmiszer, vegyes étrend, ivóvíz és ásványvíz.

3.2 A hatósági ellenőrzés mérési módszerei

A. Levegőszűrők (aeroszol) mérése

- Az ERMAH esetében közepes légforgalmú ($150 \text{ m}^3/\text{h}$ teljesítményű, kb. $3000 \text{ m}^3/\text{nap}$) mintavevővel heti mintákat vesznek, és a szűrők gamma-spektrometriai elemzését végzik el, míg a kis légforgalmú ($2-4 \text{ m}^3/\text{h}$, kb. $50-80 \text{ m}^3/\text{nap}$) mintavevőkkel vett napi minták esetében az összes-béta aktivitást határozzák meg. (Ez utóbbiak esetén a 72 órás pihentetés utáni eredmények veendőк figyelembe.) A mintavevő típusa – azaz az átszívott levegőmennyiség – és az alkalmazott mérés érzékenysége, együttesen határozzák meg a levegő aktivitás-koncentrációjának kimutatási határát. Jellemző kimutatási határértékek: $1-10 \text{ } \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ($20-30 \text{ ezer m}^3$ átszívott levegőből, félvezető detektoros gamma-

spektrométerrel mérve a ^{137}Cs 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 plastikus szcintillációs mérőfejjel ellátott detektorokkal történik, amelyek kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok detektálására alkalmasak. Más laboratóriumokban alacsony háttérű, proporcionális detektorokkal ellátott alfa/béta-számláló készülékekkel történik az összes-béta mérés, amely szintén alkalmasak a kb. 50 keV feletti energiájú elektronok detektálására.

- A NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratórium budapesti telephelyén hetente végeznek szűrőcserét, az átszívott levegő kb. 25000 m³/hét, 72 órás pihentetés után gamma-spektrometriával mérik az aeroszol-mintákat.

B. Kihullás (fall-out) mérése:

- ERMAH esetében a mintavevő edények felülete 0,15-0,4 m². A havi mintázással kapott teljes kihullás-mintáknak a laboratóriumok – felszerelésüktől függően – csak az összes-béta aktivitását mérik, illetve azok gamma-spektrometriai elemzését is elvégzik. A mintavétel és mérés jellemző kimutatási határa 20-500 mBq/(m²·nap) (összes-béta aktivitás-koncentrációra) és 1-20 mBq/(m²·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.
- NÉBIH méréseit tekintve a mintavételi felület 1 m², a mintagyűjtés ideje 1 hónap. Bepárlás után gamma-spektrometria, és összes-béta mérés történik.

C. Talajminták mérése:

- A talajmintákat az előkészítés során tisztítják (eltávolítják a köveket, gyökér-, növénymaradványokat), szárítják, aprítják, homogenizálják. A mérések az összes-béta aktivitás, a gamma-sugárzó radionuklidok és a ^{90}Sr meghatározását jelentik. A ^{90}Sr aktivitás-koncentráció meghatározásához a mintán radiokémiai előkészítést, elválasztást kell végezni.
- Az ERMAH laboratóriumok negyedévente vesznek talajmintát a talaj felső 10 cm vastagságú rétegéből. A mintákon gamma-spektrometriai méréseket végeznek. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a 110 °C-on szárított mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm³ térfogaton) végzik 20000 s mérési idővel. A ^{137}Cs aktivitás-koncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,3-1,5 Bq/kg. Az ERMAH laboratóriumai a talajminták összes-béta aktivitás mérését szcintillációs, valamint alacsony háttérű alfa/béta detektorokkal végzik, amelyek a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok detektálására képesek.
- A NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában a bolygatatlan talajmintákból a felső 5 cm-es és az 5-20 cm-es réteg kerül elemzésre. Mezőgazdasági talajnál a 0-30 cm-es részt vizsgálják. A talajminták γ -spektrometriás vizsgálata szárítás után 450 cm³ térfogatú Marinelli edényben, 80000 s mérési idővel történik minden mintából és rétegből. Az összes-béta aktivitás-koncentráció szűrővizsgálathoz 2 g talajt vizsgálnak. A bolygatatlan talajok felső 5 cm-es szeletéből és a mezőgazdasági talajok 0-30 cm-es rétegéből - kémiai elválasztás után - ^{90}Sr aktivitás-koncentráció is meghatározásra kerül. Jellemző kimutatási határok: ^{137}Cs : 0,3 - 0,5 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,4 - 0,6 Bq/kg.

D. Felszíni vizek mérése:

- Az ERMAH mérési program keretében a ^{137}Cs aktivitás-koncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 2-20 mBq/l.

- Az NNGYK SSFO a Duna-alprogram keretében havi gyakorisággal mintát vesz. A mintaelőkészítés a gamma-spektrometriai elemzés esetén bepárlást (45 literről 150 ml-re), az összes-béta aktivitásmérés esetén bepárlást és 420 °C-on történő hamvasztást, a trícium aktivitásának mérése esetén desztillálást, ⁹⁰Sr-aktivitás-koncentráció mérése esetén további kémiai elválasztást jelent. Az összes-béta aktivitás méréseket alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel végzik. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek. A trícium méréseket folyadékszintillációval végzik, a kálium-koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik.
- A NÉBIH, monitoring programja szerint, a Duna két pontján – Uszód és Gerjen – évente 3-3 alkalommal vesznek felszíni vízmintát trícium vizsgálatra. A minta desztillálása és oxigénmentesítése után, dúsítás nélkül folyadékszintillációs technikával történik a mérés. Az alsó méréshatár 0,9 Bq/l.

E. Ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz:

- Az ERMAH laboratóriumai az ivóvíz minták összes-béta aktivitását, a korábban már említett szintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére alkalmasak. A trícium aktivitás-koncentrációt desztillálást követően folyadékszintillációval (LS) mérik. Jellemző kimutatási határok: 2,0 Bq/l (³H), 5-30 mBq/l (⁹⁰Sr).
- A NÉBIH laboratóriumai is végeznek ivóvíz - elsősorban élelmiszer előállításához használt ivóvíz - méréseket. Minden mintából meghatározásra kerül a trícium, összes-alfa és összes-béta aktivitás-koncentráció. A minták egy részéből felmérő jelleggel gamma sugárzó izotópokat, radiostronciumot, uránizotópokat és ²¹⁰Po izotópot is mérik. Jellemző kimutatási határok; ¹³⁷Cs: 0,0008 - 0,15 Bq/l; ³H: 0,9 Bq/l, összes alfa: 0,038 - 0,07 Bq/l.

F. Takarmány:

- A NÉBIH takarmány mintavételi programja kiterjed a takarmány alapanyagokra, keverékekre és premixekre. A γ -spektrum analízist a takarmány alapanyagok 450 °C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), takarmánykeverékek, premixek esetén eredeti anyag 450 cm³-ből, Marinelli edényben 80000 s mérési idővel; az összes-béta és összes-alfa aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 2 grammjából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként. A takarmány alapanyagokból és a nyers tejjel együtt vett takarmányból, - kémiai elválasztás után - a ⁹⁰Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák. Jellemző kimutatási határok: ¹³⁷Cs: 0,03 - 2,3 Bq/kg; ⁹⁰Sr: 0,05 - 1,1 Bq/kg.
- Az ERMAH laboratóriumok negyedévente, megynként vesznek fű-, illetve szénamintát. 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 aktivitás-koncentráció meghatározását pedig ennek a hamunak 0,3-2 grammjából végzik a laboratóriumok. Az aktivitás-koncentrációt minden esetben száraz tömegre vonatkoztatják. Az összes-béta aktivitásméréseket ugyanazon mérőkészülékkel mérik, mint a talajmintákat. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek. A ¹³⁷Cs aktivitás-koncentráció mérések jellemző kimutatási határa: 0,3-1,5 Bq/kg, az összes-béta aktivitás-koncentrációk minden esetben kimutatási határ felett voltak.

G. Növényi eredetű, nyers élelmiszer:

- A 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), 80000 s mérési idővel, az összes-béta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 2 grammjából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként. Szintén ebből a hamuból történik az összes-alfa szűrővizsgálat (ezek a jelentésben nem szerepelnek). Leveles zöldségfélékből, vadon termő

ehető gombákból, illetve a gyökérzölkségekből - kémiai elválasztás után - a ^{90}Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák. Jellemző kimutatási határok: ^{137}Cs : 0,01 - 0,89 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,03 - 0,12 Bq/kg. A vizsgálati programban szerepel az EU más tagországaiból vagy harmadik országból származó zölkségek, gyümölcsök, fűszerek, szárított gombák, aszalt gyümölcsök ^{137}Cs szűrővizsgálata. A minták mérése eredeti anyagból, általában 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik.

- Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja régióként és negyedévenként 2-3 zölkségfajtát, valamint 2-2 gyümölcsfajtát tartalmaz. A mintaelőkészítés 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 aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 0,3-1g-jából végzik a laboratóriumok. Az aktivitás-koncentrációt nyers tömegre vonatkoztatják. Az ERMAH laboratóriumai a zölkségek, 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 aktivitás-koncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,3 Bq/kg.

H. Gabonafélék és azokból készült termékek:

- A NÉBIH laboratóriumainak monitoring programja ebben az élelmiszer-csoportban is lefedi az országot: búza, árpa, kukorica, rozs minták szerepelnek. A γ -spektrum analízist a minta 450 °C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), 80000 s mérési idővel, az összes-béta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 2g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként. Szintén ebből a hamuból, kémiai elválasztás után a ^{90}Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák. Ezeket a vizsgálatokat, lehetőség szerint minden mintából elvégzik. Jellemző kimutatási határok: ^{137}Cs : 0,02 - 0,9 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,03 - 0,5 Bq/kg. Az NÉBIH vizsgálati programjában szerepel a kenyérfélék, péksütemények ^{137}Cs szűrővizsgálata is. A minták mérése eredeti anyagból, 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik.
- Az ERMAH mintavételi programjai keretében a mintaelőkészítés szárítást, majd hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-ből, az összes-béta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 0,3-2 grammjából végzik a laboratóriumok. Az aktivitás-koncentrációt száraz tömegre vonatkoztatják. Az összes-béta aktivitás mérések ugyanazon mérőműszerrel történnek, mint a zölkség és gyümölcs minták esetében. A ^{137}Cs aktivitás-koncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,2 Bq/kg.

I. Tej, tejtermék:

- A NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában tej, sajt, illetve tejpor minták szerepelnek. A tej mintavétel a monitoring tervben előírtak szerint negyedévente vármegyénként meghatározott tejgazdaságból vagy kistermelőtől, a takarmány mintavétellel együtt történik. Paks környékéről és Mohi atomerőmű környezetéből havonta vesznek mintát. A γ -spektrum analízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30g), 80000 s mérési idővel, az összes-béta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 2 grammjából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként). Szintén ebből a hamuból történik a ^{90}Sr radiokémiai elválasztása. Ezeket a vizsgálatokat minden mintából elvégzik. Jellemző kimutatási határok: ^{137}Cs : 0,01 - 1,5 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,018 - 0,6 Bq/kg.
- Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 vármegyében és a fővárosban, havonta 1-1 tejminta, továbbá negyedévente 1-1 sajt-, túró- vagy tejfölminta vételére terjed ki. A mintaelőkészítés hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-ből, az összes-béta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 0,3-1 grammjából végzik a laboratóriumok, illetve ebből kiindulva

a ^{90}Sr méréséhez 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 ^{137}Cs aktivitás-koncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,25 Bq/kg.

J. Hús és hústermékek aktivitás-koncentrációi:

- A NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában sertés, marha, baromfi, házinyúl, juh, hal és vadhús szerepel. A γ -spektrum analízist 105 °C-on szárított minta 450 cm³-éből (kb. 200-250 g szárított minta), 80000 s mérési idővel végzik a laboratóriumok. Jellemző kimutatási határok: ^{137}Cs : 0,05 - 1,7 Bq/kg. A NÉBIH monitoring programjában szerepel a húskészítmények, tengeri hal és tengeri puhatestűek ^{137}Cs szűrővizsgálata. A minták mérése eredeti anyagból, 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik.
- Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 vármegyében és a fővárosban, negyedévente 1-1 hal, marha, sertés vagy baromfi húsminta vételére terjed ki. A mintaelőkészítés hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-ből, az összes-béta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 0,3-1 grammjából 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. Jellemző kimutatási határ: 0,01-0,2 Bq/kg (^{137}Cs).

K. Vegyes élelmiszer:

- Az ERMAH mérési programjában az ERMAH vizsgálati régiók vármegyéiben történő félévenkénti mintavétel szerepel. A γ -spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított teljes hamujából, az összes-béta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 0,3g-jából végzik a laboratóriumok. A minta ^{90}Sr aktivitás-koncentrációját 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. Az eredményeket Bq/nap egységben adják meg. Jellemző kimutatási határok: 0,01-0,05 Bq/kg (^{90}Sr és ^{137}Cs radionuklidokra egyaránt).

4 Országos mérési adatok értékelése

Az eredmények egyik nagy csoportja az országos sugárzási helyzetet jellemzi általában, míg a másik csoport valamilyen létesítmény működéséhez, annak esetleges hatásaihoz köthető. Jelen fejezetben az országos sugárzási helyzetet jellemző 2024. évi eredmények kerülnek ismertetésre.

4.1 A külső gamma-dózisteljesítmény mérések eredményei

4.1.1 A Radiológiai Távmérő Hálózat adatai

A külső gamma-dózisteljesítmény adatok az Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer (a továbbiakban: OSJER) részeként működő Radiológiai Távmérő Hálózat (a továbbiakban: TMH) mérésein alapulnak. Az OSJER TMH-t hat ágazat működteti. Az OSJER TMH ágazatai és az általuk üzemeltetett mérőállomások száma:

- Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (a továbbiakban: BM OKF) – 56 állomás
- Magyar Honvédség (a továbbiakban: MH) – 38 állomás
- HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. – 27 állomás
- Paksi Atomerőmű Zrt. – 20 állomás
- Kulturális és Innovációs Minisztérium Oktatási Ágazat – 12 állomás
- RHK Kft. bátaapáti telephely – 4 állomás

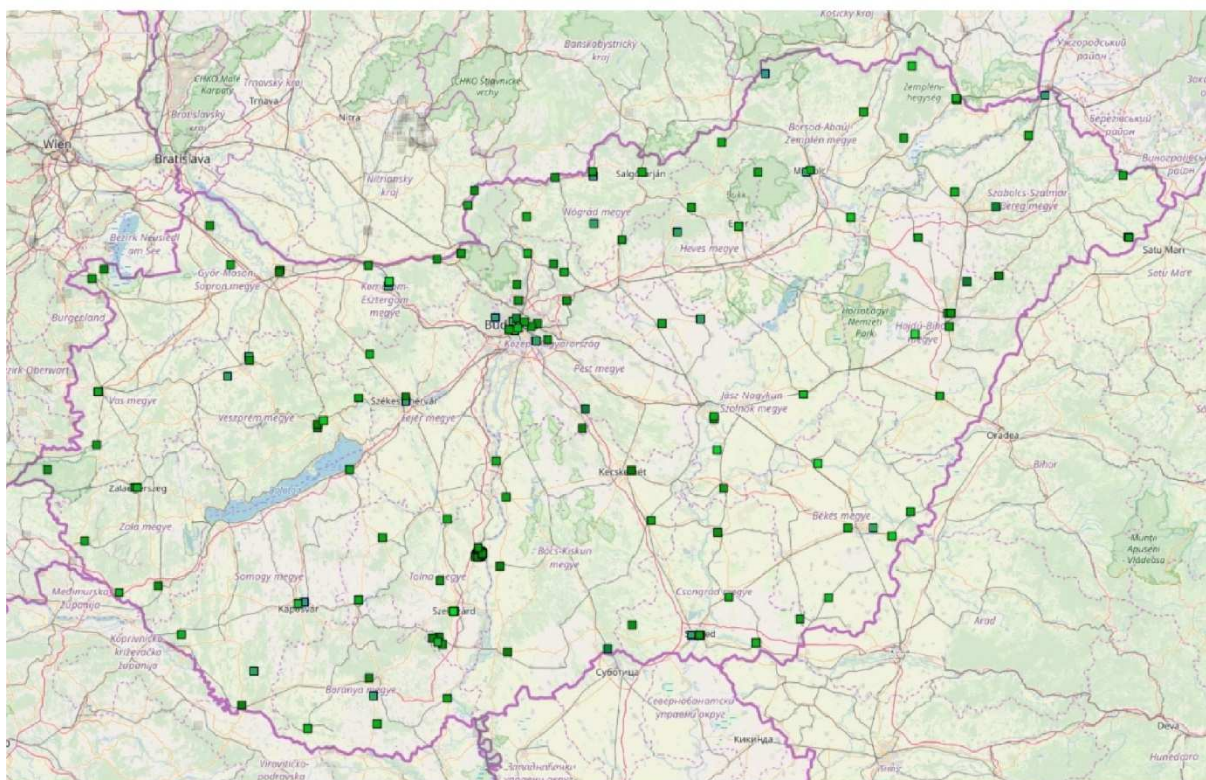
A mérőállomásról származó gamma-dózisteljesítmény adatok az egyes ágazati információs központokon keresztül a BM OKF Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központba (a továbbiakban: NBIÉK) érkeznek, ahonnan a megfelelő feldolgozás után rendszeres időközönként átadják az OKSER adatbázisa számára, valamint a sugárzási adatok felhasználásával készített országos sugárzási helyzetjelentés havi rendszerességgel megküldik az ONER ágazatok vezetőinek.

Alaphelyzetben a BM OKF, az Oktatási Ágazat, a PA Zrt. és az RHK Kft. adatai 10 percenként, a HungaroMet 10 perces adatai óránként, az MH adatai pedig 3 óránként érkeznek az NBIÉK-be. Normál időszakban az adatok éves rendszerességgel kerülnek át az OKSER adatbázisba. A rendszerben a riasztási szint minden mérőállomáson egységesen 500 nSv/h. A BM OKF alkalmaz egy olyan 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. Magasabb működési állapotban a rendszer az OKSER adatbázis számára az adatokat, az alaphelyzethez képest nagyobb gyakorisággal tudja biztosítani.

A mérési adatok a lakosság részére az Európai Unió által indított EURDEP (Európai Radiológiai Adatcsere Platform) honlapon is elérhetők: <https://remap.jrc.ec.europa.eu>.

Az Oktatási Ágazathoz tartozó egyetemeken elhelyezett, 12 mérőszonda dózisteljesítmény adatait a BME NTI gyűjti és értékeli. Az egyetemi mérőhálózat adatai a <http://omosjer.reak.bme.hu/> honlapon elérhetőek.

Az OSJER TMH mérőállomások országos területi elhelyezkedését az 4-1. ábra szemlélteti. Területi eloszlásuk tekintetében megállapítható, hogy az országhatár mentén, illetve kiemelt létesítmények környezetében - pl. Budapest és a Paksi Atomerőmű térségében - az állomások sűrűsége nagyobb, egyes térségekben azonban vármegyénként csak 1-2 állomás található.



4-1. ábra
A dózisteljesítmény-mérőhelyek országos elhelyezkedése

Az adott pontban mérhető környezeti dózisteljesítményt négy tényező határozza meg:

- a kozmikus sugárzás, amelynek országon belüli eloszlása nagyrészt homogénnek tekinthető,
- a talajban található és onnan kikerülő természetes radionuklidok sugárzása,
- az épített környezet jellemzői (a szonda elhelyezkedése),
- a létesítmény működésének hatása.

Az egyes létesítmények környezetellenőrzése szempontjából a negyedik tényező a legfontosabb, a másik három csupán az eredményt befolyásoló „zaj”, azaz a természetes és épített környezet által keltett háttérsugárzás. Ugyanakkor a lakosság sugárterhelésének meghatározásában az összes komponens együttes hatását kell figyelembe vennünk. A mérőállomások telepítési helye alapvetően meghatározza a természetes és épített környezet által keltett háttér dózisteljesítmény szintjét. Pl. a Tatán telepített mérőállomások (HU0304 és HU0416 kódok) eredményei jelentősen eltérnek egymástól (4-1. táblázat), mivel az egyik mérőállomás füves terepen, a másik pedig salakkal borított területen van telepítve, és a salak természetes radioaktivitása jelentősen növeli a dózisteljesítmény szintjét.

4-1. táblázat
Országos dózisteljesítmény eredmények napi átlagainak jellemzői 2024-ben
(N az üzemelő napok számát jelöli)

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0101	Rétság	117	109	129	4	366
HU0104	Ózd	105	95	119	5	365
HU0109	Szekszárd	108	100	119	3	366
HU0118	Veszprém	121	109	136	5	366
HU0120	Budapest XIV. OKF	106	97	118	4	366
HU0124	Salgótarján	120	110	130	5	366
HU0130	Gyomaendrőd	118	103	137	8	359
HU0131	Vajta	106	93	121	6	366
HU0132	Budapest – Ferihegy	99	92	120	3	366
HU0133	Komárom	116	108	131	4	366
HU0134	Szombathely	118	110	127	4	186
HU0135	Solt	102	93	110	4	366
HU0136	Zalaegerszeg	122	113	135	5	366
HU0137	Kisújszállás	115	104	126	5	366
HU0138	Berettyóújfalu	108	84	116	5	363
HU0139	Hajdúszoboszló	112	98	140	8	366
HU0140	Gyula	126	113	142	6	175
HU0141	Mezőkovácsháza	129	112	145	7	366
HU0142	Kiskunfélegyháza	91	79	107	5	363
HU0143	Vámosmikola	109	97	122	6	366
HU0144	Mór	118	111	127	3	333
HU0145	Siófok	100	90	117	7	366
HU0146	Dombóvár	114	103	127	5	366
HU0147	Letenye	121	107	135	5	364
HU0148	Lenti	118	106	132	6	324
HU0149	Tiszaújváros	113	97	132	5	340
HU0150	Balassagyarmat	110	104	119	3	366
HU0151	Barcs	95	84	108	6	366
HU0152	Csenger	107	97	124	4	366
HU0153	Csurgó	113	99	127	7	366
HU0154	Dunaújváros	116	106	126	4	364
HU0155	Eger	105	96	115	4	366
HU0156	Encs	117	64	132	7	365
HU0157	Esztergom	121	113	133	4	366
HU0158	Hajdúnánás	118	103	139	7	366
HU0159	Jászberény	100	69	113	5	366
HU0160	Kalocsa	100	84	108	6	360
HU0161	Kisnémedi	109	97	123	4	366
HU0162	Kisvárd	106	93	133	7	365
HU0163	Körmend	114	104	128	5	366
HU0164	Kunszentmárton	107	98	118	4	366
HU0165	Lébény	104	65	117	7	340

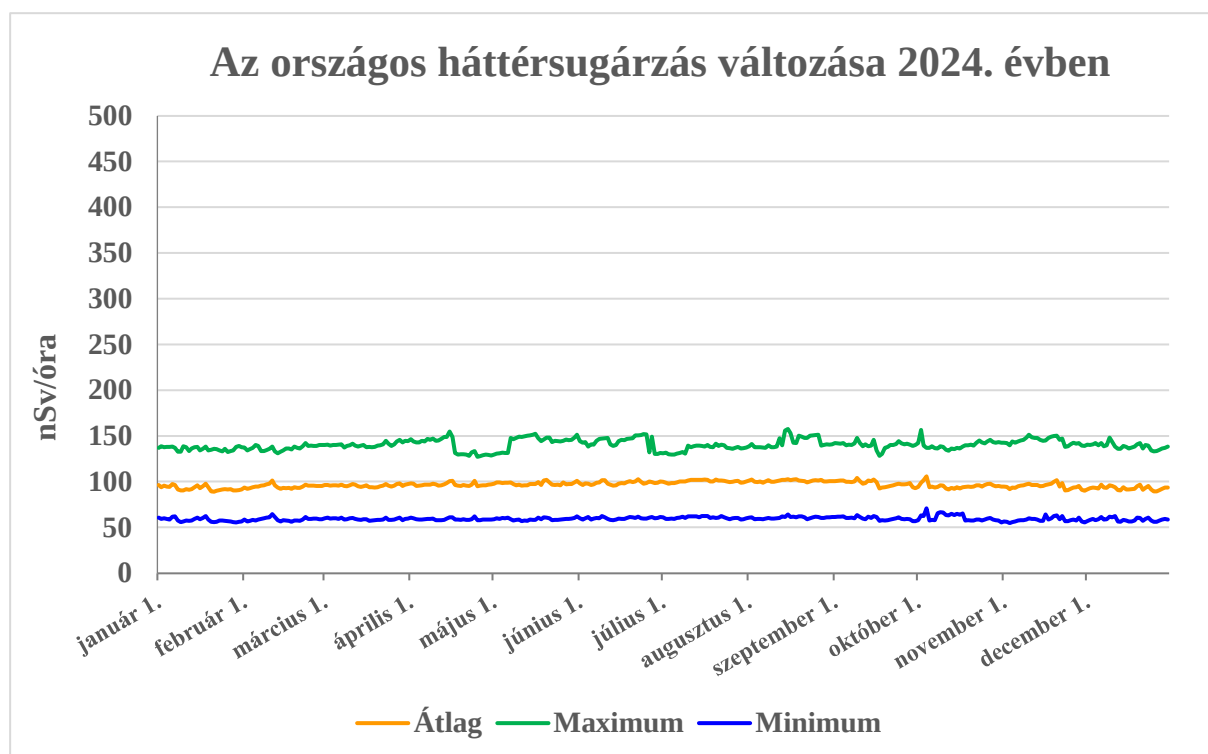
Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0166	Makó	102	92	118	7	366
HU0167	Mohács	123	115	134	4	366
HU0168	Nyíradony	98	87	116	5	366
HU0169	Paks	99	93	109	2	366
HU0170	Ruzsa	93	86	109	3	363
HU0171	Sarkad	114	102	128	6	366
HU0172	Sátoraljaújhely	121	114	141	4	366
HU0173	Sellye	114	98	130	8	366
HU0174	Szatmárcseke	108	99	120	4	366
HU0175	Szécsény	109	100	119	5	366
HU0176	Tamási	117	98	148	13	366
HU0177	Tiszaöldvár	128	120	136	3	366
HU0178	Vác	112	104	120	3	366
HU0179	Váckisújfalu	117	108	128	5	365
HU0201	Bátaapáti - Zsibrik halastó	100	87	120	4	365
HU0202	Bátaapáti - Mórág	112	102	122	4	366
HU0203	Bátaapáti - Rozsdás útelágazás	77	65	99	5	365
HU0204	Bátaapáti - Vadászház	118	108	139	7	366
HU0211	Budapest BME	84	60	95	6	349
HU0212	Budapest ELTE	59	55	71	2	355
HU0213	Budapest SOTE	113	111	127	1	363
HU0214	Debrecen	92	87	101	2	364
HU0215	Gödöllő	93	90	105	1	296
HU0217	Pécs	83	81	87	1	361
HU0218	Sopron	92	92	92	-	1
HU0219	Szeged1 - Szilárdtest és Radiokémia Tanszék	98	96	103	1	365
HU0220	Szeged2 - Orvostudományi Kar	94	92	98	1	249
HU0223	Szombathely	79	72	107	5	141
HU0301	Siklós	117	105	130	5	228
HU0302	Székesfehérvár	76	73	89	2	231
HU0303	Veszprém	79	74	87	2	234
HU0304	Tata	142	132	158	5	226
HU0305	Győr	79	74	91	3	231
HU0307	Várpalota	93	80	147	6	251
HU0310	Debrecen	82	78	93	2	185
HU0311	Táborfalva	82	66	91	5	278
HU0312	Hódmezővásárhely	101	93	125	6	156
HU0313	Szentendre	96	89	106	3	290
HU0316	Kaposvár	123	112	137	4	220
HU0322	Medina	96	90	105	3	172
HU0326	Jobbágyi	88	72	104	6	200
HU0328	Kecskemét	77	67	90	4	271

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0329	Szentés	83	77	91	2	191
HU0330	Budapest X.ker. (HTEK VVR)	94	83	108	6	296
HU0332	Zalaegerszeg	96	92	103	2	99
HU0333	Miskolc	96	91	113	3	147
HU0335	Békéscsaba	94	86	105	3	204
HU0337	Pápa	89	82	118	5	200
HU0338	Szekszárd	139	129	149	4	218
HU0339	Budapest XI. ker. (Őrezred)	95	88	112	3	281
HU0344	Budapest V. ker. HM I	86	81	94	2	282
HU0346	Budakeszi	106	99	120	4	239
HU0348	Pusztavacs	75	64	95	4	225
HU0349	Budapest XV. ker. HTEK (MH LEK 2. RB)	101	81	118	5	264
HU0350	Budapest II. ker. THHE	87	73	104	5	288
HU0351	Recsk	92	85	107	3	206
HU0355	Szolnok Repülőtér	101	92	113	5	239
HU0356	Hajdúhadház	74	69	89	3	157
HU0357	Pápa Repülőtér	82	76	112	4	234
HU0358	Szolnok Repülőtér 2	94	80	111	6	224
HU0359	Nyírtelek	107	99	132	4	185
HU0387	Erdőbénye	102	89	118	5	143
HU0388	Telkibánya	102	95	122	4	185
HU0389	Buják	91	79	107	6	246
HU0391	Bánkút	98	88	116	5	227
HU0400	Mosonmagyaróvár	96	90	117	4	365
HU0401	Napkor	72	67	92	3	364
HU0402	Fertőrákos	76	70	92	3	365
HU0403	Baja Csillagvizsgáló	81	75	93	3	264
HU0404	Békéscsaba repülőtér	74	69	85	3	210
HU0405	Kékestető	89	63	101	4	156
HU0406	Budapest Pestszentlőrinc	84	77	110	3	282
HU0407	Győr Likócs	81	74	100	3	289
HU0408	Szentgotthárd Farkasfa	92	83	112	5	364
HU0409	Szeged külterület	75	69	90	3	267
HU0410	Debrecen repülőtér	91	81	106	4	365
HU0411	Miskolc Diósgyőr	75	71	81	2	213
HU0412	Pogány repülőtér	112	103	128	5	137
HU0413	Jósvafő	75	70	83	2	219
HU0414	Szécsény	88	65	104	9	365
HU0415	Tát Vízmű	89	82	105	3	261
HU0416	Tata	64	60	73	2	211
HU0417	Záhony	72	67	91	3	365
HU0418	Nagykanizsa	92	84	111	4	365
HU0419	Homokszentgyörgy Marietta-pusztá	84	75	98	3	260

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0420	Jászapáti	85	79	98	3	365
HU0421	Kelebia	73	69	96	2	365
HU0422	Pápa repülőtér	84	78	106	3	201
HU0424	Pitvaros	97	88	115	4	264
HU0425	Sátoraljaújhely	96	88	124	4	266
HU0427	Tésa Vízmű	86	80	100	3	204
HU0429	Csenger	99	90	119	5	255
HU0500	Paks A1	72	67	84	2	364
HU0501	Paks A2	71	66	82	2	363
HU0502	Paks A3	77	71	85	2	364
HU0503	Paks A4	74	68	86	2	364
HU0504	Paks A5	74	67	91	4	361
HU0505	Paks A6	72	67	85	2	361
HU0506	Paks A7	69	64	80	2	360
HU0507	Paks A8	78	73	86	2	357
HU0508	Paks A9	72	66	79	2	364
HU0509	Paks G1	68	64	79	2	364
HU0510	Paks G2	68	63	79	2	364
HU0511	Paks G3	71	66	82	2	364
HU0512	Paks G4	75	70	85	2	364
HU0513	Paks G5	68	62	82	3	364
HU0514	Paks G6	69	64	81	2	364
HU0515	Paks G7	80	75	91	3	360
HU0516	Paks G8	81	73	92	3	364
HU0517	Paks G9	83	75	96	3	364
HU0518	Paks G10	69	65	81	2	364
HU0519	Paks G11	69	65	78	2	364

A 100-as kezdetű kódok a BM OKF, a 201-204 közöttiek- az RHK Kft. – Bátaapáti, 211-223 közöttiek az Oktatási Ágazat, – a 300-as kezdetűek a MH, a 400-as kezdetűek a HungaroMet, az 500-as kezdetűek pedig a Paksi Atomerőmű mérőhelyeit jelölik. A táblázatban csak azok az állomások szerepelnek, amelyek a 2024. év során adatot szolgáltatottak.

A 4-2. ábrán a napi dózisteljesítmények országos átlagának, illetve az adott napon mért minimum és maximum értékeknek a 2024. évi változása látható. A napi dózisteljesítmény országos éves átlaga 97 nSv/h volt, ami lényegében megegyezik a 2023. évi értékkel (94 nSv/h, 3% eltérés). Az egyes mérőállomásokon mért napi átlagok 55 – 158 nSv/h közötti tartományban mozogtak. Az adatok környezeti dózisegyenérték teljesítményben vannak megadva. A tárgyidőszakban egy olyan valós esemény történt, amely a riasztási szint túllépését eredményezte. 2024. augusztus 25-én a Borsod-Abaúj-Zemplén vármegyei Tiszaújváros településen található, a BM OKF üzemeltetésében álló RTH állomáson mért érték pillanat szerűen megugrott, és meghaladta a riasztási szintet (4110 nSv/h). Az eset kivizsgálása során megállapítást nyert, hogy a mérőállomás közelében egy cég megfelelő engedélyek birtokában csővezeték építéshez kapcsolódó izotópos varratvizsgálatot végzett, ami a mérőállomás környezetében a dózisteljesítmény kismértékű, pillanatnyi emelkedését okozta. Az esemény a lakosságra veszélyt nem jelentett, lakosságvédelmi intézkedés nem vált szükségessé. A pillanatszerű kiugró érték az éves statisztikába nem került bele.



4-2. ábra

A napi dózisteljesítmények országos átlagainak, maximális és minimális értékeinek változása 2024-ben

4.1.2 Időszakos külső gamma-dózisteljesítmény mérések

Az ERMAH laboratóriumok az NNGYK SSFO kivételével hetente egy alkalommal mérik a környezeti gamma-dózisteljesítményt a telephelyükön LB UMo 123 készülékkel, az NNGYK SSFO-ban ez napi gyakorisággal történik Automess 6150 AD 6/H + b/H típusú készülékkel. A mérési eredményeket az 4-2. táblázat tartalmazza. Az adatok foton-dózisegységérték teljesítményben (Hx-ben) vannak megadva. A $H^*(10)$ és a Hx között átváltáshoz az 1,07 faktor-t alkalmaztak az ISO 4037-4 szabvány alapján. Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményei megfeleltethetők az OSJER TMH által mért értékeknek.

4-2. táblázat

Az ERMAH laboratóriumok mérési adatai

Település	Átlag, (nSv/h)	Minimum, (nSv/h)	Maximum, (nSv/h)	Szórás, (nSv/h)	N
Budapest	88	69	171	20	294
Debrecen	143	100	180	15	52
Győr	101	83	110	5	50
Miskolc	133	109	163	14	39
Szeged	96	55	123	12	52
Szekszárd	116	103	132	5	52

A gamma-dózisteljesítményt minden munkanapon egy alkalommal mérik meg az NNGYK SSFO 1221 Budapest, Anna utca 5. telephelyén AUTOMESS 6150 AD 6+b vagy 6/H + b/H típusú műszerrel. 2024-ben az NNGYK SSFO telephelyének udvarán végzett dózisteljesítmény mérések heti átlagát és minimum-maximum értékeit a 4-3. táblázat tartalmazza.

4-3. táblázat

Az NNGYK SSFO udvarán 2024-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	79	76 - 80	14	82	77 - 87	27	87	85 - 88	40	86	80 - 101
2	82	76 - 86	15	85	81 - 88	28	95	91 - 101	41	82	74 - 88
3	84	79 - 88	16	88	84 - 93	29	95	94 - 97	42	84	81 - 89
4	82	76 - 86	17	84	79 - 90	30	93	89 - 96	43	87	85 - 90
5	82	79 - 88	18	82	77 - 85	31	92	91 - 94	44	87	83 - 89
6	82	77 - 87	19	87	84 - 91	32	94	91 - 96	45	83	81 - 87
7	83	78 - 93	20	88	81 - 103	33	90	86 - 96	46	83	80 - 87
8	84	78 - 93	21	84	81 - 87	34	87	82 - 91	47	87	80 - 101
9	82	78 - 84	22	84	78 - 89	35	91	88 - 94	48	85	77 - 93
10	82	80 - 86	23	79	77 - 81	36	95	94 - 97	49	81	77 - 83
11	82	80 - 84	24	83	80 - 85	37	89	81 - 93	50	89	81 - 98
12	80	78 - 83	25	85	79 - 88	38	82	78 - 85	51	80	80 - 81
13	81	77 - 83	26	85	81 - 88	39	80	78 - 85	52	-	-

A NÉBIH laboratóriumi hálózata 5 db Automess 6150 AD 6+6150 AD-b típusú dózisteljesítmény mérővel végez időszakos méréseket. A Radioanalitikai Referencia Laboratórium budapesti telephelyének udvarán lehetőség szerint heti rendszerességgel a szombathelyi telephelyen időszakonként méri a dózisteljesítményt. Ezen kívül a laboratóriumok által vett környezetellenőrző minták mintavételekor is történik helyszíni dózisteljesítmény mérés, az adatokat a 4-4. táblázat tartalmazza.

4-4. táblázat

Az NÉBIH 2024-ben végzett dózisteljesítmény mérései

Vármegye	Átlag, (nSv/h)	Minimum, (nSv/h)	Maximum, (nSv/h)	N
BA	73	51	103	10
BE	89	78	97	11
BK	64	52	83	36
BP	72	61	89	45
BZ	92	64	162	14
CS	72	46	96	10
FE	66	56	91	9
GY	93	73	128	9
HA	74	52	95	12
HE	84	75	95	4
JA	87	74	107	12
KO	83	75	105	10
NO	92	87	103	5
PE	93	73	100	19
SZ	84	68	95	11
TO	73	43	119	41
VA	82	61	105	29
VE	77	47	118	13

4.2 Levegőszűrők (aeroszol) mérési eredményei

A levegőbe került radionuklidok egy része a levegőben található aeroszolokhoz kötődik. Az aeroszolok eltérően viselkednek a gáz halmazállapotú anyagokhoz képest, mint pl. az atomerőműből kibocsátott nemesgázok, vagy a természetes radon. Az aeroszolokhoz kötődő 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.

Az ERMAH laboratóriumaiban működő aeroszol mintavevők országos kiépítettséget jelentenek. Emellett – mint létesítmény független mérési pont – a NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratóriumának budapesti telephelyén működik egy nagy teljesítményű aeroszol mintavevő. Az ERMAH laboratóriumok közül 2024-ben közepes, illetve kis légforgalmú mintavevővel 4-4 laboratórium rendelkezett. Az ERMAH laboratóriumok aeroszol mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. Eszerint a közepes légforgalmú mintavevővel hetenként 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 esetében, a legalább 72 órás pihentetés utáni eredmények veendő figyelembe.)

Az ERMAH 2024-ben 1031 aeroszol mintát vett. A NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratóriuma 2024-ben 50 mintát vett.

A 4-5. táblázat tartalmazza 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 0,0072 mBq/m³-es értékig. Az aeroszolban mérhető természetes eredetű ^7Be radionuklid koncentrációjának szokásos értéktartománya 0,47-470 mBq/m³ közötti. Az aeroszol-szűrők legalább 72 órás pihentetés után mért összes-béta aktivitásai jellemzően 0,14 - 170 mBq/m³ értékűek. Megállapítható, hogy az aeroszol mérési eredmények mind az átlagokat, mind a minimum, maximum értékeket tekintve általában jól egyeznek a korábbi évek adataival.

4-5. táblázat

Országos aeroszol mérési eredmények éves jellemzői 2024-ben (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Vármegye	Átlag, (mBq/m ³)	Minimum, (mBq/m ³)	Maximum, (mBq/m ³)	Szórás, (mBq/m ³)	N	Kha
Be-7	BP	5,4	1,2	13	3,0	98	0
Be-7	BZ	4,0	0,47	7,5	2,2	47	3
Be-7	GY	3,7	1,0	9,8	1,9	36	0
Be-7	TO	3,1	0,83	5,9	1,4	48	0
Cs-137	BP	0,0024	0,00061	0,0031	0,0014	98	86
Cs-137	BZ	0,0061	0,0013	0,0072	0,022	43	21
Cs-137	GY	-	-	-	-	36	36
Cs-137	TO	-	-	-	-	47	47
Összes-béta	BK	0,70	0,14	2,2	0,40	51	5
Összes-béta	BP	1,0	0,79	2,3	0,36	346	120
Összes-béta	CS	5,3	2,9	9,8	1,5	45	0
Összes-béta	HA	0,25	0,20	0,80	0,13	49	0
Összes-béta	TO	1,6	0,14	6,5	1,3	335	102
Be-7	Összesen	4,4	0,47	13	-	229	3
Cs-137	Összesen	0,0025	0,00061	0,0072	-	224	190
Összes-béta	Összesen	1,4	0,14	9,8	-	826	227

4.3 Kihullás (fall-out) eredmények

A levegőbe került, aeroszolhoz kötődő radionuklidok egy része kihullik, kiülepedik, illetve a csapadékkal kimosódik a talajra és a 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 (nedves kihullást) együttesen tartalmazza.

Országos kiterjedésű mintavételi és mérési programot az ERMAH laboratóriumok végeznek. Emellett a NÉBIH három telephelyén (Budapest, Szekszárd és Szombathely), havi rendszerességgel gyűjti és vizsgálja a csapadékvizet (fall-out).

Az ERMAH a kihullást a központi és a 6 regionális laboratóriumában, összesen 9 vármegyében és a fővárosban mintázza és méri (4-3 ábra).

Az ERMAH laboratóriumok kihullásra vonatkozó mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az országos tisztifőorvos által kiadott éves munkaterv írja elő. Az ERMAH programja keretében 2024-ben 197 fall-out mintát vett. 2024-ben a NÉBIH laboratóriumai 37 fall-out mintát vettek.

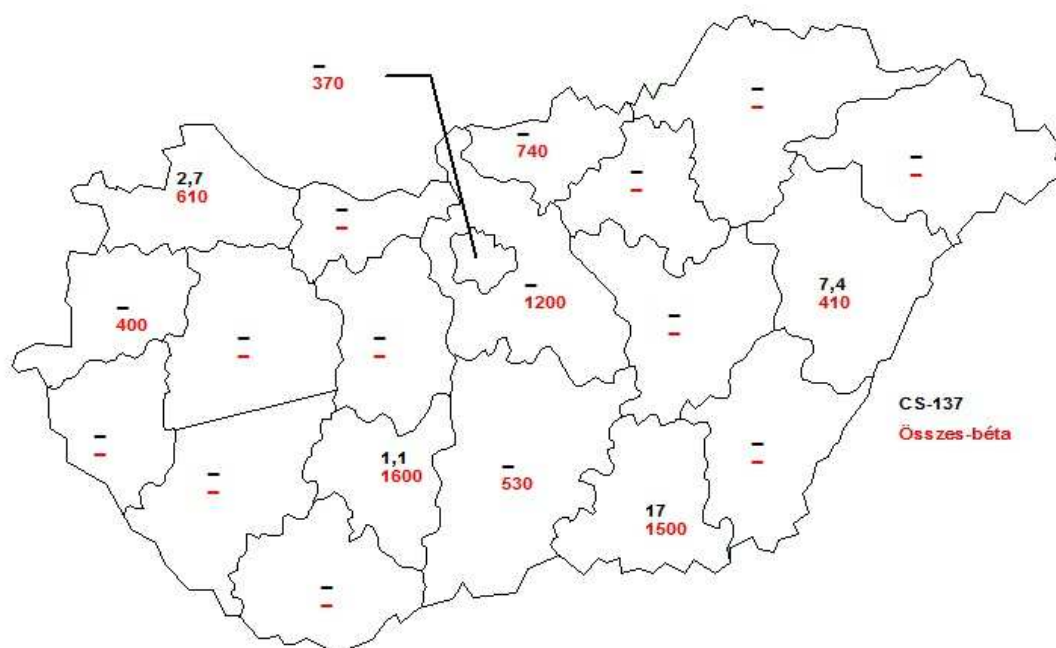
A 2024-ben, az egyes mintavételi pontokra kapott eredményeket a 4-6. táblázat foglalja össze. A kihullás összes-béta aktivitásainak átlagos értékei az egyes vármegyékben eltérőek, de az országos átlag nagyságrendileg egyezik a 2023. évvel. A ^{137}Cs aktivitása a minták 85%-ában kimutatási határ alatti volt.

4-6. táblázat

Kihullás mérési eredmények országos, éves jellemzői 2024-ben (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Vármegye	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	1200	590	3100	720	12	0
Be-7	BP	1000	96	4100	940	22	0
Be-7	HA	1500	340	3800	1100	11	0
Be-7	NO	2400	620	6100	1400	16	0
Be-7	PE	-	380	2100	-	8	0
Be-7	TO	1200	220	4100	820	59	2
Be-7	VA	1400	250	3200	1000	12	0
Cs-137	BK	-	-	-	-	12	12
Cs-137	BP	-	-	-	-	22	22
Cs-137	CS	-	9,9	17	-	12	7
Cs-137	GY	-	2,7	30	-	14	10
Cs-137	HA	6,1	0,90	7,8	1,8	12	0
Cs-137	NO	-	-	-	-	16	16
Cs-137	PE	-	-	-	-	8	8
Cs-137	TO	-	0,73	1,1	-	59	57
Cs-137	VA	-	11	24	-	14	12
Cs-137	ZA	-	-	-	-	3	3
Összes-béta	BK	310	130	530	120	12	0
Összes-béta	BP	170	2,2	370	100	32	0
Összes-béta	CS	-	79	1500	-	11	3
Összes-béta	GY	180	15	610	160	38	0

Radionuklid	Vármegye	Átlag (mBq/m ² /nap)	Minimum (mBq/m ² /nap)	Maximum (mBq/m ² /nap)	Szórás (mBq/m ² / nap)	N	Kha
Összes-béta	HA	180	26	410	120	12	0
Összes-béta	NO	410	140	740	190	16	0
Összes-béta	PE	-	110	1200	-	8	0
Összes-béta	TO	330	16	1600	270	59	0
Összes-béta	VA	200	14	400	110	14	0
Összes-béta	ZA	-	23	25	-	3	1
Be-7	Össze-sen	1300	96	6100	-	140	2
Cs-137	Össze-sen	4,8	0,73	30	-	172	147
Összes-béta	Össze-sen	280	2,2	1600	-	205	4



4-3. ábra
Kihullás éves maximumainak országos eloszlása 2024-ben
(ERMAH és NÉBIH, mBq/m²/nap mértékegységben)
Megjegyzés: A "-" jelzi, hogy a mérésből az adott vármegyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény.

4.4 Talajminták mérési eredményei

A talajban található radionuklidok aktivitás-koncentrációit országosan az ERMAH, és a NÉBIH laboratóriumai is mérik.

A NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában mezőgazdaságilag művelt talaj és bolygatatlan talaj (erdei- és legelői talaj) vizsgálata szerepelt. A Talajvédelmi Információs és Monitoring rendszerhez (a továbbiakban: TIM) kapcsolódva elsősorban ezen mintavételi pontokról történtek a mintavételek. Terv szerint 4-5 év alatt befejeződhet az országot lefedő, mezőgazdasági és erdei TIM pontok radioanalitikai felmérése. 2024-ben 19 vármegye és Budapest területéről, 188 talajminta vizsgálatát végezték el a NÉBIH laboratóriumai.

Az ERMAH laboratóriumok az ország 19 vármegyéjében és a fővárosban, negyedévente vesznek talajmintát a talaj felső 10 cm vastagságú rétegéből. Az ERMAH egyéb mérési programjai keretében 2024-ben összesen 262 talajminta vizsgálatát végezték el.

Az ERMAH és a NÉBIH laboratóriumok országos mérési eredményei a 4-4. ábrán láthatók. Az ábra a ^{137}Cs , a ^{90}Sr és az összes-béta aktivitás-koncentrációk maximális értékeit szemlélteti az egyes vármegyékre összegezve. A NÉBIH és az ERMAH programja szolgáltat nuklidszelektív eredményeket (különösen Cs esetén) a legtöbb vármegyére. A talajmérési eredmények éves jellemzőit a 4-7. táblázat foglalja össze.

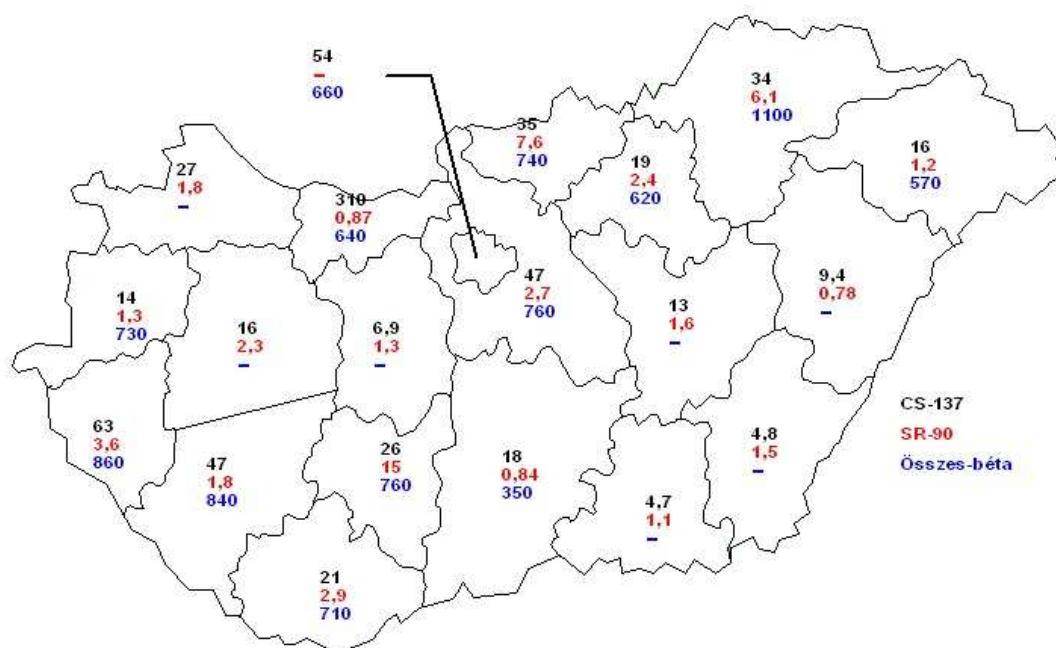
A csernobili kihullásból és a légköri atomfegyver kísérletekből származó ^{137}Cs izotóp aktivitás-koncentrációja még mindig jól mérhető. A vármegyenként mért értékek átlagai a 2023. évihez hasonlóak voltak, értéktartománya 3,4-30 Bq/kg, az egyedi eredmények maximuma a 310 Bq/kg volt, amely magasabb a tavalyi értéknél. A ^{90}Sr izotóp koncentrációinak értékei ennél kisebbek, 0,45 - 15 Bq/kg közöttiek voltak. Az összes-béta aktivitás-koncentrációk nagyobbak (110 - 1100 Bq/kg), azonban ez az aktivitás túlnyomórészt a természetes ^{40}K izotóptól származik.

A talaj ^{137}Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 8,4 Bq/kg, a ^{90}Sr izotópé ennél kisebb, 1,4 Bq/kg, a döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig 570 Bq/kg volt 2024-ben. Ezek az eredmények nem térnek el lényegesen, a 2023. éviectől.

4-7. táblázat
Talajmérési eredmények éves jellemzői (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	BA	6,5	2,2	21	5,3	13	0
Cs-137	BE	-	1,1	4,8	-	9	0
Cs-137	BK	3,4	2,0	18	3,8	50	22
Cs-137	BP	16	4,7	54	10	29	1
Cs-137	BZ	11	2,4	34	11	15	0
Cs-137	CS	-	3,2	4,7	-	8	1
Cs-137	FE	5,1	2,1	6,9	1,4	10	0
Cs-137	GY	14	1,3	27	6,1	42	0
Cs-137	HA	-	2,3	9,4	-	12	4
Cs-137	HE	-	0,76	19	-	9	0
Cs-137	JA	-	1,6	13	-	9	0
Cs-137	KO	8,0	1,4	31	8,6	13	0
Cs-137	NO	-	1,9	35	-	10	1

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	PE	7,8	1,2	47	9,1	28	0
Cs-137	SO	12	2,1	47	12	17	0
Cs-137	SZ	4,0	1,2	16	3,5	16	0
Cs-137	TO	4,6	1,1	26	4,6	101	19
Cs-137	VA	7,1	3,9	14	2,7	16	0
Cs-137	VE	6,7	2,2	16	4,6	10	0
Cs-137	ZA	24	1,9	63	24	10	0
Sr-90	BA	-	0,73	2,9	-	8	1
Sr-90	BE	-	-	1,6	-	5	4
Sr-90	BK	-	-	0,85	-	11	10
Sr-90	BZ	-	0,85	6,1	-	11	2
Sr-90	CS	-	0,74	1,1	-	4	1
Sr-90	FE	-	-	1,3	-	6	5
Sr-90	GY	-	1,1	1,8	-	6	0
Sr-90	HA	-	0,52	0,78	-	8	6
Sr-90	HE	-	1,3	2,4	-	7	4
Sr-90	JA	-	0,47	1,6	-	6	0
Sr-90	KO	-	-	0,87	-	4	3
Sr-90	NO	-	0,82	7,6	-	5	0
Sr-90	PE	0,99	0,45	2,7	0,55	18	1
Sr-90	SO	-	0,65	1,8	-	10	5
Sr-90	SZ	-	0,59	1,2	-	9	5
Sr-90	TO	-	0,46	15	-	7	1
Sr-90	VA	-	0,48	1,3	-	8	0
Sr-90	VE	-	0,61	2,3	-	6	0
Sr-90	ZA	-	1,4	3,6	-	5	1
Összes-béta	BA	-	700	710	-	2	0
Összes-béta	BK	-	320	360	-	4	0
Összes-béta	BP	440	270	660	140	13	0
Összes-béta	BZ	-	560	1100	-	6	0
Összes-béta	HE	-	620	620	-	2	0
Összes-béta	KO	-	440	640	-	4	0
Összes-béta	NO	-	110	740	-	5	0
Összes-béta	PE	550	330	760	130	16	0
Összes-béta	SO	-	370	840	-	6	0
Összes-béta	SZ	-	340	570	-	6	0
Összes-béta	TO	-	510	760	-	4	0
Összes-béta	VA	-	710	730	-	2	0
Összes-béta	ZA	-	770	860	-	4	0
Cs-137	Összesen	7,8	0,76	63	-	427	48
Sr-90	Összesen	1,4	0,45	15	-	144	49
Összes-béta	Összesen	570	110	1100	-	74	0



4-4. ábra

**Talajmérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása 2024-ben
(ERMAH és NÉBIH, Bq/kg mértékegységben)**

Megjegyzés: A "-" jelzi, hogy a mérésből az adott vármegyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény.

4.5 Felszíni vizek monitoringja

A felszíni vizek radioaktív szennyeződésének monitorozása fontos feladat, hiszen ivóvizünk részben felszíni víz eredetű.

A környezetvédelmi hatósági feladatokat ellátó, vármegyei kormányhivatalokhoz tartozó laboratóriumok az országos felszíni vízminőségi törzshálózat program keretében mérik a vizek összes-béta aktivitás-koncentrációit. A BAVKH NF LO a PA Zrt. környezetellenőrző programjához tartozóan a Duna erőmű feletti és alatti szakaszán a vízmintákból gamma-spektrometriai mérést (^{137}Cs), valamint ^3H és ^{90}Sr aktivitás-koncentráció meghatározást is végez. A BAVKH NF LO vizsgálja az orvosi alkalmazásból származtatható mesterséges radionuklidok jelenlétét, a potenciálisan veszélyeztetett felszíni vizekben (^{131}I). A fenti laboratóriumok 2024-ban mérési programjaik keretében 307 vízminta vizsgálatát végezték el.

Az ERMAH mérési program keretében a laboratóriumok vármegyénként 1-1 mintavételi pontban, havonta egy folyóvizet és negyedévente egy állóvizet mintáznak. Az ERMAH, egyéb mérési programjai keretében 2024-ben összesen 544 felszíni vízminta vizsgálatát végezték el. A mintákon összes-béta-, féléves egyesített mintákon pedig gamma-spektrometriai elemzést végeznek. A ^{137}Cs aktivitás-koncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 2-20 mBq/l.

Az NNGYK SSFO 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 -aktivitás-koncentráció és gamma-spektrometriai meghatározások történnek.

A NÉBIH laboratóriumai Uszód és Gerjen közelében negyedévente vesznek mintát a Duna vizéből és ^3H -meghatározást végeznek belőle. 2024-ben 6 ilyen mérést végeztek.

A 2024. évben kapott mérési eredményeket a 4-8. táblázat foglalja össze. A Dunában található mesterséges – csernobili eredetű – radionuklidok koncentrációja alacsony, általában 0,13 - 10 mBq/l nagyságrendű. Az összes-béta aktivitás-koncentrációk, 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.

4-8. táblázat

Egyes felszíni vizek mérési eredményeinek éves jellemzői (ERMAH, NÉBIH és BAVKH)

Radionuklid	Víz neve	Átlag (mBq/l)	Minimum (mBq/l)	Maximum (mBq/l)	Szórás (mBq/l)	N	Kha
Cs-137	Balaton	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Cseke tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Deseda tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Duna	1,9	0,13	10	1,9	67	53
Cs-137	Eger patak	-	27	28	-	2	0
Cs-137	Fertő tó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Halas-tó	-	-	7,9	-	3	2
Cs-137	Hámori tó	-	6,9	20	-	2	0
Cs-137	Hármas Körös	-	0,38	51	-	3	0
Cs-137	Holt Duna-ág	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Holt tiszta	-	-	13	-	1	0
Cs-137	Balaton	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Cseke tó	-	-	-	-	2	2

Radionuklid	Víz neve	Átlag (mBq/l)	Minimum (mBq/l)	Maximum (mBq/l)	Szórás (mBq/l)	N	Kha
Cs-137	Deseda tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Duna	1,6	0,010	5,0	1,5	67	52
Cs-137	DVCS	-	-	17	-	2	1
Cs-137	Eger patak	-	13	110	-	5	2
Cs-137	Fehér Körös	-	6,9	7,3	-	2	0
Cs-137	Fehér tó	-	-	22	-	1	0
Cs-137	Fertő tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Halas-tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Hátori tó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Holt Duna-ág	-	-	-	-	6	6
Cs-137	Horgásztó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Horgász-tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Kapos	-	0,70	3,4	-	13	11
Cs-137	Keleti Főcsatorna	-	-	12	-	1	0
Cs-137	Kondor tó	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Laskóvölgyi víztározó	-	-	11	-	2	1
Cs-137	Orfűi tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Palotási víztározó	-	-	18	-	2	1
Cs-137	Pécsi-víz	-	-	-	-	12	12
Cs-137	Rába	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Sárvár tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Séd patak	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Szelidi tó	-	-	-	-	6	6
Cs-137	Tisza	-	0,010	23	-	6	2
Cs-137	Vártó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Zagyva	-	12	29	-	4	1
Cs-137	Zala	-	-	-	-	1	1
H-3	Börzsöny patak	-	-	2800	-	2	1
H-3	Duna	2700	900	11000	1700	139	72
H-3	Kemence patak	-	-	3900	-	2	1
H-3	Letskés patak	-	-	-	-	2	2
H-3	Szelidi tó	-	2000	8600	-	12	3
SR-90	Duna	-	-	-	-	15	15
Összes-béta	Balaton	400	190	520	82	28	0
Összes-béta	Bátaapáti patak	170	95	470	99	12	0
Összes-béta	Bódva	160	60	320	95	12	0
Összes-béta	Börzsöny patak	-	120	140	-	2	0
Összes-béta	Cseke tó	-	400	510	-	4	0
Összes-béta	Deseda tó	-	160	180	-	4	0
Összes-béta	Dráva	120	91	180	32	12	0
Összes-béta	Duna	130	24	990	78	217	1
Összes-béta	DVCS	-	51	130	-	7	0
Összes-béta	Fehér Körös	110	60	180	41	12	0
Összes-béta	Fehér tó	-	170	280	-	3	0
Összes-béta	Fertő tó	-	610	1300	-	4	0

Radionuklid	Víz neve	Átlag (mBq/l)	Minimum (mBq/l)	Maximum (mBq/l)	Szórás (mBq/l)	N	Kha
Összes-béta	Halas-tó	-	190	270	-	3	0
Összes-béta	Hármas-Körös	-	100	200	-	12	3
Összes-béta	Hernád	150	50	290	84	12	0
Összes-béta	Holt Duna-ág	200	170	230	20	11	0
Összes-béta	Horgásztó	-	120	170	-	4	0
Összes-béta	Horgász-tó	-	38	530	-	3	0
Összes-béta	Kapos	390	170	1600	320	24	0
Összes-béta	Keleti Főcsatorna	-	110	420	-	6	0
Összes-béta	Kemence patak	-	85	87	-	2	0
Összes-béta	Kondor tó	150	130	170	15	12	0
Összes-béta	Kőér patak	-	-	450	-	1	0
Összes-béta	Lajta	81	20	180	43	11	0
Összes-béta	Lapincs	180	50	270	65	11	0
Összes-béta	Letskés patak	-	210	230	-	2	0
Összes-béta	Maros	140	110	170	17	13	0
Összes-béta	Nádor-csatorna	480	430	530	38	12	0
Összes-béta	Orfűi tó	-	110	140	-	4	0
Összes-béta	Pinka	110	40	260	72	11	0
Összes-béta	Rába	150	40	300	62	35	0
Összes-béta	Sajó	160	60	330	79	12	0
Összes-béta	Sárvár tó	-	120	160	-	3	0
Összes-béta	Séd patak	120	50	180	37	12	0
Összes-béta	Sió	490	400	560	48	12	0
Összes-béta	Szelidi tó	180	110	230	36	24	0
Összes-béta	Szilágyi patak	-	-	370	-	1	0
Összes-béta	Szilágyi patak, halastó	-	-	270	-	1	0
Összes-béta	Tisza	150	54	1200	160	54	8
Összes-béta	Váckisújfalu Halastó	-	-	230	-	1	0
Összes-béta	Vártó	-	110	170	-	4	0
Összes-béta	Velencei-tó	1700	1400	1900	160	10	0
Összes-béta	Zala	140	110	180	25	12	0

4.6 Ivóvíz

4.6.1 Vezetékes ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz

A vezetékes ivóvíz mesterséges eredetű radioaktív szennyeződése nem jellemző, természetes eredetű radioaktív anyag tartalma alacsony. Ugyanakkor, a lakosság sugárterhelése szempontjából az ivóvíz, mint a lakosság által rendszeresen és nagy mennyiségben fogyasztott folyadék monitorozása, kiemelten fontos feladat.

Országos vezetékes ivóvíz-ellenőrzési programot az ERMAH laboratóriumok végeznek. A mintavételi program vármegyéenkénti negyedéves mintázást ír elő az összes-béta mérésekhez.

Ezen kívül a ^3H és ^{90}Sr vizsgálatokhoz évi 2-2 mintát vesznek vármegyénként. Az ERMAH egyéb mérési programjai keretében 2024-ben összesen 467 vízminta vizsgálatát végezték el.

A NÉBIH laboratóriumai is végeznek ivóvíz – elsősorban élelmiszer előállításához használt saját kútból származó ivóvíz – méréseket. 2024-ban összesen 24 vízminta vizsgálatát végezték el.

Az ivóvíz aktivitás-koncentrációira kapott maximumok országos eloszlását a 4-5. ábra szemlélteti. Az ivóvízmintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit a 4-9. táblázat mutatja be.

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 aktivitás-koncentrációi két jellemző csoportba sorolhatók. A felszíni víz eredetű ivóvizeknél az átlagérték hasonló a felszíni vizekéhez, 3 - 8 Bq/l nagyságú. A mélységi ivóvizek (karszt, artézi) trícium koncentrációi viszont legfeljebb a 1 - 2 Bq/l értéket érik el (gyakran kimutatási határ alattiak).

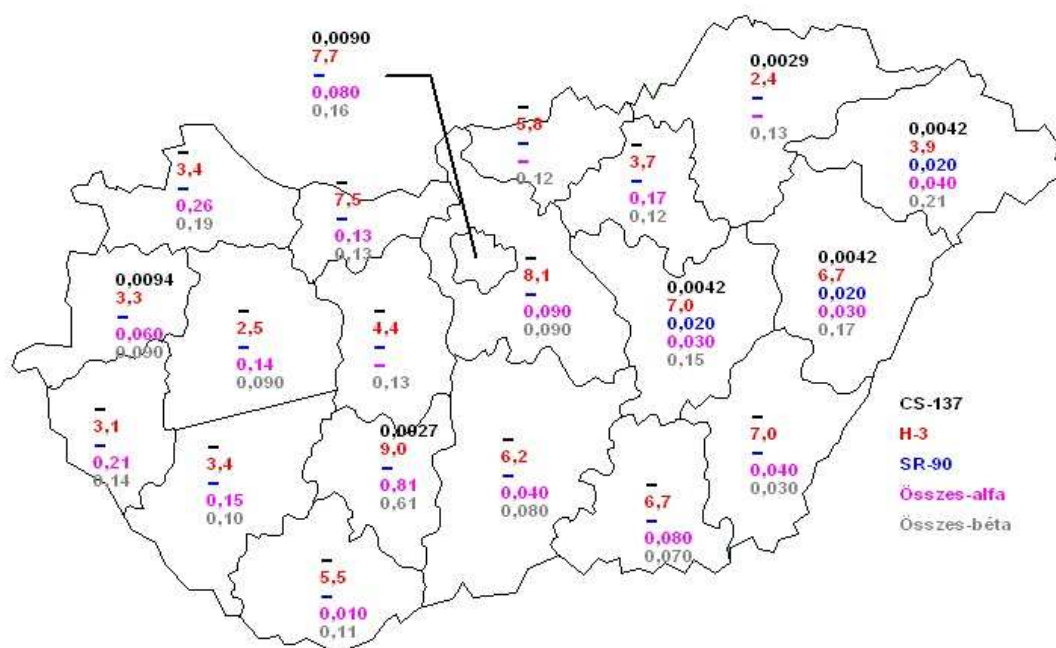
Az ivóvíz ^3H aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 3,2 Bq/l. A legnagyobb érték (9,0 Bq/l) is jóval kisebb, mint az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 5/2023 (I.12.). Korm. rendeletben az európai uniós ajánlás alapján megadott parametrikus 100 Bq/l érték. A ^{90}Sr aktivitás-koncentráció 0,026 - 0,027 Bq/l között alakul, az összes-béta aktivitások átlaga 0,088 Bq/l, az összes alfa-aktivitások átlaga 0,059 Bq/l, míg a ^{137}Cs koncentrációi javarészt kimutatási határ alattiak, értékeik a 0,0027 és 0,0094 Bq/l között találhatók.

4-9. táblázat
Ivóvíz mérési eredmények éves jellemzői (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/l)	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	Szórás (Bq/l)	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	-	-	2	2
Cs-137	BE	-	-	-	-	3	3
Cs-137	BK	-	-	-	-	6	6
Cs-137	BP	-	0,0090	0,0090	-	3	1
Cs-137	BZ	-	-	0,0029	-	3	2
Cs-137	CS	-	-	-	-	3	3
Cs-137	FE	-	-	-	-	2	2
Cs-137	GY	-	-	-	-	4	4
Cs-137	HA	-	0,0041	0,0042	-	5	1
Cs-137	HE	-	-	-	-	2	2
Cs-137	JA	-	0,0041	0,0042	-	4	0
Cs-137	KO	-	-	-	-	3	3
Cs-137	PE	-	-	-	-	3	3
Cs-137	SO	-	-	-	-	2	2
Cs-137	SZ	-	0,0041	0,0042	-	5	2
Cs-137	TO	-	-	0,0027	-	19	18
Cs-137	VA	-	-	0,0094	-	4	3
Cs-137	VE	-	-	-	-	3	3
Cs-137	ZA	-	-	-	-	2	2
H-3	BA	-	2,4	5,5	-	5	2
H-3	BE	-	2,0	7,0	-	4	1
H-3	BK	-	2,0	6,2	-	4	1
H-3	BP	3,2	2,1	7,7	1,6	17	6
H-3	BZ	-	-	2,4	-	4	3

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/l)	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	Szórás (Bq/l)	N	Kha
H-3	CS	-	2,0	6,7	-	5	2
H-3	FE	-	2,3	4,4	-	4	1
H-3	GY	-	2,5	3,4	-	6	4
H-3	HA	-	2,0	6,7	-	6	1
H-3	HE	-	-	3,7	-	2	1
H-3	JA	-	3,2	7,0	-	4	0
H-3	KO	-	2,5	7,5	-	8	2
H-3	NO	-	2,9	5,8	-	6	1
H-3	PE	-	2,8	8,1	-	10	6
H-3	SO	-	2,4	3,4	-	5	3
H-3	SZ	-	2,5	3,9	-	6	3
H-3	TO	4,2	2,6	9,0	2,0	25	4
H-3	VA	-	2,4	3,3	-	5	3
H-3	VE	-	-	2,5	-	4	3
H-3	ZA	-	2,0	3,1	-	4	2
Sr-90	BA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	BK	-	-	-	-	3	3
Sr-90	FE	-	-	-	-	2	2
Sr-90	GY	-	-	-	-	1	1
Sr-90	HA	-	-	0,027	-	1	0
Sr-90	JA	-	-	0,026	-	1	0
Sr-90	KO	-	-	-	-	1	1
Sr-90	SO	-	-	-	-	2	2
Sr-90	SZ	-	-	0,027	-	1	0
Sr-90	TO	-	-	-	-	14	14
Sr-90	VA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	VE	-	-	-	-	1	1
Sr-90	ZA	-	-	-	-	2	2
Összes-alfa	BA	-	-	0,011	-	5	4
Összes-alfa	BE	-	0,040	0,040	-	5	1
Összes-alfa	BK	-	0,040	0,040	-	4	1
Összes-alfa	BP	-	0,041	0,081	-	19	12
Összes-alfa	BZ	-	-	-	-	3	3
Összes-alfa	CS	-	0,040	0,089	-	5	1
Összes-alfa	FE	-	-	-	-	4	4
Összes-alfa	GY	-	0,010	0,27	-	6	3
Összes-alfa	HA	-	0,023	0,038	-	3	0
Összes-alfa	HE	-	0,11	0,18	-	2	0
Összes-alfa	JA	-	0,0060	0,033	-	3	1
Összes-alfa	KO	-	0,14	0,14	-	4	2
Összes-alfa	NO	-	-	-	-	2	2
Összes-alfa	PE	-	0,056	0,097	-	7	4
Összes-alfa	SO	-	-	0,15	-	5	4
Összes-alfa	SZ	-	0,0090	0,044	-	5	3
Összes-alfa	TO	-	-	0,82	-	5	4
Összes-alfa	VA	-	0,041	0,062	-	5	1

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/l)	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	Szórás (Bq/l)	N	Kha
Összes-alfa	VE	-	-	0,14	-	4	3
Összes-alfa	ZA	-	0,059	0,21	-	4	0
Összes-béta	BA	-	0,073	0,11	-	5	1
Összes-béta	BE	-	0,0029	0,035	-	5	2
Összes-béta	BK	0,059	0,0056	0,086	0,026	17	0
Összes-béta	BP	0,11	0,078	0,16	0,031	15	2
Összes-béta	BZ	-	-	0,13	-	1	0
Összes-béta	CS	-	0,018	0,074	-	6	0
Összes-béta	FE	-	0,11	0,13	-	4	0
Összes-béta	GY	0,089	0,050	0,19	0,035	43	0
Összes-béta	HA	0,10	0,025	0,17	0,043	16	0
Összes-béta	HE	-	-	0,13	-	1	0
Összes-béta	JA	0,098	0,020	0,15	0,041	15	0
Összes-béta	KO	0,089	0,080	0,13	0,016	12	0
Összes-béta	NO	-	0,099	0,13	-	4	0
Összes-béta	PE	-	0,020	0,096	-	5	0
Összes-béta	SO	-	0,068	0,10	-	5	0
Összes-béta	SZ	0,10	0,025	0,21	0,050	18	0
Összes-béta	TO	0,095	0,047	0,61	0,071	61	0
Összes-béta	VA	-	0,050	0,090	-	9	0
Összes-béta	VE	-	0,050	0,090	-	8	0
Összes-béta	ZA	0,12	0,030	0,50	0,14	10	0
Cs-137	Összesen	0,0073	0,0027	0,0094	-	78	62
H-3	Összesen	3,2	2,0	9,0	-	134	49
Sr-90	Összesen	-	0,026	0,027	-	33	30
Összes-alfa	Összesen	0,059	0,0060	0,82	-	100	53
Összes-béta	Összesen	0,088	0,0029	0,61	-	258	5



4-5. ábra
Ivóvíz mérési eredmények éves maximum értékei
(ERMAH és NÉBIH, Bq/l mértékegységben)

Megjegyzés: A "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény.

4.6.2 Palackozott vizek

A palackozott vizek (ásványvizek, tisztított vizek, forrásvizek) hazánkban is erősen emelkedő mértékű fogyasztása, indokoltá teszi radiológiai szempontból történő külön vizsgálatukat. A 2024-ben kapott eredményeket a 4-10. táblázat tartalmazza. Az ERMAH mérési programjában az ERMAH vizsgálati régiók vármegyéiben negyedévenkénti mintavétel szerepel. Az ERMAH egyéb mintavételi programjai keretében, 2024-ben összesen 29 mintán végeztek méréseket. A NÉBIH laboratóriumai is végeznek palackozott víz-méréseket, 2024-ben összesen 8 vízminta részletes radioanalitikai vizsgálatát (gamma-sugárzó izotópok, trícium, összes-alfa, összes-béta, uránizotópok, ^{210}Po) végezték el. A palackozott vizek átlagos mesterséges eredetű radionuklid-tartalma alacsonyabb, mint a felszíni vizekből nyert vezetékes ivóvizeké, mivel jelentős részük ásványvíz.

4-10. táblázat
Palackozott víz mérési eredmények jellemzői (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Vármegye*	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	N	Kha
Cs-137	BK	-	-	1	1
Cs-137	BP	-	-	1	1
Cs-137	BZ	-	-	3	3
Cs-137	CS	-	-	2	2
Cs-137	GY	-	-	3	3
Cs-137	HA	0,011	0,013	5	1
Cs-137	KO	-	-	1	1

Radionuklid	Vármegye*	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	N	Kha
Cs-137	PE	-	-	2	2
Cs-137	TO	-	-	2	2
Cs-137	VE	-	-	1	1
H-3	BZ	-	-	1	1
H-3	GY	-	-	1	1
H-3	HA	-	-	1	1
H-3	KO	-	-	1	1
H-3	PE	-	-	2	2
H-3	VE	-	-	1	1
Po-210	BZ	-	-	1	1
Po-210	GY	-	-	1	1
Po-210	HA	-	-	1	1
Po-210	KO	-	-	1	1
Po-210	PE	-	0,0024	2	1
Po-210	VE	-	-	1	1
U-234	BZ	-	0,038	1	0
U-234	GY	-	-	1	1
U-234	HA	-	-	1	1
U-234	KO	-	0,019	1	0
U-234	PE	-	-	2	2
U-234	VE	-	0,036	1	0
U-235	BK	-	-	1	1
U-235	BZ	-	-	2	2
U-235	GY	-	-	2	2
U-235	HA	-	-	2	2
U-235	KO	-	-	2	2
U-235	PE	-	-	4	4
U-235	VE	-	-	1	1
U-238	BZ	-	0,026	1	0
U-238	GY	-	-	1	1
U-238	HA	-	-	1	1
U-238	KO	-	0,017	1	0
U-238	PE	-	-	2	2
U-238	VE	-	0,012	1	0
Összes-alfa	BK	-	-	1	1
Összes-alfa	BZ	-	-	1	1
Összes-alfa	GY	-	0,10	1	0
Összes-alfa	HA	-	-	1	1
Összes-alfa	KO	-	0,21	1	0
Összes-alfa	PE	-	0,019	2	1
Összes-alfa	VE	-	0,16	1	0
Összes-béta	BK	-	0,059	1	0
Összes-béta	BP	0,055	0,078	4	2
Összes-béta	BZ	-	0,15	1	0
Összes-béta	CS	0,00058	0,12	4	0
Összes-béta	GY	0,040	0,080	5	0

Radionuklid	Vármegye*	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	N	Kha
Összes-béta	HA	0,064	0,27	5	0
Összes-béta	KO	-	0,12	1	0
Összes-béta	PE	0,038	0,89	2	0
Összes-béta	TO	0,20	0,27	4	0
Összes-béta	VE	-	0,43	1	0
Cs-137	Összesen	0,011	0,013	21	17
H-3	Összesen	-	-	7	7
Po-210	Összesen	-	0,0024	7	6
U-234	Összesen	0,019	0,038	7	4
U-235	Összesen	-	-	14	14
U-238	Összesen	0,012	0,026	7	4
Összes-alfa	Összesen	0,019	0,21	8	4
Összes-béta	Összesen	0,00058	0,89	28	2

* Általában a vásárlás helyét jelenti

4.7 Növényzet

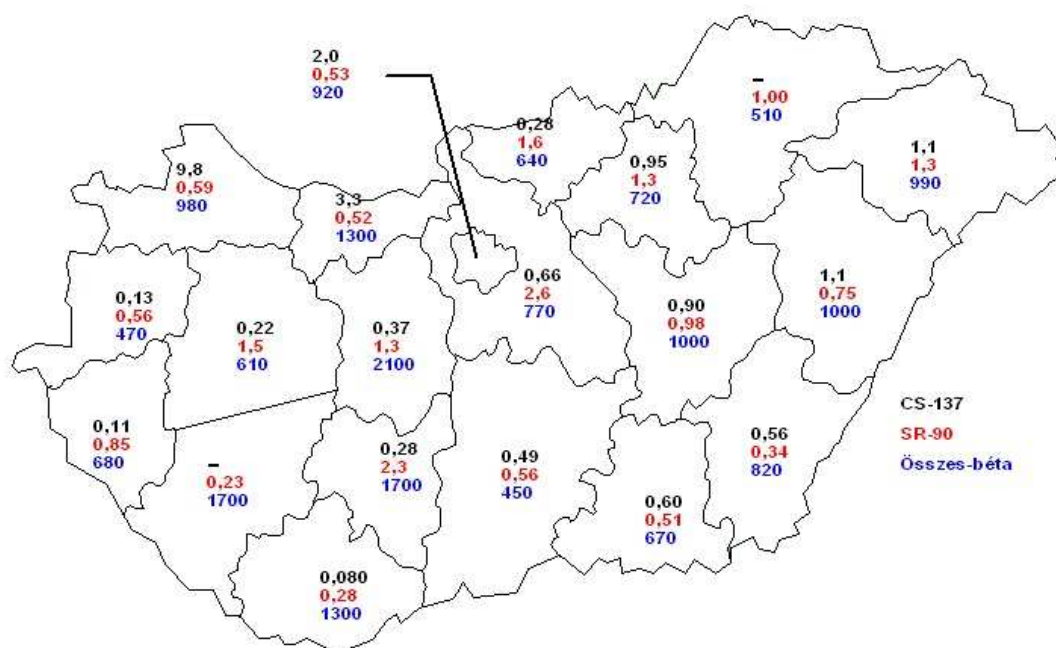
A táplálékláncon keresztül a talajra kijutott, majd a gyökérzetén át a növény által felvett, illetve közvetlenül a növényzetre került radionuklidok – az élelmiszerek elfogyasztása révén – a lakosság belső sugárterhelését okozzák. A fejezet mindazon mintákra vonatkozó eredményeket tartalmazza, amelyeket közvetlenül a növényzetből, – fű, takarmány, zöldség, gyümölcs – vagy az utóbbiak feldolgozott, emberi fogyasztásra kész formájából (pl. gabona, liszt) vettek.

4.7.1 Takarmány

A NÉBIH takarmány mintavételi programja kiterjed a takarmány alapanyagokra, keverékekre és premixekre. A takarmány gyűjtőnév a legelőkről származó füvet, a takarmányozási céllal termesztett növényeket, valamint az egyes adalékokat foglalja magába. 2024-ben a 19 vármegye és Budapest területéről 299 takarmányminta vizsgálatát végezték

Az ERMAH laboratóriumok negyedévente, vármegyénként vesznek fű, illetve szénamintát. Az ERMAH 2024-ben összesen 106 minta vizsgálatát végezte el.

A takarmánynövények ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 0,49 Bq/kg, ami idén megegyezik a ⁹⁰Sr 0,49 Bq/kg-os értékével. A takarmánymintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit, a 4-11. táblázat és a 4-6. ábra mutatja be. A táblázatból látható, hogy míg a ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációk jelentős hányada kimutatási határ alatti, addig a ⁹⁰Sr eredmények nagyobb része meghaladja azt.



4-6. ábra

**Takarmány mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása
(ERMAH és NÉBIH, Bq/kg mértékegységben)**

Megjegyzés: A "-" jelzi, hogy a mérésből az adott vármegyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény.

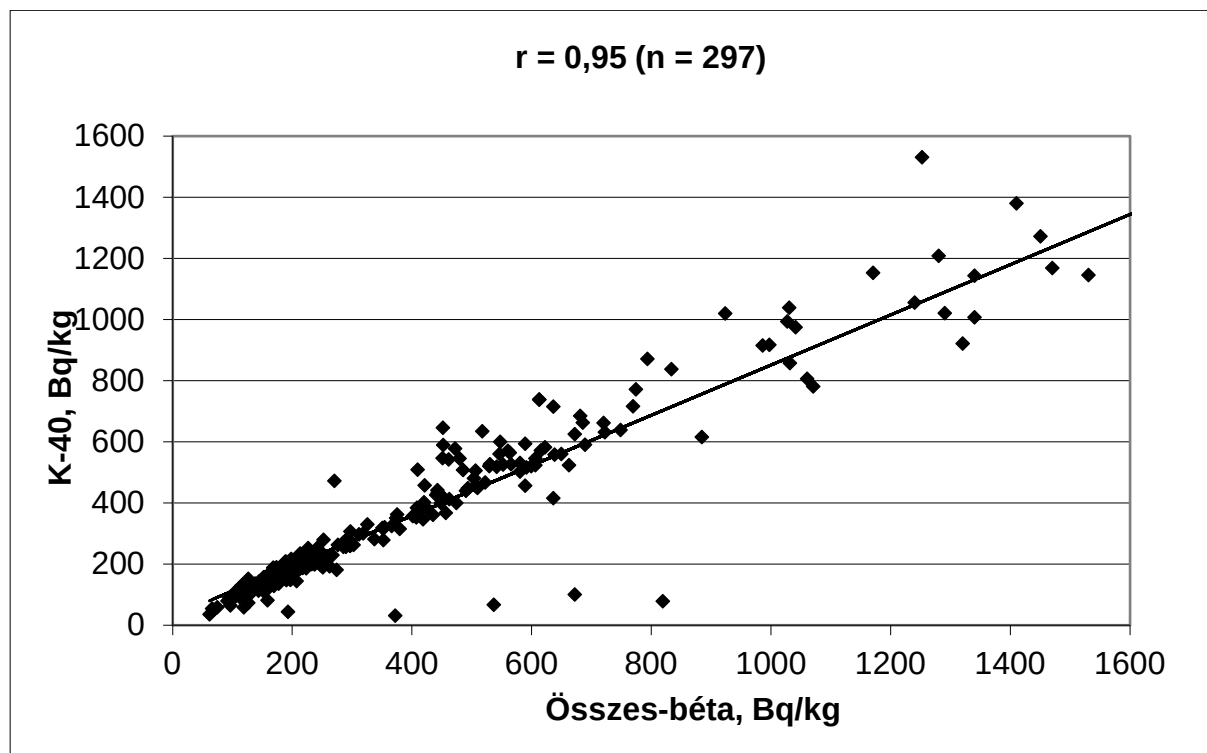
4-11. táblázat

Országos takarmány mérési eredmények éves jellemzői (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	BA	-	0,023	0,080	-	13	10
Cs-137	BE	-	0,032	0,56	-	13	9
Cs-137	BK	-	0,11	0,49	-	29	26
Cs-137	BP	1,1	0,12	2,0	0,48	68	49
Cs-137	BZ	-	-	-	-	9	9
Cs-137	CS	-	0,12	0,61	-	13	9
Cs-137	FE	-	0,090	0,37	-	11	8
Cs-137	GY	1,5	0,45	9,8	2,3	32	14
Cs-137	HA	-	0,070	1,2	-	15	10
Cs-137	HE	-	0,051	0,95	-	9	5
Cs-137	JA	-	0,13	0,91	-	16	11
Cs-137	KO	-	0,42	3,3	-	17	13
Cs-137	NO	-	-	0,28	-	10	9
Cs-137	PE	-	0,034	0,66	-	34	26
Cs-137	SO	-	-	-	-	13	13
Cs-137	SZ	-	0,11	1,1	-	13	9
Cs-137	TO	-	0,23	0,28	-	43	40

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	VA	-	0,11	0,13	-	11	9
Cs-137	VE	-	-	0,23	-	12	11
Cs-137	ZA	-	-	0,11	-	11	10
Sr-90	BA	-	0,12	0,28	-	9	4
Sr-90	BE	-	0,25	0,35	-	9	7
Sr-90	BK	-	0,22	0,57	-	26	20
Sr-90	BP	-	-	0,54	-	1	0
Sr-90	BZ	-	0,21	1,0	-	9	5
Sr-90	CS	-	0,18	0,51	-	8	6
Sr-90	FE	-	0,11	1,3	-	7	1
Sr-90	GY	-	0,050	0,59	-	9	1
Sr-90	HA	-	0,094	0,75	-	10	5
Sr-90	HE	-	0,19	1,3	-	9	0
Sr-90	JA	-	0,076	0,98	-	9	5
Sr-90	KO	-	0,11	0,52	-	9	0
Sr-90	NO	-	0,11	1,7	-	8	1
Sr-90	PE	0,76	0,078	2,6	0,63	32	3
Sr-90	SO	-	0,060	0,23	-	9	7
Sr-90	SZ	-	0,060	1,3	-	9	4
Sr-90	TO	0,69	0,039	2,4	0,69	33	9
Sr-90	VA	-	0,22	0,56	-	9	0
Sr-90	VE	-	0,070	1,5	-	9	0
Sr-90	ZA	-	0,11	0,85	-	9	6
Összes-béta	BA	520	66	1300	560	13	0
Összes-béta	BE	330	96	820	240	13	0
Összes-béta	BK	180	100	450	79	30	0
Összes-béta	BP	500	120	920	210	17	0
Összes-béta	BZ	-	160	510	-	9	0
Összes-béta	CS	310	110	670	170	13	0
Összes-béta	FE	670	94	2100	690	11	0
Összes-béta	GY	450	1,5	980	240	36	1
Összes-béta	HA	350	130	1000	260	15	0
Összes-béta	HE	-	180	720	-	9	0
Összes-béta	JA	290	120	1000	270	16	0
Összes-béta	KO	470	200	1300	320	17	0
Összes-béta	NO	-	150	640	-	9	0
Összes-béta	PE	380	61	770	210	34	0
Összes-béta	SO	470	68	1700	550	13	0
Összes-béta	SZ	380	180	990	240	13	0
Összes-béta	TO	530	120	1700	460	43	0
Összes-béta	VA	270	170	470	160	11	1
Összes-béta	VE	340	140	610	160	12	0
Összes-béta	ZA	300	120	680	230	11	0
Cs-137	Összesen	0,49	0,023	9,8	-	392	300
Sr-90	Összesen	0,49	0,039	2,6	-	233	84
Összes-béta	Összesen	400	1,5	2100	-	345	2

2024-ben a mintákban mérhető összes-béta aktivitás átlagosan 400 Bq/kg volt, amely döntően természetes eredetű. Ennek igazolására a 4-7. ábra szemlélteti a takarmánymintákban mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitás-koncentrációk közötti korrelációt. Az ábrából látható, hogy a takarmánynövényeknél az összes-béta aktivitás közel 95%-ban a ^{40}K radionuklidtól származik.



4-7. ábra

Takarmányminták összes-béta és ^{40}K aktivitás-koncentrációi közötti korreláció (ERMAH és NÉBIH)

4.7.2 Növényi eredetű, nyers élelmiszer

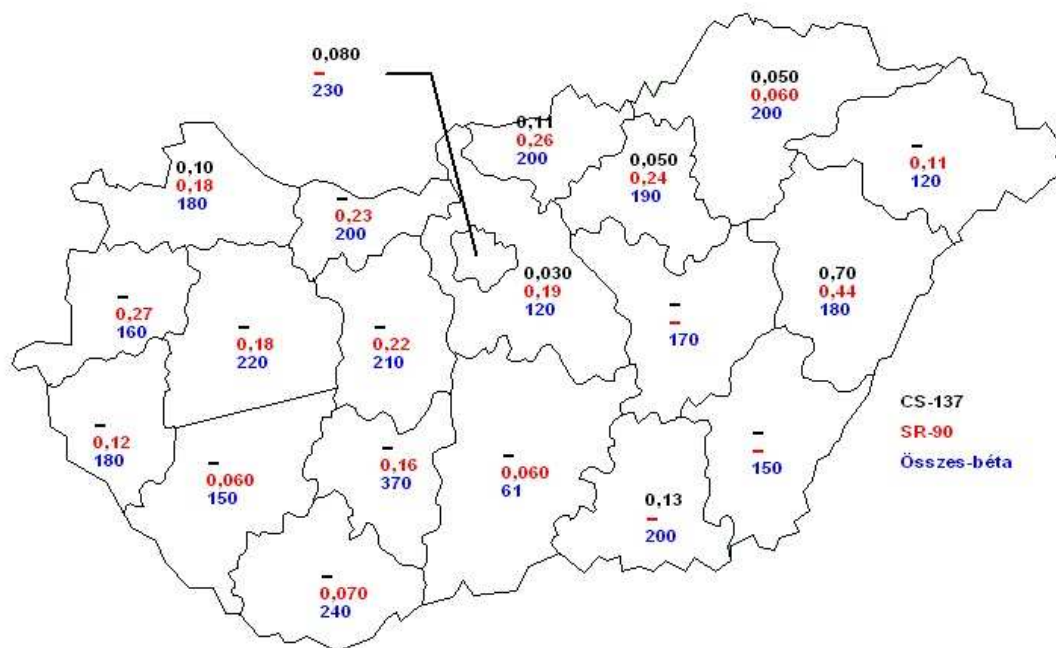
A mintáknak ebbe a csoportjába tartoznak mindazon haszonnövények, – elsősorban a zöldségfélék – amelyek közvetlenül, vagy kismértékű előkészítés (mosás, tisztítás) után fogyasztásra kerülnek. A zöldség- és gyümölcsfélék aktivitás-koncentrációit az irodalomban leggyakrabban az ún. nyers tömegre vonatkoztatják.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

A NÉBIH mérési programja a teljes országot lefedi nuklidszelektív mérési eredményeket szolgáltatva. A NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában zöldségfélék, gyümölcsök, illetve szabadban termő gombák is szerepelnek. 2024-ben a 19 vármegye és Budapest területéről 400 nyers növényi élelmiszer-minta vizsgálatát végezték el a NÉBIH laboratóriumai. A NÉBIH vizsgálati programjában szerepel az EU más tagországaiból vagy harmadik országból származó zöldségek, gyümölcsök, fűszerek, szárított gombák, aszalt gyümölcsök ^{137}Cs szűrővizsgálata. 2024-ben 210 ilyen típusú mintát vettek, a mérési eredmények kimutatási határ alattiak voltak (ezen utóbbi adatok – az eltérő érzékenységgű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja régióként és negyedévenként 2-2 zöldségfajtát, valamint az első és negyedik negyedévben 1-1, a második és harmadik negyedévben

2-2 gyümölcsfajtát tartalmaz. Az ERMAH és egyéb mérési programjai keretében 2024-ben összesen 119 zöldség és gyümölcs minta vizsgálatát végezték el.

A növényi eredetű, nyers élelmiszermintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit az 4-12. táblázat és a 4.8. ábra mutatja be. A táblázatból látható, hogy a ^{137}Cs aktivitáskonzentrációk nagyrészt kimutatási határ alattiak (kivéve főként a vadon termő gombákat). A nyers növényi élelmiszerek ^{137}Cs aktivitáskonzentrációinak országos, éves átlaga 0,045 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé pedig 0,12 Bq/kg.



4-8. ábra

Nyers, növényi eredetű élelmiszer mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása

(ERMAH és NÉBIH, Bq/kg mértékegységben)

Megjegyzés: A "-" jelzi, hogy a mérésekből az adott vármegyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény. A gombaminták mérési eredményeit az ábrán nem tüntettük fel.

4-12. táblázat

Nyers, növényi eredetű élelmiszerek országos mérési eredményeinek éves jellemzői (ERMAH és NÉBIH)

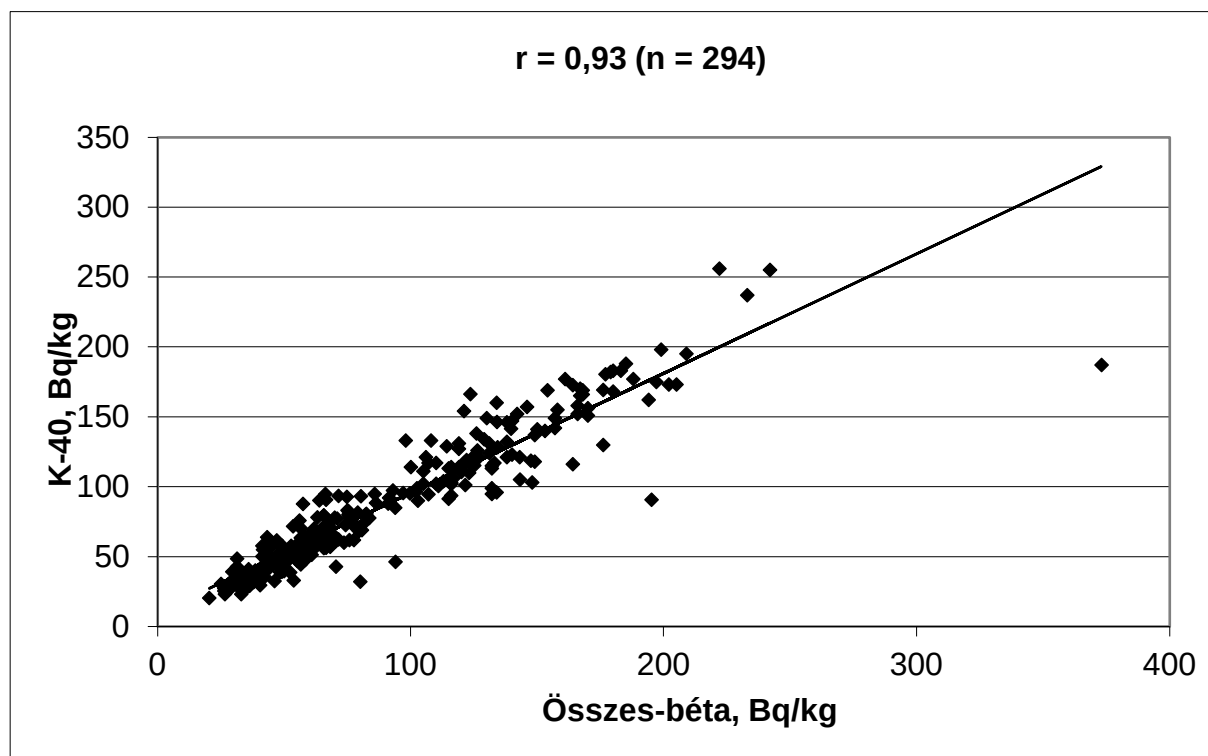
Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	-	-	14	14
Cs-137	BE	-	-	-	-	14	14
Cs-137	BK	-	-	- (* 0,091)	-	4	4
Cs-137	BP	0,051	0,018	0,082	0,043	35	21
Cs-137	BZ	-	-	0,053 (* 3,0)	-	21	20
Cs-137	CS	0,042	0,043	0,14	0,035	27	15
Cs-137	FE	-	-	- (* 0,89)	-	14	14
Cs-137	GY	-	0,045	0,10	-	32	28
Cs-137	HA	0,060	0,020	0,71	0,12	31	14

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	HE	-	-	0,052	-	10	9
Cs-137	JA	-	-	- (* 6,3)	-	11	11
Cs-137	KO	-	-	-	-	11	11
Cs-137	NO	-	0,020	0,11 (* 0,28)	-	9	7
Cs-137	PE	-	0,0070	0,030 (* 0,16)	-	20	16
Cs-137	SO	-	-	- (* 0,43)	-	11	11
Cs-137	SZ	-	-	- (* 0,29)	-	11	11
Cs-137	TO	-	-	-	-	32	32
Cs-137	VA	-	-	- (* 4,2)	-	8	8
Cs-137	VE	-	-	- (* 4,4)	-	11	11
Cs-137	ZA	-	-	- (* 4,4)	-	11	11
Sr-90	BA	-	-	0,070	-	4	3
Sr-90	BE	-	-	-	-	3	3
Sr-90	BK	-	-	0,069	-	2	1
Sr-90	BZ	-	-	0,061	-	4	3
Sr-90	CS	-	-	-	-	2	2
Sr-90	FE	-	0,12	0,22	-	5	2
Sr-90	GY	-	0,041	0,18	-	4	0
Sr-90	HA	-	0,090	0,44	-	5	2
Sr-90	HE	-	0,073	0,25	-	4	2
Sr-90	JA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	KO	-	0,047	0,23	-	3	0
Sr-90	NO	-	0,019	0,26	-	4	1
Sr-90	PE	-	0,066	0,20	-	8	4
Sr-90	SO	-	-	0,060	-	2	1
Sr-90	SZ	-	-	0,11	-	3	2
Sr-90	TO	-	0,10	0,16	-	4	2
Sr-90	VA	-	0,16	0,27	-	2	0
Sr-90	VE	-	0,050	0,18	-	4	1
Sr-90	ZA	-	0,080	0,12	-	4	2
Össz-béta	BA	91	27	240	60	14	0
Össz-béta	BE	77	26	150	40	14	0
Össz-béta	BK	-	39	61	-	4	0
Össz-béta	BP	70	19	230	41	35	0
Össz-béta	BZ	100	30	200	58	14	0
Össz-béta	CS	75	29	200	42	27	0
Össz-béta	FE	110	43	210	52	13	0
Össz-béta	GY	72	26	180	42	31	0
Össz-béta	HA	74	31	180	38	30	0
Össz-béta	HE	-	57	190	-	8	0
Össz-béta	JA	79	20	170	53	11	0
Össz-béta	KO	98	25	200	64	11	0
Össz-béta	NO	-	31	210	-	7	0
Össz-béta	PE	65	36	120	26	16	0
Össz-béta	SO	80	29	150	42	11	0

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Össz-béta	SZ	68	32	120	28	11	0
Össz-béta	TO	100	33	370	66	32	0
Össz-béta	VA	-	43	160	-	8	0
Össz-béta	VE	110	28	220	64	11	0
Össz-béta	ZA	100	41	180	60	11	0
Cs-137	Összesen	0,045	0,0070	0,71 (* 6,3)	-	337	282
Sr-90	Összesen	0,12	0,019	0,44	-	69	33
Összes-béta	Összesen	85	19	370	-	319	0

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

2024-ben a mintákban mérhető összes-béta aktivitás átlaga 81 Bq/kg volt, amely döntően természetes eredetű. Ennek igazolására a 4-9. ábra szemlélteti a minták összes-béta és a ⁴⁰K izotóp aktivitás-koncentrációi közötti korrelációt. A korreláció itt is erős és látható, hogy az összes-béta aktivitás 93%-át a ⁴⁰K aktivitása teszi ki.



4-9. ábra

Nyers, növényi eredetű élelmiszerminták összes-béta és ⁴⁰K aktivitás-koncentrációi közötti korreláció (ERMAH és NÉBIH)

4.7.3 Gabonafélék és az azokból készült termékek

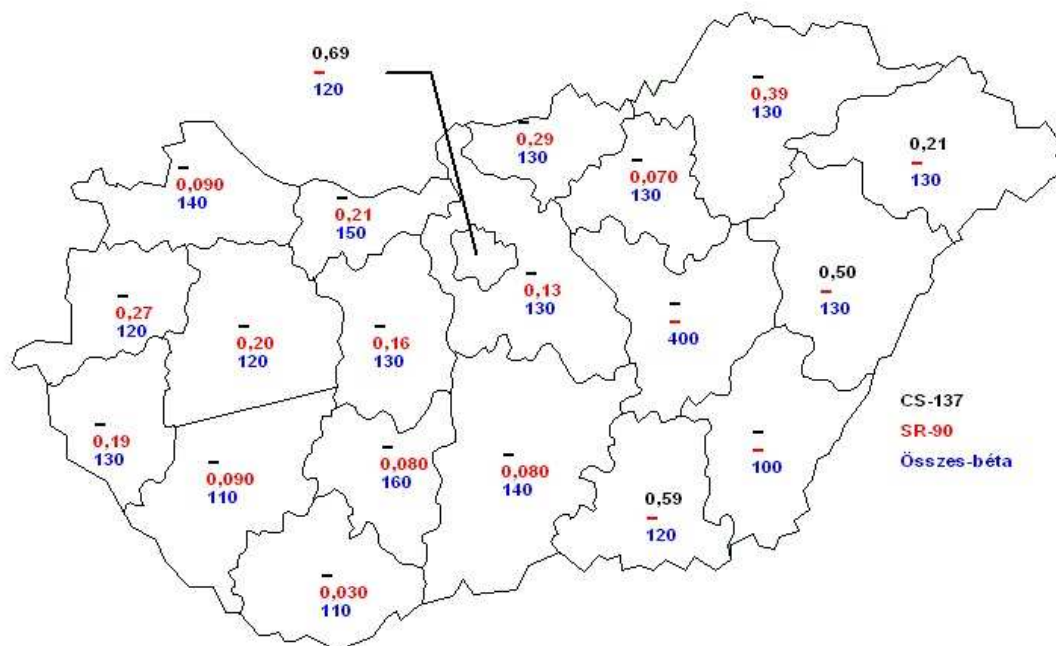
A mintacsoportba elsősorban a gabonafélék terményei, illetve ezek feldolgozott formái (liszt, kenyér, pékáru) tartoznak.

A NÉBIH laboratóriumainak monitoring programja ebben az élelmiszercsoportban is lefedi az országot; búza, árpa, kukorica, rozs minták szerepelnek benne. 2024-ben a 19 vármegye és Budapest területéről összesen 215 gabona, liszt és kenyérféle vizsgálatát végezték el a NÉBIH laboratóriumai.

A NÉBIH vizsgálati programjában szerepel a kenyérfélék, péksütemények ^{137}Cs szűrővizsgálata is. 2024-ben 163 ilyen típusú mintát vettek, a mérési eredmények kimutatási határ alattiak voltak (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenységgű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja 5 vármegyére és a fővárosra terjed ki, negyedévente 1 gabonafajta és havonta 1 kenyérféle mintázását tartalmazza. Az ERMAH egyéb mintavételi programjai keretében 2024-ben összesen 110 minta vizsgálatát végezték el.

A gabonafélékben és termékeikben mért aktivitás-koncentrációk éves, országos értékei az alábbi határok közt mozogtak (4-13. táblázat): 0,011 – 0,69 Bq/kg ^{137}Cs ; 0,030 - 0,39 ^{90}Sr és 13 - 400 Bq/kg összes-béta. Kiemelendő, hogy ezen mintafajtákban a csernobili eredetű ^{137}Cs , – az igen kis kimutatási határok ellenére – általában a minták 75 %-ában már nem volt kimutatható.



4-10. ábra
Gabonafélék és az azokból készült élelmiszer mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása
(ERMAH és NÉBIH, Bq/kg mértékegységben)

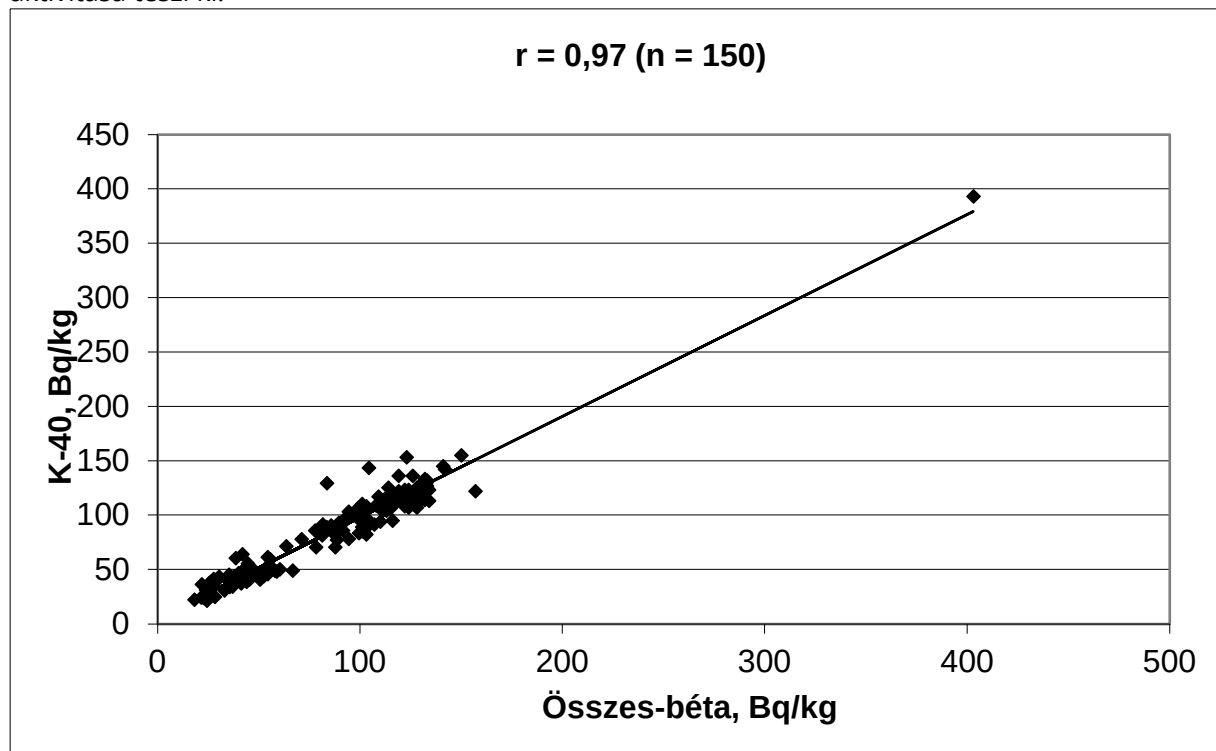
Megjegyzés: "-" jelzi, hogy a mérésből az adott vármegyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény.

4-13. táblázat
Gabonafélék és az azokból készült élelmiszerek országos mérési eredményeinek éves jellemzői (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	-	-	5	5
Cs-137	BE	-	-	-	-	4	4
Cs-137	BK	-	-	-	-	11	11
Cs-137	BP	0,069	0,011	0,69	0,14	32	13
Cs-137	BZ	-	-	-	-	7	7
Cs-137	CS	-	0,020	0,59	-	12	7
Cs-137	FE	-	-	-	-	5	5
Cs-137	GY	-	-	-	-	19	19
Cs-137	HA	0,089	0,011	0,51	0,099	21	5
Cs-137	HE	-	-	-	-	5	5
Cs-137	JA	-	-	-	-	6	6
Cs-137	KO	-	-	-	-	6	6
Cs-137	NO	-	-	-	-	3	3
Cs-137	PE	-	-	-	-	4	4
Cs-137	SO	-	-	-	-	5	5
Cs-137	SZ	-	-	0,21	-	5	4
Cs-137	TO	-	-	-	-	14	14
Cs-137	VA	-	-	-	-	4	4
Cs-137	VE	-	-	-	-	5	5
Cs-137	ZA	-	-	-	-	3	3
Sr-90	BA	-	-	0,030	-	4	3
Sr-90	BE	-	-	-	-	4	4
Sr-90	BK	-	-	0,082	-	4	3
Sr-90	BZ	-	-	0,39	-	4	3
Sr-90	CS	-	-	-	-	5	5
Sr-90	FE	-	0,11	0,17	-	4	1
Sr-90	GY	-	0,070	0,090	-	4	1
Sr-90	HA	-	-	-	-	4	4
Sr-90	HE	-	0,036	0,072	-	4	1
Sr-90	JA	-	-	-	-	5	5
Sr-90	KO	-	0,042	0,21	-	5	0
Sr-90	NO	-	0,10	0,29	-	3	1
Sr-90	PE	-	0,084	0,13	-	4	1
Sr-90	SO	-	0,080	0,090	-	4	2
Sr-90	SZ	-	-	-	-	4	4
Sr-90	TO	-	0,040	0,088	-	5	1
Sr-90	VA	-	0,10	0,27	-	4	1
Sr-90	VE	-	0,075	0,20	-	4	1
Sr-90	ZA	-	-	0,19	-	2	1
Össz-béta	BA	-	92	110	-	5	0
Össz-béta	BE	-	96	100	-	4	0
Össz-béta	BK	60	22	140	38	11	0
Össz-béta	BP	39	13	120	19	32	0

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Össz-béta	BZ	-	100	130	-	5	0
Össz-béta	CS	60	23	120	32	20	0
Össz-béta	FE	-	86	130	-	5	0
Össz-béta	GY	54	23	140	33	26	0
Össz-béta	HA	69	24	130	32	21	0
Össz-béta	HE	-	92	130	-	5	0
Össz-béta	JA	-	64	400	-	6	0
Össz-béta	KO	-	54	150	-	6	0
Össz-béta	NO	-	110	130	-	3	0
Össz-béta	PE	-	99	130	-	4	0
Össz-béta	SO	-	89	110	-	5	0
Össz-béta	SZ	-	86	130	-	5	0
Össz-béta	TO	76	28	160	37	22	0
Össz-béta	VA	-	110	120	-	4	0
Össz-béta	VE	-	89	120	-	5	0
Össz-béta	ZA	-	87	130	-	3	0
Cs-137	Összesen	0,078	0,011	0,69	-	176	135
Sr-90	Összesen	0,11	0,030	0,39	-	77	42
Összes-béta	Összesen	77	13	400	-	197	0

Az 4-11. ábra szemlélteti a minták összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitás-koncentrációi közötti korrelációt. A korreláció itt is erős és látható, hogy az összes-béta aktivitás nagy részét a ^{40}K aktivitása teszi ki.



4-11. ábra

Gabonafélék és azokból készült élelmiszerek összes-béta és ^{40}K aktivitás-koncentrációi közötti korreláció (ERMAH és NÉBIH)

4.8 Állati eredetű élelmiszerek

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

4.8.1 Tej, tejtermék

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

A NÉBIH mérési programja, a teljes országot lefedi nuklidszelektív mérési eredményeket szolgáltatva. A NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában tej, sajt, illetve tejporminták szerepelnek. A tej mintavétel a mintavételi tervben előírt gyakorisággal, havonta, vagy negyedévente, tejgazdaságból vagy kistermelőtől, takarmány mintavétellel együtt történik. 2024-ben a 19 vármegye és Budapest területéről 175 tej- és tejtermékminta vizsgálatát végezték el a NÉBIH laboratóriumai.

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 vármegyében és a fővárosban havonta 1-1 tejminta, továbbá negyedévente 1-1 sajt-, túró- és tejporminta vételére terjed ki. Az ERMAH egyéb mintavételi programjainak keretében 2024-ben összesen 246 minta vizsgálatát végezték el.

Megjegyezzük, hogy a tej és tejtermékek esetében, – de bizonyos mértékben a többi feldolgozott élelmiszer, pl. hús és hústermékek esetében is – az eredmények adott vármegyénél történő feltüntetése nem feltétlenül jellemzi a minta származási helyét, gyakran csak a mintavétel helyszínét (ez alól kivételt képeznek a NÉBIH által vett tejminták, amelyek tejgazdaságból származnak, így a mintavétel helye a származási hely is egyben).

A tej- és tejtermékmintákra vonatkozó mérési eredmények jellemzőit a 4-14. táblázat foglalja össze. A táblázatból látható, hogy míg a ^{137}Cs és ^{90}Sr aktivitás-koncentrációk 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.)

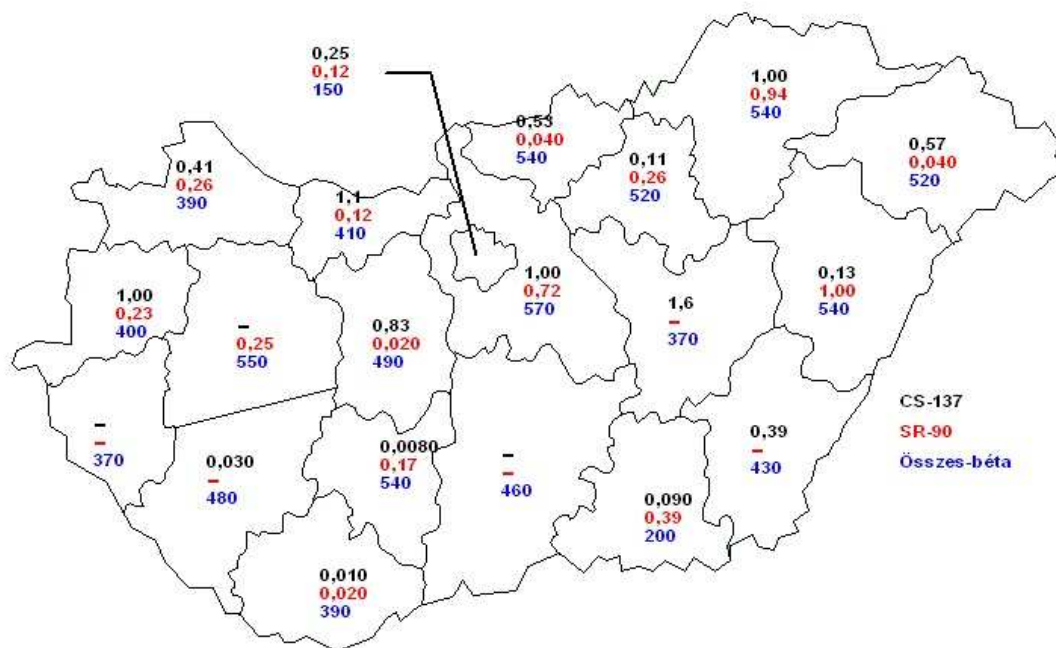
A tej és tejtermékek ^{137}Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 0,11 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé 0,13 Bq/kg. A döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig 74 Bq/kg volt 2024-ben.

4-14. táblázat
Tej és tejtermék mérési eredmények éves jellemzői (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	0,012	-	6	5
Cs-137	BE	-	-	0,39	-	9	8
Cs-137	BK	-	-	-	-	25	25
Cs-137	BP	0,053	0,010	0,25	0,055	44	16
Cs-137	BZ	-	-	1,1	-	12	11
Cs-137	CS	-	0,014	0,091	-	21	14
Cs-137	FE	-	0,074	0,83	-	7	5
Cs-137	GY	-	0,015	0,41	-	21	18
Cs-137	HA	0,090	0,025	0,13	0,13	34	10
Cs-137	HE	-	0,050	0,11	-	7	5

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	JA	-	-	1,6	-	8	7
Cs-137	KO	-	-	1,1	-	5	4
Cs-137	NO	-	-	0,53	-	5	4
Cs-137	PE	-	0,015	1,0	-	20	15
Cs-137	SO	-	-	0,030	-	7	6
Cs-137	SZ	-	-	0,57	-	7	6
Cs-137	TO	-	-	0,0080	-	64	63
Cs-137	VA	-	-	1,1	-	7	6
Cs-137	VE	-	-	-	-	9	9
Cs-137	ZA	-	-	-	-	5	5
Sr-90	BA	-	-	0,025	-	6	5
Sr-90	BE	-	-	-	-	9	9
Sr-90	BK	-	-	-	-	11	11
Sr-90	BP	-	-	0,12	-	1	0
Sr-90	BZ	-	0,053	0,95	-	10	6
Sr-90	CS	-	-	0,40	-	11	10
Sr-90	FE	-	-	0,025	-	7	6
Sr-90	GY	-	0,061	0,26	-	14	7
Sr-90	HA	-	0,022	1,0	-	12	7
Sr-90	HE	-	-	0,26	-	6	5
Sr-90	JA	-	-	-	-	8	8
Sr-90	KO	-	-	0,12	-	5	4
Sr-90	NO	-	0,022	0,045	-	5	2
Sr-90	PE	0,10	0,023	0,72	0,17	20	7
Sr-90	SO	-	-	-	-	7	7
Sr-90	SZ	-	-	0,049	-	7	6
Sr-90	TO	0,067	0,0063	0,17	0,11	30	15
Sr-90	VA	-	0,014	0,23	-	7	0
Sr-90	VE	-	0,014	0,25	-	9	4
Sr-90	ZA	-	-	-	-	5	5
Összes-béta	BA	-	20	390	-	6	0
Összes-béta	BE	-	24	430	-	9	0
Összes-béta	BK	79	26	460	93	20	0
Összes-béta	BP	35	0,060	150	20	70	4
Összes-béta	BZ	140	23	540	210	10	0
Összes-béta	CS	40	14	200	30	35	0
Összes-béta	FE	-	24	490	-	7	0
Összes-béta	GY	55	21	390	85	35	0
Összes-béta	HA	65	0,092	540	110	37	0
Összes-béta	HE	-	22	520	-	7	0
Összes-béta	JA	-	25	370	-	8	0
Összes-béta	KO	-	26	410	-	5	0
Összes-béta	NO	-	25	540	-	5	0
Összes-béta	PE	110	24	570	160	20	0
Összes-béta	SO	-	21	480	-	7	0
Összes-béta	SZ	-	32	520	-	8	0

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	TO	64	26	540	79	69	0
Összes-béta	VA	-	31	400	-	7	0
Összes-béta	VE	-	32	550	-	9	0
Összes-béta	ZA	-	25	370	-	5	0
Cs-137	Összesen	0,11	0,0080	1,6	-	323	242
Sr-90	Összesen	0,13	0,0063	1,0	-	190	124
Összes-béta	Összesen	74	0,060	570	-	379	4



4-12. ábra

**Tej és tejtermék mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása
(ERMAH és NÉBIH, Bq/kg mértékegységben)**

Megjegyzés: A "-" jelzi, hogy a mérésekből az adott vármegyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény.

4.8.2 Hús és hústermékek aktivitás-koncentrációi

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

A NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában sertés, marha, baromfi, házinyúl, hal és vadhús szerepel. 2024-ben a 19 vármegye és Budapest területéről 159 húsminta vizsgálatát végezték el a NÉBIH laboratóriumai.

A NÉBIH monitoring programjában a húskészítmények, tengeri hal és tengeri puhatestűek ¹³⁷Cs szűrővizsgálata. 2024-ben 39 ilyen típusú mintát vettek, a mérési eredmények kimutatási határ alatt voltak (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenységgű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 vármegyében és a fővárosban negyedévente 1-1 marha-, sertés- és baromfihús minta vételére terjed ki. Az ERMAH, egyéb mintavételi programjai keretében 2024-ben összesen 103 minta vizsgálatát végezték el.

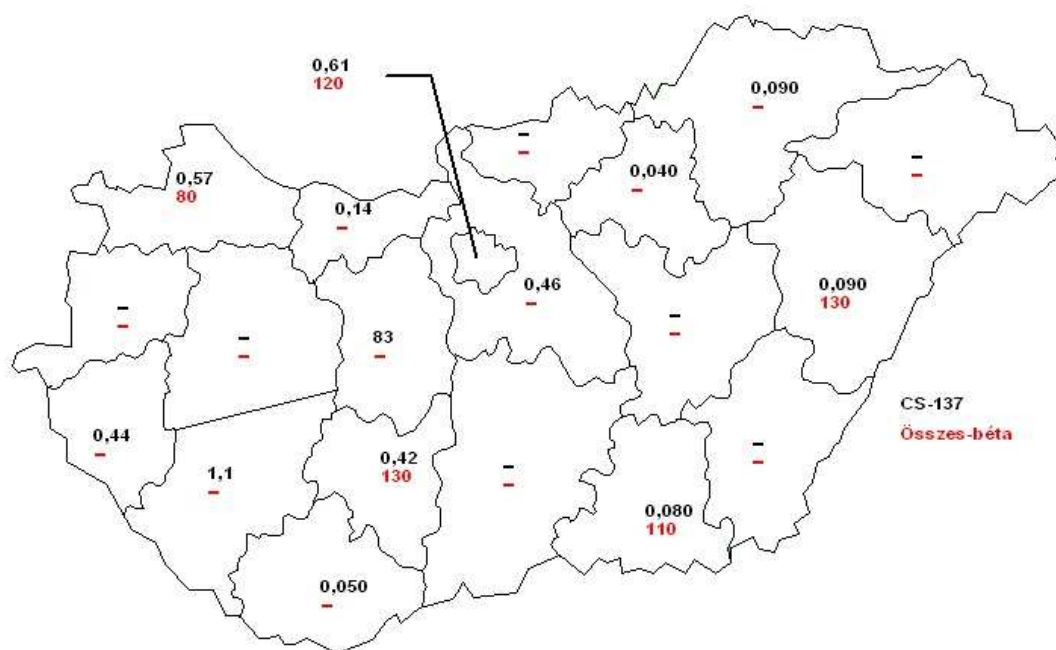
A hús- és hústermékmintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit a 4-15. táblázat mutatja be. A táblázatból látható, hogy a ^{137}Cs aktivitás-koncentrációk háromnegyede itt is kimutatási határ alatti.

A hús és hústermékek ^{137}Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 0,10 Bq/kg.

4-15. táblázat
Hús és hústermék mérési eredmények éves jellemzői (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	0,050	-	9	8
Cs-137	BE	-	-	-	-	11	11
Cs-137	BK	-	-	-	-	22	22
Cs-137	BP	0,10	0,024	0,61	0,14	30	16
Cs-137	BZ	-	-	0,090	-	4	3
Cs-137	CS	-	0,039	0,081	-	13	6
Cs-137	FE	-	0,065	0,23	-	4	0
Cs-137	GY	-	0,034	0,57	-	7	4
Cs-137	HA	0,089	0,045	0,093	0,041	20	6
Cs-137	HE	-	-	0,040	-	9	8
Cs-137	JA	-	-	-	-	5	5
Cs-137	KO	-	-	0,14	-	5	4
Cs-137	PE	-	0,039	0,46	-	16	8
Cs-137	SO	-	-	0,35	-	3	2
Cs-137	SZ	-	-	-	-	13	13
Cs-137	TO	-	0,37	0,42	-	11	9
Cs-137	VA	-	-	-	-	4	4
Össz-béta	BP	61	22	120	29	29	0
Össz-béta	CS	76	26	110	30	14	0
Össz-béta	GY	60	27	80	20	13	0
Össz-béta	HA	98	43	130	35	14	0
Össz-béta	TO	96	51	130	32	14	0
Cs-137	Összesen	0,10	0,024	0,61	-	186	129
Összes-béta	Összesen	75	22	130	-	84	0

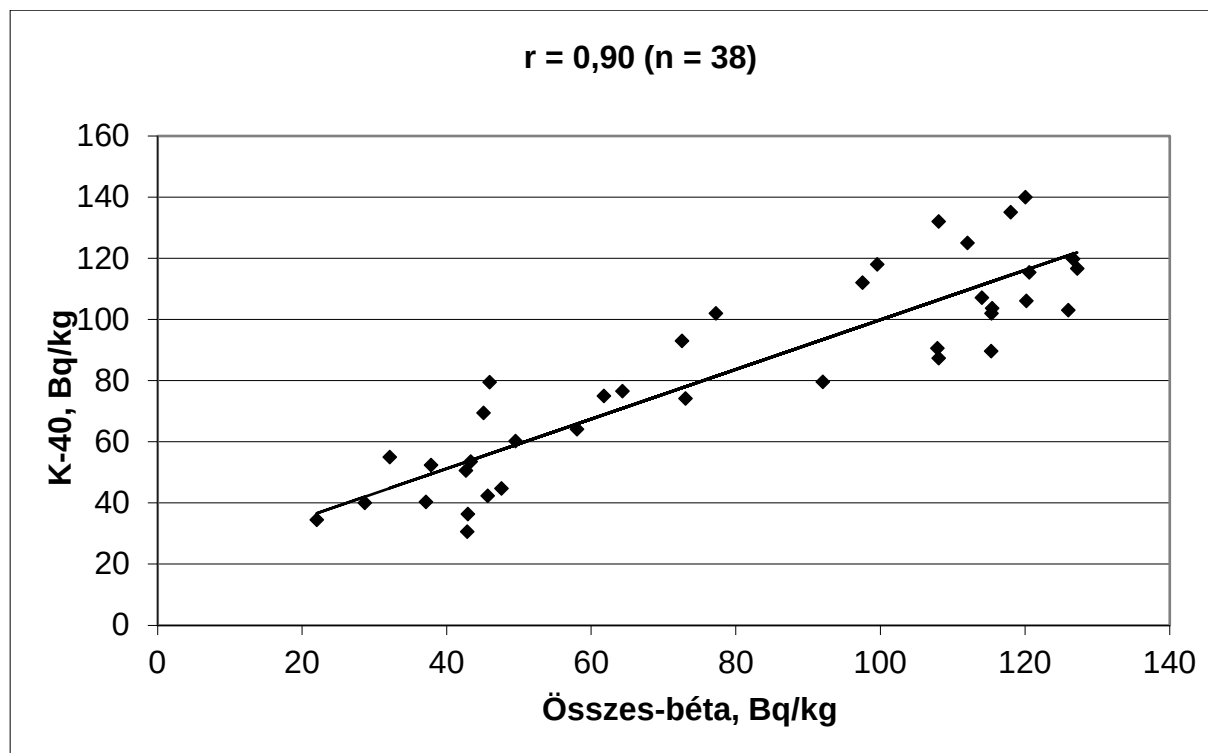
2024-ben a mintákban az átlagos összes-béta aktivitás 75 Bq/kg volt, az értékek a 2023. évihez hasonlóak voltak. Ez döntően természetes eredetű (^{40}K), amelynek igazolásaként a húsban és hústermékekben mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitás-koncentrációk közötti korrelációt a 4-14. ábra szemlélteti.



4-13. ábra

Hús és hústermék mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (ERMAH és NÉBIH, Bq/kg mértékegységben)

Megj.: A "-" jelzi, hogy a mérésből az adott vármegyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény)



4-14. ábra

Hús és hústermékek összes-béta és ^{40}K aktivitás-koncentrációi közötti korreláció (ERMAH és NÉBIH)

4.9 Vegyes élelmiszer

A „vegyes élelmiszer” megnevezés a lakosság által közvetlenül fogyasztott (feldolgozott, főtt) ételeket takarja. Az országos ellenőrzési programot az ERMAH laboratóriumok végzik. A mintavétel regionális, féléves gyakoriságú. A program összeállításánál cél volt, hogy a vizsgált készétel közétkeztetésből származzon, minél nagyobb lakossági csoport fogyasztását reprezentálva ezzel. Az ételmintákat 5 munkanapon keresztül - ha megoldható, egy teljes héten át - gyűjtik.

Az ERMAH mérési programjában az ERMAH vizsgálati régiók vármegyéiben, félévenkénti mintavétel szerepel. 2024-ben az ERMAH egyéb mintavételi programjai keretében, összesen 43 mintát vettek.

A 2024. évi eredményeket a 4-16. táblázat foglalja össze. A táblázatban közölt eredményekből látható, hogy a ^{137}Cs több mint fele kimutatási határ alatt volt, és a lakosság által fogyasztott ételekben a csernobili eredetű ^{137}Cs és ^{90}Sr aktivitás-koncentrációja mára jóval a 0,1 Bq/kg szint alatt marad.

4-16. táblázat
Vegyes élelmiszer-minták mérési eredményeinek éves jellemzői (ERMAH)

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	BP	-	0,013	0,046	-	5	2
Cs-137	CS	-	0,052	0,073	-	4	1
Cs-137	GY	-	-	0,015	-	4	3
Cs-137	HA	-	0,025	0,026	-	4	0
Cs-137	TO	-	-	-	-	8	8
Sr-90	BP	-	-	0,079	-	3	2
Sr-90	GY	-	0,0047	0,056	-	4	1
Sr-90	HA	-	-	0,063	-	1	0
Sr-90	TO	-	0,0041	0,010	-	6	0
Összes-béta	BP	-	28	52	-	7	0
Összes-béta	CS	-	46	60	-	3	0
Összes-béta	GY	-	33	38	-	4	0
Összes-béta	HA	45	17	110	23	21	0
Összes-béta	TO	-	54	63	-	2	0
Cs-137	Összesen	0,023	0,013	0,073	-	25	14
Sr-90	Összesen	0,028	0,0041	0,079	-	14	3
Összes-béta	Összesen	44	17	110	-	37	0

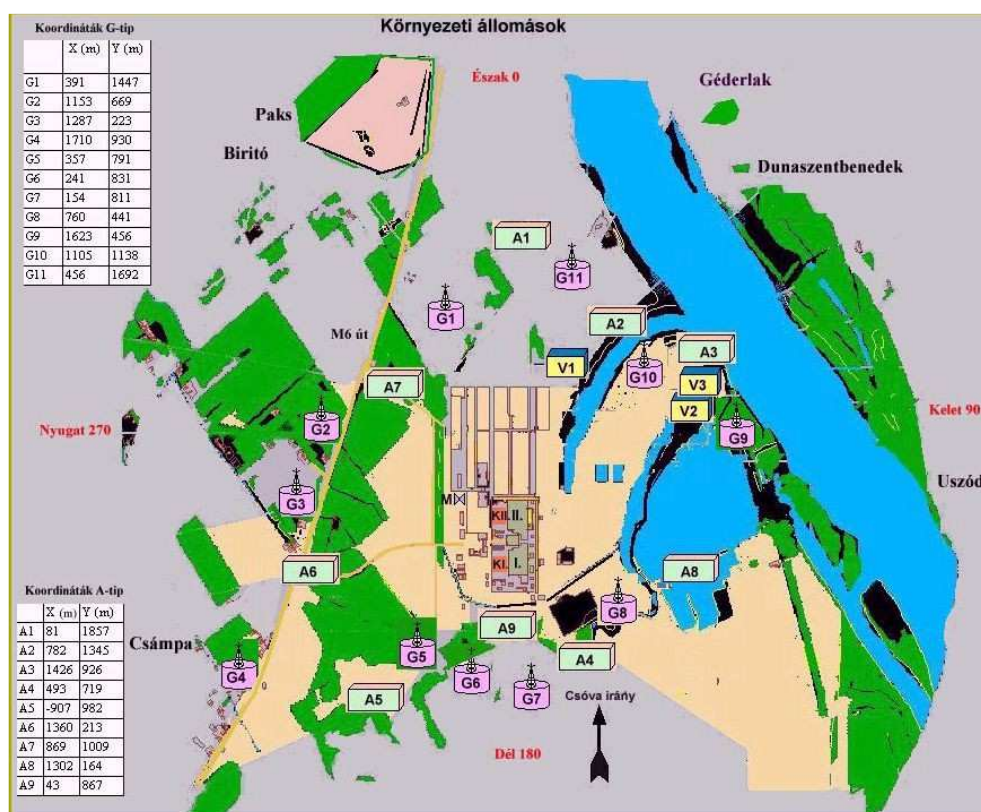
5 Létesítmények környezete

Az országos mintavételi programon alapuló mérési adatok mellett, a mérések másik nagy csoportját jelentik a kiemelt létesítmények környezetének mérési adatai. E fejezetben a létesítményekhez kapcsolódó nukleáris környezetellenőrzés 2024. évi eredményeit mutatjuk be.

5.1 A Paksi Atomerőmű környezetében végzett mérések

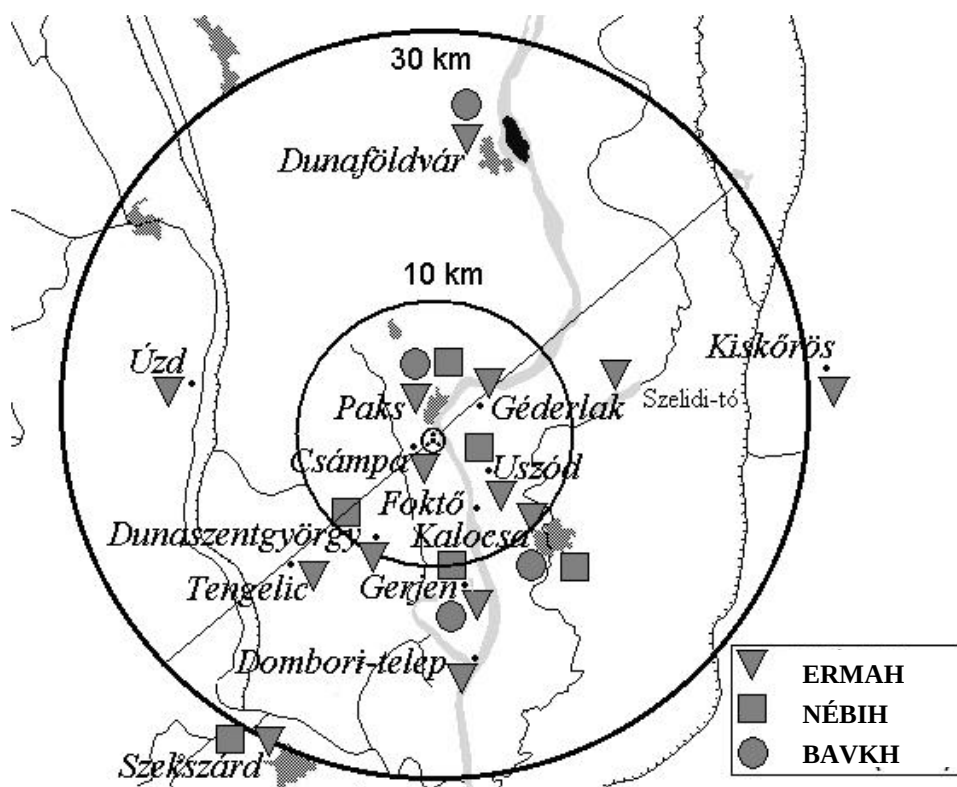
Az atomerőmű környezetében mérhető sugárzási helyzetről egyrészt az atomerőmű – hatósági felügyelet alatt álló – üzemi monitorozó hálózata, valamint az atomerőmű környezetében végzett hatósági mérések szolgáltatnak információkat.

A jelentésben közöltek megértését szolgálja az erőmű földrajzi elhelyezkedését és a monitorozó állomásokat, valamint a résztvevő hatósági laboratóriumok mintavételi helyeit szemléltető 5-1. és 5-2. ábra.



5-1. ábra

Az atomerőmű környezeti elhelyezkedése az üzemi monitorozó hálózattal



5-2. ábra
A hatósági mérési és mintavételi helyek

A 2024-ben keletkezett, a létesítmény felügyeletéhez kapcsolódó kibocsátás-ellenőrzési és környezetellenőrzési hatósági mérési adatok vizsgálati irányok szerinti megoszlását, az 5-1. táblázat mutatja. Mivel gamma-spektrometria esetén minden egyes nuklid külön mérési eredménynek számít és egy mintának az összes-béta, ^{90}Sr stb. aktivitását is mérhetik, az ott feltüntetett összes mérés mintegy 2-3 ezer mintából származik. A nuklidspecifikus eredmények aránya az utóbbi években már a mérési eredmények jóval több, mint kétharmadát, 2024-ben közel 90 %-át tette ki.

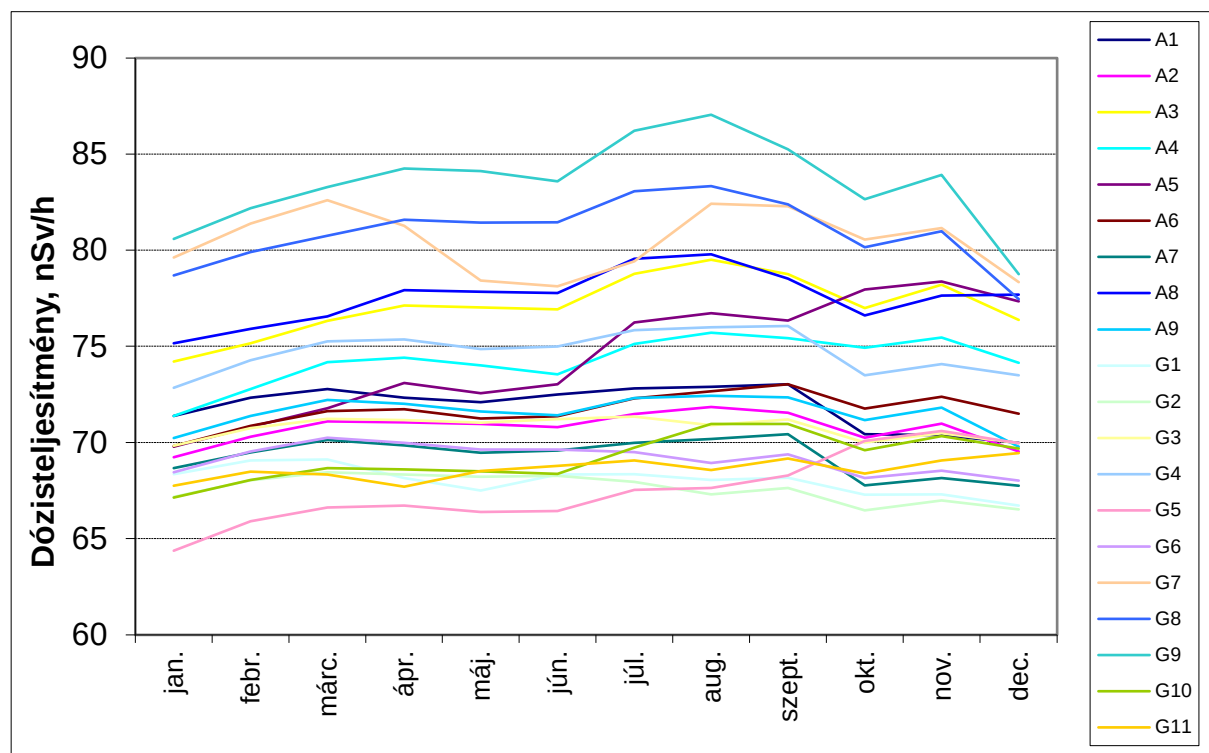
5-1. táblázat
A hatósági mérési eredmények száma és százalékos megoszlása a fontosabb vizsgálati irányok szerint 2024-ben

Vizsgálati irány	Mérési eredmények száma	[%]
Összes-béta aktivitás	1384	12
I-131	133	1
HPGe det. gamma-spektrometria	9379	78
Trícium	380	3
Sr-89+Sr-90*	340	3
egyéb vizsgálatok	345	3
Összesen:	11961	100

* kémiai elválasztással

5.1.1 Gamma-dózisteljesítmény mérések a Paksi Atomerőmű környezetében

A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző rendszerének részét alkotó dózisteljesítmény-mérő szondákkal mért havi dózisteljesítmények időbeli változását mutatja be az 5-3. ábra.



5-3. ábra

A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző állomásain mért havi dózisteljesítmények időbeli változása 2024-ben

Az 5-3. ábrából látható, hogy az egyes állomások idősorainak változásai jól követik egymást. A dózisteljesítményben megfigyelhető csúcsok, időjárási eseményekhez – légnyomás nagymértékű változása, esőzések – kötődnek. A legnagyobb és legkisebb dózisteljesítmények között látható különbség oka, az állomások környezetének eltérő talajtípusa.

Az erőmű 30 km sugarú környezetében az NNGYK SSFO 37 helyszínen méri passzív termolumineszcens dózismérőkkel (TLD) a negyedévi integrált környezeti gamma-sugárzó izotópoktól származó dózist. A mérőhálózat mérési helyszíneire negyedévente küldik ki a TL detektorokat postán vagy személyesen cserélik, így minden detektor negyedéves expozíciós időszak után kerül vissza az NNGYK laboratóriumába. A detektorok a szabadban kerülnek kihelyezésre a talajtól kb. 1 – 1,5 m magasságban. A mérési pontok elhelyezkedését és a mérési eredményeket - a nyers mérési eredményekből származtatott dózisteljesítmény háromhavi átlagát – az 5-4. ábra, illetve az 5-2. táblázat mutatja. A mérési eredményeket környezeti dózis egyenértékben kifejezve ($H^*(10)$) adtuk meg, az értékek jellemző hibája 5% körüli. Néhány esetben a doziméterek elvesztek, a táblázatban ezen eredmények helye üresen maradt.

Az átlagértékek – a természetes ingadozásokat figyelembe véve – jól egyeznek a korábbi években mértekkel. (Az erőmű által a becslések alapján okozott igen kis dózisteljesítmény növekmény ezzel a módszerrel nem mutatható ki.)



5-4. ábra
A Paks környéki TLD mérések helyszínei

5-2. táblázat
A Paks környéki TLD mérések 2024. évi eredményei

Település	Dózteljesítmény (nGy/h)			
	1. negyedév	2. negyedév	3. negyedév	4. negyedév
Bátya	77,0	77,9	76,0	75,9
Bogyiszló	69,8	77,2	73,4	76,0
Borsócséplői út	58,3	69,6	54,9	64,0
Csámpa vízmű	70,0	55,6	57,0	58,5
Császártöltés	81,1	73,8	77,6	79,8
PAE Déli bekötőút	59,2	54,4	65,2	59,4
Dunaföldvár	58,2	58,7	58,3	64,0
Dunakömlőd	78,8	84,6	84,7	86,3
Dunapataj	76,0	67,7	69,6	72,5
Dunaszentbenedek	65,7	63,2	69,1	70,7
Dunaszentgyörgy I.	62,8	68,9	70,4	63,2
Dunaszentgyörgy II.	71,7	68,7	70,0	75,2
Dusnok	71,9	70,1	71,0	76,9
PAE Északi bekötőút	52,7	54,5	64,6	53,2

Település	Dózisteljesítmény (nGy/h)			
	1. negyedév	2. negyedév	3. negyedév	4. negyedév
Fajsz	80,1	77,1	84,4	82,0
Foktő I.	66,5	69,0	73,1	74,1
Foktő II.	73,5	75,7	80,6	83,2
Földespuszta	69,1	92,2	66,8	70,5
Géderlak	72,6	73,4	71,0	75,2
Hajós	75,0	72,8	75,3	81,6
Kalocsa	64,7	65,3	65,5	68,4
Kecel	79,1	79,1	73,4	77,7
Kiskőrös	57,7	55,6	57,2	59,7
Kölesd	93,5	93,6	97,3	98,0
Löszdomb	56,6	53,6	53,6	55,0
Miske	69,8	71,8	71,3	73,2
Nagydorog	-	-	-	-
Németkér	76,7	75,7	72,9	76,5
Öregcsertő	74,9	-	77,7	82,1
Paks	86,7	85,7	90,0	95,6
Simontornya	75,5	78,2	78,8	79,7
Szakmár	66,1	65,1	64,7	70,4
Szekszárd	69,0	66,0	69,3	71,3
Tengelic I.	58,0	56,9	54,1	60,2
Tengelic II.	70,1	80,0	70,6	75,4
Uszód	62,2	60,2	65,7	65,8
Uszód	-	-	-	-
Úzd reléállomás	65,4	64,7	-	79,7
Zomba	106,3	103,1	116,8	103,2
Vizsgálatok száma	37	36	36	37
Átlagos dózisteljesítmény	70,9	71,1	72,0	73,9

5.1.2 Aeroszol aktivitás-koncentráció mérések a Paksi Atomerőmű környezetében

A Paksi Atomerőmű A-típusú állomásain elvégzett aeroszol mérések eredményeit összegezi az 5-3. táblázat. A mintavétel nagy légforgalmú mintavevővel történik, ennek ellenére a szűrőkön a 2024. évben nem tudtak kimutatni atomerőművi eredetű izotópot (a radionuklidtól függő kimutatási határok értéke ^{60}Co izotópra 11, ^{106}Ru izotópra 97, ^{131}I izotópra 15, ^{134}Cs izotópra 10, míg ^{137}Cs izotópra $12\ \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ közötti). A mért ^7Be radioizotóp természetes eredetű, koncentrációja jól egyezik más laboratóriumok mérési eredményeivel.

5-3. táblázat

A Paksi Atomerőmű környezetében végzett aeroszol mérések eredményeinek éves összefoglalása, üzemi mérésekből.

Radionuklid	Átlag (mBq/m ³)	Minimum (mBq/m ³)	Maximum (mBq/m ³)	Szórás (mBq/m ³)	N	Kha
Be-7	2,4	0,60	5,7	1,1	529	0
Ru-106	-	-	-	-	529	529
Co-60	-	-	-	-	529	529
Cs-134	-	-	-	-	529	529
Cs-137	-	-	-	-	529	529
I-131	-	-	-	-	529	529

A légkör radioaktív szennyezettségének ellenőrzésére az ERMAH részét képező Tolna Vármegyei Kormányhivatal környezeti sugáregészségügyi laboratóriuma négy ponton - Kalocsán, Csámpán, Szekszárdon és Dunaföldváron - tart üzemben folyamatos mintavevő berendezést. Az aeroszol szűrőket Szekszárdon 24 órás és 1-2 hetes (összes-béta, illetve gamma-spektrometriai mérésekhez), a többi állomáson heti gyűjtéssel veszik, majd 72 órás pihentetés után mérik. Ezeknek az adatoknak egy része a 4.2 fejezetben bemutatott országos kimutatásban is szerepel. Az aeroszol szűrőkben mért összes-béta aktivitás 0,61 – 6,5 mBq/m³ között változott (5-4. táblázat). A teljes kihullást reprezentáló fall-out mintákban mért összes-béta aktivitás 3,4 – 47 Bq/m²/hó értéktartomány között volt. A magasabb értékek döntő részben a ⁴⁰K izotóptól származnak.

5-4. táblázat

A levegőkörnyezetben mért radioaktív koncentrációk (aeroszol) a hatósági mérésekből (ERMAH)

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (mBq/m ³)	Minimum (mBq/m ³)	Maximum (mBq/m ³)	N	Kha
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,61	0,14	1,5	52	7
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	3,7	0,30	6,5	52	41
	DK-i félkör, R≥10 km	1,2	0,14	4,4	284	60
Be-7	DK-i félkör, R≥10 km	3,1	0,83	5,9	48	-
Cs-134	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	46	46
Cs-137	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	47	47
I-131	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	46	46

* A félkörök és távolságok jelentése leolvasható az 5-2. ábráról.

Gamma-spektrometriai mérésekkel a közepes légtérfogatú aeroszol-mintavevő szűrőin, – a korábbi évekhez hasonlóan – 2024-ban nem volt kimutatható a ¹³⁷Cs.

5.1.3 A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző rendszerének kihullás mérési eredményei

Az üzemi méréseket az ún. A-típusú ellenőrző állomásokon végezték. A kihullásban jól mérhető volt – az ERMAH laboratóriumának eredményeihez hasonló nagyságban – a kozmogén eredetű ⁷Be. A 2024. év során vett fall-out mintákból nem volt kimutatható mesterséges eredetű izotóp. (5-5., 5-6. táblázat). A radionuklidtól függő kimutatási határok értéke ¹³¹I izotópra 2,0, míg ¹³⁴Cs és ¹³⁷Cs izotópokra 0,4 Bq/m²/hó közötti volt.

5-5. táblázat

A levegőkörnyezetben mért teljes kihullás-koncentrációk hatósági mérésekből (ERMAH)

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/m ² /hó)	Minimum (Bq/m ² /hó)	Maximum (Bq/m ² /hó)	N	Kha
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	7,0	3,4	13	11	-
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	13	6,0	22	11	-
	DK-i félkör, R≥10 km	14	3,8	47	22	-
Be-7	ÉNY-i félkör, R<10 km	41	9,9	120	11	-
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	40	15	81	11	-
	DK-i félkör, R≥10 km	35	17	93	22	-
Cs-137	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	11	11
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	11	11
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	22	22

* A félkörök és távolságok jelentése leolvasható az 5-2. ábráról.

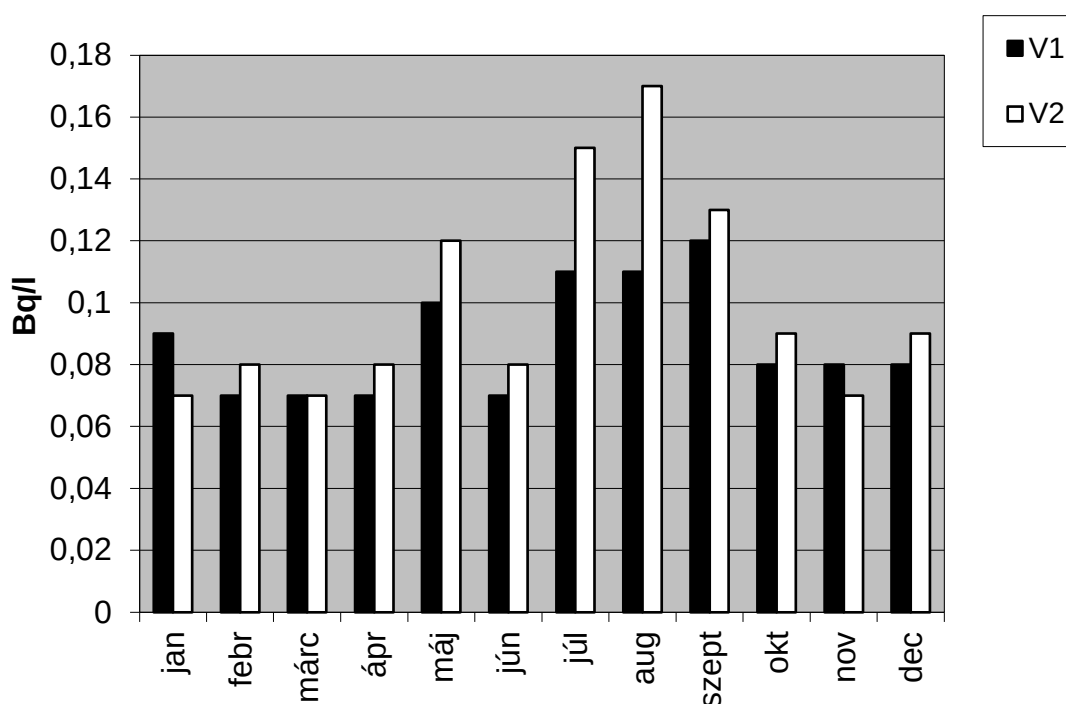
5-6. táblázat

A levegőkörnyezetben mért teljes kihullás aktivitás-koncentrációk jellemző értéktartománya, üzemi mérésekből.

Radionuklid	Átlag (Bq/m ² /hó)	Minimum (Bq/m ² /hó)	Maximum (Bq/m ² /hó)	Szórás (Bq/m ² /hó)	N	Kha
Be-7	35	1,4	170	36	120	0
Ru-106	-	-	-	-	120	120
Co-60	-	-	-	-	120	119
Cs-134	-	-	-	-	120	120
Cs-137	-	-	-	-	120	120
I-131	-	-	-	-	120	120

5.1.4 A Paksi Atomerőmű hideg- és melegvízcsatornájában mért aktivitás-koncentrációk

Az atomerőmű környezetellenőrzési programja keretében rendszeresen méri a hideg- (V1) és melegvízcsatorna (V2) vizének aktivitás-koncentrációit. Az összes-béta aktivitások havi átlagait az 5-5. ábra mutatja be (a detektált béta-részecskék jellemző energiája 100 és 1000 keV közötti). A hidegvízcsatorna vizének aktivitás-koncentrációja meg kell, hogy egyezzen a Dunáéval, a melegvízcsatornánál sem várható lényeges emelkedés. Az 5-5. ábrán a melegvízcsatorna vizének havi átlag értékei mérési hibahatáron (kb. 10%-on) belüli, jó egyezést mutatnak a hidegvízcsatorna hasonló értékeivel.



5-5. ábra

A Paksi Atomerőmű hideg- és melegvízcsatornájában mért összes-béta aktivitás-koncentrációk

5.1.5 A Nemzeti Népegészségügyi Központ, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály mérési adatai a paksi felszíni vizekre vonatkozóan

Az NNGYK SSFO a Duna alprogram keretében havi gyakorisággal vesz mintát a Duna vízből Paksnál, illetve az PA Zrt. segítségével a V2 melegvízes csatornából. A mintákból havonta összes-béta aktivitás, ^{40}K - és ^3H -koncentráció mérések, illetve negyedévente ^{90}Sr -aktivitás-koncentráció 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 420 °C-on történő hamvasztást, a ^{90}Sr -aktivitás-koncentráció mérése esetén további kémiai elválasztást jelent. A trícium méréseket desztillálás előzi meg, a ^{40}K koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik. A ^{137}Cs aktivitás-koncentrációja minden esetben kimutatási határ alatti volt. Ezen kívül a PA Zrt. M5 és T24 figyelőkútjainak a vízből az NNGYK SSFO ^3H -meghatározást végez. A mérési eredményeket az 5-7. táblázat tartalmazza.

5-7. táblázat

A Duna paksi szakaszán és a PAE M5, T24 jelű figyelő kútjaiból, valamint a melegvizes csatornából (V2) vett vízminták aktivitása (NNGYK SSFO)

Radionuklid	Mintavétel helye	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha	Egység
H-3	M5	-	2,0	14	-	12	5	Bq/l
H-3	T24	-	2,0	5,9	-	11	4	Bq/l
H-3	V2	-	2,0	6,3	-	12	7	Bq/l
H-3	Paks	-	2,0	5,3	-	12	9	Bq/l
Sr-90	V2	-	1,8	2,8	-	2	0	mBq/l
Sr-90	Paks	-	1,1	5,9	-	4	0	mBq/l

5.1.6 A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei

A Paksi Atomerőmű környezetében a BAVKH NF LO végzi a halak mintázását és mérését az erőmű alatti Duna-szakaszon. A dunai halakra, az erőmű alatti szakaszon kapott mérési eredményeket az 5-8. táblázat foglalja össze.

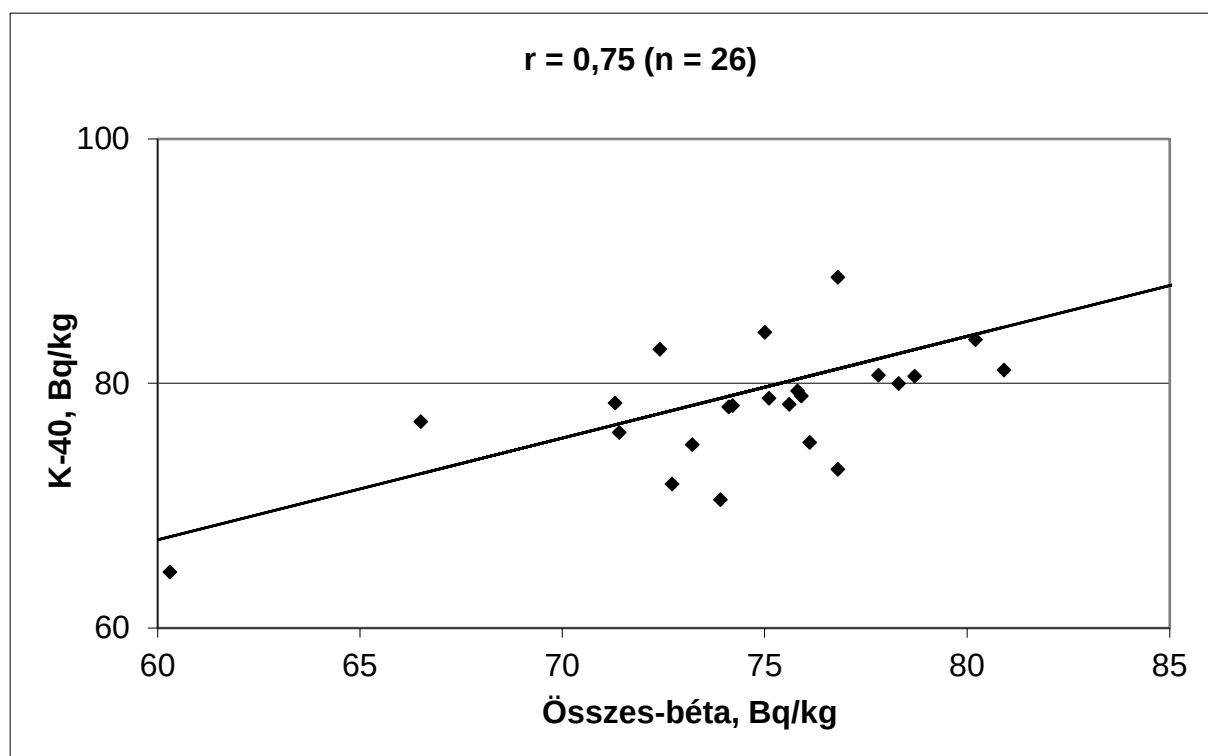
Látható, hogy a mesterséges radionuklidok halakban mért koncentrációi – a szárazföldi tápláléklánc elemeihez hasonlóan – igen kicsik, jelen esetben kimutatási határ alattiak.

A halakban mért összes-béta és ⁴⁰K izotóp aktivitás-koncentrációk közötti korrelációt az 5-6. ábra szemlélteti. A korreláció a tavalyi évhez hasonló, de értéke magas, továbbra is markáns kapcsolatra utal. Ugyanakkor a halak – a szárazföldi állatoktól eltérően – koncentrálnak egyes fémeket, köztük természetes eredetű béta-sugárzó izotópokat, amelyek hozzájárulnak az összes-béta-eredményekhez.

5-8. táblázat

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

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	-	-	-	-	26	26
Sr-90	-	-	-	-	26	26
Összes-béta	75	49	110	10	26	1



5-6. ábra

Halak összes-béta és ^{40}K aktivitás-koncentrációi közötti összefüggés (BAVKH)

5.1.7 A vízi környezetben mért aktivitás-koncentrációk a hatósági mérések alapján

A hatósági laboratóriumok különös figyelmet fordítanak a Duna – elsősorban az erőmű utáni szakasza – radioaktív szennyezettségének rendszeres ellenőrzésére. A BAVKH NF LO és az ERMAH székszárdi laboratóriuma a folyó Dunaföldvártól Mohácsig terjedő szakaszán több ponton – Dunaföldvár, Paks, Gerjen, Kalocsa, Baja és Mohács – végez rendszeres mintavételt és mérést. A NÉBIH laboratóriumai is végeznek ^3H aktivitás-méréseket.

A hatóság feladatköre ezen kívül az erőmű környezetében fekvő felszíni vizek – Szelidi-tó, Kondor-tó és a Dombori telepi Holt-Duna-ág – rendszeres ellenőrzésére is kiterjed, ezt az ERMAH laboratóriuma végzi.

A vizsgálatok elsősorban a víz-, szedimentum-, alga- és halminták aktivitás-koncentrációinak mérésére irányulnak.

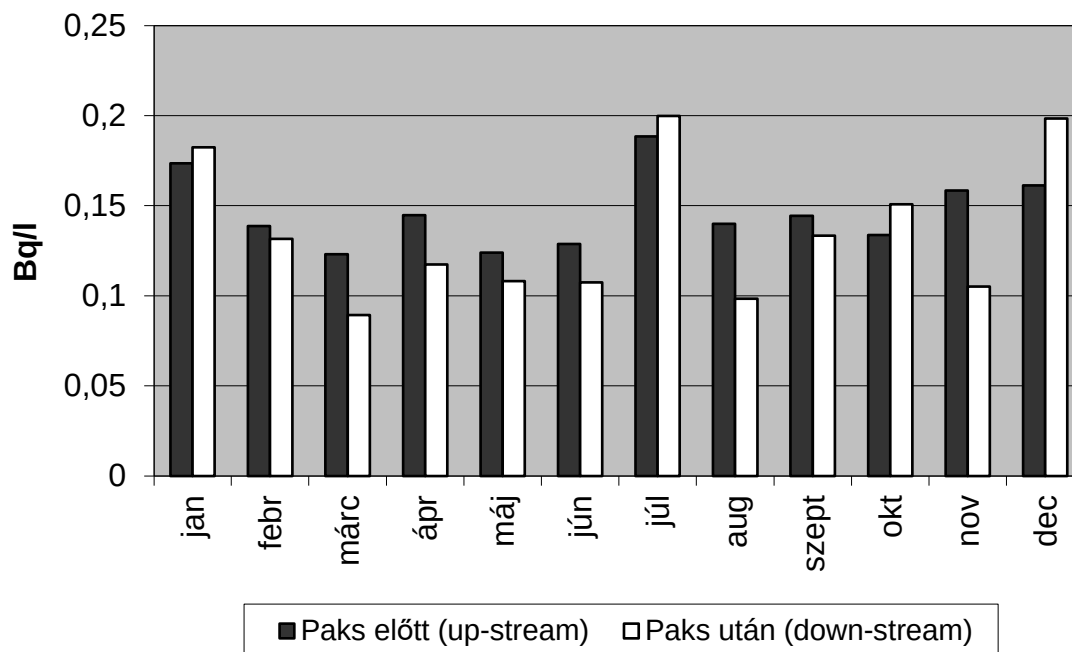
A heti-havi gyakorisággal vett Duna-víz mintákban meghatározott összes-béta aktivitás-koncentrációkat az 5-7. ábra, a hetente-havonta mért trícium-koncentráció értékeket pedig az 5-8. ábra szemlélteti a környezetvédelmi és az egészségügyi hatóság mérései alapján. A nagyszámú vízmintából meghatározott összes-béta aktivitások éves átlaga Paks előtt 0,16 Bq/l, Paks után pedig 0,13 Bq/l volt.

A trícium-koncentráció értékeket tartalmazó 5-7. ábra és 5-9. táblázat szerint, a Paks előtt és után vett vízmintákban mért ^3H aktivitás-koncentrációk egy-két kivétellel alacsonyabbak vagy alig magasabbak az erőmű után, mint az erőmű előtt. A vizsgálati pontokon a Duna-szakasz trícium-koncentrációja Paks előtt és Paks után átlagosan 1,8 illetve 1,7 Bq/l volt.

A már említett összes-béta aktivitás és trícium-koncentráció mellett az 5-9. táblázat tartalmazza a Duna-víz ^{90}Sr és ^{137}Cs , valamint a BAVKH NF LO laboratóriumában, gamma-spektrometriával mért radionuklidok átlagos aktivitás-koncentrációit is.

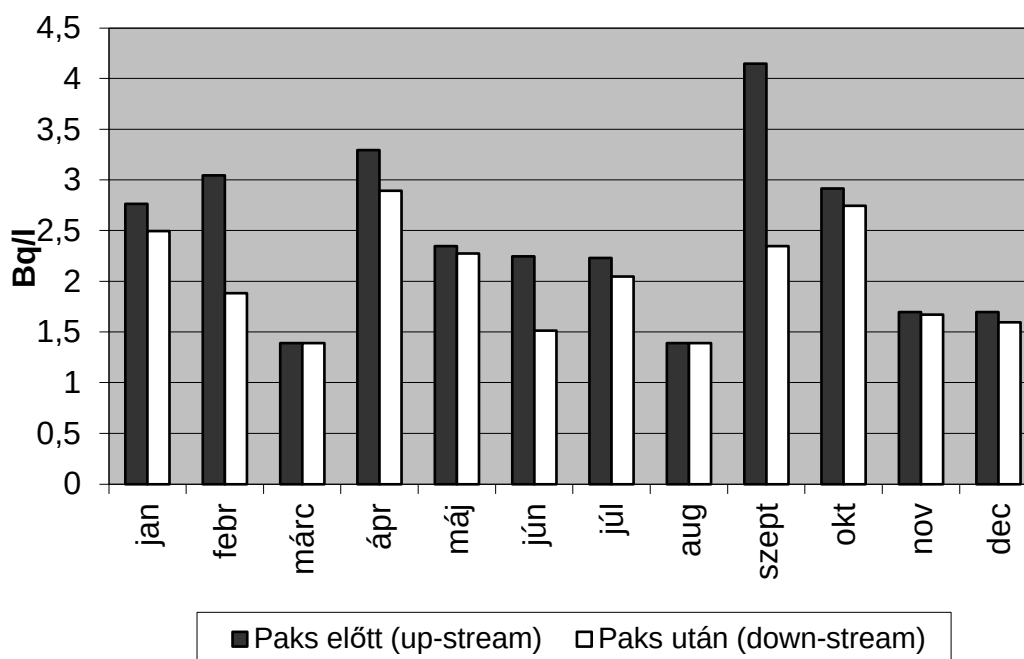
A Duna-vízben egyetlen radionuklid átlagos aktivitás-koncentrációja sem haladja meg lényegesen az alapszint értékeit, és általában a Paks után mért értékek nem magasabbak a Paks előtt mért értékeknél.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a Duna vizében az erőmű utáni szakaszon, erőművi eredetű lényeges radioaktív szennyeződés 2024-ben sem volt kimutatható.



5-7. ábra

A Duna-víz havi összes-béta aktivitás-koncentrációja Paks előtt és után mérve hatósági mérések alapján (ERMAH és BAVKH)



5-8. ábra

**A Duna-víz havi trícium-koncentrációja Paks előtt és után mérve hatósági mérések alapján
(ERMAH, NÉBIH és BAVKH)**

5-9. táblázat
A Duna-vízben mért éves aktivitás-koncentráció értékek, hatósági mérések alapján
(ERMAH, NÉBIH és BAVKH)

Vizsgálati irány	Terület	Átlag (Bq/l)	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	N	Kha	alapszint (1981) Bq/l
Összes-béta	Paks előtt	0,15	0,12	0,21	36	-	0,2
	Paks után	0,13	0,024	0,34	74	-	
Cs-137	Paks előtt	-	0,00030	0,0050	12	10	
	Paks után	-	0,00013	0,0041	38	36	
K-40	Paks előtt	-	0,064	0,22	12	8	
	Paks után	0,076	0,0013	0,22	38	9	
H-3	Paks előtt	2,5	1,4	6,9	24	13	7,00
	Paks után	2,0	1,4	7,4	49	35	
Sr-90	Paks után	-	-	-	15	15	0,005

Az 5-10. táblázat az erőmű környezetében fekvő felszíni vizek (kivéve a Dunát) mérési eredményeit tartalmazza. A vizsgálati eredmények azt mutatják, hogy a vizek összes-béta aktivitás-koncentrációja hasonló a Duna-vízben mért értékekhez, havi átlagértékei a 0,13 - 0,23 határok között mozgott, míg trícium nem volt kimutatható.

5-10. táblázat
Felszíni vízminták (kivéve Duna) radioaktív koncentrációinak éves átlagai, hatósági
mérések alapján (ERMAH és BAVKH)

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/l)	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	N	Kha
Összes-béta	DK-i félkör, R<10 km	0,15	0,13	0,17	12	-
	DK-i félkör, R≥10 km	0,20	0,17	0,23	23	-
Cs-137	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	4	4
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	8	8
K-40	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	4	4
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	8	8
H-3	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	6	6

* A félkörök és távolságok jelentése leolvasható az 5-2. ábráról.

A Duna üledékéből Paks előtt és után havonta-negyedévente gyűjtött minták átlagos koncentrációit a BAVKH NF LO és ERMAH adatai alapján az 5-11. táblázat tartalmazza.

A Duna-iszap összes-béta aktivitása a mintázott helyeken 700-1100 Bq/kg közötti érték volt (száraz tömegre vonatkoztatva). A ⁹⁰Sr nem volt kimutatható. Ezek az értékek hasonlóak a korábbi évekéhez.

A gamma-spektrometriai mérések azt mutatják, hogy a Duna üledékében 10 Bq/kg alapszintet meghaladó mértékben továbbra is jelen van a csernobili baleset következtében kihullott ¹³⁷Cs.

Ebben az évben a ^{137}Cs koncentráció 0,15 - 26 Bq/kg közötti volt a vizsgált szedimentum-mintákban, ez hasonló az előző években mért értékekhez. Azonban a mért koncentrációk két nagyságrenden belüli változása a mintavétel, illetve a mintázandó közeg bizonytalanságát mutatja. A Paks utáni átlag és maximum, a Paks előttihez hasonló volt.

5-11. táblázat

A dunai üledék éves mérési eredményei hatósági mérésekből (ERMAH és BAVKH)

Vizsgálati irány	Terület	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha	alapszint (1981) (Bq/kg)
Összes-béta	Paks előtt	930	750	1070	12	-	
	Paks után	950	700	1100	60	-	
Cs-137	Paks előtt	11	0,19	26	28	8	10,0
	Paks után	13	0,15	24	77	11	
K-40	Paks előtt	490	190	700	28	-	
	Paks után	540	100	660	77	-	
Sr-90	Paks után	-	-	-	55	55	2,0

Az 5-12. táblázat a hatósági laboratóriumok (ERMAH és BAVKH) által vizsgált állóvizek szedimentumában meghatározott aktivitás-koncentráció értékeket tartalmazza, a szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva. A minták szennyezettségét gamma-spektrometriával mérték, a ^{137}Cs koncentrációi a dunainál kisebbek, a maximális érték 2,2 Bq/kg volt.

5-12. táblázat

Felszíni vizek (a Duna kivételével) üledék aktivitás-koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérések alapján (ERMAH és BAVKH)

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha
Cs-134	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	22	22
Cs-137	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	2,2	22	19
K-40	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	250	200	360	22	-

* A félkörök és távolságok jelentése leolvasható az 5-2. ábráról.

5.1.8 A talajban mért aktivitás-koncentrációk

A talaj mintavételezése a felső 0-5 cm-es rétegből történt. A Tolna-vármegyei ERMAH laboratórium - Kalocsán, Dunaföldváron, Pakson, Fadd-Domboriban és Csámpán - havonta méri a talaj radioaktív szennyezettségét. A NÉBIH mintavételi helyei az atomerőműtől főként déli irányban helyezkednek el. A vizsgált talajok aktivitás-koncentráció értékeit tartalmazza az 5-13. táblázat.

A vizsgált talajok gamma-spektrometriával mért ^{137}Cs koncentrációja 1,1 - 15 Bq/kg között mozgott, a ^{90}Sr pedig nem volt kimutatható.

A Paksi Atomerőmű 30 km-es körzetében a talajmintákban mért aktivitás-koncentráció értékek alapján friss kibocsátásból származó, atomerőművi eredetű szennyeződés nem volt kimutatható.

5-13. táblázat

Talajminták radioaktív koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (NÉBIH és ERMAH)

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	320	760	4	-
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	510	700	5	1
Cs-134	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	-	-	-	24	24
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	20	20
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	36	36
Cs-137	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	4,0	1,1	7,6	24	-
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	4,5	1,3	15	20	7
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	54,5	1,8	8,3	36	9
K-40	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	320	190	570	24	-
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	360	240	780	20	-
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	460	300	620	40	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	8	8
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	24	24

* A félkörök és távolságok jelentése leolvasható az 5-2. ábráról.

5.1.9 A takarmánymintákban mért aktivitás-koncentrációk

A NÉBIH laboratóriumai havonkénti gyakorisággal vették a takarmánymintákat. A mintavételi helyek évről-évre állandók: Dunaszentbenedek, Paks és Dunaszentgyörgy.

A mérési eredményeket az 5-14. táblázat tartalmazza. A korábbi évekhez hasonlóan ^{137}Cs és ^{90}Sr izotóp 2024-ben nem volt kimutatható a takarmányokban.

5-14. táblázat

Takarmányminták aktivitás-koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (NÉBIH)

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	370	72	830	18	5
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	120	450	5	-
	DK-i félkör, $R < 10$ km	-	60	1000	9	1
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	1,2	120	4	1
Cs-137	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	-	-	-	13	13
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	5	5
	DK-i félkör, $R < 10$ km	-	-	-	8	8
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	3	3
K-40	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	460	180	840	13	-
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	110	420	5	-
	DK-i félkör, $R < 10$ km	-	150	970	8	-
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	110	110	3	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	-	-	-	12	12
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	4	4
	DK-i félkör, $R < 10$ km	-	-	-	8	8
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	3	3

* A félkörök és távolságok jelentése leolvasható az 5-2. ábráról.

5.1.10 A növéymintákban mért aktivitás-koncentrációk

2024-ben is folytatódott az erőmű 30 km-es körzetéből származó vadon termő és termesztett növények vizsgálata. A mintafajták: legelői fű, csalán, üröm, illetve az emberi fogyasztásra kerülő sóska, paraj, konyhakerti zöldségek. A mintavételi helyek a korábbi évek gyakorlatának megfelelően: Uszód, Foktő, Gerjen, Kalocsa és Dunaszentbenedek.

Az eredményeket Bq/kg egységben az 5-15. - 5-17. táblázatok foglalják össze. A közreműködő laboratóriumok összes-béta és ⁹⁰Sr vizsgálatokat, továbbá gamma-spektrometriai elemzéseket végeztek.

5-15. táblázat

Legelői fű-minták aktivitás-koncentrációinak éves átlagai az NÉBIH mérései alapján

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	190	230	3	-
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	33	240	8	1
	DK-i félkör, R<10 km	-	22	190	4	1
	DK-i félkör, R≥10 km	170	24	260	24	2
Cs-137	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	2	2
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	7	7
	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	22	22
K-40	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	190	210	2	-
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	140	250	7	-
	DK-i félkör, R<10 km	-	92	210	3	-
	DK-i félkör, R≥10 km	170	91	280	22	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	2	2
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	7	7
	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	24	24

* A félkörök és távolságok jelentése leolvasható az 5-2. ábráról.

5-16. táblázat

Gyomnövény-minták aktivitás-koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérések alapján (NÉBIH)

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	180	1	-
	DK-i félkör, R≥10 km	-	40	210	6	1
Cs-137	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	6	6
K-40	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	160	160	3	-
	DK-i félkör, R≥10 km	-	110	260	6	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	6	6

* A félkörök és távolságok jelentése leolvasható az 5-2. ábráról.

5-17. táblázat
Nyers konyhakerti növények aktivitás-koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (NÉBIH)

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R $\geq$ 10 km	-	22	180	14	7
	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	-	2,2	180	5	2
Cs-137	ÉNY-i félkör, R $\geq$ 10 km	-	-	-	10	10
	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	-	-	-	9	9
K-40	ÉNY-i félkör, R $\geq$ 10 km	91	37	180	10	-
	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	-	78	190	3	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, R $\geq$ 10 km	-	-	-	4	4
	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	-	-	-	2	2

* A félkörök és távolságok jelentése leolvasható az 5-2. ábráról.

Összefoglalva elmondható, hogy a Paksi Atomerőműből származó radioaktív izotóp az atomerőmű 30 km-es körzetében termelt élelmiszerekben, valamint a környezetellenőrzés céljára gyűjtött mintákban nem volt kimutatható. A mintavételi és mérési bizonytalanságot figyelembe véve az ERMAH és a NÉBIH hálózatai által megadott mérési eredmények nem térnek el egymástól.

5.1.11 Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása

A Tolna vármegyei ERMAH laboratórium öt helyen, havonta vizsgálja a vezetékes ivóvizet. A mintavételi pontok között van közkút, középület és a Paksi Atomerőmű területe. A mérési eredményeket az 5-18. táblázat összesíti. A vizsgált vizek összes-béta aktivitása a kutak jellegétől függően 0,047 - 0,61 Bq/l volt. A gamma-spektrometriai eredmények kimutatási határ alattiak voltak. A trícium-koncentrációk 0,9 - 9 Bq/l között mozogtak, de egy részük kimutatási határ alatt volt.

5-18. táblázat
Az ivóvíz aktivitás-koncentrációinak éves átlagai, hatósági mérésekből (ERMAH)

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,080	0,047	0,12	16	-
	ÉNY-i félkör, R $\geq$ 10 km	0,087	0,066	0,11	12	-
	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	0,089	0,047	0,61	127	3
Cs-137	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	8	8
	ÉNY-i félkör, R $\geq$ 10 km	-	-	-	4	4
	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	-	-	-	10	10
H-3	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	2,0	7,2	12	3
	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	4,7	0,90	9,0	14	2
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	6	6
	ÉNY-i félkör, R $\geq$ 10 km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	-	-	-	6	6

* A félkörök és távolságok jelentése leolvasható az 5-2. ábráról.

A tejminták begyűjtésére havonként, a NÉBIH esetében a takarmányminták vételével egy időben került sor. A minták a dunaszentgyörgyi, dunaszentbenedeki és paksi tehenészetből származtak. A mérési eredményeket az 5-19. táblázat foglalja össze. Látható, hogy a ¹³⁷Cs izotóp

kimutatási határ alatti volt. A tejben mérhető összes-béta aktivitás, gyakorlatilag teljes egészében a természetes ^{40}K izotópból származik.

5-19. táblázat
Tejminták aktivitás-koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (NÉBIH és ERMAH)

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	38	49	12	4
	DK-i félkör, R<10 km	51	0,75	61	21	5
	DK-i félkör, R≥10 km	58	553	63	24	-
Cs-137	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	9	9
	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	20	20
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	30	30
K-40	ÉNY-i félkör, R<10 km	39	39	47	13	-
	DK-i félkör, R<10 km	42	42	68	24	-
	DK-i félkör, R≥10 km	43	44	64	32	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	14	14
	DK-i félkör, R<10 km	-	0,0063	0,062	12	9
	DK-i félkör, R≥10 km	-	0,0063	0,0094	6	3

* A félkörök és távolságok jelentése leolvasható az 5-2. ábráról.

A NÉBIH laboratóriumai által vizsgált húsminták mérési eredményeit az 5-20. táblázat tartalmazza.

5-20. táblázat
Nyers húsminták aktivitás-koncentrációi a hatósági mérésekből (NÉBIH)

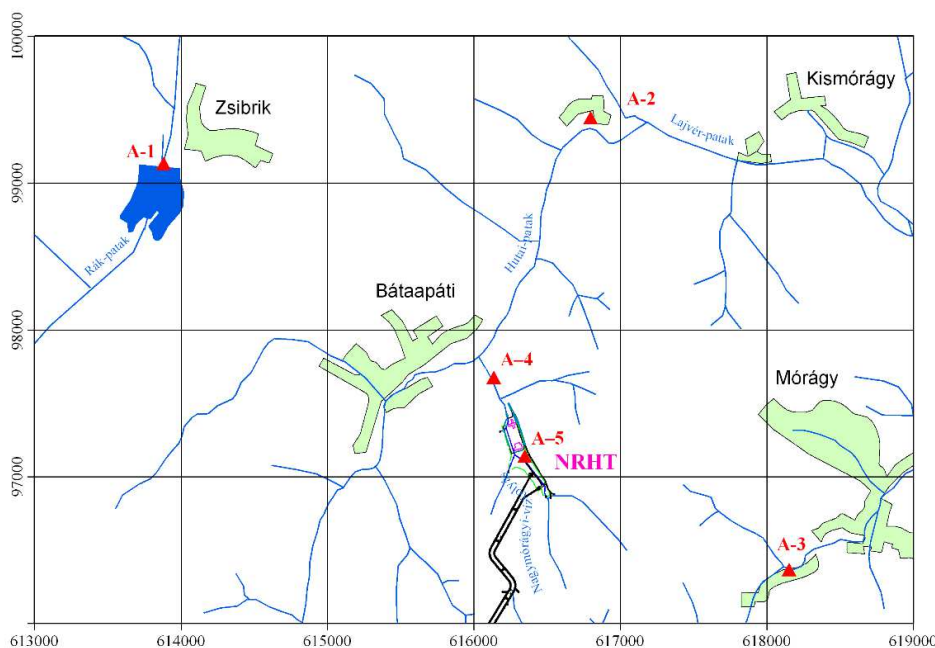
Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha
Sertés, Cs-137	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	11	11
Sertés, K-40	ÉNY-i félkör, R≥10 km	110	96	130	11	-
Szarvasmarha, Cs-137	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	1	1
Szarvasmarha, Cs-137	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	5	5
Szarvasmarha, K-40	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	110	1	-
Szarvasmarha, K-40	DK-i félkör, R≥10 km	-	100	120	5	-
Baromfi, Cs-137	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	6	6
Baromfi, K-40	DK-i félkör, R≥10 km	-	100	120	5	-

* A félkörök és távolságok jelentése leolvasható az 5-2. ábráról.

5.2 A Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló telephelyének környezetellenőrzési mérési adatai

5.2.1 A bátaapáti NRHT környezetében mért aeroszol-koncentráció adatai

A bátaapáti NRHT környezetében mért aeroszol-koncentrációkat az 5-20. táblázat mutatja 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, az 5-9. ábra szerint. Az 5-10. ábrán az A3 állomás összes-béta koncentrációinak időbeli változása látható.

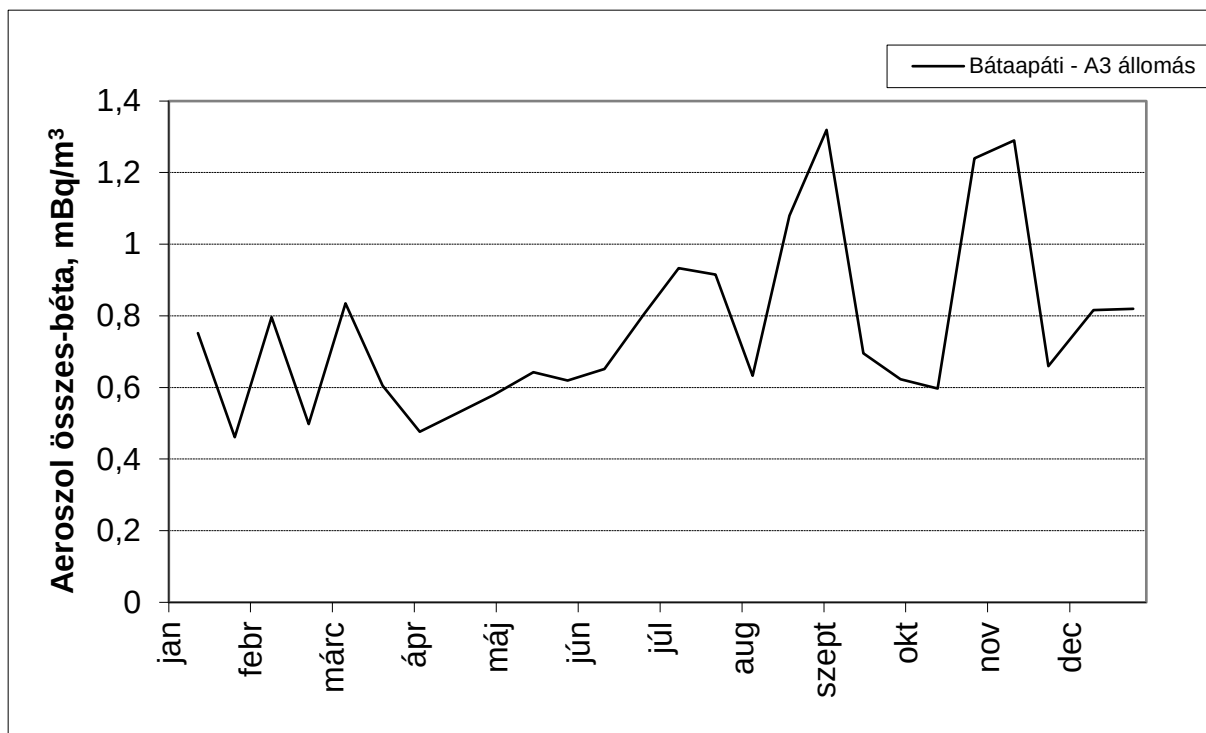


5-9. ábra
A bátaapáti NRHT környezetellenőrző állomásainak helyszínei

Az elhelyezett mintavevők 3 m³/h optimális térfogatárral működnek. A jellemző mintavételi idő (14 nap) alatt közel 1000 m³ levegőmennyiség halad át a szűrőpapíron.

A mintavételt legalább 72 órás pihentetés követi. A minta gamma-spektrometriai mérése után az összes-béta aktivitását mérik. Jellemző kimutatási határok: 0,1-1,0 mBq/m³ (összes-béta aktivitás), 0,05 mBq/m³ (gamma-spektrometria, ¹³⁷Cs izotóp).

Az időszakonként jelentkező nagyobb csúcsokat, illetve az állomásokon mért adatok közti eltéréseket, az alkalmanként megnövekvő porterhelés indokolja. Ennek oka elsősorban az állomások környezetében folyó emberi tevékenység (közlekedés, mezőgazdasági munka, tűzgyújtás-fűtés), amelynek mértéke az állomások telepítési helyére jellemző (az A3 állomás helyezkedik el egyedül településen belül). A kiugró csúcsoktól eltekintve az összes-béta aktivitás-koncentrációk jellemzően ~1 mBq/m³ alatt maradnak, ami igen alacsony érték.



5-10. ábra
A bátaapáti NRHT éves aeroszol összes-béta méréseinek időbeli változása

5-20. táblázat
A bátaapáti NRHT környezetében végzett aeroszol-mérések eredményeinek éves összefoglalása

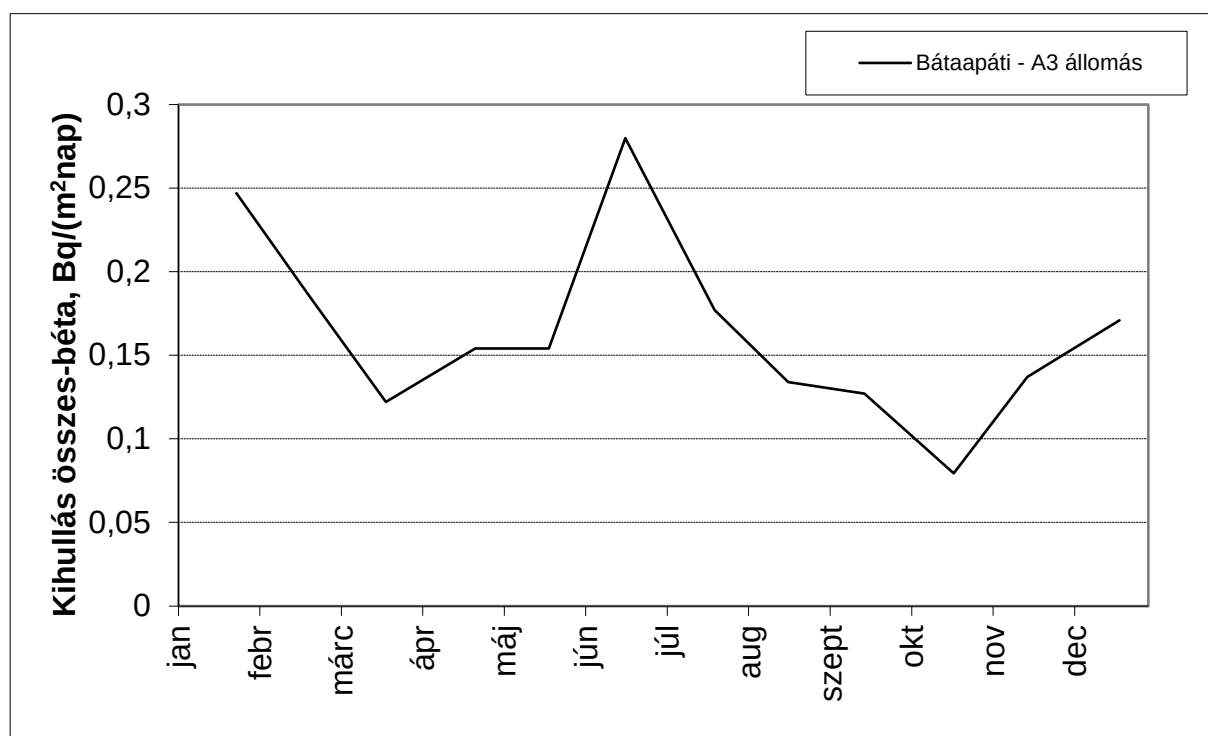
Radionuklid	Átlag (mBq/m³)	Minimum (mBq/m³)	Maximum (mBq/m³)	Szórás (mBq/m³)	N	Kha
Be-7	2,6	0,13	7,6	1,6	206	29
Co-60	-	-	-	-	206	206
Cs-137	-	-	-	-	206	206
K-40	-	-	-	-	206	206
Összes-béta	0,69	0,0077	1,7	0,36	206	0

5.2.2 A bátaapáti NRHT környezetében mért kihullás eredmények

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

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 az 5-21. táblázat foglalja össze. Az 5-11. ábra az A3 állomáson mért kihullás összes-béta aktivitásainak időbeli változását mutatja be. Az állomás Mórággy belterületén található.



5-11. ábra

A bátaapáti NRHT környezetében mért kihullás összes-béta aktivitásainak időbeli változása

5-21. táblázat

A bátaapáti 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	360	110	1400	270	60	48
Co-60	-	-	-	-	60	60
Cs-137	-	-	-	-	60	60
K-40	-	-	-	-	60	60
Összes-béta	210	60	1000	170	60	0

5.2.3 A bátaapáti NRHT környezetében vett talajminták 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).

A bátaapáti NRHT telephelyén a talajban mért aktivitás-koncentrációk mérési eredményeit az 5-22. táblázat mutatja be.

5-22. táblázat

A bátaapáti NRHT környezetében vett talajminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Co-60	-	-	-	-	5	5
Cs-137	-	0,0010	0,0026	-	5	0
K-40	-	0,30	0,36	-	5	0
Ra-226	-	0,064	0,096	-	5	0
Sr-90	-	0,32	0,53	-	3	0
Összes-béta	-	0,55	0,74	-	5	0

A NÉBIH laboratóriumai végeztek in-situ méréseket Bátaapáti térségében is, amelyek eredményeit az 5-23. táblázat mutatja be.

5-23. táblázat

In-situ mérések eredményei 2024-ben (a ¹³⁷Cs mérések Bq/m²-ben, a többiek Bq/kg-ban vannak megadva)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Bátaapáti	Ac-228	-	56	57	-	2	0
Bátaapáti	Bi-214	-	40	45	-	2	0
Bátaapáti	Cs-137	-	410	500	-	2	0
Bátaapáti	K-40	-	520	590	-	2	0
Bátaapáti	Pb-212	-	54	57	-	2	0
Bátaapáti	Pb-214	-	41	45	-	2	0
Bátaapáti	Tl-208	-	21	21	-	2	0
Mórágy	Ac-228	-	-	61	-	1	0
Mórágy	Bi-214	-	-	39	-	1	0
Mórágy	Cs-137	-	-	380	-	1	0
Mórágy	K-40	-	-	610	-	1	0
Mórágy	Pb-212	-	-	58	-	1	0
Mórágy	Pb-214	-	-	38	-	1	0
Mórágy	Tl-208	-	-	22	-	1	0
Mőcsény	Ac-228	-	-	48	-	1	0
Mőcsény	Bi-214	-	-	41	-	1	0
Mőcsény	Cs-137	-	-	380	-	1	0
Mőcsény	K-40	-	-	530	-	1	0
Mőcsény	Pb-212	-	-	49	-	1	0
Mőcsény	Pb-214	-	-	41	-	1	0
Mőcsény	Tl-208	-	-	18	-	1	0

5.2.4 A bátaapáti NRHT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményei

A vízminták mintavétele a felszíni vizekre (5 ponton), éves mintavételi gyakorisággal zajlik. 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 ^{137}Cs radionuklidra).

A bátaapáti NRHT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményeit az 5-24. táblázat foglalja össze. Az ellenőrzési eredmények nem térnek el az országos mérési program keretében felszíni vizekre kapott eredményektől.

5-24. táblázat

A bátaapáti NRHT környezetében végzett felszíni víz mérési eredményeinek éves jellemzői

Radionuklid	Átlag (Bq/l)	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	Szórás (Bq/l)	N	Kha
Co-60	-	-	-	-	4	4
Cs-137	-	-	-	-	4	4
K-40	-	-	-	-	4	4
Ra-226	-	-	-	-	4	4
Összes-béta	-	0,13	0,27	-	4	0

5.2.5 A bátaapáti NRHT környezetében mért növényminták adatai

A növényzetet a telephely környezetében 5 ponton évente mintázzák. (A növényzet fogalma alatt minden esetben a pongyola pitypangot (*Taraxacum officinale*) értenek és az 5-25. táblázatban ezeket az eredményeket szerepeltetik.) 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); és 2,5 Bq/kg (^{137}Cs , gamma-spektrometria). A vizsgálatokat azonos helyszínről származó mosatlan és mosott növényen is elvégzik.

5-25. táblázat

A bátaapáti NRHT környezetében vett növényminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Co-60	-	-	-	-	5	5
Cs-137	-	-	-	-	5	5
K-40	-	32	940	-	5	3
Ra-226	-	-	-	-	5	5
Sr-90	-	-	-	-	3	3
Összes-béta	-	810	1500	-	5	0

A NÉBIH laboratóriumai végeztek növényminta méréseket is Bátaapáti térségében, amelyek eredményeit az 5-26. táblázat mutatja be.

5-26. táblázat
**A bátaapáti NRHT létesítményeinek környezetéből származó növényminták aktivitás-
koncentrációja 2024-ben**

Hely	Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Bátaapáti	Be-7	-	37	74	-	2	0
Bátaapáti	Cs-137	-	-	-	-	2	2
Bátaapáti	K-40	-	150	190	-	2	0
Bátaapáti	Pb-210	-	5	6,8	-	2	0
Bátaapáti	Sr-90	-	0,227	0,354	-	2	0
Bátaapáti	Összes-alfa	-	6,1	47	-	2	0
Bátaapáti	Összes-béta	-	180	220	-	2	0
Mórággy	Be-7	-	-	45	-	2	1
Mórággy	Cs-137	-	-	-	-	2	2
Mórággy	K-40	-	46	220	-	2	0
Mórággy	Pb-210	-	-	8,5	-	2	1
Mórággy	Sr-90	-	-	0,19	-	1	0
Mórággy	Összes-alfa	-	-	6,9	-	1	0
Mórággy	Összes-béta	-	94	260	-	2	0
Mőcsény	Be-7	-	-	11	-	1	0
Mőcsény	Cs-137	-	-	-	-	1	1
Mőcsény	K-40	-	-	240	-	1	0
Mőcsény	Pb-210	-	-	1,3	-	1	0
Mőcsény	Sr-90	-	-	0,13	-	1	0
Mőcsény	Összes-alfa	-	-	2,9	-	1	0
Mőcsény	Összes-béta	-	-	250	-	1	0

5.3 A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló környezetellenőrzési mérési adatai

5.3.1 A püspökszilági RHFT környezetében mért aeroszol aktivitás-koncentráció adatok

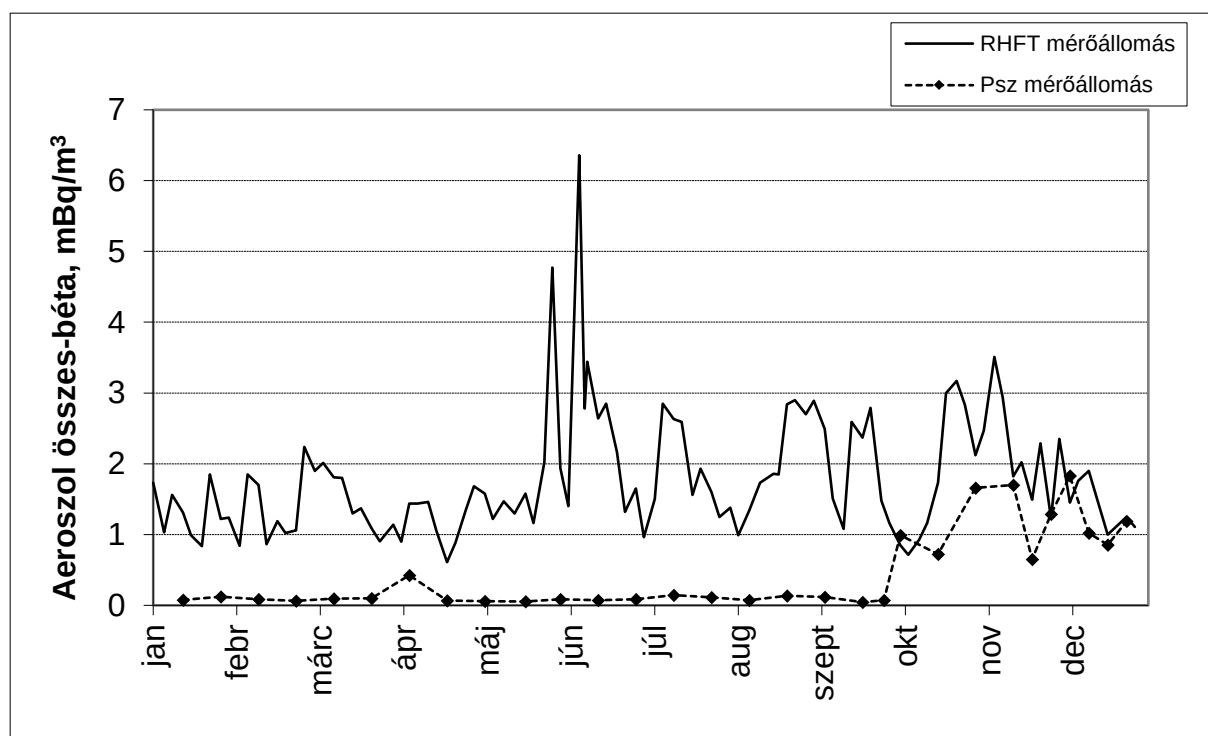
A püspökszilági RHFT környezetében mért aeroszol-koncentrációkat az 5-12. ábra és az 5-27. táblázat mutatja be. Az adatok két mintavevő összesített eredményeit tükrözik. Az egyik mintavevő a telephelyen, a másik a néhány km-re lévő Püspökszilág faluban található.

A faluban elhelyezett mintavevő kisebb térfogatáramú (optimális beállítás szerint $2,3 \text{ m}^3/\text{h}$), a jellemző heti mintavételi idő alatt átszívott levegőmennyiség 380 m^3 (az ábrán "Psz mérőállomás"). A püspökszilági RHFT telephelyén nagyobb térfogatáramú aeroszol mintavevő található, $32 \text{ m}^3/\text{h}$ 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: $0,1\text{-}0,7 \text{ mBq/m}^3$ (összes-béta aktivitás), és $0,03 \text{ mBq/m}^3$ (gamma-spektrometria, ^{137}Cs izotóp).

A püspökszilági RHFT telephelyén és Püspökszilágyon mérhető aeroszol összes-béta aktivitások az 1976-os null-szintekhez ($4,8 \text{ mBq/m}^3$, illetve 29 mBq/m^3) hasonlóan alakultak. A két mintavételi helyen mérhető éves átlagos aeroszol aktivitás-koncentráció $1,5 \text{ mBq/m}^3$ alatt maradt. Az egyes mintákban az aeroszokok aktivitás-koncentrációja, egyetlen esetben sem haladta meg az 1976-os null-szinteket. A maximális érték az RHFT területén $6,3 \text{ mBq/m}^3$, Püspökszilágyon $1,8 \text{ mBq/m}^3$ volt 2024-ben.

Az 5-12 ábrán látható, az év során jelentkező kisebb ingadozások az alkalmanként megnövekvő porterhelésnek köszönhetők, amelynek okai a telephely környezetében folyó mezőgazdasági tevékenység, illetve a környező falvakban történő tűzgyújtás, fűtés miatti megnövekedett aeroszol koncentráció. Az összes-béta aktivitás-koncentrációk jellemzően 3 mBq/m^3 alatt maradnak, ami igen alacsony érték.



5-12. ábra

A püspökszilágyi RHFT éves aeroszol összes-béta méréseinek időbeli változása

5-27. táblázat

A püspökszilágyi RHFT környezetében végzett aeroszol-mérések eredményeinek éves összefoglalása

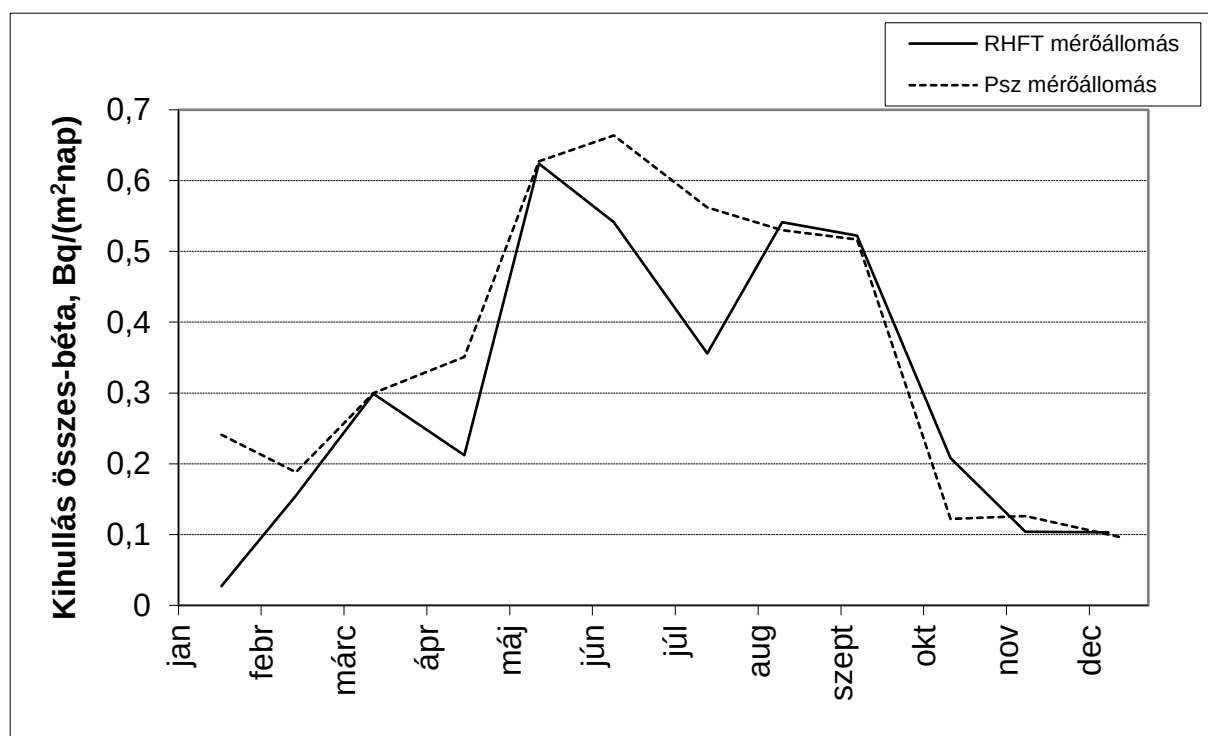
Meghatározás	Átlag (mBq/m ³)	Minimum (mBq/m ³)	Maximum (mBq/m ³)	Szórás (mBq/m ³)	N	Kha
Be-7	2,2	0,050	6,7	1,6	135	22
Cs-137	-	-	-	-	135	135
K-40	-	-	0,093	-	1	0
Összes-béta	1,5	0,047	6,4	0,98	135	0

5.3.2 A püspökszilágyi RHFT környezetében mért kihullás eredmények

A két helyszínen (telephelyek: a következő ábrán "RHFT mérőállomás" és Püspökszilágy falu "Psz mérőállomás"), az aeroszol mintavevők közelében elhelyezett mintavevők folyamatos üzemű, szakaszosan ürített csapadékgyűjtő edények. A mintagyűjtő aktív felülete 0,2 m², a mintavételi idő 1 hét.

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

A kihullásban mért összes-béta aktivitás időbeni változását az 5-13. ábra szemlélteti. A mintákon végzett gamma-spektrometriai és összes-béta mérések eredményeinek éves jellemzőit az 5-28. táblázat foglalja össze.



5-13. ábra

A püspökszilágyi RHFT környezetében mért kihullás összes-béta aktivitások időbeli változása

5-28. táblázat

A püspökszilágyi 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	930	47	3000	890	23	1
Cs-137	-	-	-	-	24	24
K-40	-	160	390	-	24	20
Összes-béta	330	27	660	200	24	0

5.3.3 A püspökszilágyi RHFT környezetének talajmérési eredményei

A talaj- és a hasonló jellegű iszap- és 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, illetve a 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).

A püspökszilágyi RHFT telephelyén a talajban mért aktivitás-koncentrációk mérési eredményeit az 5-29. táblázat mutatja be.

5-29. táblázat
A püspökszilágyi RHFT környezetében vett talajminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Be-7	-	4,4	18	-	5	3
Cs-137	4,9	0,46	23	4,9	33	3
K-40	380	25	500	130	32	3
Ra-226	55	21	81	16	30	0
Sr-90	0,51	0,079	1,0	0,28	23	3
Összes-béta	600	410	770	73	33	0

Püspökszilágy térségében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek méréseket, amelyek eredményeit az 5-30. táblázat mutatja be.

A talajminták γ -spektrometriás vizsgálata szárítás után 450 cm³ térfogatú Marinelli edényben, 80000s mérési idővel, az összes-béta aktivitás-koncentráció meghatározás 1 g talajból történik szűrővizsgálatként. A felső 5 cm-es szeletből kémiai elválasztás után a ⁹⁰Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák.

5-30. táblázat
A püspökszilágyi RHFT létesítményeinek környezetéből származó talajminták aktivitás-koncentrációja 2024-ben (Bq/kg)

Hely	Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Püspökszilágy	Ac-228	-	45	46	-	3	0
Püspökszilágy	Be-7	-	3,0	8,4	-	3	0
Püspökszilágy	Bi-212	-	23	25	-	3	0
Püspökszilágy	Bi-214	-	31	39	-	3	0
Püspökszilágy	Cs-137	-	5,0	5,3	-	3	0
Püspökszilágy	K-40	-	530	550	-	3	0
Püspökszilágy	Pa-234m	-	23	42	-	3	0
Püspökszilágy	Pb-210	-	44	52	-	3	0
Püspökszilágy	Pb-212	-	43	46	-	3	0
Püspökszilágy	Pb-214	-	33	38	-	3	0
Püspökszilágy	Sr-90	-	0,69	0,84	-	3	0
Püspökszilágy	Th-234	-	7,0	43	-	3	1
Püspökszilágy	Tl-208	-	14	15	-	3	0
Püspökszilágy	U-235	-	1,3	1,9	-	3	0
Püspökszilágy	Összes-béta	-	730	760	-	3	0

A NÉBIH laboratóriumai végeztek in-situ méréseket is Püspökszilágy térségében, amelyek eredményeit az 5-31. táblázat mutatja be.

5-31. táblázat
In-situ mérések eredményei 2024-ben (a ^{137}Cs mérések Bq/m²-ben, a többiek Bq/kg-ban vannak megadva)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Kisnémedi	Ac-228	-	41	43	-	2	0
Kisnémedi	Bi-214	-	33	35	-	2	0
Kisnémedi	Cs-137	-	980	1100	-	2	0
Kisnémedi	K-40	-	510	520	-	2	0
Kisnémedi	Pb-212	-	43	43	-	2	0
Kisnémedi	Pb-214	-	31	38	-	2	0
Kisnémedi	Tl-208	-	15	17	-	2	0
Püspökszilágy	Ac-228	-	35	45	-	4	0
Püspökszilágy	Bi-214	-	28	36	-	4	0
Püspökszilágy	Cs-137	-	280	1600	-	4	0
Püspökszilágy	K-40	-	480	520	-	4	0
Püspökszilágy	Pb-212	-	36	45	-	4	0
Püspökszilágy	Pb-214	-	29	36	-	4	0
Püspökszilágy	Tl-208	-	13	17	-	4	0

5.3.4 A püspökszilágyi RHFT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményei

A felszíni vizeket 7 ponton mintázzák. 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 jellemző 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).

A püspökszilágyi RHFT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményeit az 5-32. táblázat foglalja össze. Az ellenőrzési eredmények nem térnek el az országos mérési program keretében felszíni vizekre kapott eredményektől.

5-32. táblázat
A püspökszilágyi 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	-	-	-	-	9	9
K-40	-	0,11	0,57	-	9	1
Ra-226	-	-	0,067	-	1	0
Összes-béta	-	0,12	0,33	-	9	0

5.3.5 A püspökszilágyi RHFT környezetében mért növényzet adatok

A növényzetet a telephely környezetében 17 ponton fél évente, 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) és 0,5 Bq/kg (¹³⁷Cs, gamma-spektrometria).

A növényminták mérési eredményeit az 5-33. táblázat foglalja össze.

5-33. táblázat

A püspökszilágyi 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	72	16	160	39	26	0
Cs-137	-	-	-	-	27	27
K-40	590	24	1400	320	26	1
Sr-90	0,25	0,076	0,46	0,10	20	2
Összes-béta	570	190	1200	270	27	0

A NÉBIH laboratóriumai végeztek növényminta méréseket is Püspökszilágy térségében, amelyek eredményeit az 5-34. táblázat mutatja be.

5-34. táblázat

A püspökszilágyi RHFT létesítményeinek környezetéből származó növényminták aktivitáskoncentrációja 2024-ben (Bq/kg)

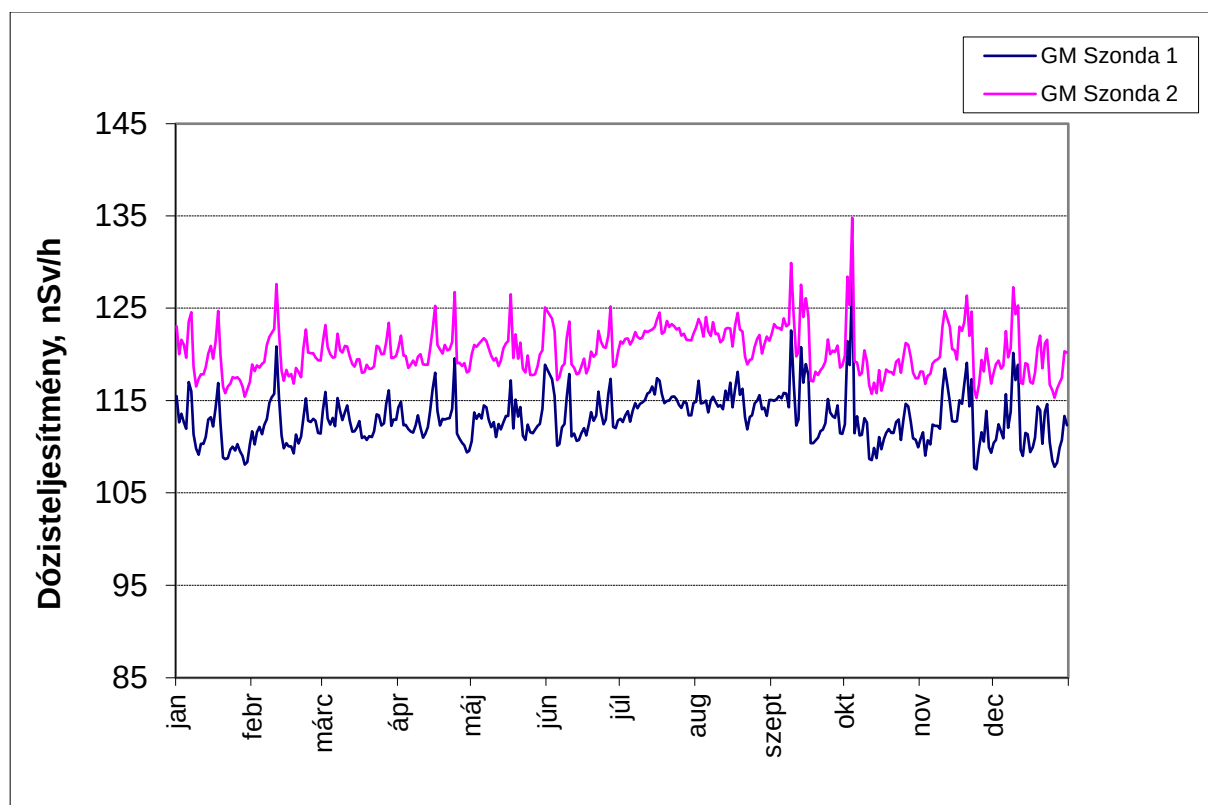
Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Püspökszilágy	Be-7	-	19	43	-	3	0
Püspökszilágy	K-40	-	180	200	-	3	0
Püspökszilágy	Pb-210	-	1,9	12	-	3	0
Püspökszilágy	Sr-90	-	0,25	0,46	-	3	0
Püspökszilágy	Összes-alfa	-	9,1	10	-	3	0
Püspökszilágy	Összes-béta	-	180	250	-	3	0

5.4 A Központi Fizikai Kutató Intézet telephely környezetellenőrzési mérési adatai

A Központi Fizikai Kutató Intézet (a továbbiakban: KFKI) telephelye több atomenergia alkalmazójának ad otthont, köztük két kiemelt létesítménynek, az Energiatudományi Kutatóközpont által üzemeltetett Budapesti Kutatóreaktornak és az Izotóp Intézet Kft. ún. A-szintű izotóplaboratóriumának. A telephelyen mérhető környezeti adatok elsősorban a kutatóreaktor és az Izotóp Intézet Kft. környezeti hatásainak ellenőrzésére szolgálnak, de korlátozottan az egyéb izotóplaboratóriumok és kutatóintézetek tevékenységének ellenőrzésére is alkalmasak.

5.4.1 A KFKI telephelyén mért gammadózis-teljesítmények

A KFKI telephelyen a dózisteljesítmény ellenőrzésére 17 GM-szonda szolgál, a szondák jelei az Energiatudományi Kutatóközpont Környezetvédelmi Szolgálatra (a továbbiakban: EK KVSz) futnak be. Ezen mérőhelyek közül két olyat választottunk ki (1. és 2. állomás), amelyek általában jól jellemzik a telephely egészének dózisteljesítmény-szintjét (5-14. 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.



5-14. ábra

A KFKI telephely mérőállomásain mért napi dózisteljesítmények időbeli változása 2024-ben két „környezeti” elhelyezésű állomáson

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 5-14 ábrán két olyan mérőállomás adatai láthatók, amelyek a sugárforrásokat alkalmazó egységektől távol helyezkednek el.

Az EK KVSz adatközpontja az eredményeket percenként tárolja. Az éves feldolgozott adatokat az EK KVSz Éves Jelentése tartalmazza, amelyet az EK KVSz honlapján (<https://www.ek-cer.hu/kornyezetvedelmi-szolgalat/>) lehet megtekinteni a „Jelentések” címszó alatt.

5.4.2 A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk

A KFKI telephelyen 4 mérőállomáson történik napi aeroszolos mintavételezés, ahol az átszívott levegő mennyisége általában 100 m³/nap körül van. Az összes-béta mérésre szánt minták esetében a mintavételezés és mintamérés – a 72 órás pihentetést követően – napi gyakorisággal történik. A mintavételt és mérést jellemző összes-béta aktivitás-koncentráció szokásos kimutatási határa 0,1 mBq/m³.

Az egyik környezetellenőrző állomáson nagy légforgalmú mintavevővel is történik aeroszol mintavételezés. Az itt átszívott levegő mennyiségének jellemző értéke 7000 m³/hét. A minták nuklidspecifikus mérései HPGe detektorok segítségével történnek. A mérések szokásos kimutatási határa a nagytérfogatú minták esetén ¹²⁵I izotópra 0,1 mBq/m³ (aeroszol és elemi-jód) illetve 0,5 mBq/m³ (szerves jód); ¹³¹I izotópra pedig 0,1 mBq/m³ mind a három formára. A kis térfogatú minták esetén 0,15-2 mBq/m³ közötti a jód-izotóptól, illetve a szűrő/adszorbens típusától függően a kimutatási határ.

A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk éves jellemző adatait az 5-35. táblázat foglalja össze.

5-35. táblázat

A KFKI telephelyen végzett aeroszol, elemi és szerves jód 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	1,8	0,30	3,4	0,90	102	52
Co-60	-	-	-	-	102	102
Cs-137	-	-	-	-	102	102
I-125	0,40	0,010	7,9	0,56	260	176
I-131	0,33	0,13	0,73	0,13	260	187
Összes-béta	2,4	0,30	4,8	1,1	1092	0

Az alkalmazott számítógépes programok, illetve kiértékelési algoritmus szerint azokat az eredményeket nem sorolják 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 külön oszlopban tüntettük fel. A ¹²⁵I és ¹³¹I radioizotópok a telephelyen működő Izotóp Intézet Kft. radiokémiai laboratóriumainak a kibocsátási kritériumoknál kisebb kibocsátásaihoz köthetők. A ⁷Be és az 5-35. táblázatban nem szereplő, de a mintákban kimutatott ⁴⁰K radionuklidok természetes eredetűek.

5.4.3 A KFKI telephely területén mért kihullás eredmények

A KFKI telephely területén az EK KVSz havonta, illetve hetente vesz fall-out mintákat a telephely négy pontján (havonta: 1., 2., 5. állomás, hetente: 6. állomás). A heti mintákat a telephely 6. környezeti mintavevő állomásán, a havi mintákat a telephely 1., 2. és 5. sz. állomásain gyűjtik, utóbbiak mintáit a mérésekhez egyesítik. A mintavevő-edények felülete 0,2 m². A mintákkal gamma-spektrometriai vizsgálatot végeznek. A mérések során legtöbbször csak természetes

eredetű ^7Be és ^{40}K izotópokat, valamint az Izotóp Intézet Kft. normál üzemi tevékenységével kapcsolatos ^{125}I és ^{131}I izotópot találtak (5-36, 5-37. táblázat).

5-36. táblázat

A KFKI telephelyen végzett heti fall-out mérések eredményeinek éves összefoglalása

Radionuklid	Átlag (Bq/m ² /hét)	Minimum (Bq/m ² /hét)	Maximum (Bq/m ² /hét)	Szórás (Bq/m ² /hét)	N	Kha
Be-7	18	10	80	-	52	16
Co-60	-	0,60	0,70	-	52	50
Cs-137	-	-	-	-	52	52
I-125	1,3	0,30	3,8	-	52	38
I-131	-	-	-	-	52	52

5-37. táblázat

A KFKI telephelyen végzett havi fall-out mérések eredményeinek éves összefoglalása

Radionuklid	Átlag (Bq/m ² /hó)	Minimum (Bq/m ² /hó)	Maximum (Bq/m ² /hó)	Szórás (Bq/m ² /hó)	N	Kha
Be-7	43	15	140	-	12	0
Co-60	-	-	-	-	12	12
Cs-137	-	-	-	-	12	12
I-125	-	0,2	0,6	-	12	8
I-131	-	-	-	-	12	12

Az alkalmazott számítógépes programok, illetve kiértékelési algoritmus szerint, azokat az eredményeket nem sorolják az elfogadott adatok közé, amelyeknél ugyan minőségileg azonosítható a keresett komponens, de relatív bizonytalansága (hibája) meghaladja a 30%-ot.

5.4.4 A KFKI telephely területén mért talajmérési eredmények

A KFKI Telephelyen az EK KVSz a 3. negyedévben talajmintát vett a 10-es épület mellett. A mintában 6,7 Bq/kg ^{137}Cs volt mérhető.

5.4.5 A KFKI telephely területén mért növényzet adatok

A KFKI telephelyen a növényi minták vizsgálatát negyedévente végzik. A vegetációtól függően ez fű, moha vagy gomba mintavételezést jelent. A mintákat 105 0C-os szárítást követően aprítják, majd gamma-spektrometriával vizsgálják. A vizsgálatok eredményét az 5-38. táblázat tartalmazza. A minta 19 Bq/kg mennyiségű ^{137}Cs nuklidot tartalmaz.

5-38. táblázat
A KFKI telephelyen végzett fű- gomba-és mohaminta mérések eredményeinek 2024. évi összefoglalása

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Be-7	-	190	310	-	6	4
I-125	-	-	-	-	6	6
I-131	-	-	-	-	6	6
Cs-137	-	6,7	19	-	6	4
Co-60	-	-	-	-	-	-
K-40	-	160	710	-	6	2

A NÉBIH laboratóriumai is végeztek növényminta méréseket is a KFKI térségében, amelyek eredményeit az 5-39. táblázat mutatja be.

5-39. táblázat
A KFKI környezetéből származó növényminták aktivitás-koncentrációja 2024-ben

Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Be-7	77	4,5	650	140	52	1
Bi-212	9,7	0,58	34	5,9	52	22
Bi-214	5,2	0,17	19	3,9	52	10
Co-60	-	-	-	-	52	52
Cs-134	-	-	-	-	52	52
Cs-137	-	0,17	2,3	-	52	45
I-125	0,96	0,46	3,3	0,52	51	30
I-131	-	0,61	16	-	51	49
K-40	180	68	390	64	52	0
Pb-210	20	3,9	100	25	52	2
Pb-212	11	0,090	57	9,8	52	3
Pb-214	3,4	0,070	12	2,1	52	30
Sb-125	-	-	-	-	52	52
Tl-208	2,8	0,080	14	2,7	52	38
U-235	-	0,060	1,9	-	52	46

5.5 A BME NTI Oktatóreaktor telephely környezetellenőrzési mérési adatai

A BME NTI Oktatóreaktor környékén 2024. év során elvégzett környezetellenőrző vizsgálatok – aeroszol, első negyedéves Duna-víz és éves kihullás összes-béta, valamint talaj- és növényminták nuklid-specifikus kiértékelésének – eredményeit az 5-40. – 5-43. táblázatok mutatják be. A 2024. évi környezetellenőrző mérések eredményei megfeleltethetők az elmúlt években mért értékeknek.

5-40. táblázat
2024-ben a levegőben lévő, aeroszolhoz kötött radioaktív izotópok aktivitás-koncentrációja

Nuklid	Átlag (Bq/m ³)	Minimum (Bq/m ³)	Maximum (Bq/m ³)	Szórás	N	Kha
Összes-béta	6,67E-04	5,40E-04	7,98E-04	7,819E-05	12	1
Összes gamma	4,86E-03	1,74E-03	8,85E-03	2,01E-03	12	6

5-41. táblázat
2024. évi fall-out minták összes-béta aktivitás-koncentrációja

Nuklid	Átlag (Bq/m ²)	Minimum (Bq/m ²)	Maximum (Bq/m ²)	Szórás (Bq/m ²)	N	Kha
Összes-béta	1,77E+01	3,45E+00	4,39E+01	12,77	12	-

5-42. táblázat
Fűminták aktivitás-koncentrációja

Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
K-40	-	6,46E-01	7,20E-01	-	2	-
Tórium sor	-	2,12E-03	2,50E-03	-	2	-
Urán sor	-	3,67E-03	4,27E-02	-	2	-
Co-60	-	1,46E-03	1,51E-03	-	2	-
Cs-137	-	-	2,10E-03	-	2	1
Cs-134	-	-	-	-	2	2
I-131	-	-	-	-	2	2
I-129	-	-	-	-	2	2

5-43. táblázat
Talajminták aktivitás-koncentrációja

Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
K-40	-	1,95E-01	2,56E-01	-	2	
Tórium sor	-	1,59E-03	2,01E-02	-	2	
Urán sor	-	2,19E-02	3,11E-02	-	2	
Co-60	-	1,53E-04	2,24E-04	-	2	
Cs-137	-	5,55E-03	8,23E-03	-	2	
Cs-134	-	-	-	-	2	2
I-131	-	-	-	-	2	2
I-129	-	-	-	-	2	2

5.6 A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetellenőrzési mérési adatai

5.6.1 A BVH Kft. környezetében mért kihullás eredmények

Az előírtaknak megfelelően 6 különböző helyen történnek hullópor mintavételek, amelyek korábban elsősorban a zagytározói rekultiváció, jelenleg viszont a kémiai vízkezelés, az ezzel összefüggő hulladék elhelyezés, illetve a bányavízkezelés és U-koncentrációs-gyártási tevékenység ellenőrzésére szolgálnak.

Ugyan a zagytározói rekultiváció 2008. év végén befejeződött, az ott telepített állomások egy részét (I. zagytározó, löszbánya, Pellérd) továbbra is fenntartják, hogy a tendenciák jól megfigyelhetők legyenek. A mintákat negyedévente gyűjtik be és dolgozzák fel, meghatározzák a kihullás mennyiségét ($t/km^2év$). A kihullott radioaktivitást ($Bq/m^2év$), valamint radionuklid-összetételét a teljes naptári évre egyesített mintákon vizsgálják.

Hullópor mintavétel negyedéves gyakorisággal történik. A teljes naptári évre (1-4. negyedév) egyesített hullópor minta félvezető-detektoros gamma-spektrometriai vizsgálatát 2π mérési geometriával, megfelelően hatékony ólomárnyékolás mellett legalább 200 000 s mérési idő alkalmazásával végzik, így az összes természetes eredetű gamma-sugárzó radionuklid és a ^{137}Cs kiértékelhető, már a háttérszinttel egyező (1 Bq/kg) pontossággal.

A minták gamma-spektrometriai vizsgálatának eredményeit az 5-45. táblázat tartalmazza.

5-45. táblázat
Hullópor minták radionuklid tartalma 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	7	7
Th-234	-	89	210	-	7	4
Ra-226	-	-	100	-	7	6
Pb-214	-	-	110	-	7	6
Bi-214	-	-	93	-	7	6
Pb-210	-	800	6100	-	7	-
Ac-228	-	-	-	-	7	7
Pb-212	-	20	39	-	7	-
Bi-212	-	-	-	-	7	7
Tl-208	-	-	-	-	7	7
K-40	-	580	890	-	7	-
Cs-137	-	-	-	-	7	7

A táblázat adataiból megállapítható, hogy a radionuklidok aktivitás-koncentrációja átlagos vagy kimutatási határ alatti.

5.6.2 A BVH Kft. környezetében vett talajminták mérési eredményei

A mintavétel kb. 1 m^2 -es területről véletlenszerűen 5 helyen kiválasztott (pl. a dobókocka 5-ös jelzésének megfelelő mintázatban) ponton, a talaj 10 cm-nél nem mélyebb rétegéből kivett mintával, a szerves és darabos összetevőktől (kövek, gyökerek) a helyszínen megtisztítva történik, kb. 1 kg mennyiségben. A minta kiszárítása légszáraz állapotra és törése, őrlése, homogenizálása 100 μm alatti szemcseméretre. A gamma-spektrometriai vizsgálatot 1000 g tömegű mintán végzik.

2024-ben az Érdúsító Üzem talajában mért aktivitás-koncentrációk mérési eredményeit az alábbi táblázatban foglaljuk össze:

5-46. táblázat

Az Érdúsító Üzem, talajminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	4	4
Th-232	-	34	44	-	4	-
Ra-226	-	30	43	-	4	-
Pb-214	-	31	43	-	4	-
Bi-214	-	32	44	-	4	-
Pb-210	-	33	53	-	4	-
Ac-228	-	31	47	-	4	-
Pb-212	-	29	42	-	4	-
Bi-212	-	34	49	-	4	-
Tl-208	-	33	46	-	4	-
K-40	-	599	643	-	4	-
Cs-137	-	1	9	-	4	1

2024-ben a III/A. bányaüzemi meddőhányón, a Frici-tárói meddőhányón, valamint a II. zagytározó területén végzett vertikális és horizontális vizsgálatok, aktivitás-koncentrációk mérési eredményeit talajminták esetében az alábbi táblázatokban foglaljuk össze.

A horizontális migrációs vizsgálat keretében talaj- és növény-mintavételezést végeznek magán az objektumon, a szélétől kb. 50 m-re (-50 m), az objektum (övérek) mellett, de annak külső oldalán (+0 m), majd attól 50 m-re és 300 m-re az inaktív területen (+50 m, +300 m), az uralkodó szélirányban (D-re és/vagy DK-re). A mintákon radionuklid-összetétel meghatározást végeznek (úgy, mint fentebb).

A vertikális migrációs vizsgálat során magfúrást mélyítünk a fedőtakaróba, és annak anyagát a mélység szerint egyenlő szakaszonként (esetünkben ez 25 cm) megmintázzák.

A mintavételi pontokon (vertikálisokon és horizontálisokon egyaránt) komplex levegő radioaktivitás-vizsgálatot is végeznek.

5-47. táblázat

A III/A. bányaüzemi meddőhányón végzett horizontális migrációs vizsgálat - talajminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	4	4
Th-232	-	40	63	-	4	-
Ra-226	-	40	58	-	4	-
Pb-214	-	37	54	-	4	-
Bi-214	-	39	54	-	4	-
Pb-210	-	50	113	-	4	-
Ac-228	-	29	41	-	4	-
Pb-212	-	28	37	-	4	-
Bi-212	-	25	41	-	4	-
Tl-208	-	30	41	-	4	-
K-40	-	638	779	-	4	-
Cs-137	-	2,0	12	-	4	1

5-48. táblázat

A III/A. bányászati meddőhányón végzett vertikális migrációs vizsgálat - talajminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	3	3
Th-232	-	33	40	-	3	-
Ra-226	-	22	38	-	3	-
Pb-214	-	25	32	-	3	-
Bi-214	-	25	31	-	3	-
Pb-210	-	27	36	-	3	-
Ac-228	-	29	36	-	3	-
Pb-212	-	28	35	-	3	-
Bi-212	-	30	33	-	3	-
Tl-208	-	31	38	-	3	-
K-40	-	570	620	-	3	-
Cs-137	-	-	-	-	3	3

5-49. táblázat

A Frici-tárói meddőhányón végzett horizontális migrációs vizsgálat - talajminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	4	4
Th-232	-	49	61	-	4	-
Ra-226	-	43	55	-	4	-
Pb-214	-	35	44	-	4	-
Bi-214	-	36	46	-	4	-
Pb-210	-	82	134	-	4	-
Ac-228	-	33	53	-	4	-
Pb-212	-	30	48	-	4	-
Bi-212	-	34	58	-	4	-
Tl-208	-	34	56	-	4	-
K-40	-	580	900	-	4	-
Cs-137	-	8,0	19	-	4	2

5-50. táblázat

A Frici-tárói meddőhányón végzett vertikális migrációs vizsgálat - talajminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	2	2
Th-232	-	45	46	-	2	-
Ra-226	-	38	40	-	2	-
Pb-214	-	34	34	-	2	-
Bi-214	-	34	35	-	2	-
Pb-210	-	44	46	-	2	-
Ac-228	-	52	54	-	2	-
Pb-212	-	49	50	-	2	-
Bi-212	-	56	61	-	2	-
Tl-208	-	54	57	-	2	-
K-40	-	550	580	-	2	-
Cs-137	-	-	-	-	2	2

5-51. táblázat

A II. zagytározón végzett horizontális migrációs vizsgálat - talajminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	2,0	-	6	5
Th-232	-	30	46	-	6	-
Ra-226	-	19	96	-	6	-
Pb-214	-	26	94	-	6	-
Bi-214	-	27	98	-	6	-
Pb-210	-	36	81	-	6	-
Ac-228	-	30	49	-	6	-
Pb-212	-	27	42	-	6	-
Bi-212	-	25	48	-	6	-
Tl-208	-	32	45	-	6	-
K-40	-	430	610	-	6	-
Cs-137	-	6,0	10	-	6	4

5-52. táblázat

A II. zagytározón végzett vertikális migrációs vizsgálat - talajminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	1,0	-	5	4
Th-232	-	29	34	-	5	-
Ra-226	-	27	40	-	5	-
Pb-214	-	27	40	-	5	-
Bi-214	-	28	42	-	5	-
Pb-210	-	25	46	-	5	-
Ac-228	-	32	36	-	5	-
Pb-212	-	30	34	-	5	-
Bi-212	-	28	39	-	5	-
Tl-208	-	33	36	-	5	-
K-40	-	470	580	-	5	-
Cs-137	-	-	-	-	5	5

5.6.3 A BVH Kft. környezetében vett növényminták mérési eredményei

A növényi minták vétele és a minta előkészítése radiometriai laboratóriumi vizsgálatokra egynyári (nem termesztett) növények teljes felszín feletti részének (gyökér nélkül) begyűjtésével (sarlózás) történik (kb. 1 kg mennyiségben), a tenyészidőszak utolsó harmadában (legkorábban: augusztus hónapban) történik. A minta előkészítése alatt szárítást és hamvasztást jelent a nedvességtartalom és hamutartalom (tömegméréssel történő) meghatározásával. A növényminta-vétel helyén, azzal egy időben mindig talajminta-vétel is történik.

A megfelelően előkészített (szárítás, hamvasztás) növényi hamuminta félvezető detektoros gamma-spektrometriai vizsgálata (Marinelli-edényes vagy 2p mérési geometriával), megfelelően hatékony ólomárnyékolás mellett, 8k csatornás, HPGe detektoros méréssel történik. Az előírt mérési idő: legalább 80.000 s. Mérés előtt a mintát hermetikusan lezárt mérőedényben min. 2-3 hetet várakoztatni kell a Ra-Rn közötti radioaktív egyensúly beálláshoz. A felvett spektrumból az összes, kimutatási határ feletti természetes eredetű gamma-sugárzó radionuklid és a ¹³⁷Cs mennyiségi kiértékelését végezzük, a háttérszinten kielégítő (1 Bq/kg) pontossággal (növényi mintánál a hamutartalomra vonatkoztatva).

2024-ben az Ércdúsító Üzemben vett növényi hamumintákban mért aktivitás-koncentrációk mérési eredményeit az alábbi táblázatban foglaljuk össze:

5-53. táblázat

Az Ércdúsító Üzem, növényi hamuminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredményei 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	4	4
Th-232	-	-	110	-	4	3
Ra-226	-	31	170	-	4	1
Pb-214	-	41	380	-	4	-
Bi-214	-	43	430	-	4	-
Pb-210	-	980	1500	-	4	-
Ac-228	-	-	-	-	4	4
Pb-212	-	-	21	-	4	3
Bi-212	-	-	-	-	4	4
Tl-208	-	-	-	-	4	4
K-40	-	590	3000	-	4	-
Cs-137	-	-	6,0	-	4	3

2024-ben a III/A. bányászati meddőhányón, a Frici-tárai meddőhányón, valamint a II. zagyártározó területén végzett vertikális és horizontális vizsgálatok, aktivitás-koncentrációk mérési eredményeit növényi hamuminták esetében az alábbi táblázatokban foglaljuk össze.

5-54. táblázat

A III/A. bányászati meddőhányón végzett horizontális migrációs vizsgálat - növényi hamuminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredményei 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	4	4
Th-232	-	-	-	-	4	4
Ra-226	-	25	200	-	4	-
Pb-214	-	43	330	-	4	-
Bi-214	-	55	330	-	4	-
Pb-210	-	350	520	-	4	-
Ac-228	-	-	-	-	4	4
Pb-212	-	-	-	-	4	4
Bi-212	-	-	-	-	4	4
Tl-208	-	-	-	-	4	4
K-40	-	3900	7400	-	4	-
Cs-137	-	-	-	-	4	4

5-55. táblázat

A III/A. bányászati meddőhányón végzett vertikális migrációs vizsgálat - növényi hamuminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredményei 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	3	3
Th-232	-	58	58	-	3	2
Ra-226	-	31	240	-	3	1
Pb-214	-	28	360	-	3	-
Bi-214	-	38	370	-	3	-
Pb-210	-	470	920	-	3	-
Ac-228	-	-	-	-	3	3
Pb-212	-	-	-	-	3	3
Bi-212	-	-	-	-	3	3
Tl-208	-	-	-	-	3	3
K-40	-	2800	6100	-	3	-
Cs-137	-	-	-	-	3	3

5-56. táblázat

A Frici-tárói meddőhányón végzett horizontális migrációs vizsgálat - növényi hamuminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredményei 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	3,0	-	4	3
Th-232	-	19	88	-	4	1
Ra-226	-	27	110	-	4	1
Pb-214	-	28	120	-	4	1
Bi-214	-	26	130	-	4	1
Pb-210	-	260	610	-	4	-
Ac-228	-	44	44	-	4	2
Pb-212	-	33	35	-	4	2
Bi-212	-	-	-	-	4	4
Tl-208	-	-	35	-	4	3
K-40	-	4000	5700	-	4	-
Cs-137	-	-	-	-	4	4

5-57. táblázat

A Frici-tárói meddőhányón végzett horizontális migrációs vizsgálat - növényi hamuminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredményei 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	2	2
Th-232	-	-	85	-	2	1
Ra-226	-	79	170	-	2	
Pb-214	-	71	280	-	2	-
Bi-214	-	75	280	-	2	-
Pb-210	-	280	2000	-	2	-
Ac-228	-	-	48	-	2	1
Pb-212	-	-	36	-	2	1
Bi-212	-	-	-	-	2	2
Tl-208	-	-	36	-	2	1
K-40	-	2000	5500	-	2	-
Cs-137	-	-	-	-	2	3

5-58. táblázat

A II. zagytározón végzett horizontális migrációs vizsgálat - növényi hamuminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredményei 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	8	8
Th-232	-	56	66	-	8	6
Ra-226	-	110	130	-	8	5
Pb-214	-	91	190	-	8	5
Bi-214	-	120	200	-	8	5
Pb-210	-	97	978	-	8	-
Ac-228	-	-	46	-	8	7
Pb-212	-	20	31	-	8	3
Bi-212	-	-	50	-	8	7
Tl-208	-	-	31	-	8	6
K-40	-	1200	4300	-	8	-
Cs-137	-	-	-	-	8	8

5-59. táblázat

A II. zagytározón végzett vertikális migrációs vizsgálat - növényi hamuminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredményei 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	5	5
Th-232	-	-	-	-	5	5
Ra-226	-	21	46	-	5	-
Pb-214	-	28	127	-	5	-
Bi-214	-	32	132	-	5	-
Pb-210	-	130	980	-	5	-
Ac-228	-	-	-	-	5	5
Pb-212	-	17	32	-	5	-
Bi-212	-	-	-	-	5	5
Tl-208	-	-	33	-	5	4
K-40	-	1000	2200	-	5	-
Cs-137	-	-	-	-	5	5

6 Országhatáron túli hatások

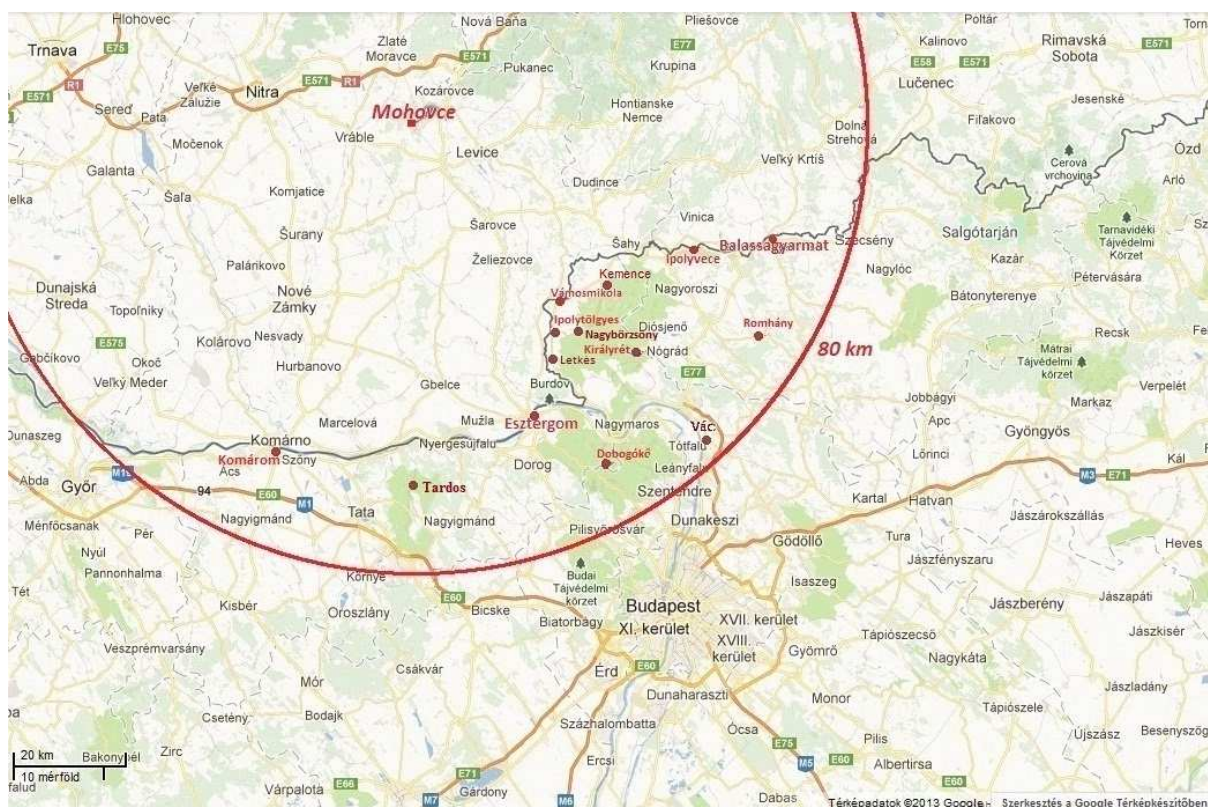
6.1 A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért eredmények

6.1.1 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében mért dózisteljesítmények és aktivitás-koncentrációk

A mohi atomerőmű hazai környezetének ellenőrzéseként az NNGYK SSFO in-situ gamma-spektrometriai és dózisteljesítmény méréseket is végez a határ közelében, 8 mérési helyszínen évente két alkalommal. A gamma-sugárzás mérési pontokat és a többi, a programhoz tartozó környezeti mintavételi helyszíneket a 6-1. ábra mutatja be. A gamma-dózisteljesítmény mérések eredményeit a 6-2. táblázat foglalja össze. 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.

A mohi atomerőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek in-situ méréseket, 5 mérési helyszínen, évente kétszer.

Az in-situ mérések eredményeit a 6-1. táblázat mutatja be.



6-1. ábra

A mohi atomerőmű hazai környezetének mérési helyszínei

6-1. táblázat
In-situ mérések eredményei 2024-ban (ERMAH és NÉBIH)
(a Cs-137 mérések kBq/m²-ben, a többiek Bq/kg-ban vannak megadva)

Radionuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Ac-228	32	21	46	7,5	26	0
Bi-214	30	19	41	5,9	26	0
Cs-137	1,0	0,090	2,3	0,56	26	0
K-40	450	280	550	63	26	0
Pb-212	33	20	48	8,0	26	0
Pb-214	29	17	40	5,7	26	0
Tl-208	25	8	47	6,4	26	0

A gamma-dózisteljesítményt az NNGYK SSFO AUTOMESS 6150 AD 6/H + b/H műszerrel mérte, a hiba minden esetben 1% körüli volt. A dózisteljesítmény mérések eredményeit a 6-2. táblázat mutatja be H*(10) egységben.

6-2. táblázat
Az NNGYK SSFO 2024. évi dózisteljesítmény méréseinek eredményei (ERMAH)

Település	Dózisteljesítmény 1. félév (nSv/h)	Dózisteljesítmény 2. félév (nSv/h)
Komárom	78	63
Tardos	89	91
Esztergom	71	68
Dobogókő	76	77
Királyrét	85	85
Vámosmikola	86	86
Romhány	85	99
Balassagyarmat	82	79

A NÉBIH a mohi atomerőmű környezetében történő mintavétel során gamma-dózisteljesítmény mérést is végez, az adatokat a 6-3. táblázat tartalmazza.

6-3. táblázat
A NÉBIH 2024. évi dózisteljesítmény méréseinek eredményei

Település	Átlag (nSv/h)	Minimum (nSv/h)	Maximum (nSv/h)	Szórás, (nSv/h)	N	Kha
Kemence	-	92	96	-	2	0
Nagybörzsöny	-	89	95	-	3	0
Perőcsény	-	98	98	-	2	0

6.1.2 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fall-out minták mérési eredményei

Az NNGYK SSFO három határ menti településen (Ipolytölgyes, Ipolyvece és Balassagyarmat) vesz fall-out mintát, a téli hónapok kivételével havi rendszerességgel, márciustól novemberig. A mintavevő edények gyűjtőfelülete 0,2 m². Ezeken a mintákon összes-béta aktivitás-koncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végeznek. A gamma-spektrometriai mérésekkel rendszerint csak a természetes eredetű ⁷Be, ⁴⁰K és ²¹⁰Pb izotópokat tudták kimutatni, a mesterséges eredetű ¹³⁷Cs izotóp aktivitás-koncentrációja minden esetben kimutatási határ alatti, (0,10 – 0,34 Bq/(m²·30 nap)) alatti volt. A fall-out minták összes-béta aktivitásának mérése proporcionális detektorokkal történik, hasonlóképpen, mint az aeroszol minták esetében, amelyek a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok detektálására képesek.

A mérések eredményeit a 6-4. táblázat mutatja be.

6-4. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetében vett fall-out minták aktivitása 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/m ² /30nap)	Minimum (Bq/m ² /30nap)	Maximum (Bq/m ² /30nap)	Szórás (Bq/m ² /30nap)	N	Kha
Be-7	60	19	120	40	24	0
Cs-134	-	-	-	-	24	24
Cs-137	-	-	-	-	24	24
K-40	7,8	1,9	27,5	6,7	16	8
Pb-210	8,5	2,1	18,8	4,4	21	3
Összes-béta	15,6	3,4	37,3	9,2	24	0

6.1.3 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett talajminták mérési eredményei

Az NNGYK SSFO három határ menti település (Balassagyarmat, Esztergom és Komárom) talaját mintázza félévente. A mintákon összes-béta aktivitás-koncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez.

A mohi atomerőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek méréseket. A talajminták γ -spektrometriás vizsgálata és az összes-béta aktivitás-koncentráció meghatározás mellett a felső 5 cm-es szeletből, – kémiai elválasztás után – a ⁹⁰Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák.

A mérések eredményeit a 6-5. táblázat mutatja be.

6-5. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó talajminták aktivitás-koncentrációja 2024-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	4	4
Cs-137	7,2	0,14	18	4,9	13	1
K-40	440	150	600	90	23	0
Sr-90	-	-	-	-	6	0
Összes-béta	510	110	640	150	11	0

6.1.4 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fűminták mérési eredményei

Az NNGYK SSFO három határ menti településen (Balassagyarmat, Esztergom és Komárom) vesz fűmintákat félévente, a talajmintákkal egyidejűleg. Ezeken a mintákon összes-béta aktivitás-koncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez.

A mohi atomerőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek méréseket. A fű minták γ -spektrum analízise és az összes-béta aktivitás-koncentráció meghatározás mellett kémiai elválasztás után a ^{90}Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák.

A mérések eredményeit a 6-6. táblázat mutatja be.

6-6. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó fűminták aktivitás-koncentrációja 2024-ben

Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	21	21
Cs-137	-	0,030	3,3	-	23	17
K-40	503	36	1500	280	22	0
Sr-90	1,2	0,31	2,6	0,55	17	1
Összes-alfa	14	2,2	40	8,8	17	2
Összes-béta	580	61	1300	246	22	0

6.1.5 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett zöldség- és gyümölcsminták mérési eredményei

Az NNGYK SSFO három határ menti település (Balassagyarmat, Esztergom, Komárom) piacán vesz zöldség- és gyümölcsmintákat (burgonyát és almát) évente egyszer (ősszel). Ezeken a mintákon összes-béta aktivitás-koncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez.

A mohi atomerőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek méréseket. A γ -spektrum analízist és összes-béta aktivitás-koncentráció meghatározást végeznek a laboratóriumok szűrővizsgálatként. Leveles zöldségfélékből, vagy vadon termő ehető gombákból – kémiai elválasztás után – a ^{90}Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák.

A mérések eredményeit a 6-7. táblázat mutatja be.

6-7. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó zöldség- és gyümölcsminták aktivitás-koncentrációja 2024-ben

Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	5	5
Cs-137	-	0,023	0,082	-	5	5
K-40	-	30	150	-	5	0
SR-90	-	-	0,066	-	1	0
Összes-alfa	-	-	0,58	-	1	0
Összes-béta	-	25	130	-	4	0

6.1.6 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett folyóvíz és iszapminták mérési eredményei

Az NNGYK SSFO három határ menti településen (Kemence, Letkés és Nagybörzsöny) vesz felszíni vízmintákat fél évente. Ezeknek a mintáknak meghatározza az összes-béta aktivitás-koncentrációját, valamint a trícium és ^{40}K koncentrációját. A mérési eredményeket a 6-8. táblázat tartalmazza.

6-8. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó folyóvízminták aktivitás-koncentrációja

Nuklid	Átlag (Bq/l)	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	Szórás (Bq/l)	N	Kha
Cs-137	-	-	0,0079	-	1	1
H-3	-	2	3,9	-	6	2
K-40	-	0,076	0,25	-	6	0
Összes-béta	-	0,085	0,23	-	6	0

Az NNGYK SSFO ugyanezek a helyszíneken, ugyancsak fél éves gyakorisággal vett iszapmintákat is vizsgál gamma-spektrometriai módszerrel. A ^{137}Cs aktivitás-koncentrációjára vonatkozó mérési eredményeket a 6-9. táblázat tartalmazza.

6-9. táblázat
A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó iszapminták ¹³⁷Cs koncentrációja
(Bq/kg)

Település	1. félév	2. félév
Kemence	9,9 ± 0,1	7,7 ± 0,1
Letkés	4,4 ± 0,2	6,5 ±
Nagybörzsöny	8,8 ± 0,1	9,0 ± 0,3

6.1.7 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett ivóvízminták mérési eredményei

Az NNGYK SSFO három határ menti településen (Balassagyarmat, Esztergom és Vác) vesz ivóvízmintákat félévente. Ezeknek a mintáknak meghatározza az összes-béta aktivitás-koncentrációját, valamint a trícium és ⁴⁰K koncentrációját.

A mérési eredményeket a 6-10. táblázat tartalmazza.

6-10. táblázat
A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó ivóvízminták aktivitás-koncentrációja

Nuklid	Átlag (Bq/l)	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	Szórás (Bq/l)	N	Kha
Cs-137	-	-	-	-	2	2
H-3	-	2	7,5	-	10	1
K-40	-	0,068	0,14	-	8	0
Rn-222	-	4,3	4,4	-	2	0
Összes-alfa	-	-	-	-	2	2
Összes-béta	0,10	0,08	0,13	0,020	12	0

7 Kibocsátási eredmények

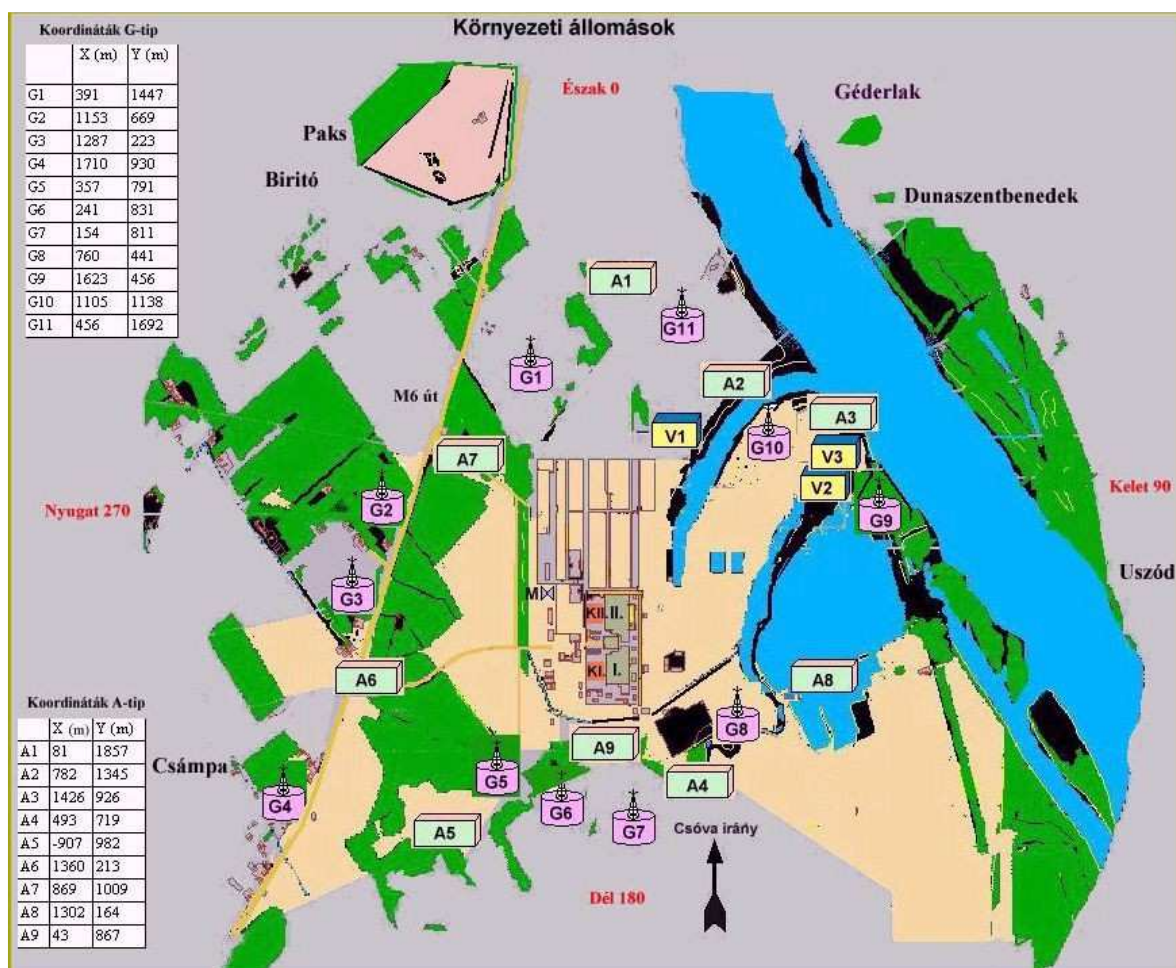
7.1 A Paksi Atomerőmű kibocsátásai

Az atomerőmű a Duna jobb partján, attól kb. 2 km távolságban helyezkedik el. A hűtésre használt Duna-víz, a hidegvíz csatornán (V1 mintavételi pont) keresztül kerül az atomerőműbe (vízforgalom: kb. 4.105 m³/óra). A felhasznált hűtő- és más ipari víz a melegvíz csatornán (V2 mintavételi pont), míg a kutakból táplált vízellátásból származó kommunális (WC, mosoda, laboratórium stb.) szennyvíz (napi 1500 m³, V3 mintavételi pont) tisztítás után kerül a melegvíz csatorna torkolatába, s onnan a Dunába.

A légnemű radioaktív anyagok kibocsátása 2 db 100 m magas kéményen történik, ezek légforgalmának éves átlaga a mérések szerint 483 és 482 ezer m³/óra volt.

A blokkok karbantartási ideje 2024-ben a következő volt:

1. blokk: 2024-ben nem volt karbantartás.
2. blokk: május 10. – június 05.
3. blokk: augusztus 23. – szeptember 22.
4. blokk: február 09. – április 10.



7-1. ábra

Az atomerőmű üzemi monitorozó hálózata és a V1-V3 vízmintavételi pontok

7.1.1 Légek kibocsátás

A légek kibocsátás radioizotópjainak aktivitása a 7-1. táblázatban látható. Az értékek a hatáság által jóváhagyott üzemi mérések eredményei, amelyeket a sugárterhelés becsléséhez is felhasználtak. A kibocsátások a mért értékekből és a kimutatási határokból számítottak, ezért értékük több radionuklidnál jelentősen felül becsült (pl. ^{24}Na , ^{42}K). E táblázat tartalmazza továbbá az egyes radionuklidok (esetenként a külön kémiai/fizikai formára vonatkozó) kibocsátási határértékeit és ezen mennyiségek hányadosát is. (Emlékeztetőül: e hányadosok összege adja a kibocsátási korlát kihasználtságát.)

7-1. táblázat

Éves nuklidspecifikus kibocsátások (a hatáság által jóváhagyott üzemi mérések), 2024.

Izotóp	Kibocsátás ¹ [Bq]	Éves korlát ² [Bq]	A kibocsátási korlát kihasználtsága ³
^{41}Ar	1,45E+13	4,60E+16	3,16E-04
^{85}Kr	5,52E+10	1,20E+19	4,60E-09
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	2,43E+12	4,10E+17	5,93E-06
^{87}Kr	1,73E+12	7,30E+16	2,38E-05
^{88}Kr	1,38E+12	2,90E+16	4,76E-05
^{133}Xe	2,66E+12	2,00E+18	1,33E-06
^{135}Xe	4,23E+12	2,40E+17	1,76E-05
^3H (HT)	3,97E+11	2,20E+17	1,80E-06
^3H (HTO)	3,69E+12	1,70E+17	2,17E-05
^{14}C (CO ₂)	3,82E+10	1,30E+14	2,94E-04
^{14}C (CH ₄)	7,43E+11	1,50E+21	4,95E-10
^{89}Sr	1,92E+05	4,30E+12	4,73E-08
^{90}Sr *	1,59E+05	3,70E+11	8,73E-07
^{24}Na	4,00E+07	1,50E+15	2,94E-08
^{42}K	3,67E+08	1,70E+16	2,39E-08
^{51}Cr	1,13E+07	8,80E+14	1,30E-08
^{54}Mn	1,11E+06	1,80E+13	6,24E-08
^{58}Co	1,10E+06	2,10E+13	5,32E-08
^{59}Fe	2,81E+06	1,10E+13	2,59E-07
^{60}Co	2,95E+06	2,40E+12	1,24E-06
^{65}Zn	3,51E+06	2,30E+12	1,54E-06
^{75}Se	1,44E+06	2,90E+12	5,02E-07
^{76}As	1,30E+08	1,10E+15	1,20E-07
^{82}Br	1,80E+05	9,40E+14	1,91E-10
^{95}Nb	1,60E+06	4,90E+13	3,32E-08
^{95}Zr	2,33E+06	2,30E+13	1,03E-07
^{99}Mo	2,48E+06	1,90E+15	1,42E-09
^{103}Ru	1,10E+06	8,70E+12	1,29E-07
^{106}Ru *	8,73E+06	2,30E+11	7,66E-05
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	2,34E+06	4,80E+12	4,90E-07
^{124}Sb	1,10E+06	8,90E+12	1,25E-07
^{125}Sb	3,49E+06	1,40E+13	2,52E-07
^{131}I aer.	2,07E+06	3,70E+12	5,87E-07
^{131}I elemi	9,72E+06	7,80E+11	1,25E-05
^{131}I szerves	3,64E+07	9,50E+13	3,83E-07

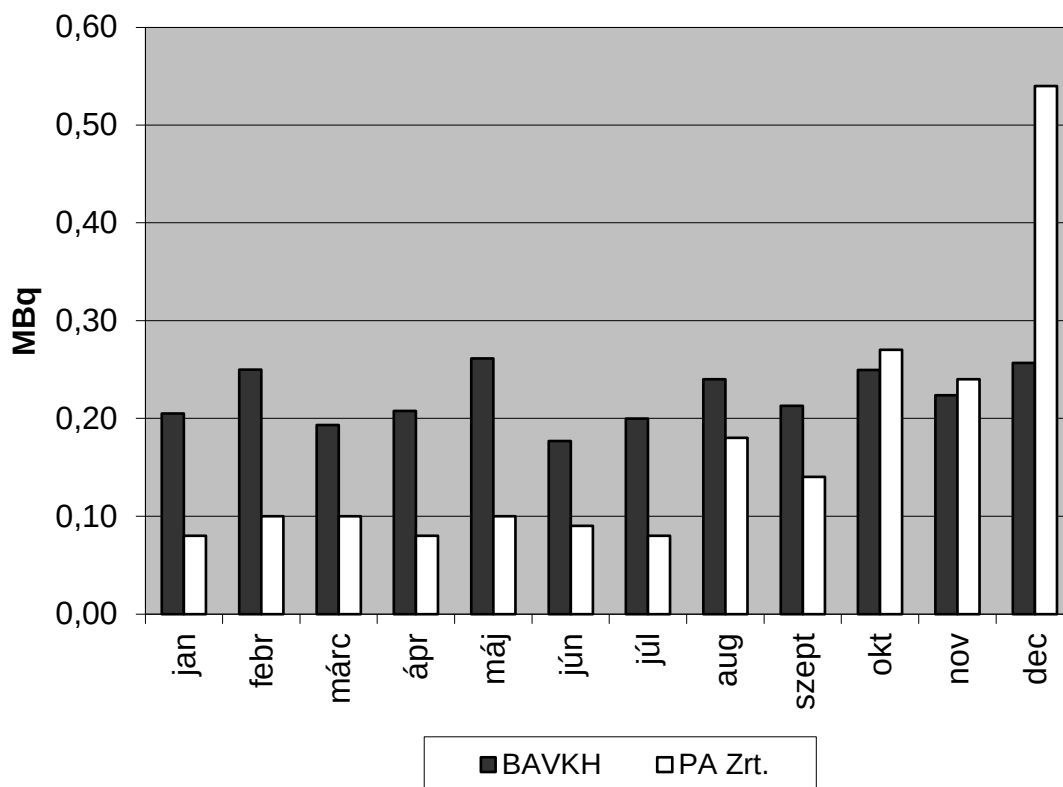
¹³² I elemi	3,26E+06	3,20E+15	1,02E-09
¹³³ I elemi	9,03E+06	3,70E+14	2,44E-08
¹³³ I szerves	1,11E+08	1,30E+15	8,57E-08
¹³⁴ Cs	1,07E+06	8,20E+11	1,32E-06
¹³⁵ I szerves	6,10E+06	5,50E+15	1,11E-09
¹³⁷ Cs *	2,00E+06	1,00E+12	4,02E-06
¹⁴⁰ Ba *	5,76E+06	2,90E+13	4,11E-07
¹⁴¹ Ce	1,66E+06	4,60E+13	3,68E-08
¹⁴⁴ Ce *	7,34E+06	3,50E+12	4,23E-06
¹⁵⁴ Eu	2,06E+06	5,10E+12	4,07E-07
Az egyes kibocsátások és a hozzájuk tartozó kibocsátási határérték hányadosaiból képzett összeg			8,36E-04

a *-gal jelölt izotópok esetén az anyaelem kibocsátását adtuk meg, amit a kibocsátási határérték kihasználtságuk számításakor növeltünk meg a velük szekuláris egyensúlyban lévő leányelemeikkel¹, a kéményen keresztül történő, 120 m magasságra vonatkozó korlátokat² és a teljes kihasználtságot³ szerepeltetjük, beleértve az egészségügyi épület kihasználtságát is.

Az aeroszol-kibocsátások 57%-a a 3.-4. blokk szellőzőkéményén keresztül történt, a két kiépítés kibocsátási arányai radionuklidtól függően 0,15 – 3,2 közöttiek voltak. Az aeroszolkok teljes éves kibocsátásában aktivitását tekintve az ⁷⁶As volt a legjelentősebb, de a kibocsátási határérték kihasználtságát tekintve (az egy napnál rövidebb felezési idejű izotópok nélkül) a ¹⁴⁴Ce, ¹⁰⁶Ru, és ¹³⁷Cs izotópok szerepeltek a legnagyobb arányban. (A ¹⁴⁴Ce és a ¹⁰⁶Ru csak a magasabb kimutatási határa miatt.)

A hatóság által elfogadott éves kibocsátások meghatározásánál az üzem a három mintavevő ág heti eredményei közül (kettő heti mintázású és egy napi összegből képzett), amennyiben volt kimutatott érték, akkor azok közül a legnagyobb, ellenkező esetben, amikor mindhárom kimutatási határ alatt van, akkor a legkisebb aktivitást eredményezőt veszi számításba. A napi ág magas kimutatási határai ezzel a metódussal nem torzítják a kibocsátási eredményeket. Az üzem a napi ágakból képzett heti összegbe csak a kimutatási határ fölötti napi mérési eredményeket számítja bele. A BAVKH az aeroszolokhoz kötődő radionuklidok meghatározása érdekében minden esetben heti mintavételi ágot mér, aminek alacsony a kimutatási határa. Amennyiben nincsen kimutatott izotóp, akkor ezek a kis mennyiségek kerülnek további összegzésre.

A kibocsátások év közbeni alakulásának, továbbá az üzemi és a hatósági mérési eredmények együtt futásának szemléltetésére a 7-2. ábra mutatja be a légköri ¹³⁷Cs-kibocsátást. Az eredmények többnyire kimutatási határértékekből lettek megadva. Az eredmények közötti egyirányú eltérések az üzem és a hatóság kimutatási határainak különbségéből adódtak.

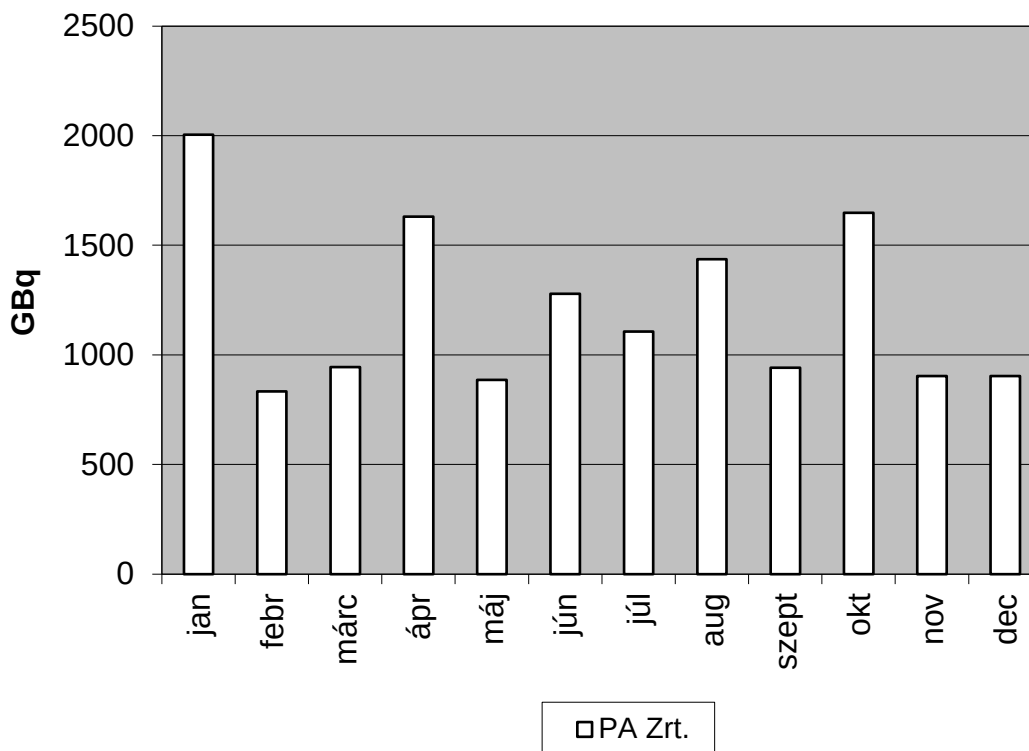


7-2. ábra
Havi légköri Cs-137 kibocsátások (leányelem nélkül)

Megjegyzés: Az esetenkénti eltérés oka elsősorban a hatóság (BAVKH) és az üzem (PA Zrt.) eltérő mintavételezéséből adódik (lényegében a hatóság egy mintavételi ágat mér, míg az üzem három mintavételi ág maximumát, kimutatási határok esetén minimumát adja meg)

Megállapítható, hogy a nemesgázok izotóp-összetételében – az üzemzavart megelőző évekhez hasonlóan – újra az ^{41}Ar , mint aktivációs termék volt a legjelentősebb izotóp (7-3. ábra). A januári magasabb kibocsátást a karbantartás miatt a pótvíz kigáztalanítás üzemképtelensége okozta.

Összességében a légköri kibocsátások és a hozzájuk tartozó kibocsátási határérték hányadosaiból képzett összeg, a kibocsátási határérték kihasználás értéke a 2023. évhez hasonlóan igen kicsi, 0,084% volt, amelyben a legnagyobb súllyal az ^{41}Ar és a $^{14}\text{C}(\text{CO}_2)$ radionuklidok (együtt mintegy 80%-os arányban) szerepeltek. A Paksi Atomerőmű tehát a hatósági korlátokhoz viszonyítva, igen kismértékű légnemű kibocsátás mellett üzemelt 2024-ben is.



7-3. ábra

Havi légköri Ar-41 kibocsátások az atomerőmű mérései szerint

7.1.2 Folyékony kibocsátás

A vízzel történő radioaktív kibocsátások ellenőrzése egyrészt az ellenőrző tartályokból, másrészt a vízelvezető (V2 és V3-jelű) csatornákból vett minták mérésével folyik.

Minden, feltételezhetően radioaktív izotópot tartalmazó víz először az ellenőrző tartályokba kerül, ahol a tartály lezárását és keverését követően történik a mintavétel a vonatkozó „Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzata” szerint. Ezekből a mintákból a kibocsátott víztérfogattal arányos heti, havi és negyedéves átlagmintákat készít az üzem. Valamennyi tartálymintából – ellenőrzés céljából – az igényelt mennyiséget a hatósági laboratórium elviheti.

Évente általában 1000 körüli tartályürítés történik (az elmúlt évben 762 db volt), ezekből a PA Zrt. heti átlagmintákat képez saját, és a hatósági laboratórium (BAVKH NF LO) részére, így az összes kibocsátásra került tartályvíz hatósági ellenőrzése megtörténik. A heti, havi és negyedéves átlagmintákat rendszeresen elszállítja izotópspecifikus vizsgálatokhoz.

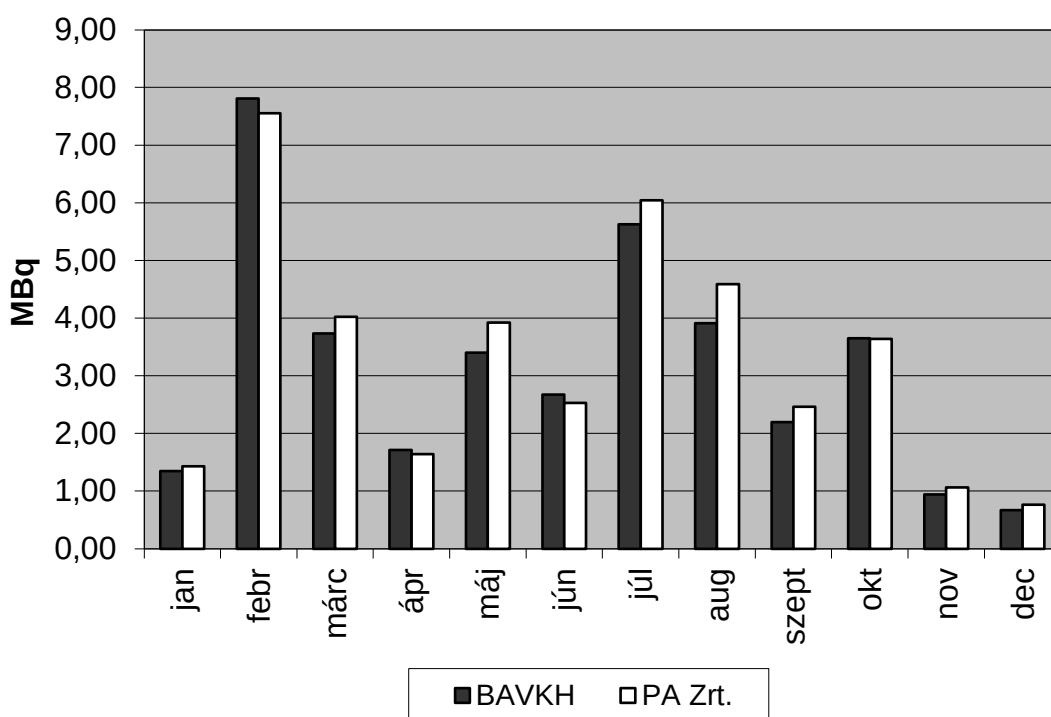
A befolyó és elvezető csatornák (V1, V2 és V3 jelű) vizének mérése, elsősorban az esetleg nem üzemszerűen távozó szennyeződések ellenőrzése céljából történik. A kibocsátási értékek a tartályokból kiengedett víz térfogatának és aktivitás-koncentrációjának segítségével határozhatók meg pontosan.

A vízi kibocsátások ellenőrzése az egyes közegek (csatornák, tartályok vize) nuklidspecifikus mérésével történik. A méréseket az üzem rendszerint a mintavétel napján, illetve az azt követő héten dolgozza fel és méri. A BAVKH NF LO a V1 és V2 csatorna minták havi, a V3 csatorna minták havi, negyedéves, illetve szűrőpróbaszerű mintavételezését, valamint a tartályminták (TM és XZ) heti, negyedéves, szűrőpróbaszerű mintavételezését követően azonnali feldolgozás után vizsgálja.

A V1 és V2 csatornákból származó mintákban, a radionuklidok koncentrációja általában kimutatási határ alatti. Mivel ezeket a kimutatási határ értékével veszik figyelembe, az eredmények felülbecsültek.

Az atomerőmű 2024-ben az ellenőrző tartályokból összesen 41229 m³ vizet bocsátott a Dunába. A kommunális és laboratóriumi eredetű (XZ és RZ-jelű tartályokban gyűjtött) vizekéhez képest a legjelentősebb korróziós termék (⁶⁰Co) éves kibocsátott aktivitása a fele, a hasadási termékek közül a ¹³⁷Cs éves kibocsátása mintegy 50-szer nagyobb volt a mérleg feletti (a TM-jelű tartályokban gyűjtött) vizekben. A TM:(XZ+RZ) térfogatok aránya a korábbi évekhez hasonlóan a 3:1 arányhoz közelített.

A kibocsátások év közbeni alakulásának, továbbá az üzemi és a hatósági mérési eredmények együtt futásának szemléltetésére a 7-4. ábra mutatja be a folyékony kibocsátások egy jellemző radionuklidja, a ⁶⁰Co havi kibocsátásainak változását. Az februári növekményt egy a szokásosnál jelentősen magasabb aktivitású, de határértéken belüli, hulladékvíz kibocsátása okozta.



7-4. ábra
Havi Co-60 kibocsátások a tartálymérések alapján

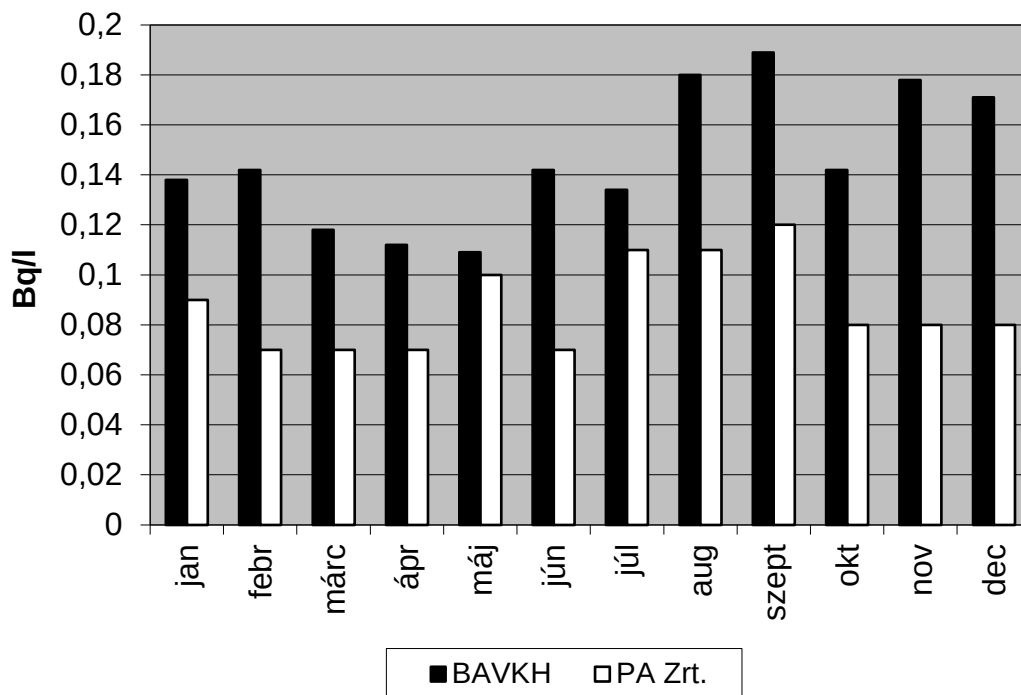
7-2. táblázat
A hatóság által jóváhagyott PA Zrt. tartálmérések alapján meghatározott éves kibocsátások, 2024.

Izotóp	Kibocsátás [Bq]	Éves korlát [Bq]	A kibocsátási határérték kihasználtsága
³ H	2,79E+13	2,90E+16	9,61E-04
¹⁴ C	1,76E+09	3,10E+12	5,69E-04
⁸⁹ Sr	1,41E+06	1,20E+13	1,18E-07
⁹⁰ Sr *	3,92E+05	2,20E+12	3,57E-07
⁵⁵ Fe	1,43E+07	4,30E+13	3,33E-07
⁵⁹ Ni	1,24E+07	4,00E+14	3,09E-08
⁷ Be	7,79E+07	3,00E+14	2,60E-07
⁵¹ Cr	8,04E+07	2,70E+14	2,98E-07
⁵⁴ Mn	1,49E+07	1,00E+13	1,49E-06
⁵⁸ Co	1,03E+07	3,20E+12	3,23E-06
⁵⁹ Fe	1,74E+07	2,30E+12	7,58E-06
⁶⁰ Co	3,96E+07	9,50E+11	4,17E-05
⁶⁵ Zn	1,91E+07	1,40E+12	1,36E-05
⁹⁵ Nb	1,08E+07	2,10E+12	5,14E-06
⁹⁵ Zr	1,54E+07	8,50E+12	1,81E-06
⁹⁹ Mo	3,69E+07	1,30E+14	2,84E-07
¹⁰³ Ru	9,20E+06	9,00E+11	1,02E-05
¹⁰⁶ Ru *	5,66E+07	1,10E+12	1,03E-04
^{110m} Ag	5,64E+07	2,00E+13	2,82E-06
¹²⁴ Sb	1,69E+07	9,50E+12	1,78E-06
¹²⁵ Sb	2,41E+07	1,10E+13	2,19E-06
¹³¹ I	1,94E+07	2,70E+12	7,18E-06
¹³⁴ Cs	1,53E+08	6,50E+11	2,35E-04
¹³⁷ Cs *	1,94E+08	9,00E+11	4,31E-04
¹⁴⁰ Ba *	4,29E+07	5,50E+13	1,56E-06
¹⁴¹ Ce	1,46E+07	2,10E+13	6,96E-07
¹⁴⁴ Ce *	5,46E+07	1,00E+13	1,09E-05
¹⁵⁴ Eu	1,46E+07	1,80E+12	8,11E-06
¹⁸¹ Hf	1,08E+07	5,70E+13	1,89E-07
U-csoport	3,74E+05	7,50E+11	4,99E-07
Pu-csoport	8,20E+04	1,00E+12	8,20E-08
Am-csoport	1,35E+05	1,10E+12	1,22E-07
Cm-csoport	3,74E+04	2,60E+11	1,44E-07
Az egyes kibocsátások és a hozzájuk tartozó kibocsátási határérték hányadosaiból képzett összeg			2,42E-03

* A csillaggal jelölt izotópok esetén az anyaelem aktivitását adtuk meg, amit a kibocsátási határérték kihasználtságuk számításakor növeltünk meg a velük szekuláris egyensúlyban lévő leányelemeikkel.

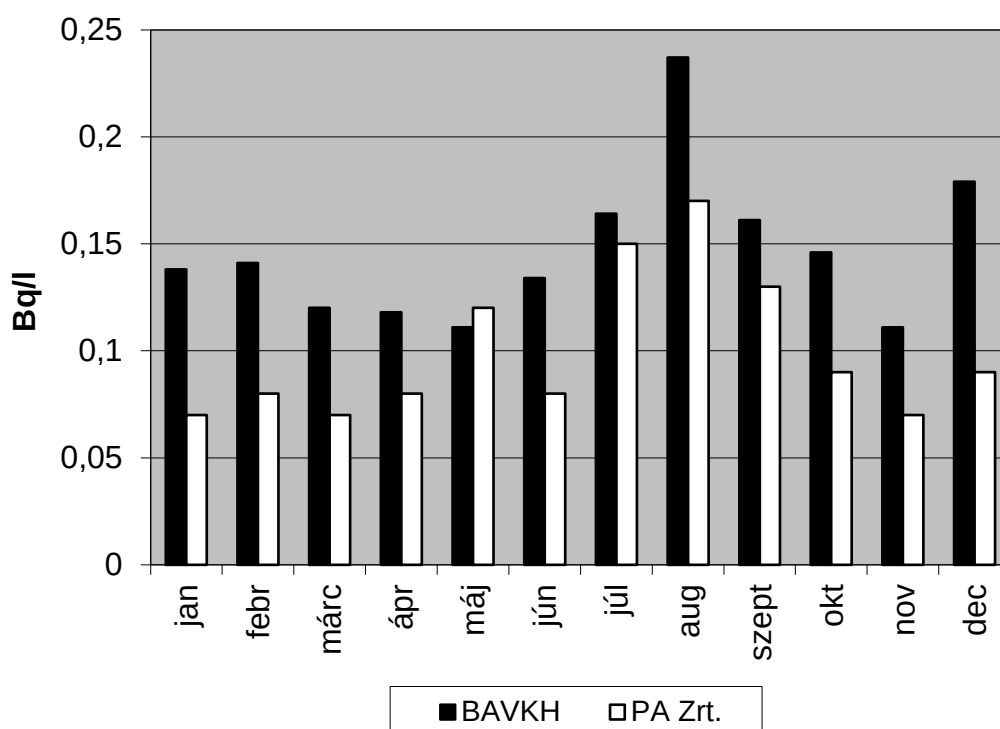
A 7-5., 7-6. és 7-7. ábrák a V1, V2 és V3 jelű helyen vett vízmintákban az üzem és a BAVKH NF LO által mért összes-béta aktivitás-koncentrációk havi átlagértékeit mutatják.

A szennyvíz csatorna (V3) összes-béta aktivitás-koncentrációja általában 10-50-szer volt nagyobb a hideg- (V1) és a melegvízcsatorna (V2) összes-béta aktivitás-koncentrációjánál.



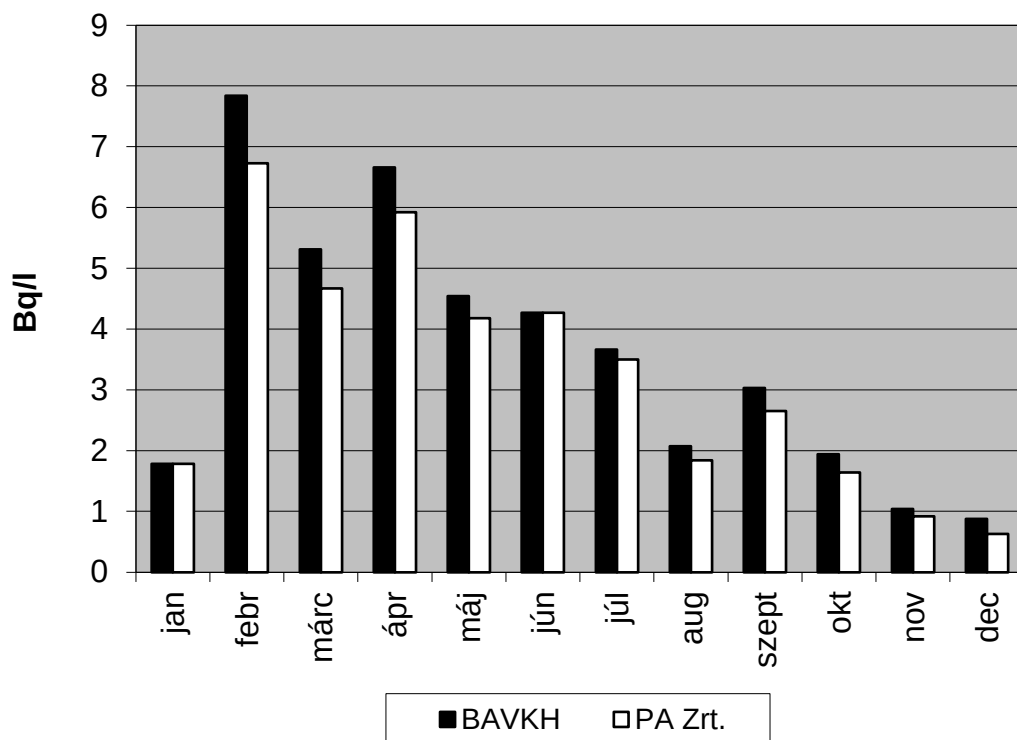
7-5. ábra

A hidegvízcsatorna (V1) összes-béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei



7-6. ábra

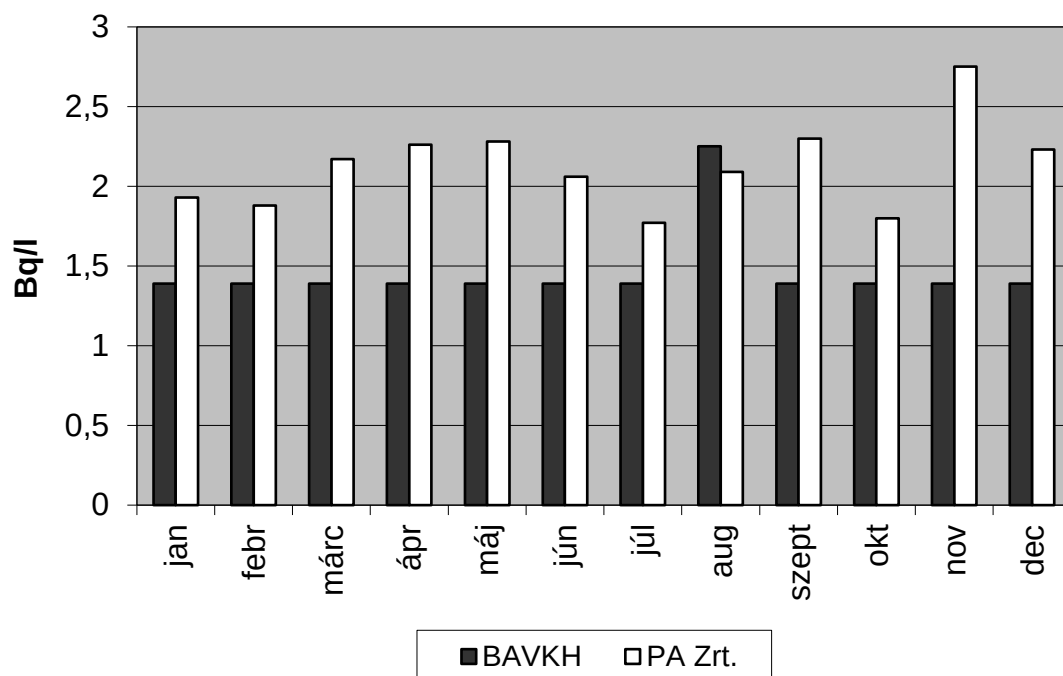
A melegvízcsatorna (V2) összes-béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei



7-7. ábra

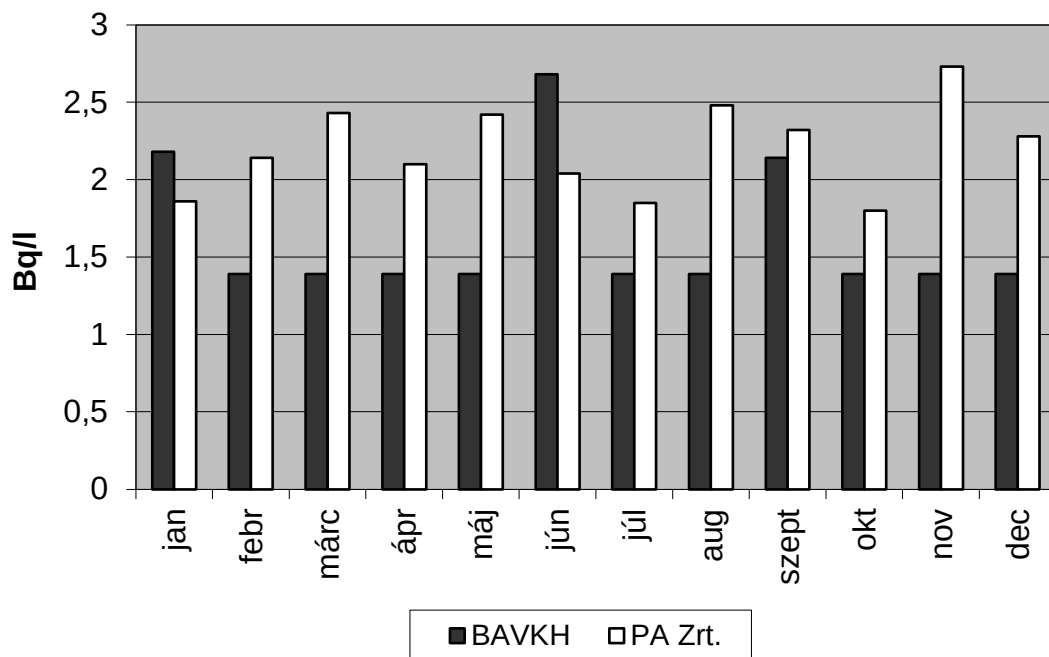
A szennyvízcsatorna (V3) összes-béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei

A 7-8., 7-9. és 7-10. ábrák az egyes csatornák trícium-koncentrációjának havi átlagait mutatják.



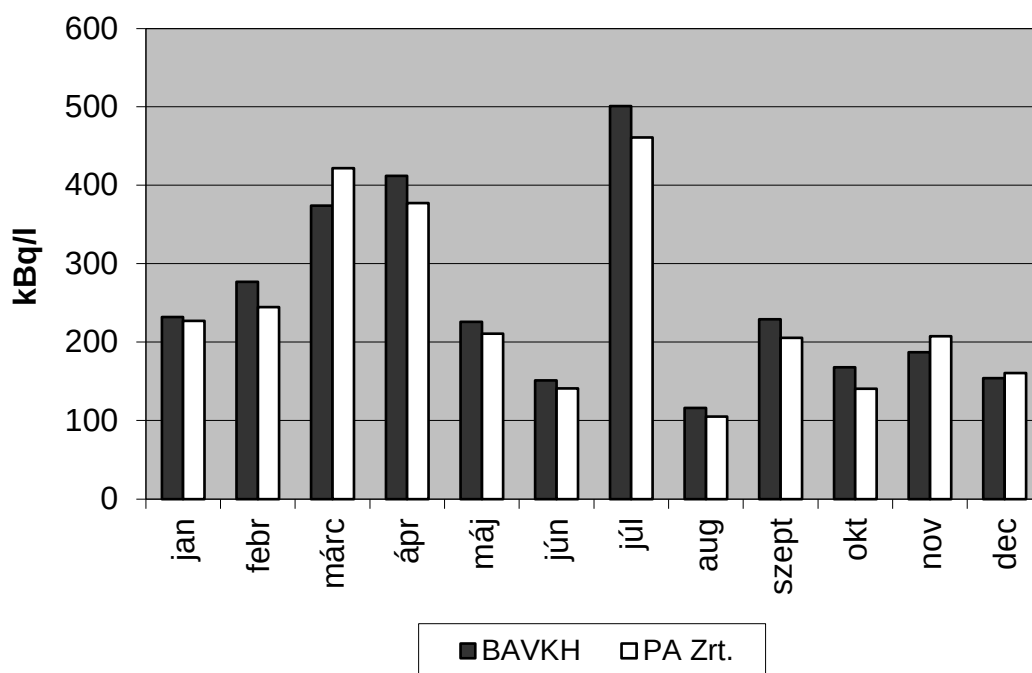
7-8. ábra

A hidegvízcsatorna (V1) trícium-koncentrációjának havi átlagértékei



7-9. ábra

A melegvízcsatorna (V2) trícium-koncentrációjának havi átlagértékei



7-2. ábra

A szennyvízcsatorna (V3) trícium-koncentrációjának havi átlagértékei.

A hideg- és melegvízcsatorna trícium-koncentrációjának a dunai értékkel (1-5 Bq/l) kell megegyeznie, a mérési adatok hasonló tartományban is mozognak. Az üzemi és hatósági adatokban az általában legfeljebb kétszeres eltérés a kis koncentrációkat tekintve elfogadható.

A ténylegesen kibocsátott trícium koncentrációja a szennyvízcsatorna mintavételi pontján mérhető megbízhatóan, havi értéke 100-500 kBq/l között változott. A hatósági adatok általában jól egyeztek az üzemiekkel, a korábbi években tapasztalt különbségek gyakorlatilag eltűntek.

A napi mintákból képzett havi átlagminták gamma-spektrometriai mérésével történt az izotóp-összetétel meghatározása (a V1 és a V2 mintáknál 15-15 dm³, a V3 mintánál 9 dm³ víz bepárlási száraz maradékából). Kimutatási határ (1 mBq/dm³ nagyságrendű érték) felett, sem a hideg-, sem a melegvízcsatorna mintáiban nem volt kimutatható mesterséges eredetű radioaktív izotóp.

A V3 minták átlagos radioizotópösszetétele a tavalyi évhez képest jelentősen nem változott. 2023-hoz viszonyítva a folyékony kibocsátásokkal a környezetbe kikerülő radioaktív izotópok közül a korróziós és hasadási termékek, valamint a radiostroncium aktivitása átlagosan nem változott. A trícium összesített aktivitása nőtt a kibocsátott hulladékvizek nagyobb trícium tartalma miatt. A radiokarbon és az alfa-sugárzó izotópok kibocsátása gyakorlatilag nem változott.

Összességében elmondható, hogy a folyékony kibocsátásokat tekintve is igen kicsi, mindössze 0,24% a folyékony kibocsátások és a hozzájuk tartozó kibocsátási határérték hányadosaiból képzett összeg, a kibocsátási határérték kihasználtság értéke, a kibocsátásokban legnagyobb súllyal a ³H és a ¹⁴C radionuklidok szerepeltek. A Paksi Atomerőmű tehát a hatósági korlátokhoz viszonyítva igen kismértékű folyékony kibocsátás mellett üzemelt 2024-ben is.

7.1.3 Megállapítások

Az atomerőmű környezeti sugárvédelmi ellenőrzése céljából, a hatósági intézmények 2024-ben 12000 körüli eredményt küldtek az adatfeldolgozó központba. A meghatározások vizsgálati irányonkénti megoszlásában az előző évekhez hasonlóan, a nuklidspecifikus mérések együttes részaránya 90 %-os volt. A Paksi Atomerőmű légnemű radioaktív kibocsátása 2024-ben, az üzemzavart megelőző évekhez hasonló szinten volt. A nuklidspecifikus légnemű kibocsátásokból számolható kibocsátási határérték kihasználtság értéke 0,084 % volt.

A folyékony radioaktív kibocsátás ellenőrzése a gyűjtőtartályokból, valamint a vízvételi (V1) és vízelvezető (V2, V3) csatornákból vett minták vizsgálatára terjed ki.

A PA Zrt. a 2024. évben is maradéktalanul elvégezte az aktivitást hordozó vizek ellenőrzését. A hatósági laboratórium (BAVKH NF LO), a PA Zrt. laboratóriumaival heti, havi és negyedéves párhuzamos mintavételből származó átlagminták mérésével ellenőrzi az üzemi és a befogadóból származó vizeket. Az üzemi és a hatósági laboratóriumok egyaránt főként a vízhasználat biztonsága, az esetleg illegális módon kikerülő radioaktív izotópok észlelése érdekében mintázzák a hideg-, meleg- és szennyvízcsatornákat (V1, V2 és V3 jelű mintavételi helyek).

A melegvízcsatorna (V2) összes-béta aktivitás-koncentrációja közel azonos volt a bejövő hűtővíz aktivitás-koncentrációjával, míg a szennyvíz (V3) csatornában - amely az atomerőművi hulladékvizek tényleges kibocsátási útvonala - ezekhez képest kb. 10-15-szörös összes-béta-koncentráció alakult ki. Jóval nagyobb és erősen ingadozó a kikerülő szennyvíz (V3-csatorna) trícium koncentrációja. A vízzel kibocsátott aktivitás meghatározása, megbízhatóan az ellenőrző tartályokból leeresztett vizek mérésével történik. A nagyobb részt üzemi, kisebb részben hatósági mérésekre alapozott folyékony kibocsátásokból számolható kibocsátási határérték kihasználtságának értéke 2024-ben a korábbiakhoz hasonló, 0,24% volt.

A fentiek alapján megállapítható, hogy az üzem a tárgyévben betartotta a kibocsátásokra előírt hatósági korlátokat, a kibocsátási határérték kritérium teljesült.

A környezeti minták többségénél – a talaj, szedimentum minták kivételével – a csernobili eredetű szennyeződés már nem, vagy csak nagy hibával volt mérhető.

A légköri aeroszol és fall-out vizsgálatok alapján – az előző évhez hasonlóan – atomerőművi eredetű radioizotóp nem volt kimutatható.

A Duna rendszeres monitorozása az erőmű előtt Paksnál és Dunaföldvárnál, utána pedig Gerjennél, Kalocsánál, Bajánál és Mohácsnál történik. Itt erőművi eredetű nuklid nem volt kimutatható.

A felszíni vizek üledék mintáiban, illetve a talajban a csernobili eredetű ¹³⁷Cs-koncentrációja az alapszintet még meghaladja.

A környezeti dózisteljesítmény 20-30%-os földrajzi, évszakos stb. ingadozása mellett, az erőműből származó kis sugárterhelés méréssel nem mutatható ki.

Az erőmű 2024. évi üzemelése során a környezet radioaktív szennyeződése miatt hatósági intézkedésre nem volt szükség.

A kibocsátásokra vonatkozó hatósági határérték kritérium kihasználtságának értékei láthatóak a 7-3. táblázatban. Az értékek azt tükrözik, hogy az üzem több nagyságrenddel a megállapított határértékek alatt működött 2024-ben.

7-3. táblázat
A kibocsátási határérték kritérium teljesülése 2024-ben

Kibocsátási útvonal	Kihasználtság (%) (az egyes kibocsátások és a hozzájuk tartozó kibocsátási határérték hányadosaiból képzett összeg)
Légnemű kibocsátásokra	0,084
Folyékony kibocsátásokra	0,24
Összesen	0,32

A 7-4. táblázat a villamosenergia termelésre normált radioaktív kibocsátásokat mutatja be. Az erőmű 2024-ben 1,7 GW·év elektromos energiát termelt. 2024-ben az atomerőmű kibocsátásai az előző évhez hasonlóak voltak.

7-4. táblázat
A villamosenergia termelésre (1 GW·év egységre) normált radioaktív kibocsátások 2024-ben

Kibocsátás	Mennyiség	PAE
légköri	nemesgáz összesen (TBq)	16
	aeroszol összesen (GBq)	0,35
	H-3 (HT + HTO) (TBq)	2,4
	C-14 (CO ₂ +szerves) (TBq)	0,45
	jódok (I-131 egyenérték) (GBq)	0,052
folyékony	korrozíós és hasadványtermékek összesen (GBq)	0,59
	H-3 (TBq)	16

Az érzékeny mérések ellenére is előfordul, hogy a mérendő aktivitás a kimutatási határnál kisebb. Megállapodás szerint a korlátozás alá eső radioaktív komponensek esetén, a kimutatási határ alatti értékeknél a kimutatási határt jegyzik fel, s a feldolgozás ezen értékkel történik. Az így kapott átlagérték a valódinál mindig nagyobb lesz, azaz felülbecslést végeznek. A hatóságilag

szabályozott mennyiségeknél a kimutatási határ általában nagyságrendekkel a megállapított korlátnak megfelelő érték alatt van.

7.2 A Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló kibocsátásai

7.2.1 A földfelszíni telephely folyékony kibocsátás értékelése

A telephely felszíni vízkörnyezeti kibocsátását a csapadék mennyiségéből, valamint a technológiai épület gyűjtőtartályából történő kibocsátásból számítják. A csapadék havi mennyiségéből, illetve a mintázott csapadékvízben mért izotópkoncentráció ismeretében számítják az összegyűjtött csapadékkal kibocsátott nuklidmennyiséget. A csapadék havi mennyiségére vonatkozó adatokat az HungaroMet által a telephelyen üzemeltetett automata meteorológiai állomás gyűjtötte.

A technológiai épület tartályparkjából 2024 évben ipari szennyvízkibocsátás nem történt.

A csapadékvizek esetében konzervatívan úgy veszik, hogy az ellenőrzött területre 2024. év során lehullott 526 mm csapadék 100%-a távozott olyan megoszlásban, hogy 1135 m² gyűjtőterületről származó mennyiség az Ua1 aknán keresztül, illetve 900 m² gyűjtőterületről származó csapadékvíz mennyiség az Ua2 aknán keresztül folyt a telephely közös vízkörnyezeti kibocsátási pontjaként üzemeltetett Rocla kifolyóba.

A csapadékgyűjtő aknák esetében a havonta végzett trícium aktivitás-koncentráció meghatározások értékei (~0,14-1,99 Bq/dm³) időszakos ciklikus változást követve összevethetők a magyarországi csapadékvizekével, az értékekben a természetes szezonális ingadozás tapasztalható mindkét akna esetében párhuzamosan. Mindkét akna gyűjtött csapadékvíz mintáiban a mért radiokarbon aktivitás-koncentráció rendkívül alacsony volt, nagyságrendekkel a KöM rendelet előírásainak teljesíthetőségére alkalmas igényelt kimutatási határ (0,1 Bq/dm³) alatt (1,07E-02 Bq/dm³ és 6,10E-03 Bq/dm³). Emellett a ⁹⁰Sr nuklid éves átlagkoncentrációja mindkét akna esetében kimutatási határ alatt (<1,45E-02 Bq/dm³ és <1,88E-02 Bq/dm³) alakult.

Sem a csapadék-, sem a szivárgó drain, sem a telephely közös vízkörnyezeti kibocsátási pontjaként üzemeltetett Rocla kifolyó esetében mesterséges eredetű izotópok nem voltak kimutathatóak a gamma spektrometriai vizsgálatokkal. Mind a csapadékvíz tárolók, mind a Rocla és a Drain kifolyóból vett minták esetében csak természetes eredetű izotópok voltak detektálhatóak a kimutatási határ fölött.

A havi csapadék mennyiségével, és a vonatkozó trícium koncentrációkkal számolva a felszíni telephelyről folyékony formában kibocsátott, becsült trícium össz mennyisége: 7,70E+05 Bq/év.

A kibocsátott vizek ¹⁴C és ⁹⁰Sr értékei sem utalnak anomális kibocsátásra. A csapadékaknákban gyűjtött éves átlagminta vonatkozó koncentrációjából, és a csapadékmennyiségéből számítva a telephely földfelszíni létesítményének becsült radiokarbon kibocsátása folyékony formában: 8,99E+03 Bq/év, becsült ⁹⁰Sr kibocsátása 1,62E+04 Bq/év. Összefoglalóan elemezve a mérési eredményeket, figyelembe véve a nullszintmérések eredményeiből származtatott, felszíni vizekre vonatkoztatott referenciaértékeket, a telephely felszíni vízkörnyezeti kibocsátása a környezetre nem számottevő.

7.2.2 A földfelszíni telephely légnemű kibocsátás értékelése

A földfelszíni telephely légkörnyezeti kibocsátását a technológiai épület szellőzőkéményében (LK1 kibocsátási pont) elhelyezett automata mintavevő berendezés által vett trícium és radiokarbon minták mérési adatai, valamint, az F&J típusú aeroszol mintagyűjtő szűrőjének gamma- és összes-béta aktivitásmérési adatai alapján határozzák meg. A minta elvezetése a folyamatosan mérő aeroszol monitor részére 12x2 mm átmérőjű impulzus csővezetékekkel történik, a mérőeszköz 3,6 m³/óra levegőt szív el a kéményből. Az F&J típusú mintavevők szűrőkorongjait kétheti (illetve a telítődés függvényében heti) rendszerességgel mintázták és mérték. A kombinált

^3H és ^{14}C mintavevő a működéséhez óránként ~10 liter mintát igényel, a mintagyűjtési ciklusidő 2 hónap.

A kémény F&J típusú aeroszol szűrőjén átáramló nagy mennyiségű légtömeg által hordott aeroszol-aktivitás reprezentálja a légkörbe kikerülő gamma-aktivitás mértékét, valamint ez szolgál az esetlegesen kijutható mesterséges izotópok indikációs kimutatására az összes-béta mérések alapján. A mérések során a kéményen keresztül a légkörbe jutó szennyezők között mesterséges gamma-sugárzó radioizotópot nem mutattak ki. Az LK-1 ponton kibocsátott levegő radiológiai minőségét tekintve nagyságrendileg összeegyeztethető a kültéren (bármely, a telephelytől távolabbi állomáson) észleltekkkel.

Az egész éves mintázások alapján a technológiai csarnok kéményében (LK-1) mért ^3H aktivitás-koncentráció a 2024. évben átlagosan $5,26\text{E-}02 \text{ Bq/m}^3$ HTO és $1,71\text{E-}02 \text{ Bq/m}^3$ HT+ szénhidrogének formájában fordult elő, ezzel $9,01\text{E+}06 \text{ Bq } ^3\text{H}$ aktivitás jutott a légkörbe, miközben a kibocsátási határérték $1,09\text{E+}14 \text{ Bq}$.

Az egész éves mintázások és a légforgalom alapján a 2024. évben a földfelszíni technológiai létesítmény $9,35\text{E+}06 \text{ Bq } ^{14}\text{C}$ aktivitást juttatott a légkörbe, úgy, hogy a technológiai csarnok kéményében (LK-1) mért ^{14}C aktivitás-koncentráció a 2024. évben átlagosan $6,42\text{E-}02 \text{ Bq/m}^3$ (szervetlen) és $7,23\text{E-}02 \text{ Bq/m}^3$ (szervetlen + szerves formában) formában volt.

Az LK-1 kéményen kibocsátott trícium és radiokarbon koncentrációja a levegőben nagyságrendileg összevethető az aktuális, bármely környezeti állomáson azonos időszakban mért értékekkel. Látható, hogy a technológiai csarnokban tárolt hulladékból származó kibocsátás nagy érzékenységgel mérés technikával detektálható, ám mindemellett elhanyagolható mértékben járul hozzá a trícium, radiokarbon kibocsátáshoz. A technológiai épület szellőzőkéményén a környezetbe kibocsátott trícium és radiokarbon mennyiség nagyságrendekkel alatta van a kibocsátási korlátnak, tehát a lakosság kritikus csoportjára vonatkozó dóziszjáruléka minimális.

7.2.3 A felszín alatti térrész légköri kibocsátásának értékelése

A radiológiai monitoring keretein belül az ellenőrzött zóna határánál gyűjtöttek légköri mintákat, amelyeket szerves és szervetlen formában jelenlévő radiokarbon és trícium mérésekhez használtak fel.

Az ellenőrzött terület határánál végzett CO_2 és $\text{CO}_2 + \text{C}_n\text{H}_m$ mérések ^{14}C átlagértékei – rendre $4,03\text{E-}02 \text{ Bq/m}^3$, illetve $4,04\text{E-}02 \text{ Bq/m}^3$ – sem utalnak anomáliára figyelembe véve a felszínre vonatkozó nullszint referenciaértéket ($4,0 - 4,4\text{E-}02 \text{ Bq/m}^3$). A felszín alatti térrész levegőjének páratartalmából mért trícium átlagértékek (HTO: $1,38\text{E-}02 \text{ Bq/m}^3$, HT: $1,75\text{E-}02 \text{ Bq/m}^3$) a szabad levegőn lévő értékekkel és a már említett nullszint referenciaértékkel ($2,0\text{E-}02 \text{ Bq/m}^3$) összevethetők.

A felszín alatti térrész kibocsátási pontjánál nagyobb mintamennyiség vételére alkalmas F&J típusú mintavevőket üzemeltettek. Az aeroszol gyűjtő korongokat kétheti – vagy telítődéstől függően heti – rendszerességgel cserélték és gamma-, valamint összes-béta méréshez használták fel.

A mérések során a felszín alatt gyűjtött szennyezők között mesterséges gamma-sugárzó radioizotópot nem mutattak ki. Az összes-béta mérések az „A” típusú állomásokon elhelyezett környezeti mintavevőkkel megegyező nagyságrendű eredményeket adtak ($\sim\text{E-}03 - \text{E-}04 \text{ Bq/m}^3$), ami megerősíti, hogy a kibocsátási útvonalon mesterséges izotópokat jelenleg nem bocsátanak ki.

A fentiekben említett aeroszol mintavevőkkel azonos helyszíneken a levegőben mérhető radon koncentráció nyomon követését is végrehajtották. A radon mennyiségét elsősorban az befogadó közet ^{226}Ra aktivitás-koncentrációja határozza meg. Az RHK Kft 2022/23-as energiatakarékossági és

hatékonysági intézkedési tervével összhangban minden nap (a felszín alatti munkálatok befejezését követően) a főszellőztető ventilátor kikapcsolásra, majd igény esetén a következő munkanap (a felszín alatti tevékenységek megkezdése előtt) bekapcsolásra került. A kedvező időjárási körülmények mellett (mindhárom ventilátor) nyitott zsaluk mellett $\sim 0,45$ m/s pozitív irányú természetes légáram alakult ki, amely elégséges a felszín alatti radonszint bedúsulásának megakadályozására. 2024-ben a radonkoncentráció átlagosan $24-147$ Bq/m³ között volt mérhető.

A 2024. évi mért értékekre vonatkozóan kijelenthető, hogy a vágatban mérhető radonkoncentráció esetén a hulladékból származó ²²²Rn járulék mennyisége elhanyagolható, meghatározó eredetként a gránit kőzet nevezhető meg, amelyből emanációs, diffúziós és exhalációs folyamatok révén jut ki. A konzervatívan becsült éves radon kibocsátás a légtechnikai berendezés légszállítási teljesítményét figyelembe véve, 44 Bq/m³ átlagos koncentrációval számolva: $2,04E+10$ Bq/év.

7.2.4 A felszín alatti térrész folyékony kibocsátásának értékelése

A tárolókamra nyaktagok és a felszín alatti térrész ellenőrzött zsompja vizsgálati pontokként kerül figyelembevételre a ³H és ¹⁴C nuklidokra vonatkozóan - amelyek megjelenését elsőként várják a kibocsátási útvonalon. A vízminták ¹⁴C (ellenőrzött zsomp: $4,85E-03$ Bq/dm³), ³H (ellenőrzött zsomp: $3,1E-01$ Bq/dm³) és ⁹⁰Sr (ellenőrzött zsomp: $<1,64E-03$ Bq/dm³) átlagos éves eredményeiről elmondható, hogy a felszín alatti térrész gyűjtött vizek esetében mindegyik nuklid aktivitás-koncentrációja a felszíni vizeknél mértek alatt van.

A vízminták gamma spektrometriai és összes-béta mérési eredményei során mesterséges eredetű vagy arra utaló izotóp jelenlétét nem mutattak ki, ami azt erősíti meg, hogy az I-K1 kamrában tárolt hulladék mérnöki gátjai (hordó, monolitblokk) sértetlenek.

Az ellenőrzött zóna felszín alatti térrészből kibocsátott vízmennyiség a 2024. évben 17189 m³ volt. Az erre a mennyiségre számított vízkörnyezeti ¹⁴C kibocsátás: $8,33E+04$ Bq/év. Tríciumra ez az érték hasonló számítással: $6,29E+06$ Bq/év.

7.2.5 Megállapítások

A monitoring program végrehajtásával nyert mérési adatok (trícium, radiokarbon, stroncium értékek), és az ezek alapján számított értékek elemzése azt mutatja, hogy a telephely nem bocsátott ki az előírt határértéket akár csak nagyságrendileg megközelítő mértékben sem radioaktív hulladékból származó radionuklidot. Ezt a tényt a gamma-spektrometriai és összes-béta mérések megerősítik. A kibocsátási értékek nem érték el a létesítmény éves kibocsátás határértékeinek 30 százalékát, nem volt jelentési kötelezettséget elérő normál üzemi kibocsátás.

7.2.6 A létesítmény összesített kibocsátásának értékelése

7.2.6.1 A telephely felszíni és felszín alatti összesített légköri kibocsátásának értékelése

A kibocsátási határérték kritérium (a továbbiakban: KHK) teljesülése – a hatósági előírások szerint – az alábbi összefüggés alapján igazolható:

A KHK:

$$\sum_{ij} \frac{R_{ij}}{EL_{ij}} \leq 1$$

ahol:

EL_{ij} = az i radionuklid, illetve radionuklid csoport j kibocsátási módra (légnemű, vagy folyékony) vonatkozó kibocsátási határértéke [Bq/év]
 R_{ij} = az i radionuklid, illetve radionuklid csoport j kibocsátási módra (légnemű, vagy folyékony) vonatkozó éves kibocsátása [Bq/év]

A kibocsátási határérték kritériumok teljesülésére vonatkozó adatokat a 7.5 táblázat mutatja be.

7-5. táblázat

A radioaktív hulladék-tároló légköri kibocsátásaira meghatározott kibocsátási határértékek teljesülése

Radionuklid	Felszíni R_i légnemű [Bq/év]	Felszín alatti R_i légnemű [Bq/év]	Felszíni és felszín alatti összesített érték $\sum R_i$ légnemű [Bq/év]	EL_i légnemű [Bq/év] (Kibocsátási határérték)	$\frac{R_{ilég.}}{EL_{ilég.}}$
H-3 (vízgőz)	9,01E+06	1,45E+07	2,35E+07	1,09E+14	2,16E-07
C-14	9,35E+06	1,87E+07	2,81E+07	5,67E+11	4,95E-05
Rn -222	2,71E+09	2,04E+10	2,31E+10	4,97E+12	4,65E-03
Összesen:					4,70E-03

A felszíni légkörnyezeti kibocsátás a technológiai épület kéménynél, a felszín alatti az alsó zónahatáron mért eredmények alapján került kiszámításra. A kimutatási határt el nem érő egyéb izotópokat, illetve mérési eredményeket jelen esetben nem vették számításba.

A légkörnyezeti kibocsátás 2024. évben a mérési adatok alapján a korlát **0,47 %-a** volt.

7.2.6.2 A telephely felszíni és felszín alatti összesített folyékony kibocsátásának értékelése

A felszíni kibocsátás az Ua1, Ua2 csapadékgyűjtő aknák, a felszín alatti kibocsátás pedig az ellenőrzött zsomp mintáinak a mért eredményei alapján került kiszámításra. A kimutatási határt el

nem érő ⁹⁰Sr izotóp mérési eredményeket konzervatív megközelítésként jelen esetben a kimutatási határ értékével vették számításba.

A vízkörnyezeti kibocsátás 2024 évben a mérési adatok alapján a korlát 0,0057 %-a volt.

7-6. táblázat

A radioaktív hulladék-tároló vízi kibocsátásaira meghatározott kibocsátási határértékek teljesülése

Radionuklid	Felszíni összesített érték R_i folyékony [Bq/év]	Felszín alatti összesített érték R_i folyékony [Bq/év]	Felszíni és felszín alatti összesített érték ΣR_i folyékony [Bq/év]	EL_i folyékony [Bq/év] (Kibocsátási határérték)	$\frac{R_i \text{ folyékony}}{EL_i \text{ folyékony}}$
H-3 (vízgőz)	7,70E+05	6,29E+05	1,40E+06	1,02E+13	1,37E-07
C-14	8,99E+03	8,33E+04	9,23E+04	3,48E+09	2,65E-05
Sr-90	1,62E+04	2,81E+04	4,43E+04	1,43E+09	3,10E-05
KHK-érték					5,76E-05

7.3 A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kibocsátásai

Az RHFT környezeti kibocsátási korlátait a BMKH által 3271-12/2016. számon kiadott RHFT környezetvédelmi működési engedély, valamint az OAH által az RHKR-HA0069 számú határozatban jóváhagyott KIESZ határozza meg.

Az RHFT esetében radioaktív kibocsátás az üzemi épületből és a végleges tároló területéről történhet. 2024. évben a radioaktív hulladékok beszállítása, feldolgozása és elhelyezése során hatósági korlátot meghaladó radioaktív anyag kibocsátás nem történt. Az illetékes környezetvédelmi hatóság felé a jogszabályokban előírt jelentési kötelezettségeknek eleget tettünk. A környezetvédelmi hatóság ellenőrzései során hiányosságok nem merültek fel. A környezetvédelmi hatóság a kibocsátásellenőrzésbe tartozó aeroszol, valamint csapadékvíz mintákat az RHFT környezeti laboratóriumával, valamint a külső vállalkozóval párhuzamosan vizsgálja.

Légnemű kibocsátás az üzemi épület szellőzőrendszerén, valamint a biztonságnövelő és kapacitás felszabadítási program céljából épült konténment-épület szellőző rendszerén keresztül történhet, amelynek során jellemzően légnemű (³H és ¹⁴C) izotópok kerülnek kibocsátásra több nagyságrenddel a kibocsátási határérték alatti mennyiségben. A konténment-épület szellőző rendszere 2024-ben nem üzemelt, így légköri kibocsátás kizárólag az üzemi épületből történt.

Az üzemeltetési tevékenység során az üzemi épületben mosásból, tisztálkodásból és felmosásból származó kis mennyiségű kommunális szennyvizet 25 m³-es zárt tartályban gyűjtjük. Jelenlegi üzemeltetési körülmények között a tartály általában egy-két évente telik meg. Az így keletkező kommunális, folyékony hulladékot a BMKH által 3271-12/2016. számon kiadott RHFT környezetvédelmi működési engedélye alapján közcsatornába bocsátjuk. Az itt kibocsátott radioaktív izotópok mennyisége az elmúlt években több nagyságrenddel a kibocsátási korlát alatt marad. 2024-ben ezen az útvonalon egy alkalommal történt kibocsátás.

A csapadékvizek a víz minőségének ellenőrzését követően, a csapadékgyűjtők átereszeinek megnyitásával, a csapadékelvezető árkon keresztül kerülnek kibocsátásra a befogadóba, amely a

Szilágyi-patak. A telephely üzemeltetése során a csapadékgyűjtőkből kibocsátott vízzel kibocsátott radioaktív izotópok mennyisége több nagyságrenddel a kibocsátási határérték-kritérium alatti.

7.3.1 Üzemi épület kibocsátásainak ellenőrzése

Az üzemi épületben a gáz halmazállapotú radioaktív izotópok forrásai az épület pinceszintjén, az Átmeneti Tárolóban tárolt rádium, trícium és/vagy radiokarbon tartalmú hulladékok. A hulladékcsomagokból a ^{222}Rn , a ^3H és a ^{14}C légnemű formában tud kiszabadulni.

A tárolásból és hulladékfeldolgozásból származó trícium és radiokarbon kibocsátás a szellőzőkéményben üzemelő trícium-radiokarbon mintavevők adataiból és a névleges szellőzési teljesítményből ($9600 \text{ m}^3/\text{h}$) került meghatározásra. Az éves trícium kibocsátás ($3,34\text{E}+10 \text{ Bq/év}$) az elmúlt évhez képest kis mértékben növekedett, de a korábbi évekhez viszonyítva nem tapasztaltunk tendenciózus változást. A radiokarbon kibocsátás ($4,46\text{E}+10 \text{ Bq/év}$) az előző évekhez képest kis mértékben növekedett, az éves kibocsátás nem éri el a kibocsátási korlát egy százalékát. A légköri kibocsátási korlát 0,57%-os kihasználtságáért első sorban a radiokarbon (0,559 %) felel.

Az éves radon kibocsátás az üzemi épületben elhelyezett aeroszol monitorok mérési eredményei és a szellőző rendszer névleges térfogatárama alapján $6,56\text{E}+08 \text{ Bq/év}$ volt.

Az üzemi épület kéményébe telepített aeroszol mintavevőből származó mintákban mesterséges eredetű izotópokat 2024-ben nem mutattak ki.

7.3.2 Tárolóterület folyékony kibocsátásainak ellenőrzése

A 100 m^3 -es csapadéktároló medence az „A” típusú hulladéktárolók környezetében, a III. és IV. medencesorról gyűjti össze a csapadékvizeket. A 60 m^3 -es csapadéktároló medence az A típusú I. és II. medencesorról és a „B”, „C” és „D” tárolók környezetéből gyűjti a csapadékvizet. A csapadéktárolók vizei kibocsátás előtt, illetve amennyiben nincs kibocsátás, akkor félévente kerülnek mintázásra.

2024-ben a 100 m^3 -es csapadéktároló medencéből 8 alkalommal, összesen 520 m^3 , míg a 60 m^3 -esből 14 alkalommal összesen 514 m^3 csapadékvizet bocsátottunk ki a befogadóba. A vizsgált minták gamma-spektrumában technológiai eredetű szennyeződésre utaló ^{137}Cs és ^{60}Co izotópok jelenléte nem volt kimutatható.

A ^{40}K jelenléte a csapadék mintákban egyértelműen természetes eredetű. A telephely környezetében, valamint a II. medencesoron található talajtakaráson a termőföld ^{40}K koncentrációja átlagosan 570 Bq/kg . A természetes eredetet az is igazolja, hogy az elmúlt 10 évben $3,8 \text{ kBq } ^{40}\text{K}$ izotópot szállítottunk a telephelyre, valamint az elmúlt 10 évben nem kezeltünk ^{40}K tartalmú hulladékot. Mindemellett a légköri kibocsátással környezetbe kerülő ^{40}K mennyiségét egy nagyságrenddel meghaladja a csapadéktárolóból kibocsátott ^{40}K mennyisége. 2024-ben a csapadék kibocsátásra vonatkozó korlát $\sim 0,22 \%$ -át használtuk ki.

A 100 m^3 -es csapadéktárolóban mért ^{90}Sr aktivitáskoncentráció 2024-ben minden minta esetében kimutatási határ ($0,005 \text{ Bq/dm}^3$) alatt maradt.

A 60 m^3 -es csapadéktárolóban vizsgált kummulált vízminták ^{90}Sr koncentrációja 2024-ben minden esetben kimutatási határ ($0,005 \text{ Bq/dm}^3$) alatt maradt.

A telephelyről származó, csapadékvízzel kibocsátott trícium mennyisége $7,29 \text{ MBq}$, a ^{14}C izotóp mennyisége 294 kBq , a ^{90}Sr $5,11 \text{ kBq}$ volt.

2024-ben a 25 m³-es szennyvíztárolóból egy alkalommal történt kibocsátás a közcatornába. A mérési eredmények alapján kimutatási határt meghaladó koncentrációban tríciumot, radiokarbond és ⁴⁰K izotópot lehetett mérni a vizsgált mintákban. A mérési eredmények alapján 675 kBq trícium, 285 kBq radiokarbon és 6,63 kBq ⁴⁰K került kibocsátásra a 25 m³-es szennyvíztárolóból. (A kibocsátásokat összesítő táblázat tartalmazza a számítások során kimutatási határral figyelembe vett izotópokat is.)

2024-ben a becsült folyékony közegbe történt kibocsátás az RHKR-HA0069 határozatban jóváhagyott SZ-3550 Kibocsátás ellenőrzési szabályzat szerinti kibocsátási korlát 0,24%-át tette ki.

7.3.3 Tárolóterületi gázdiffúzió ellenőrzése

Légköri kibocsátásként a hulladékot tartalmazó hordókból gázdiffúzióval távozó gázokat, illetve elhelyezésekor, a tárolók megnyitásakor a légkörbe távozó aktivitást kell figyelembe venni.

Az üzemi épület melletti PSZ-2 mintavevő az RHFT üzemi épület kéményhez képest az uralkodó széliránynak megfelelően van telepítve, a várható kibocsátások útvonalába. PSZ-1 mintavevő a tároló terület mellett található, szintén az uralkodó széliránynak megfelelő pozícióban. A 2007-es üzembe helyezés óta mindkét mintavevő egyenletes mérési eredményeket produkált, trícium és radiokarbon esetében egyaránt 10⁻² -10⁰ Bq/m³ nagyságrendben ingadozott. (Megj.: A természetes trícium háttér kb. 0,07 Bq/m³, a természetes radiokarbon háttér kb. 0,04 Bq/m³.) 2019-2024 között az átlagos trícium koncentráció értékek nem változtak jelentősen. Az egyedi mintákban mérhető értékek 2024-ben 3,98E-02 és 4,68E-02 Bq/m³ közötti ingadozást mutattak.

A radiokarbon légköri koncentrációja a PSz-1 és PSz-2 mintavételi helyeken a korábbi évekhez hasonlóan alakult. 2024-ben az egyedi mintákban mérhető értékek 6,09E-02 Bq/m³ és 2,41E-01 Bq/m³ közötti ingadozást mutattak.

7.3.4 Összesített kibocsátások

A mért, illetve becsült kibocsátási értékek a KIESZ előírásainak változása mellett is messze az éves kibocsátási határértékek alatt maradtak. A folyékony kibocsátások esetében a korlát 0,24 %-a, míg a légköri kibocsátások esetében a korlát 0,57%-a került kihasználásra, így összességében 2024-ben a kibocsátási korlátok kihasználtsága 0,81 %-os volt.

A jelentési kötelezettséget elérő normál üzemi kibocsátás, illetve a normál üzemtől való eltérésekből eredő kibocsátás nem történt. A telephely összesített kibocsátásait a 7-7. táblázat szemlélteti.

7-7. táblázat
A radioaktív hulladék-feldolgozó 2024 évi összesített kibocsátásai

Vizsgált izotópok	Mért vagy becsült aktivitás (Bq/év)	Éves korlát 30%-a (Bq/év) ⁽¹⁾	Éves korlát (Bq/év) ⁽¹⁾
Légköri – Üzemi épület			
³ H	3,34E+10*	1,72E+14	5,72E+14
¹⁴ C	4,46E+10*	2,39E+12	7,97E+12
⁴⁰ K	1,92E+03*	2,11E+08	7,03E+08
⁶⁰ Co	1,51E+03*	2,50E+09	8,34E+09
⁹⁰ Sr	8,03E+02*	2,93E+09	9,77E+09
¹³⁷ Cs	1,43E+03*	5,10E+09	1,70E+10

Vizsgált izotópok	Mért vagy becsült aktivitás (Bq/év)	Éves korlát 30%-a (Bq/év) ⁽¹⁾	Éves korlát (Bq/év) ⁽¹⁾
²²² Rn	6,56E+08*	6,63E+12	2,21E+13
²²⁶ Ra	1,56E+04*	3,78E+08	1,26E+09
²³² Th	9,45E+01*	4,71E+08	1,57E+09
²³⁸ U	9,86E+02*	9,09E+08	3,03E+09
Légköri kibocsátás – Tárolóterület diffúz kibocsátásai**			
³ H	4,99E+08	1,72E+14	5,72E+14
¹⁴ C	2,76E+07	2,39E+12	7,97E+12
⁸⁵ Kr	4,70E+05	8,70E+16	2.90E+17
²²² Rn	5,38E+06	6,63E+12	2,21E+13
Folyékony, csapadék			
³ H	7,29E+06	3,51E+11	1,17E+12
¹⁴ C	2,94E+05	7,50E+07	2,50E+08
⁴⁰ K	4,00E+04	1,43E+07	4,76E+07
⁶⁰ Co	4,56E+03	7,65E+08	2,55E+09
⁹⁰ Sr	5,13E+03	1,10E+09	3,67E+09
¹³⁷ Cs	6,31E+03	5,04E+07	1,68E+08
²²⁶ Ra	5,21E+04	1,25E+08	4,16E+08
²³² Th	6,11 E+01	1,33E+08	4,44E+08
²³⁸ U	4,72 E+02	5,01E+09	1,67E+10
Folyékony, kommunális			
³ H	6,75E+05	9,78E+16	3,26E+17
¹⁴ C	2,85E+05	2,99E+15	9,98E+15
⁴⁰ K	6,63E+03	7,47E+08	2,49E+09
⁶⁰ Co	5,90E+02	1,90E+07	6,32E+07
⁹⁰ Sr	1,13E+02	4,05E+08	1,35E+09
¹³⁷ Cs	6,13E+02	7,89E+07	2,63E+08
²²⁶ Ra	1,20E+04	2,49E+07	8,31E+07
²³² Th	3,50E+00	1,82E+07	6,07E+07
²³⁸ U	5,08E+02	2,37E+07	7,89E+07

*Becsült érték: A számítás, a mintavétel időtartama, a mért aktivitás-koncentráció és a szellőzés névleges teljesítményének szorzatával történik.

** RHK-I-012A/14 számú „A püspökszilágyi RHFT tervezési kibocsátásainak teljes felülvizsgálata” című dokumentum alapján számított érték

7.4 A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátásai

Az Energiatudományi Kutatóközpont által üzemeltetett BKR hatósági engedélye a BAVKH 9104-4/2015. sz. módosító határozata alapján légnemű és folyékony kibocsátási határértékeket tartalmaz.

A két kiemelt létesítményből származó, potenciálisan radioaktív anyagokat is tartalmazó légköri kibocsátás a BKR és az Izotóp Intézet Kft. „A”-szintű izotóplaboratóriumainak közös 80 m magas kéményén keresztül történik. A szűrt levegő radioaktivitását mindkét ágba külön és az ágak egyesítése után a közös szakaszban is méri. Az alábbi adatok csak a BKR kibocsátására vonatkoznak.

7-8a. táblázat
A reaktor légköri kibocsátásai

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték [Bq]	Tényleges kibocsátott érték [Bq]	Kibocsátási határérték kihasználtsága az adott izotópra
Ar-41	3,30E+15	881E+9	2,67E-004
Kr-85m	2,53E+16	4,50E+010	1,79E-006
Kr-87	5,24E+15	1,45E+011	2,76E-008
Kr-88	5,28E+13	9,40E+010	1,78E-003
Xe-133	1,21E+17	3,65E+011	3,02E-006
Xe-135	1,63E+16	6,30E+010	3,89E-006
Az egyes légköri kibocsátások és a hozzájuk tartozó kibocsátási határérték hányadosaiból képzett összeg.	2,09E-03		

Megjegyzés: 14,07 teljesített üzemóra (10 MW teljesítményen).

A Budapesti Kutatóreaktor 2024. augusztus 6-9. között az 1-es számú folyékony hulladékgyűjtő tartályból 143 m³ folyékony radioaktív hulladékot bocsátott ki. A kibocsátás előzetes mintavétel és mérés után ioncserélő szűrőn keresztül lett kibocsátva. A kibocsátott víz összaktivitása a 7-8b. táblázatban látható:

7-8b. táblázat
A reaktor folyékony kibocsátásai

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték	Tényleges kibocsátott érték	Kibocsátási határérték kihasználtság az adott izotópra
³ H	9,26 PBq	34,0 GBq	$3,67 \times 10^{-6}$
⁵⁴ Mn	2.49 TBq	0.039 MBq	$1,57 \times 10^{-8}$
¹³⁷ Cs	3.13 TBq	18.09 MBq	$5,8 \times 10^{-6}$
⁶⁰ Co	1.02 TBq	1.50 MBq	$1,47 \times 10^{-6}$
¹³⁷ Cs	3.13 TBq	3.40 MBq	$1,09 \times 10^{-6}$
¹³⁴ Cs	2.14 TBq	0.13 MBq	$6,07 \times 10^{-8}$
Összes-béta	-	20,02 MBq	-
Az egyes folyékony kibocsátások és a hozzájuk tartozó kibocsátási határérték hányadosaiból képzett összeg.	1,20E-05		

7.5 A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátásai

A légnemű kibocsátás határértéke a ^{41}Ar értékéhez van kötve. A **2024-es** évben $1,04 \cdot 10^9$ Bq ^{41}Ar -egyenértékű aktivitást (ez az éves kibocsátási határérték 0,14 %-a), aeroszolhoz kötötten pedig $3,22 \cdot 10^3$ Bq összes-béta aktivitást bocsátottak ki a levegőbe; amelyek megfelelnek az elmúlt évek kibocsátásainak.

A negyedévente gyűjtött aeroszolszűrők izotópszelektív gamma-spektrometriás vizsgálatát is elvégezték a 2024. évben, amelyek eredményeit a 7-9. táblázat mutat be.

7-9. táblázat

2024. I. negyedévben összegyűjtött levegőszűrőkön mért aktivitás havi átlaga	
Izotóp	Aktivitás (Bq/hónap)
Co-60	3,24E-04
Cs-137	<3,72E-03
Cs-134	<8,23E-02
I-131	<1,00E-02
2024. II. negyedévben összegyűjtött levegőszűrőkön mért aktivitás havi átlaga	
Izotóp	Aktivitás (Bq)
Co-60	<1,63E-02
Cs-137	<1,58E-02
Cs-134	<8,67E-02
I-131	<1,42E-02
2024. III. negyedévben összegyűjtött levegőszűrőkön mért aktivitás havi átlaga	
Izotóp	Aktivitás (Bq)
Co-60	<1,62E-02
Cs-137	<1,32E-02
Cs-134	<7,37E-02
I-131	<9,71E-03
2024. IV. negyedévben összegyűjtött levegőszűrőkön mért aktivitás havi átlaga	
Izotóp	Aktivitás (Bq/hónap)
Co-60	<7,38E-03
Cs-137	<1,23E-02
Cs-134	<9,62E-02
I-131	<1,48E-02

Az alkalmasszerűen kibocsátott hulladékvíz kibocsátások során a **2024-es** évben $2,08 \cdot 10^5$ Bq ^{137}Cs -egyenértékű aktivitást bocsátottak ki a közcsatornába (ez az éves kibocsátási határérték $1,04 \cdot 10^{-3}$ %-a), ami megfelel az elmúlt évek kibocsátásainak.

7.6 Izotóp Intézet Kft. kibocsátásai

7.6.1 Folyékony kibocsátások értékelése

Az Izotóp Intézet Kft. kiemelt és egyéb létesítményeiben, a következők szerint keletkeznek radionuklidokkal terhelt szennyvizek:

Kiemelt létesítmények:

- XVII. sz. épület „A”-szintű laboratóriumaiból ^{125}I , ^{131}I , ^{192}Ir , ^{153}Sm , ^{14}C , ^{166}Ho , $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$, ^{83}Rb , ^{85}Sr , ^{137}Cs
- XXII/B sz. épület „A”-szintű laboratóriumaiból ^{60}Co

Egyéb létesítmények:

- XXI/A sz. épület „B-” és „C”-szintű laboratóriumaiból ^3H , ^{14}C
- XXI/B sz. épület „B-” és „C”-szintű laboratóriumaiból ^{125}I

A keletkezett szennyvizet külön csatornarendszeren keresztül az épületek alsó szintjén elhelyezett, vagy földalatti tartályokba gyűjtik, amelyek össze vannak kötve a telephelyi garázsok/tárolók alatt elhelyezkedő 3 db 80 m³-es tartállyal. Az Izotóp Intézet Kft. csak egy útvonalon, a 80 m³-es tartályokból bocsát ki folyékony radioaktív anyagot.

7.6.2 Légnemű kibocsátások értékelése

Az Izotóp Intézet Kft. működése során az alább felsorolt radioaktív anyagok levegőbe irányuló kibocsátását kell figyelembe venni.

Kiemelt létesítmények:

- XVII és XXII/B épület „A”-szintű laboratóriumaiból, a reaktorral közös 80 m-es kéményen keresztül ^{131}I és ^{125}I radionukliddal szennyezett levegő. A többi radionuklid a felhasználás hőmérsékletén nem illékony, így légköri kibocsátásukkal nem kell számolni.

Egyéb létesítmények:

- A XXI/B épület „B”-szintű laboratóriumaiból ^{125}I radionukliddal szennyezett levegő az épület tetején lévő, szűrővel felszerelt kéményeken keresztül.
- A XXI/A épület „B-” és „C”-szintű laboratóriumaiból ^3H , ^{14}C radionukliddal szennyezett levegő az épület tetején lévő kéményeken keresztül.

7 -10. táblázat
Folyékony kibocsátási adatok 2024-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kihasználtság
H-3	8,1E+15	3,80E+11	0	0
C-14	1,1E+13	1,10E+11	6,05E+10	5,5E-03
P-32	1,7E+11	0	0	0
P-33	1,6E+12	0	0	0
S-35	9,8E+13	0	0	0
Fe-59	6,3E+13	0	0	0
Co-60	8,4E+12	8,00E+09	1,48E+08	1,76E-05
Sr-82/Rb-82	1,7E+13	1,10E+10	0	0
Rb-83	6,70E+12	3,20E+09	0	0
Sr-85	1,10E+14	1,00E+11	0	0
Sr-90	3,60E+12	2,70E+08	0	0
Y-90	4,7E+14	1,20E+09	0	0
Mo-99	3,1E+14	1,20E+10	0	0
Tc-99m	9,3E+16	1,60E+09	0	0
I-125	4,5E+12	1,00E+09	8.85E+08	1,97E-04
I-131	3,3E+12	1,00E+08	4,25E+07	1,29E-05
Cs-137	4,5E+11	5,00E+08	2,33E+07	5,18E-05
Sm-153	2,00E+15	5,00E+10	0	0
Ho-166	2,7E+14	3,00E+10	0	0
Lu-177	2,30E+14	2,30E+10	0	0
Ir-192	8,00E+13	1,00E+09	0	0
Kibocsátási határérték kihasználtság összesen				5.78E-03

7-11. táblázat
Légnemű kibocsátási adatok „A”-szintű laboratóriumokból a reaktor kéményen keresztül 2024-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kihasználtság
I-125	2,70E+11	3,00E+09	1,87E+09	6,93E-03
I-131	4,69E+11	6,00E+09	2,35E+09	5,01E-03
C-14 „A” szint.	7,70E+12	7,70E+08	0,00E+00	0
Kibocsátási határérték kihasználtság összesen				1,19E-02

7-12. táblázat

Légnemű kibocsátás XXI/B épület „B-” és „C”-szintű laboratóriumaiból 2024-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kihasználtság
I-125	4,00E+09	2,50E+08	2,44E+08	6,1E-02

7-13. táblázat

Légnemű kibocsátás XXI/A épület „B-” és „C”-szintű laboratóriumaiból 2024-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kihasználtság
H-3	2,00E+13	2,00E+11	0	0
C-14	6,00E+11	9,00E+10	5,29E+10	8,82E-02

Az Izotóp Intézet Kft. összesített kibocsátási mutatója 2024-ben 0,167 volt.

7.7 A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének kibocsátásai

2024. évre vonatkozóan a mérési eredmények alapján a természetes izotóparányok feltételezésével kiszámolt nuklid-specifikus kibocsátási adatokat az alábbi táblázatok foglalják össze.

Az egy ponton történő bányavíz kibocsátás 1 295 128 m³ volt, a Frici-tárói meddőhányó uránmentesített vize pedig 10 981 m³ mennyiségű volt.

7-14. táblázat

Éves radioaktív légnemű kibocsátás radionuklidonkénti mennyisége 2024-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kihasználtság
U-238	2,00E+09*	3,00E+03	3,00E-06
U-234		3,00E+03	
U-235		<2,00E+03	

*A természetes uránizotópok csoportjára (²³⁴U, ²³⁵U, ²³⁸U) együttesen vonatkoztatva

7-15. táblázat

Éves radioaktív folyékony kibocsátás radionuklidonkénti mennyisége 2024-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kihasználtság
U-238	2,70E+11*	3,29E+09*	3,66E-02*
U-234			
U-235			
Ra-226	3,1E+10	4,94E+08	1,59E-02
Po-210	3,8E+09	2,61E+07	6,87E-03

*A természetes uránizotópok csoportjára (²³⁴U, ²³⁵U, ²³⁸U) együttesen vonatkoztatva

8 Létesítmények hatásának értékelése, a lakossági sugárterhelés járulékai

8.1 A Paksi Atomerőmű

A Paksi Atomerőmű az OAH részére benyújtott éves jelentés keretében bemutatja a létesítmény közelben élő lakosság becsült sugárterhelését is. A létesítmény üzemeltetőjétől függetlenül az NNGYK SSFO is meghatározza az erőmű környezetében élő lakosság sugárterhelésének járulékát, a BAVKH által elfogadott légköri és folyékony kibocsátási értékek, az időjárási viszonyok, a fogyasztási szokások stb. alapján.

A Paksi Atomerőmű közelben élő lakosság vonatkoztatási csoportja, akikre a dózisszámításokat el kell végezni, az 1-5 éves gyermekek hipotetikus csoportja, a légköri kibocsátásokat tekintve csámpai, a vízi kibocsátások vonatkozásában gerjéni lakóhellyel. Tekintettel arra, hogy a dózistényezőket stb. tekintve ez az életkori csoport túl tágnak mutatkozott, a számításokat az 1 éves korcsoportra végezték el. (Ez általában és összességében konzervatív megközelítést jelent.)

8.1.1 A légköri kibocsátásból származó sugárterhelés

A légköri terjedés számítása során a nemzetközi ajánlásokon alapuló, a világ sok országában összegyűlt tapasztalatokat egyesítő, az IAEA, Safety Reports Series No. 19 kiadványában [3] részletezett ún. szektorátlagolt Gauss-féle csóvamodellel alapuló eljárást használták. A módszer hosszú időre (pl. 1 évre) állandó átlagos légköri viszonyokat feltételez a forrás közelében. Ez alapján a talajfelszín felett kialakuló nuklidkoncentrációt, illetve a talajfelszíni depozíciót is meghatározzák. A szárazföldi tápláléklánc egyes komponensei szennyeződésének leírása az ún. koncentráció-faktor technikán alapul [12]. A növényzet szennyezettségének leírásakor a modell figyelembe veszi a növényzet felületére történő külső depozícióból, illetve a hosszú felezési idejű izotópok esetén azok gyökérzetén keresztüli felszívódását is. Az állati termékek szennyezettségének becslésekor a modell erősen konzervatív, mivel a felhasznált takarmány kizárólag a helyben termelt, szennyezett növényekből kerül ki. A koncentráció-faktorok a nemzetközi szakirodalomból származnak [12], míg a növényekre és állatokra vonatkozó paramétereket magyarországi mezőgazdasági adatokból határozzák meg. A környezeti elemekben kialakuló aktivitás-koncentrációk alapján, a sugárterhelés számítása során a külső bemerülési dózisok, a talajfelszíni gamma-dózis, a belégzésből és az ételmiszerek lenyeléséből származó dózis mellett, figyelembe veszik a reszuszpenzióból származó dózisokat és a leányelemek hatását is.

Az üzemi kibocsátásokra vonatkozó számítások szerint, a jelentősebb radionuklidokra a vonatkoztatási csoport lakóhelyén (Csámpa, 1200 m, NY-DNY irány) a talajfelszíni levegőben 40 mBq/m^3 ^{41}Ar -koncentráció; $0,0093 \text{ } \mu\text{Bq/m}^3$ ^{60}Co , valamint 12 mBq/m^3 ^3H (HTO) és $0,12 \text{ mBq/m}^3$ ^{14}C (CO_2) koncentráció alakul ki. Ezek az értékek hasonlóak a korábbi évek koncentrációihoz. A légköri depozíció következtében a ^{60}Co talajfelszíni kiülepedése $1,8 \text{ mBq/m}^2$, a leveles zöldség aktivitás-koncentrációja (nedves tömegre) $0,011 \text{ mBq/kg}$, a tehéntejé $0,0053 \text{ mBq/l}$, a húsé $0,059 \text{ mBq/kg}$, a gabonáé pedig $0,035 \text{ mBq/kg}$ értékre becsülhető, ezek az értékek a tavalyihoz hasonlóak. Az üzem a ^3H , a ^{14}C radionuklidok és a radiojódok kémiai formáját is meghatározta, ezeket a számításokban figyelembe vették. Így pl. az erőmű ^{14}C kibocsátásának 4,9%-a szén-dioxid formájú, a többi szerves vegyület. Azonban az ételmiszerfogyasztásból eredő belső sugárterhelés kialakulásában csupán az előbbi játszik szerepet.

A kibocsátásokból (7-1. táblázat) a vonatkoztatási csoportra számított egyéni effektív dózisok – a szóba jöhető radionuklidok és fizikai, kémiai formák esetén – az egyes besugárzási útvonalak szerinti bontásban a 8-1. táblázatban láthatóak. Az eredmények Csámpára (1,2 km-es távolság, NY-

DNY irány) vonatkoznak. A normál üzemi légköri kibocsátásokból származó leköttött dózis a lakosság kritikus csoportjára 69 nSv, ami elfogadható egyezést mutat az atomerőmű által számolt 32 nSv-el. Az eltérés nagysága a modellszámítások bizonytalanságát figyelembe véve jónak mondható. A lakosság kritikus csoportjának a hatóság által számított dózisa kisebb, mint a tavalyi, de a sokévi átlagtól nem tér el lényegesen.

8-1. táblázat

A normál üzemi légköri kibocsátásokból számolt átlagos egyéni effektív sugárterhelés a vonatkoztatási csoportra (Csámpa, 1 éves korcsoport, 1200 m, NY-DNY irány)

Izotóp		Éves sugárterhelés (nSv)			
		felhőből	talajfelszínről	belégzés	élelmiszer-fogyasztás
nemesgázok	Ar-41	31	*	*	*
	Kr-85	*	*	*	*
	Kr-85m	0,58	*	*	*
	Kr-87	2,2	*	*	*
	Kr-88	4,7	0,026	0,054	*
	Xe-133	0,13	*	*	*
	Xe-135	1,7	*	*	*
aeroszolok	Mn-54	*	*	*	*
	Co-58	*	*	*	*
	Fe-59	*	*	*	0,020
	Co-60	*	0,047	*	0,087
	Zn-65	*	*	*	0,10
	Se-75	*	*	*	0,019
	As-76	*	*	*	*
	Sr-89+Sr-90	*	*	*	0,013
	Zr-95	*	*	*	*
	Ru-106	*	0,016	*	0,34
	Ag-110m	*	0,028	*	0,11
	Sb-124	*	*	*	0,011
	Sb-125	*	*	*	0,018
	Cs-134	*	*	*	0,045
	Cs-137	*	*	*	0,066
	Ba-140	*	*	*	0,022
	Ce-144	*	*	*	0,23
	Eu-154	*	0,017	*	0,021
	egyéb	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
radiojódok	I-131 (aeroszol)	*	*	*	0,053
	I-131 (elemi)	*	*	*	1,4
	I-131 (szerves)	*	*	0,011	0,031
globális	C-14	*	*	3,6	19
	H-3	*	*	0,48	2,6
Összesen		40	0,27	4,1	24
Teljes járulék a légköri kibocsátásból:		69 nSv			

* a becsült dózis < 0,01 nSv

8.1.2 A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés

A vízzel kibocsátott radioaktív szennyeződés a Dunába jut. A Duna vizének hasznosítása során, az abban található radioaktív anyagok külső és belső sugárterhelést okoznak. A számításoknál használt modell alapvető kiindulási pontjait, közelítéseit, paramétereit az IAEA Safety Reports Series No. 19 [3] kiadvány tartalmazza.

A fenti közelítésekkel és kiinduló adatokkal meghatározott, az atomerőmű által a Dunába kibocsátott radioaktív izotópoktól (7-2. táblázat) származó egyéni sugárterheléseket a gerjени lakosságra (1 éves gyermekek, mint vonatkoztatási csoport; továbbá felnőttek) a 8-2. táblázat tartalmazza.

8-2. táblázat

Az atomerőmű normál üzemi éves folyékony radioaktív kibocsátásaiból származó belső és külső dózisok a gerjени lakosság 1 éves gyermek és felnőtt csoportjára, 2024

Radionuklid	Dózis (nSv/év)			
	1 éves gyermek		felnőtt	
	külső	belső	külső	belső
H-3	*	22	*	20
C-14	*	4,8	*	8,2
Mn-54	*	*	*	*
Fe-59	0,011	0,014	0,011	*
Co-58	*	*	*	*
Co-60	0,060	0,14	0,060	0,028
Sr-90	*	*	*	*
Zr-95	*	*	*	*
Ru-103	*	*	*	*
Ag-110m	*	0,022	*	*
Sb-124	*	0,015	*	*
I-131	*	0,13	*	0,023
Cs-134	0,036	0,53	0,036	1,3
Cs-137	0,025	0,51	0,025	1,2
Ba-140	*	0,024	*	*
Ce-144	*	0,13	*	0,019
Pu-csoport	*	*	*	*
Am-csoport	*	*	*	*
egyéb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Összesen	0,15	28	0,15	31
Mindösszesen	28		31	

* a becsült dózis < 0,01 nSv

A 2024. évi kissé alacsonyabb a 2023. évinél. A táblázat adataiból látható, hogy a sugárterhelés túlnyomó részét adó ³H izotóp mellett - különösen a felnőtteknél - megjelenik a ¹⁴C izotóp is, mint kritikus radionuklid. A belső sugárterhelés járuléka több mint 2 nagyságrenddel nagyobb a külsőnél.

Az eredmények szerint az aktuális kibocsátás-összetétel és modellparaméterek mellett, a felnőttek sugárterhelése hasonló az 1 éves gyermekekéhez (az utóbbi a vonatkoztatási csoport). A számolt értékek jól egyeznek a PA Zrt. üzemi jelentésében becsült dózisokkal (35 nSv a gyermekekre, illetve 39 nSv a felnőttekre vonatkozóan).

8.1.3 Az atomerőművi kibocsátások összefoglaló értékelése

Az üzem 2024. évi légköri kibocsátásai azt mutatták, hogy az erőmű a korábbi évekhez hasonlóan kedvező környezeti sugárvédelmi paraméterekkel üzemelt. A kibocsátások mérésére szolgáló rendszerek folyamatosan működtek.

A vízelvezető csatornában végzett összes-béta- és tríciummérések eredményei igazolják, hogy az atomerőműből a Dunába vezetett radioaktív szennyezés (koncentráció) jelentéktelen, erőművi eredetű radionuklid csak a szennyvíz (V3) csatornában volt detektálható. Környezeti ellenőrzések során a levegőben és a többi vizsgált környezeti komponensben sem volt kimutatható, az atomerőműből származó radionuklid.

Az éves folyékony és légköri kibocsátásból néhányszoros bizonytalansággal becsült dózisok összege az erőmű közelében élő lakosság vonatkoztatási csoportjára 97 nSv (8-1., 8-2. és 8-3. táblázatok) volt, miközben az erőműre vonatkozó hatósági dóziskorlát 90 µSv. Azaz az erőmű közelében élő lakosság sugárterhelése a dózismegszorítás ezrelékének vehető.

Az erőmű 30 km sugarú - légköri kibocsátásban érintett - térségében 210 ezer ember él, míg a vízi kibocsátásban érintett lakosság 20 ezer főre tehető. Az erőmű légnemű és folyékony kibocsátásaiból származó, az átlagos egyéni dózisértékek alapján számított kollektív dózis 0,96 személy·mSv volt.

8-3. táblázat

Az éves kibocsátásokból becsült egyéni dózisok a lakosság vonatkoztatási csoportjára, besugárzási útvonalak szerint

Besugárzási útvonal		becsült érték	korlát
		(nSv)	
Légköri kibocsátás			
külső sugárterhelés	nemesgáz izotópok	40	
	radiokobalt aeroszol	0,047	
	radiocézium aeroszol	<0,01	
	radioezüst aeroszol	0,028	
	egyéb izotóp	0,2	
belső sugárterhelés	inhaláció	4,1	
	radiojód (élelmiszerfogyasztás)	1,5	
	radiokobalt (élelmiszerfogyasztás)	0,087	
	radiocézium (élelmiszerfogyasztás)	0,11	
	radioezüst (élelmiszerfogyasztás)	0,11	
	globális szennyezők (H-3, C-14) (élelmiszerfogyasztás)	22	
	egyéb izotóp	1	
Összes légköri:		69	
Folyékony kibocsátás			
külső sugárterhelés:		0,15	
belső sugárterhelés:	trícium	22	
	radiokarbon	4,8	
	egyéb izotóp	1	
Összes folyékony:		28	
Mindösszesen:		97	90 000

8.2 Egyéb kiemelt létesítmények

A bátaapáti NRHT, a püspökszilágyi RHFT, a BKR, az Oktatóreaktor, az Izotóp Intézet Kft. és a BVH Kft. kővágószőlősi telephelye esetében a lakosság sugárterhelését a tényleges kibocsátások és a dózismegszorításból származtatott kibocsátási korlátok hányadosából képzett határérték kihasználás, valamint a dózismegszorítás aránya alapján becsülik, a dózismegszorítás megállapításához előírt biztonsági tényezővel korrigálva. A kiemelt létesítmények környezetében élőknek a létesítmény üzemeltetéséből származó becsült sugárterhelését a 8-4. táblázat mutatja be.

8-4. táblázat

Az éves kibocsátásokból becsült egyéni dózisok a lakosság vonatkoztatási csoportjára

Létesítmény	Határérték kihasználás	Dózismegszorítás [nSv]	Biztonsági tényező	Becsült sugárterhelés [nSv]
bátaapáti NRHT	Léggöri: 0,0047 Folyékony: 0,00057	100 000	1	527
püspökszilágyi RHFT	Léggöri: 0,0057 Folyékony: 0,0024	100 000	1	810
BKR	Léggöri: 0,0021 Folyékony: 0,000012	50 000	5	21
Oktatóreaktor	Léggöri: 0,0014 Folyékony: 0,00065	50 000	1	69,41
Izotóp Intézet Kft.	Léggöri: 0,161 Folyékony: 0,00578	50 000	5	1668
BVH Kft. kővágószőlősi telephely	Léggöri: 0,000003 Folyékony: 0,0349	300 000	5	2099

8.3 A lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelésének értékelése

A lakosság természetes eredetű sugárterhelésének forrásait általánosságban az 1.4. fejezet mutatja be. Az ebbe a körbe tartozó expozíciók az alábbi nagyobb csoportokba sorolhatók:

- (1) a kozmikus sugárzásból eredő külső, és a magaslégkörben keletkező ún. kozmogén radioizotópok belélegzéséből és lenyeléséből származó belső sugárterhelés;
- (2) a földkérgi eredetű (geogén) radioizotópok gamma-sugárzásától származó, a szabadban és az épületben tartózkodás közben elszenvedett külső sugárterhelés;
- (3) a radon és toron, valamint leányelemeik belélegzéséből és lenyeléséből származó belső sugárterhelés;
- (4) ^{40}K radioizotóp és a természetes bomlási sorok elemeinek belélegzéséből és lenyeléséből származó belső sugárterhelésünk.

Az 1-1. táblázat mutatja be egy hazai lakos átlagos hazai sugárzási szintek alapján becsült sugárterhelését az UNSCEAR 2000 jelentésben [2] közzétett világátlagokkal összehasonlítva.

8-3. táblázat
Lakosság természetes eredetű sugárterhelésének forrásai és éves becsült értéke

Sugárterhelés forrása	Világátlag (UNSCEAR)		Hazai	
(1) belső + külső - kozmikus sugárzás	0,39 mSv		0,39 mSv	
(2) külső - földkérgi eredetű gamma-sugárzók	0,48 mSv		0,54 mSv	
(3) belső - radontól és torontól származó	0,89 mSv*	1,25 mSv**	2,14 mSv*	3,10 mSv**
(4) belső - földkérgi eredetű radioizotópok	0,31 mSv		0,28 mSv	
Összesen:	2,07 mSv*	2,43 mSv**	3,35 mSv*	4,31 mSv**

Megjegyzés:

A *-gal jelölt érték a '90-es években rendelkezésre álló epidemiológiai adatokon alapuló dóziskonverziós tényezővel lett meghatározva.

A **-gal jelölt érték az UNSCEAR által használt, tüdőmodellen alapuló dóziskonverziós tényezővel lett meghatározva.

A táblázatból látható, hogy hazánk lakosságának becsült átlagos természetes sugárterhelése nagyobb az UNSCEAR által becsült súlyozott világátlagnál. Ennek oka elsődlegesen az, hogy a hazai beltérekben az átlagos radon-koncentráció több mint kétszerese a világátlagnak; másodsorban pedig az, hogy az épületekben a földkérgi eredetű radioizotópoktól származó gamma-sugárzás mértéke is kicsivel nagyobb, mint a világátlag. Az utóbbi miatt, ugyanazon bent tartózkodási idővel számolva az éves dózisok közötti különbség csekély, kb. 0,06 mSv.

Az UNSCEAR 2000. évi jelentés alapján a beltéri radon-koncentráció súlyozott világátlaga 40 Bq/m³. A hazai beltéri radonszint számtani átlaga a korábbi és a jelenlegi vizsgálatok eredményei alapján kb. 130 Bq/m³, a súlyozott átlag becsült értéke kb. 110 Bq/m³. Az UNSCEAR által használt számítási módszerek alapján a radon- és leányelemeitől származó összesített belső sugárterhelés világátlaga 1,25 mSv, míg a hazai súlyozott átlagos radonszinttel számítva 3,10 mSv.

Ugyanakkor a radon- és leányelemeitől származó dózis meghatározásakor a Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság (International Commission on Radiological Protection, ICRP) legújabb erre vonatkozó ajánlásait (ICRP Pub. 137) követve a 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet alapján, összhangban az Európai Unió Bizottsága 2024/440 ajánlásával a Bizottság által meghatározott, legutoljára közzétett dóziskonverziós tényezőket kell alkalmazni. Normál beltéri környezetben ez a következő: 3 mSv/(mJ h/m³), ami 10 mSv/WLM-nek felel meg. Összevetésül az UNSCEAR által alkalmazott dóziskonverziós tényező 9 nSv/(Bq·h/m³), ami 6 mSv/WLM-nek felel meg.

Ennek alapján a radon és leányelemeinek tulajdonítható hazai összdózis becsült értéke kb. 5,5 mSv. Ily módon a lakosság természetes forrásokból származó összesített, egy főre eső éves effektív dózisa kb. 6,7 mSv-nek becsülhető.

A lakosság mesterséges forrásból származó sugárterhelésének főbb összetevői:

- környezetben jelenlévő mesterséges eredetű radioizotópoktól származó külső, és a belélegzésükből, lenyelésükből származó belső sugárterhelés;
- orvosi diagnosztikai eljárások során kapott dózisok;
- sugárterápiás kezelések során kapott dózisok;
- ipari tevékenység eredményeként keletkező, emelkedett természetes radioaktivitású anyagok feldolgozása és a melléktermékek lerakói.

A környezeti elemekben jelen lévő mesterséges radioizotópok legnagyobbbrészt a korábbi légköri nukleáris fegyverkísérletek és nukleáris balesetek kihullásának következtében kerültek a környezetbe. Ezek aktuális mennyiségét a környezeti monitoring vizsgálatok eredményeiből ismerjük. Közülük a legnagyobb mennyiségben a ^{137}Cs van jelen a környezetünkben, és mellette még esetenként kimutatható a ^{90}Sr is. A standard hazai környezeti minták közül egyedül a talajokban jól detektálható a ^{137}Cs mennyisége. Ugyanakkor a legtöbb környezeti és élelmi anyagmintában gyakran a kimutathatóság alatt van a ^{137}Cs mennyisége. A Központi Statisztikai Hivatal által megadott élelmiszerfogyasztási adatok alapján lakosság a ^{137}Cs belégzéséből és lenyeléséből számított lekötött effektív dózisa kevesebb, mint $0,5\text{ }\mu\text{Sv}$ évente. A talajfelszíni ^{137}Cs gamma-sugárzásától származó külső sugárterhelés mértéke évente $4,9\text{ }\mu\text{Sv}$ (az átlagos, évi 2.000 óra szabadban tartózkodási időt figyelembe véve). Látható tehát, hogy a nukleáris fegyverkísérletek és a nukleáris létesítmények kibocsátása együttesen is három nagyságrenddel kevesebb, mint a természetes forrásból származó sugárterhelésünk.

Az orvosi diagnosztikai eljárások során kapott dózisok legtöbbször egy-egy testtáj sugárterhelését jelentik. Az ezekből, az egésztestre számított effektív dózisok nagysága jelentősen függ az adott eljárás mellett sok más tényezőtől is. A hazai és nemzetközi irodalom alapján a röntgenvizsgálatok alkalmankénti egésztestre számított dózisa $0,1$ és $1.700\text{ }\mu\text{Sv}$ közötti, ugyanakkor a CT vizsgálatok alkalmankénti dózisa már a mSv-es nagyságrendbe esik. Egy egésztest CT dózisa 20 mSv nagyságrendű. A nukleáris medicinában alkalmazott, radiofarmakon (radioaktív izotóppal jelzett anyag) beadásával járó szcintigráfias vizsgálatok által okozott sugárterhelés is a mSv-es nagyságrendbe esik.

Hazánkban az orvosi diagnosztikai eljárásokból származó egy lakosra vetített éves átlagos dózis $1,8\text{ mSv/fő/év}$, a nukleáris medicinai eljárások dózisait is hozzávéve pedig $2,1\text{ mSv/fő/év}$ az Európai Unióban lefolytatott felmérés szerint. Ugyanakkor az orvosi diagnosztikai eljárásokhoz köthető dózisokról elmondható, hogy a lakosság nem minden tagját éri és személyenként nagyon eltérő, kinél mely vizsgálatok elvégzésére és milyen gyakran van szükség. Az orvosi sugárterhelések számszerűsítésekor nem az effektív dózis a legalkalmasabb mérőszám a kockázatok számszerűsítésére, mivel a diagnosztikai eljárásokból származó, egy adott évre vonatkozó kollektív effektív dózist vetíti indikátorként a teljes lakosságra.

A legnagyobb sugárterhelésük a daganatos megbetegedések gyógyításánál alkalmazott célzott, sugárterápiás kezeléseknél van. Ezeket a dózisokat azonban nem veszik figyelembe a lakosságot érő kollektív dózisok meghatározásánál, mivel ezen kezeléseknél pont az a célja, hogy a kezelt tumoros szövet akkora dózist kapjon, amely a szövetet elpusztítja.

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 2024-ben mért legnagyobb értékek is 10 Bq/kg alatt maradtak.

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 három nagyságrenddel nagyobb.

Összefoglalásul megállapíthatjuk, hogy mind az országos, mind a létesítményi környezetellenőrzés során kapott eredmények szerint az engedélyhez kötött tevékenységeknek a környezetre, illetve a 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 2024. 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 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.

Irodalom, hivatkozott jogszabályok

[1] A TANÁCS 2013/59/EURATOM IRÁNYELVE (2013. december 5.) az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról, valamint a 89/618/Euratom, a 90/641/Euratom, a 96/29/Euratom, a 97/43/Euratom és a 2003/122/Euratom irányelv hatályon kívül helyezéséről

[2] <http://www.unscear.org/>

[3] IAEA, Safety Reports Series No. 19 (SRS19), 2001.

Rövidítések jegyzéke

BAVKH – Baranya Vármegyei Kormányhivatal

BAVKH NF LO – Baranya Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály Laboratóriumi Osztály

BKR - Budapesti Kutatóreaktor

BM OKF – Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság

BME NTI – Budapesti Műszaki Egyetem Nukleáris Technikai Intézete

ERMAH - Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatszolgáltató Hálózat

ERMAH IK – ERMAH Információs Központ

EK KVSz – Energiatudományi Kutatóközpont Környezetvédelmi Szolgálat

HungaroMet – HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt.

IAEA - Nemzetközi Atomenergia Ügynökség

KFKI – Központi Fizikai Kutató Intézet

KHK – kibocsátási határérték kritérium

MH – Magyar Honvédség

NBIÉK – BM OKF Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központ

NNGYK – Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ

NNGYK SSFO - Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály

NÉBIH – Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal

NRHT - Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló

OAH – Országos Atomenergia Hivatal

OKSER – Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer

OSJER – Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer

OTH – Országos Tisztifőorvosi Hivatal

PA Zrt. – MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

RHFT – Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló

RHK Kft. – Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft.

TIM – Talajvédelmi Információs és Monitoring rendszer

TMH – Távmérő Hálózat

A vármegyék kódjai:

Vármegye kódja	Vármegye
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

Adatszolgáltatásban résztvevő intézmények, szakemberek

A 2024. 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

BELÜGYMINISZTERIUM - EGÉSZSÉGÜGYI ÁGAZAT (NNGYK SSFO ÉS ERMAH LABORATÓRIUMOK)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Glavatszkih Nándor

A mérésekben és adatküldésben részt vettek:

NNGYK SSFO: Osváth Szabolcs, Gyuriczáné Bacskai Bettina, Horváth Bence, Homoki Zsolt, Kövendiné Kónyi Júlia, Dr. Szarkáné Németh Ágnes, Szigeti Ágnes

Borsod-Abaúj-Zemplén Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Bagi Lajos

Budapest Főváros Kormányhivatala Népegészségügyi Főosztály: Kovács Gábor, György Beáta

Csongrád-Csanád Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Koháry György

Győr-Moson-Sopron Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Pálvölgyiné Szabó Zsuzsanna

Hajdú-Bihar Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Nagy Viktória

Tolna Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Kerekes Irén

TECHNOLÓGIAI ÉS IPARI MINISZTERIUM - OKTATÁSI ÁGAZAT

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Milecz-Mitykó Richárd, Szabados György

AGRÁRMINISZTERIUM

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Szabó Valentin

A mérésekben és adatküldésben részt vettek:

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH), Élelmiszerlánc-biztonsági

Laboratórium Igazgatóság, Radioanalitikai Referencia Laboratórium (budapesti, szekszárdi, szombathelyi, kecskeméti, kaposvári, miskolci telephely)

ENERGIAÜGYI MINISZTERIUM - KÖRNYEZETVÉDELMI ÁGAZAT

Vármegyei Kormányhivatalok Környezetvédelmi Mérőközpontjai

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Lókiné Nagy Enikő Éva

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Somfalvi Annamária, Pócza János, Demkó Csaba, Dr. Szécsényi István, Ulrich Zsolt, Jónás Adrienn

ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Zagyvai Péter

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Kocsonya András, Heffenträger-Czibely Tímea

MVM PAKSI ATOMERŐMŰ ZRT. (PA ZRT.)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Daróczi László

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Lencsés András, Rujder Péter, Végh Gábor József, Kapás Péter

RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KÖZHASZNÚ NONPROFIT KFT. (PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Turza Péter

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Turza Péter, Kirchhofer Beáta

RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KÖZHASZNÚ NONPROFIT KFT. (BÁTAAPÁTI NRHT)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Dr. Radó Krisztián

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Dr. Radó Krisztián, László Mónika

IZOTÓP INTÉZET KUTATÓ, FEJLESZTŐ, TERMELŐ ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Szőnyi-Pákai Renáta

MECSEKÉRC ZRT.

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Molnárné Róna Éva

BÁNYAVAGYON-HASZNOSÍTÓ NONPROFIT KÖZHASZNÚ KORLÁTOLT FELELŐSSÉGŰ TÁRSASÁG

Adatszolgáltatásért felelős személy: Kocsis Erika