



Országos Atomenergia Hivatal

**AZ
ORSZÁGOS KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI
ELLENŐRZŐ RENDSZER**

(OKSER)

2023. ÉVI JELENTÉSE

Budapest, 2024. 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 2023-ban	7
1.4 A lakossági sugárterhelés forrásainak ismertetése	7
2 Létesítményi kibocsátások, kibocsátási korlátok	10
2.1 Kibocsátási korlátok származtatása, korlátok az egyes létesítményekre vonatkozóan.....	10
2.2 A kiemelt létesítmények kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	11
2.2.1 A Paksi Atomerőmű kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	11
2.2.2 A Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	12
2.2.3 A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	13
2.2.4 A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	13
2.2.5 A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata.....	14
2.2.6 A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetellenőrző hálózata.....	14
3 A hatósági ellenőrzés rendszere	16
3.1 A hatósági ellenőrzést folytató szervezetek bemutatása.....	16
3.1.1 A Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály	16
3.1.2 Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal	16
3.1.3 Baranya Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály, Laboratóriumi Osztály, Népegészségügyi, Állategészségügyi és Környezetvédelmi Laboratórium Radiológiai Csoport	17
3.1.4 Egészségügyi Radiológiai Mérő- és Adatszolgáltató Hálózat.....	17
3.2 A hatósági ellenőrzés mérési módszerei.....	17
4 Országos mérési adatok értékelése.....	22
4.1 A külső gamma-dózisteljesítmény mérések eredményei.....	22
4.1.1 A Radiológiai Távmérő Hálózat adatai	22
4.1.2 Időszakos külső gamma-dózisteljesítmény mérések	28
4.2 Levegőszűrők (aeroszol) mérési eredményei	30
4.3 Kihullás (fall-out) eredmények	31
4.4 Talajminták mérési eredményei	33
4.5 Felszíni vizek monitoringja	36
4.6 Ivóvíz	38
4.6.1 Vezetékes ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz	38
4.6.2 Palackozott vizek.....	41
4.7 Növényzet	42
4.7.1 Takarmány.....	43
4.7.2 Növényi eredetű, nyers élelmiszer	46
4.7.3 Gabonafélék és az azokból készült termékek	49
4.8 Állati eredetű élelmiszerek.....	52
4.8.1 Tej, tejtermék	52
4.8.2 Hús és hústermékek aktivitás-koncentrációi	54
4.9 Vegyes élelmiszer	57
5 Létesítmények környezete.....	58
5.1 A Paksi Atomerőmű környezetében végzett mérések	58
5.1.1 Gamma-dózisteljesítmény mérések a Paksi Atomerőmű környezetében	60
5.1.2 Aeroszol aktivitás-koncentráció mérések a Paksi Atomerőmű környezetében	62
5.1.3 A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző rendszerének kihullás mérési eredményei	64
5.1.4 A Paksi Atomerőmű hideg- és melegvízcsatornájában mért aktivitás-koncentrációk.....	65
5.1.5 A Nemzeti Népegészségügyi Központ, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály mérési adatai a paksi felszíni vizekre vonatkozóan	65
5.1.6 A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei	66
5.1.7 A vízi környezetben mért aktivitás-koncentrációk a hatósági mérések alapján	67
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	72
5.1.11 Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása.....	75
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 püspökszilágyi RHFT környezetében mért aeroszol aktivitás-koncentráció adatok	82
5.3.2	A püspökszilágyi RHFT környezetében mért kihullás eredmények.....	83
5.3.3	A püspökszilágyi RHFT környezetének talajmérési eredményei.....	84
5.3.4	A püspökszilágyi RHFT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményei	86
5.3.5	A püspökszilágyi 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	95
6	Országhatáron túli hatások	97
6.1	A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért eredmények	97
6.1.1	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében mért dózisteljesítmények és aktivitás-koncentrációk	97
6.1.2	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fall-out minták mérési eredményei	99
6.1.3	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett talajminták mérési eredményei	99
6.1.4	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fűminták mérési eredményei.....	100
6.1.5	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett zöldség- és gyümölcsminták mérési eredményei.....	101
6.1.6	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett folyóvíz és iszapminták mérési eredményei 101	101
6.1.7	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett ivóvízminták mérési eredményei	102
7	Kibocsátási eredmények.....	103
7.1	A Paksi Atomerőmű kibocsátásai.....	103
7.1.1	Léggöri kibocsátás.....	104
7.1.2	Folyékony kibocsátás	107
7.1.3	Megállapítások	117
7.2	A Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló kibocsátásai	119
7.2.1	A földfelszíni telephely folyékony kibocsátás értékelése.....	119
7.2.2	A földfelszíni telephely légnemű kibocsátás értékelése	120
7.2.3	A felszín alatti térrész léggöri kibocsátásának értékelése.....	120
7.2.4	A felszín alatti térrész folyékony kibocsátásának értékelése.....	121
7.2.5	Megállapítások	121
7.2.6	A létesítmény összesített kibocsátásának értékelése	122
7.2.6.1	A telephely felszíni és felszín alatti összesített léggöri kibocsátásának értékelése.....	122
7.2.6.2	A telephely felszíni és felszín alatti összesített folyékony kibocsátásának értékelése.....	122
7.3	A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kibocsátásai.....	123
7.3.1	Üzemi épület kibocsátásainak ellenőrzése	123
7.3.2	Tárolóterület folyékony kibocsátásainak ellenőrzése	124
7.3.3	Tárolóterületi gázdifúzió ellenőrzése.....	125
7.3.4	Összesített kibocsátások.....	125
7.4	A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátásai	127
7.5	A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátásai	128
7.6	Izotóp Intézet Kft. kibocsátásai	129
7.6.1	Folyékony kibocsátások értékelése	129
7.6.2	Légnemű kibocsátások értékelése	129
7.7	A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének kibocsátásai	131
8	Létesítmények hatásának értékelése, a lakossági sugárterhelés járulécai	132
8.1	A Paksi Atomerőmű.....	132

8.1.1	A légekőri kibocsátásból származó sugárterhelés	132
8.1.2	A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés	134
8.1.3	Az atomerőművi kibocsátások összefoglaló értékelése.....	135
8.2	Egyéb kiemelt létesítmények.....	136
8.3	A lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelésének értékelése	136
Következtetések		139
Irodalom, hivatkozott jogszabályok		140
Rövidítések jegyzéke		140
Adatszolgáltatásban résztvevő intézmények, szakemberek		142

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, melynek 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 2023. évi mérési eredmények feldolgozását mutatja be.


Kádár Andrea Beatrix
az OKSER Szakbizottság elnöke

1 Bevezetés

1.1 A mérési adatok megjelenítése

Az OKSER 2023. 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 2023. évre vonatkozó mérési eredményeket több mint 100.000 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. Ezeken 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 laboratóriumként eltérő lehet.
- h) Az alkalmazott érzékeny technikák, eszközök ellenére, a mérések több mintafajtnál 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,

¹ Az összes-béta aktivitás a mintában található béta-sugárzó izotópok összes aktivitását jelenti, rendszerint a kisenergiájú 3H és ^{14}C nélkül

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

a 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 egyes tárcák mérőhálózatainak tevékenységéről, illetve egyes létesítmények környezetellenőrzéséről szóló cikkekben, jelentésekben.

1.2 Az Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer tagjai

Az OKSER tagjai 2023-ban (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. az Országos Meteorológiai Szolgálat
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. a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ
16. az Eötvös Loránd Kutatási Hálózat, 2023 szeptemberétől 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 2023-ban

A 2023 májusában bekövetkezett államigazgatási átszervezések miatt az 1.2 fejezetben ismertetett OKSER tagokat képviselő minisztériumok részben megváltoztak, mely nem érintette az OKSER tagokat képviselő szakértők személyét. A szakértők megnevezésénél megjelölt szervezet a 2023. év végén aktuális állapotot tükrözi.

1. Szeitz Anita (Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság képviseletében)
2. Dr. Pellet Sándor (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 Miniszterelnökség 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 (Országos Meteorológiai Szolgálat)
8. Dr. Zagyvai 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. Szőnyi-Pákai Renáta (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 természetes, illetve 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, belső sugárforrásról van szó.

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

A földkéregi eredetűek tekintetében ma már csak azok a radioizotópok (valamint bomlástermékeik) találhatóak meg a Földön, (a mesterségesen előállítottakat nem számítva) melyeknek felezési ideje összemérhető a Föld korával. Ezeket földkéregi vagy teresztriális 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 -tól és annak leányelemeitől származik, emiatt ez a radionuklid külön figyelmet érdemel. Az ^{238}U és bomlástermékei jelen vannak minden környezeti elemében, de változó mennyiségben. Legnagyobb aktivitás-koncentrációban a talajokban és a kőzetekben, valamint a felhasználásukkal készített építőanyagokban találhatóak 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.

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 jelentik 1,3 mSv-es értékkel. A földkéregi 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 radionuklidtól 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 terület 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. Kiegett 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, melyek potenciális veszélyforrást jelenthetnek:
 - 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 dózisos összegére vonatkozó dóziskorlát figyelembevételével kell megállapítani. A dózismegszorítás – a létesítmények jellegének megfelelően – a Paksi Atomerőmű esetében $90 \mu\text{Sv}/\text{év}$, a Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója részére $10 \mu\text{Sv}/\text{év}$, a püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló (a továbbiakban: püspökszilágyi RHFT), valamint a bátaapáti Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló (a továbbiakban: bátaapáti NRHT) részére $100 \mu\text{Sv}/\text{év}$, az Energiatudományi Kutatóközpont által üzemeltetett BKR részére $50 \mu\text{Sv}/\text{év}$, a BME NTI által üzemeltetett Oktatóreaktorra $50 \mu\text{Sv}/\text{év}$ és a bezárt uránbánya területének helyreállítására $300 \mu\text{Sv}/\text{év}$.

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, melytől 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, másrészt laboratóriumi mintavételes vizsgálatok alkotják. 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 szolgáltatató berendezések – röviden környezetellenőrző hálózat – képezik.

A környezetellenőrző hálózat érzékelői több, mint 130 különböző sugárzási- és meteorológiai paraméterről szolgáltatnak folyamatosan, 10 perces mérési időciklusokban információt, melyek jelkábelen és/vagy rádiótelefonon keresztül egy 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, melyek laboratóriumi vizsgálatok céljára folyamatos mintavételt végeznek a különböző környezeti közegekből. A környezet mintavételes ellenőrzése, a környezeti mintákban lévő radioaktív izotópok aktivitás-koncentrációjára, valamint a környezeti gamma-sugárzás dóziséra vonatkozó vizsgálat célja, hogy közvetlen mérési adatokat kapjanak az erőműből kibocsátott radioaktív izotópok által létrehozott környezetterhelésre. 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, néhányé 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 üzemű aktív mintavevői szolgáltatják (aeroszol-, jód-, illetve vízminták). A táplálékféleségek közül a normálüzemi ellenőrzés a főre, a tejure 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 Laborban dolgozzák fel és mérik meg aktivitás-koncentrációjukat. A mérési eredményekről a laboratórium vizsgálati jegyzőkönyvet heti, havi és éves jelentést készít, melyeket 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, illetve 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 szintén kettő (+egy) pont szolgál. Folyamatos dózisteljesítmény-mérés mellett aeroszol, légköri trícium és radiokarbon mintavétel, majd kiértékelés szolgálja a kibocsátás folyamatos ellenőrzését.

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 mérési, 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, melyek 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 2 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 történik, ahol 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-csőves 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-gammamérés szakaszosan, a rövid felezési idejű radon-leányelemek lebomlása után; a száraz és nedves kihullás meghatározása szakaszos mintavétellel havonta egyszer összes-bétaszámlálással (éves mintaszám 12), a talajra és a növényzetre kiülepedett, illetve a növényzet által felszívott radioaktivitás mérése évente kétszer gamma-spektrometriával, valamint a Duna vizében megjelenő radioaktivitás monitorozása összes-bétaszámlálással illetve gamma-spektrometriával kéthetente (éves mintaszám 26).

2.2.6 A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetellenőrző hálózata

A mecseki uránércbányászat termelő tevékenysége 1997-ben 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 Vármegyei Kormányhivatal Pécsi Járási Hivatal) által kiadott 91719/2023. számú környezetvédelmi működési engedély alapján történik.

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

A helyreállított üzemi területek, az I., II. és III. bányauzem 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 ²²²Rn koncentráció, talajfelszín ²²²Rn exhaláció). A felmérést talaj- és növényminták begyűjtése és gamma-spektrometriai elemzése egészíti ki.

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

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

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

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

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 dozimetria 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 7 telephelyen működik, melyek 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 illetékességű 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 mintavételezésében 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.

Az ERMAH feladatkörében a környezeti sugárvédelmi ellenőrzés keretében mintát vételez, valamint helyszíni és laboratóriumi méréseket folytat le. Adatokat továbbít a külön jogszabály alapján működő OKSER részére, illetve meghatározza a lakosság természetes és mesterséges forrásokból származó sugárterhelését.

Az ERMAH feladatait a vármegyei kormányhivatalok környezeti sugáregészségügyi laboratóriumai, továbbá az NNGYK szervezeti keretében működő ERMAH Információs Központ (a továbbiakban: ERMAH IK) útján látja el.

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 m³/h teljesítményű, kb. 3000 m³/nap) mintavevővel heti mintákat vesznek, és a szűrők gamma-spektrometriai elemzését végzik el, míg a kis légforgalmú (2-4 m³/h, kb. 50-80 m³/nap) mintavevőkkel vett napi minták esetében az összes-béta aktivitást határozzák meg. (Ez utóbbiak esetén a 72 órás pihentetés utáni eredmények veendők 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 μBq/m³ (20-30 ezer m³ átszívott levegőből, félvezető detektoros gamma-spektrométerrel mérve a ¹³⁷Cs aktivitást); illetve 0,5-2,5 mBq/m³

(50-300 m³ átszívott levegőből, összes-béta aktivitás mérésével). Az összes-béta aktivitás mérése a legtöbb laboratóriumban pasztik szcintillációs mérőfejjel ellátott detektorokkal történik, melyek 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, mely szintén alkalmasak a kb. 50 keV feletti energiájú elektronok detektálására.

- A NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratórium budapesti telephelyén hetente végeznek szűrőcserét, az átszívott levegő kb. 30000 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 ¹³⁷Cs 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, homogenizálják. A mérések az összes-béta aktivitás, a gamma-sugárzó radionuklidok és a ⁹⁰Sr meghatározását jelentik. A ⁹⁰Sr 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 ¹³⁷Cs 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 felső 5 cm-es szeletből és a mezőgazdasági talajok 0-30 cm-es rétegéből - kémiai elválasztás után - ⁹⁰Sr aktivitás-koncentráció is meghatározásra kerül. Jellemző kimutatási határok: ¹³⁷Cs: 0,3 - 0,5 Bq/kg; ⁹⁰Sr: 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 literrel 150 ml-re), az összes-béta aktivitásmérés esetén bepárlást és 420 °C-on történő hamvasztást, a trícium aktivitásának mérése esetén desztillálást, ^{90}Sr -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. 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 szcintillációs 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 (^{90}Sr).
- 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 ^{210}Po izotópot is mérik. Jellemző kimutatási határok; ^{137}Cs : 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 minta 450 °C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), takarmánykeverékek, premixek esetén eredeti anyagból 450 cm³-ből, Marinelli edényben 80000 s mérési idővel; az összes-béta és összesalfa 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 ^{90}Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák. Jellemző kimutatási határok: ^{137}Cs : 0,03 - 2,3 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,05 - 1,1 Bq/kg.
- Az ERMAH laboratóriumok negyedévente, megyénként 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 ^{137}Cs 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- α szűrővizsgálat (ezek a jelentésben nem szerepelnek). Leveles zöldségfélékből, vadon termő ehető gombákból, illetve a gyökérezöldségekből - kémiai elválasztás után - a ⁹⁰Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák. Jellemző kimutatási határok: ¹³⁷Cs: 0,01 - 0,89 Bq/kg; ⁹⁰Sr: 0,03 - 0,12 Bq/kg. A vizsgálati programban szerepel az EU más tagországaiból vagy harmadik országból származó zöldségek, gyümölcsök, fűszerek, szárított gombák, aszalt gyümölcsök ¹³⁷Cs 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 zöldségfajtát, 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 zöldségek, gyümölcsök összes-béta aktivitását a korábban említett szcintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére alkalmasak. A ¹³⁷Cs 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 élelmiszercsoportban 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 történik az összes- α szűrővizsgálat, melyek a jelentésben nem szerepelnek. Kémiai elválasztás után a ⁹⁰Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák. Ezeket a vizsgálatokat, lehetőség szerint minden mintából elvégzik. Jellemző kimutatási határok: ¹³⁷Cs: 0,02 - 0,9 Bq/kg; ⁹⁰Sr: 0,03 - 0,5 Bq/kg. Az NÉBIH vizsgálati programjában szerepel a kenyérfélék, péksütemények ¹³⁷Cs 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 zöldség és gyümölcs minták esetében. A ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,2 Bq/kg.

I. Tej, tejtermék:

- A NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában tej, sajt, illetve tejpör minták szerepelnek. A tej mintavétel a monitoring tervben előírtak szerint negyedévente

megyénként 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 az összes α -aktivitás mérése, illetve a ⁹⁰Sr radiokémiai elválasztása. Ezeket a vizsgálatokat minden mintából elvégzik. Jellemző kimutatási határok: ¹³⁷Cs: 0,01 - 1,5 Bq/kg; ⁹⁰Sr: 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 ⁹⁰Sr 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 ¹³⁷Cs 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-jéből (kb. 200-250 g), 80000 s mérési idővel végzik a laboratóriumok. Jellemző kimutatási határok: ¹³⁷Cs: 0,05 - 1,7 Bq/kg. A NÉBIH monitoring programjában szerepel a húskészítmények, tengeri hal és tengeri puhatestűek ¹³⁷Cs 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 (¹³⁷Cs).

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 ⁹⁰Sr 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 (⁹⁰Sr és ¹³⁷Cs 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 2023. 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
- Országos Meteorológiai Szolgálat (a továbbiakban: OMSZ) – 26 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 átadásra kerülnek az OKSER adatbázisa számára, valamint a sugárzási adatok felhasználásával készített országos sugárzási helyzetjelentés havi rendszerességgel megküldésre kerül az ONER ágazatok vezetőinek.

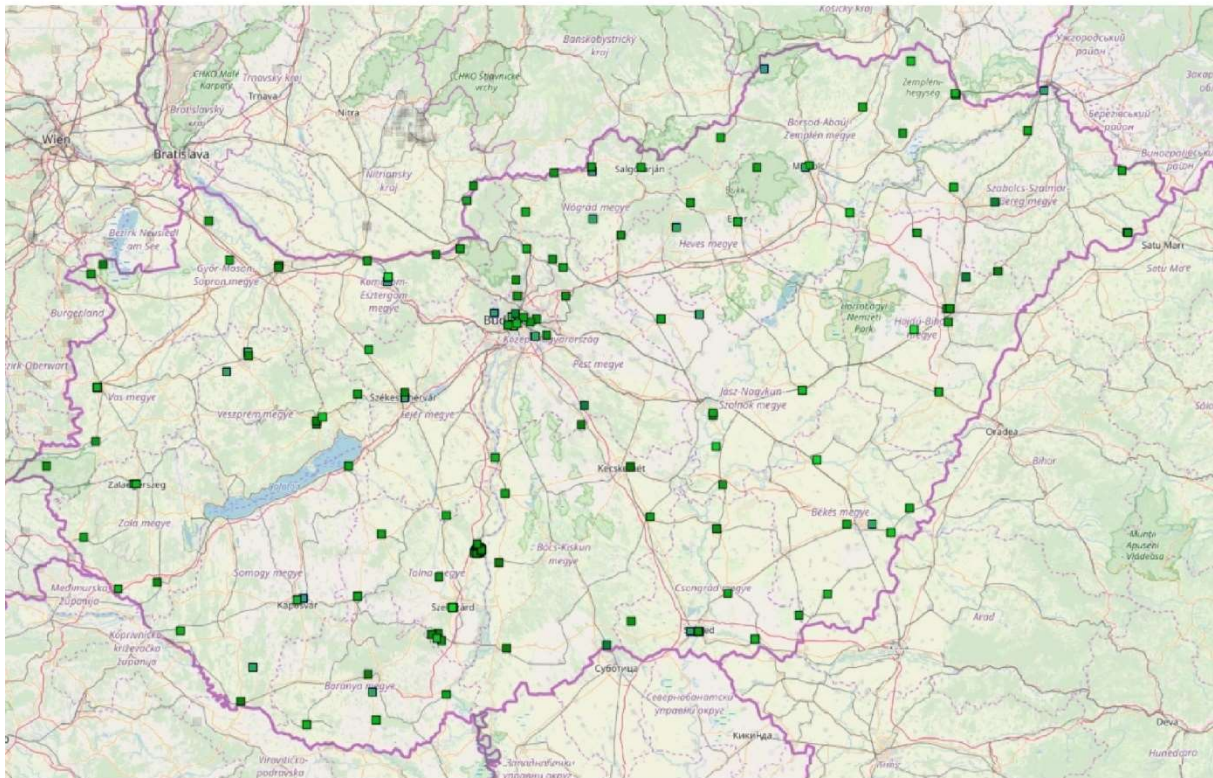
Alaphelyzetben a BM OKF, az Oktatási Ágazat, a PA Zrt. és az RHK Kft. adatai 10 percenként, az OMSZ 10 perces adatai óránként, az MH adatai pedig 3 óránként érkeznek az NBIÉK-be. Normál időszakban az adatok éves rendszerességgel kerülnek át az OKSER adatbázisba. A rendszerben a riasztási szint minden 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 Adatsere Platform) honlapon 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. Látható, hogy a területi eloszlás nem egyenletes, 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, melynek 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 megnöveli a dózisteljesítményt.

4-1. táblázat
Országos dózisteljesítmény eredmények napi átlagainak jellemzői 2023-ban
(N az üzemelő napok számát jelöli)

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		(nSv/h)	(nSv/h)	(nSv/h)	(nSv/h)	
HU0101	Rétság	115	103	133	7	365
HU0104	Ózd	100	87	122	9	365
HU0109	Szekszárd	101	93	125	7	365
HU0118	Veszprém	116	101	134	6	365
HU0120	Budapest XIV. OKF	97	85	114	5	360
HU0124	Salgótarján	105	81	131	15	354
HU0130	Gyomaendrőd	113	95	134	8	363
HU0131	Vajta	103	91	115	5	365
HU0132	Budapest - Ferihegy	98	90	116	4	365
HU0133	Komárom	103	89	126	10	365
HU0134	Szombathely	110	93	133	8	350
HU0135	Solt	96	80	113	8	365
HU0136	Zalaegerszeg	108	100	129	5	365
HU0137	Kisújszállás	114	101	128	7	358
HU0138	Berettyóújfalu	104	52	132	6	346
HU0139	Hajdúszoboszló	107	99	120	4	365
HU0140	Gyula	121	109	143	8	356
HU0141	Mezőkovácsháza	127	114	141	6	365
HU0142	Kiskunfélegyháza	96	78	107	4	365
HU0143	Vámosmikola	105	97	126	5	362
HU0144	Mór	117	108	127	4	365
HU0145	Siófok	97	90	110	3	365
HU0146	Dombóvár	102	87	128	9	365
HU0147	Letenye	117	104	133	8	365
HU0148	Lenti	114	98	132	7	363
HU0149	Tiszaújváros	114	104	129	4	361
HU0150	Balassagyarmat	109	86	118	8	365
HU0151	Barcs	91	75	110	10	365
HU0152	Csenger	100	82	124	11	364
HU0153	Csurgó	112	99	129	8	365
HU0154	Dunaújváros	116	105	130	3	365
HU0155	Eger	106	93	119	5	362
HU0156	Encs	108	92	131	12	365
HU0157	Esztergom	118	93	129	9	365
HU0158	Hajdúnánás	92	82	118	6	365
HU0159	Jászberény	101	88	112	5	364
HU0160	Kalocsa	100	70	113	9	353
HU0161	Kisnémedi	101	78	116	8	363
HU0162	Kisvárd	102	89	113	5	364
HU0163	Körmend	112	91	124	8	365
HU0164	Kunszentmárton	105	84	117	8	365
HU0165	Lébény	96	82	117	8	365
HU0166	Makó	108	92	120	6	365
HU0167	Mohács	112	83	136	11	351
HU0168	Nyíradony	85	77	99	4	365

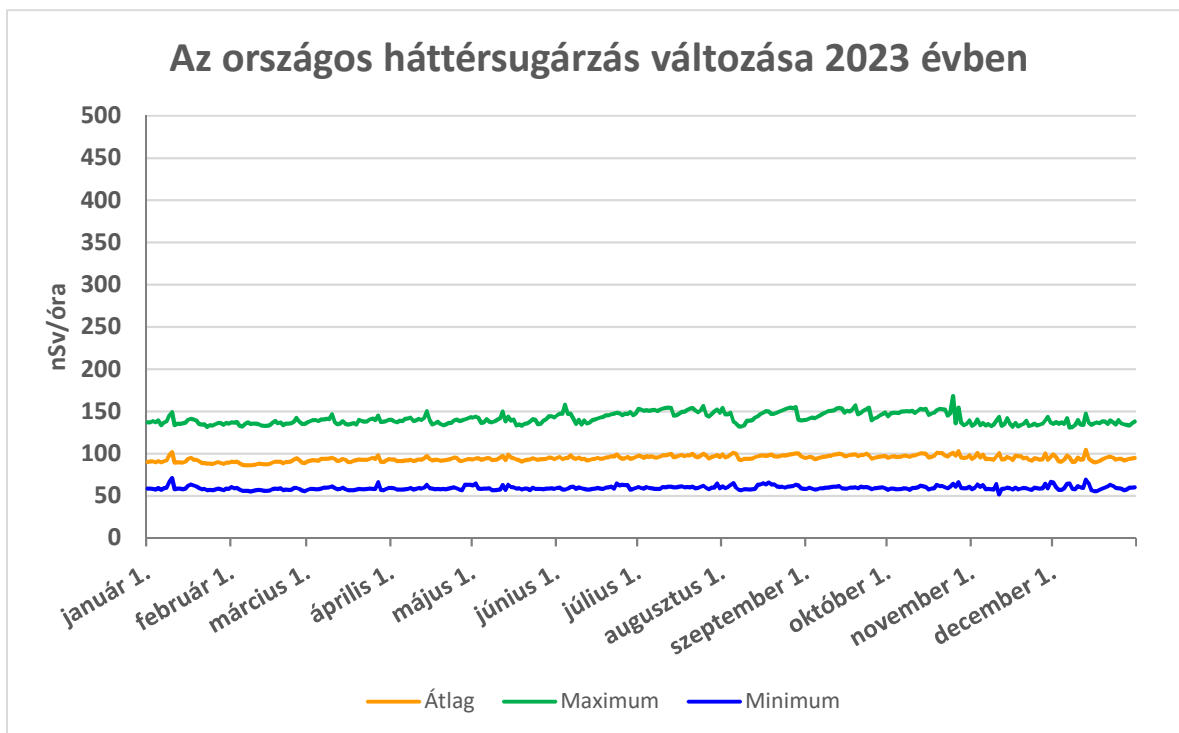
Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		(nSv/h)	(nSv/h)	(nSv/h)	(nSv/h)	
HU0169	Paks	99	82	112	6	365
HU0170	Ruzsa	91	81	106	6	365
HU0171	Sarkad	110	97	127	9	365
HU0172	Sátoraljaújhely	110	98	133	7	365
HU0173	Sellye	114	100	130	7	365
HU0174	Szatmárcseke	103	87	118	8	357
HU0175	Szécsény	111	100	121	5	365
HU0176	Tamási	122	87	146	18	365
HU0177	Tiszaöldvár	128	108	136	6	365
HU0178	Vác	114	98	127	5	365
HU0179	Väckisújfalu	117	91	128	9	365
HU0201	Bátaapáti - Zsibrik halastó	88	82	107	3	359
HU0202	Bátaapáti - Mórággy	104	95	144	4	363
HU0203	Bátaapáti - Rozsdás útelágazás	79	70	103	4	361
HU0204	Bátaapáti - Vadászház	134	127	149	3	363
HU0211	Budapest BME	85	64	107	7	364
HU0212	Budapest ELTE	59	55	71	2	345
HU0213	Budapest SOTE	114	112	119	1	352
HU0214	Debrecen	92	87	106	2	356
HU0215	Gödöllő	93	90	104	2	360
HU0217	Pécs	84	82	90	1	308
HU0218	Sopron	94	91	112	2	363
HU0219	Szeged1 - Szilárdtest és Radiokémia Tanszék	99	97	103	1	353
HU0220	Szeged2 - Orvostudományi Kar	94	91	99	1	204
HU0223	Szombathely	79	73	90	3	337
HU0301	Siklós	107	93	135	6	178
HU0302	Székesfehérvár	82	78	99	2	285
HU0303	Veszprém	80	76	90	2	296
HU0304	Tata	143	130	168	7	291
HU0305	Győr	79	76	91	2	293
HU0307	Várpalota	93	87	116	4	290
HU0310	Debrecen	83	77	95	2	294
HU0311	Táborfalva	81	68	158	7	186
HU0312	Hódmezővásárhely	96	92	109	3	166
HU0313	Szentendre	89	83	108	4	190
HU0316	Kaposvár	119	114	134	4	157
HU0322	Medina	96	90	109	3	298
HU0326	Jobbágyi	87	74	101	4	180
HU0328	Kecskemét	76	68	123	6	152
HU0329	Szentes	84	78	91	2	298
HU0330	Budapest X.ker. (HTEK VVR)	92	83	111	4	201
HU0331	Budapest XIII. ker. (HM II)	74	71	85	2	123
HU0332	Zalaegerszeg	99	94	108	3	290
HU0333	Miskolc	96	92	107	2	296
HU0335	Békéscsaba	96	87	106	3	304

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		(nSv/h)	(nSv/h)	(nSv/h)	(nSv/h)	
HU0337	Pápa	86	80	106	4	263
HU0338	Szekszárd	134	129	151	3	177
HU0339	Budapest XI. ker. (Órezred)	92	88	112	3	194
HU0344	Budapest V. ker. HM I	82	78	93	3	179
HU0346	Budakeszi	96	86	122	5	177
HU0348	Pusztavacs	69	63	87	3	197
HU0349	Budapest XV. ker. HTEK (MH LEK 2. RB)	86	81	104	4	175
HU0350	Budapest II. ker. THHE	85	73	105	4	190
HU0351	Recsk	91	85	121	3	282
HU0355	Szolnok Repülőtér	99	93	148	6	167
HU0356	Hajdúhadház	74	69	85	2	299
HU0357	Pápa Repülőtér	89	78	109	4	299
HU0358	Szolnok Repülőtér 2	90	83	107	4	194
HU0359	Nyírtelek	104	97	116	3	198
HU0387	Erdőbénye	87	77	108	5	197
HU0388	Telkibánya	111	95	128	6	118
HU0389	Buják	82	73	105	5	202
HU0391	Bánkút	96	87	108	5	29
HU0400	Mosonmagyaróvár	97	89	109	4	220
HU0401	Nyíregyháza Napkor	73	68	90	3	250
HU0402	Sopron	78	71	100	4	269
HU0403	Baja	80	76	96	3	364
HU0404	Békéscsaba	74	69	88	3	363
HU0405	Kékestető	88	71	116	6	364
HU0406	Budapest XVIII. ker. (Lőrinc)	84	79	136	4	364
HU0407	Győr	81	74	96	3	269
HU0408	Szentgotthárd Farkasfa	93	85	103	4	115
HU0409	Szeged	74	69	82	3	364
HU0410	Debrecen	90	81	112	5	220
HU0411	Miskolc	76	71	89	2	364
HU0413	Jósvafő	76	71	92	3	364
HU0414	Szécsény	90	62	109	9	203
HU0415	Tát	89	78	109	4	364
HU0416	Tata	64	61	86	3	364
HU0417	Záhony	76	66	94	5	360
HU0418	Nagykanizsa	92	85	120	4	246
HU0419	Homokszentgyörgy	83	75	105	4	351
HU0420	Jászapáti	86	80	100	3	246
HU0421	Kelebia	73	69	88	3	194
HU0424	Pitvaros	95	88	106	4	364
HU0425	Sátoraljaújhely	95	85	111	4	364
HU0429	Csenger	98	87	120	5	364
HU0500	Paks A1	73	68	95	3	362
HU0501	Paks A2	71	66	93	3	362
HU0502	Paks A3	77	72	94	2	355
HU0503	Paks A4	74	69	93	3	362
HU0504	Paks A5	73	67	89	3	362
HU0505	Paks A6	71	67	92	3	363

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		(nSv/h)	(nSv/h)	(nSv/h)	(nSv/h)	
HU0506	Paks A7	70	57	85	3	362
HU0507	Paks A8	79	73	98	3	363
HU0508	Paks A9	72	68	86	2	362
HU0509	Paks G1	70	66	92	3	362
HU0510	Paks G2	68	64	84	3	363
HU0511	Paks G3	71	67	89	3	363
HU0512	Paks G4	75	70	95	3	363
HU0513	Paks G5	66	62	81	2	363
HU0514	Paks G6	70	65	87	3	362
HU0515	Paks G7	80	75	96	3	363
HU0516	Paks G8	81	75	98	3	363
HU0517	Paks G9	84	77	106	3	357
HU0518	Paks G10	69	65	88	3	363
HU0519	Paks G11	70	65	92	3	362

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

A 4-2. ábrán a napi dózisteljesítmények országos átlagának, illetve az adott napon mért minimum és maximum értékeknek 2023. évi változása látható. A napi dózisteljesítmény országos éves átlaga 94 nSv/h volt, ami lényegében megegyezik a 2022. évi értékkel. Az egyes mérőállomásokon mért napi átlagok 52 - 168 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. 2023. november 15-én a Baranya vármegyei Sellye településen található, a BM OKF üzemeltetésében álló RTH állomáson mért érték kis mértékben meghaladta a figyelmeztetési szintet, azonban nem érte el a riasztási szintet. A Baranya vármegyei katasztrófavédelmi mobil labor, valamint a vármegyei iparbiztonsági főfelügyelő az eseményt körültekintően kivizsgálta, melynek eredményeképpen megállapították, hogy a mérőállomás közelében egy cég megfelelő engedélyek birtokában csővezeték építéshez kapcsolódó izotópos varratvizsgálatot végzett, ami a mérőállomás környezetében a dózisteljesítmény kis mértékű, pillanatnyi emelkedését okozta. Az esemény a lakosságra veszélyt nem jelentett, lakosságvédelmi intézkedés nem vált szükségessé.



4-2. ábra

A napi dózisteljesítmények országos átlagának, maximális és minimális értékeinek változása 2023-ban

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-dózisegyenérték teljesítményben (Hx-ben) vannak megadva. A $H^*(10)$ és a Hx között átváltáshoz az 1,07 faktor volt alkalmazva az ISO 4037-4 szabvány alapján. Az ERMAH laboratóriumok mérési eredményei megfeleltethetőek 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	87	63	174	21	289
Debrecen	140	100	170	15	50
Győr	104	90	121	6	49
Miskolc	132	114	161	12	42
Szeged	90	59	115	11	50
Szekszárd	115	101	132	6	51

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.

2023-ban 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 2023-ban végzett dózisteljesítmény mérések heti átlagai

Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)	Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)	Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)	Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)
1	-	-	14	83	79 - 85	27	88	84 - 93	40	85	83 - 87
2	81	72 - 111	15	82	81 - 83	28	90	82 - 103	41	85	81 - 89
3	73	71 - 79	16	81	80 - 83	29	88	86 - 90	42	89	86 - 93
4	72	71 - 72	17	84	79 - 95	30	86	79 - 91	43	87	76 - 113
5	73	71 - 74	18	82	79 - 84	31	90	86 - 93	44	87	81 - 93
6	71	67 - 76	19	86	83 - 92	32	82	79 - 86	45	80	77 - 85
7	81	78 - 82	20	81	78 - 85	33	83	77 - 90	46	83	77 - 92
8	83	79 - 88	21	82	80 - 83	34	85	82 - 88	47	80	74 - 84
9	82	79 - 89	22	84	82 - 86	35	82	72 - 87	48	90	81 - 100
10	86	84 - 89	23	86	81 - 89	36	83	81 - 86	49	84	77 - 90
11	84	82 - 86	24	86	83 - 90	37	86	82 - 87	50	84	81 - 90
12	83	80 - 85	25	88	86 - 89	38	89	83 - 92	51	86	84 - 87
13	84	80 - 88	26	87	85 - 89	39	86	85 - 88	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 mérik 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 2023-ban végzett dózisteljesítmény mérései

Vármegye	Átlag, (nSv/h)	Minimum, (nSv/h)	Maximum, (nSv/h)	N
BA	82	55	111	10
BE	91	84	99	10
BK	70	43	95	40
BP	71	61	81	46
BZ	90	49	131	44
CS	70	46	94	10
FE	70	56	89	12
GY	89	73	119	10
HA	62	47	94	24
HE	86	76	98	8
JA	85	68	99	9
KO	74	68	81	9
NO	83	61	98	9
PE	89	57	103	36
SZ	72	56	101	23
TO	83	58	130	41
VA	79	54	100	29
VE	80	63	100	11

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.

Országosnak mondható kiépítettséget az ERMAH laboratóriumai jelentenek. Emellett – mint létesítmény független mérési pont – a NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratóriumának budapesti telephelyén működik egy nagy teljesítményű aeroszol mintavevő. Az ERMAH laboratóriumok közül 2023-ban 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 veendőek figyelembe.)

Az ERMAH 2023-ban 975 aeroszol mintát vett. A NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratóriuma 2023-ban 52 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 ¹³⁷Cs koncentrációi a kimutatási határ (Kh) felett is megjelentek, a 0,0058 mBq/m³-es értékig. Az aeroszolban mérhető természetes eredetű ⁷Be radionuklid koncentrációjának szokásos értéktartománya 1,1-17 mBq/m³ közötti. Az aeroszol-szűrők legalább 72 órás pihentetés után mért összes-béta aktivitásai jellemzően 0,046 - 37 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 2023-ban (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	6,0	0,66	15	3,5	101	0
Be-7	BZ	5,7	1,5	8,6	1,7	18	0
Be-7	GY	3,6	0,63	18	2,7	43	3
Be-7	TO	4,3	0,96	18	2,7	48	0
Cs-137	BP	-	0,00049	0,0032	-	101	92
Cs-137	BZ	0,0021	0,0016	0,0027	0,00030	18	0
Cs-137	GY	-	0,0039	0,0058	-	44	41
Cs-137	TO	-	-	-	-	48	48
Összes-béta	BK	0,49	0,099	1,1	0,27	36	3
Összes-béta	BP	0,94	0,73	4,1	0,46	320	97
Összes-béta	CS	5,1	0,53	37	4,8	49	0
Összes-béta	HA	0,49	0,20	10	1,4	47	0
Összes-béta	TO	1,2	0,046	4,9	0,81	346	86
Be-7	Összesen	5,1	0,63	18	-	210	3
Cs-137	Összesen	0,0015	0,00049	0,0058	-	211	181
Összes-béta	Összesen	1,3	0,046	37	-	798	186

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 kiterjedésűnek mondható 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).

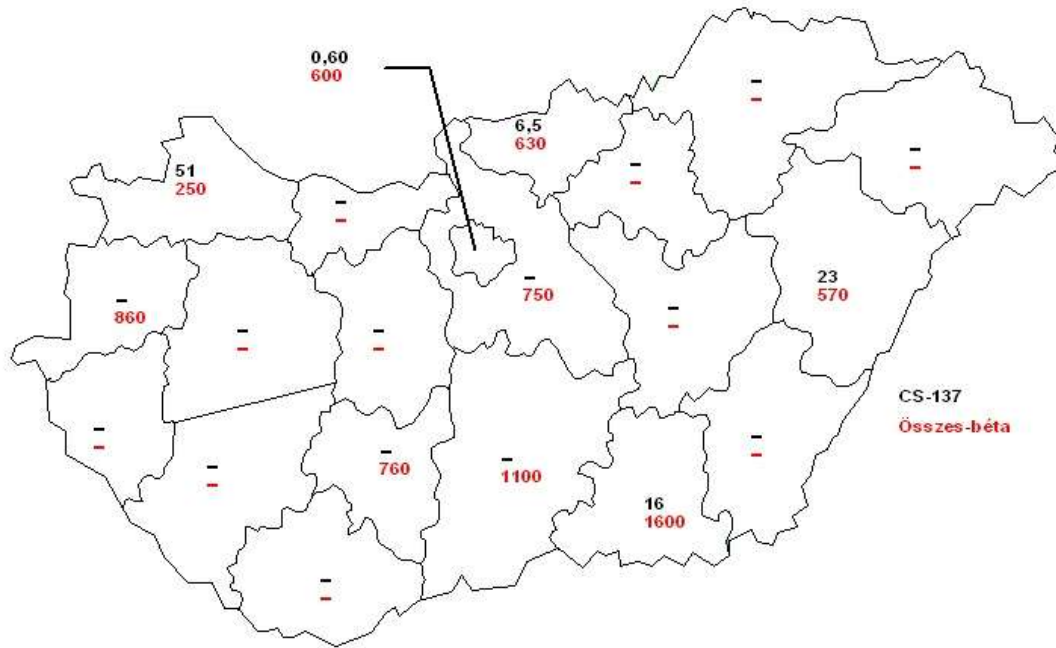
Az ERMAH laboratóriumok kihullásra vonatkozó mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az országos tisztifőorvos által kiadott éves munkaterv írja elő. Az ERMAH programja keretében 2023-ban 188 fall-out mintát vett. 2023-ban a NÉBIH laboratóriumai 39 fall-out mintát vettek.

A 2023-ban, 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 2022. évivel. A ¹³⁷Cs aktivitása a minták 90%-ában kimutatási határ alatti volt.

4-6. táblázat
Kihullás mérési eredmények országos, éves jellemzői 2023-ban (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Váregye	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	3800	510	26000	7000	12	0
Be-7	BP	670	82	2400	650	17	1
Be-7	HA	2200	680	6000	1400	12	0
Be-7	NO	-	440	5500	-	8	0
Be-7	PE	-	460	1800	-	4	0
Be-7	TO	2400	330	16000	2900	60	0
Be-7	VA	2500	350	6200	2000	12	0
Cs-137	BK	-	-	-	-	12	12
Cs-137	BP	-	0,50	0,60	-	17	15
Cs-137	CS	-	0,33	16	-	9	2
Cs-137	GY	-	-	51	-	9	8
Cs-137	HA	8,1	5,8	23	4,7	12	0
Cs-137	NO	-	-	6,5	-	8	7
Cs-137	PE	-	-	-	-	4	4
Cs-137	TO	-	-	-	-	60	60
Cs-137	VA	-	-	-	-	12	12
Összes-béta	BK	410	53	1100	270	11	0
Összes-béta	BP	190	18	600	140	25	0
Összes-béta	CS	-	160	1600	-	10	1
Összes-béta	GY	75	1,0	250	70	46	0
Összes-béta	HA	290	94	570	170	12	0
Összes-béta	NO	-	170	630	-	8	0
Összes-béta	PE	-	300	750	-	4	0

Radionuklid	Váregye	Átlag (mBq/m ² /nap)	Minimum (mBq/m ² /nap)	Maximum (mBq/m ² /nap)	Szórás (mBq/m ² /nap)	N	Kha
Összes-béta	TO	330	17	760	180	56	0
Összes-béta	VA	390	190	860	210	12	0
Be-7	Összesen	2200	82	26000	-	125	1
Cs-137	Összesen	4,1	0,33	51	-	143	120
Összes-béta	Összesen	260	1,0	1600	-	184	1



4-3. ábra

Kihullás éves maximumainak országos eloszlása 2023-ban
(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. 2023-ban 19 vármegye és Budapest területéről, 134 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 2023-ban összesen 243 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.

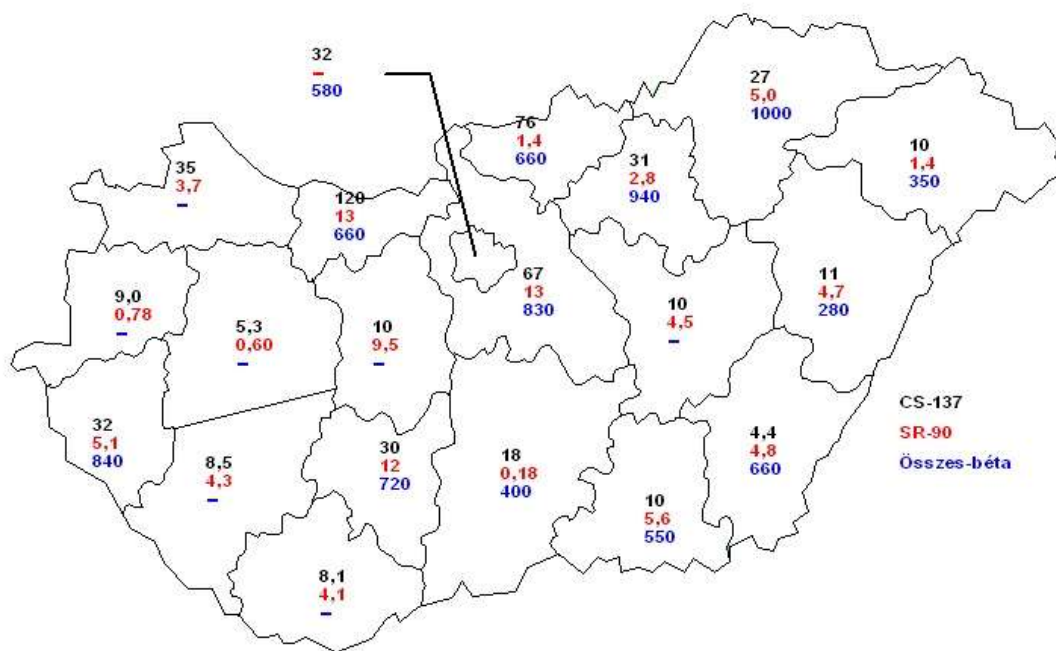
A csernobili kihullásból és a légköri atomfegyver kísérletekből származó ^{137}Cs izotóp aktivitás-koncentrációja még mindig jól mérhető. A vármegyénként mért értékek átlagai a 2022. évihez hasonlóak voltak, értéktartománya 3,0-17 Bq/kg, az egyedi eredmények maximuma a 120 Bq/kg volt, mely alacsonyabb a tavalyi értéknél. A ^{90}Sr izotóp koncentrációinak értékei ennél kisebbek, 0,18 - 13 Bq/kg közöttiek voltak. Az összes-béta aktivitás-koncentrációk nagyobbak (260 - 1000 Bq/kg), azonban ez az aktivitás túlnyomórészt a természetes ^{40}K izotóptól származik.

A talaj ^{137}Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 8,1 Bq/kg, a ^{90}Sr izotópé ennél kisebb, 2,8 Bq/kg, a döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig 560 Bq/kg volt 2023-ban. Ezek az eredmények nem térnek el lényegesen, a 2022. 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	-	1,1	8,1	-	7	1
Cs-137	BE	3,0	1,6	4,4	0,81	11	0
Cs-137	BK	4,5	0,70	18	4,1	43	11
Cs-137	BP	-	4,0	32	-	8	0
Cs-137	BZ	9,6	3,0	27	8,6	10	0
Cs-137	CS	4,2	1,9	10	2,3	10	0
Cs-137	FE	-	2,3	10	-	5	0
Cs-137	GY	17	4,7	35	7,3	32	0
Cs-137	HA	5,5	1,9	11	2,8	11	0
Cs-137	HE	-	3,6	31	-	8	0
Cs-137	JA	-	3,2	10	-	10	1
Cs-137	KO	15	0,83	120	29	15	1
Cs-137	NO	15	4,0	76	21	11	0
Cs-137	PE	11	1,6	67	15	23	0
Cs-137	SO	-	2,3	8,5	-	5	0
Cs-137	SZ	4,9	2,0	10	2,8	11	0

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	TO	6,0	0,30	30	6,7	113	25
Cs-137	VA	-	4,1	9,0	-	5	0
Cs-137	VE	-	2,3	5,3	-	5	1
Cs-137	ZA	12	2,3	32	10	10	0
Sr-90	BA	-	-	4,1	-	1	0
Sr-90	BE	-	3,5	4,8	-	5	1
Sr-90	BK	-	-	0,18	-	3	2
Sr-90	BZ	-	0,51	5,0	-	8	1
Sr-90	CS	-	3,5	5,6	-	6	1
Sr-90	FE	-	-	9,5	-	1	0
Sr-90	GY	-	0,74	3,7	-	3	0
Sr-90	HA	-	0,52	4,7	-	6	0
Sr-90	HE	-	0,66	2,8	-	7	0
Sr-90	JA	-	2,7	4,5	-	6	1
Sr-90	KO	-	0,46	13	-	6	0
Sr-90	NO	-	0,84	1,4	-	8	0
Sr-90	PE	2,3	0,61	13	3,3	13	1
Sr-90	SO	-	-	4,3	-	1	0
Sr-90	SZ	-	0,34	1,4	-	7	3
Sr-90	TO	-	0,20	12	-	8	4
Sr-90	VA	-	-	0,78	-	1	0
Sr-90	VE	-	-	0,60	-	1	0
Sr-90	ZA	-	1,8	5,1	-	4	0
Összes-béta	BE	-	530	660	-	4	0
Összes-béta	BK	-	260	400	-	8	0
Összes-béta	BP	-	390	580	-	6	0
Összes-béta	BZ	-	750	1000	-	4	0
Összes-béta	CS	-	500	550	-	3	0
Összes-béta	HA	-	260	280	-	2	0
Összes-béta	HE	-	920	940	-	2	0
Összes-béta	KO	-	340	660	-	6	0
Összes-béta	NO	-	400	660	-	4	1
Összes-béta	PE	590	400	830	130	13	0
Összes-béta	SZ	-	340	350	-	2	0
Összes-béta	TO	-	610	720	-	3	0
Összes-béta	ZA	-	760	840	-	2	0
Cs-137	Összesen	8,1	0,30	120	-	353	40
Sr-90	Összesen	2,8	0,18	13	-	95	14
Összes-béta	Összesen	560	260	1000	-	59	1



4-4. ábra

Talajmérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása 2023-ban
(ERMAH és NÉBIH, Bq/kg mértékegységben)

Megjegyzés: A "-" jelzi, hogy a méréstől 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 vízi 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). Fenti laboratóriumok 2023-ban mérési programjaik keretében 306 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 2023-ban összesen 448 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. 2023-ban 6 ilyen mérést végeztek.

A 2023. évben kapott mérési eredményeket a 4-8. táblázat foglalja össze. A Dunában található mesterséges – csernobili eredetű – radionuklidok koncentrációja alacsony, általában 0,1 - 51 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	Horgásztó	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Kapos	-	-	3,9	-	14	13

Radionuklid	Víz neve	Átlag (mBq/l)	Minimum (mBq/l)	Maximum (mBq/l)	Szórás (mBq/l)	N	Kha
Cs-137	Keleti Főcsatorna	-	-	12	-	1	0
Cs-137	Kondor tó	-	-	-	-	3	3
Cs-137	Laskóvölgyi víztározó	-	0,75	10	-	2	0
Cs-137	Maros	-	10	48	-	7	2
Cs-137	Orfűi tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Pécsi-víz	-	-	-	-	12	12
Cs-137	Rába	-	-	-	-	5	5
Cs-137	Sárvár tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Séd patak	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Szelidi tó	-	-	-	-	6	6
Cs-137	Szinva folyó	-	9,7	20	-	2	0
Cs-137	Tisza	-	0,10	51	-	4	0
Cs-137	Zala	-	-	-	-	2	2
H-3	Börzsöny patak	-	-	4400	-	2	1
H-3	Duna	2300	900	7300	1300	137	96
H-3	Horgásztó	-	-	-	-	2	2
H-3	Kemence patak	-	-	3000	-	2	1
H-3	Letkés patak	-	-	5400	-	2	1
H-3	Szelidi tó	-	2000	5600	-	12	6
SR-90	Duna	-	-	-	-	15	15
Összes-béta	Balaton	370	80	480	100	28	0
Összes-béta	Bátaapáti patak	-	130	360	-	9	0
Összes-béta	Berettyó	-	-	170	-	1	0
Összes-béta	Bódva	190	110	400	92	12	0
Összes-béta	Börzsöny patak	-	120	170	-	2	0
Összes-béta	Cseke tó	-	110	160	-	4	0
Összes-béta	Deseda tó	-	160	190	-	3	0
Összes-béta	Dráva	150	95	350	77	12	0
Összes-béta	Duna	130	10	940	98	199	3
Összes-béta	Fehér Körös	-	93	280	-	5	0
Összes-béta	Fehér tó	-	110	250	-	2	0
Összes-béta	Fertő tó	-	270	830	-	4	0
Összes-béta	Halas-tó	-	50	160	-	5	0
Összes-béta	Hármas Körös	-	90	140	-	6	0
Összes-béta	Hármas-Körös	-	100	280	-	12	3
Összes-béta	Hernád	220	110	620	140	12	0
Összes-béta	Holt Duna-ág	-	200	260	-	9	0
Összes-béta	Holt tisza	-	-	290	-	1	0
Összes-béta	Horgásztó	-	150	150	-	3	0
Összes-béta	Horgász-tó	-	74	140	-	2	0
Összes-béta	Kapos	380	180	1000	200	21	0
Összes-béta	Keleti Főcsatorna	-	100	280	-	8	0
Összes-béta	Kemence patak	-	78	110	-	2	0
Összes-béta	Kondor tó	-	140	220	-	9	0
Összes-béta	Kőér patak	-	170	450	-	2	0
Összes-béta	Körös/Fehér-körös	-	60	86	-	5	0
Összes-béta	Lajta	55	10	100	30	11	0
Összes-béta	Lapincs	95	20	200	45	11	0
Összes-béta	Letkés patak	-	230	250	-	2	0
Összes-béta	Maros	220	100	500	100	22	1

Radionuklid	Víz neve	Átlag (mBq/l)	Minimum (mBq/l)	Maximum (mBq/l)	Szórás (mBq/l)	N	Kha
Összes-béta	Nádor-csatorna	420	340	490	42	12	0
Összes-béta	Orfűi tó	-	110	150	-	3	0
Összes-béta	Pinka	95	20	240	80	11	0
Összes-béta	Rába	90	20	210	46	35	0
Összes-béta	Sajó	160	100	250	39	12	0
Összes-béta	Sárvár tó	-	30	210	-	4	0
Összes-béta	Séd patak	70	30	150	36	12	0
Összes-béta	Sió	450	390	510	41	12	0
Összes-béta	Szelidi tó	180	19	280	60	22	0
Összes-béta	Tisza	140	89	270	34	58	4
Összes-béta	Vártó	-	100	150	-	4	0
Összes-béta	Velencei-tó	1800	1500	2300	300	10	0
Összes-béta	Zala	-	40	140	-	9	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 vármegyénkénti 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 2023-ban összesen 442 vízminta vizsgálatát végezték el.

A NÉBIH laboratóriumai is végeznek ivóvíz – elsősorban élelmiszer előállításához használt saját kútból származó ivóvíz – méréseket. 2023-ban összesen 23 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.

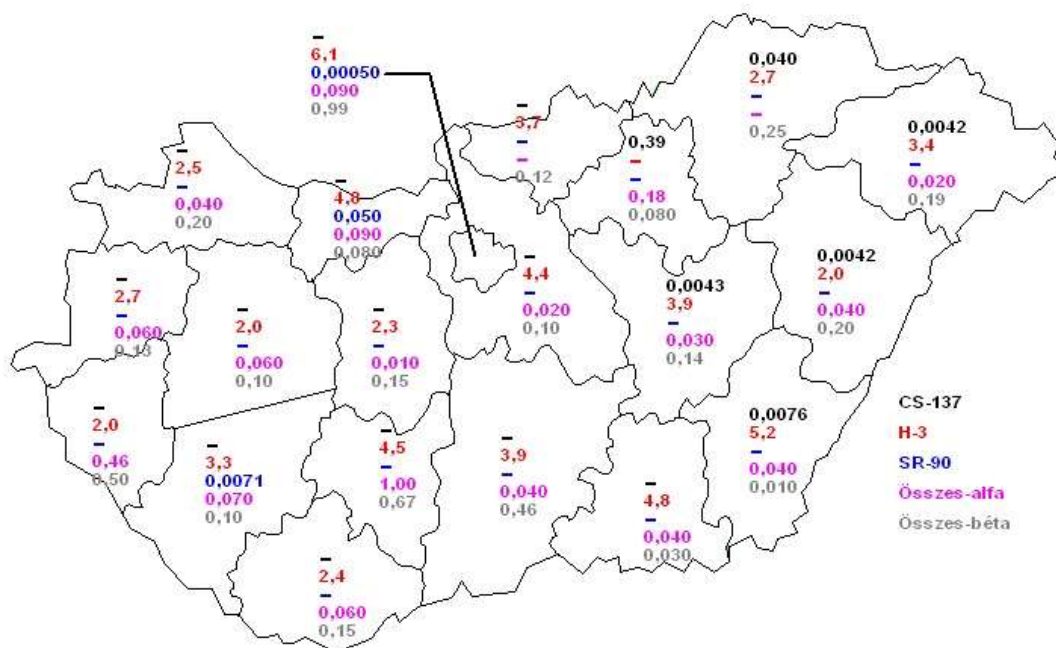
Az összes-béta aktivitások átlagai a 0,1 Bq/l érték körüliek, azonban így is jóval az Egészségügyi Világszervezet által ajánlott szint (1 Bq/l) alatt maradtak. Az ivóvíz trícium aktivitás-koncentrációi két jellemző csoportba sorolhatók. A felszíni víz eredetű ivóvizeknél az átlagérték hasonló a felszíni 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 2,3 Bq/l. A legnagyobb érték (6,1 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 0,00050 - 0,050 Bq/l között alakul, az összes-béta aktivitások átlaga 0,097 Bq/l, az összes alfa-aktivitások átlaga 0,064 Bq/l, míg a ^{137}Cs koncentrációi javarészt kimutatási határ alattiak, értékeik a 0,0040 és 0,39 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	-	-	-	-	4	4
Cs-137	BE	-	-	0,0076	-	2	1
Cs-137	BK	-	-	-	-	4	4
Cs-137	BP	-	-	-	-	2	2
Cs-137	BZ	-	0,0074	0,046	-	4	1
Cs-137	CS	-	-	-	-	1	1
Cs-137	FE	-	-	-	-	4	4
Cs-137	GY	-	-	-	-	6	6
Cs-137	HA	-	0,0040	0,0042	-	4	0
Cs-137	HE	-	0,014	0,39	-	4	0
Cs-137	JA	-	0,0041	0,0043	-	5	0
Cs-137	KO	-	-	-	-	2	2
Cs-137	PE	-	-	-	-	2	2
Cs-137	SO	-	-	-	-	4	4
Cs-137	SZ	-	0,0041	0,0042	-	5	1
Cs-137	TO	-	-	-	-	13	13
Cs-137	VA	-	-	-	-	3	3
Cs-137	VE	-	-	-	-	4	4
Cs-137	ZA	-	-	-	-	4	4
H-3	BA	-	-	2,4	-	5	4
H-3	BE	-	-	5,2	-	2	1
H-3	BK	-	1,2	3,9	-	6	0
H-3	BP	-	2,0	6,1	-	14	8
H-3	BZ	-	-	2,7	-	2	1
H-3	CS	-	-	4,8	-	1	0
H-3	FE	-	-	2,3	-	4	3
H-3	GY	-	1,6	2,5	-	4	1
H-3	HA	-	2,0	2,0	-	3	0
H-3	HE	-	-	-	-	1	1
H-3	JA	-	2,0	3,9	-	4	0
H-3	KO	-	2,4	4,8	-	4	1
H-3	NO	-	-	3,7	-	2	1
H-3	PE	-	2,4	4,4	-	4	2
H-3	SO	-	-	3,3	-	5	4
H-3	SZ	-	2,0	3,4	-	5	1
H-3	TO	2,5	2,5	4,5	0,77	25	15
H-3	VA	-	-	2,7	-	2	1
H-3	VE	-	-	2,0	-	2	1
H-3	ZA	-	-	2,0	-	5	4
Sr-90	BA	-	-	-	-	4	4
Sr-90	BK	-	-	-	-	3	3
Sr-90	BP	-	-	0,00050	-	1	0
Sr-90	FE	-	-	-	-	4	4
Sr-90	GY	-	-	-	-	2	2
Sr-90	KO	-	-	0,050	-	2	1
Sr-90	SO	-	-	0,0071	-	4	3
Sr-90	TO	-	-	-	-	13	13
Sr-90	VA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	VE	-	-	-	-	2	2
Sr-90	ZA	-	-	-	-	2	2
Összes-alfa	BA	-	0,012	0,060	-	5	3
Összes-alfa	BE	-	-	0,040	-	1	0

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/l)	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	Szórás (Bq/l)	N	Kha
Összes-alfa	BK	-	-	0,040	-	1	0
Összes-alfa	BP	-	0,021	0,091	-	12	7
Összes-alfa	BZ	-	-	-	-	2	2
Összes-alfa	CS	-	-	0,045	-	1	0
Összes-alfa	FE	-	0,0070	0,010	-	4	1
Összes-alfa	GY	-	-	0,040	-	4	3
Összes-alfa	HA	-	0,0060	0,046	-	4	0
Összes-alfa	HE	-	-	0,18	-	1	0
Összes-alfa	JA	-	0,0060	0,037	-	4	0
Összes-alfa	KO	-	-	0,090	-	2	1
Összes-alfa	PE	-	0,024	0,029	-	2	0
Összes-alfa	SO	-	0,0071	0,070	-	5	1
Összes-alfa	SZ	-	0,017	0,027	-	5	2
Összes-alfa	TO	-	-	1,0	-	5	4
Összes-alfa	VA	-	0,044	0,065	-	2	0
Összes-alfa	VE	-	-	0,069	-	2	1
Összes-alfa	ZA	-	0,044	0,46	-	5	0
Összes-béta	BA	-	0,11	0,16	-	7	1
Összes-béta	BE	-	0,0075	0,011	-	4	0
Összes-béta	BK	0,10	0,0077	0,46	0,11	13	0
Összes-béta	BP	0,17	0,062	0,99	0,26	12	0
Összes-béta	BZ	-	0,18	0,26	-	2	0
Összes-béta	CS	-	0,014	0,030	-	4	0
Összes-béta	FE	-	0,13	0,16	-	6	0
Összes-béta	GY	0,077	0,030	0,20	0,041	46	0
Összes-béta	HA	0,11	0,027	0,21	0,053	16	0
Összes-béta	HE	-	-	0,087	-	1	0
Összes-béta	JA	0,092	0,026	0,14	0,041	16	0
Összes-béta	KO	-	0,030	0,087	-	7	0
Összes-béta	NO	-	-	0,13	-	2	1
Összes-béta	PE	-	0,034	0,10	-	4	0
Összes-béta	SO	-	0,065	0,11	-	7	0
Összes-béta	SZ	0,10	0,0060	0,19	0,053	20	0
Összes-béta	TO	0,11	0,058	0,67	0,087	46	0
Összes-béta	VA	-	0,020	0,13	-	7	0
Összes-béta	VE	-	0,030	0,10	-	8	0
Összes-béta	ZA	0,12	0,030	0,50	0,14	10	0
Cs-137	Összesen	0,012	0,0040	0,39	-	77	56
H-3	Összesen	2,3	1,2	6,1	-	100	49
Sr-90	Összesen	-	0,00050	0,050	-	39	36
Összes-alfa	Összesen	0,064	0,0060	1,0	-	67	25
Összes-béta	Összesen	0,097	0,0060	0,99	-	238	2



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 2023-ban 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, 2023-ban összesen 26 mintán végeztek méréseket. A NÉBIH laboratóriumai is végeznek palackozott víz-méréseket, 2023-ban összesen 6 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	BP	-	-	1	1
Cs-137	BZ	-	-	1	1
Cs-137	GY	-	-	3	3
Cs-137	HA	0,0041	0,017	5	1
Cs-137	PE	-	-	1	1
Cs-137	TO	-	-	2	2
Cs-137	ZA	-	-	1	1
H-3	BZ	-	-	1	1

H-3	GY	-	-	1	1
H-3	PE	-	-	2	2
H-3	ZA	-	-	1	1
Po-210	BZ	-	0,0022	1	0
Po-210	GY	-	0,0022	1	0
Po-210	HA	-	0,00070	1	0
Po-210	PE	0,00090	0,0019	2	0
Rn-222	CS	-	2,4	1	0
U-234	BZ	-	0,039	1	0
U-234	GY	-	-	1	1
U-234	HA	-	0,0036	1	0
U-234	PE	-	0,0023	2	1
U-235	BZ	-	-	2	2
U-235	GY	-	-	2	2
U-235	HA	-	-	2	2
U-235	PE	-	-	3	3
U-235	ZA	-	-	2	2
U-238	BZ	-	0,041	1	0
U-238	GY	-	-	1	1
U-238	HA	-	0,0030	1	0
U-238	PE	-	-	2	2
Összes-alfa	BZ	-	-	1	1
Összes-alfa	GY	-	0,080	1	0
Összes-alfa	HA	-	-	1	1
Összes-alfa	PE	-	0,044	2	1
Összes-alfa	ZA	-	0,43	1	0
Összes-béta	BP	0,080	0,26	4	1
Összes-béta	BZ	-	0,21	1	0
Összes-béta	CS	0,0050	0,061	4	0
Összes-béta	GY	0,020	0,072	5	0
Összes-béta	HA	0,067	0,36	5	0
Összes-béta	PE	0,036	0,061	2	0
Összes-béta	TO	0,23	0,25	3	0
Összes-béta	ZA	-	0,20	1	0
Cs-137	Összesen	0,0041	0,017	-	14
H-3	Összesen	-	-	-	5
Po-210	Összesen	0,00070	0,0022	-	5
Rn-222	Összesen	-	2,4	-	1
U-234	Összesen	0,0023	0,039	-	5
U-238	Összesen	-	-	-	11
U-235	Összesen	0,0030	0,041	-	5
Összes-alfa	Összesen	0,044	0,43	-	6
Összes-béta	Összesen	0,0050	0,36	-	25

* 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.

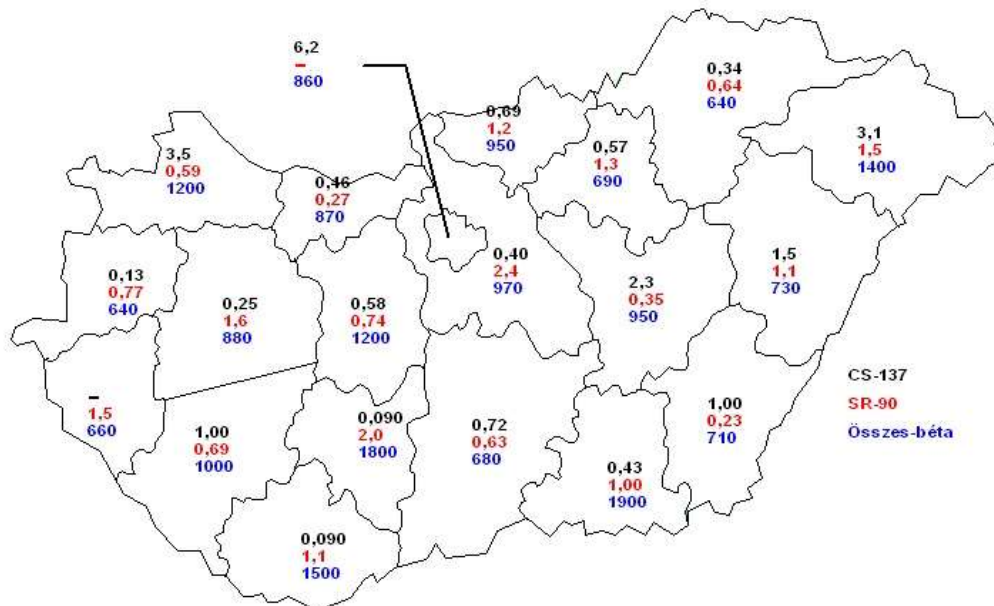
4.7.1 Takarmány

A NÉBIH takarmány mintavételi programja kiterjed a takarmány alapanyagokra, keverékekre és premixekre. A takarmány gyűjtőnév a legelőkről származó fűvet, a takarmányozási céllal termesztett növényeket, valamint az egyes adalékokat foglalja magába. 2023-ban a 19 vármegye és Budapest területéről 280 takarmányminta vizsgálatát végezték

Az ERMAH laboratóriumok negyedévente, vármegyénként vesznek fű, illetve szénamintát. Az ERMAH 2023-ban összesen 95 minta vizsgálatát végezte el.

A takarmánynövények ^{137}Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 0,42 Bq/kg, ami idén is alacsonyabb, mint a ^{90}Sr szokásos 0,54 Bq/kg értéke. A takarmánymintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit, a 4-11. táblázat és a 4-6. ábra mutatja be. A táblázatból látható, hogy míg a ^{137}Cs aktivitás-koncentrációk jelentős hányada kimutatási határ alatti, addig a ^{90}Sr eredmények nagyobb része meghaladja azt. Ennek oka egyrészt a két mérési módszer eltérő érzékenysége, másrészt a ^{90}Sr aktivitás-koncentrációk jellemzően magasabb szintje.

A talajban és a takarmánynövényekben mért aktivitás-koncentrációkat összehasonlítva ki kell emelni, hogy amíg a talaj esetében a két mesterséges eredetű radionuklidból a ^{137}Cs magasabb koncentrációjú, mint az ^{90}Sr , addig a takarmánymintáknál ez éppen fordított. Ennek két lehetséges oka van, egyrészt a ^{90}Sr a legtöbb talajban mobilisabb, a növények számára könnyebben elérhető formában van jelen, másrészt a növények nagyobb mértékben igénylik a kalciumot, amelyet a stroncium képes helyettesíteni. (A két hatás együtt az ún. talaj-növény átviteli tényezővel jellemezhető, amelynek szokásos irodalmi értéke ^{90}Sr -ra 10, ^{137}Cs -ra pedig 1 körüli.)

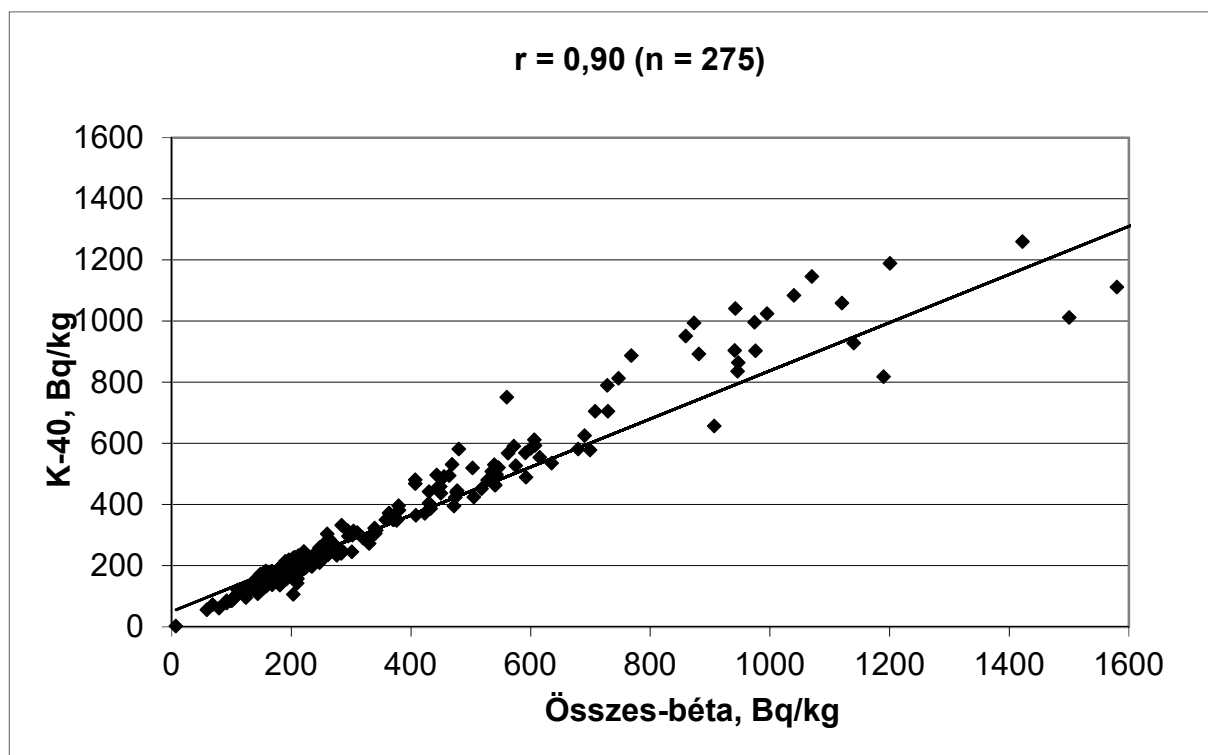


4-11. táblázat
Országos takarmány mérési eredmények éves jellemzői (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
CS-137	BA	-	0,060	0,090	-	15	13
CS-137	BE	-	0,22	1,0	-	13	9
CS-137	BK	-	0,010	0,73	-	29	24
CS-137	BP	-	0,13	6,2	-	58	53
CS-137	BZ	-	-	0,34	-	10	9
CS-137	CS	-	0,10	0,43	-	13	9
CS-137	FE	-	0,038	0,58	-	12	7
CS-137	GY	0,80	0,13	3,5	0,89	38	22
CS-137	HA	-	0,79	1,5	-	13	9
CS-137	HE	-	0,032	0,57	-	10	7
CS-137	JA	-	0,14	2,3	-	13	8
CS-137	KO	-	0,14	0,46	-	16	14
CS-137	NO	-	0,042	0,69	-	11	7
CS-137	PE	0,15	0,032	0,40	0,096	28	15
CS-137	SO	-	0,16	1,1	-	14	12
CS-137	SZ	-	0,19	3,1	-	13	7
CS-137	TO	-	-	0,092	-	31	30
CS-137	VA	-	0,12	0,13	-	12	10
CS-137	VE	-	0,061	0,25	-	12	10
CS-137	ZA	-	-	-	-	11	11
SR-90	BA	-	0,050	1,1	-	11	2
SR-90	BE	-	0,21	0,23	-	8	6
SR-90	BK	-	0,15	0,63	-	23	16
SR-90	BZ	-	0,18	0,64	-	8	5
SR-90	CS	-	0,38	1,1	-	8	5
SR-90	FE	-	0,12	0,74	-	9	1
SR-90	GY	-	0,061	0,59	-	9	0
SR-90	HA	-	0,18	1,1	-	9	2
SR-90	HE	-	0,099	1,3	-	9	0
SR-90	JA	-	0,33	0,36	-	6	4
SR-90	KO	-	0,079	0,27	-	10	1
SR-90	NO	-	0,065	1,2	-	9	0
SR-90	PE	0,73	0,073	2,4	0,61	28	0
SR-90	SO	-	0,15	0,69	-	9	4
SR-90	SZ	-	0,22	1,5	-	9	5
SR-90	TO	1,2	0,080	2,0	2,4	24	8
SR-90	VA	-	0,13	0,77	-	9	0
SR-90	VE	-	0,046	1,6	-	9	0
SR-90	ZA	-	0,77	1,5	-	9	1
Összes-béta	BA	360	59	1500	460	15	0
Összes-béta	BE	280	140	710	160	13	1
Összes-béta	BK	220	92	680	110	29	0
Összes-béta	BP	-	220	860	-	8	0
Összes-béta	BZ	-	150	640	-	9	0
Összes-béta	CS	370	140	1900	470	14	1
Összes-béta	FE	440	150	1200	380	12	0
Összes-béta	GY	510	170	1200	240	35	1
Összes-béta	HA	250	160	730	150	13	0
Összes-béta	HE	-	160	690	-	9	0
Összes-béta	JA	300	68	950	240	13	0
Összes-béta	KO	390	160	870	200	17	0
Összes-béta	NO	460	160	950	290	11	0

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	PE	340	130	970	190	28	0
Összes-béta	SO	360	92	1000	350	13	0
Összes-béta	SZ	520	150	1400	440	13	0
Összes-béta	TO	420	120	1800	410	30	0
Összes-béta	VA	290	160	640	170	12	0
Összes-béta	VE	340	120	880	220	12	0
Összes-béta	ZA	250	130	660	160	11	0
Cs-137	Összesen	0,42	0,010	6,2	-	372	286
Sr-90	Összesen	0,54	0,046	2,4	-	216	60
Összes-béta	Összesen	370	59	1900	-	317	3

2023-ban a mintákban mérhető összes-béta aktivitás átlagosan 370 Bq/kg volt, mely 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 90%-ban a ^{40}K radionuklidtól származik.



4-7. ábra

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

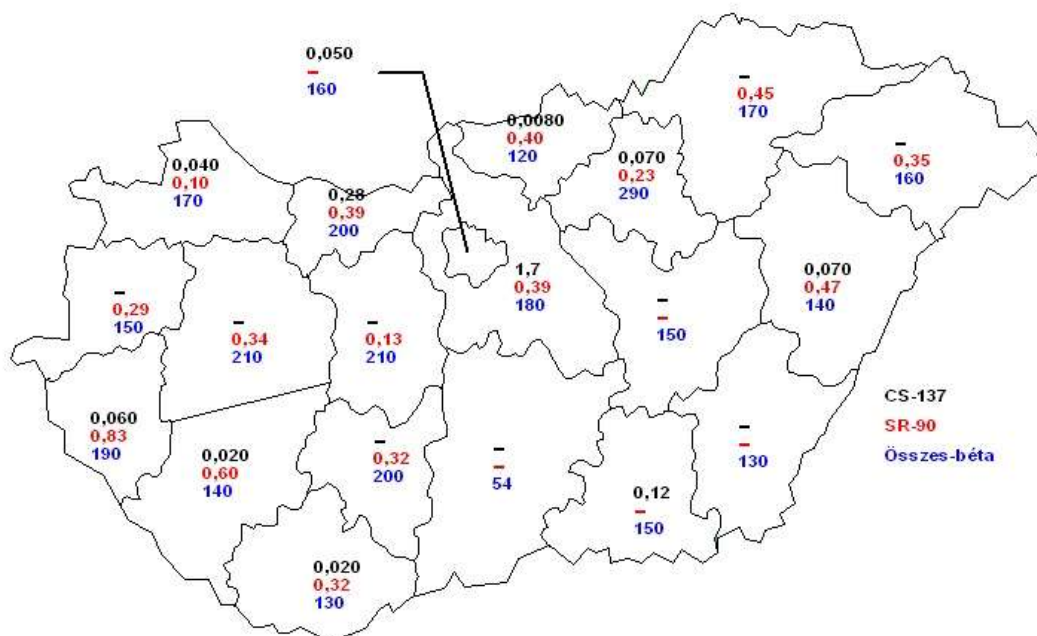
4.7.2 Növényi eredetű, nyers élelmiszer

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. 2023-ban a 19 vármegye és Budapest területéről 399 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. 2023-ban 206 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 2023-ban összesen 99 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 aktivitás-koncentrációk nagyrészt kimutatási határ alattiak (kivéve főként a vadon termő gombákat). A nyers növényi élelmiszerek ^{137}Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 0,049 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé pedig 0,22 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 mérésből az adott vármegyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény. A gombaminták mérési eredményeit az ábrán nem tüntettük fel.

4-12. táblázat

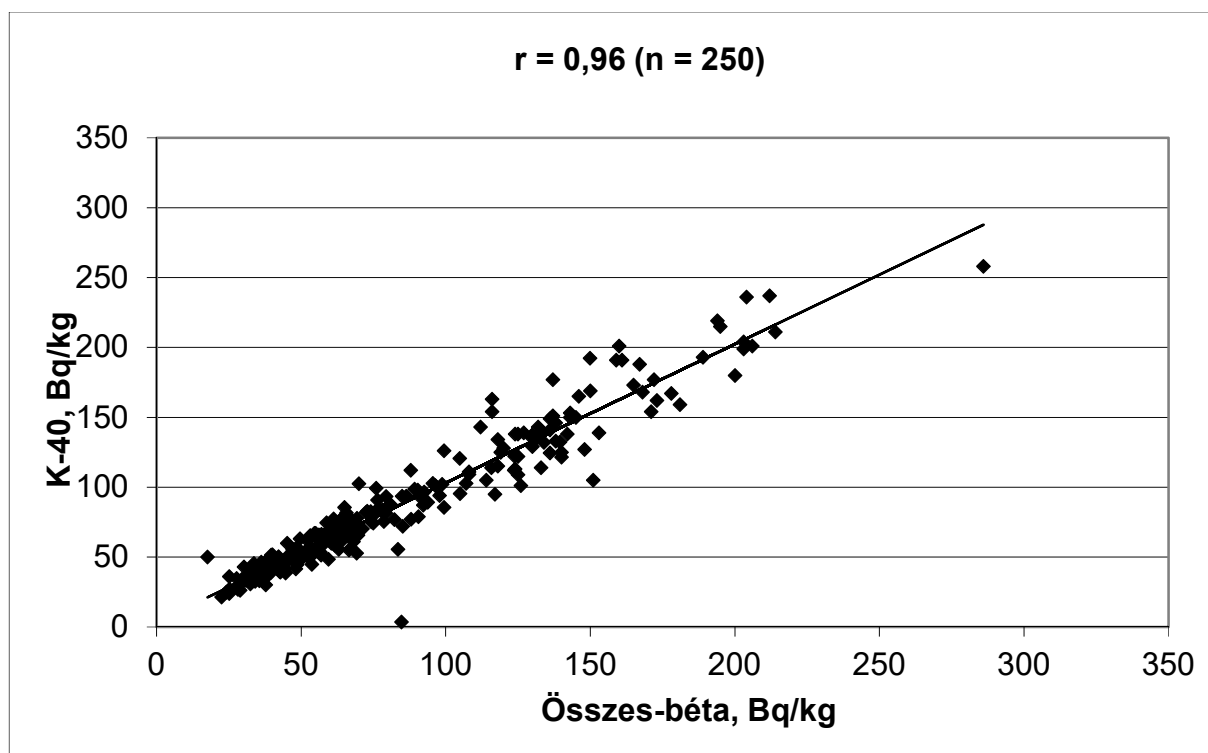
Nyers, növényi eredetű élelmiszerek országos mérési eredményeinek éves jellemzői (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	0,020	-	14	13
Cs-137	BE	-	-	-	-	9	9
Cs-137	BK	-	-	-	-	3	3
Cs-137	BP	0,048	0,020	0,055 (* 0,17)	0,035	27	16
Cs-137	BZ	-	-	-	-	16	16
Cs-137	CS	0,040	0,0010	0,12	0,034	21	4
Cs-137	FE	-	-	- (* 0,12)	-	13	13
Cs-137	GY	-	0,024	0,042	-	31	29
Cs-137	HA	0,053	0,022	0,075 (* 0,51)	0,038	30	12
Cs-137	HE	-	0,020	0,078 (* 0,90)	-	12	9
Cs-137	JA	-	-	-	-	4	4
Cs-137	KO	-	0,031	0,28	-	6	4
Cs-137	NO	-	-	0,0080 (* 0,74)	-	5	4
Cs-137	PE	-	0,011	1,7	-	21	15
Cs-137	SO	-	-	0,020 (* 0,49)	-	9	8
Cs-137	SZ	-	-	- (* 0,15)	-	15	15
Cs-137	TO	-	-	-	-	22	22
Cs-137	VA	-	-	- (* 0,34)	-	11	11
Cs-137	VE	-	-	- (* 6,0)	-	10	10
Cs-137	ZA	-	-	0,060 (* 7,6)	-	11	10
Sr-90	BA	-	0,30	0,32	-	4	2
Sr-90	BE	-	-	-	-	1	1
Sr-90	BZ	-	0,12	0,46	-	6	2
Sr-90	CS	-	-	-	-	1	1
Sr-90	FE	-	0,087	0,13	-	4	0
Sr-90	GY	-	0,032	0,10	-	4	1
Sr-90	HA	-	0,071	0,48	-	5	1
Sr-90	HE	-	0,15	0,24	-	4	1
Sr-90	JA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	KO	-	-	0,39	-	2	1
Sr-90	NO	-	0,052	0,40	-	3	0
Sr-90	PE	-	0,027	0,39	-	8	0
Sr-90	SO	-	-	0,60	-	1	0
Sr-90	SZ	-	0,16	0,35	-	5	2
Sr-90	TO	-	-	0,33	-	2	1
Sr-90	VA	-	0,076	0,29	-	4	0
Sr-90	VE	-	0,050	0,34	-	3	0
Sr-90	ZA	-	0,83	0,83	-	2	0
Összes-béta	BA	72	32	130	34	14	0
Összes-béta	BE	-	32	130	-	9	0
Összes-béta	BK	-	28	54	-	3	0
Összes-béta	BP	69	28	160	32	27	0
Összes-béta	BZ	89	28	170	45	14	0
Összes-béta	CS	70	33	150	34	21	0
Összes-béta	FE	110	46	210	65	13	0
Összes-béta	GY	72	12	170	46	30	0
Összes-béta	HA	71	29	140	33	28	0

Radionuklid	Vármegeye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	HE	110	34	290	80	11	0
Összes-béta	JA	-	25	150	-	4	0
Összes-béta	KO	-	34	200	-	6	0
Összes-béta	NO	-	43	120	-	3	0
Összes-béta	PE	83	31	180	49	17	0
Összes-béta	SO	-	34	140	-	9	0
Összes-béta	SZ	84	25	160	43	14	0
Összes-béta	TO	88	18	200	49	22	0
Összes-béta	VA	95	36	150	43	11	0
Összes-béta	VE	110	25	210	61	10	0
Összes-béta	ZA	71	23	190	58	11	0
Cs-137	Összesen	0,049	0,0010	1,7	-	290	227
Sr-90	Összesen	0,22	0,027	0,83	-	61	15
Összeses-béta	Összesen	81	12	290	-	277	0

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

2023-ban a mintákban mérhető összes-béta aktivitás átlaga 81 Bq/kg volt, mely 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 szinte teljes egészét 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

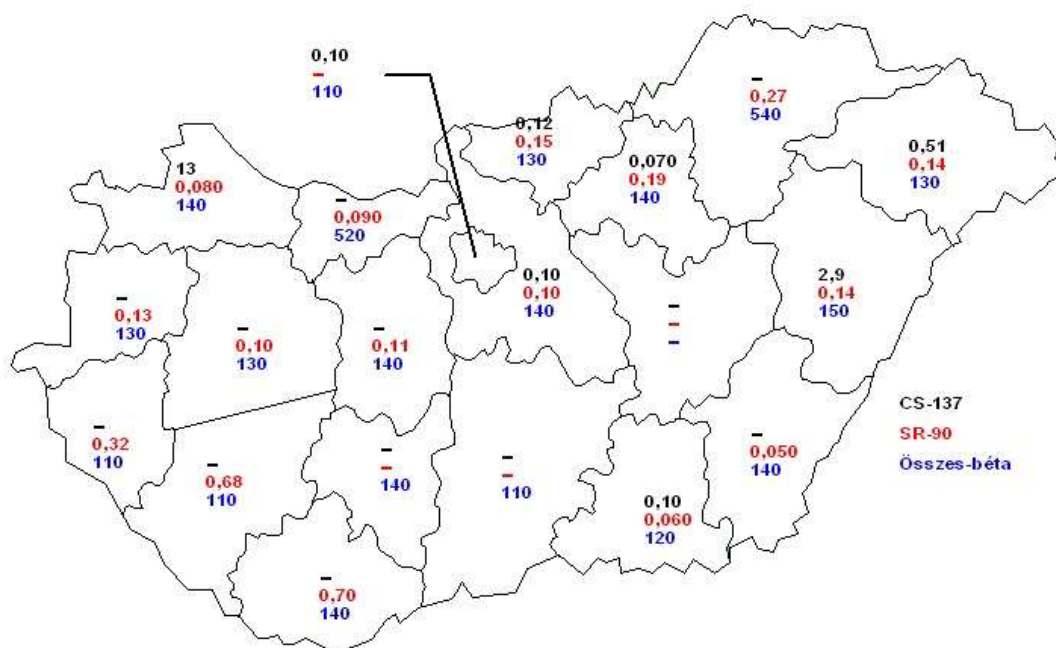
A mintacsoportba elsősorban a gabonafélék terményei, illetve ezek feldolgozott formái (liszt, kenyér, pékáru) tartoznak.

A NÉBIH laboratóriumainak monitoring programja ebben az élelmiszercsoportban is lefedi az országot; búza, árpa, kukorica, rozs minták szerepelnek benne. 2023-ban a 19 vármegye és Budapest területéről 252 gabonaféle vizsgálatát végezték el a NÉBIH laboratóriumai.

A NÉBIH vizsgálati programjában szerepel a kenyérfélék, péksütemények ^{137}Cs szűrővizsgálata is. 2023-ban 155 ilyen típusú mintát vettek, a mérési eredmények kimutatási határ alattiak voltak (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenységu 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 2023-ban összesen 98 minta vizsgálatát végezték el.

A gabonafélékben és termékeikben mért aktivitás-koncentrációk éves, országos értékei az alábbi határok közt mozogtak (4-13. táblázat): 0,016 - 13 Bq/kg (^{137}Cs); 0,028 - 0,70 (^{90}Sr) és 16 - 540 Bq/kg (összes-béta). Kiemelendő, hogy ezen mintafajtákban a csernobili eredetű ^{137}Cs , – az igen kis kimutatási határok ellenére – általában a minták 70 %-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.

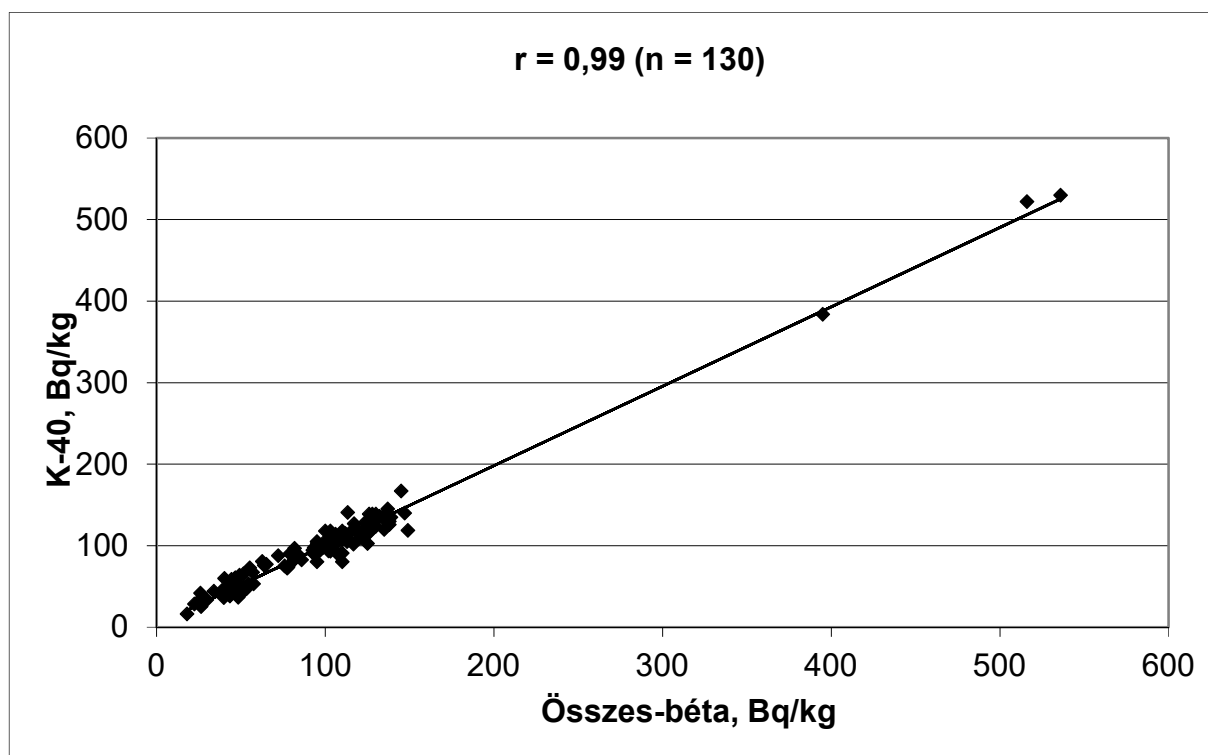
4-13. táblázat

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	-	-	-	-	7	7
Cs-137	BE	-	-	-	-	4	4
Cs-137	BK	-	-	-	-	8	8
Cs-137	BP	0,059	0,017	0,10	0,051	26	10
Cs-137	BZ	-	-	-	-	6	6
Cs-137	CS	-	0,016	0,11	-	9	3
Cs-137	FE	-	-	-	-	6	6
Cs-137	GY	-	0,039	13	-	20	17
Cs-137	HA	0,21	0,051	2,9	0,62	21	4
Cs-137	HE	-	0,052	0,076	-	8	6
Cs-137	KO	-	-	-	-	4	4
Cs-137	NO	-	0,041	0,12	-	4	1
Cs-137	PE	-	0,071	0,10	-	4	2
Cs-137	SO	-	-	-	-	5	5
Cs-137	SZ	-	-	0,51	-	7	6
Cs-137	TO	-	-	-	-	9	9
Cs-137	VA	-	-	-	-	4	4
Cs-137	VE	-	-	-	-	5	5
Cs-137	ZA	-	-	-	-	3	3
Sr-90	BA	-	0,058	0,70	-	6	1
Sr-90	BE	-	0,042	0,050	-	3	1
Sr-90	BK	-	-	-	-	3	3
Sr-90	BZ	-	0,18	0,27	-	5	3
Sr-90	CS	-	0,035	0,061	-	3	1
Sr-90	FE	-	0,028	0,12	-	5	1
Sr-90	GY	-	0,050	0,080	-	6	4
Sr-90	HA	-	-	0,15	-	4	3
Sr-90	HE	-	0,052	0,19	-	5	1
Sr-90	KO	-	-	0,093	-	3	2
Sr-90	NO	-	0,10	0,16	-	4	2
Sr-90	PE	-	0,057	0,11	-	4	1
Sr-90	SO	-	0,61	0,68	-	4	1
Sr-90	SZ	-	-	0,14	-	6	5
Sr-90	TO	-	-	-	-	3	3
Sr-90	VA	-	0,080	0,13	-	4	1
Sr-90	VE	-	0,040	0,10	-	4	1
Sr-90	ZA	-	-	0,32	-	2	1
Összes-béta	BA	-	64	140	-	7	0
Összes-béta	BE	-	63	140	-	4	0
Összes-béta	BK	-	26	110	-	8	0
Összes-béta	BP	45	26	110	18	24	0
Összes-béta	BZ	-	84	540	-	6	0
Összes-béta	CS	62	22	120	33	17	0
Összes-béta	FE	-	86	140	-	6	0
Összes-béta	GY	56	16	140	38	23	0
Összes-béta	HA	70	18	150	39	21	0

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	HE	-	79	140	-	8	0
Összes-béta	KO	-	82	520	-	4	0
Összes-béta	NO	-	93	130	-	4	0
Összes-béta	PE	-	100	140	-	4	0
Összes-béta	SO	-	76	110	-	5	0
Összes-béta	SZ	-	81	130	-	7	0
Összes-béta	TO	63	26	140	31	14	0
Összes-béta	VA	-	96	130	-	4	0
Összes-béta	VE	-	93	130	-	5	0
Összes-béta	ZA	-	77	110	-	3	0
Cs-137	Összesen	0,19	0,016	13	-	160	110
Sr-90	Összesen	0,15	0,028	0,70	-	74	35
Összeses-béta	Összesen	85	16	540	-	174	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 táplálékcsoporthoz képvisel.

4.8.1 Tej, tejtermék

Ezen mintacsoportba a tej és az abból készített élelmiszertermékek (vaj, sajt, túró, tejpör) 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 lefedő 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. 2023-ban a 19 vármegye és Budapest területéről 158 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 2023-ban összesen 208 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 0,10 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé 0,19 Bq/kg. A döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig 74 Bq/kg volt 2023-ban.

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	-	-	-	-	7	7
Cs-137	BE	-	-	1,2	-	8	7
Cs-137	BK	-	0,0053	0,76	-	22	20
Cs-137	BP	0,039	0,010	0,090	0,036	22	3
Cs-137	BZ	-	-	-	-	10	10
Cs-137	CS	-	0,010	0,076	-	13	6
Cs-137	FE	-	0,011	0,45	-	8	5
Cs-137	GY	-	-	0,22	-	18	17
Cs-137	HA	0,11	0,012	0,81	0,17	33	8
Cs-137	HE	-	-	0,016	-	7	6
Cs-137	JA	-	-	-	-	3	3
Cs-137	KO	-	-	0,30	-	6	5
Cs-137	NO	-	-	-	-	6	6
Cs-137	PE	-	0,011	0,77	-	19	15
Cs-137	SO	-	0,010	0,12	-	7	5
Cs-137	SZ	-	-	0,54	-	10	9
Cs-137	TO	-	-	-	-	54	54
Cs-137	VA	-	0,032	0,42	-	7	5
Cs-137	VE	-	-	-	-	9	9
Cs-137	ZA	-	-	0,28	-	6	5
Sr-90	BA	-	0,13	3,1	-	7	4
Sr-90	BE	-	-	0,16	-	8	7
Sr-90	BK	-	-	0,011	-	10	9
Sr-90	BP	-	-	-	-	1	1
Sr-90	BZ	-	-	-	-	9	9
Sr-90	CS	-	-	0,016	-	5	4
Sr-90	FE	-	0,024	0,030	-	8	6
Sr-90	GY	-	-	0,19	-	12	11
Sr-90	HA	-	-	0,65	-	9	8
Sr-90	HE	-	0,13	0,59	-	4	2
Sr-90	JA	-	-	-	-	3	3
Sr-90	KO	-	0,014	0,15	-	6	3
Sr-90	NO	-	0,023	0,035	-	6	3
Sr-90	PE	0,11	0,024	0,53	0,13	19	3
Sr-90	SO	-	-	0,24	-	7	6
Sr-90	SZ	-	-	0,36	-	10	9
Sr-90	TO	-	0,0048	0,019	-	24	17
Sr-90	VA	-	0,016	0,16	-	7	3
Sr-90	VE	-	0,016	0,38	-	9	6
Sr-90	ZA	-	0,23	1,0	-	6	3
Összes-béta	BA	-	21	470	-	7	0
Összes-béta	BE	-	23	440	-	8	0
Összes-béta	BK	95	26	450	120	16	0
Összes-béta	BP	33	0,046	53	15	40	3
Összes-béta	BZ	-	32	550	-	9	0
Összes-béta	CS	37	12	52	12	31	0
Összes-béta	FE	-	32	550	-	7	0

A NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában sertés, marha, baromfi, házinyúl, hal és vadhús szerepel. 2023-ban a 19 vármegye és Budapest területéről 201 húsminta vizsgálatát végezték el a NÉBIH laboratóriumai.

A NÉBIH monitoring programjában a húskészítmények, tengeri hal és tengeri puhatestűek ¹³⁷Cs szűrővizsgálata. 2023-ban 80 ilyen típusú mintát vettek, a mérési eredmények kimutatási határ alatt voltak (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenyséű 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 baromfi-húsminta vételére terjed ki. Az ERMAH, egyéb mintavételi programjai keretében 2023-ban összesen 92 minta vizsgálatát végezték el.

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

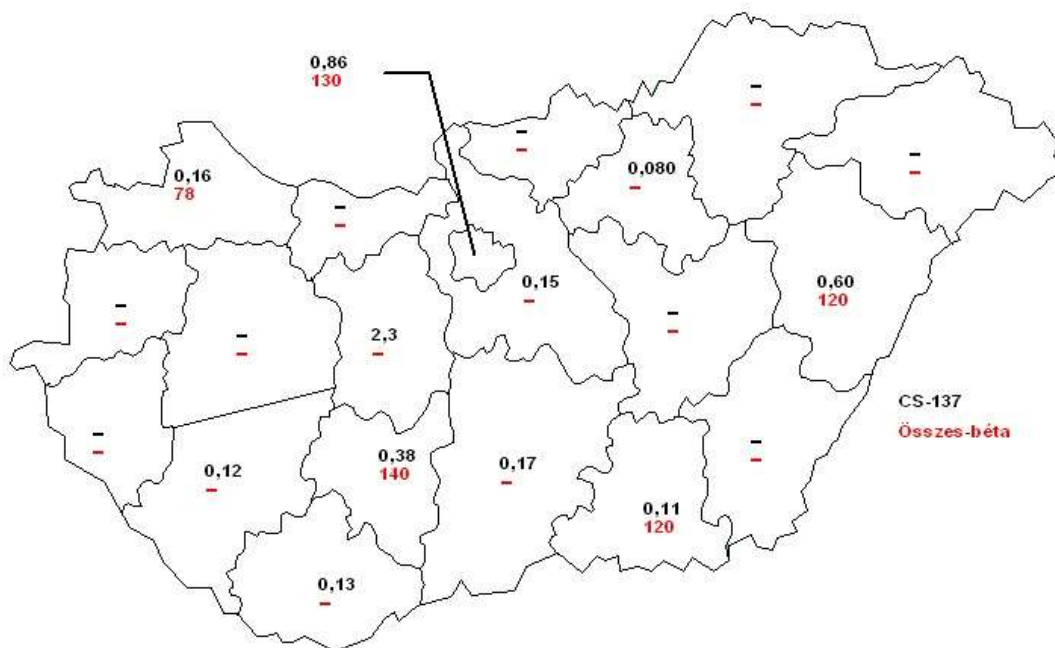
A hús és hústermékek ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 0,11 Bq/kg.

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	-	0,080	0,13	-	9	7
Cs-137	BE	-	-	-	-	9	9
Cs-137	BK	-	-	0,18	-	22	21
Cs-137	BP	0,098	0,022	0,86	0,16	24	5
Cs-137	BZ	-	-	-	-	2	2
Cs-137	CS	-	0,067	0,11	-	12	7
Cs-137	FE	-	0,051	2,3	-	5	2
Cs-137	GY	-	0,032	0,17	-	6	4
Cs-137	HA	0,096	0,021	0,61	0,13	20	6
Cs-137	HE	-	0,070	0,088	-	6	3
Cs-137	JA	-	-	-	-	3	3
Cs-137	KO	-	-	-	-	5	5
Cs-137	PE	-	0,040	0,15	-	11	5
Cs-137	SO	-	0,060	0,12	-	12	10
Cs-137	SZ	-	-	-	-	14	14
Cs-137	TO	-	-	0,38	-	11	10
Cs-137	VA	-	-	-	-	4	4
Cs-137	VE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	ZA	-	-	-	-	1	1
Összes-béta	BP	74	27	130	31	22	0
Összes-béta	CS	81	34	120	30	14	0
Összes-béta	GY	51	24	78	17	13	0
Összes-béta	HA	83	36	120	31	14	0
Összes-béta	TO	91	46	140	30	11	0
Cs-137	Összesen	0,11	0,021	2,3	-	177	119
Összeses-béta	Összesen	76	24	140	-	74	0

2023-ban a mintákban az átlagos összes-béta aktivitás 76 Bq/kg volt, az értékek a 2022. évihez hasonlóak voltak. Ez döntően természetes eredetű (⁴⁰K), melynek igazolásaként a húsban

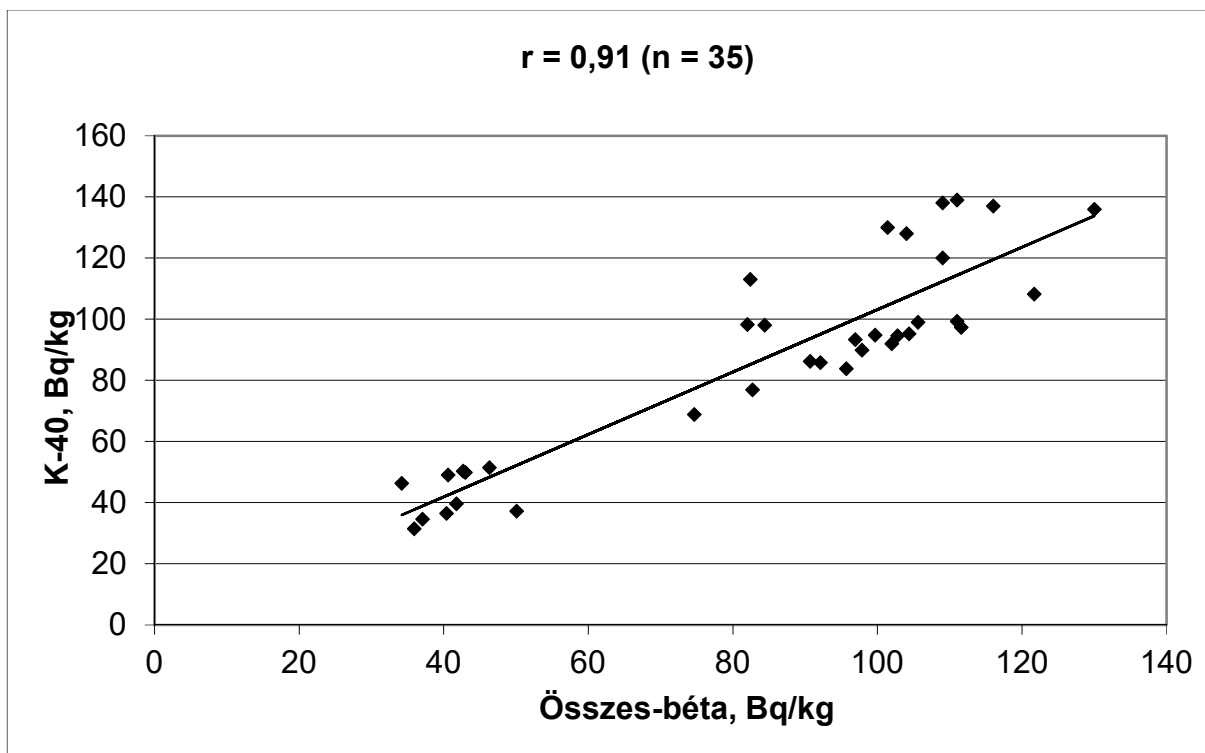
és hústermékekben mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitás-koncentrációk közötti korrelációt a 4-14. ábra szemlélteti.



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 készlet 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. 2023-ban az ERMAH egyéb mintavételi programjai keretében, összesen 38 mintát vettek.

A 2023. évi eredményeket a 4-16. táblázat foglalja össze. A táblázatban közölt eredményekből látható, hogy a ^{137}Cs közel 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	-	0,017	0,020	-	5	1
Cs-137	CS	-	0,044	0,059	-	4	0
Cs-137	GY	-	-	-	-	1	1
Cs-137	HA	-	0,026	0,028	-	4	0
Cs-137	TO	-	-	-	-	6	6
Sr-90	BP	-	-	-	-	2	2
Sr-90	GY	-	-	-	-	1	1
Sr-90	TO	-	0,0045	0,013	-	6	0
Összes-béta	BP	-	30	50	-	6	0
Összes-béta	CS	-	48	66	-	3	0
Összes-béta	HA	44	22	89	20	24	0
Cs-137	Összesen	0,027	0,017	0,059	-	20	8
Sr-90	Összesen	-	0,0045	0,013	-	9	3
Összes-béta	Összesen	45	22	89	-	33	0

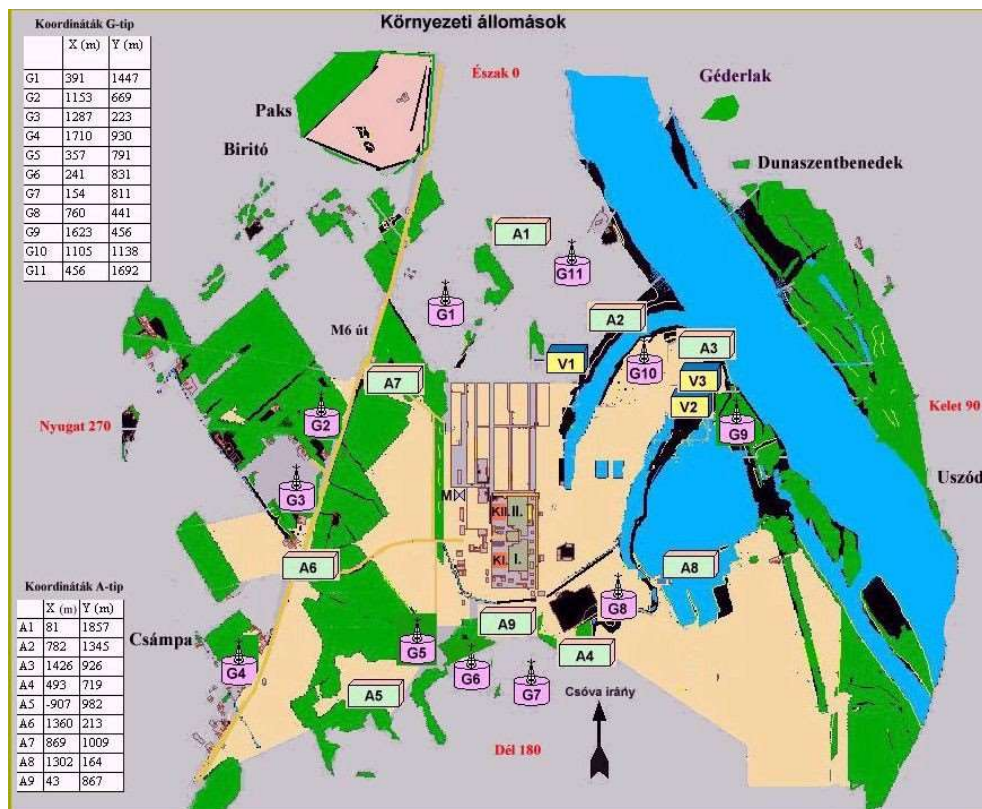
5 Létesítmények környezete

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 2023. évi eredményeit mutatjuk be.

5.1 A Paksi Atomerőmű környezetében végzett mérések

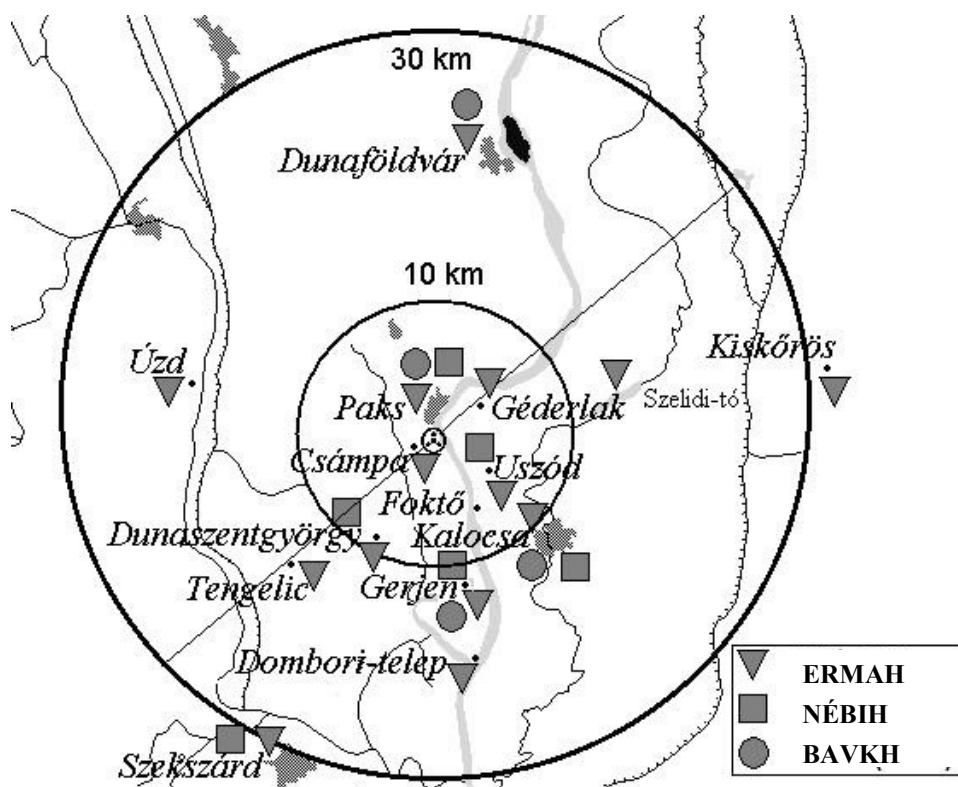
Az atomerőmű környezetében mérhető sugárzási helyzetről egyrészt az atomerőmű – hatósági felügyelet alatt álló – üzemi monitorozó hálózata, valamint az atomerőmű környezetében végzett hatósági mérések szolgáltatnak információkat.

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 2023-ban 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, ⁹⁰Sr 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, 2023-ban a 80 %-át tette ki.

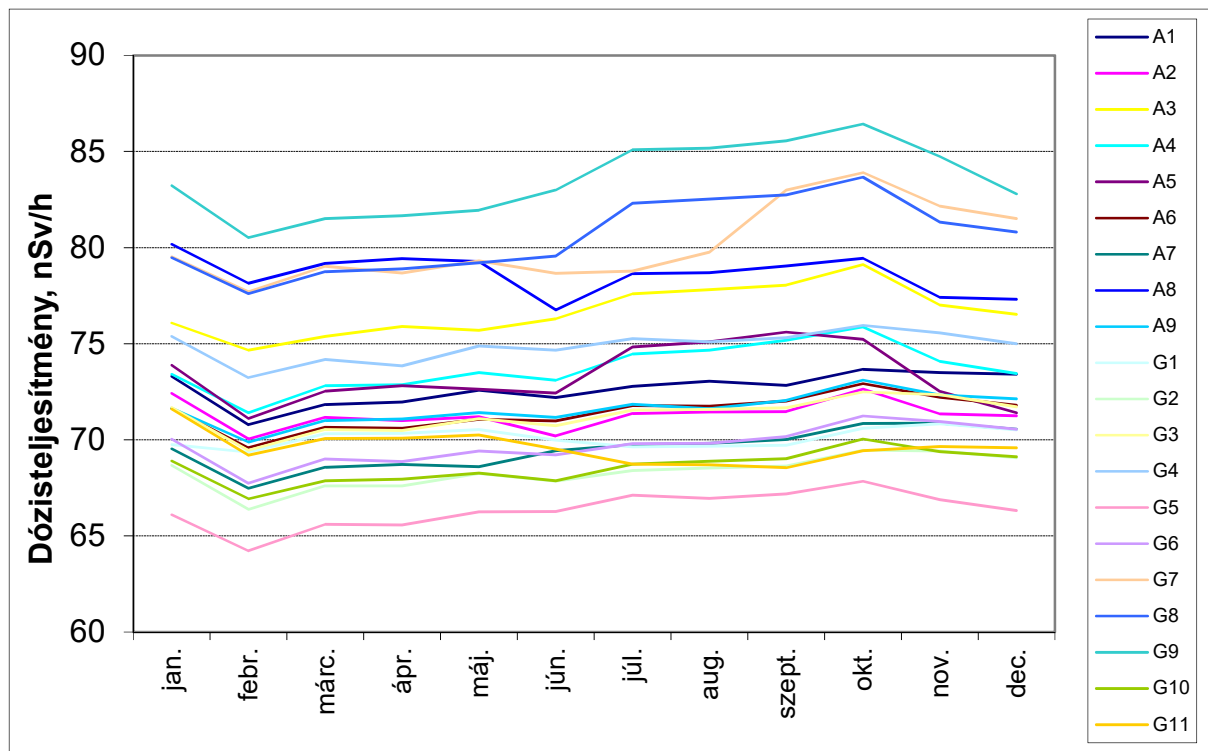
5-1. táblázat
A hatósági mérési eredmények száma és százalékos megoszlása a fontosabb vizsgálati irányok szerint 2023-ban

Vizsgálati irány	Mérési eredmények száma	[%]
Összes-béta aktivitás	1362	14
I-131	120	1
HPGe det. gamma-spektrometria	6996	73
Trícium	366	4
Sr-89+Sr-90*	186	2
egyéb vizsgálatok	624	6
Összesen:	9654	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 2023-ban

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 dózismérővel (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 2023. évi eredményei

Település	Dózisteljesítmény (nGy/h)			
	1. negyedév	2. negyedév	3. negyedév	4. negyedév
Bátya	75,3	77,2	75,5	87,6
Bogyiszló	75,5	74,1	75,3	74,3
Borsócséplői út	57,5	58,2	59,1	60,3
Csámpa vízmű	59,8	54,9	57,5	56,1
Császártöltés	67,8	78,4	75,7	72,9
PAE Déli bekötőút	56,6	54,4	54,0	59,5
Dunaföldvár	68,4	57,4	55,4	52,9
Dunakömlőd	99,0	81,5	84,1	82,2
Dunapataj	70,8	70,2	68,9	-
Dunaszentbenedek	65,0	66,6	66,7	64,9
Dunaszentgyörgy I.	-	63,5	61,1	76,6
Dunaszentgyörgy II.	70,1	70,3	70,2	76,0
Dusnok	72,2	73,9	71,9	72,8
PAE Északi bekötőút	52,6	50,2	49,0	49,4
Fajszt	79,1	82,5	80,2	81,0
Foktő I.	68,1	69,8	73,3	70,6
Foktő II.	70,9	77,1	74,7	72,0

Földespuszta	66,9	66,0	67,0	67,5
Géderlak	67,0	-	75,0	50,4
Hajós	73,5	75,7	73,9	76,2
Kalocsa	66,3	65,8	67,9	64,5
Kecel	77,1	74,9	74,7	74,6
Kiskőrös	57,2	53,9	55,7	56,0
Kölesd	89,7	93,4	96,2	96,8
Löszdomb	62,8	54,0	52,6	55,4
Miske	71,1	65,7	67,9	70,6
Nagydorog	-	-	-	-
Németkér	77,2	79,6	75,2	74,3
Öregcsertő	75,9	74,2	73,9	76,4
Paks	98,7	89,7	90,8	86,3
Simontornya	85,8	76,7	80,9	98,9
Szalmár	64,7	62,8	64,8	59,8
Szekszárd	68,4	65,5	63,5	69,0
Tengelic I.	57,6	55,9	53,3	57,7
Tengelic II.	-	77,2	76,6	78,9
Uszód	70,8	64,0	64,3	63,8
Uszód	-	-	-	-
Úzd reléállomás	75,3	65,7	65,4	66,4
Zomba	103,9	108,6	112,5	109,5
Vizsgálatok száma	35	36	34	36
Átlagos dózisteljesítmény	72,0	70,3	70,4	71,2

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 2023. 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	2,8	0,40	6,0	1,3	520	0
Ru-106	-	-	-	-	520	520
Co-60	-	-	-	-	520	520
Cs-134	-	-	-	-	520	520
Cs-137	-	-	-	-	520	520
I-131	-	-	-	-	520	520

A léghő 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 óras pihentetés után mérik. Ezeknek az adatoknak egy része a 4.2 fejezetben bemutatott országos kimutatásban is szerepel. Az aeroszol szűrőkben mért összes-béta aktivitás 0,046 – 5,9 mBq/m³ között változott (5-4. táblázat). A teljes kihullást reprezentáló fall-out mintákban mért összes-béta aktivitás 0,86 – 32 Bq/m²/hó értékhatárok 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	0,50	0,18	1,2	52	1
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	2,2	0,80	5,9	52	31
	DK-i félkör, R≥10 km	1,1	0,046	5,3	278	57
Be-7	DK-i félkör, R≥10 km	4,2	0,96	18	47	-
Cs-134	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	47	47
Cs-137	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	47	47
I-131	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	47	47

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

Gamma-spektrometriai mérésekkel a közepes légtérfogatú aeroszol-mintavevő szűrőin, – a korábbi évekhez hasonlóan – 2023-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 2023. év során vett fall-out mintákból egy esetben csak az A8 állomás október havi mintájában volt kimutatható ⁵⁴Mn (2,0 Bq/m²) és ⁶⁰Co (3,3 Bq/m²) mesterséges eredetű izotóp. A minta felezését követően bizonyosságot nyert, hogy mindkét izotóp aktivitását forró részecske okozta. A többi mintában nem volt kimutatható atomerőművi eredetű mesterséges radioaktív 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	7,9	1,2	14	10	-
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	9,3	0,86	20	10	-
	DK-i félkör, R≥10 km	13	1,6	32	20	13
Be-7	ÉNY-i félkör, R<10 km	79	11	440	11	-
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	91	22	490	11	-
	DK-i félkör, R≥10 km	100	15	780	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.

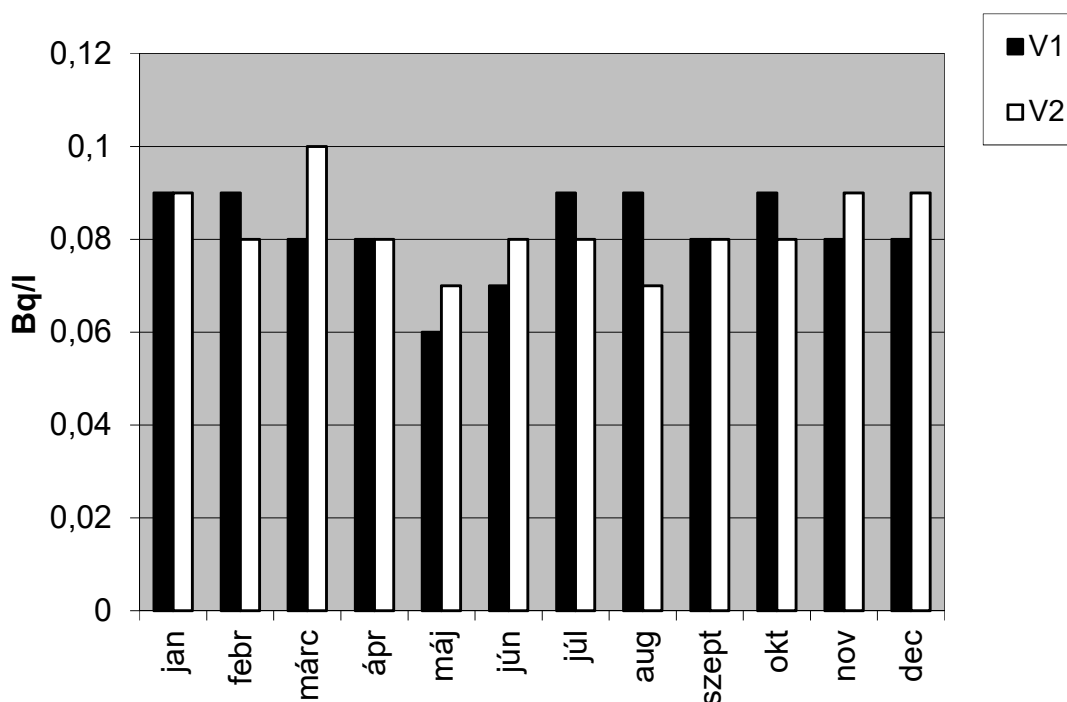
5-6. táblázat

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	40	2,5	220	41	120	0
Ru-106	-	-	-	-	120	120
Co-60	-	-	3,3	-	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 vizéből Paksnál, illetve az PA Zrt. segítségével az M5 és T24 figyelőkutakból, valamint a V2 melegvízes csatornából. A mintákból havonta összes-béta aktivitás, ^{40}K - és ^3H -koncentráció mérések, illetve negyedévente ^{90}Sr -aktivitás-koncentráció és gamma-spektrometriai meghatározások történnek. A minta-előkészítés a gamma-spektrometriai elemzés esetén bepárlást (45 literrel 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. 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	9	-	11	5	Bq/l
H-3	T24	-	2	30	-	11	4	Bq/l
H-3	V2	-	2	6,7	-	12	7	Bq/l
H-3	Paks	-	2	6,1	-	12	9	Bq/l
Sr-90	V2	-	0,5	3,7	-	4	1	mBq/l
Sr-90	Paks	-	0,5	3,4	-	4	1	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.

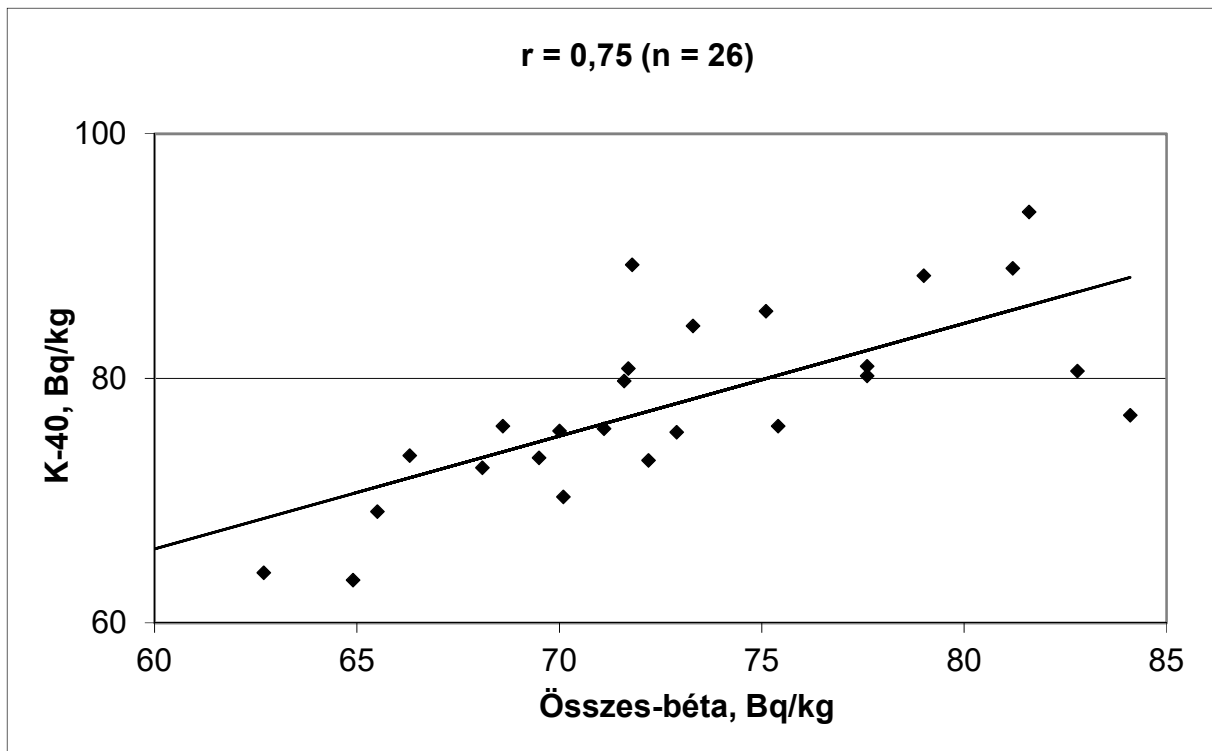
Látható, hogy a mesterséges radionuklidok halakban mért koncentrációi – a szárazföldi tápláléklánc elemeihez hasonlóan – igen kicsik, a minták nagyobb részben kimutatási határ alattiak.

A halakban mért összes-béta és ⁴⁰K izotóp aktivitás-koncentrációk közötti korrelációt az 5-6. ábra szemlélteti. A korreláció a tavalyi évhez képest gyengébb, de értéke magas, továbbra is markáns kapcsolatra utal. Ugyanakkor a halak – a szárazföldi állatoktól eltérően – koncentrálnak egyes fémeket, köztük természetes eredetű béta-sugárzó izotópokat, melyek 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	-	0,030	0,36	-	26	21
Sr-90	-	-	-	-	26	26
Összes-béta	72	59	84	6,3	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 szekszárdi 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 Szelidi-tónál a BAVKH NF LO is végez mintavételezést és mérést.)

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

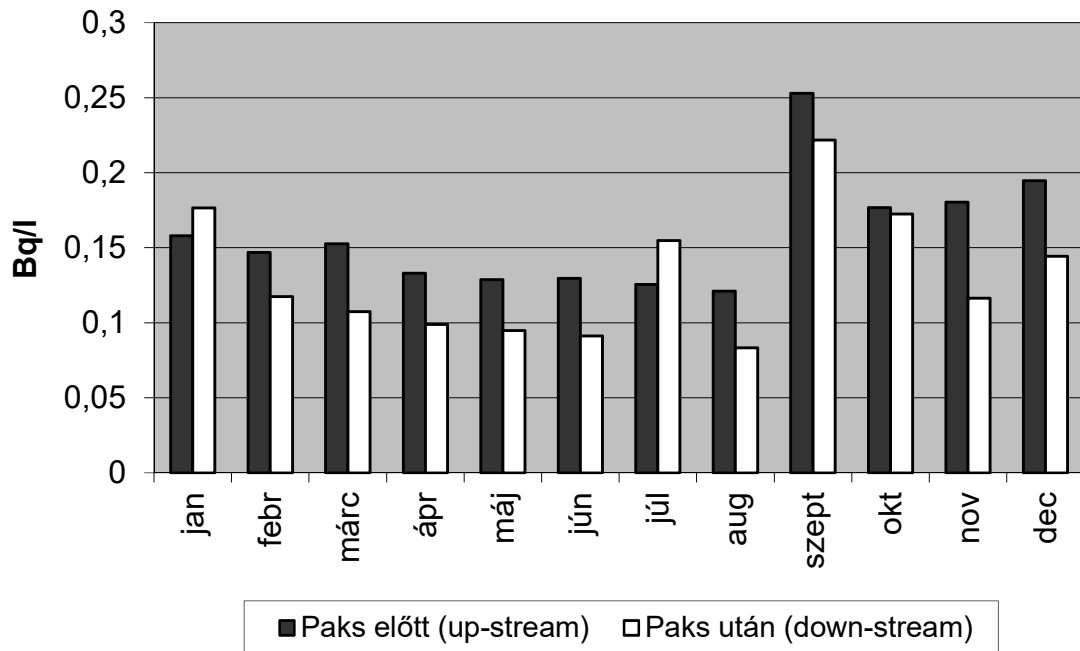
A heti-havi gyakorisággal vett Duna-víz mintákban meghatározott összes-béta aktivitás-koncentrációkat az 5-7. ábra, a hetente-havonta mért trícium-koncentráció értékeket pedig az 5-8. ábra szemlélteti a környezetvédelmi és az egészségügyi hatóság mérései alapján. A nagyszámú vízmintából meghatározott 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 5-8. 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.

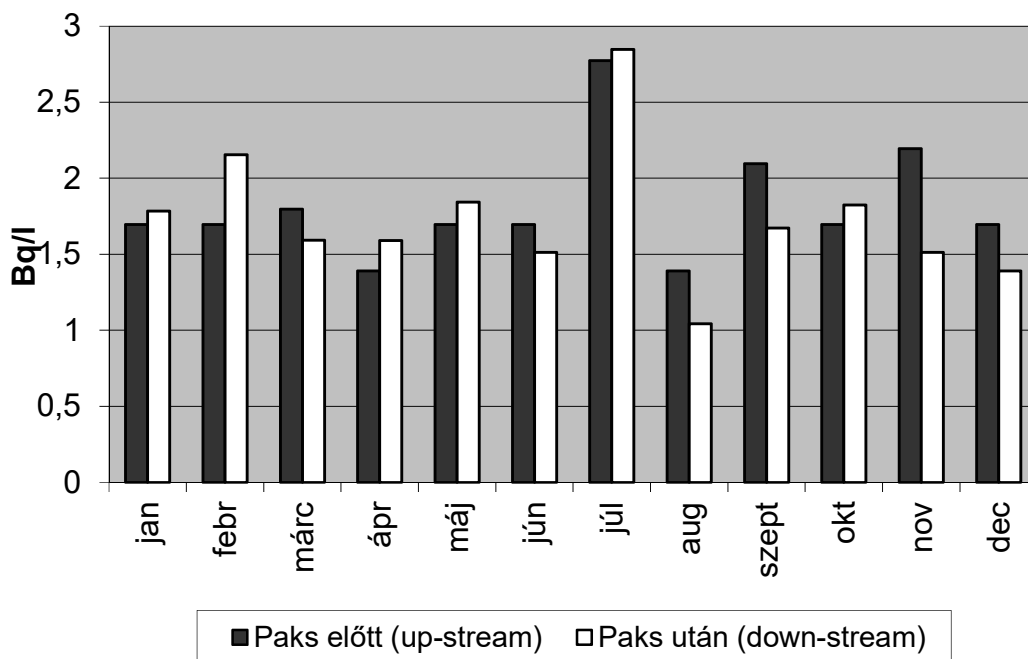
A Duna-vízben egyetlen radionuklid átlagos aktivitás-koncentrációja sem haladja meg lényegesen az alapszint értékeket, és általában a Paks után mért értékek nem magasabbak a Paks előtt mért értékeknél.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a Duna vizében az erőmű utáni szakaszon, erőművi eredetű lényeges radioaktív szennyeződés 2023-ban 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	0,16	0,065	0,31	30	-	0,2
	Paks után	0,13	0,011	0,38	68	-	
Cs-137	Paks előtt	-	0,00019	0,0047	10	8	
	Paks után	-	0,00013	0,0045	36	34	
K-40	Paks előtt	-	0,064	0,20	10	6	
	Paks után	0,077	0,0013	0,22	36	9	
H-3	Paks előtt	-	1,4	3,2	24	19	7,00
	Paks után	1,8	1,39	5,2	49	34	
Sr-90	Paks után	-	-	-	15	15	,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 0,14 - 0,28 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	-	0,14	0,22	9	-
	DK-i félkör, R≥10 km	0,23	0,18	0,28	18	-
Cs-137	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	6	6
K-40	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	6	6
H-3	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	3	3

* 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 680-1300 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 ¹³⁷Cs koncentráció 0,10 - 30 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	1100	770	1300	12	-	
	Paks után	990	680	1300	60	-	
Cs-137	Paks előtt	-	-	-	22	22	10,0
	Paks után	-	-	-	24	24	
K-40	Paks előtt	15	0,21	30	34	5	
	Paks után	18	0,20	27	82	8	
H-3	Paks előtt	490	210	790	34	-	
	Paks után	560	230	810	82	-	
Sr-90	Paks után	-	-	-	56	56	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 ¹³⁷Cs koncentrációi a dunainál kisebbek, 0,19 - 6,7 Bq/kg között mozogtak.

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	-	0,19	6,7	22	19
K-40	DK-i félkör, R \geq 10 km	260	190	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 ¹³⁷Cs koncentrációja 0,13 - 19 Bq/kg között mozgott, a ⁹⁰Sr 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	-	100	720	9	5
	DK-i félkör, R \geq 10 km	-	390	720	3	-
Cs-134	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	24	24
	ÉNY-i félkör, R \geq 10 km	-	-	-	21	21
	DK-i félkör, R \geq 10 km	-	-	-	28	28
Cs-137	ÉNY-i félkör, R<10 km	4,8	0,13	23	24	3
	ÉNY-i félkör, R \geq 10 km	4,0	0,26	19	21	10
	DK-i félkör, R \geq 10 km	5,1	0,70	10	28	4
K-40	ÉNY-i félkör, R<10 km	330	200	480	24	-
	ÉNY-i félkör, R \geq 10 km	380	220	3630	21	-
	DK-i félkör, R \geq 10 km	440	260	520	28	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, R \geq 10 km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, R \geq 10 km	-	-	-	3	3

* 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 2023-ban 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	-	110	810;	16	7
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	120	440	6	2
	DK-i félkör, R<10 km	-	110	340	7	2
	DK-i félkör, R≥10 km	-	140	630	4	2
Cs-137	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	9	9
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	4	4
	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	5	5
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	2	2
K-40	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	220	580	9	
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	120	450	4	
	DK-i félkör, R<10 km	-	120	310	5	
	DK-i félkör, R≥10 km	-	130	200	2	
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	2	2
	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	3	3

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

5.1.10 A növénymintákban mért aktivitás-koncentrációk

2023-ban 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 ^{90}Sr vizsgálatokat, továbbá gamma-spektrometriai elemzéseket végeztek.

5-15. táblázat

Legelői fű-minták aktivitás-koncentrációjának 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	-	150	190	2	
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	120	210	10	1
	DK-i félkör, R<10 km	-	110	200	2	
	DK-i félkör, R≥10 km	-	130	300	16	
Cs-137	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	2	2
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	9	9
	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	2	2
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	16	16
K-40	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	160	170	2	-
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	140	230	9	-
	DK-i félkör, R<10 km	-	110	220	2	-
	DK-i félkör, R≥10 km	-	130	300	16	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	2	2
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	8	8
	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	2	2
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	16	16

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

5-16. táblázat

Gyomnövény-minták aktivitás-koncentrációjának 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	-	190	190	1	
	DK-i félkör, R≥10 km	-	150	220	7	
Cs-137	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	1	1
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	7	7
K-40	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	190	190	1	-
	DK-i félkör, R≥10 km	-	170	390	7	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	1	1
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	7	7

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

5-17. táblázat

Nyers konyhakerti növények aktivitás-koncentrációjának 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	-	150	150	1	
	DK-i félkör, R≥10 km	-	70	200	3	
Cs-137	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	1	
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	3	3
K-40	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	130	130	1	-
	DK-i félkör, R≥10 km	-	53	240	3	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	1	1
	DK-i félkör, R≥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 0,58 - 0,67 Bq/l volt. A gamma-spektrometriai eredmények kimutatási határ alattiak voltak. A trícium-koncentrációk 0,9 - 4,5 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	0,098	0,058	0,17	18	
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	0,086	0,14	9	
	DK-i félkör, R≥10 km	0,11	0,071	0,67	19	1
Cs-137	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	6	6
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	6	6
H-3	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	2,0	2,9	11	18
	DK-i félkör, R≥10 km	-	0,90	4,5	12	5
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	6	6
	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.

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 ⁴⁰K 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	-	-	-	9	9
	DK-i félkör, R<10 km	55	41	63	14	4
	DK-i félkör, R≥10 km	58	56	62	19	-
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	-	41	53	9	-
	DK-i félkör, R<10 km	54	40	69	20	-
	DK-i félkör, R≥10 km	55	48	69	30	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	9	9
	DK-i félkör, R<10 km	-	0,019	0,045	8	3
	DK-i félkör, R≥10 km	-	0,0032	0,018	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)

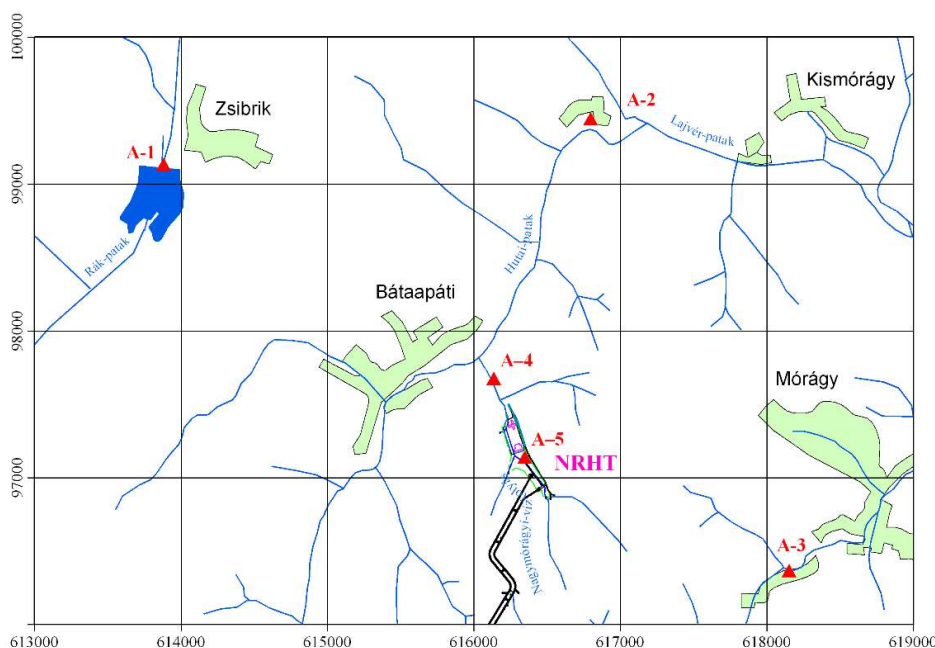
Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha
Sertés, Cs-137	ÉNY-i félkör, R \geq 10 km	-	-	-	1	1
Sertés, K-40	ÉNY-i félkör, R \geq 10 km	-	92	92	1	-
Szarvasmarha, Cs-137	ÉNY-i félkör, R \geq 10 km	-	-	-	1	1
Szarvasmarha, K-40	ÉNY-i félkör, R \geq 10 km	-	120	120	1	-
Baromfi, Cs-137	DK-i félkör, R \geq 10 km	-	-	-	1	1
Baromfi, K-40	DK-i félkör, R \geq 10 km	-	120	120	1	-

* 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.



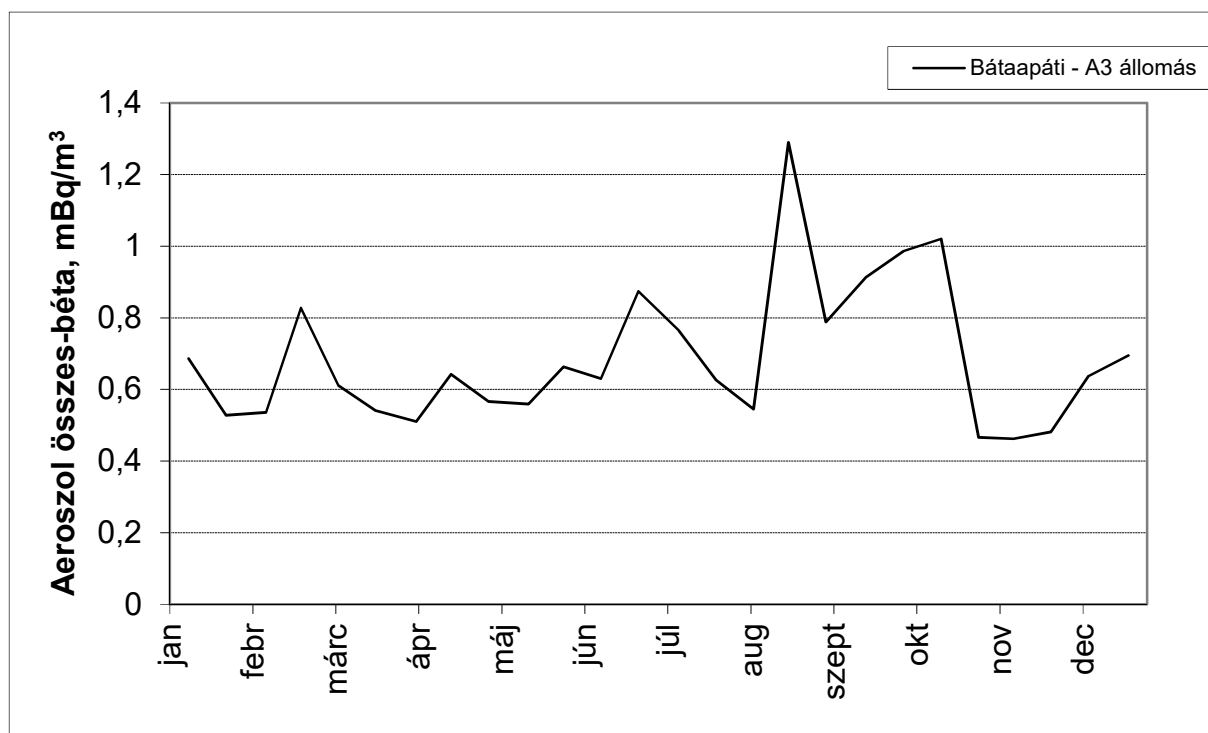
5-9. ábra

A bátaapáti NRHT környezetellenőrző állomásainak helyszínei

Az elhelyezett mintavevők 3 m³/h optimális térfogatárammal működnek. A jellemző mintavételi idő (14 nap) alatt közel 1000 m³ levegőmenyiség 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 portterhelés indokolja. Ennek oka elsősorban az állomások környezetében folyó emberi tevékenység (közlekedés, mezőgazdasági munka, tüzgújtás-fűtés), melynek 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

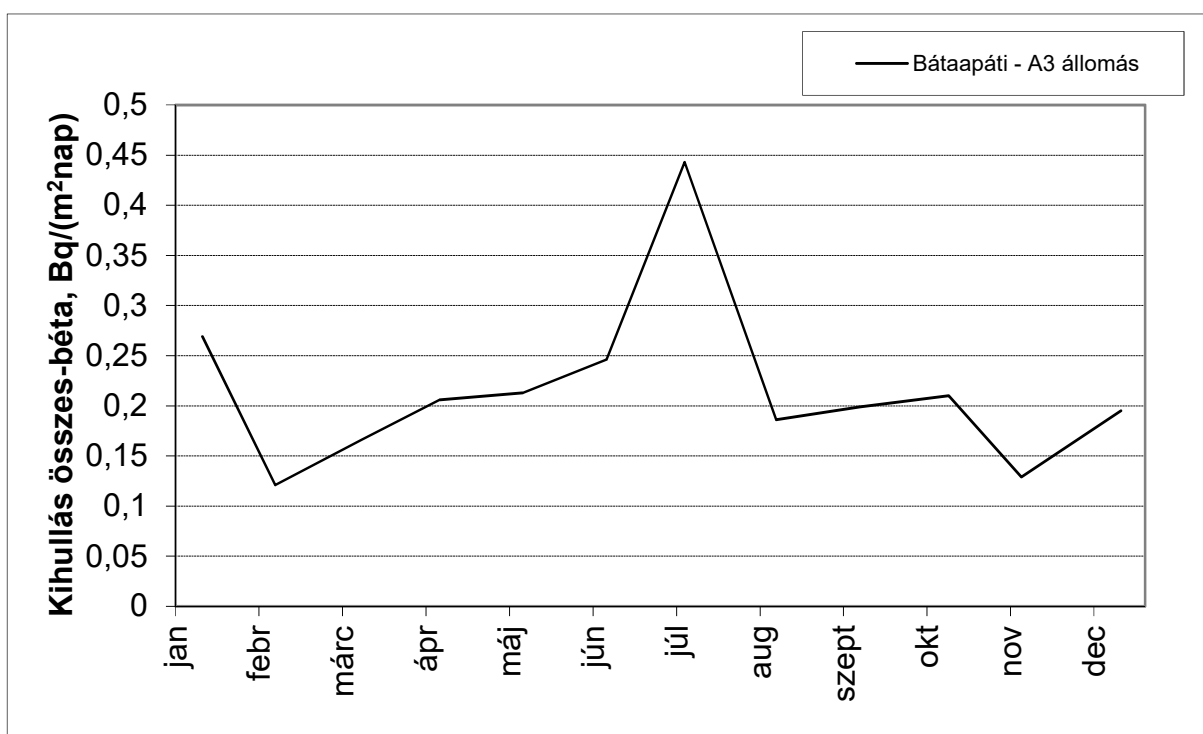
Radionuklid	Átlag (mBq/m ³)	Minimum (mBq/m ³)	Maximum (mBq/m ³)	Szórás (mBq/m ³)	N	Kha
Be-7	2,9	0,30	8,2	1,7	209	28
Co-60	-	-	-	-	209	209
Cs-137	-	-	-	-	209	209
K-40	-	-	-	-	209	209
Összes-béta	0,68	0,069	6,1	0,53	209	1

5.2.2 A bátaapáti NRHT környezetében mért kihullás eredmények

Öt helyszínen (A1-A5 mérőállomások), az aeroszol mintavevők közelében elhelyezett mintavevők folyamatos üzemű, szakaszosan üritett csapadékgyűjtő edények. A mintagyűjtő aktív felülete 1 m², a mintavételi idő 1 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	410	68	2500	440	60	33
Co-60	-	-	-	-	60	60
Cs-137	-	-	-	-	60	60
K-40	-	-	-	-	60	60
Összes-béta	280	73	840	180	60	2

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	-	1,5	2,4	-	5	2
K-40	-	290	360	-	5	0
Ra-226	-	60	76	-	5	0
Sr-90	-	0,22	0,29	-	3	0
Összes-béta	-	620	820	-	5	0

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

5-23. táblázat

In-situ mérések eredményei 2023-ban (a ¹³⁷Cs mérések Bq/m²-ben, a többiek Bq/kg-ban vannak megadva)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Bátaapáti	Ac-228	-	-	62	-	1	0
Bátaapáti	Bi-214	-	40	49	-	2	0
Bátaapáti	Cs-137	-	230	490	-	2	0
Bátaapáti	K-40	-	540	550	-	2	0
Bátaapáti	Pb-212	-	-	77	-	1	0
Bátaapáti	Pb-214	-	42	58	-	2	0
Bátaapáti	Tl-208	-	-	25	-	1	0
Mórággy	Ac-228	-	-	69	-	1	0
Mórággy	Bi-214	-	-	53	-	1	0
Mórággy	Cs-137	-	-	430	-	1	0
Mórággy	K-40	-	-	690	-	1	0
Mórággy	Pb-212	-	-	85	-	1	0
Mórággy	Pb-214	-	-	59	-	1	0
Mórággy	Tl-208	-	-	31	-	1	0
Mőcsény	Ac-228	-	-	38	-	1	0
Mőcsény	Bi-214	-	-	33	-	1	0
Mőcsény	Cs-137	-	-	250	-	1	0
Mőcsény	K-40	-	-	500	-	1	0
Mőcsény	Pb-214	-	-	35	-	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	-	0,36	0,89	-	4	0

5.2.5 A bátaapáti NRHT környezetében mért növényminták adatai

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

A növényminták mérési eredményeit az 5-25. táblázat foglalja össze.

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	-	850	1900	-	5	0
Ra-226	-	-	-	-	5	5
Sr-90	-	0,22	0,44	-	3	0
Összes-béta	-	610	1700	-	5	0

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

5-26. táblázat

A bátaapáti NRHT létesítményeinek környezetéből származó növényminták aktivitás-koncentrációja 2023-ban

Hely	Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Bátaapáti	Be-7	-	-	23	-	1	0
Bátaapáti	Cs-137	-	-	0,092	-	1	0
Bátaapáti	K-40	-	-	160	-	1	0
Bátaapáti	Pb-210	-	-	2,4	-	1	0
Bátaapáti	Sr-90	-	-	0,14	-	1	0
Bátaapáti	Összes-alfa	-	-	2,3	-	1	0
Bátaapáti	Összes-béta	-	-	180	-	1	0
Mórággy	Be-7	-	-	46	-	1	0
Mórággy	K-40	-	-	230	-	1	0
Mórággy	Pb-210	-	-	6,9	-	1	0
Mórággy	Pb-212	-	-	0,19	-	1	0
Mórággy	Pb-214	-	-	0,11	-	1	0
Mórággy	Sr-90	-	-	0,41	-	1	0
Mórággy	Tl-208	-	-	0,083	-	1	0
Mórággy	Összes-alfa	-	-	4,7	-	1	0
Mórággy	Összes-béta	-	-	280	-	1	0

5.3 A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló környezetellenőrzési mérési adatai

5.3.1 A püspökszilágyi RHFT környezetében mért aeroszol aktivitás-koncentráció adatok

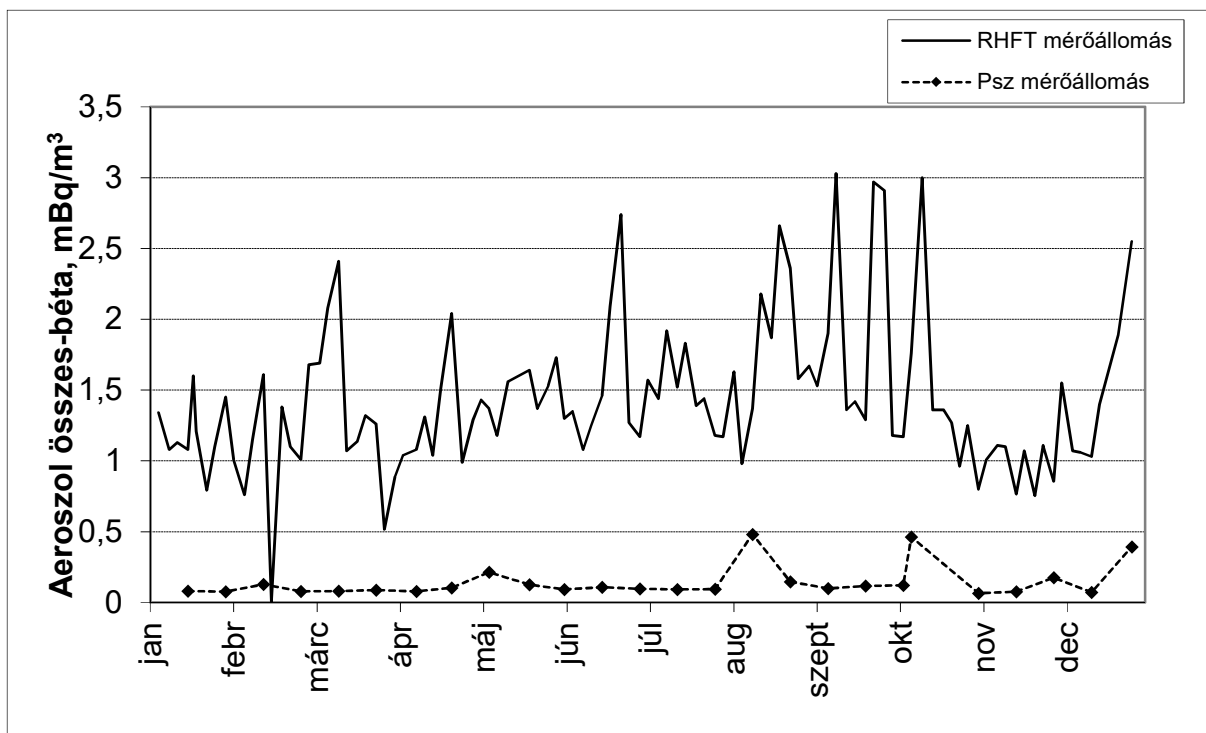
A püspökszilágyi RHFT környezetében mért aeroszol-koncentrációkat az 5-12. ábra és az 5-27. táblázat mutatja be. Az adatok két mintavevő összesített eredményeit tükrözik. Az egyik mintavevő a telephelyen, a másik a néhány km-re lévő Püspökszilágy faluban található.

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

A püspökszilágyi RHFT telephelyén és Püspökszilágyon mérhető aeroszol összes-béta aktivitások az 1976-os null-szintekhez ($4,8 \text{ mBq}/\text{m}^3$, illetve $29 \text{ mBq}/\text{m}^3$) hasonlóan alakultak. A két mintavételi helyen mérhető éves átlagos aeroszol aktivitás-koncentráció $1,18 \text{ mBq}/\text{m}^3$ 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 $3,03 \text{ mBq}/\text{m}^3$, Püspökszilágyon $0,48 \text{ mBq}/\text{m}^3$ volt 2023-ban.

Az 5-12 ábrán látható, az év során jelentkező kisebb ingadozások az alkalmanként megnövekvő porterhelésnek köszönhetőek, 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 $3 \text{ mBq}/\text{m}^3$ 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

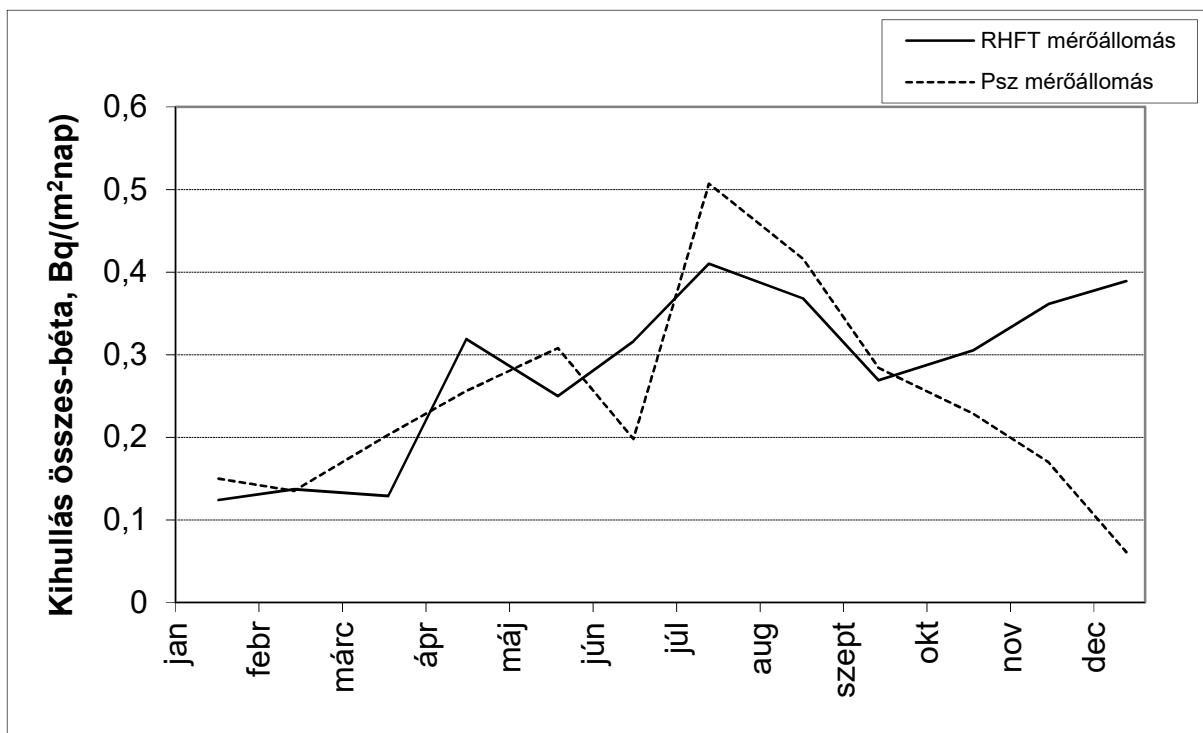
Meghatározás	Átlag (mBq/m ³)	Minimum (mBq/m ³)	Maximum (mBq/m ³)	Szórás (mBq/m ³)	N	Kha
Be-7	2,5	0,058	7,0	1,9	125	7
Cs-137	-	-	-	-	129	129
K-40	-	-	0,39	-	5	4
Összes-béta	1,2	0,0070	3,0	0,71	129	1

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 üritett csapadékgyűjtő edények. A mintagyűjtő aktív felülete 0,2 m², a mintavételi idő 1 hét.

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

A kihullásban mért összes-béta aktivitás időbeni változását 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	710	88	2000	520	24	0
Cs-137	-	-	-	-	24	24
K-40	-	-	410	-	24	23
Ra-226	-	-	-	-	1	1
Összes-béta	260	61	510	110	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	-	4,3	93	-	5	2
Cs-137	5,0	0,45	16	4,4	31	2
K-40	410	260	520	53	32	0
Ra-226	48	4,4	80	23	32	6
Sr-90	0,55	0,19	1,4	0,35	23	4
Összes-béta	590	320	710	88	32	0

Püspökszilágy térségében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek méréseket, melyek 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 2023-ban (Bq/kg)

Hely	Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Püspökszilágy	Ac-228	-	-	45	-	1	0
Püspökszilágy	Bi-212	-	-	24	-	1	0
Püspökszilágy	Bi-214	-	-	31	-	1	0
Püspökszilágy	Co-60	-	-	-	-	1	1
Püspökszilágy	Cs-134	-	-	-	-	1	1
Püspökszilágy	Cs-137	-	-	5,2	-	1	0
Püspökszilágy	K-40	-	-	520	-	1	0
Püspökszilágy	Pa-234m	-	-	27	-	1	0
Püspökszilágy	Pb-210	-	-	36	-	1	0
Püspökszilágy	Pb-212	-	-	36	-	1	0
Püspökszilágy	Pb-214	-	-	33	-	1	0
Püspökszilágy	Sr-90	-	-	0,66	-	1	0
Püspökszilágy	Th-234	-	-	27	-	1	0
Püspökszilágy	Tl-208	-	-	13	-	1	0
Püspökszilágy	U-235	-	-	3,2	-	1	0
Püspökszilágy	Összes-béta	-	-	700	-	1	0

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

5-31. táblázat

In-situ mérések eredményei 2023-ban (a ¹³⁷Cs mérések Bq/m²-ben, a többiek Bq/kg-ban vannak megadva)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Kisnémedi	Ac-228	-	-	40	-	1	0
Kisnémedi	Bi-214	-	-	33	-	1	0
Kisnémedi	Cs-137	-	-	980	-	1	0
Kisnémedi	K-40	-	-	500	-	1	0
Kisnémedi	Pb-212	-	-	51	-	1	0
Kisnémedi	Pb-214	-	-	36	-	1	0
Kisnémedi	Tl-208	-	-	17	-	1	0
Püspökszilágy	Ac-228	-	27	39	-	4	0
Püspökszilágy	Be-7	-	-	12	-	1	0
Püspökszilágy	Bi-214	-	16	33	-	5	0
Püspökszilágy	Cs-137	-	180	1700	-	5	0
Püspökszilágy	K-40	-	260	470	-	5	0
Püspökszilágy	Pb-212	-	19	42	-	4	0
Püspökszilágy	Pb-214	-	15	35	-	5	0
Püspökszilágy	Tl-208	-	7,6	16	-	5	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 ¹³⁷Cs 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	-	-	0,0041	-	9	8
K-40	-	0,31	0,39	-	3	0
Ra-226	-	-	0,061	-	5	4
Összes-béta	-	0,15	0,39	-	9	0

5.3.5 A püspökszilágyi RHFT környezetében mért növényzet adatok

A növényzetet a telephely környezetében 17 ponton félévente, illetve évente mintázzák. (A növényzet fogalma általános esetben fűféléket jelent, némely esetben gombát.) A mintát szárítószekrényben 105°C-on 24 órán át szárítják, majd aprítógéppel 3 mm-es darabokra darálják és homogenizálják, ezt követően 300°C-on elhamvasztják. Jellemző kimutatási határok: 40 Bq/kg (összes-béta aktivitás) 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	96	7,8	180	46	25	0
Cs-137	-	-	-	-	27	27
K-40	660	270	1400	310	27	0
Sr-90	0,30	0,058	0,88	0,21	20	2
Összes-béta	590	270	1000	240	28	0

A NÉBIH laboratóriumai végeztek növény minta méréseket is Püspökszilágy térségében, melyek eredményeit az 5-34. táblázat mutatja be.

5-34. táblázat

A püspökszilágyi RHFT létesítményeinek környezetéből származó növényminták aktivitás-koncentrációja 2023-ban (Bq/kg)

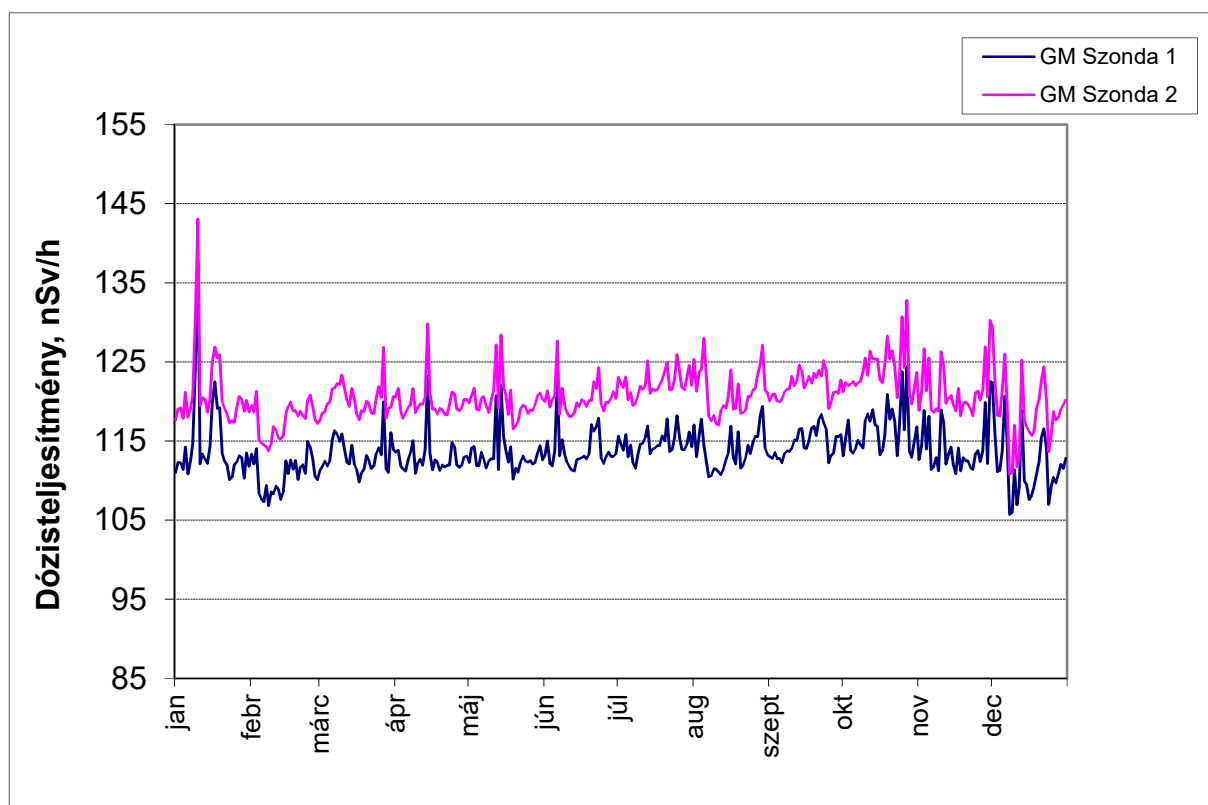
Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Püspökszilágy	Be-7	-	-	10	-	1	0
Püspökszilágy	K-40	-	-	190	-	1	0
Püspökszilágy	Pb-210	-	-	0,88	-	1	0
Püspökszilágy	Sr-90	-	-	0,13	-	1	0
Püspökszilágy	Összes-alfa	-	-	3,3	-	1	0
Püspökszilágy	Összes-béta	-	-	190	-	1	0

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 2023-ban két „környezeti” elhelyezésű állomáson

A szondák az intézetben kifejlesztett elektronikát és 2 GM-csövet tartalmaznak: egy nagy érzékenységgűt (10 nGy/h – 1 mGy/h) a normális, és egy kis érzékenységgűt (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) ill. 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, ill. 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	1,0	0,20	4,2	1,0	102	52
Co-60	-	-	-	-	102	102
Cs-137	-	-	-	-	102	102
I-125	0,35	0,011	8,2	0,65	255	209
I-131	0,15	0,017	3,2	0,24	255	228
Összes-béta	1,8	0,072	12	1,1	1141	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, illetve néhány alkalommal a telephelyi laboratóriumokban mért, illetve készített sugárforrásokhoz köthető ^{60}Co , ^{137}Cs és ^{57}Co 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	56	-	51	16
Co-60	-	-	-	-	51	51
Cs-137	-	-	-	-	51	51
I-125	0,3	<0,3	6,2	-	51	38
I-131	<1	<1	4,3	-	51	49

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	55	10	141	-	12	0
Co-60	-	-	-	-	12	12
Cs-137	-	-	-	-	12	12
I-125	0,3	<0,2	1,3	-	12	6
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 nem végzett talajvizsgálatot 2023-ban.

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 °C-os szárítást követően aprítják, majd gamma-spektrometriával vizsgálják. A vizsgálatok eredményét az 5-38. táblázat tartalmazza. A táblázatban megadott ^{60}Co mérés a radioaktivitást jól akkumuláló mohamintákból származik, és egy korábbi lokális, kismértékű szennyeződés maradványa.

5-38. táblázat

A KFKI telephelyen végzett fű- gomba-és mohaminta mérések eredményeinek 2023. évi összefoglalása

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Be-7	-	-	-	-	6	6
I-125	-	-	-	-	6	6
I-131	-	-	-	-	6	6
Cs-137	18	9,9	49	19	6	2
Co-60	0,6	3,5	3,5	1,4	6	5
K-40	-	-	-	-	6	6

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

5-39. táblázat

A KFKI környezetéből származó növényminták aktivitás-koncentrációja 2023-ban

Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Be-7	69	1,6	290	74	50	1
Bi-212	8,6	1,7	30	4,9	50	20
Bi-214	3,3	1,4	13	2,0	50	23
Co-60	-	-	-	-	50	50
Cs-134	-	-	-	-	50	50
Cs-137	-	-	-	-	50	50
I-125	0,99	0,23	3,9	0,64	50	33
I-131	-	0,21	1,4	-	50	47
K-40	150	5,8	210	39	50	1
Pb-210	18	2,4	70	16	50	14
Pb-212	9,1	0,22	37	8,1	50	0
Pb-214	2,5	0,62	8,7	1,3	50	29
Sb-125	-	0,45	3,7	-	50	47
Tl-208	2,5	0,25	13	2,6	50	35
U-235	-	0,22	1,8	-	50	46

5.5 A BME NTI Oktatóreaktor telephely környezetellenőrzési mérési adatai

A BME NTI Oktatóreaktor környékén 2023. 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. – 5-44. táblázatok mutatják be. A 2023. évi környezetellenőrző mérések eredményei megfeleltek az elmúlt években mért értékeknek. A 2023. áprilistól az új kibocsátás-ellenőrzési szabályzat szerint a Duna vízének mérése nem szükséges, emiatt a Dunában csak az első negyedévben történtek havi mérések.

5-40. táblázat
2023-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	7,68E-04	5,08E-04	1,18E-03	-	11	1
Összes gamma	-	3,43E-03	4,74E-03	-	11	6

5-41. táblázat
2023. évi Dunavíz-minták aktivitás-koncentrációja

Nuklid	Átlag (Bq/m ³)	Minimum (Bq/m ³)	Maximum (Bq/m ³)	Szórás	N	Kha
Összes-béta	-	1,23E+03	3,49E+03	-	3*	-
Összes gamma	-	4,05E+03	5,17E+03	-	3*	1

5-42. táblázat
2023. 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	5,49E+00	1,09E+00	1,08E+01	3,21	12	-

5-43. táblázat
Fűminták aktivitás-koncentrációja

Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
K-40	-	2,74E-01	6,24E-01	-	2	-
Tórium sor	-	2,17E-03	3,45E-03	-	2	-
Urán sor	-	4,14E-03	6,77E-02	-	2	-
Co-60	-	6,77E-04	1,69E-03	-	2	-
Cs-137	-	-	1,01E-03	-	2	1
Cs-134	-			-	2	2
I-131	-			-	2	2
I-129	-			-	2	2

5-44. táblázat
Talajminták aktivitás-koncentrációja

Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
K-40	-	7,91E-02	1,21E-01	-	2	
Tórium sor	-	6,30E-03	1,65E-02	-	2	
Urán sor	-	1,13E-02	2,36E-02	-	2	
Co-60	-	6,67E-05	1,71E-04	-	2	
Cs-137	-	2,30E-03	6,91E-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 zagyártározói rekultiváció, jelenleg viszont a kémiai vízkezelés, az ezzel összefüggő hulladék elhelyezés, illetve a bányavízkezelés és U-koncentrátum-gyártási tevékenység ellenőrzésére szolgálnak.

Ugyan a zagyártározói rekultiváció 2008. év végén befejeződött, az ott telepített állomások egy részét (I. zagyártározó, 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 2023-ban

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	7	7
Th-234	-	88	160	-	7	4
Ra-226	-	110	270	-	7	3
Pb-214	-	110	280	-	7	3
Bi-214	-	110	260	-	7	3
Pb-210	-	1700	6100	-	7	-
Ac-228	-	-	-	-	7	7
Pb-212	-	21	42	-	7	-
Bi-212	-	-	-	-	7	7
Tl-208	-	-	-	-	7	7
K-40	-	290	730	-	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

Kb. 1 m²-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 μ m alatti szemcseméretre. A gamma-spektrometriai vizsgálatot 1000g tömegű mintán végzik.

2023-ban a I. bányauzem udvar talajában mért aktivitás-koncentrációk mérési eredményeit az alábbi táblázat foglalja össze:

5-46. táblázat

Az I. bányüzem udvar, talajminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2023-ban

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	1,5	-	4	3
Th-232	-	48	53	-	4	-
Ra-226	-	38	71	-	4	-
Pb-214	-	32	70	-	4	-
Bi-214	-	33	74	-	4	-
Pb-210	-	50	97	-	4	-
Ac-228	-	35	44	-	4	-
Pb-212	-	32	43	-	4	-
Bi-212	-	30	50	-	4	-
Tl-208	-	35	46	-	4	-
K-40	-	600	930	-	4	-
Cs-137	-	-	2,8	-	4	3

2023-ban a I. bányüzemi meddőhányón végzett vertikális és horizontális vizsgálatok, aktivitás-koncentrációk mérési eredményeit növényminták 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 I. bányüzemi meddőhányón végzett horizontális migrációs vizsgálat - talajminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2023-ban

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	3,7	7,0	-	8	5
Th-232	-	29	180	-	8	-
Ra-226	-	27	160	-	8	-
Pb-214	-	26	150	-	8	-
Bi-214	-	27	150	-	8	-
Pb-210	-	35	190	-	8	-
Ac-228	-	31	39	-	8	-
Pb-212	-	30	38	-	8	-
Bi-212	-	28	45	-	8	-
Tl-208	-	31	41	-	8	-
K-40	-	540	850	-	8	-
Cs-137	-	2,2	3,9	-	8	5

5-48. táblázat

A I. bányászati meddőhányón végzett vertikális migrációs vizsgálat - talajminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2023-ban

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	3	3
Th-232	-	34,0	42,0	-	3	-
Ra-226	-	27,2	38,6	-	3	-
Pb-214	-	27,5	35,4	-	3	-
Bi-214	-	27,7	34,0	-	3	-
Pb-210	-	13,7	47,4	-	3	-
Ac-228	-	36,5	43,7	-	3	-
Pb-212	-	34,1	42,4	-	3	-
Bi-212	-	37,4	55,5	-	3	-
Tl-208	-	38,5	47,2	-	3	-
K-40	-	604,0	670,0	-	3	-
Cs-137	-	-	8,3	-	3	2

5.6.3 A BVH Kft. környezetében vett növényminták mérési eredményei

A növényminta vétele egyényári, nem termesztett növények (fű, gyom) föld feletti részének (gyökér nélkül) összegyűjtésével (sarlózás) történik, kb. 1 kg mennyiségben, a tenyészidőszak utolsó harmadában (legkorábban augusztus hónapban). Szárítás és hamvasztás előtt tömegmérés történik a szárazanyag-tartalom és hamutartalom $\pm 0,1\%$ pontosságú megadásához. A hamu alacsony háttérű összes alfa-béta számlálón történő mérésével 1000–3600 s mérési idővel, a K-40 ekvivalens fajlagos aktivitás $\pm 10\%$ pontosságú megadásával. A gamma-spektrometriai vizsgálatot 1000g tömegű mintán végeznek.

2023-ban az I. bányászati udvarban vett növény mintákban mért aktivitás-koncentrációk mérési eredményeit az alábbi táblázatban foglaljuk össze:

5-49. táblázat

A I. bányászati udvar, növényi hamu minták gamma-spektrometriai és össz-béta aktivitás vizsgálati eredmények 2023-ban

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	4	4
Th-232	-	-	71	-	4	3
Ra-226	-	48	380	-	4	-
Pb-214	-	42	890	-	4	-
Bi-214	-	48	560	-	4	-
Pb-210	-	92	440	-	4	-
Ac-228	-	-	-	-	4	4
Pb-212	-	-	-	-	4	4
Bi-212	-	-	-	-	4	4
Tl-208	-	-	-	-	4	4
K-40	-	5100	9900	-	4	-
Cs-137	-	-	-	-	4	4

2023-ban az I. bányászati meddőhányón végzett vertikális és horizontális vizsgálatok (mintavétel menetét lásd feljebb), aktivitás-koncentrációk mérési eredményei növényminták esetében az alábbi táblázatokban foglaljuk össze.

5-50. táblázat

A I. meddőhányón végzett horizontális migrációs vizsgálat - növényminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2023-ban

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	11	11	-	8	7
Th-232	-	25	1500	-	8	-
Ra-226	-	26	750	-	8	1
Pb-214	-	42	680	-	8	1
Bi-214	-	48	750	-	8	1
Pb-210	-	530	1600	-	8	-
Ac-228	-	-	-	-	8	8
Pb-212	-	17	28	-	8	4
Bi-212	-	-	-	-	8	8
Tl-208	-	-	-	-	8	8
K-40	-	1200	3000	-	8	-
Cs-137	-	-	-	-	8	8

5-51. táblázat

A I. meddőhányón végzett vertikális migrációs vizsgálat - növényminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2023-ban

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	3	3
Th-232	-	-	52	-	3	2
Ra-226	-	-	62	-	3	2
Pb-214	-	-	170	-	3	2
Bi-214	-	-	220	-	3	2
Pb-210	-	1200	1300	-	3	-
Ac-228	-	-	-	-	3	2
Pb-212	-	-	-	-	3	2
Bi-212	-	-	-	-	3	2
Tl-208	-	-	-	-	3	2
K-40	-	900	1500	-	3	-
Cs-137	-	-	-	-	3	3

6 Országhatáron túli hatások

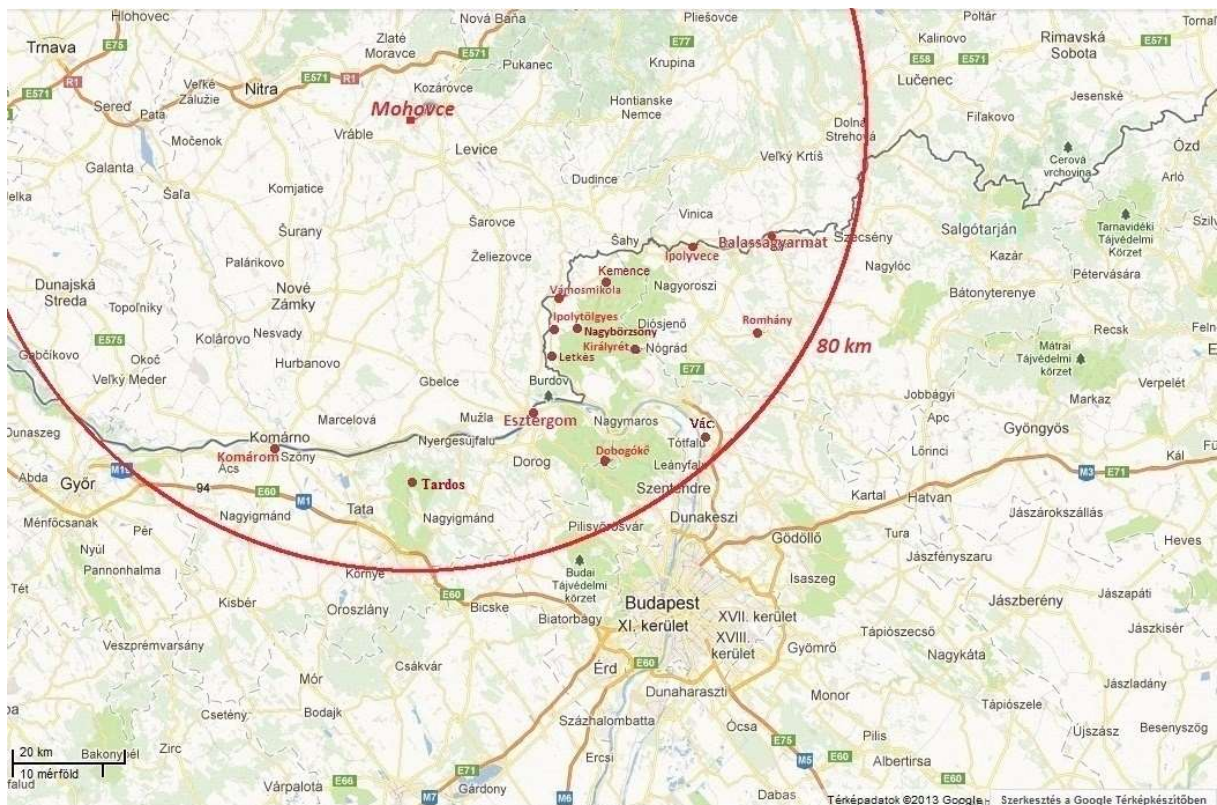
6.1 A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért eredmények

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 mérések 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 2023-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	16	48	5,8	24	0
Bi-214	36	24	76	12	25	0
Cs-137	1,2	0,12	2,5	0,76	26	2
K-40	44`	31`	62`	72	26	0
Pb-212	33	20	59	6,7	21	0
Pb-214	37	21	73	13	26	0
Tl-208	27	15	41	5,4	21	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 2023. évi dózisteljesítmény méréseinek eredményei (ERMAH)

Település	Dózisteljesítmény 1. félév (nSv/h)	Dózisteljesítmény 2. félév (nSv/h)
Komárom	76	78
Tardos	94	95
Esztergom	98	87
Dobogókő	80	82
Királyrét	83	86
Vámosmikola	92	86
Romhány	110	85
Balassagyarmat	79	83

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 2023. évi dózisteljesítmény méréseinek eredményei

Település	Átlag (nSv/h)	Minimum (nSv/h)	Maximum (nSv/h)	Szórás, (nSv/h)	N	Kha
Kemence	-	97	100	-	3	0
Nagybörzsöny	-	73	97	-	2	0
Perőcsény	-	100	100	-	2	0
Vámosmikola	-	-	86	-	1	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 lehet kimutatni, a mesterséges eredetű ¹³⁷Cs izotóp aktivitás-koncentrációja jellemzően kimutatási határ alatti, (0,0513 – 0,3063 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 2023-ban, Bq/(m²·30 nap)

Radionuklid	Átlag (Bq/(m ² ·30 nap))	Minimum (Bq/(m ² ·30 nap))	Maximum (Bq/(m ² ·30 nap))	Szórás (Bq/(m ² ·30 nap))	N	Kha
Be-7	67	27	165	34	24	0
Cs-134	-	-	-	-	24	24
Cs-137	-	0,19	0,21	-	24	22
K-40	13	2,7	52	14	24	4
Pb-210	9	3	21	4	24	0
Összes-béta	20	4	60	15	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 2023-ban

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	2	2
Cs-137	7,3	1,6	23	5,6	11	0
K-40	470	330	570	65	11	0
Sr-90	-	0,84	1,1	-	2	0
Összes-béta	-	400	680	-	9	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. Ezekre a mintákra 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 2023-ban

Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	16	16
Cs-137	-	0,057	0,89	-	22	14
K-40	470	140	1000	250	22	0
Sr-90	1,0	0,073	2,4	0,66	16	0
Összes-alfa	10	1,9	28	7,4	16	2
Összes-béta	470	150	970	220	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 évente egyszer (ősszel). Ezekre a mintákra 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, vadon termő ehető gombákból, illetve a gyökérzöldségekből, – 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 2023-ban

Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	2	2
Cs-137	-	-	0,083	-	6	5
K-40	-	40	140	-	6	0
Összes-béta	-	34	130	-	6	0

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

Az NNGYK SSFO három határ menti településen (Kemence, Ipolydamásd és Nagybörzsöny) vesz felszíni vízmintákat félévente. 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	5,4	-	4	2
K-40	-	0,075	0,24	-	4	0
Összes-béta	-	0,120	0,25	-	4	0

Az NNGYK SSFO ugyanezekre a helyszíneken, ugyancsak féléves 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	1,9 ± 0,1	3,3 ± 0,1
Letkés	5,6 ± 0,2	-
Nagybörzsöny	1,6 ± 0,1	11,7 ± 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	-	-	-	-	1	1
H-3	-	2,0	4,8	-	5	2
K-40	-	0,055	0,10	-	4	1
Rn-222	-	4,7	4,8	-	2	0
Sr-90	-	-	-	-	1	1
Összes-alfa	-	-	-	-	1	1
Összes-béta	-	0,030	0,13	-	7	1

7 Kibocsátási eredmények

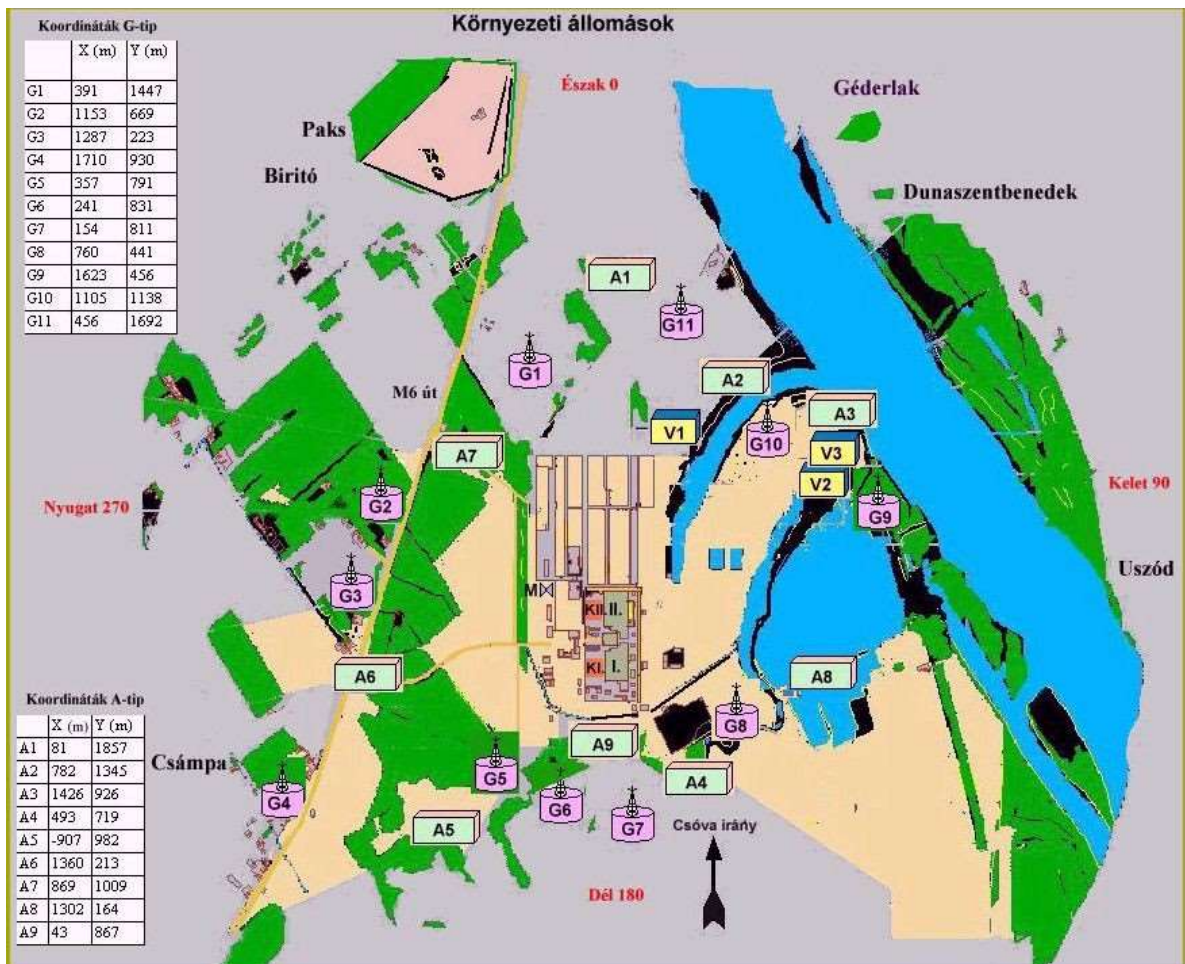
7.1 A Paksi Atomerőmű kibocsátásai

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 2023-ban a következő volt:

1. blokk: november 17. – december 23.
2. blokk: február 17. – március 13.
3. blokk: április 28. – június 22.
4. blokk: 2023-ban nem volt karbantartás



7-1. ábra

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

7.1.1 Léggöri kibocsátás

A léggöri kibocsátás radioizotópjainak aktivitása a 7-1. táblázatban látható. Az értékek a hatóság 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 határérték kritérium kihasználtsága.)

7-1. táblázat
Éves nuklidspecifikus kibocsátások (a hatóság által jóváhagyott üzemi mérések), 2023.

Izotóp	Kibocsátás ¹ [Bq]	Éves korlát ² [Bq]	A kibocsátási korlát kihasználtsága ³
^{41}Ar	1,59E+13	4,60E+16	3,46E-04
^{85}Kr	2,94E+10	1,20E+19	2,45E-09
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	2,36E+12	4,10E+17	5,77E-06
^{87}Kr	1,43E+12	7,30E+16	1,96E-05
^{88}Kr	1,26E+12	2,90E+16	4,34E-05
^{133}Xe	4,05E+12	2,00E+18	2,03E-06
^{135}Xe	3,25E+12	2,40E+17	1,35E-05
^3H (HT)	3,39E+11	2,20E+17	1,54E-06
^3H (HTO)	3,58E+12	1,70E+17	2,10E-05
^{14}C (CO ₂)	3,87E+10	1,30E+14	2,97E-04
^{14}C (CH ₄)	7,58E+11	1,50E+21	5,05E-10
^{89}Sr	2,37E+05	4,30E+12	5,88E-08
^{90}Sr *	1,60E+05	3,70E+11	4,49E-07
^{24}Na	4,41E+07	1,50E+15	3,27E-08
^{42}K	4,02E+08	1,70E+16	2,64E-08
^{51}Cr	1,08E+07	8,80E+14	1,25E-08
^{54}Mn	1,22E+06	1,80E+13	6,88E-08
^{58}Co	1,15E+06	2,10E+13	5,57E-08
^{59}Fe	2,84E+06	1,10E+13	2,62E-07
^{60}Co	2,57E+06	2,40E+12	1,09E-06
^{65}Zn	3,11E+06	2,30E+12	1,37E-06
^{75}Se	1,04E+06	2,90E+12	3,63E-07
^{76}As	2,23E+08	1,10E+15	2,05E-07
^{95}Nb	1,36E+06	4,90E+13	2,83E-08
^{95}Zr	2,14E+06	2,30E+13	9,45E-08
^{99}Mo	2,04E+06	1,90E+15	1,17E-09
^{103}Ru	1,04E+06	8,70E+12	1,22E-07
^{106}Ru *	1,13E+07	2,30E+11	4,98E-05
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	4,16E+06	4,80E+12	8,72E-07
^{124}Sb	1,05E+06	8,90E+12	1,20E-07
^{125}Sb	3,23E+06	1,40E+13	2,33E-07
^{131}I aer.	2,06E+06	3,70E+12	5,84E-07
^{131}I elemi	3,25E+06	7,80E+11	4,22E-06
^{131}I szerves	1,17E+07	9,50E+13	1,23E-07
^{132}I elemi	3,70E+05	3,20E+15	1,16E-10
^{133}I elemi	6,51E+06	3,70E+14	1,76E-08
^{133}I szerves	1,98E+07	1,30E+15	1,52E-08
^{134}Cs	1,10E+06	8,20E+11	1,36E-06
^{137}Cs *	2,62E+06	1,00E+12	2,64E-06
^{140}Ba *	1,08E+07	2,90E+13	3,85E-07
^{141}Ce	1,33E+06	4,60E+13	2,96E-08
^{144}Ce *	1,21E+07	3,50E+12	3,50E-06

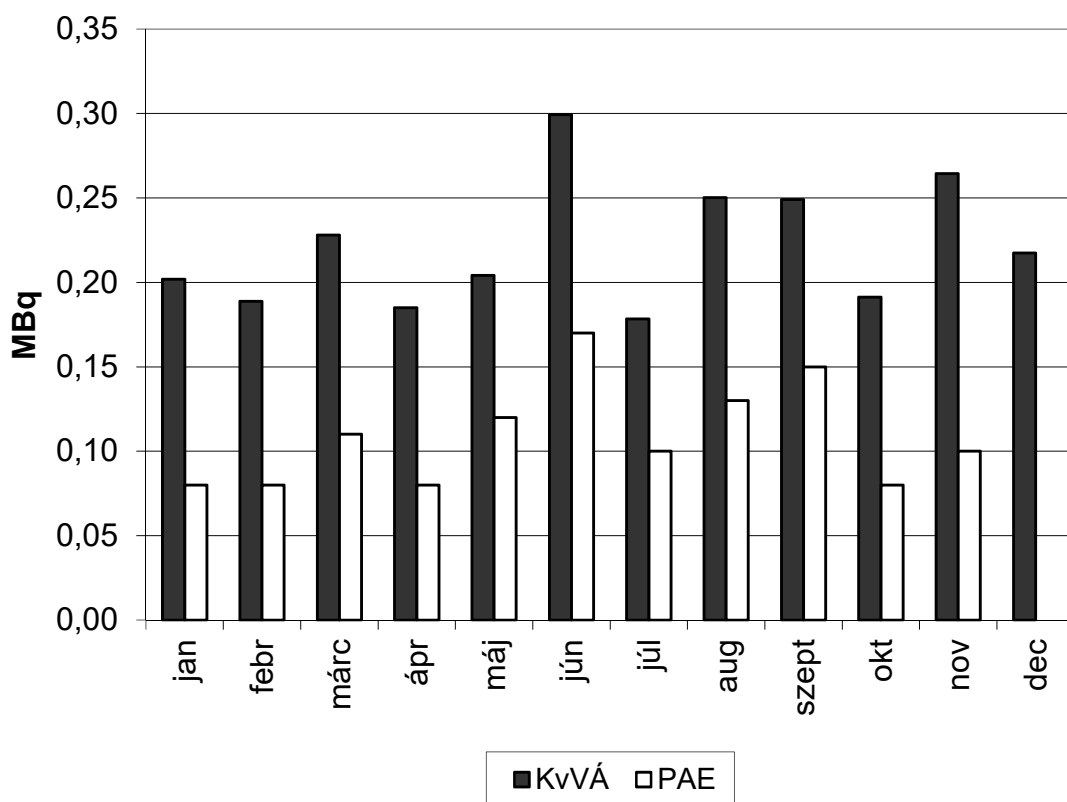
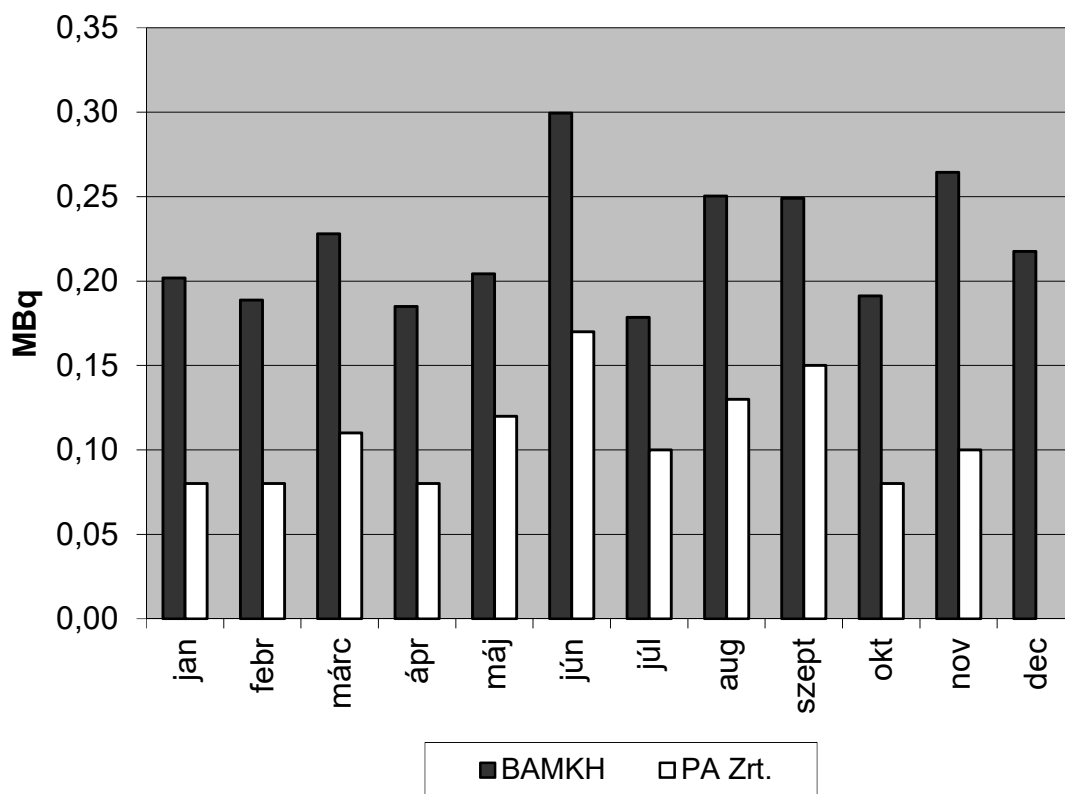
¹⁵⁴ Eu	2,03E+06	5,10E+12	4,01E-07
Összesen	-	-	8,19E-04

a *-gal jelölt izotópok aktivitását leányelemükkel együtt adtuk meg, a táblázatban a blokki kibocsátásokat¹, a kéményen keresztül történő, 120 m magasságra vonatkozó korlátokat² és a teljes kihasználtságot³ szerepeltetjük, beleértve az egészségügyi épület kihasználtságát is.

Az aeroszol-kibocsátások 54%-a a 3.-4. blokk szellőzőkéményén keresztül történt, a két kiépítés kibocsátási arányai radionuklidtól függően 0,68 – 2,2 közöttiek voltak. Az aeroszolok teljes éves kibocsátásában aktivitását tekintve az ⁷⁶As, 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 módszerrel nem torzítják a kibocsátási eredményeket. Az üzem a napi ágon mért kimutatott értékeket akkor tekinti a legnagyobbknak, ha azok összege a kimutatási határok nélkül is meghaladja a nagyobbik heti ág értékét, így kerülve el az ultrakonzervatív kiugró értékeket. 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.



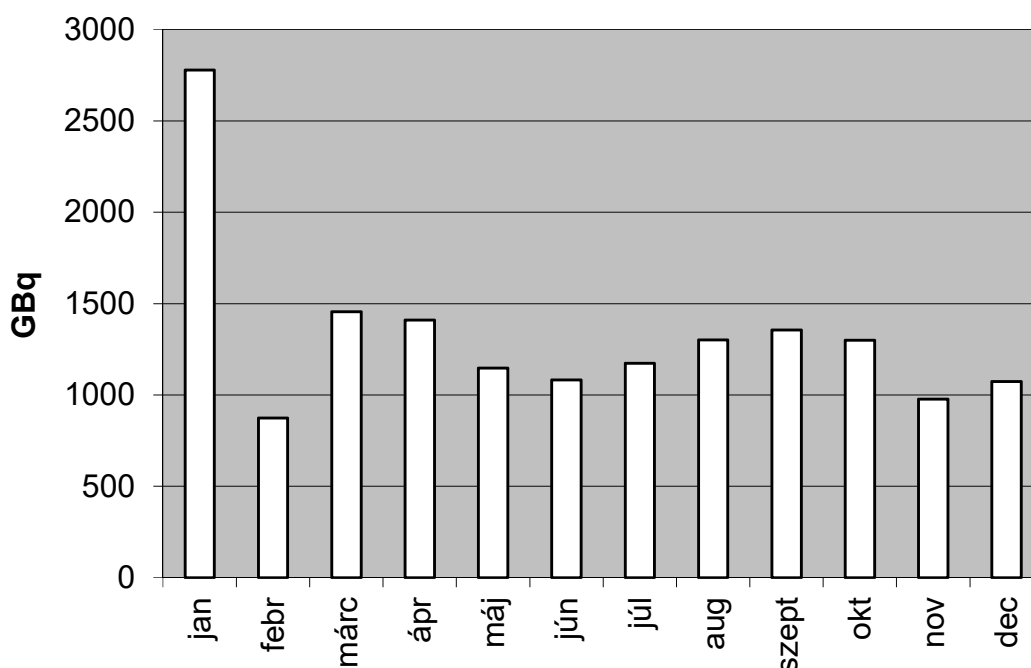
7-2. ábra

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 kibocsátásokat tekintve – a kibocsátási határérték kihasználás értéke a 2022. évhez hasonlóan igen kicsi, 0,082% 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 2023-ban 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 vízvezető (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 804 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.

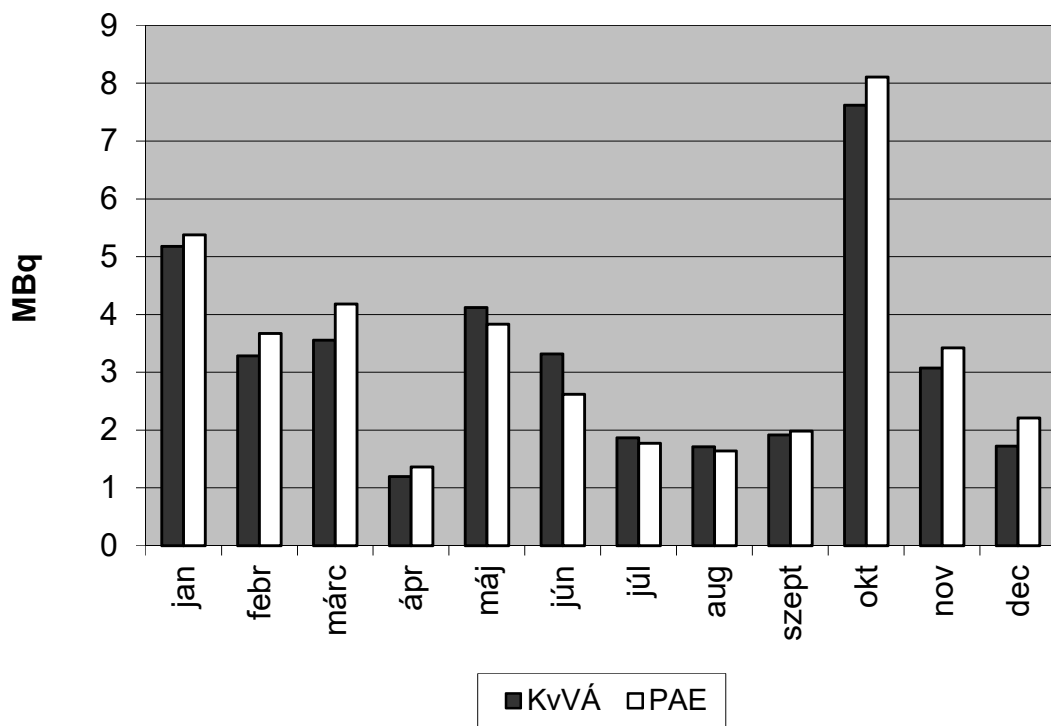
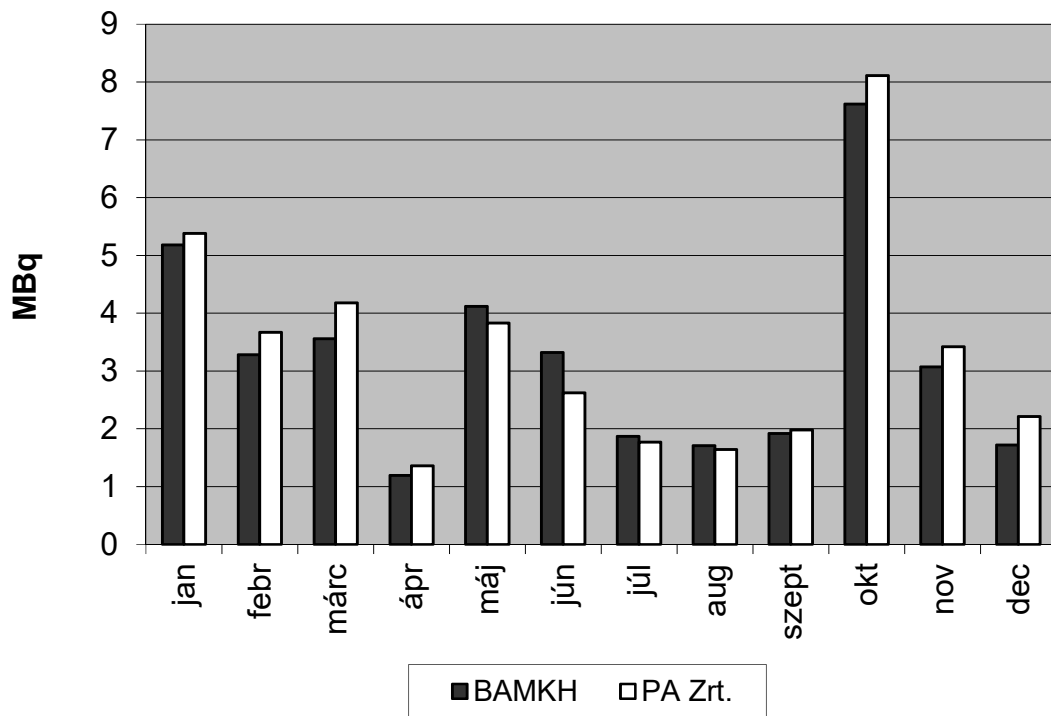
A befolyó és elvezető csatornák (V1, V2 és V3 jelű) vizének mérése, elsősorban az esetleg nem üzemszerűen távozó szennyeződések ellenőrzése céljából történik. A kibocsátási értékek a tartályokból kiengedett víz térfogatának és aktivitás-koncentrációjának segítségével határozhatók meg pontosan.

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 2023-ban az ellenőrző tartályokból összesen 43654 m³ vizet bocsátott a Dunába. 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 (TM-jelű), mint a kommunális és laboratóriumi eredetű vizeknél (XZ és RZ-jelű). 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 októberi növekményt egy a szokásosnál jelentősen magasabb aktivitású, de határértéken belüli, hulladékvíz kibocsátása okozta.



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

7-2. táblázat

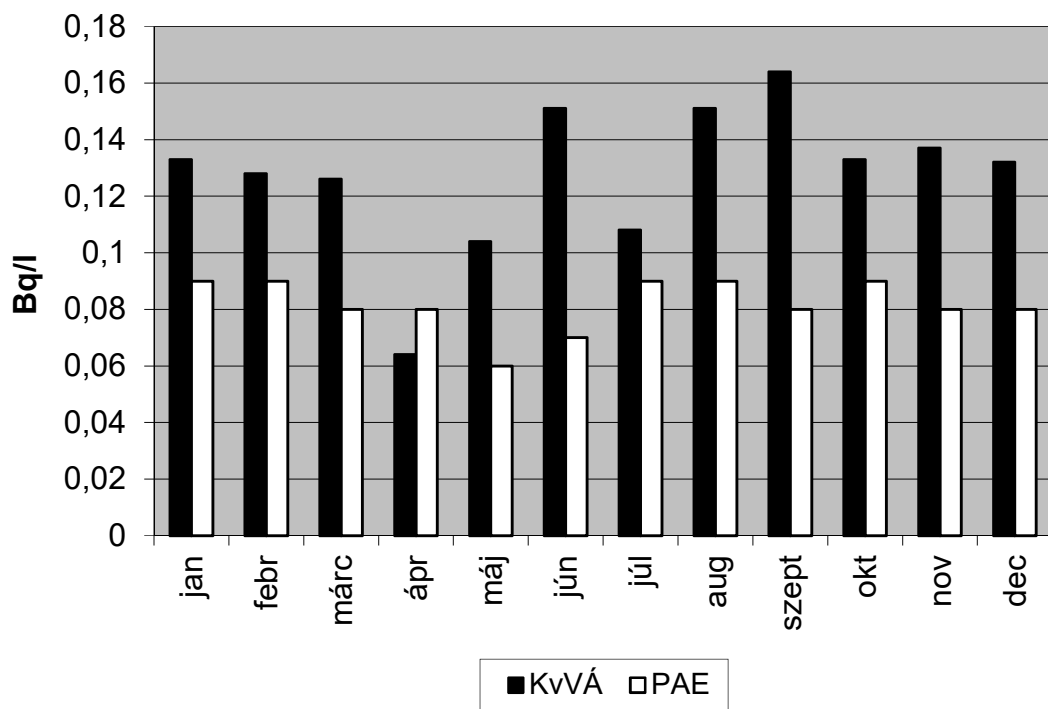
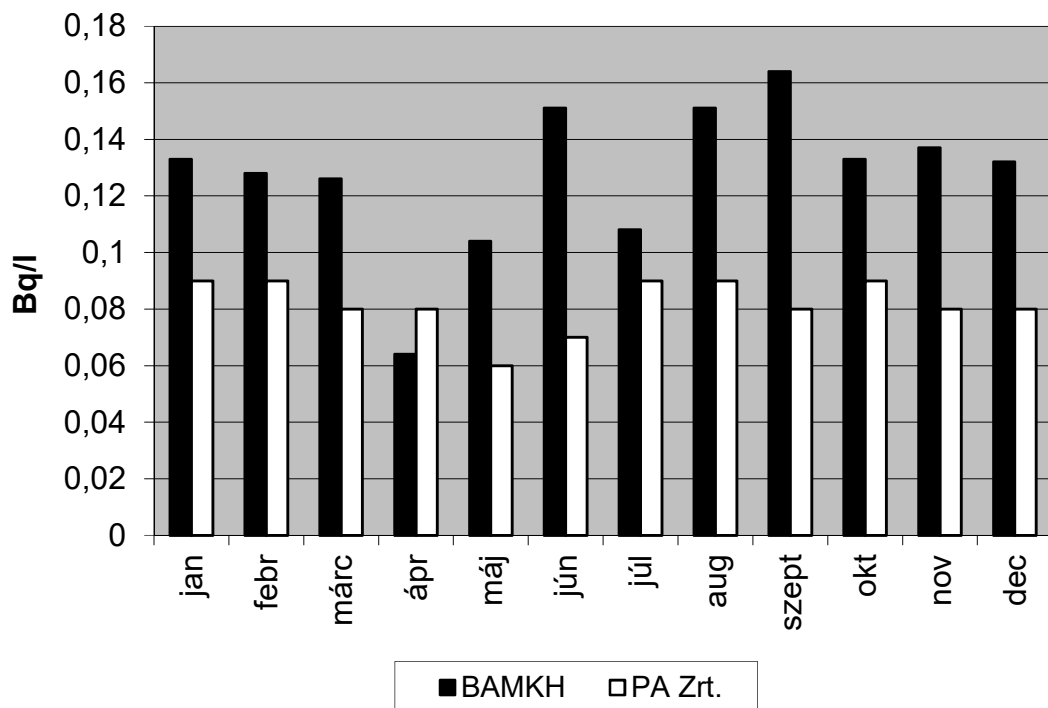
A hatóság által jóváhagyott PA Zrt. tartálmérések alapján meghatározott éves kibocsátások, 2023.

Izotóp	Kibocsátás [Bq]	Éves korlát [Bq]	A kibocsátási határérték kritérium kihasználásága
³ H	3,40E+13	2,90E+16	1,17E-03
¹⁴ C	2,43E+09	3,10E+12	7,84E-04
⁸⁹ Sr	1,82E+06	1,20E+13	1,51E-07
⁹⁰ Sr *	9,09E+05	2,20E+12	4,13E-07
⁵⁵ Fe	1,45E+07	4,30E+13	3,38E-07
⁵⁹ Ni	1,31E+07	4,00E+14	3,27E-08
⁷ Be	7,60E+07	3,00E+14	2,53E-07
⁵¹ Cr	8,16E+07	2,70E+14	3,02E-07
⁵⁴ Mn	1,43E+07	1,00E+13	1,43E-06
⁵⁸ Co	9,98E+06	3,20E+12	3,12E-06
⁵⁹ Fe	1,71E+07	2,30E+12	7,41E-06
⁶⁰ Co	4,02E+07	9,50E+11	4,23E-05
⁶⁵ Zn	1,88E+07	1,40E+12	1,34E-05
⁹⁵ Nb	1,05E+07	2,10E+12	5,01E-06
⁹⁵ Zr	1,53E+07	8,50E+12	1,80E-06
⁹⁹ Mo	2,97E+07	1,30E+14	2,28E-07
¹⁰³ Ru	9,17E+06	9,00E+11	1,02E-05
¹⁰⁶ Ru *	7,77E+07	1,10E+12	7,06E-05
^{110m} Ag	2,65E+07	2,00E+13	1,32E-06
¹²⁴ Sb	3,88E+07	9,50E+12	4,09E-06
¹²⁵ Sb	2,36E+07	1,10E+13	2,14E-06
¹³¹ I	1,44E+07	2,70E+12	5,34E-06
¹³⁴ Cs	1,03E+08	6,50E+11	1,58E-04
¹³⁷ Cs *	4,85E+08	9,00E+11	5,39E-04
¹⁴⁰ Ba *	8,02E+07	5,50E+13	1,46E-06
¹⁴¹ Ce	1,44E+07	2,10E+13	6,86E-07
¹⁴⁴ Ce *	1,11E+08	1,00E+13	1,11E-05
¹⁵⁴ Eu	1,48E+07	1,80E+12	8,23E-06
¹⁸¹ Hf	1,05E+07	5,70E+13	1,84E-07
U-csoport	4,28E+05	7,50E+11	5,71E-07
Pu-csoport	1,00E+05	1,00E+12	1,00E-07
Am-csoport	2,09E+05	1,10E+12	1,90E-07
Cm-csoport	3,85E+04	2,60E+11	1,48E-07
Összesen:	-	-	2,85E-03

* A kibocsátási határérték kritérium kihasználásága számításánál a leányelemükkel együtt vették figyelembe az adott izotópot.

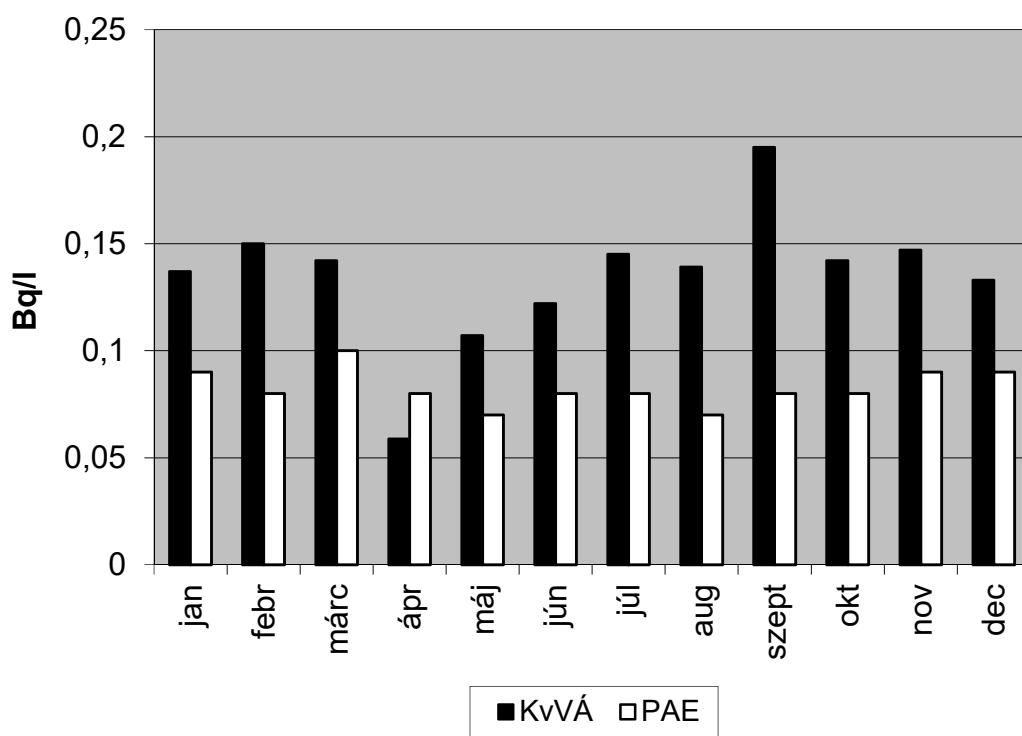
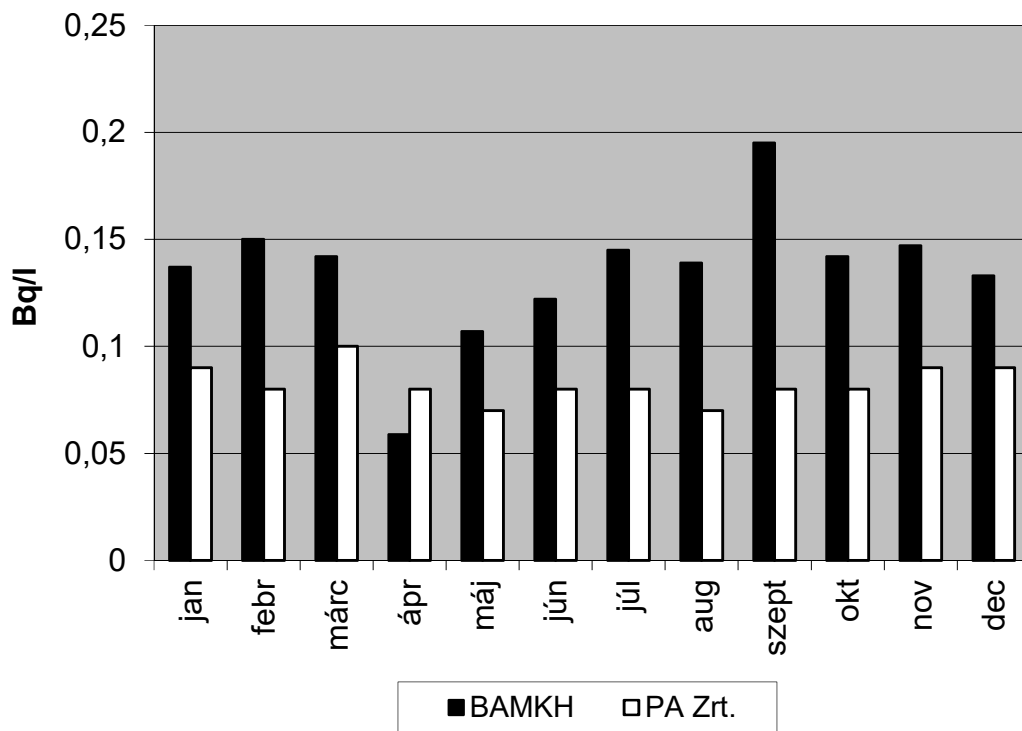
A 7-5., 7-6. és 7-7. ábrák a V1, V2 és V3 jelű helyen vett vízmintákban az üzem és a BAVKH NF LO által mért összes-béta aktivitás-koncentrációk havi átlagértékeit mutatják.

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.



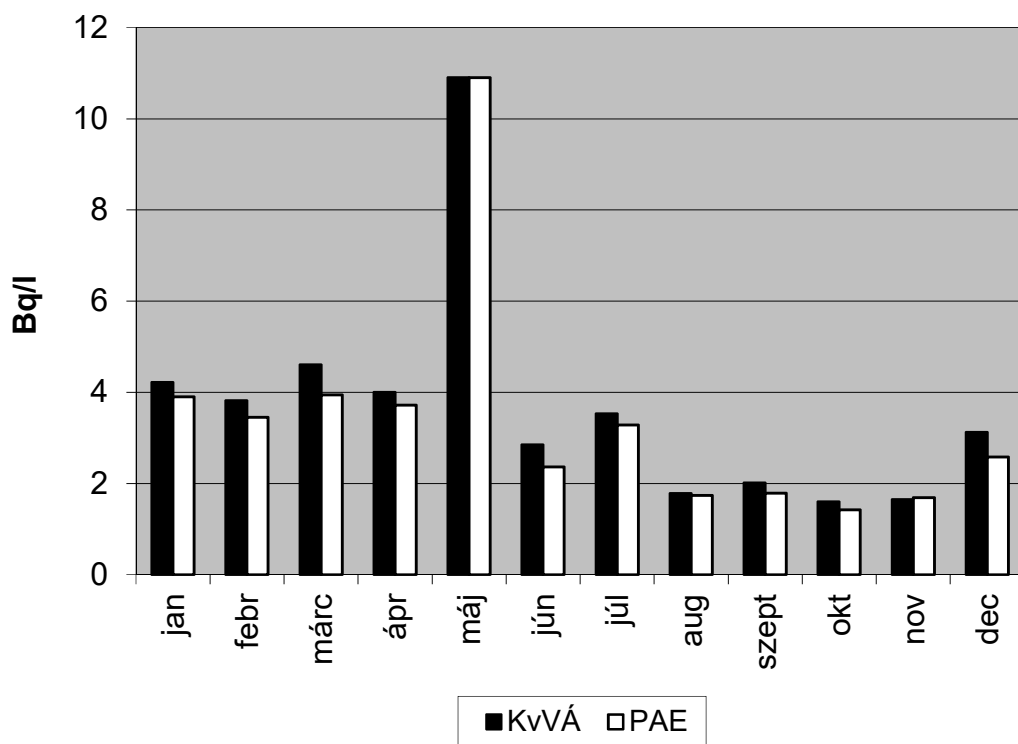
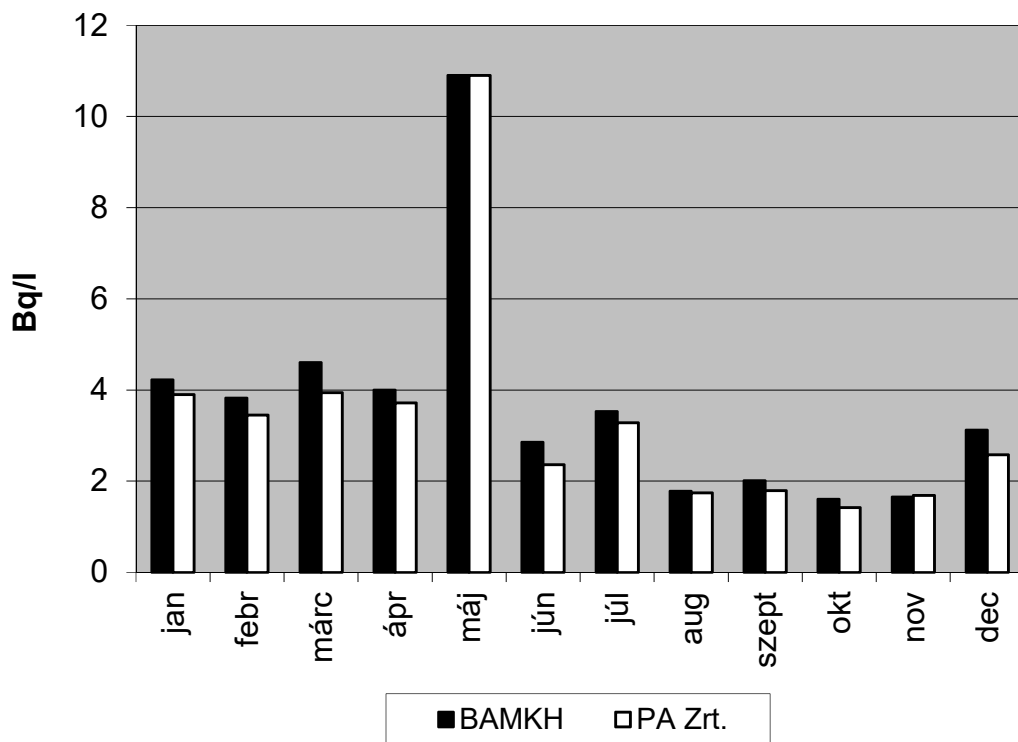
7-5. ábra

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



7-6. ábra

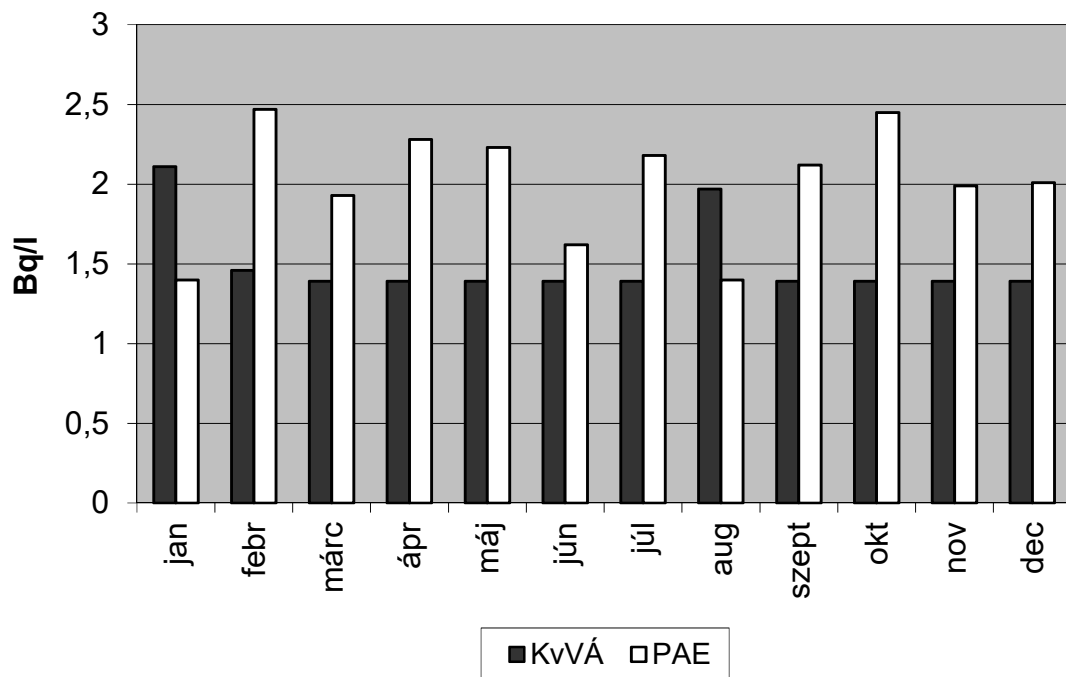
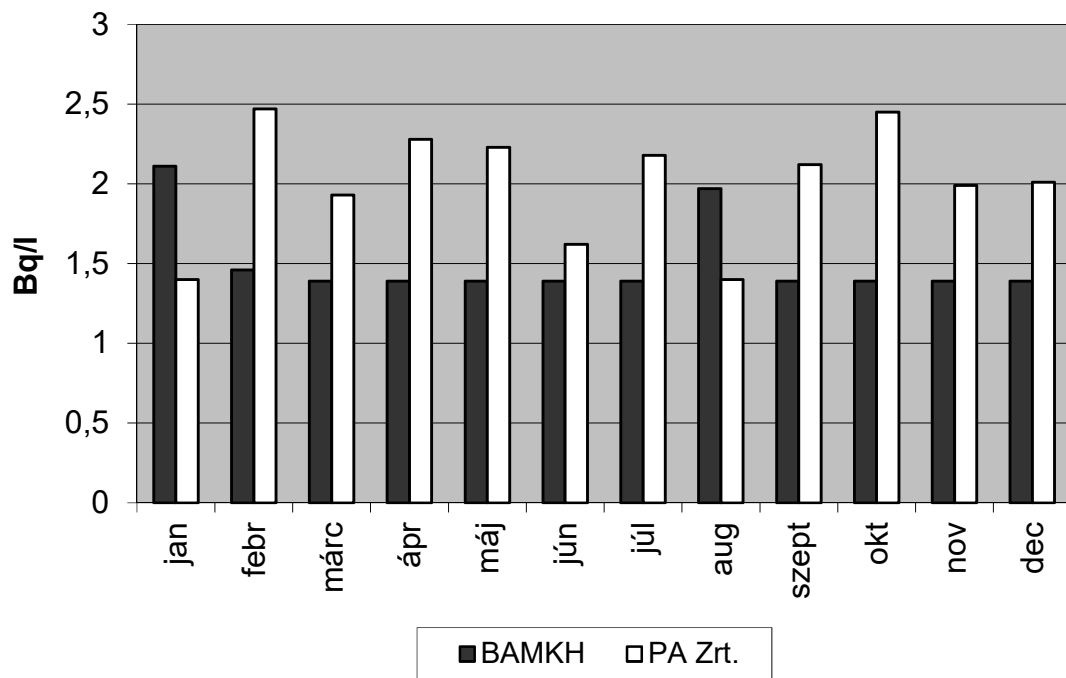
A melegvízcsatorna (V2) összes-béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei



7-7. ábra

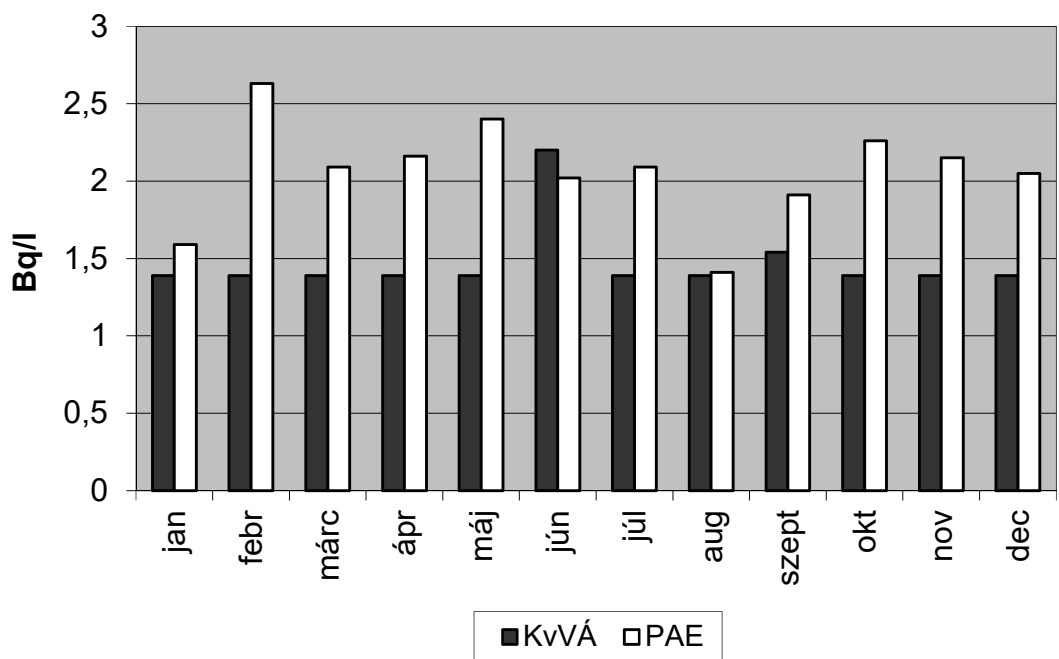
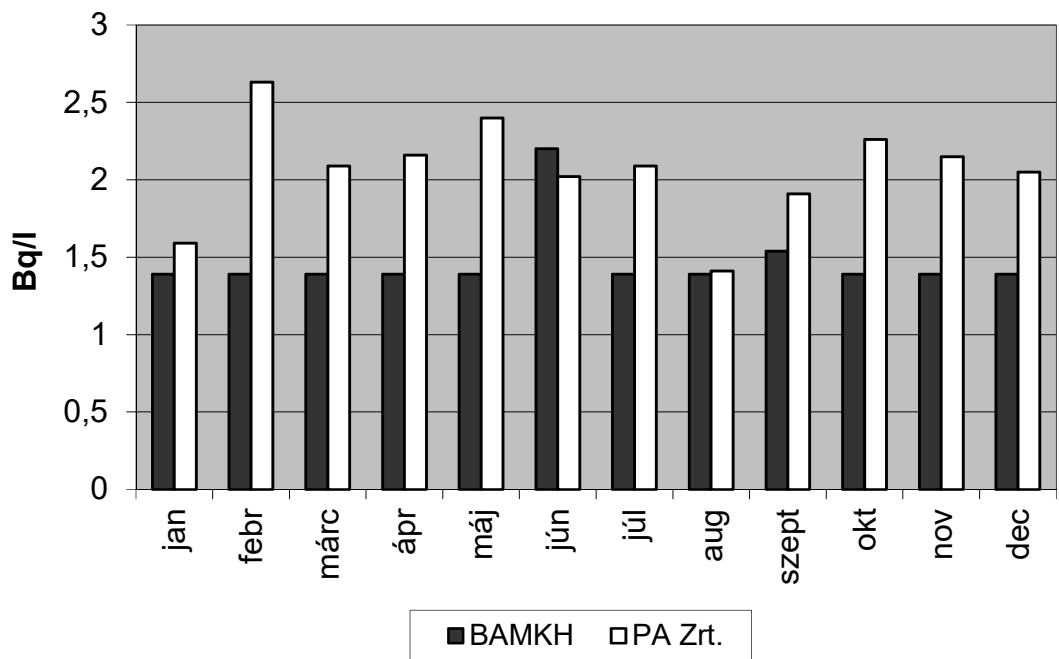
A szennyvízcsatorna (V3) összes-béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei

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



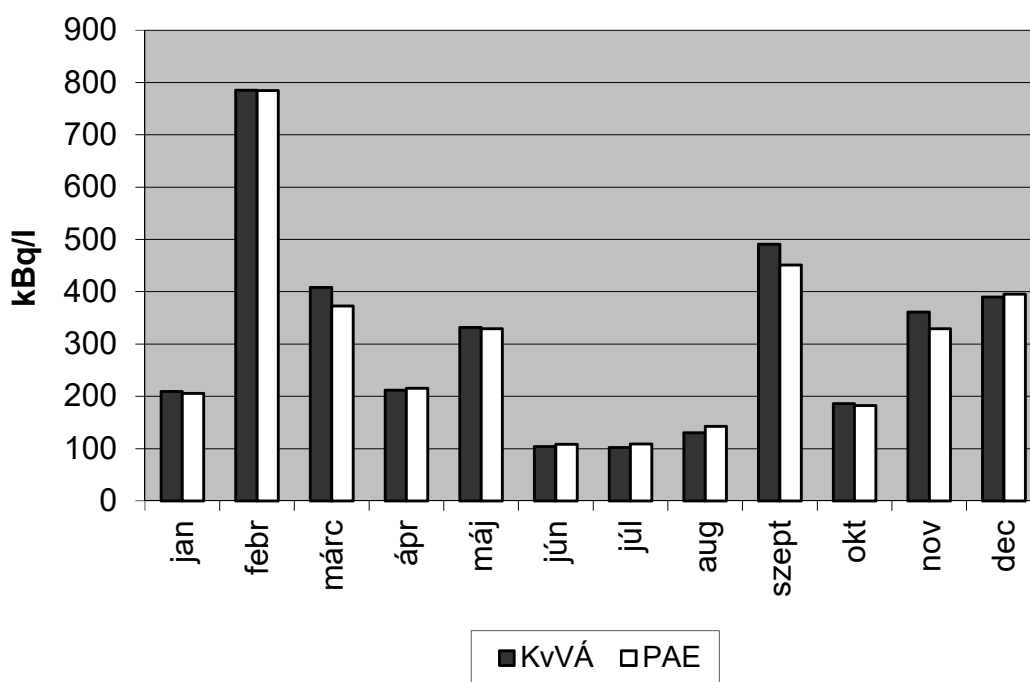
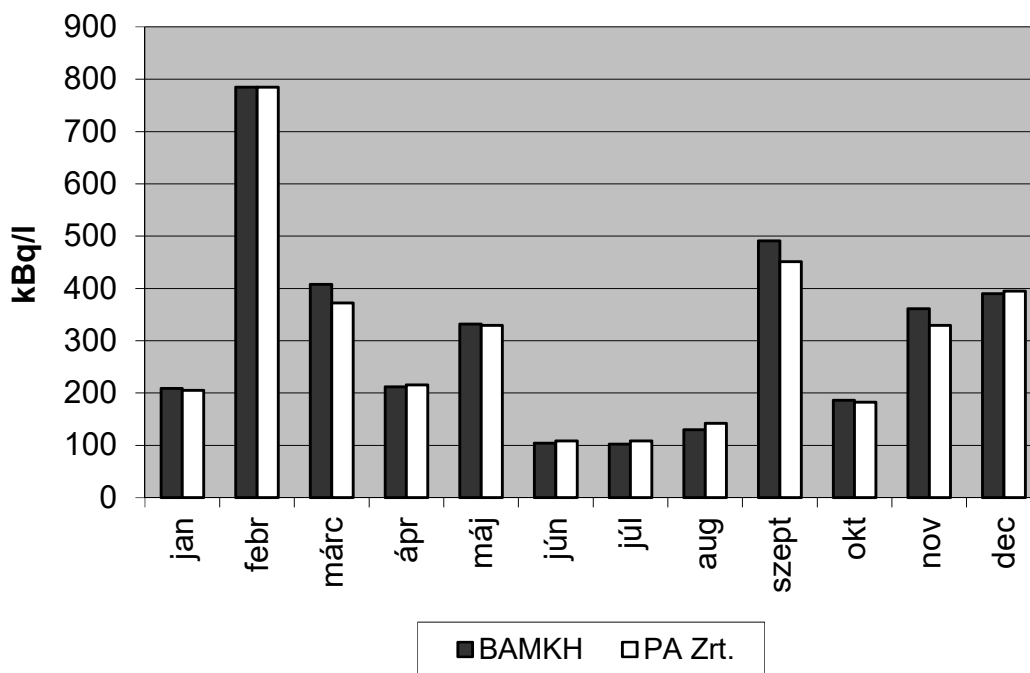
7-8. ábra

A hidegvízcsatorna (V1) trícium-koncentrációjának havi átlagértékei



7-9. ábra

A melegvízsatorna (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 megbízhatóan a szennyvízcsatorna mintavételi pontján mérhető, havi értéke 100-400 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, mind a hideg-, mind a melegvízcsatorna mintáiban nem volt kimutatható mesterséges eredetű radioaktív izotóp.

A V3 minták átlagos radioizotópösszetétele a tavalyi évhez képest jelentősen nem változott. 2022-höz viszonyítva a folyékony kibocsátásokkal kikerült 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-sugárzók kibocsátása gyakorlatilag nem változott.

Összességében elmondható, hogy a folyékony kibocsátásokat tekintve is igen kicsi, mindössze 0,29% a kibocsátási határérték kritérium 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 2023-ban is.

7.1.3 Megállapítások

Az atomerőmű környezeti sugárvédelmi ellenőrzése céljából, a hatósági intézmények 2023-ban 10000 körüli eredményt küldtek az adatfeldolgozó központba. A meghatározások vizsgálati irányonkénti megoszlásában az előző évekhez hasonlóan, a nuklidspecifikus mérések együttes részaránya 80 %-os volt. A Paksi Atomerőmű légnemű radioaktív kibocsátása 2023-ban, az üzemzavart megelőző évekhez hasonló szinten volt. A nuklidspecifikus légnemű kibocsátásokból számolható kibocsátási határérték kritérium kihasználtság értéke 0,082 % 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 2023. 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. Főként a vízhasználat biztonsága, az esetleg illegális módon kikerülő radioaktív izotópok észlelése érdekében mintázzák az üzemi és a hatósági laboratóriumok egyaránt 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 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 kritérium kihasználtságának értéke 2023-ban a korábbiakhoz hasonló, 0,29% volt.

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

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

A léghőri 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 2023. 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 2023-ban.

7-3. táblázat

A kibocsátási határérték kritérium kihasználtság értékei 2023-ban

Kibocsátási határérték kritérium	Kihasználtság (%)
Légnemű kibocsátásokra	0,082
Folyékony kibocsátásokra	0,29
Összesen	0,37

A 7-4. táblázat a villamosenergia termelésre normált radioaktív kibocsátásokat mutatja be. Az erőmű 2023-ban 1,7 GW·év elektromos energiát termelt. 2023-ban az atomerőmű kibocsátásai az előző évhez hasonlóak voltak.

7-4. táblázat

A villamosenergia termelésre (1 GW·év egységre) normált radioaktív kibocsátások 2023-ban

Kibocsátás	Mennyiség	PAE
léghőri	nemesgáz összesen (TBq)	16
	aeroszol összesen (GBq)	0,44
	H-3 (HT + HTO) (TBq)	2,3
	C-14 (CO ₂ +szerves) (TBq)	0,46
	jódok (I-131 egyenérték) (GBq)	0,015
folyékony	korróziós és hasadványtermékek összesen (GBq)	0,79
	H-3 (TBq)	20

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 OMSZ által a telephelyen üzemeltetett automata meteorológiai állomás gyűjtötte.

A technológiai épület tartályparkjából 2023. január 17-én 7 m^3 ipari szennyvizet bocsátottak ki, amely a megelőző kémiai és radiológiai vizsgálatok alapján kibocsátásra megfelelőnek ítélték. A tartályban gyűjtött folyadékon végzett gamma spektrometriai és összes-béta eredmények mesterséges izotóp jelenlétét nem mutatták ki. A kémiai összetétel megfelelt a vízjogi üzemeltetési engedélyen előírtaknak. A kibocsátott vízminták eredményei alapján a trícium esetében $7\text{E}+03 \text{ Bq}$, radiokarbon esetében $1,7\text{E}+02 \text{ Bq}$, ^{90}Sr esetében $7,14\text{E}+01 \text{ Bq}$ volt a kibocsátott mennyiség. A tartály kibocsátásból kalkulált radionuklid mennyiség a telephely összesítő kibocsátásánál számításba lett véve.

A csapadékvizek esetében konzervatívan úgy veszik, hogy az ellenőrzött területre 2023. év során lehullott 790 mm csapadék 100% -a távozott olyan megoszlásban, hogy 1135 m^2 gyűjtőterületről származó mennyiség az Ua1 aknán keresztül, illetve 900 m^2 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 ($\sim 0,267\text{--}1,65 \text{ Bq/dm}^3$) időszakos ciklikus változást követve összevetethők a magyarországi csapadékvizekével, az értékekben a természetes szezonális ingadozás tapasztalható mindkét akna esetében párhuzamosan. Mindkét akna gyűjtött csapadékvíz mintáikban a mért radiokarbon aktivitás-koncentráció rendkívül alacsony volt, nagyságrendekkel a KöM rendelet előírásainak teljesíthetőségére alkalmas igényelt kimutatási határ ($0,1 \text{ Bq/dm}^3$) alatt ($3,54\text{E}-02 \text{ Bq/dm}^3$ és $2,18\text{E}-02 \text{ Bq/dm}^3$). Emellett a ^{90}Sr nuklid éves átlagkoncentrációja mindkét akna esetében kimutatási határ alatt ($< 8,17\text{E}-03 \text{ Bq/dm}^3$ és $< 7,85\text{E}-03 \text{ Bq/dm}^3$) alakult.

Sem a csapadék-, sem a szivárgó drain, sem a telephely közös vízkörnyezeti kibocsátási pontjaként üzemeltetett Rocla kifolyó esetében mesterséges eredetű izotópok nem voltak kimutathatók 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, a vonatkozó trícium koncentrációkkal számolva a felszíni telephelyről folyékony formában kibocsátott, becsült trícium összmennyisége: $1,29\text{E}+06 \text{ Bq/év}$.

A kibocsátott vizek ^{14}C és ^{90}Sr értékei sem utalnak anomális kibocsátásra. A csapadékokból gyűjtött éves átlagminta vonatkozó koncentrációjából, és a csapadékmennyiségből számítva a telephely földfelszíni létesítményének becsült radiokarbon kibocsátása folyékony formában: $1,88\text{E}+04 \text{ Bq/év}$, becsült ^{90}Sr kibocsátása $4,85\text{E}+04 \text{ Bq/év}$. 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 mintáiból képzett trícium és radiokarbon, az F&J típusú aeroszol mintagyűjtő szűrőjéből végzett gamma- és összes-béta aktivitásmérés adatok alapján határozzák meg. A minta elvezetése a folyamatosan mérő aeroszol monitor részére 12x2 mm átmérőjű impulzus csővezetékkel 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 ¹⁴C 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 2023. évben átlagosan 3,43E-02 Bq/m³ HTO és 2,12E-02 Bq/m³ HT+ szénhidrogének formájában fordult elő, ezzel 7,17E+06 Bq ³H aktivitás jutott a légkörbe, miközben a kibocsátási határérték 1,09E+14 Bq.

Az egész éves mintázások és a légforgalom alapján a 2023. évben a földfelszíni technológiai létesítmény 7,1E+06 Bq ¹⁴C aktivitást juttatott a légkörbe, úgy, hogy a technológiai csarnok kéményében (LK-1) mért ¹⁴C aktivitás-koncentráció a 2023. évben átlagosan 5,5E-02 Bq/m³ (szervetlen) és 5,5E-02 Bq/m³ (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, melyeket szerves és szervetlen formában jelenlévő radiokarbon és trícium mérésekhez használtak fel.

Az ellenőrzött terület határánál végzett CO₂ és CO₂ + C_nH_m mérések ¹⁴C átlagértékei – rendre 4,06E-02 Bq/m³, illetve 4,09E-02 Bq/m³ – sem utalnak anomáliára figyelembe véve a felszínre vonatkozó nullszint referenciaértéket (4,0 - 4,4E-02 Bq/m³). A felszín alatti térrész levegőjének páratartalmából mért trícium átlagértékek (HTO: 1,56E-02 Bq/m³, HT: 1,46E-02 Bq/m³) a szabad levegőn lévő értékekkel és a már említett nullszint referenciaértékkel (2,0E-02 Bq/m³) 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 ($\sim E-03$ - $E-04$ Bq/m³), 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 ²²⁶Ra 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. 2023-ban a radonkoncentráció átlagosan 28-330 Bq/m³ között volt mérhető.

A 2023. évi mért értékekre vonatkozóan kijelenthető, hogy a vágatban mérhető radonkoncentráció esetén a hulladékból származó ²²²Rn járulék mennyisége elhanyagolható, meghatározó eredetként a gránit közet nevezhető meg, melyből emanációs, diffúziós és exhalációs folyamatok révén jut ki. A konzervatívan becsült éves radon kibocsátás a légtechnikai berendezés légszállítási teljesítményét figyelembe véve, 50,2 Bq/m³ átlagos koncentrációval számolva: $2,76E+10$ 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 - melyek megjelenését elsőként várják a kibocsátási útvonalon. A vízminták ¹⁴C (ellenőrzött zsomp: $9,39E-03$ Bq/dm³), ³H (ellenőrzött zsomp: $1,38E-01$ Bq/dm³) és ⁹⁰Sr (ellenőrzött zsomp: $3,45E-03$ Bq/dm³) átlagos éves eredményeihez 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 2023. évben $17\,773$ m³ volt. Az erre a mennyiségre számított vízkörnyezeti ¹⁴C kibocsátás: $1,66E+05$ Bq/év. Tríciumra ez az érték hasonló számítással: $2,45E+06$ Bq/év.

7.2.5 Megállapítások

A monitoring program végrehajtásával nyert mérési adatok (trícium, radiokarbon, stroncium értékek), 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) teljesülését – 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 (vizgőz)	7,17E+06	1,65E+07	2,37E+07	1,09E+14	2,17E-07
C-14	7,10E+06	2,24E+07	2,95E+07	5,67E+11	5,20E-05
Rn -222	2,45E+09	2,76E+10	3,01E+10	4,97E+12	6,05E-03
KHK-érték					6,10E-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 2023. évben a mérési adatok alapján a korlát **0,61 %-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 az ellenőrzött zsomp mintáinak 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 2023 évben a mérési adatok alapján a korlát **0,013 %-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 $\sum R_i$ folyékony [Bq/év]	EL_i folyékony [Bq/év] (Kibocsátási határérték)	$\frac{R_i \text{ folyékony}}{EL_i \text{ folyékony}}$
H-3 (vízgőz)	1,29E+06	2,45E+06	3,74E+06	1,02E+13	3,67E-07
C-14	1,89E+04	1,66E+05	1,85E+05	3,48E+09	5,31E-05
Sr-90	4,85E+04	6,13E+04	1,10E+05	1,43E+09	7,68E-05
KHK-érték					1,30E-04

7.3 A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kibocsátásai

Az RHFT az illetékes hatóság által jóváhagyott Kibocsátás-ellenőrzési Szabályzat (és Környezetellenőrzési Szabályzat szerint végzi a telephely kibocsátás ellenőrzését és környezet ellenőrzését.

Az RHFT esetében radioaktív kibocsátás az üzemi épületből és a végleges tároló területéről történhet. 2023. évben a radioaktív hulladékok beszállítása, feldolgozása és elhelyezése során hatósági korlátot meghaladó radioaktív anyag kibocsátás nem történt. 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, mely során jellemzően légnemű (^3H és ^{14}C) izotópok kerülnek kibocsátásra több nagyságrenddel a kibocsátási határérték alatti mennyiségben. A konténment-épület szellőző rendszere 2023-ban 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 közcsatornába bocsátják. 2023-ban ezen az útvonalon nem történt kibocsátás.

A csapadékvizek a víz minőségének ellenőrzését követően, a csapadékgyűjtők átereszeinek megnyitásával, a csapadékelvezető árkon keresztül kerülnek kibocsátásra a befogadóba, mely 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 m³/h) került meghatározásra. Megállapítható, hogy az éves trícium kibocsátás (3,13E+10 Bq/év) az elmúlt évhez képest kis mértékben csökkent a korábbi évekhez viszonyítva nem tapasztaltunk jelentős változást. A radiokarbon kibocsátás (4,10E+10 Bq/év) az előző évekhez képest kis mértékben csökkent, az éves kibocsátás nem éri el a kibocsátási korlát egy százalékát. A légköri kibocsátási határérték-kirtéium 0,523%-os kihasználtságáért első sorban a radiokarbon (0,515 %) felel.

Az éves radon kibocsátás az üzemi épületben elhelyezett aeroszol monitorok mérési eredményei és a szellőző rendszer névleges térfogatárama alapján 6,39E+08 Bq/év értékre adódott.

Az üzemi épület kéményébe telepített aeroszol mintavevőből származó mintákban mesterséges eredetű izotópokat 2023-ban nem mutattak ki.

7.3.2 Tárolóterület folyékony kibocsátásainak ellenőrzése

A 100 m³-es csapadéktároló medence az „A” típusú hulladéktárolók környezetében, a III. és IV. medencesorról gyűjti össze a csapadékvizeket. A 60 m³-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.

2023-ban a 100 m³-es csapadéktároló medencéből 11 alkalommal, összesen 797,75 m³, míg a 60 m³-esből 18 alkalommal összesen 895,13 m³ csapadékvizet bocsátottak ki a befogadóba. A vizsgált minták gamma-spektrumában technológiai eredetű szennyeződésre utaló ¹³⁷Cs és ⁶⁰Co izotópok jelenléte nem volt kimutatható.

A ⁴⁰K jelenléte a csapadék mintákban egyértelműen természetes eredetű. A telephely környezetében, valamint a II. medencesoron található talajtakaráson a termőföld ⁴⁰K koncentrációja átlagosan 570 Bq/kg. A természetes eredetet az is igazolja, hogy az elmúlt 10 évben 3,8 kBq ⁴⁰K izotópot szállítottak a telephelyre, valamint az elmúlt 10 évben nem kezeltek ⁴⁰K tartalmú hulladékot. Mindemellett a légköri kibocsátással környezetbe kerülő ⁴⁰K mennyiségét két nagyságrenddel meghaladja a csapadéktárolóból kibocsátott ⁴⁰K mennyisége. 2023-ban a csapadék kibocsátásra vonatkozó határérték ~0,5 %-át használták ki. Az egyértelmű természetes eredete miatt megfontolandó a figyelembevétele a kibocsátás számítások során.

A 100 m³-es csapadéktárolóban mért ⁹⁰Sr aktivitás-koncentráció 2023-ban minden minta esetében kimutatási határ (0,036-0,045 Bq/dm³) alatt maradt.

A 60 m³-es csapadéktárolóban vizsgált vízminták ⁹⁰Sr koncentrációja 2023-ban minden esetben kimutatási határ (0,022-0,037 Bq/dm³) alatt maradt.

A telephelyről származó, csapadékvízzel kibocsátott trícium mennyisége 14,7 MBq, a ¹⁴C izotóp mennyisége 502 kBq, a ⁹⁰Sr 58,7 kBq volt.

2023-ban a 25 m³-es szennyvíztárolóból nem történt kibocsátás a közcsatornába.

2023-ban a becsült folyékony közegbe történt kibocsátás nagyságrendekkel a kibocsátási határérték alatt maradt.

7.3.3 Tárolóterületi gázdifúzió ellenőrzése

Légköri kibocsátásként a hulladékot tartalmazó hordókból gázdifúzióval távozó gázokat, ill. 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} - 10^0 Bq/m³ nagyságrendben ingadozott. (Megj.: A természetes trícium háttér kb. 0,07 Bq/m³, a természetes radiokarbon háttér kb. 0,04 Bq/m³.) 2019-2023 között az átlagos trícium koncentráció értékek nem változtak jelentősen. Az egyedi mintákban mérhető értékek 2023-ban 4,89E-02 és 2,01E-01 Bq/m³ közötti ingadozást mutattak.

A radiokarbon légköri koncentrációja a PSz-1 és PSz-2 mintavételi helyeken a korábbi évekhez hasonlóan alakult. 2023-ban az egyedi mintákban mérhető értékek 5,33E-02 Bq/m³ és 2,99E-01 Bq/m³ közötti ingadozást mutattak.

7.3.4 Összesített kibocsátások

A mért, illetve becsült kibocsátási értékek messze az éves kibocsátási határértékek alatt maradtak. A folyékony kibocsátások esetében a határérték-kritérium 0,501 %-a, míg a légköri kibocsátások esetében a határérték 0,523%-a került kihasználásra, így összességében 2023-ban a telephelyi kibocsátási határérték kihasználtsága 1,024 %-os volt.

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

7-7. táblázat
A radioaktív hulladék-feldolgozó 2023 évi összesített kibocsátásai

Kibocsátás jellege	Vizsgált izotópok	Mért vagy becsült aktivitás (Bq/év)	Éves határérték 30%-a (Bq/év)	Éves határérték (Bq/év)
Légköri – Üzemi épület				
	H-3	3,13E+10*	1,72E+14	5,72E+14
	C-14	4,10E+10*	2,39E+12	7,97E+12
	K-40	7,19E+03*	2,11E+08	7,03E+08
	Co-60	7,23E+03*	2,50E+09	8,34E+09
	Sr-90	8,06E+02*	1,10E+09	3,67E+09
	Cs-137	1,30E+03*	5,10E+09	1,70E+10
	Ra-226	1,41E+04*	3,78E+08	1,26E+09
	Th-232	1,62E+01*	1,47E+08	4,89E+08
	U-238	1,93E+01*	9,09E+08	3,03E+09
Légköri kibocsátás – Tárolóterület diffúz kibocsátásai**				
	H-3	4,99E+08	-	-
	C-14	2,76E+07	-	-

	Kr-85	4,70E+05	-	-
	Rn-222	5,38E+06	-	-
Folyékony, csapadék				
	H-3	1,47E+07	3,51E+11	1,17E+12
	C-14	5,02E+05	7,50E+07	2,50E+08
	K-40	1,28E+05	1,43E+07	4,76E+07
	Co-60	7,24E+03	7,65E+08	2,55E+09
	Sr-90	5,87E+04	1,10E+09	3,67E+09
	Cs-137	1,31E+04	5,04E+07	1,68E+08
	Ra-226	8,73E+04	1,25E+08	4,16E+08
	Th-232	7,03E+01	1,33E+08	4,44E+08
	U-238	5,16E+02	5,01E+09	1,67E+10
Folyékony, kommunális				
	H-3	-	3,51E+11	1,17E+12
	C-14	-	7,50E+07	2,50E+08
	K-40	-	1,43E+07	4,76E+07
	Co-60	-	7,65E+08	2,55E+09
	Sr-90	-	1,10E+09	3,67E+09
	Cs-137	-	5,04E+07	1,68E+08
	Ra-226	-	1,25E+08	4,17E+08
	Th-232	-	1,33E+08	4,44E+08
	U-238	-	5,01E+09	1,67E+10

*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.

7-8. táblázat
A reaktor légköri kibocsátásai

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték [Bq]	Tényleges kibocsátott érték [Bq]	Kibocsátási határérték kritérium az adott izotópra
Ar-41	3,30E+15	3,12E+13	9,44E-03
Kr-85m	2,53E+16	2,08E+11	8,23E-06
Kr-87	5,24E+15	3,77E+11	7,19E-05
Kr-88	5,28E+13	9,57E+11	1,81E-02
Xe-133	1,21E+17	2,10E+11	1,73E-06
Xe-135	1,63E+16	3,16E+11	1,94E-05
Σ kibocsátási határérték kritérium:	2,77E-02		

Megjegyzés: 1638,17 teljesített üzemóra (10 MW teljesítményen).

A 2023-as évben nem volt folyékony hulladék kibocsátás.

Összesített kibocsátási mutató 2023-ban: 0,04 volt.

7.5 A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátásai

A légnemű kibocsátás határértéke a ^{41}Ar értékéhez van kötve. A **2023-as** évben $5,41 \cdot 10^8$ Bq ^{41}Ar -egyenértékű aktivitást (ez az éves kibocsátási határérték 0,07 %-a), aeroszolhoz kötötten pedig $1,39 \cdot 10^4$ Bq összes-béta aktivitást bocsátottak ki a levegőbe; amelyek megfelelnek az elmúlt évek kibocsátásainak.

A negyedévente gyűjtött aeroszolszűrők izotópszелеktív gamma-spektrometriás vizsgálatát is elvégezték a 2023. évben, melynek eredményeit a 7-9. táblázat mutat be.

7-9. táblázat

<i>2023. I. negyedévben összegyűjtött levegőszűrőkön mért aktivitás havi átlaga</i>	
<i>Izotóp</i>	<i>Aktivitás (Bq/hónap)</i>
Co-60	<3,24E-04
Cs-137	<3,72E-03
Cs-134	<8,23E-02
I-131	<1,00E-02
<i>2023. II. negyedévben összegyűjtött levegőszűrőkön mért aktivitás havi átlaga</i>	
<i>Izotóp</i>	<i>Aktivitás (Bq)</i>
Co-60	6,20E-06
Cs-137	0,08E-03
Cs-134	<0,98E-03
I-131	<0,16E-03
<i>2023. III. negyedévben összegyűjtött levegőszűrőkön mért aktivitás havi átlaga</i>	
<i>Izotóp</i>	<i>Aktivitás (Bq)</i>
Co-60	<7,38E-03
Cs-137	<5,15E-03
Cs-134	<8,24E-02
I-131	<1,34E-02
<i>2023. IV. negyedévben összegyűjtött levegőszűrőkön mért aktivitás havi átlaga</i>	
<i>Izotóp</i>	<i>Aktivitás (Bq/hónap)</i>
Co-60	<6,20E-04
Cs-137	<5,15E-03
Cs-134	<9,77E-02
I-131	<1,60E-02

Az alkalomszerűen kibocsátott hulladékvíz kibocsátások során a **2023-as** évben $3,64 \cdot 10^5$ Bq ^{137}Cs -egyenértékű aktivitást bocsátottak ki a közcsatornába (ez az éves kibocsátási határérték $1,8 \cdot 10^{-3}$ %-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 szennyvizeket külön csatornarendszeren keresztül az épületek alsó szintjén elhelyezett, vagy földalatti tartályokba gyűjtik, melyek össze vannak kötve a telephelyi garázsok/tárolók alatt elhelyezkedő 3 db 80 m^3 -es tartállyal. Az Izotóp Intézet Kft. csak egy útvonalon, a 80 m^3 -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 2023-ban

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium
H-3	8,1E+15	3,80E+11	0	0
C-14	1,1E+13	7,00E+11	8,55E+10	7,77E-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	2,80E+10	2,39E+09	2,85E-04
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	3,20E+10	9,99E+08	2,22E-04
I-131	3,3E+12	1,00E+09	1,03E+07	3,14E-06
Cs-137	4,5E+11	5,00E+08	2,48E+08	5,52E-04
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 kritérium összesen				8,83E-03

7-11. táblázat
Légnemű kibocsátási adatok „A”-szintű laboratóriumokból a reaktor kéményen keresztül 2023-ban

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium
I-125	2,70E+11	5,00E+09	2,22E+09	8,22E-03
I-131	4,69E+11	7,00E+09	4,72E+09	1,01E-02
C-14 „A” szint.	7,70E+12	7,70E+08	0,00E+00	0
Kibocsátási határérték kritérium összesen				1,83E-02

7-12. táblázat
Légnemű kibocsátás XXI/B épület „B-” és „C”-szintű laboratóriumaiból 2023-ban

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium
I-125	4,00E+09	1,50E+08	1,99E+08	4,98E-02

7-13. táblázat
Légnemű kibocsátás XXI/A épület „B-” és „C”-szintű laboratóriumaiból 2023-ban

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium
H-3	2,00E+13	2,00E+11	0	0
C-14	6,00E+11	6,00E+10	8,31E+10	1,39E-01

Az Izotóp Intézet Kft. összesített kibocsátási mutatója 2023-ban **0,215** volt.

7.7 A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének kibocsátásai

2023. 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 1 340 796 m³ volt, a Frici-tárói meddőhányó uránmentesített vize pedig 35 151 m³ mennyiségű volt.

7-14. táblázat
Éves radioaktív légnemű kibocsátás radionuklidonkénti mennyisége 2023-ban

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium
U-238	2,00E+09*	2,00E+03	2,00E-06
U-234		2,00E+03	
U-235		<1,00E+03	

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

7-15. táblázat
Éves radioaktív folyékony kibocsátás radionuklidonkénti mennyisége 2023-ban

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium
U-238	2,70E+11*	3,52E+09	2,67E-02
U-234		3,52E+09	
U-235		1,6E+08	
Ra-226	3,1E+10	2,71E+08	8,74E-03
Po-210	3,8E+09	2,7E+07	7,11E-03

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

8 Létesítmények hatásának értékelése, a lakossági sugárterhelés járulécai

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 sugárterhelés járulékát, a BAVKH által elfogadott légköri és folyékony kibocsátási értékek, az időjárás 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 gerjeni 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 csóvamoddellen 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 gyökérzetten 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 ételiszerek 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 57 mBq/m^3 ^{41}Ar -koncentráció; $0,011 \text{ } \mu\text{Bq/m}^3$ ^{60}Co , valamint 15 mBq/m^3 ^3H (HTO) és $0,16 \text{ mBq/m}^3$ ^{14}C (CO_2) koncentráció alakul ki. Ezek az értékek hasonlóak a korábbi évek koncentrációihoz. A légköri depozíció következtében a ^{60}Co talajfelszíni kiülepedése $2,6 \text{ mBq/m}^2$, a leveles zöltség aktivitás-koncentrációja (nedves tömegre) $0,016 \text{ mBq/kg}$, a tehéntejé $0,0078 \text{ mBq/l}$, a húsé $0,087 \text{ mBq/kg}$, a gabonáé pedig $0,051 \text{ mBq/kg}$ 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 élelmiszerfogyasztásból eredő belső sugárterhelés kialakulásában csupán az előbbi játszik szerepet.

A kibocsátásokból (7-1. táblázat) a vonatkoztatási csoportra számított egyéni effektív dózisek – 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 lekötött dózis a lakosság kritikus csoportjára 92 nSv, ami elfogadható egyezést mutat az atomerőmű által számolt 30 nSv-el. Az eltérés nagysága a modellszámítások bizonytalanságát figyelembe véve jónak mondható. A lakosság kritikus csoportjának a hatóság által számított dózisa hasonló a tavalyihoz és 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	43	*	*	*
	Kr-85	*	*	*	*
	Kr-85m	0,74	*	*	*
	Kr-87	2,4	*	*	*
	Kr-88	5,6	0,044	0,073	*
	Xe-133	0,27	*	*	*
	Xe-135	1,8	*	*	*
aeroszolok	Mn-54	*	*	*	*
	Co-58	*	*	*	*
	Fe-59	*	*	*	0,035
	Co-60	*	0,069	*	0,13
	Zn-65	*	0,013	*	0,16
	Se-75	*	*	*	0,011
	As-76	*	*	*	*
	Sr-89+Sr-90	*	*	*	0,046
	Zr-95	*	*	*	0,013
	Ru-106	*	0,034	*	0,75
	Ag-110m	*	0,085	*	0,33
	Sb-124	*	*	*	0,017
	Sb-125	*	0,012	*	0,028
	Cs-134	*	0,017	*	0,077
	Cs-137	*	0,017	*	0,14
	Ba-140	*	*	*	0,070
	Ce-144	*	0,017	*	0,63
	Eu-154	*	0,028	*	0,034
egyéb	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	
radiojódok	I-131 (aeroszol)	*	*	*	0,089
	I-131 (elemi)	*	*	*	0,62
	I-131 (szerves)	*	*	*	0,014
globális	C-14	*	*	4,8	25
	H-3	*	*	0,55	3,4
Összesen		54	0,39	5,4	32
Teljes járulék a légköri kibocsátásból:		92 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 izotóptól (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, 2023

Radionuklid	Dózis (nSv/év)			
	1 éves gyermek		felnőtt	
	külső	belső	külső	belső
H-3	*	31	*	29
C-14	*	7,7	*	13
Mn-54	*	*	*	*
Fe-59	0,013	0,016	0,013	*
Co-58	*	*	*	*
Co-60	0,071	0,17	0,071	0,034
Sr-90	*	*	*	*
Zr-95	*	*	*	*
Ru-103	*	*	*	*
Ag-110m	*	0,026	*	*
Sb-124	*	0,040	*	*
I-131	*	0,11	*	0,020
Cs-134	0,029	0,41	0,029	1,0
Cs-137	0,073	1,5	0,073	3,4
Ba-140	*	0,053	*	*
Ce-144	*	0,31	*	0,045
Pu-csoport	*	*	*	*
Am-csoport	*	*	*	*
egyéb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Összesen	0,21	41	0,21	46
Mindösszesen	41		46	

* a becsült dózis < 0,01 nSv

A 2023. évi sugárterhelés hasonló a 2022. évihez. 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 (53 nSv a gyermekekre, illetve 58 nSv a felnőttekre vonatkozóan).

8.1.3 Az atomerőművi kibocsátások összefoglaló értékelése

Az üzem 2023. 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 néhányszörös bizonytalansággal becsült dózisek összege az erőmű közelében élő lakosság vonatkoztatási csoportjára 133 nSv (8-1., 8-2. és 8-3. táblázatok) volt, miközben az erőműre vonatkozó hatósági dóziskorlát 90 μ Sv. 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 1,31 személy·mSv volt.

8-3. táblázat

Az éves kibocsátásból becsült egyéni dózisek a lakosság vonatkoztatási csoportjára, besugárzási útvonalak szerint

Besugárzási útvonal		becsült érték	korlát
		(nSv)	
Légköri kibocsátás			
külső sugárterhelés	nemesgáz izotópok	54	
	radiokobalt aeroszol	0,069	
	radiocézium aeroszol	0,034	
	radioezüst aeroszol	0,085	
	egyéb izotóp	0,2	
belső sugárterhelés	inhaláció	5,4	
	radiojód (élelmiszerfogyasztás)	0,72	
	radiokobalt (élelmiszerfogyasztás)	0,13	
	radiocézium (élelmiszerfogyasztás)	0,18	
	radioezüst (élelmiszerfogyasztás)	0,33	
	globális szennyezők (H-3, C-14) (élelmiszerfogyasztás)	28	
	egyéb izotóp	2	
Összes légköri:		92	
Folyékony kibocsátás			
külső sugárterhelés:		0,21	
belső sugárterhelés:	trícium	31	
	radiokarbon	7,7	
	egyéb izotóp	2	
Összes folyékony:		41	
Mindösszesen:		133	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 dózisek a lakosság vonatkoztatási csoportjára

Létesítmény	Határérték kihasználás	Dózismegszorítás [nSv]	Biztonsági tényező	Becsült sugárterhelés [nSv]
bátaapáti NRHT	Légköri: 0,0061 Folyékony: 0,00013	100 000	1	623
püspökszilágyi RHFT	Légköri: 0,00523 Folyékony: 0,00501	100 000	1	1024
BKR	Légköri: 0,027Folyékony: -	50 000	5	274
Oktatóreaktor	Légköri: 0,0007 Folyékony: 0,000036	50 000	1	37
Izotóp Intézet Kft.	Légköri: 0,215 Folyékony: 0,0088	50 000	5	2238
BVH Kft. kővágószőlősi telephely	Légköri: 0,000002 Folyékony: 0,0425	300 000	5	2550

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 világtáblákkal összehasonlítva.

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

Sugárterhelés forrása	Világítlag (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, tudómodellen alapuló dóziskonverziós tényezővel lett meghatározva.

A táblázatból látható, hogy hazánk lakosságának becslt átlagos természetes sugárterhelése nagyobb az UNSCEAR által becslt súlyozott világítlagnál. Ennek oka elsődlegesen az, hogy a hazai beltérekben az átlagos radon-koncentráció több mint kétszerese a világítlagnak; másodsorban pedig az, hogy az épületekben a földkérgi eredetű radioizotóptól származó gamma-sugárzás mértéke is kicsivel nagyobb, mint a világítlag. 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 világítlaga 40 Bq/m³. A hazai beltéri radonszint számtani átlaga a korábbi és a jelenlegi vizsgálatok eredményei alapján kb. 130 Bq/m³, a súlyozott átlag becslt értéke kb. 110 Bq/m³. Az UNSCEAR által használt számítási módszerek alapján a radon- és leányelemeitől származó összesített belső sugárterhelés világítlaga 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 becslt értéke kb. 5,5 mSv. Ily módon a lakosság természetes forrásokból származó összesített, egy főre eső éves effektív dózisa kb. 6,7 mSv-nek becslhető.

A lakosság mesterséges forrásból származó sugárterhelésének főbb összetevői:

- környezetben jelenlévő mesterséges eredetű radioizotóptól 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 $0,5 \mu\text{Sv}$ évente. A talajfelszíni ^{137}Cs gamma-sugárzásától származó külső sugárterhelés mértéke évente $4,9 \mu\text{Sv}$ (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 $1.700 \mu\text{Sv}$ 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 2023-ban 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 aktivitás-koncentráció értékei több mintafajtánál is túlnyomórészt kimutatási határ alatt maradnak.

Conclusion

It should be emphasized that the activity concentration of radiocaesium concentrations remained below 10 Bq/kg in foodstuffs available in Hungary in 2023. 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

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

OMSZ – Országos Meteorológiai Szolgálat

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 – Táv mérő 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 2023. 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, Kövendingé 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: Ádámné Sió Tünde

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, Weisenburger Edit, Jónás Adrienn

ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Zagyvai Péter

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Endródi Gáborné, Kocsis 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, 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