



**AZ
ORSZÁGOS KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI
ELLENŐRZŐ RENDSZER**

(OKSER)

2025. ÉVI JELENTÉSE

Budapest, 2026. június

Tartalomjegyzék

Előszó	4
1 Bevezetés	5
1.1 A mérési adatok megjelenítése	5
1.2 Az Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer tagjai	7
1.3 Az OKSER Szakbizottság tagjainak képviselőjét ellátó szakértők 2025-ben	7
1.4 A lakossági sugárterhelés forrásainak ismertetése	8
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	12
2.2.4 A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata.....	13
2.2.5 A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	13
2.2.6 A BVH Kft. kővagószőlősi telephelyének környezetellenőrző hálózata	14
3 A hatósági ellenőrzés rendszere	14
3.1 A hatósági ellenőrzést folytató szervezetek bemutatása.....	14
3.1.1 A Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ	14
3.1.2 Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal.....	15
3.1.3 Baranya Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály, Laboratórium Osztály, Népegészségügyi, Állategészségügyi és Környezetvédelmi Laboratórium Radiológiai Csoport.....	15
3.1.4 Egészségügyi Radiológiai Mérő- és Adatszolgáltató Hálózat	16
3.2 A hatósági ellenőrzés mérési módszerei.....	16
4 Országos mérési adatok értékelése	21
4.1 A külső gamma-dózisteljesítmény mérések eredményei	21
4.1.1 A Radiológiai Távmérő Hálózat adatai	21
4.1.2 Időszakos külső gamma-dózisteljesítmény mérések.....	27
4.2 Levegőszűrők (aeroszol) mérési eredményei	29
4.2.1 AMS típusú automata aeroszol mintavevők üzemeltetése.....	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.....	42
4.7 Növényzet.....	43
4.7.1 Takarmány	43
4.7.2 Növényi eredetű, nyers élelmiszer	46
4.7.3 Gabonafélék és az azokból készült termékek	49
4.8 Állati eredetű élelmiszerek	52
4.8.1 Tej, tejtermék.....	52
4.8.2 Hús és hústermékek aktivitás-koncentrációi	55
4.9 Vegyes élelmiszer	58
5 Létesítmények környezete	59
5.1 A Paksi Atomerőmű környezetében végzett mérések	59
5.1.1 Gamma-dózisteljesítmény mérések a Paksi Atomerőmű környezetében	61
5.1.2 Aeroszol aktivitás-koncentráció mérések a Paksi Atomerőmű környezetében	63

5.1.3	A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző rendszerének kihullás mérési eredményei..	65
5.1.4	A Paksi Atomerőmű hideg- és melegvízcsatornájában mért aktivitás-koncentrációk ..	66
5.1.5	A Nemzeti Népegészségügyi Központ, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály mérési adatai a paksi felszíni vizekre vonatkozóan.....	66
5.1.6	A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei	67
5.1.7	A vízi környezetben mért aktivitás-koncentrációk a hatósági mérések alapján	68
5.1.8	A talajban mért aktivitás-koncentrációk	71
5.1.9	A takarmánymintákban mért aktivitás-koncentrációk	72
5.1.10	A növénymintákban mért aktivitás-koncentrációk	72
5.1.11	Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása.....	74
5.2	A Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló telephelyének környezetellenőrzési mérési adatai	76
5.2.1	A bátaapáti NRHT környezetében mért aeroszol-koncentráció adatai.....	76
5.2.2	A bátaapáti NRHT környezetében mért kihullás eredmények	78
5.2.3	A bátaapáti NRHT környezetében vett talajminták mérési eredményei.....	79
5.2.4	A bátaapáti NRHT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményei.....	80
5.2.5	A bátaapáti NRHT környezetében mért növényminták adatai	80
5.3	A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló környezetellenőrzési mérési adatai.....	82
5.3.1	A 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.....	92
5.6	A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetellenőrzési mérési adatai	93
5.6.1	A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetében mért kihullás eredmények ..	93
5.6.2	A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetében vett talajminták mérési eredményei.....	93
5.6.3	A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetében vett növényminták mérési eredményei.....	96
6	Országhatáron túli hatások	100
6.1	A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért eredmények.....	100
6.1.1	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében mért dózisteljesítmények és aktivitás-koncentrációk.....	100
6.1.2	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fall-out minták mérési eredményei.....	102
6.1.3	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett talajminták mérési eredményei.....	102
6.1.4	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fűminták mérési eredményei	103
6.1.5	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett zöldség- és gyümölcsminták mérési eredményei.....	104
6.1.6	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett folyóvíz és iszapminták mérési eredményei.....	104
6.1.7	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett ivóvízminták mérési eredményei.....	105

7	Kibocsátási eredmények	106
7.1	A Paksi Atomerőmű kibocsátásai	106
7.1.1	Légköri kibocsátás	107
7.1.2	Folyékony kibocsátás.....	110
7.1.3	Megállapítások	116
7.2	A Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló kibocsátásai.....	118
7.2.1	A földfelszíni telephely folyékony kibocsátás értékelése	118
7.2.2	A földfelszíni telephely légnemű kibocsátás értékelése	118
7.2.3	A felszín alatti térrész légköri kibocsátásának értékelése	119
7.2.4	A felszín alatti térrész folyékony kibocsátásának értékelése	120
7.2.5	Megállapítások	120
7.2.6	A létesítmény összesített kibocsátásának értékelése	121
7.2.6.1	A telephely felszíni és felszín alatti összesített légköri kibocsátásának értékelése 121	
7.2.6.2	A telephely felszíni és felszín alatti összesített folyékony kibocsátásának értékelése	121
7.3	A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kibocsátásai.....	122
7.3.1	Üzemi épület kibocsátásainak ellenőrzése	123
7.3.2	Tárolóterület folyékony kibocsátásainak ellenőrzése.....	123
7.3.3	Tárolóterületi gázdifúzió ellenőrzése.....	124
7.3.4	Összesített kibocsátások.....	124
7.4	A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátásai	126
7.5	A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátásai.....	126
7.6	Izotóp Intézet Kft. kibocsátásai	128
7.6.1	Folyékony kibocsátások értékelése	128
7.6.2	Légnemű kibocsátások értékelése	128
7.7	A BVH Kft. kővágószőlői telephelyének kibocsátásai.....	131
8	Létesítmények hatásának értékelése, a lakossági sugárterhelés járulékai.....	132
8.1	A Paksi Atomerőmű.....	132
8.1.1	A légköri 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
	Conclusion	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 egészének sugárterhelésének értékelése céljából történő ellenőrzéséről szóló, 2000. június 8-i 2000/473/Euratom Bizottsági ajánlás tartalmazza.

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

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

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

A mérési eredményekből az OKSER Szakbizottság minden évben éves jelentést készít. Jelen kiadvány a 2025. évi mérési eredmények feldolgozását mutatja be.


Kádár Andrea Beatrix
az OKSER Szakbizottság elnöke



1 Bevezetés

1.1 A mérési adatok megjelenítése

Az OKSER 2025. 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 2025. évre vonatkozó mérési eredményeket több mint 104.000 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 laboratóriumonként eltérő lehet.
- h) Az alkalmazott érzékeny technikák, eszközök ellenére, a mérések több mintafajtánál is nagy számban kimutatási határ alatti eredményeket szolgáltatottak. A kimutatási határ feletti és alatti eredmények megfelelő statisztikai kezelésére, a táblázatos összefoglalásokban a következő módszert alkalmaztuk:
 - átlagot és szórást csak abban az esetben képeztünk, ha a kimutatási határ feletti eredmények száma legalább tíz volt (ekkor a kimutatási határ alatti eredményeket, a

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

³H és ¹⁴C nélkül

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

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

- csak a minimum és maximum értékeket adtuk meg, ha a kimutatási határ feletti eredmények száma 2 és 10 közötti volt;
- csak a maximum értéket szerepeltettük, – megállapodás szerint – ha csupán 1 kimutatási határ feletti eredmény volt;
- végül nem közöltünk eredményt, ha minden adat kimutatási határ alatti volt;
- az eredmények összesített számán kívül, minden esetben feltüntettük a kimutatási határ alattiak számát is.

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

Az egyedi mérési eredmények bizonytalanságáról elmondható, hogy a mérések relatív hibája általában nem haladja meg a 10%-ot. Nagyobb és nehezen, vagy egyáltalán nem számszerűsíthető bizonytalanságot eredményez a mintavétel olyan környezeti mintáknál, ahol jelentős mértékű inhomogenitás fordulhat elő (pl. a csernobili atomerőmű balesetéből származó ^{137}Cs aktivitáskonzentrációja a talajban).

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

1.2 Az Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer tagjai

Az OKSER tagjai 2025-ben (a Rendelet 1. sz. melléklete alapján):

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

1.3 Az OKSER Szakbizottság tagjainak képviseletét ellátó szakértők 2025-ben

1. Szeitz Anita (Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság képviseletében)
2. Dr. Sáfrány Géza (Belügyminisztérium Egészségügyi Ágazat képviseletében)
3. Ádámné Sió Tünde (Agrárminisztérium, mezőgazdaságért és vidékfejlesztésért felelős államtitkárság, valamint élelmiszerlánc-felügyeletért felelős államtitkárság képviseletében)
4. Lókiné Nagy Enikő Éva (Energiaügyi Minisztérium, környezetvédelmi ágazat; valamint Közigazgatási és Területfejlesztési Minisztérium képviseletében)
5. Milecz-Mitykó Richárd és Szabados György (Technológiai és Ipari Minisztérium, foglalkoztatásért és felnőttképzésért felelős helyettes államtitkárság képviseletében)
6. Veres József ezredes (Honvédelmi Minisztérium - MH Sodró László 102. Vegyiharc Ezred)
7. Nagy József (HungaroMet Nonprofit Zrt.)
8. Dr. 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)
14. Dr. Csordás Anita (Bányavagyon-hasznosító Nonprofit Közhasznú Kft.)
15. Kovács Bence Árpád (Izotóp Intézet Kft.)

1.4 A lakossági sugárterhelés forrásainak ismertetése

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

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

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

A földkéregi eredetű sugárzások tekintetében ma már csak azok a radioizotópok (valamint bomlástermékeik) találhatók meg a Földön, (a mesterségesen előállítottakat nem számítva) amelyeknek a felezési ideje összemérhető a Föld korával. Ezeket földkéregi vagy terasztriális eredetű radionuklidoknak is szokás nevezni. A dózisterhelés szempontjából az alapvető primordiális radionuklidok a ^{40}K , ^{232}Th és ^{238}U izotópok.

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

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

Az Egyesült Nemzetek Atomsugárzás hatásaival foglalkozó Tudományos Bizottsága (The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, a továbbiakban: UNSCEAR) jelenleg is aktuális, „Sources and Effects of Ionizing Radiation” címmel, 2000-ben megjelentett kiadványa szerint a felnőtt lakosság természetes és mesterséges forrásból várható éves effektív dózisének világátlagos körülbelül 3 mSv. A természetes forrásból származó éves effektív dózis körülbelül 2,4 mSv, ebből a legnagyobb járulékot a radon és leányelemei képezik 1,3 mSv-es értékkel. A 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 radionukliddal származik. A mesterséges forrásból származó éves effektív dózis értéke körülbelül 0,65 mSv. A mesterséges eredetű sugárzás forrásai: radioaktív hulladékok, nukleárisfegyver-kísérletek, radioizotópok előállítása és felhasználása, orvosi alkalmazások, sugár- és nukleáris

balesetek, működő atomerőművek – beleértve az egész nukleáris üzemanyagciklust. A mesterséges sugárterhelés esetében a legnagyobb hozzájárulást világátlagban az orvosi alkalmazás képviseli 0,62 mSv éves átlagos többletdózissal. [2]

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

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

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

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

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

2 Létesítményi kibocsátások, kibocsátási korlátok

2.1 Kibocsátási korlátok származtatása, korlátok az egyes létesítményekre vonatkozóan

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

Annak érdekében, hogy egy adott tevékenységből származó, adott és ellenőrzés alatt tartott forrásból eredő foglalkozási vagy a lakosság tagjaira vonatkozó sugárterhelés az észszerűen elérhető legalacsonyabb szintet jelentősen ne haladja meg, a forrásra vonatkozóan dózismegszorítást kell alkalmazni. A dózismegszorítást, a lakosságot érintő valamennyi engedélyezett tevékenységből és fennálló sugárzási helyzetből eredő dózisek összegére vonatkozó dóziskorlát figyelembevételével kell megállapítani. A dózismegszorítás – a létesítmények jellegének megfelelően – a Paksi Atomerőmű esetében 90 $\mu\text{Sv}/\text{év}$, a Kiegészítő 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, amelyekről 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 hatósággént, a KöM rendeletben foglalt hatósági felügyeletet a környezet- és természetvédelmi hatáskörben eljáró Baranya Vármegyei Kormányhivatal (a továbbiakban: BAVKH) Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Hulladékgazdálkodási Főosztálya, valamint a BAVKH Népegészségügyi Főosztály Laboratóriumi Osztály Népegészségügyi, Állategészségügyi és Környezetvédelmi Laboratóriumának Radiológiai Csoportja (a továbbiakban: BAVKH NF LO) látja el. A helyszíni hatósági ellenőrzéseket a BAVKH Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Hulladékgazdálkodási Főosztály és a BAVKH NF LO közösen látja el.

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

2.2 A kiemelt létesítmények kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata

2.2.1 A Paksi Atomerőmű kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A püspökszilágyi RHFT környezeti kibocsátásait és környezetellenőrzésének rendszerét, a hivatalos üzemviteli dokumentumok részeként kiadott, az illetékes hatóságok által jóváhagyott kibocsátás-ellenőrzési szabályzat, a környezetellenőrzési szabályzat határozza meg. A püspökszilágyi RHFT területén légköri vagy folyékony (elsősorban csapadékvíz) radioaktív kibocsátásokra, üzemszerűen csak az ellenőrzött zónában elhelyezkedő üzemi épületből és a tárolóterületről kerülhet sor. A légnemű kibocsátás ellenőrzése, az üzemi épület szellőző rendszerének a kéményébe telepített légköri, valamint aeroszol mintavevővel történik. A tárolóterület és az üzemi épület kibocsátását, az uralkodó szélirányba telepített folyamatos üzemű aeroszol monitorok is ellenőrzik. A tároló üzembe helyezése előtt meghatározták a tároló környezetének leglényegesebb pontjain (a környező vízfolyások mentén és a talajvízben) az

ügynevezett 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 Budapesti Kutatóreaktor (BKR) reaktorcsarnokának és az Izotóp Intézet Kft. „A” szintű radioizotóp-laboratóriumának szellőztető rendszerei közös kéményen át bocsátják ki a levegőt, amiben a két külön ág egyesül. A közös szakaszban négy elemű (aeroszol, elemi jód, szerves jód, nemesgáz) „OnRem” mintavevő rendszer működik.

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

- napi (heti 4 napon) aeroszol-mintavétel (kistérfogató 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 nagytérfogató állomáson vett mintával (éves mintaszám 153);
- nedves és száraz kihullás egyesített mintavétele 4 állomáson, kiértékelés gamma-spektrometriával (éves mintaszám: 3×12 (havi) + 51 (heti), összesen 87).

A szennyvízkibocsátás ellenőrzése a telekhatár közelében elhelyezkedő vízmintavevő állomáson havi mintavétellel történik. Trícium és gamma-spektrometriás mérést a kimenő szennyvízből vett mintából havonta egyszer végeznek. (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 hulladékvízkezelő rendszerben lévő víz aktivitását is folyamatosan monitorozzák és archiválják. Az ellenőrzés főbb elemei a következők:

- Kibocsátás mérése: a kibocsátott levegőben GM-csőes folyamatos dózisteljesítmény mérés és annak aeroszol-tartalmához kapcsolódó havi egyszeri radioaktivitás szakaszos mérése összes-béta számlálással.
- Környezeti ellenőrző mérések: gamma-dózisteljesítmény folyamatos mérése két RS-04 típusú széles méréshatárú dózisteljesítmény mérővel a bejáratnál és a reaktorépület melletti kertben,

aeroszol-mintavétel hetente 3-szor (éves mintaszám 150), összes-béta- és összes-gamma mérés szakaszosan, a rövid felezési idejű radon-leányelemek lebomlása után; a száraz és nedves kihullás meghatározása, szakaszos mintavétellel, havonta egyszer összes-béta számlálással (éves mintaszám 12), a talajra és a növényzetre kiülepedett, illetve a növényzet által felszívott radioaktivitás mérése évente kétszer gamma-spektrometriával.

2.2.6 A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetellenőrző hálózata

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

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

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

A hosszú távú monitoring jelenlegi stádiumában radiológiai monitoring keretén belül történik azon meddőhányók ellenőrzése, ahol a meddő anyagának radioaktivitása ezt indokoltá teszi. Ezek a következők: az I., II. és III. bányaüzemi meddők, a II/A, III/A, valamint a Frici-tárai meddőhányók. A meddőhányók rekultivációja hivatalosan is lezártnak tekinthető.

A meddőhányókon szezonális radonvizsgálatok folyamatosan (évszakonként, évente 4 alkalommal), 4 évente pedig részletes területi felmérést és radionuklid-migrációs vizsgálatok történnek.

Technikai értelemben a két zagyártározó rekultivációja is befejeződött. A szezonális radonvizsgálatok folyamatosan (évszakonként, évente 4 alkalommal) zajlanak, 4 évente pedig részletes területi felmérésre és radionuklid-migrációs vizsgálatokra kerül sor.

Az előírt monitoring tevékenységek közül a mintavételeket, a terepi 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

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

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

3.1.2 Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal

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

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

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

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

A BAVKH NF LO Magyarország kiemelt létesítményeinek kibocsátás- és környezetellenőrzésére kiterjedően országos 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 mintavételezésben és mérésben. Munkatársai a szakértői- és albizottsági üléseken szakértői feladatokat látnak el.

3.1.4 Egészségügyi Radiológiai Mérő- és Adatszolgáltató Hálózat

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

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

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

3.2 A hatósági ellenőrzés mérési módszerei

A. Levegőszűrők (aeroszol) mérése

- Az ERMAH esetében közepes légforgalmú ($150 \text{ m}^3/\text{h}$ teljesítményű, kb. $3000 \text{ m}^3/\text{nap}$) mintavevővel heti mintákat vesznek, és a szűrők gamma-spektrometriai elemzését végzik el, míg a kis légforgalmú ($2-4 \text{ m}^3/\text{h}$, kb. $50-80 \text{ m}^3/\text{nap}$) mintavevőkkel vett napi minták esetében az összes-béta aktivitást határozzák meg. (Ez utóbbiak esetén a 72 órás pihentetés utáni eredmények veendő 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: $1-10 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (20-30 ezer m^3 átszívott levegőből, félvezető detektoros gamma-spektrométerrel mérve a ^{137}Cs aktivitást); illetve $0,5-2,5 \text{ mBq}/\text{m}^3$ ($50-300 \text{ m}^3$ átszívott levegőből, összes-béta aktivitás mérésével). Az összes-béta aktivitás mérése a legtöbb laboratóriumban pasztik szcintillációs mérőfejjel ellátott detektorokkal történik, amelyek kb. 50 keV -nál nagyobb energiájú elektronok detektálásra alkalmasak. Más laboratóriumokban alacsony háttérű, proporcionális detektorokkal ellátott alfa/béta-számláló készülékekkel történik az összes-béta mérés, amely szintén alkalmasak a kb. 50 keV feletti energiájú elektronok detektálására.
- A NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratórium budapesti telephelyén hetente végeznek szűrőcserét, az átszívott levegő kb. $25000 \text{ m}^3/\text{hét}$, 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, trícium meghatározás és összes-béta mérés történik.

C. Talajminták mérése:

- A talajmintákat az előkészítés során tisztítják (eltávolítják a köveket, gyökér-, növénymaradványokat), szárítják, aprítják, homogenizálják. A mérések az összes-béta aktivitás, a gamma-sugárzó radionuklidok és a 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 bolygatatlan talajok felső 5 cm-es szeletéből 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 ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 2-20 mBq/l.
- Az NNGYK SSFO a Duna-alprogram keretében havi gyakorisággal mintát vesz. A mintaelőkészítés a gamma-spektrometriai elemzés esetén bepárlást (45 literről 150 ml-re), az összes-béta aktivitásmérés esetén bepárlást és 420 °C-on történő hamvasztást, a trícium aktivitásának mérése esetén desztillálást, ⁹⁰Sr-aktivitás-koncentráció mérése esetén további kémiai elválasztást jelent. Az összes-béta aktivitás méréseket alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel végzik. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek. A trícium méréseket folyadékszintillációval végzik, a kálium-koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik.
- A NÉBIH, monitoring programja szerint, a Duna két pontján – Uszód és Gerjen – évente 3-3 alkalommal vesznek felszíni vízmintát trícium vizsgálatra. A minta desztillálása és oxigénmentesítése után, dúsítás nélkül folyadékszintillációs technikával történik a mérés. Az alsó méréshatár 0,9 Bq/l.

E. Ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz:

- Az ERMAH laboratóriumai az ivóvíz minták összes-béta aktivitását, a korábban már említett 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 takarmány alapanyagok 450 °C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30 g), takarmánykeverékek, premixek esetén eredeti anyag 450 cm³-ből, Marinelli edényben 80000 s mérési idővel; az összes-béta és helyenként összes-alfa aktivitás-koncentráció meghatározást pedig 2 gramm hamuból 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. A gombák és nagy levelű zöldségek (sóska) hamujából történik összes-alfa szűrővizsgálat (ezek a jelentésben nem szerepelnek). Leveles zöldségfélékből, vadon termő ehető gombákból, illetve a gyökérzöldségekből - kémiai elválasztás után - a ^{90}Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák. Jellemző kimutatási határok: ^{137}Cs : 0,01 - 0,89 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,03 - 0,12 Bq/kg. A vizsgálati programban szerepel az EU más tagországaiból vagy harmadik országból származó zöldségek, gyümölcsök, fűszerek, szárított gombák, aszalt gyümölcsök ^{137}Cs szűrővizsgálata. A minták mérése eredeti anyagból, általában 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik.
- Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja régióként és negyedévenként 2-3 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 ^{137}Cs aktivitás-koncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,3 Bq/kg.

H. Gabonafélék és azokból készült termékek:

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

I. Tej, tejtermék:

- A NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában tej, sajt, illetve tejpor minták szerepelnek. A tej mintavétel a monitoring tervben előírtak szerint negyedévente vármegyéenként meghatározott tejgazdaságból vagy kistermelőtől, a takarmány mintavétellel együtt történik. Paks környékéről és Mohi atomerőmű környezetéből havonta vesznek mintát. A γ -spektrum analízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb. 20-30g), 80000 s mérési idővel, az összes-béta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 2 grammjából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként). Szintén ebből a hamuból történik a ^{90}Sr radiokémiai elválasztása. Ezeket a vizsgálatokat minden mintából elvégzik. Jellemző kimutatási határok: ^{137}Cs : 0,01 - 1,5 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,018 - 0,6 Bq/kg.
- Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 vármegyében és a fővárosban, havonta 1-1 boltban vásárolt tejminta, továbbá negyedévente 1-1 sajt-, túró- vagy tejfölminta vételére terjed ki. A mintaelőkészítés hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-ből, az összes-béta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 0,3-1 grammjából végzik a laboratóriumok, illetve ebből kiindulva a ^{90}Sr méréséhez végeznek radiokémiai elválasztást. Az ERMAH laboratóriumai a tej és tejtermékek összes-béta aktivitását, a korábban említett szcintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. A ^{137}Cs aktivitás-koncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,25 Bq/kg.

J. Hús és hústermékek aktivitás-koncentrációi:

- A NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában sertés, marha, baromfi, házinyúl, juh, hal és vadhús szerepel. A γ -spektrum analízist 105 °C-on szárított minta 450 cm³-jéből (kb. 200-250 g szárított minta), 80000 s mérési idővel végzik a laboratóriumok. Jellemző kimutatási határok: ^{137}Cs : 0,05 - 1,7 Bq/kg. A NÉBIH monitoring programjában szerepel a húskészítmények, tengeri hal és tengeri puhatestűek ^{137}Cs szűrővizsgálata. A minták mérése eredeti anyagból, 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik.

- Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 vármegyében és a fővárosban, negyedévente 1-1 hal, marha, sertés vagy baromfi húsminta vételére terjed ki. A mintaelőkészítés hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-ből, az összes-béta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 0,3-1 grammjából végzik a laboratóriumok. Az ERMAH laboratóriumai az állati eredetű minták összes-béta aktivitását szintén a korábban már említett szcintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. Jellemző kimutatási határ: 0,01-0,2 Bq/kg (¹³⁷Cs).

K. Vegyes élelmiszer:

- Az ERMAH mérési programjában az ERMAH vizsgálati régiók vármegyében történő félélévkeneti 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 2025. évi eredmények kerülnek ismertetésre.

4.1 A külső gamma-dózisteljesítmény mérések eredményei

4.1.1 A Radiológiai Távmérő Hálózat adatai

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

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

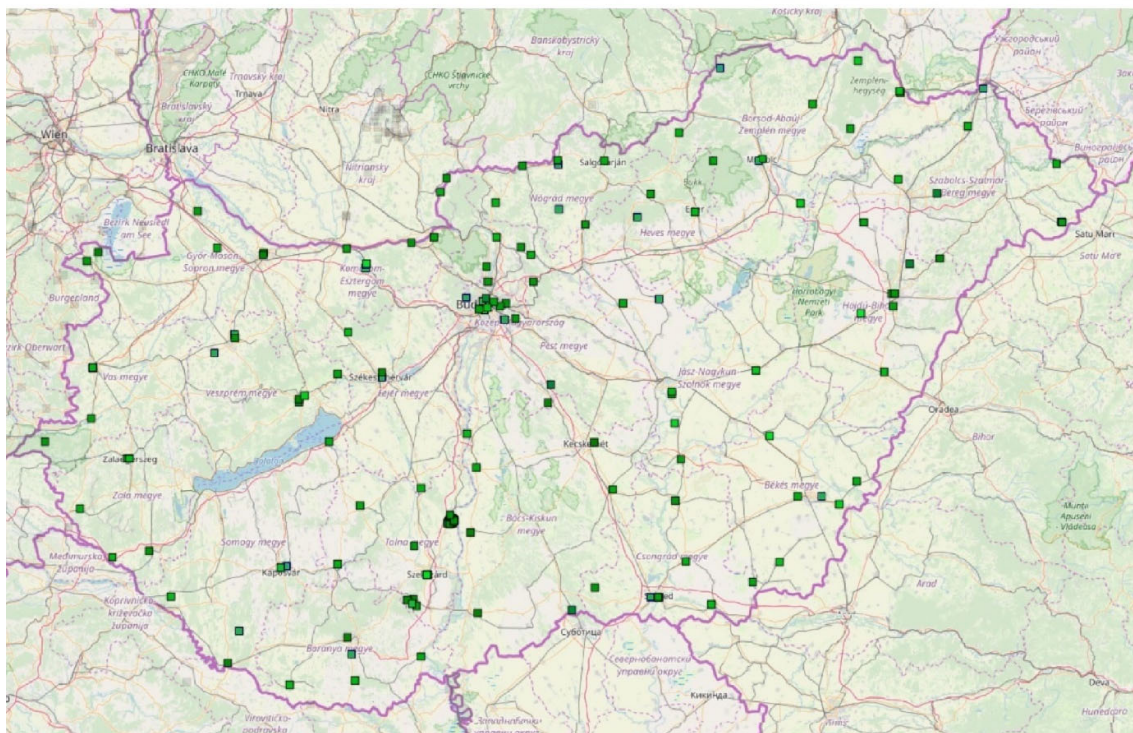
A mérőállomásról származó gamma-dózisteljesítmény adatok az egyes ágazati információs központokon keresztül a BM OKF Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központba (a továbbiakban: NBIÉK) érkeznek, ahonnan a megfelelő feldolgozás után rendszeres időközönként átadják az OKSER adatbázisa számára,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

2025. óta minden ágazat adatai 10 percenként érkeznek az NBIÉK-be. Normál időszakban az adatok éves rendszerességgel kerülnek át az OKSER adatbázisba. A rendszerben a riasztási szint minden mérőállomáson egységesen 500 nSv/h. A BM OKF alkalmaz egy olyan figyelmeztetési szintet is, aminek a túllépése esetén a változást ki kell vizsgálni. A figyelmeztetési szint értéke 250 nSv/h. A riasztási szint túllépése esetén az egyes mérőállomások a központba riasztási jelet küldenek. Magasabb működési állapotban a rendszer az OKSER adatbázis számára az adatokat, az alaphelyzethez képest nagyobb gyakorisággal tudja biztosítani.

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

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

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



4-1. ábra
A dózisteljesítmény-mérőhelyek országos elhelyezkedése

Az adott pontban mérhető környezeti dózisteljesítményt négy tényező határozza meg:

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

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

4-1. táblázat
Országos dózisteljesítmény eredmények napi átlagainak jellemzői 2025-ben
(N az üzemelő napok számát jelöli)

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0101	Rétság	122	109	145	8	365
HU0104	Ózd	103	94	117	5	365
HU0109	Szekszárd	104	91	119	5	362
HU0118	Veszprém	124	111	142	7	365
HU0120	Budapest XIV. OKF	105	97	115	4	365
HU0124	Salgótarján	121	112	136	5	365
HU0130	Gyomaendrőd	117	103	132	8	364
HU0131	Vajta	104	92	118	6	365
HU0132	Budapest – Ferihegy	97	91	111	3	359
HU0133	Komárom	115	108	127	4	365
HU0134	Szombathely	122	111	145	6	317
HU0135	Solt	101	92	123	5	365
HU0136	Zalaegerszeg	121	111	133	4	365
HU0137	Kisújszállás	119	104	131	6	365
HU0138	Berettyóújfalu	102	94	114	4	365
HU0139	Hajdúszoboszló	115	106	128	5	365
HU0140	Gyula	134	114	155	10	313
HU0141	Mezőkovácsháza	131	121	144	5	365
HU0142	Kiskunfélegyháza	87	78	98	4	365
HU0143	Vámosmikola	108	97	125	5	365
HU0144	Mór	119	110	134	5	321
HU0145	Siófok	101	89	113	5	365
HU0146	Dombóvár	113	92	124	5	365
HU0147	Letenye	118	107	131	5	365
HU0148	Lenti	113	102	126	5	322
HU0149	Tiszaújváros	116	101	132	7	365
HU0150	Balassagyarmat	111	102	121	4	365
HU0151	Barcs	100	84	118	9	365
HU0152	Csenger	105	97	120	4	365
HU0153	Csurgó	121	103	141	9	365
HU0154	Dunaújváros	117	106	130	5	365
HU0155	Eger	108	97	119	5	365
HU0156	Encs	118	103	136	7	365
HU0157	Esztergom	118	111	126	3	365
HU0158	Hajdúnánás	113	102	128	6	365
HU0159	Jászberény	105	82	120	7	359
HU0160	Kalocsa	95	82	105	6	363
HU0161	Kisnémedi	111	102	123	5	364
HU0162	Kisvárd	103	93	121	6	365
HU0163	Körmend	112	102	127	6	352
HU0164	Kunszentmárton	102	95	111	3	365
HU0165	Lébény	104	93	117	4	317

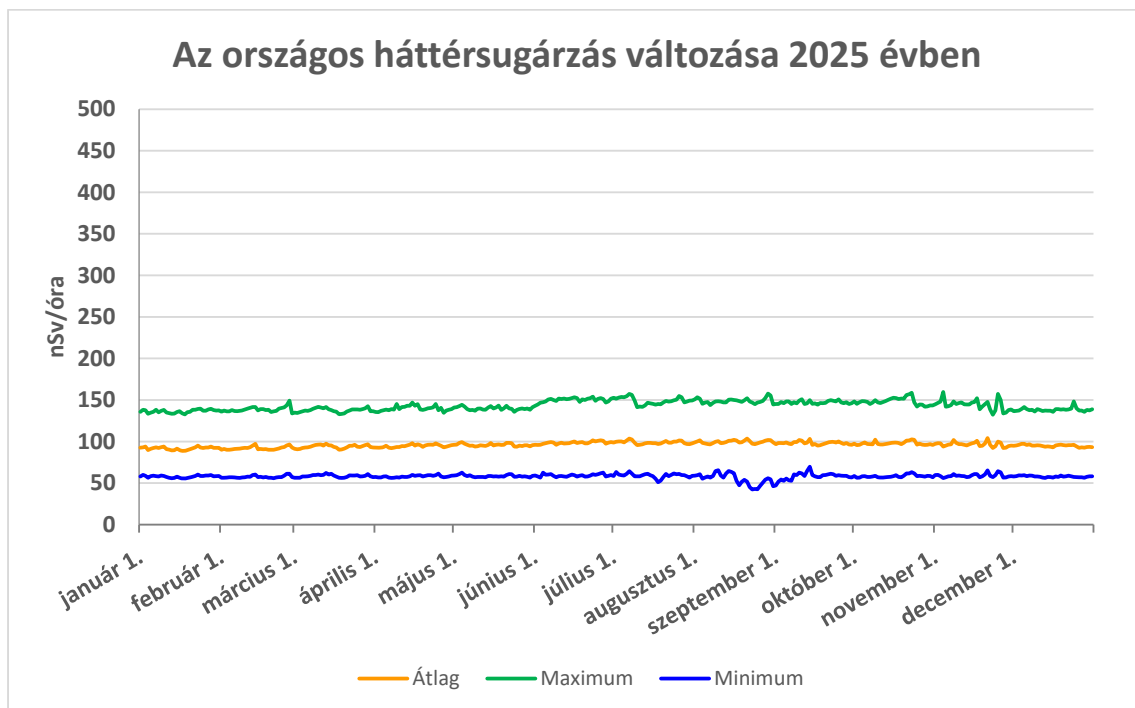
Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0166	Makó	102	90	115	6	365
HU0167	Mohács	126	115	135	5	365
HU0168	Nyíradony	96	86	114	5	365
HU0169	Paks	94	83	112	6	365
HU0170	Ruzsa	98	83	120	8	365
HU0171	Sarkad	115	102	131	7	364
HU0172	Sátoraljaújhely	121	115	137	3	365
HU0173	Sellye	118	97	137	10	365
HU0174	Szatmárcseke	107	98	120	4	360
HU0175	Szécsény	112	101	121	5	365
HU0176	Tamási	120	108	134	5	365
HU0177	Tiszaföldvár	127	120	135	3	365
HU0178	Vác	113	104	123	5	365
HU0179	Váckisújfalu	118	109	129	4	364
HU0201	Bátaapáti – Zsibrik halastó	97	89	114	3	362
HU0202	Bátaapáti – Mórág	107	96	121	4	364
HU0203	Bátaapáti – Rozsdás útelágazás	77	65	148	18	364
HU0204	Bátaapáti – Vadászház	118	107	147	9	364
HU0211	Budapest BME	80	58	92	6	317
HU0212	Budapest ELTE	59	56	68	2	333
HU0213	Budapest SOTE	112	84	133	5	173
HU0214	Debrecen	91	88	104	2	362
HU0215	Gödöllő	91	66	96	3	155
HU0217	Pécs	83	81	87	1	294
HU0219	Szeged1 – Szilárdtest és Radiokémia Tanszék	98	96	102	1	362
HU0220	Szeged2 – Orvostudományi Kar	94	91	99	1	277
HU0221	Veszprém	77	73	133	4	291
HU0223	Szombathely	77	72	99	4	178
HU0301	Siklós	105	89	125	9	361
HU0302	Székesfehérvár	77	73	85	2	359
HU0303	Veszprém	78	75	87	2	354
HU0304	Tata	143	132	159	6	284
HU0305	Győr	78	74	88	2	365
HU0307	Várpalota	84	80	93	2	365
HU0310	Debrecen	90	77	114	9	365
HU0311	Táborfalva	83	77	99	3	350
HU0312	Hódmezővásárhely	109	92	124	6	331
HU0313	Szentendre	95	88	110	3	364
HU0316	Kaposvár	124	109	138	6	365
HU0322	Medina	99	90	112	5	365
HU0326	Jobbágyi	89	85	101	3	297
HU0328	Kecskemét	79	71	94	3	363

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0329	Szentes	82	76	89	2	322
HU0330	Budapest X. ker. (HTEK VVR)	95	84	107	6	365
HU0331	Budapest XIII. ker. (HM II)	84	80	91	2	239
HU0333	Miskolc	97	92	109	2	365
HU0335	Békéscsaba	95	87	111	5	365
HU0337	Pápa	89	81	103	3	365
HU0338	Szekszárd	140	129	160	6	365
HU0339	Budapest XI. ker. (Őrezred)	95	89	103	2	365
HU0344	Budapest V. ker. HM I	85	81	145	4	364
HU0346	Budakeszi	105	91	116	6	364
HU0348	Pusztavacs	79	73	99	3	365
HU0349	Budapest XV. ker. HTEK (MH LEK 2. RB)	100	93	110	3	365
HU0350	Budapest II. ker. THHE	88	81	100	4	364
HU0351	Recsk	93	87	113	4	350
HU0355	Szolnok Repülőtér	102	93	121	5	365
HU0356	Hajdúhadház	73	68	88	2	365
HU0357	Pápa Repülőtér	82	76	96	3	356
HU0358	Szolnok Repülőtér 2	102	94	120	4	363
HU0359	Nyírtelek	108	96	122	5	365
HU0388	Telkibánya	103	91	125	4	363
HU0389	Buják	93	79	120	8	365
HU0391	Bánkút	96	88	111	3	362
HU0400	Mosonmagyaróvár	96	91	109	3	235
HU0401	Nyíregyháza Napkor	72	67	88	2	254
HU0402	Sopron	77	71	93	3	261
HU0403	Baja	80	74	91	2	360
HU0404	Békéscsaba	76	69	89	3	364
HU0405	Kékestető	75	42	102	15	201
HU0406	Budapest XVIII. ker. (Lőrinc)	84	79	98	2	297
HU0407	Győr	79	77	87	2	51
HU0408	Szentgotthárd Farkasfa	92	84	112	5	242
HU0409	Szeged	75	68	87	3	292
HU0410	Debrecen	89	83	100	3	220
HU0411	Miskolc	76	72	89	2	362
HU0412	Pogány repülőtér	113	100	130	6	365
HU0413	Jósvafő	76	72	94	3	364
HU0414	Szécsény	92	87	103	3	233
HU0415	Tát	89	83	101	3	360
HU0416	Tata	64	61	79	2	365
HU0417	Záhony	71	68	78	2	221
HU0418	Nagykanizsa	92	85	105	4	230
HU0419	Homokszentgyörgy	83	77	95	3	210
HU0420	Jászapáti	85	80	98	3	256
HU0421	Kelebia	72	68	84	2	233

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0422	Pápa Repülőtér	82	76	94	3	295
HU0424	Pitvaros	95	88	111	3	360
HU0425	Sátoraljaújhely	96	89	120	4	364
HU0427	Tésa	85	80	101	3	244
HU0500	Paks A1	70	66	81	2	359
HU0501	Paks A2	70	65	83	2	364
HU0502	Paks A3	77	72	88	2	362
HU0503	Paks A4	75	70	89	2	364
HU0504	Paks A5	79	73	92	3	364
HU0505	Paks A6	72	67	85	2	364
HU0506	Paks A7	67	64	79	2	364
HU0507	Paks A8	79	73	91	2	364
HU0508	Paks A9	70	66	80	2	364
HU0509	Paks G1	67	63	77	2	357
HU0510	Paks G2	66	62	78	2	364
HU0511	Paks G3	70	66	83	2	364
HU0512	Paks G4	73	69	87	2	364
HU0513	Paks G5	70	66	84	2	364
HU0514	Paks G6	68	64	81	2	364
HU0515	Paks G7	79	74	92	2	364
HU0516	Paks G8	79	73	93	2	364
HU0517	Paks G9	80	74	95	3	364
HU0518	Paks G10	70	66	84	2	364
HU0519	Paks G11	69	66	82	2	359

A 100-as kezdetű kódok a BM OKF, a 201-204 közöttiek- az RHK Kft. – Bátaapáti, 211-223 közöttiek az Oktatási Ágazat, – a 300-as kezdetűek a MH, a 400-as kezdetűek a HungaroMet, az 500-as kezdetűek pedig a Paksi Atomerőmű mérőhelyeit jelölik. A táblázatban csak azok az állomások szerepelnek, amelyek a 2025. év során adatot szolgáltatottak.

A 4-2. ábrán a napi dózisteljesítmények országos átlagának, illetve az adott napon mért minimum és maximum értékeknek a 2025. évi változása látható. A napi dózisteljesítmény országos éves átlaga 96 nSv/h volt, ami lényegében megegyezik a 2024. évi értékkel (97 nSv/h, 1% eltérés). Az egyes mérőállomásokon mért napi átlagok 42 - 160 nSv/h közötti tartományban mozogtak. Az adatok környezeti dózisegyenérték teljesítményben vannak megadva. A tárgyidőszakban olyan valós esemény nem történt, amely a távmérőállomásokon riasztási szint túllépését eredményezte.



4-2. ábra

A napi dózisteljesítmények országos átlagainak, maximális és minimális értékeinek változása 2025-ben

4.1.2 Időszakos külső gamma-dózisteljesítmény mérések

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

4-2. táblázat

Az ERMAH laboratóriumok mérési adatai

Település	Átlag, (nSv/h)	Minimum, (nSv/h)	Maximum, (nSv/h)	Szórás, (nSv/h)	N
Budapest	87	56	147	20	288
Debrecen	134	100	180	17	75
Győr	101	90	120	6	52
Miskolc	129	103	158	12	56
Szeged	94	58	142	13	59
Szekszárd	116	102	124	5	46

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. 2025-ben az NNGYK SSFO telephelyének udvarán végzett dózisteljesítmény mérések heti átlagát és minimum-maximum értékeit a 4-3. táblázat tartalmazza.

4-3. táblázat

Az NNGYK SSFO udvarán 2025-ben végzett dózisteljesítmény mérések heti átlagai

Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)	Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)	Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)	Hét	Átlag (nSv/h)	Terjed. (nSv/h)
1	-	-	14	79	76 - 81	27	86	83 - 88	40	85	79 - 89
2	79	72 - 86	15	82	79 - 87	28	90	86 - 99	41	86	78 - 98
3	80	76 - 85	16	81	69 - 88	29	86	84 - 88	42	89	86 - 94
4	83	78 - 88	17	82	79 - 85	30	88	85 - 91	43	89	85 - 92
5	80	76 - 83	18	82	78 - 89	31	88	85 - 93	44	83	81 - 85
6	80	75 - 85	19	84	81 - 88	32	88	84 - 94	45	81	80 - 82
7	83	78 - 85	20	83	79 - 90	33	84	78 - 92	46	87	80 - 92
8	77	73 - 82	21	85	82 - 92	34	84	78 - 92	47	86	72 - 107
9	83	79 - 91	22	82	80 - 86	35	83	79 - 89	48	86	79 - 94
10	83	81 - 86	23	85	82 - 88	36	85	77 - 90	49	81	79 - 84
11	83	78 - 87	24	88	86 - 89	37	86	85 - 87	50	81	75 - 85
12	76	60 - 84	25	87	82 - 92	38	78	75 - 82	51	82	80 - 87
13	81	74 - 90	26	91	90 - 94	39	84	78 - 90	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 szekszárdi és a szombathelyi telephelyen havonként 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 2025-ben végzett dózisteljesítmény mérései

Vármegye	Átlag, (nSv/h)	Minimum, (nSv/h)	Maximum, (nSv/h)	N
BA	108	95	125	11
BE	90	86	96	9
BK	74	55	105	37
BP	64	54	98	47
BZ	89	65	112	30
CS	68	48	87	10
FE	74	58	96	11
GY	82	69	120	9
HA	83	61	104	9
HE	90	65	111	8
JA	87	65	106	10
KO	79	69	94	10
NO	88	80	98	11
PE	94	72	102	12
SZ	76	61	94	9
TO	96	62	185	43
VA	79	63	105	30
VE	78	68	98	10

4.2 Levegőszűrők (aeroszol) mérési eredményei

A levegőbe került radionuklidok egy része a levegőben található aeroszolokhoz kötődik. Az aeroszolok eltérően viselkednek a gáz halmazállapotú anyagokhoz képest, mint pl. az atomerőműből kibocsátott nemesgázok, vagy a természetes radon. Az aeroszolokhoz kötődő radionuklidok a levegőből megfelelő szűrővel kiszűrhetők. Az aeroszolok koncentrációjának ismerete a lakosság sugárterhelésének szempontjából meghatározó, egyrészt a belégzésük okozta dózis miatt, másrészt a talajra, növényzetre való kihullásuk – így a táplálékláncba való bekerülésük – kiindulási adataként.

Az ERMAH laboratóriumaiban működő aeroszol mintavevők országos kiépítettséget jelentenek. Emellett – mint létesítmény független mérési pont – a NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratóriumának budapesti telephelyén működik egy nagy teljesítményű aeroszol mintavevő. Az ERMAH laboratóriumok közül 2025-ben közepes, illetve kis légforgalmú mintavevővel 4-4 laboratórium rendelkezett. Az ERMAH laboratóriumok aeroszol mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. Eszerint a közepes légforgalmú mintavevővel hetenként kell mintát venni, és a szűrők gamma-spektrometriai elemzését kell elvégezni, míg a kis légforgalmú mintavevőkkel vett napi minták esetében az összes-béta aktivitást kell meghatározni. (Ez utóbbiak esetében, a legalább 72 órás pihentetés utáni eredmények veendők figyelembe.) Az ERMAH 2025-ben 808 aeroszol mintát vett. A NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratóriuma 2025-ben 51 mintát vett.

A 4-5. táblázat tartalmazza az ERMAH és NÉBIH laboratóriumok aeroszol mérési eredményeit jellemző éves átlagokat, minimum és maximum értékeket, szórásokat, továbbá az éves mintaszámot és a kimutatási határ alatti eredmények számát; valamint az országos, összesített értékeket is. A táblázatból láthatóan a ^{137}Cs koncentrációi a kimutatási határ (Kh) felett is megjelentek, a 0,0042 mBq/m³-es értékig. Az aeroszolban mérhető természetes eredetű ^7Be radionuklid koncentrációjának szokásos értéktartománya 0,30-23 mBq/m³ közötti. Az aeroszol-szűrők legalább 72 órás pihentetés után mért összes-béta aktivitásai jellemzően 0,20 – 46 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 2025-ben (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Vármegye	Átlag, (mBq/m ³)	Minimum, (mBq/m ³)	Maximum, (mBq/m ³)	Szórás, (mBq/m ³)	N	Kha
Be-7	BP	4,9	0,30	15	2,8	94	0
Be-7	BZ	-	1,2	23	-	9	0
Be-7	GY	3,1	0,86	18	2,6	40	3
Be-7	TO	2,7	0,72	5,0	1,1	46	0
Cs-137	BP	-	0,00055	0,0026	-	94	86
Cs-137	BZ	-	0,0010	0,0042	-	7	5
Cs-137	GY	-	-	-	-	43	43
Cs-137	TO	-	-	-	-	46	46
Összes-béta	BK	0,72	0,23	2,7	0,45	53	1
Összes-béta	BP	-	-	-	-	149	149
Összes-béta	CS	5,8	0,50	9,9	1,8	50	0
Összes-béta	HA	0,29	0,20	1,3	0,22	46	0
Összes-béta	TO	2,1	0,21	46	3,3	329	25
Be-7	Összesen	4,0	0,30	23	-	189	3
Cs-137	Összesen	0,0016	0,00055	0,0042	-	190	180
Összes-béta	Összesen	2,0	0,20	46	-	627	175

4.2.1 AMS típusú automata aeroszol mintavevők üzemeltetése

A bécsi székhelyű BITT Technology GmbH (2016-tól jogutódja a GIHMM GmbH) és a Budapesti Műszaki Egyetem által kifejlesztett AMS típusú automata aeroszol mintavevőt 1999-től alkalmazzák hazánkban. Jelenleg a szlovák határ közelében lévő Tésán, valamint Nagykanizsán, Napkoron, illetve a paksi atomerőmű közelében Gerjenben működik automata aeroszol mintavevő az osztrák kormányzat kezdeményezésére és megbízásából. Az osztrák fél együttműködési megállapodásokat kötött a magyar féllel (szervezetekkel) a mérőeszközök üzemeltetéséről.

A mérőeszközök a levegőben lévő, $0,1\ \mu\text{m}$ -nél nagyobb effektív átmérőjű porszemcsék, illetve porhoz kötődő anyagok radioaktivitását mérik. A por egy aeroszol és egy elemi jód-szűrőn gyűlik össze, a beépített NaI(Tl) szcintillációs vagy HPGe detektorok pedig az aeroszol szűrők alfa és béta, illetve a jódszűrő gamma aktivitását határozzák meg. A rendszerbe épített aktív-szén tartalmú szűrő feladata a szerves jód kiszűrése. A legtöbb berendezés 24 órás ciklusokban működik, annak lejárta után szűrőcserével új ciklust indítanak.

A mérési eredmények kiértékelése több lépcsőben történik. A végeredmény egy valószínűségi érték a sugárzási energiatartományokra, valamint ezeken keresztül a szennyező izotópok fajtáira vonatkozó információ, ami alapján beazonosítható a szennyező forrás. Az adatok lekérdezése normál üzemi körülmények között fél óránként történik, de a mérőrendszer rendelkezik egy háromszintű riasztással, amelyen keresztül a beállított határértékek átlépése esetén, ön maga kezdeményez soron kívüli adatközlést.

A mérés járulékos hozadéka a természetes radon (Rn-222) és toron (Rn-220) aktivitás meghatározása, amely a mérőberendezés megfelelő működésének igazolására is szolgál. Az AMS-02 alkalmazásának jelentősége mesterséges kibocsátás alkalmával nő meg, miután az eszköz képes akár $5\text{--}8\ \text{Bq/m}^3$ természetes háttérben is detektálni a mesterséges eredetű radioaktivitást.

A tényleges kimutatási határok mérőegységenként jelentősen eltérhetnek az állomás közvetlen környezetének jellemzői és az egyes detektorok tulajdonságai miatt. A hazai mérések kimutatási értékhatárai illeszkednek a gyártói átlagos értékekhez. A kimutatási érzékenység folyamatosan javul (csökken) a ciklusidő növekedésével. Például a gyártói átlagos értékek alapján a kimutatási határ az alábbiak szerint változik a ciklusidő 5., 30 és 60 perce elteltével:

- alfa sugárzók: $0,19 > 0,031 > 0,015\ \text{Bq/m}^3$
- béta sugárzók: $1,15 > 0,19 > 0,096\ \text{Bq/m}^3$
- ^{137}Cs -137 izotóp: $6,3 > 1,1 > 0,53\ \text{Bq/m}^3$
- ^{131}I izotóp: $4,9 > 0,81 > 0,41\ \text{Bq/m}^3$

Az osztrák féllel kötött együttműködési megállapodások alapján magyarszervezetekkel gondoskodnak az eszközök rendszeres karbantartását és távfelügyeletét. Erre a célra kifejlesztett weboldalon keresztül a magyar szervezetek – a HungaroMet és a BM OKF és a Gerjeni Önkormányzati Hivatal – szintén nyomon követhetik a mérőállomás(ok) működését, megtekinthetik a tájékoztató jellegű mérési adatok időbeli változását. Az osztrák fél a negyedéves karbantartás során archiválja a mérési adatokat, üzemeltetési körülményeket, amelyek alapján elmondható, hogy a hazai négy AMS eszköz folyamatosan üzemelt 2025-ben.

4.3 Kihullás (fall-out) eredmények

A levegőbe került, aeroszolhoz kötődő radionuklidok egy része kihullik, kiülepedik, illetve a csapadékkal kimosódik a talajra és a növényzetre. Ez a folyamat jelenti a táplálékláncba való bekerülésük kiindulási pontját, emiatt a kihullás meghatározása a lakosság sugárterhelésének becslése, előrejelzése szempontjából nagy fontosságú. A kihullás megnevezésére elterjedten használják a „fall-out” angol kifejezést is. A jelentésben a kihullás szót „teljes kihullás” értelemben használjuk, ami a száraz kiülepedést és kimosódást (nedves kihullást) együttesen tartalmazza.

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

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

Az ERMAH laboratóriumok kihullásra vonatkozó mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az országos tisztifőorvos által kiadott éves munkaterv írja elő. Az ERMAH programja keretében 2025-ben 204 fall-out mintát vett. 2025-ben a NÉBIH laboratóriumai 32 fall-out mintát vettek.

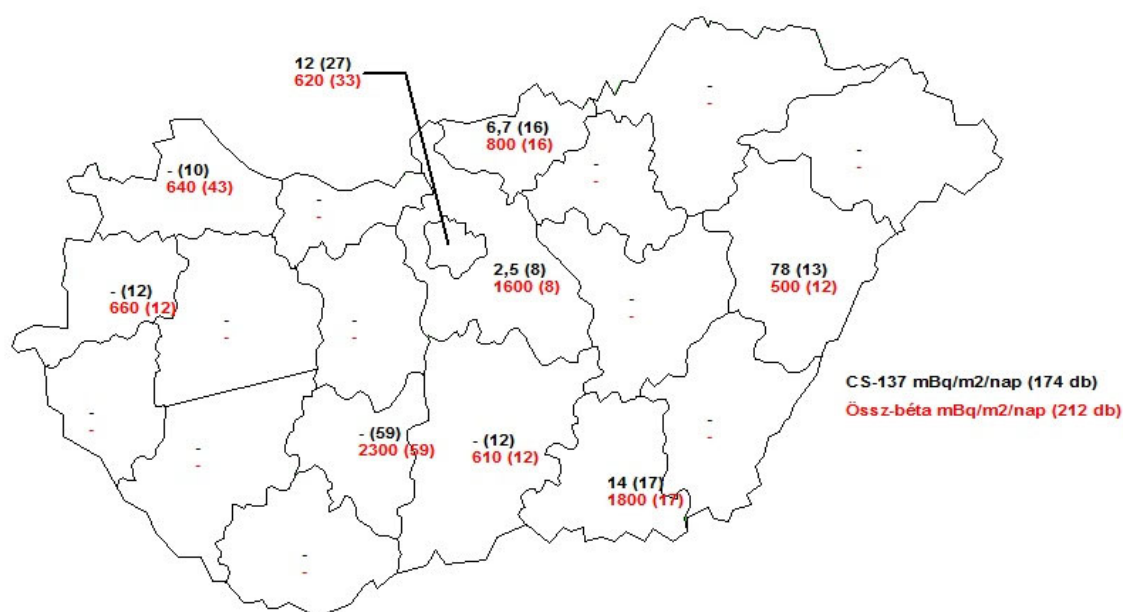
A 2025-ben, az egyes mintavételi pontokra kapott eredményeket a 4-6. táblázat foglalja össze. A kihullás összes-béta aktivitásainak átlagos értékei az egyes vármegyékben eltérőek, de az országos átlag nagyságrendileg egyezik a 2024. évivel. A ¹³⁷Cs aktivitása a minták 85%-ában kimutatási határ alatti volt.

4-6. táblázat

Kihullás mérési eredmények országos, éves jellemzői 2025-ben (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Vármegye	Átlag (mBq/m ² /nap)	Minimum (mBq/m ² /nap)	Maximum (mBq/m ² /nap)	Szórás (mBq/m ² / nap)	N	Kha
Be-7	BK	910	210	2700	710	12	0
Be-7	BP	1100	57	2700	790	27	0
Be-7	HA	1100	120	3800	980	11	0
Be-7	NO	1700	300	3400	1100	16	0
Be-7	PE	-	170	1600	-	8	0
Be-7	TO	1200	230	4500	900	59	0
Be-7	VA	1000	220	2400	730	12	0
Cs-137	BK	-	-	-	-	12	12
Cs-137	BP	-	6,2	12	-	27	22
Cs-137	CS	-	5,6	14	-	17	11
Cs-137	GY	-	-	-	-	10	10
Cs-137	HA	12	5,5	78	20	13	0
Cs-137	NO	-	2,7	6,7	-	16	14
Cs-137	PE	-	1,5	2,5	-	8	6
Cs-137	TO	-	-	-	-	59	59
Cs-137	VA	-	-	-	-	12	12
Összes-béta	BK	360	30	610	190	12	0
Összes-béta	BP	240	30	620	150	33	0
Összes-béta	CS	390	7,1	1800	430	17	3
Összes-béta	GY	150	8,7	640	150	43	0

Radionuklid	Vármegye	Átlag (mBq/m ² /nap)	Minimum (mBq/m ² /nap)	Maximum (mBq/m ² /nap)	Szórás (mBq/m ² / nap)	N	Kha
Összes-béta	HA	250	130	500	100	12	0
Összes-béta	NO	400	56	800	210	16	0
Összes-béta	PE	-	230	1600	-	8	0
Összes-béta	TO	350	46	2300	320	59	0
Összes-béta	VA	240	92	660	150	12	0
Be-7	Összesen	1200	57	4500	-	145	0
Cs-137	Összesen	4,3	1,5	78	-	174	146
Összes-béta	Összesen	310	7,1	2300	-	212	3



4-3. ábra

Kihullás éves maximumainak országos eloszlása 2025-ben
(ERMAH és NÉBIH, zárójelben a mérések száma)

Megjegyzés: A "-" jelzi, hogy a mérésekből 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. 2025-ben 19 vármegye és Budapest területéről, 173 talajminta vizsgálatát végezték el a NÉBIH laboratóriumai.

Az ERMAH laboratóriumok az ország 19 vármegyében és a fővárosban, negyedévente vesznek talajmintát a talaj felső 10 cm vastagságú rétegéből. Az ERMAH egyéb mérési programjai keretében 2025-ben összesen 264 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.

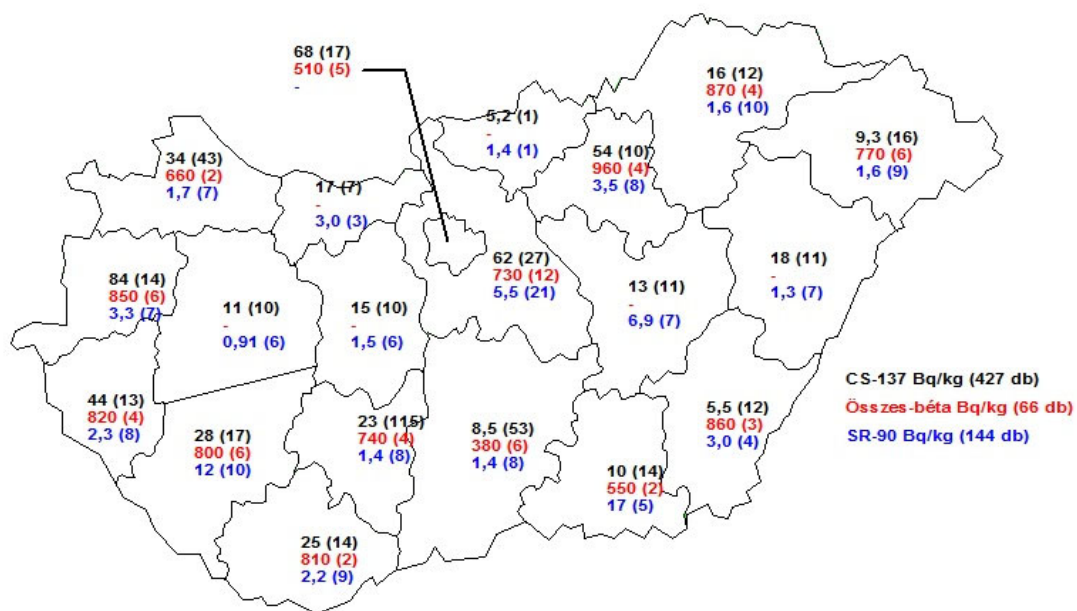
A csernobili kihullásból és a légköri atomfegyver kísérletekből származó ^{137}Cs izotóp aktivitás-koncentrációja még mindig jól mérhető. A vármegyénként mért értékek átlagai a 2024. évihez hasonlóak voltak, értéktartománya 1,9 - 33 Bq/kg, az egyedi eredmények maximuma a 570 Bq/kg volt, amely magasabb a tavalyi értéknél. A ^{90}Sr izotóp koncentrációinak értékei ennél kisebbek, 0,21 - 17 Bq/kg közöttiek voltak. Az összes-béta aktivitás-koncentrációk nagyobbak (310 - 960 Bq/kg), azonban ez az aktivitás túlnyomórészt a természetes ^{40}K izotóptól származik.

A talaj ^{137}Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 9,3 Bq/kg, a ^{90}Sr izotópé ennél kisebb, 1,3 Bq/kg, a döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig 620 Bq/kg volt 2025-ben. Ezek az eredmények nem térnek el lényegesen, a 2024. 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	7,0	2,7	25	5,7	14	0
Cs-137	BE	3,0	2,2	5,5	1,1	12	0
Cs-137	BK	1,9	0,80	8,5	2,1	53	27
Cs-137	BP	28	4,6	68	18	17	0
Cs-137	BZ	6,0	2,4	16	4,1	12	0
Cs-137	CS	4,3	2,5	10	1,8	14	0
Cs-137	FE	6,9	3,2	15	4,3	10	0
Cs-137	GY	14	1,2	34	6,9	43	0
Cs-137	HA	6,4	1,9	18	5,4	11	0
Cs-137	HE	11	2,1	55	16	10	0
Cs-137	JA	5,8	2,5	13	4,2	11	0
Cs-137	KO	-	1,4	17	-	7	0
Cs-137	NO	-	-	5,2	-	1	0
Cs-137	PE	8,7	2,1	62	13	24	1

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	SO	8,4	3,0	28	5,9	17	0
Cs-137	SZ	4,3	1,6	9,3	2,3	16	0
Cs-137	TO	3,9	0,79	23	5,1	115	39
Cs-137	VA	17	2,4	85	22	14	0
Cs-137	VE	5,8	0,84	11	3,1	10	0
Cs-137	ZA	11	4,1	44	11	13	0
Sr-90	BA	-	0,50	2,2	-	9	3
Sr-90	BE	-	1,8	3,0	-	4	1
Sr-90	BK	-	1,4	1,4	-	8	6
Sr-90	BZ	0,67	0,21	1,6	0,50	10	0
Sr-90	CS	-	1,1	17	-	5	3
Sr-90	FE	-	0,60	1,5	-	6	0
Sr-90	GY	-	1,1	1,7	-	7	0
Sr-90	HA	-	-	1,3	-	7	6
Sr-90	HE	-	0,84	3,5	-	8	1
Sr-90	JA	-	1,4	6,9	-	7	5
Sr-90	KO	-	1,0	3,0	-	3	0
Sr-90	NO	-	-	1,4	-	1	0
Sr-90	PE	-	0,45	5,5	-	18	10
Sr-90	SO	-	0,82	12	-	10	1
Sr-90	SZ	-	0,37	1,6	-	9	1
Sr-90	TO	-	0,27	1,4	-	8	0
Sr-90	VA	-	0,47	3,4	-	7	3
Sr-90	VE	-	0,26	0,92	-	6	0
Sr-90	ZA	-	0,60	2,3	-	8	4
Összes-béta	BA	-	800	810	-	2	0
Összes-béta	BE	-	660	870	-	3	0
Összes-béta	BK	-	330	390	-	6	0
Összes-béta	BP	-	310	510	-	5	0
Összes-béta	BZ	-	790	870	-	4	0
Összes-béta	CS	-	530	550	-	2	0
Összes-béta	GY	-	630	660	-	2	0
Összes-béta	HE	-	770	960	-	4	0
Összes-béta	PE	-	340	700	-	9	0
Összes-béta	SO	-	360	800	-	6	0
Összes-béta	SZ	-	390	770	-	6	0
Összes-béta	TO	-	410	740	-	4	0
Összes-béta	VA	-	540	850	-	6	0
Összes-béta	ZA	-	780	820	-	4	0
Cs-137	Összesen	7,3	0,79	85	-	427	67
Sr-90	Összesen	620	310	960	-	66	0
Összes-béta	Összesen	1,3	0,21	17	-	144	44



4-4. ábra

Talajmérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása 2025-ben
 (ERMAH és NÉBIH, zárójelben a mérések száma)

Megjegyzés: A "-" jelzi, hogy a mérésekből 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 (mintegy 5%-ban) felszíni víz eredetű.

A környezetvédelmi hatósági feladatokat ellátó, vármegyei kormányhivatalokhoz tartozó laboratóriumok az országos felszíni vízminőségi törzshálózat program keretében mérik a vizek összes-béta aktivitás-koncentrációit. A BAVKH NF LO a PA Zrt. környezetellenőrző programjához tartozóan a Duna erőmű feletti és alatti szakaszán a vízmintákból gamma-spektrometriai mérést (^{137}Cs), valamint ^3H és ^{90}Sr aktivitás-koncentráció meghatározást is végez. A BAVKH NF LO vizsgálja az orvosi alkalmazásból származtatható mesterséges radionuklidok jelenlétét, a potenciálisan veszélyeztetett felszíni vizekben (^{131}I). A fenti laboratóriumok 2025-ben mérési programjaik keretében 349 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 2025-ben összesen 515 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. 2026-ban 6 ilyen mérést végeztek.

A 2025. évben kapott mérési eredményeket a 4-8. táblázat foglalja össze. A Dunában található mesterséges – csernobili eredetű – radionuklidok koncentrációja alacsony, általában 0,010 - 380 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 2-3 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	Bátaapáti patak	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Cseke tó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Deseda tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Duna	-	0,010	7,3	-	65	61
Cs-137	DVCS	-	5,7	17	-	4	1
Cs-137	Eger patak	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Erőműi tó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Fehér Körös	-	4,0	7,3	-	3	0
Cs-137	Fehér tó	-	20	22	-	3	1
Cs-137	Fertő tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Halas-tó	-	-	310	-	3	2

Radionuklid	Víz neve	Átlag (mBq/l)	Minimum (mBq/l)	Maximum (mBq/l)	Szórás (mBq/l)	N	Kha
Cs-137	Hátori tó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Hármas Körös	-	-	380	-	1	0
Cs-137	Holt Duna-ág	-	-	-	-	5	5
Cs-137	Holt Tisza	-	-	11	-	1	0
Cs-137	Horgásztó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Horgász-tó	-	0,0010	91	-	5	2
Cs-137	Kapos	-	-	-	-	14	14
Cs-137	Keleti Főcsatorna	-	-	12	-	1	0
Cs-137	Kondor tó	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Laskóvölgyi víztározó	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Maros	-	26	34	-	2	0
Cs-137	Orfűi tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Pécsi-víz	-	-	-	-	12	12
Cs-137	Rába	-	-	-	-	3	3
Cs-137	Sárvár tó	-	-	19	-	2	1
Cs-137	Séd patak	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Szelidi tó	-	-	-	-	6	6
Cs-137	Tisza	-	0,010	51	-	6	4
Cs-137	Vártó	-	-	11	-	4	3
Cs-137	Zagyva	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Zala	-	-	-	-	2	2
H-3	Börzsöny patak	-	-	2900	-	2	1
H-3	Duna	2600	3,3	7200	1500	139	82
H-3	Kemence patak	-	-	2700	-	2	1
H-3	Letskés patak	-	-	-	-	2	2
H-3	Szelidi tó	-	2000	5800	-	12	5
Sr-90	Duna	-	-	-	-	15	15
Össz-béta	Balaton	390	18	520	90	29	1
Össz-béta	Bátaapáti patak	170	88	420	90	12	0
Össz-béta	Bódva	150	100	260	46	12	0
Össz-béta	Börzsöny patak	-	130	160	-	2	0
Össz-béta	Cseke tó	-	420	550	-	4	0
Össz-béta	Deseda tó	-	160	230	-	4	0
Össz-béta	Dráva	120	94	180	25	12	0
Össz-béta	Duna	130	10	360	52	210	0
Össz-béta	DVCS	130	40	650	150	14	0
Össz-béta	Eger patak	-	300	4000	-	9	0
Össz-béta	Erőműi tó	-	-	210	-	1	0
Össz-béta	Fehér Körös	88	52	130	24	14	1
Össz-béta	Fehér tó	-	220	310	-	5	0
Össz-béta	Fertő tó	-	600	910	-	3	0
Össz-béta	Halas-tó	-	250	310	-	2	0
Össz-béta	Hátori tó	-	100	400	-	3	0
Össz-béta	Hármas-Körös	-	100	220	-	12	4
Össz-béta	Hernád	200	90	410	86	12	0

Radionuklid	Víz neve	Átlag (mBq/l)	Minimum (mBq/l)	Maximum (mBq/l)	Szórás (mBq/l)	N	Kha
Össz-béta	Holt Duna-ág	180	95	220	29	12	0
Össz-béta	Holt Tisza	-	-	270	-	1	0
Össz-béta	Horgásztó	-	150	280	-	4	0
Össz-béta	Horgász-tó	-	24	530	-	6	1
Össz-béta	Kapos	460	100	1200	320	24	0
Össz-béta	Keleti Főcsatorna	-	100	440	-	6	0
Össz-béta	Kemence patak	-	76	130	-	2	0
Össz-béta	Kondor tó	170	130	200	18	12	0
Össz-béta	Körös/Fehér-körös	-	-	77	-	1	0
Össz-béta	Lajta	140	30	270	76	13	0
Össz-béta	Lapincs	110	20	200	68	12	0
Össz-béta	Laskóvölgyi víztározó	-	300	800	-	5	0
Össz-béta	Letskés patak	-	200	290	-	2	0
Össz-béta	Maros	190	100	530	110	14	1
Össz-béta	Nádor-csatorna	470	400	540	47	12	0
Össz-béta	Orfűi tó	-	120	190	-	4	0
Össz-béta	Palotási víztározó	-	800	900	-	2	0
Össz-béta	Pinka	120	40	180	41	12	0
Össz-béta	Rába	150	40	250	53	35	0
Össz-béta	Sajó	150	80	220	48	12	0
Össz-béta	Sárvár tó	-	110	220	-	5	0
Össz-béta	Séd patak	120	80	220	38	12	0
Össz-béta	Sió	480	420	550	43	12	0
Össz-béta	Szelidi tó	200	110	260	40	24	0
Össz-béta	Szilágyi patak	-	-	560	-	1	0
Össz-béta	Szilágyi patak, halastó	-	-	400	-	1	0
Össz-béta	Tisza	130	54	920	110	58	12
Össz-béta	Váckisújfalu Halastó	-	-	230	-	1	0
Össz-béta	Vártó	-	98	240	-	5	0
Össz-béta	Velencei-tó	2000	1500	2700	390	10	0
Össz-béta	Zagyva	-	100	1500	-	9	0
Össz-béta	Zala	150	120	190	22	13	0

4.6 Ivóvíz

4.6.1 Vezetékes ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz

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

Országos vezetékes ivóvíz-ellenőrzési programot az ERMAH laboratóriumok végeznek. A mintavételi program vármegyéenkénti negyedéves mintázást ír elő az összes-béta mérésekhez. Ezen kívül a ^3H és ^{90}Sr vizsgálatokhoz évi 2-2 mintát vesznek vármegyéenként. Az ERMAH egyéb mérési programjai keretében 2025-ben összesen 456 vízminta vizsgálatát végezték el.

A NÉBIH laboratóriumai is végeznek ivóvíz – elsősorban élelmiszer előállításához használt saját kútból származó ivóvíz – méréseket. 2025-ben összesen 5 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 értékek hasonlóak a felszíni vizekéhez, 3 - 6 Bq/l nagyságúak. 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 2,5 Bq/l. A legnagyobb érték (6,4 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 0,024 - 0,031 Bq/l között alakul, az összes-béta aktivitások átlaga 0,093 Bq/l, az összes alfa-aktivitások átlaga 0,065 Bq/l, míg a ^{137}Cs koncentrációi javarészt kimutatási határ alattiak, értékeik a 0,0040 és 0,0044 Bq/l között találhatók.

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

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/l)	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	Szórás (Bq/l)	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	-	-	2	2
Cs-137	BE	-	-	-	-	3	3
Cs-137	BK	-	-	-	-	7	7
Cs-137	CS	-	-	-	-	3	3
Cs-137	FE	-	-	-	-	2	2
Cs-137	GY	-	-	-	-	3	3
Cs-137	HA	-	0,0040	0,0044	-	4	0
Cs-137	HE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	JA	-	0,0041	0,0042	-	5	1
Cs-137	SO	-	-	-	-	2	2
Cs-137	SZ	-	0,0040	0,0042	-	5	1
Cs-137	TO	-	-	-	-	18	18
Cs-137	VA	-	-	-	-	1	1
Cs-137	VE	-	-	-	-	3	3
Cs-137	ZA	-	-	-	-	1	1
H-3	BA	-	-	4,4	-	3	2
H-3	BE	-	2,0	4,8	-	6	1
H-3	BK	-	2,0	3,6	-	4	0
H-3	BP	-	2,6	6,4	-	12	6
H-3	BZ	-	-	-	-	3	3
H-3	CS	-	2,0	3,9	-	5	0
H-3	FE	-	2,4	3,2	-	3	1

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/l)	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	Szórás (Bq/l)	N	Kha
H-3	GY	-	2,9	3,8	-	6	4
H-3	HA	-	-	2,0	-	1	0
H-3	HE	-	-	-	-	3	3
H-3	JA	-	-	3,0	-	1	0
H-3	KO	-	-	2,4	-	4	3
H-3	NO	-	-	2,4	-	4	3
H-3	PE	-	-	2,8	-	2	1
H-3	SO	-	-	2,9	-	3	2
H-3	SZ	-	-	2,0	-	3	2
H-3	TO	-	2,4	5,5	-	24	15
H-3	VA	-	2,9	3,2	-	4	2
H-3	VE	-	-	3,1	-	5	4
H-3	ZA	-	3,1	4,2	-	4	2
Sr-90	BA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	BK	-	-	-	-	4	4
Sr-90	FE	-	-	-	-	2	2
Sr-90	HA	-	0,024	0,031	-	2	0
Sr-90	JA	-	0,025	0,027	-	3	0
Sr-90	SO	-	-	-	-	2	2
Sr-90	SZ	-	0,027	0,028	-	2	0
Sr-90	TO	-	-	-	-	17	17
Összes-alfa	BA	-	0,057	0,077	-	4	2
Összes-alfa	BE	-	0,040	0,040	-	7	3
Összes-alfa	BK	-	0,040	0,040	-	4	0
Összes-alfa	BP	0,069	0,046	0,11	0,023	12	1
Összes-alfa	BZ	-	-	-	-	2	2
Összes-alfa	CS	-	0,040	0,040	-	5	1
Összes-alfa	FE	-	-	-	-	4	4
Összes-alfa	GY	-	0,080	0,26	-	6	3
Összes-alfa	HE	-	0,19	0,20	-	3	0
Összes-alfa	KO	-	-	0,20	-	4	3
Összes-alfa	NO	-	-	-	-	1	1
Összes-alfa	SO	-	-	-	-	4	4
Összes-alfa	SZ	-	-	-	-	2	2
Összes-alfa	TO	-	-	-	-	4	4
Összes-alfa	VA	-	0,050	0,090	-	4	2
Összes-alfa	VE	-	0,042	0,066	-	5	3
Összes-alfa	ZA	-	0,044	0,093	-	4	1
Összes-béta	BA	-	0,082	0,13	-	4	1
Összes-béta	BE	-	0,00055	0,020	-	5	1
Összes-béta	BK	0,064	0,00086	0,12	0,041	18	0
Összes-béta	BP	0,13	0,094	0,19	0,026	12	0
Összes-béta	BZ	-	0,20	0,40	-	2	0
Összes-béta	CS	-	0,0011	0,026	-	6	0
Összes-béta	FE	-	0,12	0,16	-	4	0
Összes-béta	GY	0,090	0,040	0,21	0,038	40	0

4.6.2 Palackozott vizek

A palackozott vizek (ásványvizek, tisztított vizek, forrásvizek) hazánkban is erősen emelkedő mértékű fogyasztása, indokoltta teszi radiológiai szempontból történő külön vizsgálatukat. A 2025-ben kapott eredményeket a 4-10. táblázat tartalmazza. Az ERMAH mérési programjában az ERMAH vizsgálati régiók vármegyéiben negyedévenkénti mintavétel szerepel. Az ERMAH egyéb mintavételi programjai keretében, 2025-ben összesen 34 mintán végeztek méréseket. A NÉBIH laboratóriumai is végeznek palackozott víz-méréseket. 2025-ben összesen 5 vízminta részletes radioanalitikai vizsgálatát (gamma-sugárzó izotópok, trícium, összes-alfa, összes-béta, uránizotópok, ²¹⁰Po) végezték el. A palackozott vizek átlagos mesterséges eredetű radionuklid-tartalma alacsonyabb, mint a felszíni vizekből nyert vezetékes ivóvízeké, mivel jelentős részük ásványvíz.

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

Radionuklid	Vármegye*	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	N	Kha
Cs-137	BK	-	-	1	1
Cs-137	BP	-	-	1	1
Cs-137	CS	-	-	3	3
Cs-137	GY	-	-	3	3
Cs-137	HA	0,011	0,012	5	1
Cs-137	SO	-	-	1	1
Cs-137	TO	-	-	2	2
Cs-137	VE	-	-	1	1
H-3	HA	-	-	1	1
H-3	SO	-	-	1	1
Po-210	BK	-	-	1	1
Po-210	GY	-	-	1	1
Po-210	HA	-	-	1	1
Po-210	SO	-	0,0012	1	0
Po-210	VE	-	-	1	1
U-234	BK	-	0,0015	1	0
U-234	GY	-	0,020	1	0
U-234	HA	-	-	1	1
U-234	SO	-	0,0059	1	0
U-234	VE	-	0,072	1	0
U-235	BK	-	-	2	2
U-235	HA	-	-	2	2
U-235	SO	-	-	2	2
U-235	VE	-	-	1	1
U-238	BK	-	-	1	1
U-238	GY	-	0,020	1	0
U-238	HA	-	-	1	1
U-238	SO	-	0,0067	1	0
U-238	VE	-	0,018	1	0
Összes-alfa	BK	-	0,11	1	0
Összes-alfa	GY	-	-	1	1
Összes-alfa	HA	-	0,074	1	0

Radionuklid	Vármegye*	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	N	Kha
Összes-alfa	SO	-	0,090	1	0
Összes-alfa	VE	-	0,19	1	0
Összes-béta	BK	-	0,056	1	0
Összes-béta	BP	0,37	0,46	4	0
Összes-béta	BZ	1,2	1,2	2	0
Összes-béta	CS	0,0032	0,12	6	0
Összes-béta	GY	0,040	0,068	5	0
Összes-béta	HA	0,043	0,31	5	0
Összes-béta	SO	-	-	1	1
Összes-béta	TO	0,040	0,24	4	0
Összes-béta	VE	-	0,36	1	0
Cs-137	Összesen	0,011	0,012	17	13
H-3	Összesen	-	-	2	2
Po-210	Összesen	-	0,0012	5	4
U-234	Összesen	0,0015	0,072	5	1
U-235	Összesen	-	-	7	7
U-238	Összesen	0,0067	0,020	5	2
Összes-alfa	Összesen	0,074	0,19	5	1
Összes-béta	Összesen	0,0032	1,2	29	1

* Általában a vásárlás helyét jelenti

4.7 Növényzet

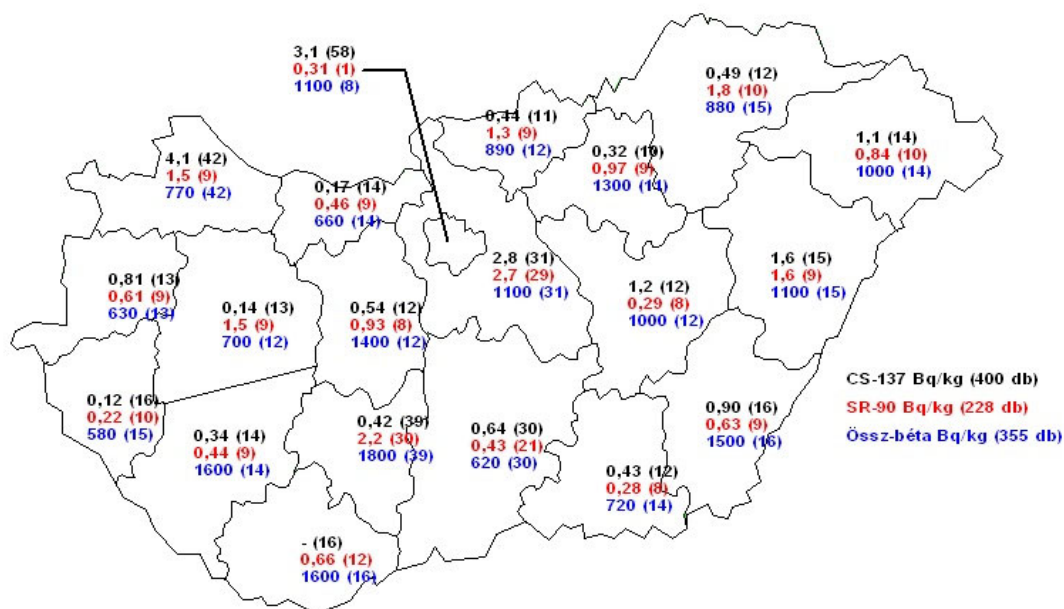
A táplálékláncon keresztül a talajra kijutott, majd a gyökérzetén át a növény által felvett, illetve közvetlenül a növényzetre került radionuklidok – az élelmiszerek elfogyasztása révén – a lakosság belső sugárterhelését okozzák. A fejezet mindazon mintákra vonatkozó eredményeket tartalmazza, amelyeket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

4.7.1 Takarmány

A NÉBIH takarmány mintavételi programja kiterjed a takarmány alapanyagokra, keverékekre és premixekre. A takarmány gyűjtőnév a legelőkről származó füvet, a takarmányozási céllal termesztett növényeket, valamint az egyes adalékokat foglalja magába. 2025-ben a 19 vármegye és Budapest területéről 290 takarmányminta vizsgálatát végezték.

Az ERMAH laboratóriumok negyedévente, vármegyenként vesznek fű, illetve szénamintát. Az ERMAH 2025-ben összesen 126 minta vizsgálatát végezte el.

A takarmánynövények ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 0,50 Bq/kg, ami nagyjából megegyezik a ⁹⁰Sr 0,49 Bq/kg-os értékével. A takarmánymintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit, a 4-11. táblázat és a 4-6. ábra mutatja be. A táblázatból látható, hogy míg a ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációk jelentős hányada kimutatási határ alatti, addig a ⁹⁰Sr eredmények nagyobb része meghaladja azt.



4-6. ábra

**Takarmány mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása
(ERMAH és NÉBIH, zárójelben a mérések száma)**

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

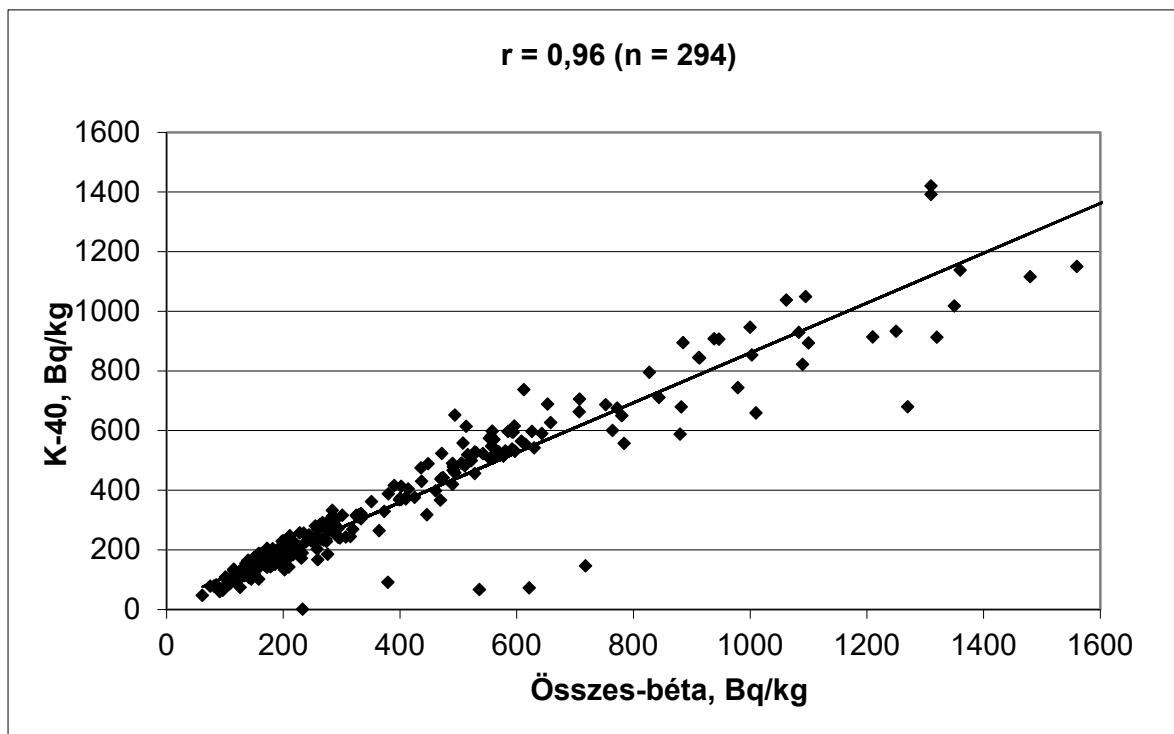
4-11. táblázat

Országos takarmány mérési eredmények éves jellemzői (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	-	-	16	16
Cs-137	BE	-	0,26	0,90	-	16	9
Cs-137	BK	-	0,16	0,64	-	30	23
Cs-137	BP	1,3	0,11	3,1	0,49	58	47
Cs-137	BZ	-	-	0,49	-	12	11
Cs-137	CS	-	0,34	0,43	-	12	10
Cs-137	FE	-	0,11	0,54	-	12	8
Cs-137	GY	0,84	0,050	4,1	0,88	42	26
Cs-137	HA	-	0,81	1,6	-	15	9
Cs-137	HE	-	-	0,32	-	10	9
Cs-137	JA	-	0,78	1,2	-	12	9
Cs-137	KO	-	-	0,17	-	14	13
Cs-137	NO	-	0,14	0,45	-	11	8
Cs-137	PE	0,30	0,060	2,9	0,58	31	20
Cs-137	SO	-	0,050	0,34	-	14	12
Cs-137	SZ	-	0,41	1,1	-	14	10
Cs-137	TO	-	0,32	0,42	-	39	34

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	VA	-	-	0,81	-	13	12
Cs-137	VE	-	-	0,14	-	13	12
Cs-137	ZA	-	0,060	0,12	-	16	14
Sr-90	BA	-	0,11	0,66	-	12	6
Sr-90	BE	-	0,29	0,64	-	9	7
Sr-90	BK	-	0,22	0,44	-	21	17
Sr-90	BP	-	-	0,32	-	1	0
Sr-90	BZ	-	0,37	1,8	-	10	2
Sr-90	CS	-	-	0,29	-	8	7
Sr-90	FE	-	0,32	0,94	-	8	0
Sr-90	GY	-	0,090	1,5	-	9	1
Sr-90	HA	-	0,30	1,6	-	9	4
Sr-90	HE	-	0,14	0,97	-	9	0
Sr-90	JA	-	0,21	0,30	-	8	6
Sr-90	KO	-	0,068	0,46	-	9	0
Sr-90	NO	-	0,15	1,3	-	9	0
Sr-90	PE	0,83	0,051	2,7	0,60	29	0
Sr-90	SO	-	-	0,44	-	9	8
Sr-90	SZ	0,50	0,26	0,85	0,17	10	0
Sr-90	TO	0,64	0,040	2,2	0,58	30	1
Sr-90	VA	-	0,18	0,61	-	9	0
Sr-90	VE	-	0,21	1,5	-	9	0
Sr-90	ZA	-	0,19	0,22	-	10	7
Összes-béta	BA	480	61	1600	520	16	0
Összes-béta	BE	390	96	1500	340	16	0
Összes-béta	BK	190	75	620	110	30	0
Összes-béta	BP	-	150	1100	-	8	0
Összes-béta	BZ	510	200	880	220	15	0
Összes-béta	CS	320	100	720	200	14	0
Összes-béta	FE	550	150	1400	420	12	0
Összes-béta	GY	450	110	770	180	42	0
Összes-béta	HA	400	150	1100	300	15	0
Összes-béta	HE	470	110	1300	370	11	0
Összes-béta	JA	350	120	1000	290	12	0
Összes-béta	KO	380	110	660	220	14	0
Összes-béta	NO	430	160	890	200	12	0
Összes-béta	PE	390	140	1100	200	31	0
Összes-béta	SO	470	85	1600	540	14	0
Összes-béta	SZ	440	180	1000	270	14	0
Összes-béta	TO	560	120	1800	420	39	0
Összes-béta	VA	280	110	630	170	13	0
Összes-béta	VE	340	76	700	210	12	0
Összes-béta	ZA	290	120	580	170	15	0
Cs-137	Összesen	0,50	0,050	4,1	-	400	312
Sr-90	Összesen	0,49	0,040	2,7	-	228	66
Összes-béta	Összesen	410	61	1800	-	355	0

2025-ben a mintákban mérhető összes-béta aktivitás átlagosan 410 Bq/kg volt, amely döntően természetes eredetű. Ennek igazolására a 4-7. ábra szemlélteti a takarmánymintákban mért összes-béta és ^{40}K izotóp aktivitás-koncentrációk közötti korrelációt. Az ábrából látható, hogy a takarmánynövényeknél az összes-béta aktivitás közel 95%-ban a ^{40}K radionuklidtól származik.



4-7. ábra

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

4.7.2 Növényi eredetű, nyers élelmiszer

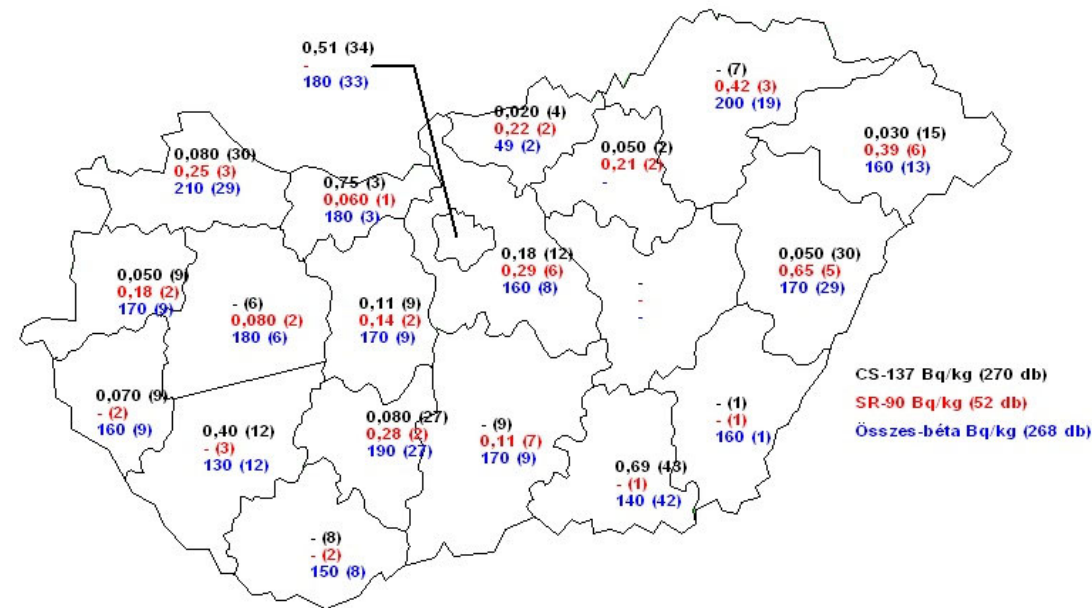
A mintáknak ebbe a csoportjába tartoznak mindazon haszonnövények, – elsősorban a zöldségfélék – amelyek közvetlenül, vagy kismértékű előkészítés (mosás, tisztítás) után fogyasztásra kerülnek. A zöldség- és gyümölcsfélék aktivitás-koncentrációit az irodalomban leggyakrabban az ún. nyers tömegre vonatkoztatják.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

A NÉBIH mérési programja a teljes országot lefedi nuklidszelektív mérési eredményeket szolgáltatva. A NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában zöldségfélék, gyümölcsök, illetve szabadban termő gombák is szerepelnek. 2025-ben a 19 vármegye és Budapest területéről 232 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. 2025-ben 202 ilyen típusú mintát vettek, a mérési eredmények kimutatási határ alattiak voltak (ezen utóbbi adatok – az eltérő érzékenységsű 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 2025-ben összesen 138 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 ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációk nagyrészt kimutatási határ alattiak (kivéve főként a vadon termő gombákat). A nyers növényi élelmiszerek ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 0,050 Bq/kg, a ⁹⁰Sr radionuklidé pedig 0,15 Bq/kg.



4-8. ábra
Nyers, növényi eredetű élelmiszer mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása
(ERMAH és NÉBIH, zárójelben a mérések száma)

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

4-12. táblázat
Nyers, növényi eredetű élelmiszerek országos mérési eredményeinek éves jellemzői
(ERMAH és NÉBIH)

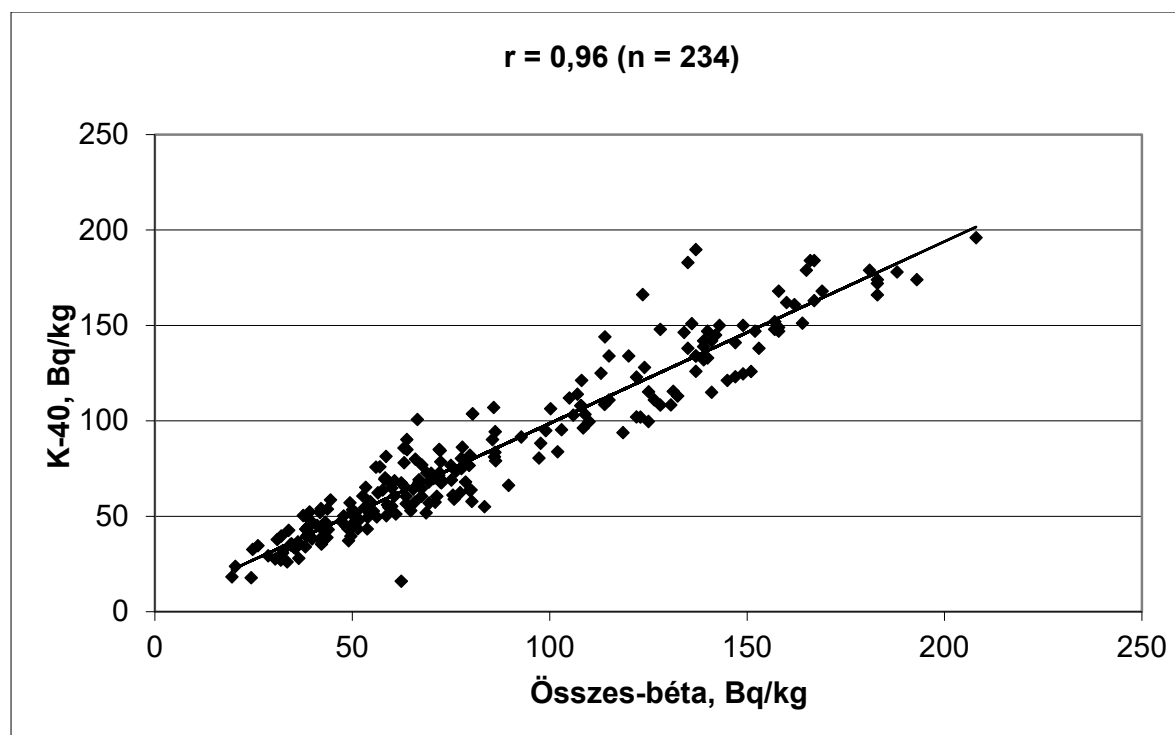
Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	-	-	8	8
Cs-137	BE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	BK	-	-	-	-	9	9
Cs-137	BP	-	0,020	0,51	-	34	32
Cs-137	BZ	-	-	- (* 0,16)	-	7	7
Cs-137	CS	0,056	0,040	0,70	0,11	43	23
Cs-137	FE	-	0,020	0,11	-	9	4
Cs-137	GY	-	0,066	0,089 (* 0,44)	-	30	26
Cs-137	HA	0,039	0,030	0,058 (* 1,3)	0,013	30	13

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	HE	-	-	0,051 (* 0,70)	-	2	1
Cs-137	KO	-	-	0,75	-	3	2
Cs-137	NO	-	-	0,026 (* 0,47)	-	4	3
Cs-137	PE	-	0,080	0,18	-	12	10
Cs-137	SO	-	-	0,40	-	12	11
Cs-137	SZ	-	-	0,033	-	15	14
Cs-137	TO	-	-	0,080	-	27	26
Cs-137	VA	-	0,050	0,057 (* 1,3)	-	9	7
Cs-137	VE	-	-	-	-	6	6
Cs-137	ZA	-	-	0,070	-	9	8
Sr-90	BA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	BE	-	-	-	-	1	1
Sr-90	BK	-	0,062	0,12	-	7	5
Sr-90	BZ	-	0,38	0,42	-	3	1
Sr-90	CS	-	-	-	-	1	1
Sr-90	FE	-	0,11	0,14	-	2	0
Sr-90	GY	-	0,056	0,25	-	3	0
Sr-90	HA	-	0,22	0,65	-	5	2
Sr-90	HE	-	0,15	0,21	-	2	0
Sr-90	KO	-	-	0,060	-	1	0
Sr-90	NO	-	0,13	0,22	-	2	0
Sr-90	PE	-	0,069	0,30	-	6	2
Sr-90	SO	-	-	-	-	3	3
Sr-90	SZ	-	0,080	0,39	-	6	1
Sr-90	TO	-	0,12	0,28	-	2	0
Sr-90	VA	-	0,084	0,18	-	2	0
Sr-90	VE	-	0,080	0,080	-	2	0
Sr-90	ZA	-	-	-	-	2	2
Összes-béta	BA	-	20	150	-	8	0
Összes-béta	BE	-	-	160	-	1	0
Összes-béta	BK	-	34	170	-	9	0
Összes-béta	BP	70	20	180	33	33	0
Összes-béta	BZ	80	42	200	41	19	0
Összes-béta	CS	71	29	140	34	42	0
Összes-béta	FE	-	32	170	-	9	0
Összes-béta	GY	72	23	210	48	29	0
Összes-béta	HA	77	34	170	38	29	0
Összes-béta	KO	-	51	180	-	3	0
Összes-béta	NO	-	32	49	-	2	0
Összes-béta	PE	-	51	160	-	8	0
Összes-béta	SO	73	32	130	37	12	0
Összes-béta	SZ	89	35	170	44	13	0
Összes-béta	TO	90	36	190	43	27	0
Összes-béta	VA	-	26	170	-	9	0
Összes-béta	VE	-	36	180	-	6	0
Összes-béta	ZA	-	24	160	-	9	0

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	Összesen	0,050	0,020	0,75 (* 1,3)	-	270	211
Sr-90	Összesen	0,15	0,056	0,65	-	52	20
Összes-béta	Összesen	81	20	210	-	268	0

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

2025-ben a mintákban mérhető összes-béta aktivitás átlaga 81 Bq/kg volt, amely döntően természetes eredetű. Ennek igazolására a 4-9. ábra szemlélteti a minták összes-béta és a ^{40}K izotóp aktivitás-koncentrációi közötti korrelációt. A korreláció itt is erős és látható, hogy az összes-béta aktivitás 96%-át a ^{40}K aktivitása teszi ki.



4-9. ábra

Nyers, növényi eredetű élelmiszerminták összes-béta és ^{40}K 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.

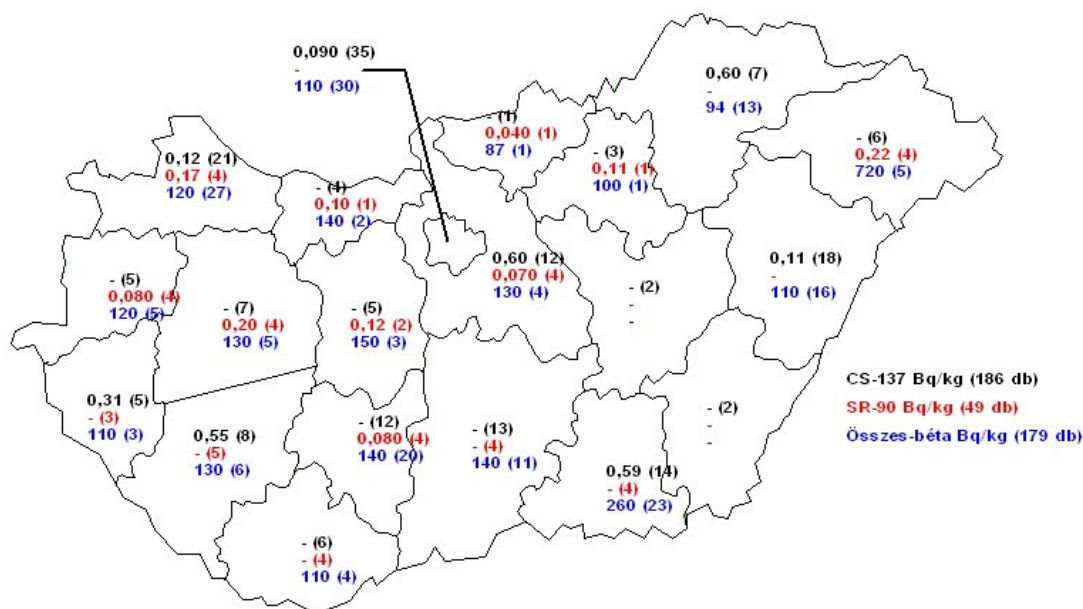
A NÉBIH laboratóriumainak monitoring programja ebben az élelmiszercsoportban is lefedi az országot; búza, árpa, kukorica, rozs minták szerepelnek benne. 2025-ben a 19 vármegye és Budapest területéről összesen 122 gabona, liszt és kenyérféle vizsgálatát végezték el a NÉBIH laboratóriumai.

A NÉBIH vizsgálati programjában szerepel a kenyérfélék, péksütemények ^{137}Cs szűrővizsgálata is. 2025-ben 87 ilyen típusú mintát vettek, a mérési eredmények kimutatási határ alattiak voltak

(ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenyséű 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 2025-ben összesen 129 minta vizsgálatát végezték el.

A gabonafélékben és termékeikben mért aktivitás-koncentrációk éves, országos értékei az alábbi határok közt mozogtak (4-13. táblázat): 0,040 – 0,60 Bq/kg ¹³⁷Cs; 0,020 - 0,22 ⁹⁰Sr és 6,6 - 720 Bq/kg összes-béta. Kiemelendő, hogy ezen mintafajtákban a csernobili eredetű ¹³⁷Cs, – az igen kis kimutatási határok ellenére – általában a minták 75 %-ában már nem volt kimutatható.



4-10. ábra
Gabonafélék és az azokból készült élelmiszer mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása
(ERMAH és NÉBIH, zárójelben a mérések száma)

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

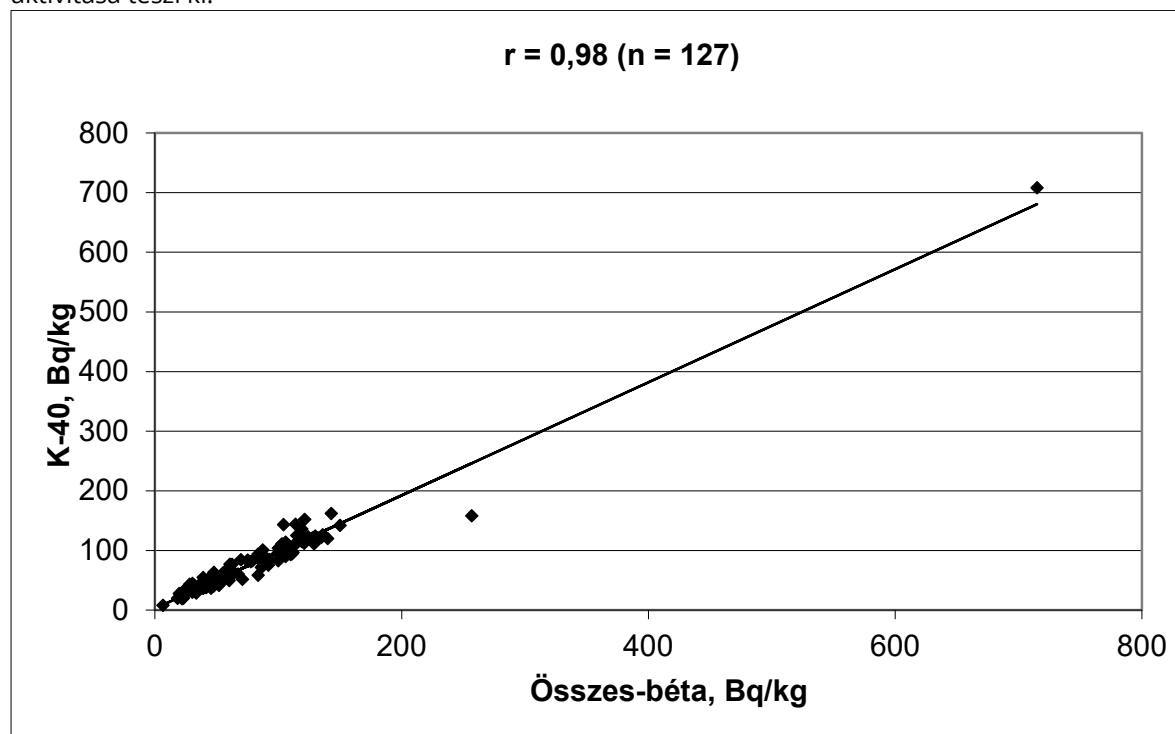
4-13. táblázat
Gabonafélék és az azokból készült élelmiszerek országos mérési eredményeinek éves jellemzői (ERMAH és NÉBIH)

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	-	-	6	6
Cs-137	BE	-	-	-	-	2	2
Cs-137	BK	-	-	-	-	13	13
Cs-137	BP	-	0,010	0,096	-	35	29
Cs-137	BZ	-	0,073	0,60	-	7	4
Cs-137	Cs	-	0,0040	0,59	-	14	8

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	FE	-	-	-	-	5	5
Cs-137	GY	-	0,069	0,13	-	21	19
Cs-137	HA	0,095	0,026	0,12	0,059	18	2
Cs-137	HE	-	-	-	-	3	3
Cs-137	JA	-	-	-	-	2	2
Cs-137	KO	-	-	-	-	4	4
Cs-137	NO	-	-	-	-	1	1
Cs-137	PE	-	0,070	0,60	-	12	8
Cs-137	SO	-	0,030	0,55	-	8	6
Cs-137	SZ	-	-	-	-	6	6
Cs-137	TO	-	-	-	-	12	12
Cs-137	VA	-	-	-	-	5	5
Cs-137	VE	-	-	-	-	7	7
Cs-137	ZA	-	-	0,31	-	5	4
Sr-90	BA	-	-	-	-	4	4
Sr-90	BK	-	-	-	-	4	4
Sr-90	Cs	-	-	-	-	4	4
Sr-90	FE	-	0,054	0,13	-	2	0
Sr-90	GY	-	0,11	0,17	-	4	1
Sr-90	HE	-	-	0,11	-	1	0
Sr-90	KO	-	-	0,10	-	1	0
Sr-90	NO	-	-	0,044	-	1	0
Sr-90	PE	-	0,054	0,077	-	4	1
Sr-90	SO	-	-	-	-	5	5
Sr-90	SZ	-	0,12	0,22	-	4	2
Sr-90	TO	-	0,040	0,080	-	4	1
Sr-90	VA	-	0,070	0,080	-	4	1
Sr-90	VE	-	0,020	0,20	-	4	0
Sr-90	ZA	-	-	-	-	3	3
Összes-béta	BA	-	68	110	-	4	0
Összes-béta	BK	64	26	140	39	11	0
Összes-béta	BP	46	6,6	110	21	30	0
Összes-béta	BZ	47	17	94	18	13	0
Összes-béta	Cs	68	23	260	53	23	0
Összes-béta	FE	-	79	150	-	3	0
Összes-béta	GY	48	14	120	30	27	0
Összes-béta	HA	54	23	110	17	16	0
Összes-béta	HE	-	-	100	-	1	0
Összes-béta	KO	-	75	140	-	2	0
Összes-béta	NO	-	-	87	-	1	0
Összes-béta	PE	-	100	130	-	4	0
Összes-béta	SO	-	86	130	-	6	0
Összes-béta	SZ	-	86	720	-	5	0
Összes-béta	TO	68	22	140	34	20	0
Összes-béta	VA	-	75	120	-	5	0
Összes-béta	VE	-	48	130	-	5	0

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	ZA	-	100	110	-	3	0
Cs-137	Összesen	0,11	0,0040	0,60	-	186	146
Sr-90	Összesen	0,097	0,020	0,22	-	49	26
Összes-béta	Összesen	69	6,6	720	-	179	0

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



4-11. ábra

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

4.8 Állati eredetű élelmiszerek

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

4.8.1 Tej, tejtermék

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

A NÉBIH mérési programja, a teljes országot lefedi nuklidszelektív mérési eredményeket szolgáltatva. A NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában tej, sajt-, illetve tejporminták

szerepelnek. A tej mintavétel a mintavételi tervben előírt gyakorisággal, havonta, vagy negyedévente, tejgazdaságból vagy kistermelőtől, takarmány mintavétellel együtt történik. 2025-ben a 19 vármegye és Budapest területéről 160 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 2025-ben összesen 263 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).

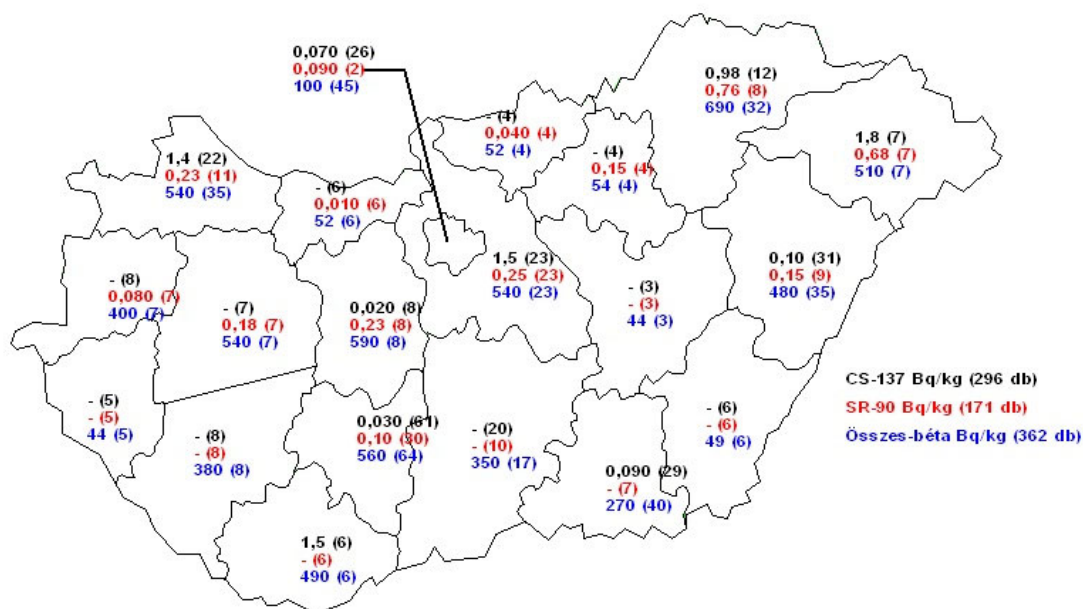
A tej- és tejtermékmintákra vonatkozó mérési eredmények jellemzőit a 4-14. táblázat foglalja össze. A táblázatból látható, hogy míg a ^{137}Cs és ^{90}Sr aktivitás-koncentrációk nagyobb részt kimutatási határ alattiak. (Megjegyezzük, hogy a magasabb koncentrációk – a gyakran nem is hazai előállítású – tejporból származnak, amely mintegy tizedrészére hígul a felhasználás során.)

A tej és tejtermékek ^{137}Cs aktivitás-koncentrációjának országos, éves átlaga 0,096 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé 0,10 Bq/kg. A döntően természetes eredetű összes-béta aktivitásé pedig 67 Bq/kg volt 2025-ben.

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

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	1,5	-	6	5
Cs-137	BE	-	-	-	-	6	6
Cs-137	BK	-	-	-	-	20	20
Cs-137	BP	-	-	0,070	-	26	25
Cs-137	BZ	-	-	0,98	-	12	11
Cs-137	Cs	0,075	0,010	0,091	0,098	29	9
Cs-137	FE	-	-	0,020	-	8	7
Cs-137	GY	-	0,026	1,4	-	22	18
Cs-137	HA	0,066	0,025	0,11	0,055	31	8
Cs-137	HE	-	-	-	-	4	4
Cs-137	JA	-	-	-	-	3	3
Cs-137	KO	-	-	-	-	6	6
Cs-137	NO	-	-	-	-	4	4
Cs-137	PE	-	0,020	1,5	-	23	20
Cs-137	SO	-	-	-	-	8	8
Cs-137	SZ	-	-	1,8	-	7	6
Cs-137	TO	-	-	0,031	-	61	60
Cs-137	VA	-	-	-	-	8	8
Cs-137	VE	-	-	-	-	7	7
Cs-137	ZA	-	-	-	-	5	5
Sr-90	BA	-	-	-	-	6	6
Sr-90	BE	-	-	-	-	6	6
Sr-90	BK	-	-	-	-	10	10

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Sr-90	BP	-	0,097	0,099	-	2	0
Sr-90	BZ	-	-	0,76	-	8	7
Sr-90	Cs	-	-	-	-	7	7
Sr-90	FE	-	0,022	0,24	-	8	3
Sr-90	GY	-	0,025	0,23	-	11	4
Sr-90	HA	-	0,082	0,16	-	9	7
Sr-90	HE	-	0,050	0,16	-	4	1
Sr-90	JA	-	-	-	-	3	3
Sr-90	KO	-	-	0,015	-	6	5
Sr-90	NO	-	0,020	0,042	-	4	1
Sr-90	PE	0,068	0,020	0,25	0,077	23	8
Sr-90	SO	-	-	-	-	8	8
Sr-90	SZ	-	-	0,68	-	7	6
Sr-90	TO	-	0,012	0,10	-	30	25
Sr-90	VA	-	0,035	0,086	-	7	5
Sr-90	VE	-	0,014	0,18	-	7	3
Sr-90	ZA	-	-	-	-	5	5
Összes-béta	BA	-	23	490	-	6	0
Összes-béta	BE	-	25	49	-	6	0
Összes-béta	BK	70	19	350	75	17	0
Összes-béta	BP	42	21	100	15	45	1
Összes-béta	BZ	76	11	690	140	32	0
Összes-béta	Cs	45	16	270	39	40	0
Összes-béta	FE	-	22	590	-	8	0
Összes-béta	GY	62	19	540	120	35	0
Összes-béta	HA	61	0,033	480	92	35	0
Összes-béta	HE	-	23	54	-	4	0
Összes-béta	JA	-	24	45	-	3	0
Összes-béta	KO	-	28	52	-	6	0
Összes-béta	NO	-	43	52	-	4	0
Összes-béta	PE	81	23	540	120	23	0
Összes-béta	SO	-	20	380	-	8	0
Összes-béta	SZ	-	40	510	-	7	0
Összes-béta	TO	69	26	560	87	64	0
Összes-béta	VA	-	27	400	-	7	0
Összes-béta	VE	-	20	540	-	7	0
Összes-béta	ZA	-	23	44	-	5	0
Cs-137	Összesen	0,096	0,010	1,8	-	296	240
Sr-90	Összesen	0,10	0,012	0,76	-	171	120
Összes-béta	Összesen	67	0,033	690	-	362	1



4-12. ábra

**Tej és tejtermék mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása
(ERMAH és NÉBIH, zárójelben a mérések száma)**

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

4.8.2 Hús és hústermékek aktivitás-koncentrációi

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

A NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában sertés, marha, baromfi, házinyúl, hal és vadhús szerepel. 2025-ben a 19 vármegye és Budapest területéről 150 húsminta vizsgálatát végezték el a NÉBIH laboratóriumai.

A NÉBIH monitoring programjában a húskészítmények, tengeri hal és tengeri puhatestűek ¹³⁷Cs szűrővizsgálata. 2025-ben 89 ilyen típusú mintát vettek, a mérési eredmények kimutatási határ alatt voltak (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenységu mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 vármegyében és a fővárosban negyedévente 1-1 marha-, sertés- és baromfihús minta vételére terjed ki. Az ERMAH, egyéb mintavételi programjai keretében 2025-ben összesen 129 minta vizsgálatát végezték el.

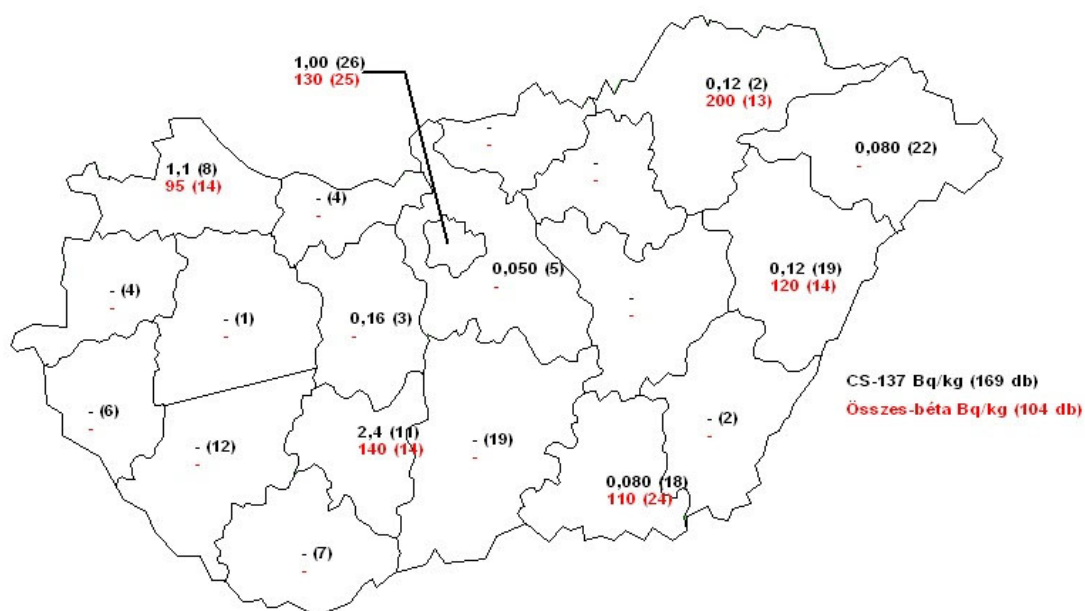
A hús- és hústermékmintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit a 4-15. táblázat mutatja be. A táblázatból látható, hogy a ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációk háromnegyede itt is kimutatási határ alatti.

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	-	-	-	-	7	7
Cs-137	BE	-	-	-	-	2	2
Cs-137	BK	-	-	-	-	19	19
Cs-137	BP	0,14	0,028	1,0	0,21	26	15
Cs-137	BZ	-	-	0,13	-	2	1
Cs-137	CS	0,061	0,017	0,081	0,028	18	5
Cs-137	FE	-	0,098	0,16	-	3	1
Cs-137	GY	-	0,033	1,1	-	8	4
Cs-137	HA	0,072	0,043	0,12	0,021	19	4
Cs-137	KO	-	-	-	-	4	4
Cs-137	PE	-	-	0,050	-	5	4
Cs-137	SO	-	-	-	-	12	12
Cs-137	SZ	-	0,074	0,087	-	22	20
Cs-137	TO	-	0,30	2,4	-	11	9
Cs-137	VA	-	-	-	-	4	4
Cs-137	VE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	ZA	-	-	-	-	6	6
Összes-béta	BP	71	33	130	28	25	0
Összes-béta	BZ	91	19	200	55	13	0
Összes-béta	CS	77	18	110	30	24	0
Összes-béta	GY	56	28	95	23	14	0
Összes-béta	HA	88	35	120	32	14	0
Összes-béta	TO	88	47	140	30	14	0
Cs-137	Összesen	0,11	0,017	2,4	-	169	118
Összes-béta	Összesen	77	18	200	-	104	0

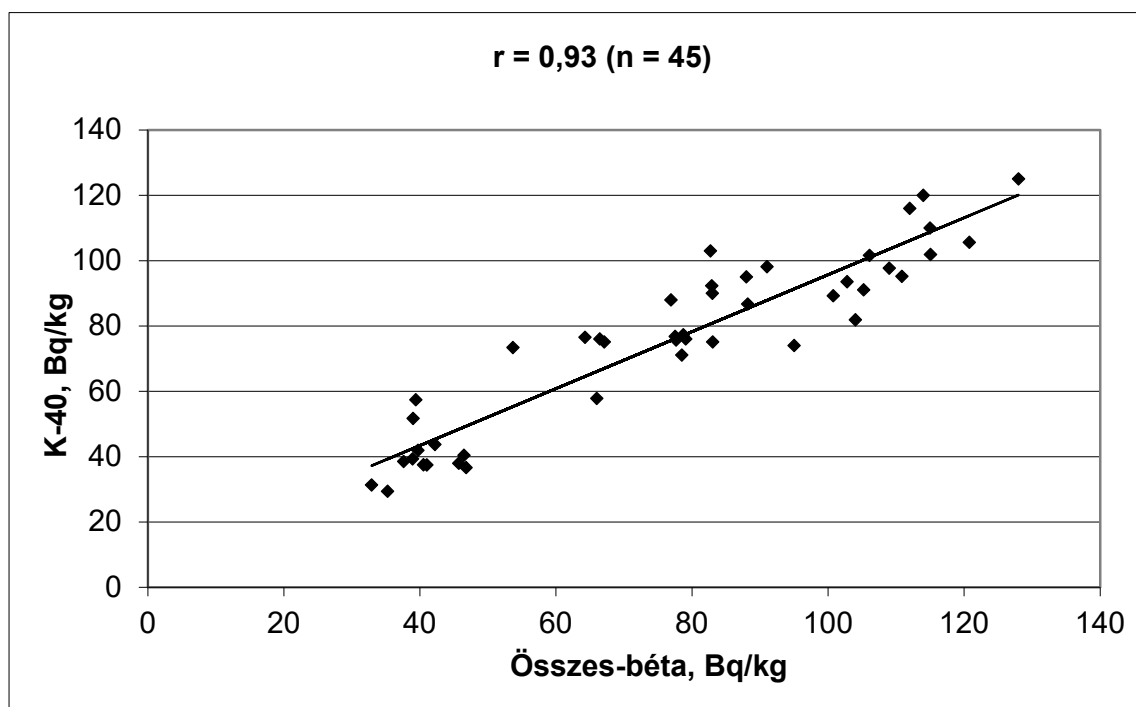
2025-ben a mintákban az átlagos összes-béta aktivitás 77 Bq/kg volt, az értékek a 2024. évihez hasonlóak voltak. Ez döntően természetes eredetű (⁴⁰K), amelynek igazolásaként a húsban és hústermékekben mért összes-béta és ⁴⁰K izotóp aktivitás-koncentrációk közötti korrelációt a 4-14. ábra szemlélteti.



4-13. ábra

Hús és hústermék mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása
(ERMAH és NÉBIH, zárójelben a mérések száma)

Megj.: A "-" jelzi, hogy a mérésekből 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 készítmény 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. 2025-ben az ERMAH egyéb mintavételi programjai keretében, összesen 42 mintát vettek.

A 2025. évi eredményeket a 4-16. táblázat foglalja össze. A táblázatban közölt eredményekből látható, hogy a ^{137}Cs több mint fele kimutatási határ alatt volt, és a lakosság által fogyasztott ételekben a csernobili eredetű ^{137}Cs és ^{90}Sr aktivitás-koncentrációja mára jóval a 0,1 Bq/kg szint alatt marad.

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

Radionuklid	Vármegye	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	BP	-	-	-	-	3	3
Cs-137	CS	-	0,034	0,073	-	7	1
Cs-137	GY	-	-	-	-	2	2
Cs-137	HA	-	0,019	0,028	-	4	0
Cs-137	TO	-	-	-	-	8	8
Sr-90	HA	-	-	0,081	-	1	0
Sr-90	TO	-	-	-	-	8	8
Összes-béta	BP	-	40	73	-	3	1
Összes-béta	CS	-	42	66	-	7	0
Összes-béta	GY	-	45	47	-	3	0
Összes-béta	HA	28	0,052	53	13	21	0
Összes-béta	TO	-	39	62	-	6	0
Cs-137	Összesen	0,026	0,019	0,073	-	24	14
Sr-90	Összesen	-	-	0,081	-	9	8
Összes-béta	Összesen	39	0,052	73	-	40	1

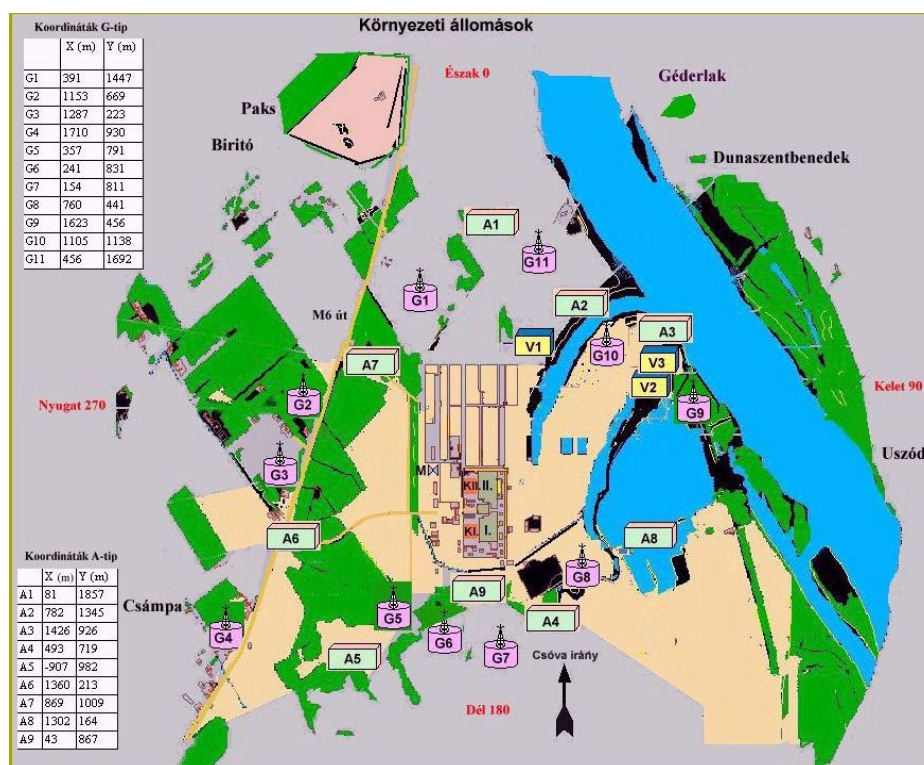
5 Létesítmények környezete

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 2025. évi eredményeit mutatjuk be.

5.1 A Paksi Atomerőmű környezetében végzett mérések

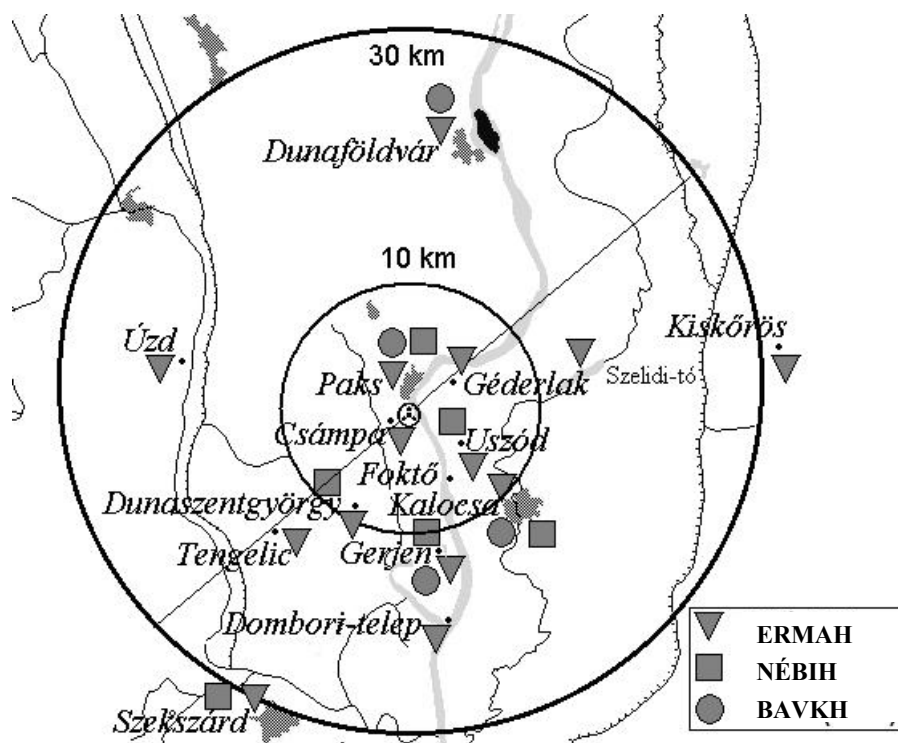
Az atomerőmű környezetében mérhető sugárzási helyzetről egyrészt az atomerőmű – hatósági felügyelet alatt álló – üzemi monitorozó hálózata, valamint az atomerőmű környezetében végzett hatósági mérések szolgáltatnak információkat.

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 2025-ben keletkezett, a létesítmény felügyeletéhez kapcsolódó kibocsátás-ellenőrzési és környezetellenőrzési hatósági mérési adatok vizsgálati irányok szerinti megoszlását, az 5-1. táblázat mutatja. Mivel gamma-spektrometria esetén minden egyes nuklid külön mérési eredménynek számít és egy mintának az összes-béta, ^{90}Sr stb. aktivitását is mérhetik, az ott feltüntetett összes mérés mintegy 2-3 ezer mintából származik. A nuklidspecifikus eredmények aránya az utóbbi években már a mérési eredmények jóval több, mint kétharmadát, 2025-ben közel 90 %-át tette ki.

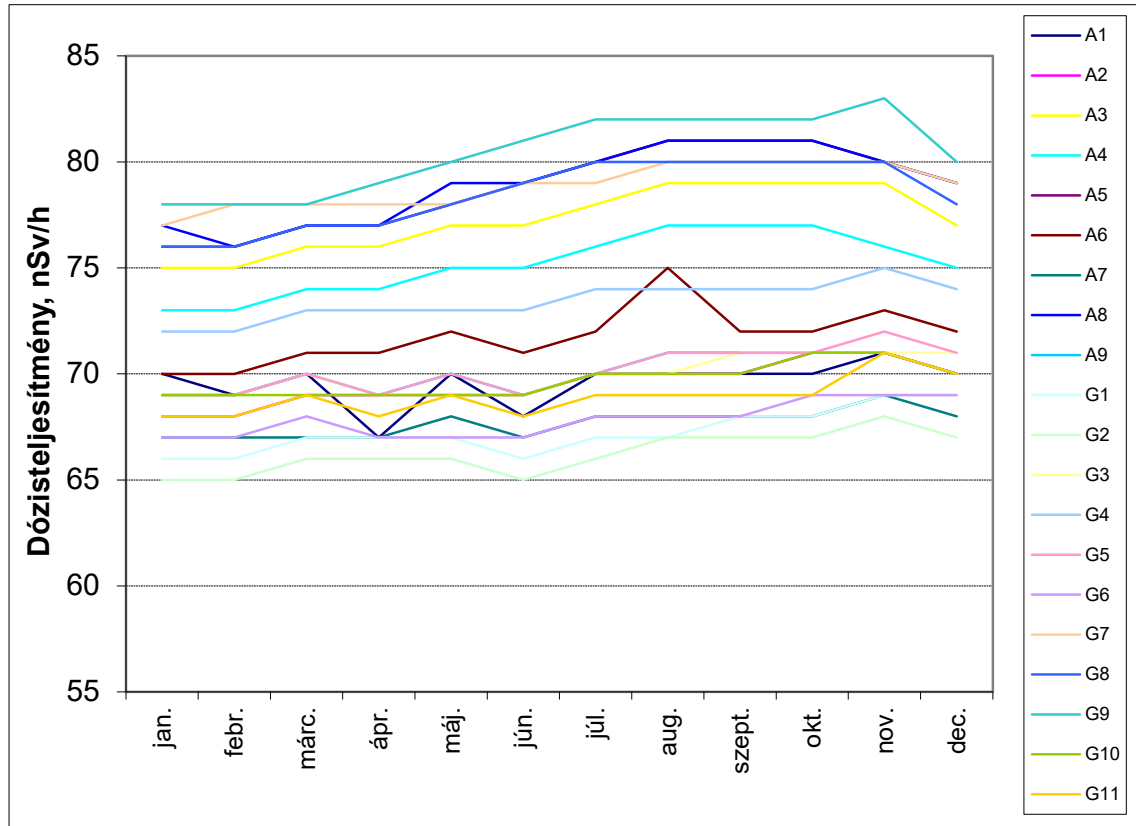
5-1. táblázat
A hatósági mérési eredmények száma és százalékos megoszlása a fontosabb vizsgálati irányok szerint 2025-ben

Vizsgálati irány	Mérési eredmények száma	[%]
Összes-béta aktivitás	1359	12
I-131	109	1
HPGe det. gamma-spektrometria	8443	76
Trícium	378	3
Sr-90 (+Sr-89) *	414	4
egyéb vizsgálatok	396	4
Összesen:	11099	100

* A két stroncium izotóp kémiai elválasztással nem különíthető el, így a ^{90}Sr mérések során a ^{89}Sr izotóp aktivitását is beszámítják a mérési eredménybe.

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 2025-ben

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

Az erőmű 30 km sugarú környezetében az NNGYK SSFO 37 helyszínen méri passzív termolumineszcens 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 2025. évi eredményei

Település	Dózisteljesítmény (nGy/h)			
	1. negyedév	2. negyedév	3. negyedév	4. negyedév
Bátya	78	83	83	89
Bogyiszló	74	90	81	93
Borsócséplői út	56	59	61	66
Csámpa vízmű	56	63	60	67
Császártöltés	75	83	81	89
PAE Déli bekötőút	56	58	59	62
Dunaföldvár	60	66	69	63
Dunakömlőd	82	90	92	88
Dunapataj	73	74	74	76
Dunaszentbenedek	68	76	71	74

Település	Dózisteljesítmény (nGy/h)			
	1. negyedév	2. negyedév	3. negyedév	4. negyedév
Dunaszentgyörgy I.	59	64	67	68
Dunaszentgyörgy II.	74	76	77	76
Dusnok	76	75	79	82
PAE Északi bekötőút	55	54	54	56
Fajsz	83	85	89	-
Foktő I.	70	72	79	91
Foktő II.	82	90	88	87
Földespuszta	70	69	76	75
Géderlak	72	75	77	82
Hajós	90	80	82	84
Kalocsa	63	72	76	80
Kecel	79	80	86	85
Kiskőrös	70	61	64	62
Kölesd	96	94	106	108
Löszdomb	64	60	58	62
Miske	72	76	76	73
Németkér	73	75	90	78
Öregcsertő	76	85	85	87
Paks	88	102	98	95
Simontornya	77	89	90	85
Szakmár	66	68	72	71
Szekszárd	68	72	68	77
Tengelic I.	58	64	62	65
Tengelic II.	75	80	85	87
Uszód	65	67	70	72
Úzd reléállomás	67	71		74
Zomba	118	112	110	119
Vizsgálatok száma	37	37	36	36
Átlagos dózisteljesítmény	72,5	76,0	77,5	79,1

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 2025. 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 $12 \mu\text{Bq/m}^3$ 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	2,0	0,10	5,4	0,97	530	0
Ru-106	-	-	-	-	530	530
Co-60	-	-	-	-	530	530
Cs-134	-	-	-	-	530	530
Cs-137	-	-	-	-	530	530
I-131	-	-	-	-	530	530

A légkör radioaktív szennyezettségének ellenőrzésére az ERMAH részét képező Tolna Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály **Sugáregészségügyi Decentrum és Laboratórium** négy ponton - Kalocsán, Csámpán, Szekszárdon és Dunaföldváron - tart üzemben folyamatos mintavevő berendezést. Az aeroszol szűrőket Szekszárdon 24 órás és 1-2 hetes (összes-béta, illetve gamma-spektrometriai mérésekhez), a többi állomáson heti gyűjtéssel veszik, majd 72 órás pihentetés után mérik. Ezeknek az adatoknak egy része a 4.2 fejezetben bemutatott országos kimutatásban is szerepel. Az aeroszol szűrőkben mért összes-béta aktivitás 0,76 – 46 mBq/m³ között változott (5-4. táblázat). A teljes kihullást reprezentáló fall-out mintákban mért összes-béta aktivitás 2,9 – 68 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	0,76	0,22	2,3	53	2
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	3,4	0,21	14	39	3
	DK-i félkör, R≥10 km	1,9	0,21	46	290	21
Be-7	DK-i félkör, R≥10 km	2,7	0,72	5,0	46	-
Cs-134	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	46	46
Cs-137	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	46	46
I-131	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	46	46

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

Gamma-spektrometriai mérésekkel a közepes légtérfogatú aeroszol-mintavevő szűrőin, – a korábbi évekhez hasonlóan – 2025-ben 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 2025. év során vett fall-out mintákból nem volt kimutatható mesterséges eredetű izotóp. (5-5., 5-6. táblázat). A radionuklidtól függő kimutatási határok értéke ¹³¹I izotópra 2,0, míg ¹³⁴Cs és ¹³⁷Cs izotópokra 0,4 Bq/m²/hó közötti volt.

5-5. táblázat

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

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/m ² /hó)	Minimum (Bq/m ² /hó)	Maximum (Bq/m ² /hó)	N	Kha
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	8,4	2,9	15	11	-
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	9,4	4,5	15	11	-
	DK-i félkör, R≥10 km	15	0,90	68	22	-
Be-7	ÉNY-i félkör, R<10 km	35	9,1	86	11	-
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	34	12	87	11	-
	DK-i félkör, R≥10 km	33	6,2	130	22	-
Cs-137	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	11	11
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	11	11
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	22	22

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

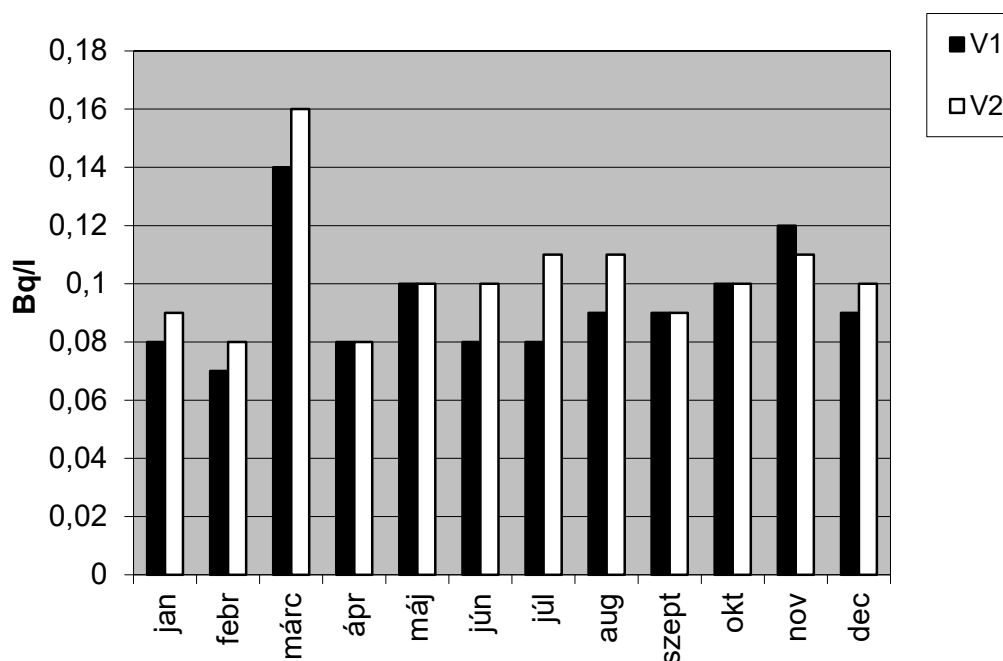
5-6. táblázat

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

Radionuklid	Átlag (Bq/m ² /hó)	Minimum (Bq/m ² /hó)	Maximum (Bq/m ² /hó)	Szórás (Bq/m ² /hó)	N	Kha
Be-7	35	1,7	110	29	120	0
Ru-106	-	-	-	-	120	120
Co-60	-	-	-	-	120	119
Cs-134	-	-	-	-	120	120
Cs-137	-	-	-	-	120	120
I-131	-	-	-	-	120	120

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

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



5-5. ábra

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

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

Az NNGYK SSFO a Duna alprogram keretében havi gyakorisággal vesz mintát a Duna vizéből Paksnál, illetve az PA Zrt. segítségével a V2 melegvízes csatornából. A mintákból havonta összes-béta aktivitás, ^{40}K - és ^3H -koncentráció mérések, illetve negyedévente ^{90}Sr -aktivitás-koncentráció és gamma-spektrometriai meghatározások történnek. A minta-előkészítés a gamma-spektrometriai elemzés esetén bepárlást (45 literről 150 ml-re), az összes-béta aktivitás mérés esetén bepárlást és 420 °C-on történő hamvasztást, a ^{90}Sr -aktivitás-koncentráció mérése esetén további kémiai elválasztást jelent. A trícium méréseket desztillálás előzi meg, a ^{40}K koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik. A ^{137}Cs aktivitás-koncentrációja minden esetben kimutatási határ alatti volt. Ezen kívül a PA Zrt. M5 és T24 figyelőkútjainak a vizéből az NNGYK SSFO ^3H -meghatározást végez. A mérési eredményeket az 5-7. táblázat tartalmazza.

5-7. táblázat

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

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

5.1.6 A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei

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

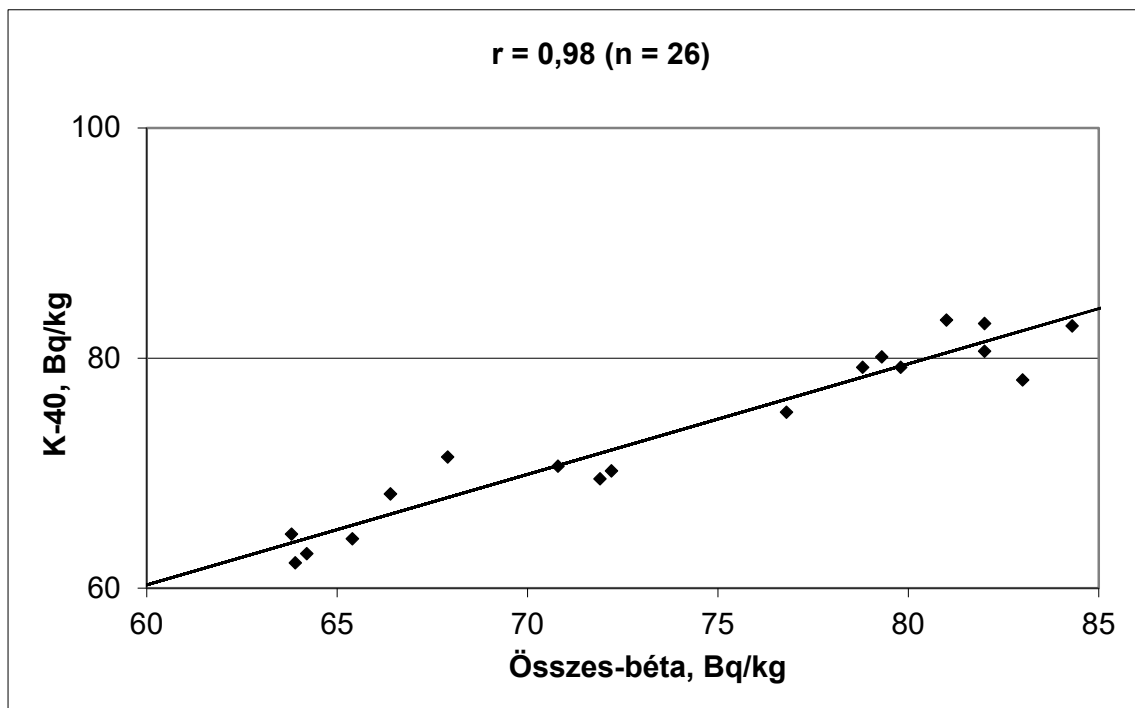
Látható, hogy a mesterséges radionuklidok halakban mért koncentrációi – a szárazföldi tápláléklánc elemeihez hasonlóan – igen kicsik, jelen esetben kimutatási határ alattiak.

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

5-8. táblázat

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

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-137	-	-	0,17	-	26	25
Sr-90	-	-	-	-	26	26
Összes-béta	70	52	86	11	26	0



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

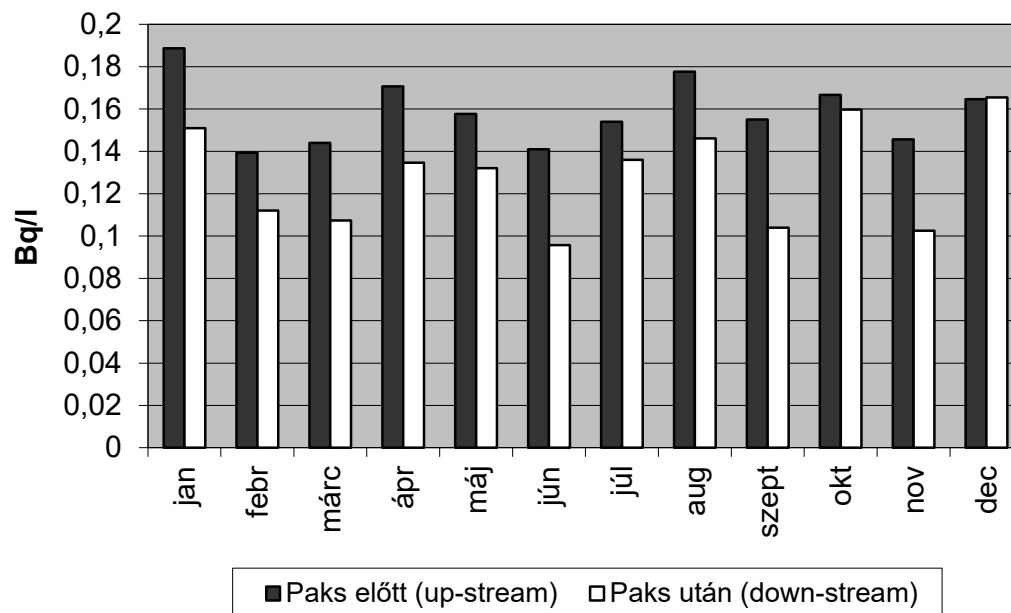
A heti-havi gyakorisággal vett Duna-víz mintákban meghatározott összes-béta aktivitás-koncentrációkat az 5-7. ábra, a hetente-havonta mért trícium-koncentráció értékeket pedig az 5-8. ábra szemlélteti a környezetvédelmi és az egészségügyi hatóság mérései alapján. A nagyszámú vízmintából meghatározott összes-béta aktivitások éves átlaga Paks előtt 0,16 Bq/l, Paks után pedig 0,12 Bq/l volt.

A trícium-koncentráció értékeket tartalmazó 5-7. ábra és 5-9. táblázat szerint, a Paks előtt és után vett vízmintákban mért ^3H aktivitás-koncentrációk egy-két kivétellel alacsonyabbak vagy alig magasabbak az erőmű után, mint az erőmű előtt. A vizsgálati pontokon a Duna-szakasz trícium-koncentrációja Paks előtt és Paks után átlagosan 2,5, illetve 1,9 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.

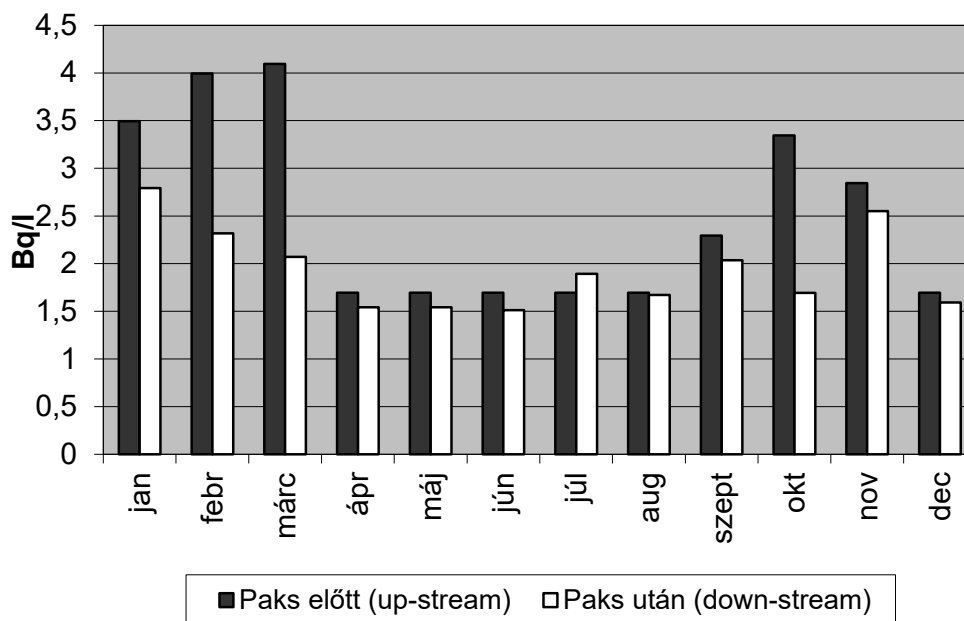
A Duna-vízben egyetlen radionuklid átlagos aktivitás-koncentrációja sem haladja meg lényegesen az alapszint értékeket, és általában a Paks után mért értékek nem magasabbak a Paks előtt mért értékeknél.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a Duna vízében az erőmű utáni szakaszon, erőművi eredetű lényeges radioaktív szennyeződés 2025-ben sem volt kimutatható.



5-7. ábra

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



5-8. ábra

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

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

Vizsgálati irány	Terület	Átlag (Bq/l)	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	N	Kha	alapszint (1981) Bq/l
Összes-béta	Paks előtt	0,16	0,13	0,21	36	-	0,2
	Paks után	0,12	0,028	0,33	74	-	
Cs-137	Paks előtt	-	-	-	12	12	
	Paks után	-	-	0,0041	37	36	
K-40	Paks előtt	-	0,081	0,20	12	8	
	Paks után	0,073	0,0013	0,27	38	11	
H-3	Paks előtt	-	1,4	6,8	24	18	7,00
	Paks után	-	1,4	7,2	49	41	
Sr-90	Paks után	-	-	-	15	15	0,005

Az 5-10. táblázat az erőmű környezetében fekvő felszíni vizek (kivéve a Dunát) mérési eredményeit tartalmazza. A vizsgálati eredmények azt mutatják, hogy a vizek összes-béta aktivitás-koncentrációja hasonló a Duna-vízben mért értékekhez, havi átlagértékei a 0,095 - 0,26 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	0,17	0,13	0,20	12	-
	DK-i félkör, R≥10 km	0,20	0,095	0,26	24	-
Cs-137	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	4	4
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	8	8
K-40	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	5	5
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	8	8
H-3	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	11	11
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	11	11

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

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

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

A gamma-spektrometriai mérések azt mutatják, hogy a Duna üledékében 10 Bq/kg alapszintet meghaladó mértékben továbbra is jelen van a csernobili baleset következtében kihullott ¹³⁷Cs. Ebben az évben a ¹³⁷Cs koncentráció 0,072 - 41 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	890	690	1030	12	-	
	Paks után	820	490	1080	60	2	
Cs-137	Paks előtt	11	0,072	41	35	12	10,0
	Paks után	9,6	0,18	21	84	30	
K-40	Paks előtt	440	190	650	35	-	
	Paks után	440	150	630	84	-	
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 kimutatási határ alatt voltak.

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≥10 km	-	-	-	24	24
Cs-137	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	24	24
K-40	DK-i félkör, R≥10 km	230	120	320	24	-

* 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 - 590 Bq/kg között mozgott, a ⁹⁰Sr pedig nem volt kimutatható.

A Paksi Atomerőmű 30 km-es körzetében a talajmintákban mért aktivitás-koncentráció értékek alapján 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≥10 km	-	370	740	5	-

	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	95	410	4	1
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	-	-	-	33	33
Cs-137	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	3,3	0,13	9,4	24	2
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	2,8	0,14	6,9	21	11
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	53	0,65	590	37	8
K-40	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	270	110	460	24	-
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	340	210	540	21	-
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	460	160	800	37	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	19	19
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	38	28

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

5.1.9 A takarmánymintákban mért aktivitás-koncentrációk

A NÉBIH laboratóriumai az erőmű környezetében havonként vagy negyedéves gyakorisággal vették a takarmányt és takarmánynövényeket. Vannak állandó mintavételi helyek évről-évre: Dunaszentbenedek, Paks-Pusztahencse és Dunaszentgyörgy.

A mérési eredményeket az 5-14. táblázat tartalmazza. A korábbi évekhez hasonlóan ^{137}Cs és ^{90}Sr izotóp 2025-ben nem volt kimutatható a takarmányokban.

5-14. táblázat

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

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	540	320	780	12	1
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	170	330	3	-
	DK-i félkör, $R < 10$ km	-	75	710	8	-
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	87	210	7	-
Cs-137	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	-	-	-	12	12
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, $R < 10$ km	-	-	-	8	8
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	7	7
K-40	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	490	270	650	12	-
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	160	320	3	-
	DK-i félkör, $R < 10$ km	-	78	660	8	-
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	87	200	7	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	-	-	-	31	31
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, $R < 10$ km	-	-	-	25	25
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	11	11

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

5.1.10 A növménymintákban mért aktivitás-koncentrációk

2025-ben is folytatódott az erőmű 30 km-es körzetéből származó vadon termő és termesztett növények vizsgálata. A mintafajták: legelői fű, csalán, üröm, illetve az emberi fogyasztásra kerülő sóska, paraj, konyhakerti zöldségek. A mintavételi helyek a korábbi évek gyakorlatának megfelelően: Uszód, Foktő, Gerjen, Kalocsa és Dunaszentbenedek.

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

5-15. táblázat

Legelői fű-minták aktivitás-koncentrációinak éves átlagai a 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	330	2	-
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	120	200	6	-
	DK-i félkör, R<10 km	-	140	180	3	--
	DK-i félkör, R≥10 km	180	120	280	14	-
Cs-137	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	2	2
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	6	6
	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	14	14
K-40	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	160	310	2	-
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	120	180	6	-
	DK-i félkör, R<10 km	-	170	170	3	-
	DK-i félkör, R≥10 km	190	110	270	14	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	4	4
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	10	10
	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	26	26

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

5-16. táblázat

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

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	170	230	3	-
	DK-i félkör, R≥10 km	-	130	270	7	-
Cs-137	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	8	8
K-40	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	160	270	3	-
	DK-i félkör, R≥10 km	-	140	240	8	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	3	3
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	8	8

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

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

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	0,38	190	15	7
	DK-i félkör, R≥10 km	-	0,71	140	5	2
Cs-137	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	11	11
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	6	6
K-40	ÉNY-i félkör, R≥10 km	100	35	170	11	-
	DK-i félkör, R≥10 km	-	77	150	3	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	12	12
	DK-i félkör, R<10 km	-	-	-	3	3
	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 0,027 - 0,19 Bq/l volt. A gamma-spektrometriai eredmények kimutatási határ alattiak voltak. A trícium-koncentrációk 2,0 - 5,5 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	0,080	0,050	0,13	24	-
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,093	0,028	0,19	12	-
	DK-i félkör, R≥10 km	0,077	0,027	0,12	27	3
Cs-137	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	8	8
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	4	4
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	9	9
H-3	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	2,0	3,3	12	9
	DK-i félkör, R≥10 km	-	2,0	5,5	12	6
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	-	-	-	8	8
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	-	-	-	4	4
	DK-i félkör, R≥10 km	-	-	-	8	8

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

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

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

5-19. táblázat

Tejminták aktivitás-koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (NÉBIH és ERMAH)

Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha
Összes-béta	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	47	30	52	12	-
	DK-i félkör, $R < 10$ km	54	36	82	17	4
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	63	45	70	21	-
Cs-137	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	-	-	-	12	12
	DK-i félkör, $R < 10$ km	-	-	-	20	20
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	30	30
K-40	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	43	28	49	12	-
	DK-i félkör, $R < 10$ km	53	36	70	20	-
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	56	51	71	29	-
Sr-90	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	-	-	-	21	21
	DK-i félkör, $R < 10$ km	-	-	-	14	14
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	6	6

* 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)

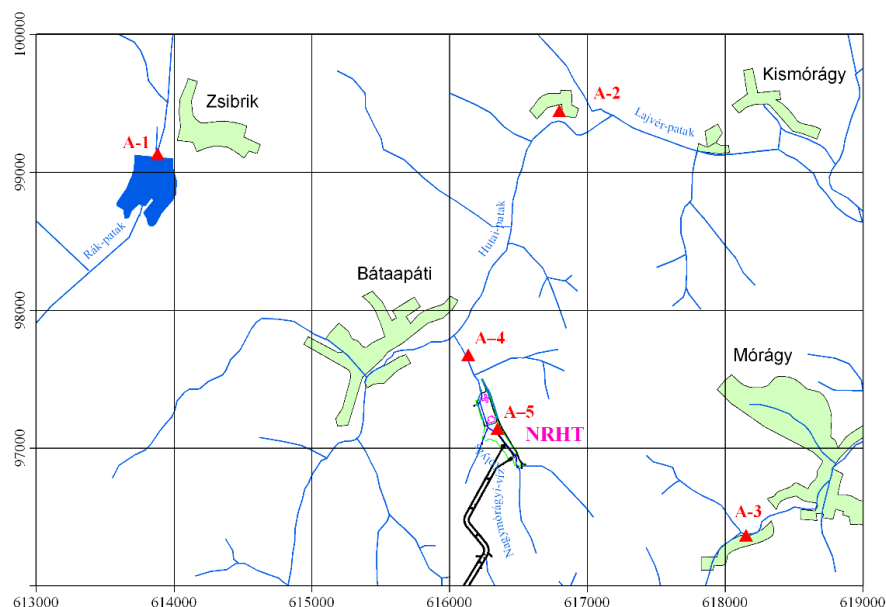
Vizsgálati irány	Terület *	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	N	Kha
Sertés, Cs-137	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	2	2
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	11	11
Sertés, K-40	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	120	120	2	-
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	120	110	130	10	-
Szarvasmarha, Cs-137	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	1	1
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	2	2
Szarvasmarha, K-40	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	99	1	-
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	97	130	2	-
Baromfi, Cs-137	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	1	1
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	-	3	3
Baromfi, K-40	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	-	-	81	1	-
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	-	90	120	3	-

* 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.

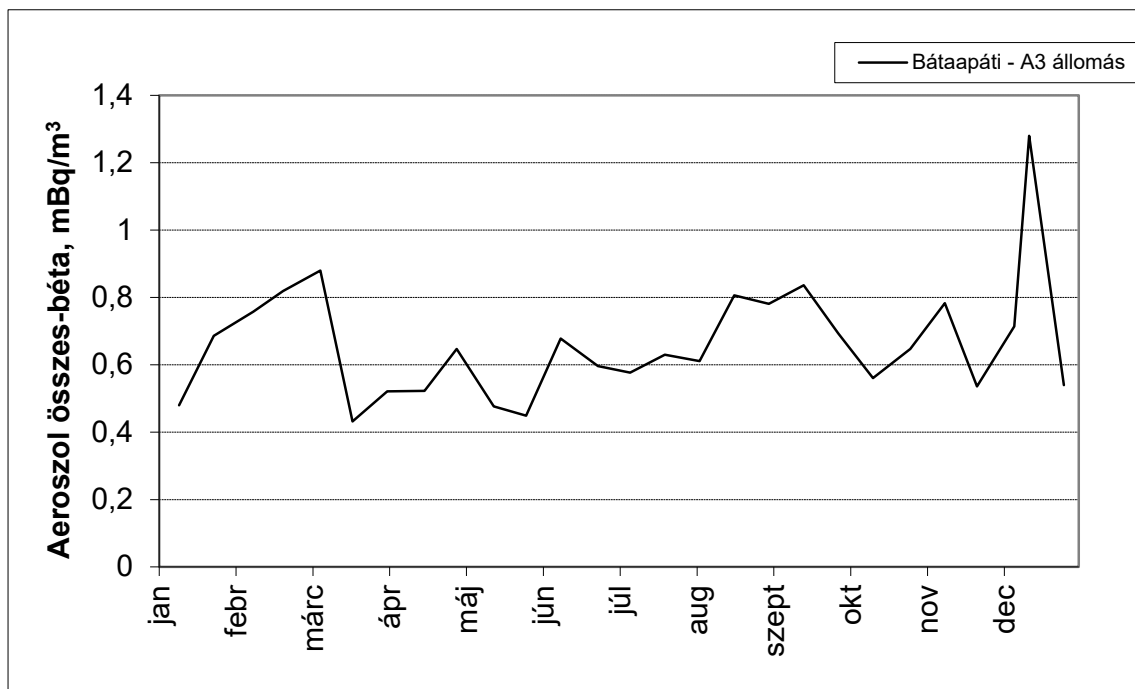


5-9. ábra
A bátaapáti NRHT környezetellenőrző állomásainak helyszínei

Az elhelyezett mintavevők $3 \text{ m}^3/\text{h}$ optimális térfogatárammal működnek. A jellemző mintavételi idő (14 nap) alatt közel 1000 m^3 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: $0,1\text{-}1,0 \text{ mBq/m}^3$ (összes-béta aktivitás), $0,05 \text{ mBq/m}^3$ (gamma-spektrometria, ^{137}Cs izotóp).

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

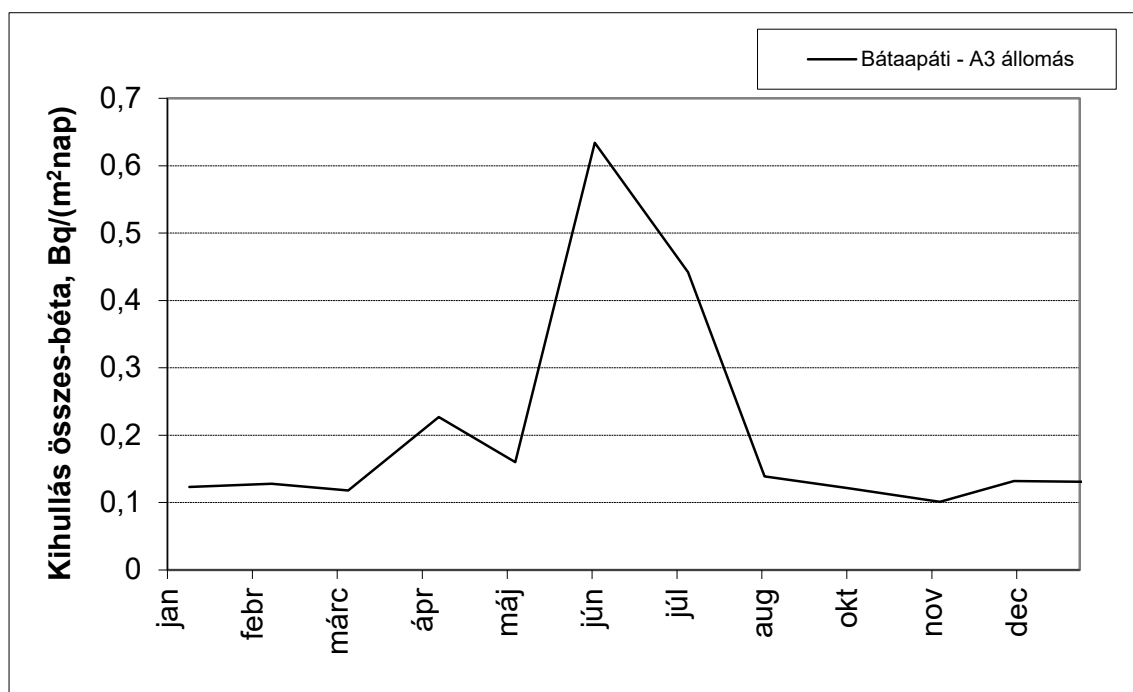
Radionuklid	Átlag (mBq/m ³)	Minimum (mBq/m ³)	Maximum (mBq/m ³)	Szórás (mBq/m ³)	N	Kha
Be-7	24	0,068	640	100	216	40
Co-60	-	-	-	-	216	216
Cs-137	-	-	-	-	216	216
K-40	-	-	23	-	216	215
Összes-béta	0,60	0,033	1,6	0,29	216	3

5.2.2 A bátaapáti NRHT környezetében mért kihullás eredmények

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

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

A mintákon végzett gamma-spektrometriai és összes-béta mérések eredményeinek éves jellemzőit az 5-21. táblázat foglalja össze. Az 5-11. ábra az A3 állomáson mért kihullás összes-béta aktivitásainak időbeli változását mutatja be. Az állomás Mórággy belterületén található.



5-11. ábra

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

5-21. táblázat

A bátaapáti NRHT környezetében végzett kihullás mérések összefoglalása

Radionuklid	Átlag (mBq/m ² /nap)	Minimum (mBq/m ² /nap)	Maximum (mBq/m ² /nap)	Szórás (mBq/m ² /nap)	N	Kha
Be-7	510	130	2800	480	60	40
Co-60	-	-	-	-	60	60
Cs-137	-	-	-	-	60	60
K-40	-	-	-	-	60	60
Összes-béta	290	68	2200	360	60	5

5.2.3 A bátaapáti NRHT környezetében vett talajminták mérési eredményei

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

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

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

5-22. táblázat

A bátaapáti NRHT környezetében vett talajminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Co-60	-	-	-	-	5	5
Cs-137	-	0,00062	0,0032	-	5	1
K-40	-	0,27	0,36	-	5	0
Ra-226	-	0,050	0,089	-	5	0
Összes-béta	-	0,61	0,70	-	5	0

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

5-23. táblázat

In-situ mérések eredményei 2025-ben (a ¹³⁷Cs mérések Bq/m²-ben, a többiek Bq/kg-ban vannak megadva)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Bátaapáti	Ac-228	-	60	65	-	2	0
Bátaapáti	Bi-214	-	49	53	-	2	0
Bátaapáti	Cs-137	-	360	590	-	2	0
Bátaapáti	K-40	-	560	630	-	2	0
Bátaapáti	Pb-212	-	64	65	-	2	0
Bátaapáti	Pb-214	-	48	54	-	2	0
Bátaapáti	Tl-208	-	24	25	-	2	0
Mórágy	Ac-228	-	-	80	-	1	0
Mórágy	Bi-214	-	-	49	-	1	0
Mórágy	Cs-137	-	-	440	-	1	0
Mórágy	K-40	-	-	800	-	1	0
Mórágy	Tl-208	-	-	29	-	1	0
Mőcsény	Ac-228	-	-	55	-	1	0
Mőcsény	Bi-214	-	-	50	-	1	0
Mőcsény	Cs-137	-	-	450	-	1	0
Mőcsény	K-40	-	-	560	-	1	0
Mőcsény	Pb-212	-	-	55	-	1	0
Mőcsény	Pb-214	-	-	49	-	1	0
Mőcsény	Tl-208	-	-	20	-	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	-	0,16	0,37	-	4	0

5.2.5 A bátaapáti NRHT környezetében mért növényminták adatai

A növényzetet a telephely környezetében 5 ponton évente mintázzák. (A növényzet fogalma alatt minden esetben a pongyola pitypangot (*Taraxacum officinale*) értenek és az 5-25. táblázatban ezeket az eredményeket szerepeltetik.) A mintát szárítószekrényben 105 °C-on 24 órán át szárítják, majd aprítógéppel ~2 mm-es darabokra darálják és homogenizálják, ezt követően 300 °C-on elhamvasztják. Jellemző kimutatási határok: 40 Bq/kg (összes-béta aktivitás); és 2,5 Bq/kg (^{137}Cs , gamma-spektrometria). A vizsgálatokat azonos helyszínről származó mosatlan és mosott növényen is elvégzik.

5-25. táblázat

A bátaapáti NRHT környezetében vett növényminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Co-60	-	-	-	-	5	5
Cs-137	-	-	-	-	5	5
K-40	-	710	1300	-	5	1
Ra-226	-	-	-	-	5	5
Összes-béta	-	780	1400	-	5	0

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

5-26. táblázat

A bábaapáti NRHT létesítményeinek környezetéből származó növényminták aktivitás-koncentrációja 2025-ben

Hely	Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Bábaapáti	BE-7	-	33	40	-	2	0
Bábaapáti	BI-214	-	0,29	0,37	-	2	0
Bábaapáti	K-40	-	190	200	-	2	0
Bábaapáti	PB-210	-	3,8	4,0	-	2	0
Bábaapáti	SR-90	-	0,53	0,81	-	2	0
Bábaapáti	T-ALFA	-	6,0	8,0	-	2	0
Bábaapáti	T-BETA	-	200	220	-	2	0
Mórágy	AC-228	-	-	2,0	-	1	0
Mórágy	BE-7	-	-	43	-	1	0
Mórágy	BI-214	-	-	0,59	-	1	0
Mórágy	K-40	-	-	240	-	1	0
Mórágy	PB-210	-	-	4,1	-	1	0
Mórágy	PB-212	-	-	0,24	-	1	0
Mórágy	PB-214	-	-	0,55	-	1	0
Mórágy	SR-90	-	-	1,1	-	1	0
Mórágy	T-ALFA	-	-	15	-	1	0
Mórágy	T-BETA	-	-	270	-	1	0
Mórágy	TL-208	-	-	0,090	-	1	0
Mőcsény	BE-7	-	-	25	-	1	0
Mőcsény	K-40	-	-	200	-	1	0
Mőcsény	PB-210	-	-	2,8	-	1	0
Mőcsény	PB-212	-	-	0,11	-	1	0
Mőcsény	PB-214	-	-	0,33	-	1	0
Mőcsény	SR-90	-	-	0,42	-	1	0
Mőcsény	T-ALFA	-	-	6,8	-	1	0
Mőcsény	T-BETA	-	-	210	-	1	0

5.3 A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló környezetellenőrzési mérési adatai

5.3.1 A püspökszilágyi RHFT környezetében mért aeroszol aktivitás-koncentráció adatai

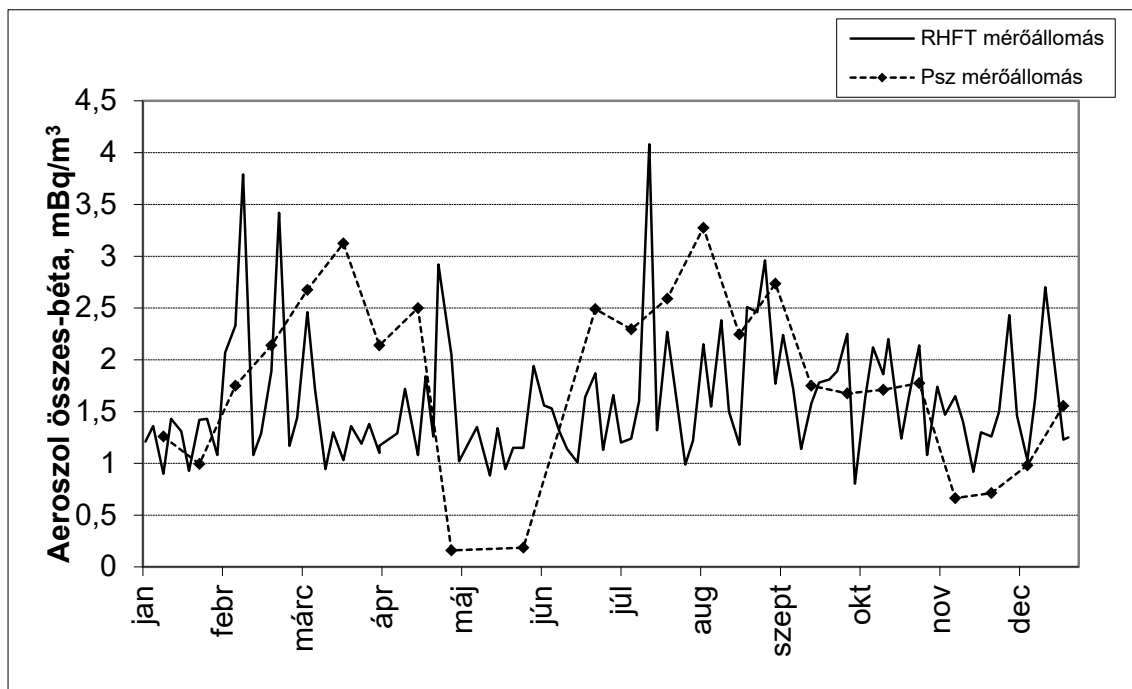
A püspökszilágyi RHFT környezetében mért aeroszol-koncentrációkat az 5-12. ábra és az 5-27. táblázat mutatja be. Az adatok két mintavevő összesített eredményeit tükrözik. Az egyik mintavevő a telephelyen, a másik a néhány km-re lévő Püspökszilágy faluban található.

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: $0,1\text{-}0,7 \text{ mBq/m}^3$ (összes-béta aktivitás), és $0,03 \text{ mBq/m}^3$ (gamma-spektrometria, ^{137}Cs izotóp).

A püspökszilágyi RHFT telephelyén és Püspökszilágyon mérhető aeroszol összes-béta aktivitások az 1976-os null-szintekhez ($4,8 \text{ mBq/m}^3$, illetve 29 mBq/m^3) hasonlóan alakultak. A két mintavételi helyen mérhető éves átlagos aeroszol aktivitás-koncentráció $2,0 \text{ mBq/m}^3$ alatt maradt. Az egyes mintákban az aeroszolok aktivitás-koncentrációja, egyetlen esetben sem haladta meg az 1976-os null-szinteket. A maximális érték az RHFT területén $4,1 \text{ mBq/m}^3$, Püspökszilágyon $3,3 \text{ mBq/m}^3$ volt 2025-ben.

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



5-12. ábra

A püspökszilágyi RHFT éves aeroszol összes-béta méréseinek időbeli változása

5-27. táblázat

A püspökszilágyi RHFT környezetében végzett aeroszol-mérések eredményeinek éves összefoglalása

Meghatározás	Átlag (mBq/m ³)	Minimum (mBq/m ³)	Maximum (mBq/m ³)	Szórás (mBq/m ³)	N	Kha
Be-7	2,3	0,42	6,4	1,4	127	6
Cs-137	-	-	-	-	127	127
K-40	-	-	2,9	-	2	1
Összes-béta	1,6	0,16	4,1	0,66	127	3

5.3.2 A püspökszilágyi RHFT környezetében mért kihullás eredmények

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

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

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



5-13. ábra

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

5-28. táblázat

A püspökszilágyi RHFT környezetében végzett kihullás mérések összefoglalása

Radionuklid	Átlag (mBq/m ² /nap)	Minimum (mBq/m ² /nap)	Maximum (mBq/m ² /nap)	Szórás (mBq/m ² /nap)	N	Kha
Be-7	540	62	1400	410	21	1
Cs-137	-	-	-	-	24	24
K-40	-	-	1700	-	24	23
Összes-béta	280	20	610	150	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	-	18	110	-	4	1
Cs-137	4,4	0,57	12	3,4	33	5
K-40	410	310	530	52	32	0
Ra-226	50	5,1	78	21	33	5
Sr-90	0,55	0,099	0,92	0,23	20	1
Összes-béta	610	440	720	65	33	0

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

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

5-30. táblázat

A püspökszilágyi RHFT létesítményeinek környezetéből származó talajminták aktivitás-koncentrációja 2025-ben (Bq/kg)

Hely	Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Püspökszilágy	Ac-228	-	3,1	46	-	3	1
Püspökszilágy	Be-7	-	2,5	4,7	-	3	0
Püspökszilágy	Bi-212	-	25	27	-	3	0
Püspökszilágy	Bi-214	-	31	38	-	3	0
Püspökszilágy	Cs-137	-	4,9	5,4	-	3	0
Püspökszilágy	Eu-155	-	-	2,4	-	3	2
Püspökszilágy	K-40	-	530	570	-	3	0
Püspökszilágy	Pa-234m	-	27	34	-	3	1
Püspökszilágy	Pb-210	-	4,6	55	-	3	1
Püspökszilágy	Pb-212	-	0,40	47	-	3	1
Püspökszilágy	Pb-214	-	32	36	-	3	0
Püspökszilágy	Sr-90	-	0,54	1,1	-	3	0
Püspökszilágy	Th-234	-	4,9	34	-	3	1
Püspökszilágy	Tl-208	-	0,80	14	-	3	1
Püspökszilágy	U-235	-	-	2,3	-	2	1
Püspökszilágy	Összes-béta	-	710	740	-	3	0

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

5-31. táblázat
In-situ mérések eredményei 2025-ben (a ^{137}Cs mérések Bq/m²-ben, a többiek Bq/kg-ban vannak megadva)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Kisnémedi	Ac-228	-	-	46	-	1	0
Kisnémedi	Bi-214	-	-	37	-	1	0
Kisnémedi	Cs-137	-	-	800	-	1	0
Kisnémedi	K-40	-	-	550	-	1	0
Kisnémedi	Pb-212	-	-	48	-	1	0
Kisnémedi	Pb-214	-	-	39	-	1	0
Kisnémedi	Tl-208	-	-	16	-	1	0
Püspökszilágy	Ac-228	-	39	42	-	2	0
Püspökszilágy	Bi-214	-	34	35	-	2	0
Püspökszilágy	Cs-137	-	240	240	-	2	-2
Püspökszilágy	K-40	-	580	590	-	2	0
Püspökszilágy	Pb-212	-	44	45	-	2	0
Püspökszilágy	Pb-214	-	35	35	-	2	0
Püspökszilágy	Tl-208	-	15	16	-	2	0

5.3.4 A püspökszilágyi RHFT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményei

A felszíni vizeket 7 ponton mintázzák. A mintavételi gyakoriság féléves, illetve éves. Az összes-béta mérésekhez 10 liter vízmennyiséget párolnak be, és a bepárlási maradékból 1 g aktivitását mérik. A mérés jellemző kimutatási határa 10 mBq/l. A gamma-spektrometriai méréshez szintén 10 liter vizet párolnak be, és a teljes bepárolt mennyiséget elemzik. A mérés jellemző kimutatási határa 1-2 mBq/l (a ^{137}Cs radionuklidra).

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

5-32. táblázat
A püspökszilágyi RHFT környezetében végzett felszíni víz mérési eredményeinek éves jellemzői

Radionuklid	Átlag (Bq/l)	Minimum (Bq/l)	Maximum (Bq/l)	Szórás (Bq/l)	N	Kha
Cs-137	-	-	-	-	7	7
K-40	-	0,075	0,40	-	6	0
Ra-226	-	-	0,11	-	6	5
Összes-béta	-	0,18	0,34	-	7	0

5.3.5 A püspökszilágyi RHFT környezetében mért növényzet adatok

A növényzetet a telephely környezetében 17 ponton fél évente, illetve évente mintázzák. (A növényzet fogalma általános esetben fűféléket jelent, némely esetben gombát.) A mintát szárítószekrényben 105°C-on 24 órán át szárítják, majd aprítógéppel 3 mm-es darabokra darálják és homogenizálják, ezt követően 300°C-on elhamvasztják. Jellemző kimutatási határok: 40 Bq/kg (összes-béta aktivitás) és 0,5 Bq/kg (^{137}Cs , 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	69	14	140	32	25	0
Cs-137	-	-	-	-	27	27
K-40	680	200	1500	290	24	0
Ra-226	-	-	-	-	2	2
Sr-90	0,26	0,088	0,43	0,10	20	4
Összes-béta	680	230	1600	270	27	0

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

5-34. táblázat

A püspökszilágyi RHFT létesítményeinek környezetéből származó növényminták aktivitás-koncentrációja 2025-ben (Bq/kg)

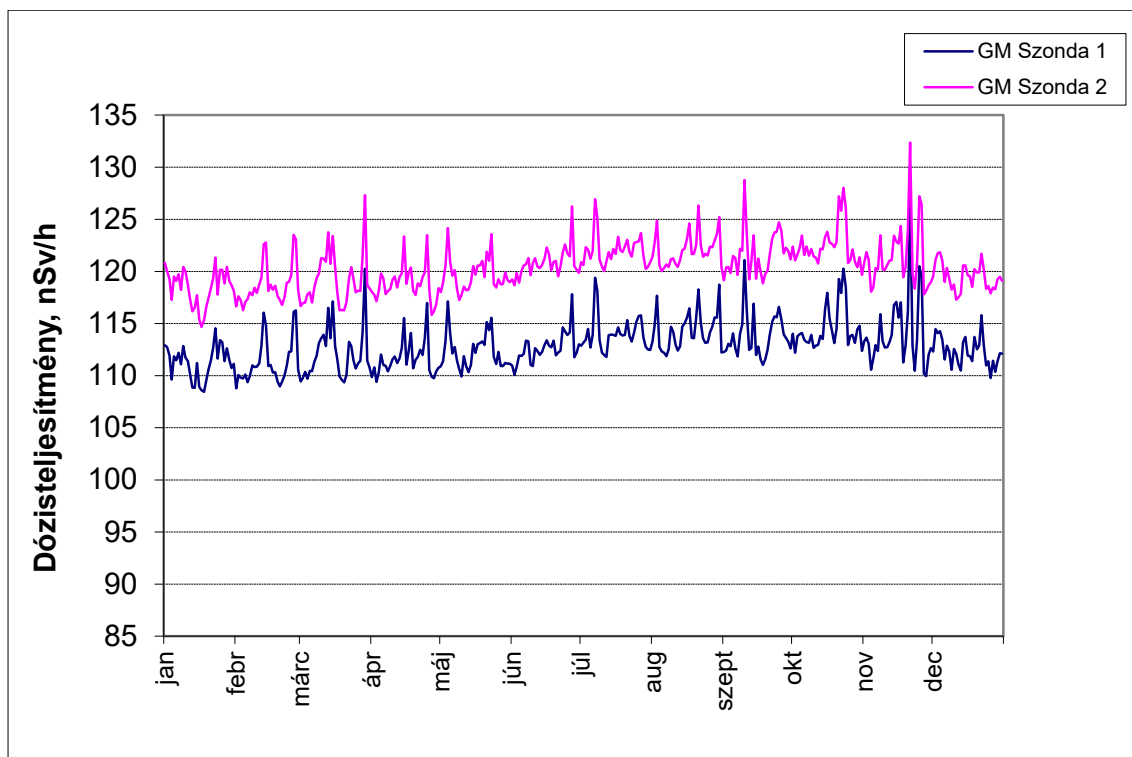
Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Püspökszilágy	Be-7	-	12	99	-	4	0
Püspökszilágy	K-40	-	150	190	-	4	0
Püspökszilágy	Pb-210	-	2,8	23	-	3	0
Püspökszilágy	Sr-90	-	0,14	0,81	-	4	0
Püspökszilágy	Összes-alfa	-	3,3	25	-	4	0
Püspökszilágy	Összes-béta	-	160	220	-	4	0

5.4 A Központi Fizikai Kutató Intézet telephely környezetellenőrzési mérési adatai

A korábban Központi Fizikai Kutató Intézet néven ismert kutatóközpont (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 a telephelyen zajló 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 2025-ben 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 környezeti levegő mennyisége általában 100 m³/nap körül van. Az összes-béta mérésre szánt minták esetében a mintavételezés és mintamérés – a rövid felezési idejű radon-leányelemek hatásának csökkentésére alkalmazott 72 órás pihentetést követően – napi gyakorisággal történik. A mintavételt és mérést jellemző összes-béta aktivitás-koncentráció szokásos kimutatási határa 0,1 mBq/m³.

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

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

5-35. táblázat

A KFKI telephelyen végzett aeroszol, elemi és szerves jód mérések eredményeinek éves összefoglalása

Radionuklid	Átlag (mBq/m ³)	Minimum (mBq/m ³)	Maximum (mBq/m ³)	Szórás (mBq/m ³)	N	Kha
Be-7	0,96	0,20	3,4	0,88	77	36
Co-60	-	-	-	-	77	77
Cs-137	-	-	-	-	77	77
I-125	0,27	0,028	1,1	0,19	230	201
I-131	0,15	0,024	2,4	0,17	230	201
Összes-béta	1,8	0,050	18	1,4	562	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 jelentősen 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 ⁴⁰K izotópokat, valamint az Izotóp Intézet Kft. normál üzemi tevékenységével kapcsolatos ¹²⁵I és ¹³¹I 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	16	2,5	55	13	59	27
Co-60	-	0,20	1,0	-	60	60
Cs-137	-	0,20	1,0	-	59	59
I-125	0,41	0,20	2,4	0,37	58	47
I-131	-	1,0	1,0	-	60	60

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	31	2,5	55	20	12	0
Co-60	-	-	-	-	12	12
Cs-137	-	0,060	0,060	-	12	11
I-125	-	0,23	0,60	-	12	10
I-131	-	-	-	-	12	12

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

5.4.4 A KFKI telephely területén mért talajmérési eredmények

A KFKI Telephelyen az EK KVSz a 2025. évben talajmintát nem vett.

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 minta 20,1 Bq/kg mennyiségű ¹³⁷Cs nuklidot tartalmaz.

5-38. táblázat
A KFKI telephelyen végzett fű- gomba-és mohaminta mérések eredményeinek 2025. évi
összefoglalása

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Be-7	-	130	230	-	4	2
I-125	-	-	35	-	4	3
I-131	-	-	-	-	4	4
Cs-137	-	-	20	-	4	3
Co-60	-	-	-	-	4	4
K-40	-	500	640	-	4	1

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

5-39. táblázat
A KFKI környezetéből származó növényminták aktivitás-koncentrációja 2025-ben

Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Be-7	47	5,5	160	39	51	1
Bi-212	16	0,49	65	12	51	15
Bi-214	7,6	0,16	21	4,7	51	8
Co-60	-	-	-	-	51	51
Cs-134	-	-	2,1	-	51	50
Cs-137	-	0,11	3,1	-	51	42
I-125	1,0	0,60	4,2	0,57	49	34
I-131	-	-	-	-	49	49
K-40	190	84	90	100	51	0
Pb-210	21	1,7	72	18	51	6
Pb-212	20	0,10	110	21	51	4
Pb-214	4,7	0,15	13	3,0	51	18
Sb-125	-	-	5,9	-	51	50
Tl-208	5,5	0,080	38	7,1	51	31
U-235	-	-	1,7	-	41	40

5.5 A BME NTI Oktatóreaktor telephely környezetellenőrzési mérési adatai

A BME NTI Oktatóreaktor környékén 2025. év során elvégzett környezetellenőrző vizsgálatok – aeroszol, első negyedéves Duna-víz és éves kihullás összes-béta, valamint talaj- és növényminták nuklid-specifikus kiértékelésének – eredményeit az 5-40. – 5-43. táblázatok mutatják be. A 2025. évi környezetellenőrző mérések eredményei megfeleltethetők az elmúlt években mért értékeknek.

5-40. táblázat

2025-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	5,86-04	3,77E-04	8,98E-04	1,46E-04	12	1
Összes gamma	1,84E-03	1,15E-03	2,24E-03	3,92E-04	12	6

5-41. táblázat

2025. évi fall-out minták összes-béta aktivitás-koncentrációja

Nuklid	Átlag (Bq/m ²)	Minimum (Bq/m ²)	Maximum (Bq/m ²)	Szórás (Bq/m ²)	N	Kha
Összes-béta	1,04E+01	1,42E+00	2,90E+01	7,7	12	-

5-42. táblázat

Fűminták aktivitás-koncentrációja

Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
K-40	-	5,43E-01	6,89E-01	-	2	-
Tórium sor	-	<3,39E-03	<3,55E-03	-	2	-
Urán sor	-	<6,55E-03	<2,10E-02	-	2	-
Co-60	-	<2,59E-03	<2,73E-03	-	2	-
Cs-137	-	<2,74E-03	<3,29E-03	-	2	1
Cs-134	-	<1,33E-02	<1,42E-02	-	2	2
I-131	-	<1,97E-03	<2,26E-03	-	2	2
I-129	-	<2,68E-02	<2,75E-02	-	2	2

5-43. táblázat

Talajminták aktivitás-koncentrációja

Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
K-40	-	1,88E-01	1,99E-01	-	2	
Tórium sor	-	3,46E-03	1,45E-02	-	2	
Urán sor	-	1,86E-02	2,49E-02	-	2	
Co-60	-	<1,92E-04	<2,14E-04	-	2	
Cs-137	-	<2,49E-04	<4,81E-03	-	2	
Cs-134	-	<1,04E-03	<1,19E-03	-	2	2
I-131	-	<2,07E-04	<2,37E-04	-	2	2
I-129	-	<3,55E-03	<4,43E-03	-	2	2

5.6 A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetellenőrzési mérési adatai

5.6.1 A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetében mért kihullás eredmények

Az egykori uránbánya területén 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/km²év). A kihullott radioaktivitást (Bq/m²év), 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 ¹³⁷Cs 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 2025-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	7	7
Th-234	-	117	169	-	7	4
Ra-226	-	-	-	-	7	7
Pb-214	-	-	-	-	7	7
Bi-214	-	-	-	-	7	7
Pb-210	-	1004	5371	-	7	-
Ac-228	-	-	-	-	7	7
Pb-212	-	15	32	-	7	-
Bi-212	-	-	-	-	7	7
Tl-208	-	-	-	-	7	7
K-40	-	285	709	-	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. kővágószőlősi telephelyének környezetében vett talajminták mérési eredményei

A mintavétel 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 kiszáritása légszáraz állapotra és törése, őrlése, homogenizálása 100 µm alatti szemcseméretre. A gamma-spektrometriai vizsgálatot 1000 g tömegű mintán végzik.

2025-ben a II. bányauzem udvar talajában mért aktivitás-koncentrációk mérési eredményeit az alábbi táblázatban foglaljuk össze:

5-46. táblázat

A II. bányauzem udvar, talajminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2025-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	11	-	2	1
Th-234	-	50	109	-	2	-
Ra-226	-	42	157	-	2	-
Pb-214	-	42	145	-	2	-
Bi-214	-	44	148	-	2	-
Pb-210	-	62	162	-	2	-
Ac-228	-	41	44	-	2	-
Pb-212	-	36	41	-	2	-
Bi-212	-	36	44	-	2	-
Tl-208	-	39	42	-	2	-
K-40	-	554	564	-	2	-
Cs-137	-	3	13	-	2	-

2025-ben a II. bányauzemi meddőhányón, valamint az I. zagytározó területén végzett vertikális és horizontális vizsgálatok, aktivitás-koncentrációk mérési eredményeit talajminták esetében az alábbi táblázatokban foglaljuk össze.

A horizontális migrációs vizsgálat keretében talaj- és növény-mintavételezést végeznek magán az objektumon, a szélétől kb. 50 m-re (-50 m), az objektum (övérok) 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 mélyítenek 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 II. bányauzemi meddőhányón végzett horizontális migrációs vizsgálat - talajminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2025-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	1	-	8	7
Th-234	-	32	70	-	8	-
Ra-226	-	27	81	-	8	-
Pb-214	-	26	73	-	8	-
Bi-214	-	27	74	-	8	-
Pb-210	-	36	99	-	8	-
Ac-228	-	33	45	-	8	-
Pb-212	-	32	42	-	8	-
Bi-212	-	33	43	-	8	-
Tl-208	-	34	46	-	8	-
K-40	-	520	866	-	8	-
Cs-137	-	6	13	-	8	4

5-48. táblázat

A II. bányászati meddőhányón végzett vertikális migrációs vizsgálat - talajminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2025-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	3	3
Th-234	-	30	34	-	3	-
Ra-226	-	28	31	-	3	-
Pb-214	-	25	28	-	3	-
Bi-214	-	27	30	-	3	-
Pb-210	-	21	32	-	3	-
Ac-228	-	33	41	-	3	-
Pb-212	-	30	37	-	3	-
Bi-212	-	30	40	-	3	-
Tl-208	-	35	38	-	3	-
K-40	-	528	663	-	3	-
Cs-137	-	-	-	-	3	3

5-49. táblázat

Az I. zagytározón végzett horizontális migrációs vizsgálat - talajminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2025-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	8	8
Th-234	-	29	38	-	8	-
Ra-226	-	20	93	-	8	-
Pb-214	-	22	88	-	8	-
Bi-214	-	24	90	-	8	-
Pb-210	-	33	128	-	8	-
Ac-228	-	28	44	-	8	-
Pb-212	-	27	40	-	8	-
Bi-212	-	24	44	-	8	-
Tl-208	-	29	43	-	8	-
K-40	-	497	592	-	8	-
Cs-137	-	3	11	-	8	4

5-50. táblázat

Az I. zagytározón végzett vertikális migrációs vizsgálat - talajminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2025-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	2	-	5	4
Th-234	-	26	35	-	5	-
Ra-226	-	20	34	-	5	-
Pb-214	-	26	40	-	5	-
Bi-214	-	25	41	-	5	-
Pb-210	-	23	52	-	5	-
Ac-228	-	30	37	-	5	-
Pb-212	-	29	35	-	5	-
Bi-212	-	23	36	-	5	-
Tl-208	-	28	37	-	5	-
K-40	-	532	640	-	5	-
Cs-137	-	-	-	-	5	5

5.6.3 A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetében vett növényminták mérési eredményei

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

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

2025-ben a II. Bányauzem udvarán vett növényi hamumintákban mért aktivitás-koncentrációk mérési eredményeit az alábbi táblázatban foglaljuk össze:

5-51. táblázat

A II. bányauzem udvar, növényi hamuminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredményei 2025-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	2	2
Th-234	-	-	-	-	2	2
Ra-226	-	-	56	-	2	1
Pb-214	-	29	63	-	2	-
Bi-214	-	31	65	-	2	-
Pb-210	-	280	717	-	2	-
Ac-228	-	-	-	-	2	2
Pb-212	-	-	-	-	2	2
Bi-212	-	-	-	-	2	2
Tl-208	-	-	-	-	2	2
K-40	-	2922	3070	-	2	-
Cs-137	-	-	2	-	2	1

2025-ben a II. bányauzemi meddőhányón, valamint az I. zagytározó területén végzett vertikális és horizontális vizsgálatok, aktivitás-koncentrációk mérési eredményeit növényi hamuminták esetében az alábbi táblázatokban foglaljuk össze.

5-52. táblázat

A II. bányauzemi meddőhányón végzett horizontális migrációs vizsgálat - növényi hamuminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredményei 2025-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	13	14	-	8	6
Th-234	-	57	160	-	8	5
Ra-226	-	98	183	-	8	-
Pb-214	-	21	228	-	8	-
Bi-214	-	22	235	-	8	-
Pb-210	-	137	568	-	8	-
Ac-228	-	-	54	-	8	7
Pb-212	-	21	47	-	8	4
Bi-212	-	-	53	-	8	7
Tl-208	-	31	42	-	8	6
K-40	-	1531	6817	-	8	-
Cs-137	-	-	-	-	8	8

5-53. táblázat

A II. bányauzemi meddőhányón végzett vertikális migrációs vizsgálat - növényi hamuminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredményei 2025-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	3	3
Th-234	-	-	-	-	3	3
Ra-226	-	58	149	-	3	1
Pb-214	-	27	258	-	3	-
Bi-214	-	32	282	-	3	-
Pb-210	-	120	467	-	3	-
Ac-228	-	-	-	-	3	3
Pb-212	-	-	-	-	3	3
Bi-212	-	-	-	-	3	3
Tl-208	-	-	-	-	3	3
K-40	-	3830	5826	-	3	-
Cs-137	-	-	-	-	3	3

5-54. táblázat

Az I. zagytározón végzett horizontális migrációs vizsgálat - növényi hamuminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredményei 2025-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	8	8
Th-234	-	-	-	-	8	8
Ra-226	-	32	412	-	8	3
Pb-214	-	40	670	-	8	2
Bi-214	-	42	683	-	8	2
Pb-210	-	125	737	-	8	1
Ac-228	-	-	-	-	8	8
Pb-212	-	28	28	-	8	7
Bi-212	-	-	-	-	8	8
Tl-208	-	-	-	-	8	8
K-40	-	986	5942	-	8	-
Cs-137	-	1	5	-	8	6

5-55. táblázat

Az I. zagytározón végzett vertikális migrációs vizsgálat - növényi hamuminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredményei 2025-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
U-235	-	-	-	-	5	5
Th-232	-	-	-	-	5	5
Ra-226	-	23	80	-	5	1
Pb-214	-	22	97	-	5	-
Bi-214	-	20	101	-	5	-
Pb-210	-	728	1093	-	5	-
Ac-228	-	-	-	-	5	5
Pb-212	-	-	-	-	5	5
Bi-212	-	-	-	-	5	5
Tl-208	-	-	-	-	5	5
K-40	-	1098	2949	-	5	-
Cs-137	-	-	-	-	5	5

6 Országhatáron túli hatások

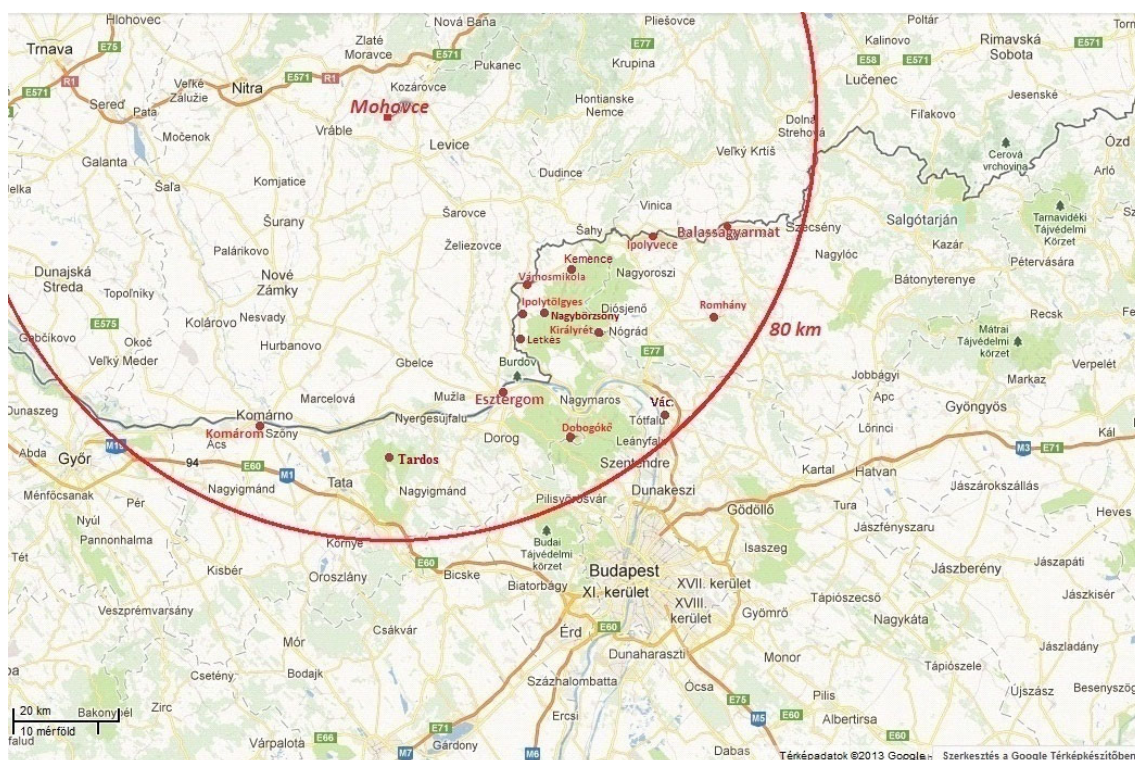
6.1 A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért eredmények

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

A mohi atomerőmű hazai környezetének ellenőrzéseként az NNGYK SSFO in-situ gamma-spektrometriai és dózisteljesítmény méréseket is végez a határ közelében, 8 mérési helyszínen évente két alkalommal. A gamma-sugárzás mérési pontokat és a többi, a programhoz tartozó környezeti mintavételi helyszíneket a 6-1. ábra mutatja be. A gamma-dózisteljesítmény mérések eredményeit a 6-2. táblázat foglalja össze. A ^{232}Th -sorra, az ^{238}U -sorra, valamint a ^{40}K -re vonatkozó adatokat csak a teljesség kedvéért tüntettük fel, ezeket a mohi atomerőmű működése nem befolyásolja. A ^{137}Cs koncentrációjára kapott értékek, nem térnek el szignifikánsan az ország más területein jellemző értékektől.

A mohi atomerőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumi 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 2025-ben (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	19	48	8,1	25	0
Be-7	-	6,6	8,0	-	3	0
Bi-214	32	19	46	7,4	25	0
Cs-137	1,1	0,27	2,2	0,60	25	0
K-40	460	300	600	71	25	0
Pb-212	33	17	48	8,5	25	0
Pb-214	32	18	48	8,0	25	0
Tl-208	24	7,0	42	6,4	25	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 2025. évi dózisteljesítmény méréseinek eredményei (ERMAH)

Település	Dózisteljesítmény 1. félév (nSv/h)	Dózisteljesítmény 2. félév (nSv/h)
Komárom	78	81
Tardos	85	107
Esztergom	71	84
Dobogókő	76	86
Királyrét	65	80
Vámosmikola	78	98
Romhány	90	90
Balassagyarmat	78	90

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 2025. évi dózisteljesítmény méréseinek eredményei

Település	Átlag (nSv/h)	Minimum (nSv/h)	Maximum (nSv/h)	Szórás, (nSv/h)	N	Kha
Diósjenő	-	-	85	-	1	0
Kemence	-	87	90	-	2	0
Nagybörzsöny	-	100	100	-	2	0
Perőcsény	-	98	100	-	2	0

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

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

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

6-4. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetében vett fall-out minták aktivitása 2025-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/m ² /30nap)	Minimum (Bq/m ² /30nap)	Maximum (Bq/m ² /30nap)	Szórás (Bq/m ² /30nap)	N	Kha
Be-7	41	5,1	100	31	24	0
Cs-134	-	-	-	-	24	24
Cs-137	-	0,044	0,28	-	24	20
K-40	14	1,2	98	20	24	5
Pb-210	7,2	1,3	17	4,4	24	0
Összes-béta	17	1,7	48	12	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 2025-ben

Radionuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	4	4
Cs-137	460	3,2	1700	520	13	0
K-40	580	400	1600	310	13	0
Sr-90	1,1	0,89	1,4	0,25	3	0
Összes-béta	700	700	700	1,4	2	0

6.1.4 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fűminták mérési eredményei

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

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

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

6-6. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó fűminták aktivitás-koncentrációja 2025-ben

Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	21	21
Cs-137	-	0,067	2,9	-	21	15
K-40	430	100	900	210	21	0
Sr-90	1,0	0,42	2,7	0,53	19	0
Összes-alfa	14	1,7	72	18	19	1
Összes-béta	430	140	890	190	21	0

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

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

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

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

6-7. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó zöldség- és gyümölcsminták aktivitás-koncentrációja 2025-ben

Nuklid	Átlag (Bq/kg)	Minimum (Bq/kg)	Maximum (Bq/kg)	Szórás (Bq/kg)	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	2	2
Cs-137	-	-	-	-	2	2
K-40	-	57	140	-	2	0
SR-90	-	-	0,30	-	1	0
Összes-alfa	-	-	3,6	-	1	0
Összes-béta	-	-	49	-	1	0

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

Az NNGYK SSFO három határ menti településen (Kemence, Letkés és Nagybörzsöny) vesz felszíni vízmintákat 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
H-3	-	-	2,9	-	4	3
K-40	-	0,12	0,26	-	4	0
Összes-béta	-	0,13	0,29	-	4	0

Az NNGYK SSFO ugyanezek 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 ^{137}Cs koncentrációja (Bq/kg)

Település	1. félév	2. félév
Kemence	11	11
Letkés	5,6	3,5
Nagybörzsöny	4,0	7,5

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 ^{40}K 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
H-3	-	2	2,4	-	4	2
K-40	-	0,10	0,13	-	2	0
Rn-222	-	-	4,9	-	1	0
Összes-alfa	-	-	-	-	2	2
Összes-béta	-	0,070	0,20	-	5	0

7 Kibocsátási eredmények

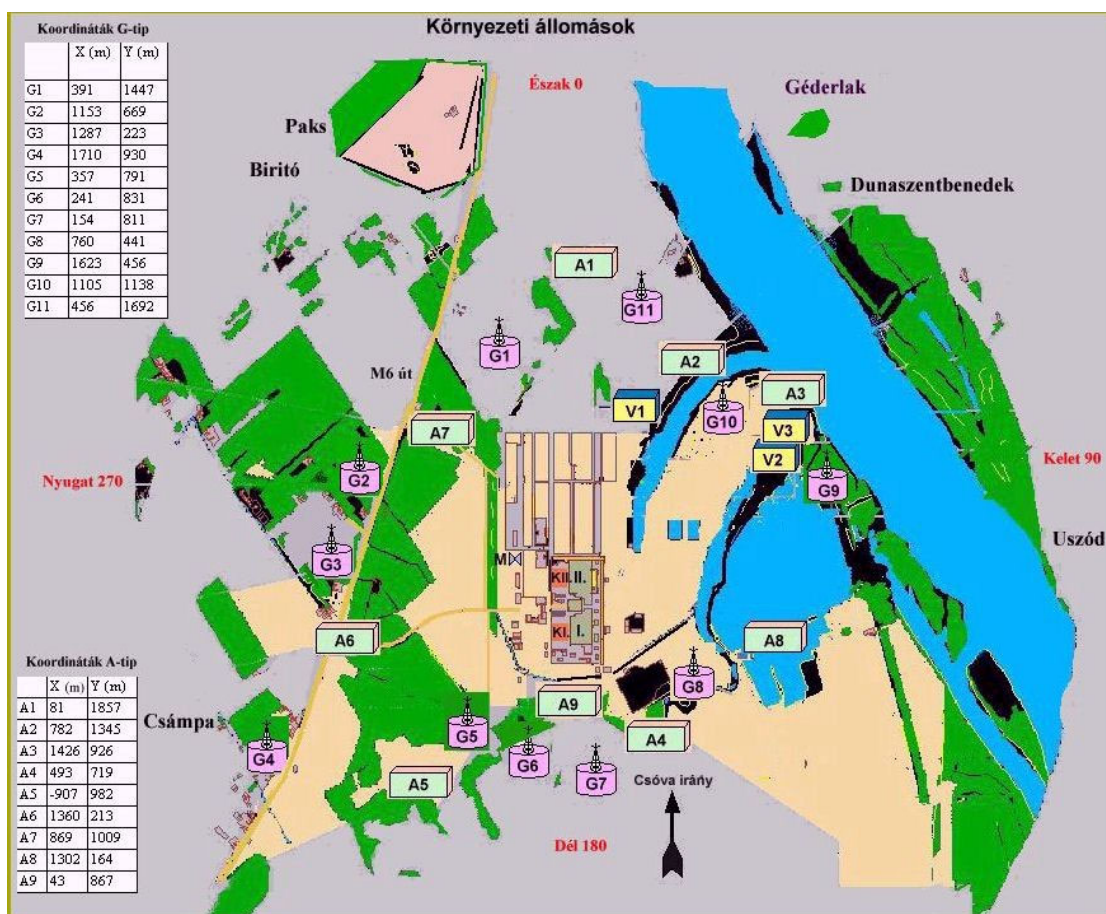
7.1 A Paksi Atomerőmű kibocsátásai

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

A légnemű radioaktív anyagok kibocsátása 2 db 100 m magas kéményen történik, ezek légforgalmának éves átlaga a mérések szerint 447 és 515 ezer m³/óra volt.

A blokkok karbantartási ideje 2025-ben a következő volt:

1. blokk: február 14. – március 12.
2. blokk: július 25. – augusztus 23.
3. blokk: november 14. – december 13.
4. blokk: június 06. – július 09.



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 korlát kihasználtságát.)

7-1. táblázat

Éves nuklidspecifikus kibocsátások (a hatóság által jóváhagyott üzemi mérések), 2025.

Izotóp	Kibocsátás ¹ [Bq]	Éves korlát ² [Bq]	A kibocsátási korlát kihasználtsága ³
^{41}Ar	1,23E+13	4,60E+16	2,68E-04
^{85}Kr	3,23E+10	1,20E+19	2,70E-09
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	2,41E+12	4,10E+17	5,87E-06
^{87}Kr	1,31E+12	7,30E+16	1,79E-05
^{88}Kr	1,31E+12	2,90E+16	4,50E-05
^{133}Xe	2,16E+12	2,00E+18	1,08E-06
^{135}Xe	4,15E+12	2,40E+17	1,73E-05
^3H (HT)	5,02E+11	2,20E+17	2,28E-06
^3H (HTO)	4,50E+12	1,70E+17	2,65E-05
^{14}C (CO ₂)	4,58E+10	1,30E+14	3,52E-04
^{14}C (CH ₄)	7,90E+11	1,50E+21	5,27E-10
^{89}Sr	2,43E+05	4,30E+12	5,94E-08
^{90}Sr *	1,48E+05	3,70E+11	8,19E-07
^{24}Na	3,70E+07	1,50E+15	2,72E-08
^{42}K	3,42E+08	1,70E+16	2,22E-08
^{51}Cr	1,22E+07	8,80E+14	1,41E-08
^{54}Mn	1,33E+06	1,80E+13	7,46E-08
^{58}Co	1,33E+06	2,10E+13	6,41E-08
^{59}Fe	3,27E+06	1,10E+13	3,01E-07
^{60}Co	2,52E+06	2,40E+12	1,06E-06
^{65}Zn	3,95E+06	2,30E+12	1,73E-06
^{75}Se	1,86E+06	2,90E+12	6,47E-07
^{76}As	2,02E+08	1,10E+15	1,86E-07
^{82}Br	2,40E+05	9,40E+14	2,55E-10
^{95}Nb	1,94E+06	4,90E+13	4,02E-08
^{95}Zr	2,59E+06	2,30E+13	1,14E-07
^{99}Mo	3,00E+06	1,90E+15	1,72E-09
^{103}Ru	1,41E+06	8,70E+12	1,65E-07
^{106}Ru *	1,32E+07	2,30E+11	1,16E-04
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	5,64E+06	4,80E+12	1,18E-06
^{124}Sb	1,35E+06	8,90E+12	1,54E-07
^{125}Sb	3,91E+06	1,40E+13	2,82E-07
^{131}I aer.	2,16E+06	3,70E+12	6,13E-07
^{131}I elemi	2,37E+06	7,80E+11	3,10E-06
^{131}I szerves	1,04E+07	9,50E+13	1,10E-07

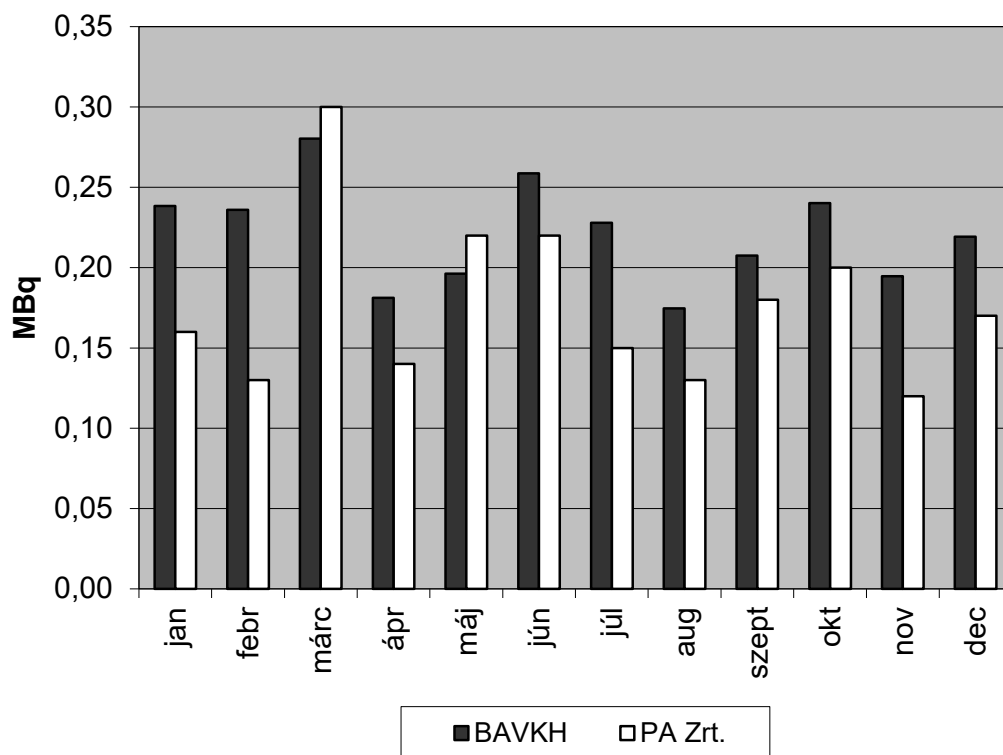
¹³² I elemi	3,00E+06	3,20E+15	9,38E-10
¹³³ I elemi	3,13E+06	3,70E+14	8,46E-09
¹³³ I szerves	8,61E+06	1,30E+15	6,62E-09
¹³⁴ Cs	1,26E+06	8,20E+11	1,55E-06
¹³⁷ Cs *	2,12E+06	1,00E+12	4,26E-06
¹⁴⁰ Ba *	6,41E+06	2,90E+13	4,57E-07
¹⁴¹ Ce	2,37E+06	4,60E+13	5,24E-08
¹⁴⁴ Ce *	9,61E+06	3,50E+12	5,54E-06
¹⁵⁴ Eu	2,50E+06	5,10E+12	4,94E-07
Az egyes kibocsátások és a hozzájuk tartozó kibocsátási határérték hányadosaiból képzett összeg			8,75E-04

a *-gal jelölt izotópok esetén az anyaelem kibocsátását adtuk meg, amit a kibocsátási határérték kihasználtságuk számításakor növeltünk meg a velük szekuláris egyensúlyban lévő leányelemeikkel. A táblázatban a kéményen keresztül történő kibocsátást¹, a 120 m magasságra vonatkozó korlátokat² és a teljes kihasználtságot³ szerepeltetjük, beleértve az egészségügyi épület kihasználtságát is.

Az aeroszol-kibocsátások 52%-a az 1.-2. blokk szellőzőkéményén keresztül történt, a két kiépítés kibocsátási arányai radionuklidtól függően 0,27 – 5,8 közöttiek voltak. Az aeroszokok teljes éves kibocsátásában aktivitását tekintve az ⁷⁶As volt a legjelentősebb, de a kibocsátási határérték kihasználtságát tekintve (az egy napnál rövidebb felezési idejű izotópok nélkül) a ¹⁰⁶Ru, ¹⁴⁴Ce, 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 eredményező veszi számításba. A napi ág magas kimutatási határai ezzel a módszerrel nem torzítják a kibocsátási eredményeket. Az üzem a napi ágakból képzett heti összegbe csak a kimutatási határ fölötti napi mérési eredményeket számítja bele. A BAVKH az aeroszokokhoz kötődő radionuklidok meghatározása érdekében minden esetben heti mintavételi ágot mér, aminek alacsony a kimutatási határa. Amennyiben nincsen kimutatott izotóp, akkor ezek a kis mennyiségek kerülnek további összegzésre.

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



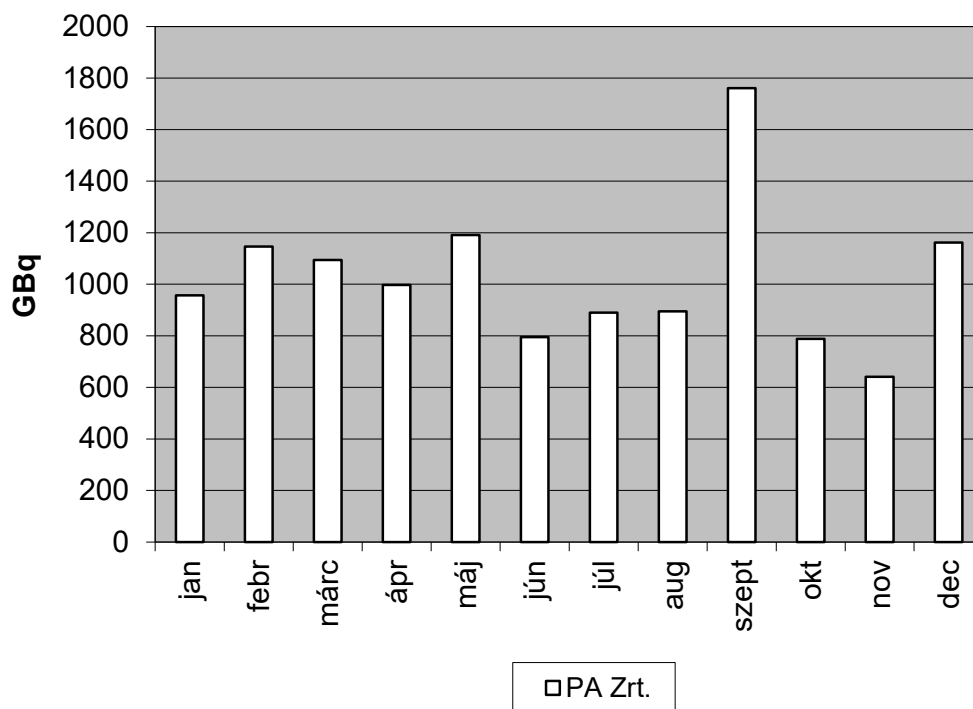
7-2. ábra

Havi légköri Cs-137 kibocsátások (leányelem nélkül)

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

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

Összességében a légköri kibocsátások és a hozzájuk tartozó kibocsátási határérték hányadosaiból képzett összeg, a kibocsátási határérték kihasználás értéke a 2024. évhez hasonlóan igen kicsi, 0,088% 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 2025-ben is.



7-3. ábra
Havi légköri Ar-41 kibocsátások az atomerőmű mérései szerint

7.1.2 Folyékony kibocsátás

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

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

Évente általában 1000 körüli tartályürítés történik (az elmúlt évben 807 db volt), ezekből a PA Zrt. heti átlagmintákat képez saját, és a hatósági laboratórium (BAVKH NF LO) részére, így az összes kibocsátásra került tartályvíz hatósági ellenőrzése megtörténik. A heti, havi és negyedéves átlagmintákat rendszeresen elszállítja izotópspecifikus vizsgálatokhoz.

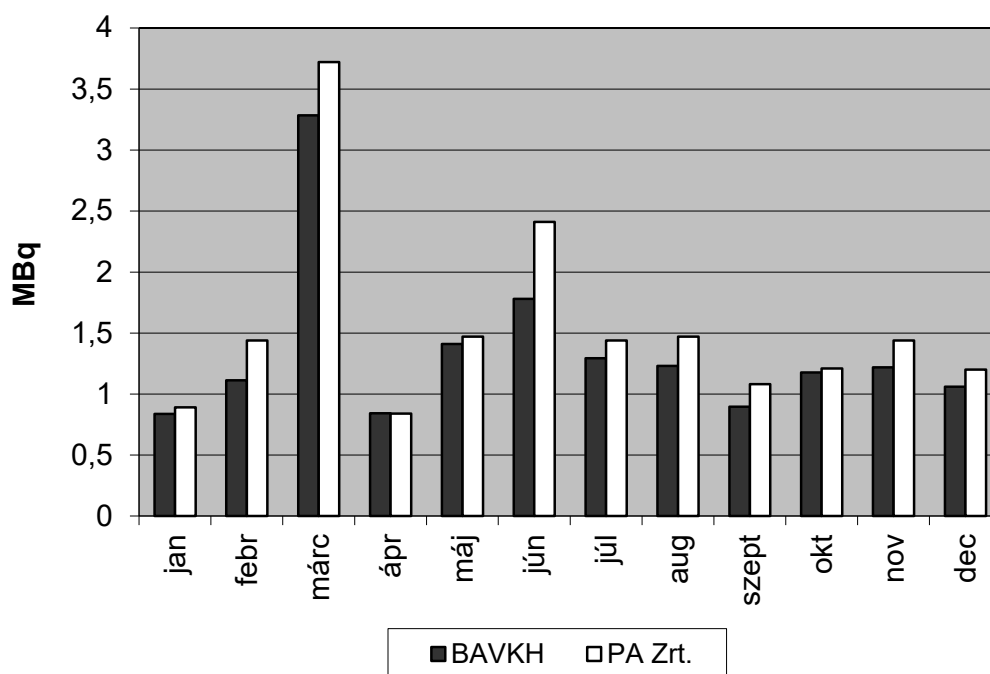
A befolyó és elvezető csatornák (V1, V2 és V3 jelű) vizének mérése, elsősorban az esetleg nem üzemszerűen távozó szennyeződések ellenőrzése céljából történik. A kibocsátási értékek a tartályokból kiengedett víz térfogatának és aktivitás-koncentrációjának segítségével határozhatók meg pontosan.

A vízi kibocsátások ellenőrzése az egyes közegek (csatornák, tartályok vize) nuklidspecifikus mérésével történik. A méréseket az üzem rendszerint a mintavétel napján, illetve az azt követő héten dolgozza fel és méri. A BAVKH NF LO a V1 és V2-csatorna minták havi, a V3-csatorna minták havi, negyedéves, illetve szűrőpróbaszerű mintavételezését, valamint a tartálminták (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 2025-ben az ellenőrző tartályokból összesen 43005 m³ vizet bocsátott a Dunába. A mérleg feletti (TM-jelű tartályokban gyűjtött) vizekben a legjelentősebb korróziós termék (⁶⁰Co) éves kibocsátott aktivitása közel megegyezett a kommunális és laboratóriumi eredetű (XZ és RZ-jelű tartályokban gyűjtött) vizekével, míg a hasadási termékek közül a ¹³⁷Cs éves kibocsátása mintegy 5-ször nagyobb volt. A TM:(XZ+RZ) összes kibocsátott térfogatának 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. A márciusi növekményt egy 12. heti, az 1. blokk karbantartása alatti, szokásosnál magasabb aktivitású, de határértéken belüli hulladékvíz kibocsátása okozta.



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

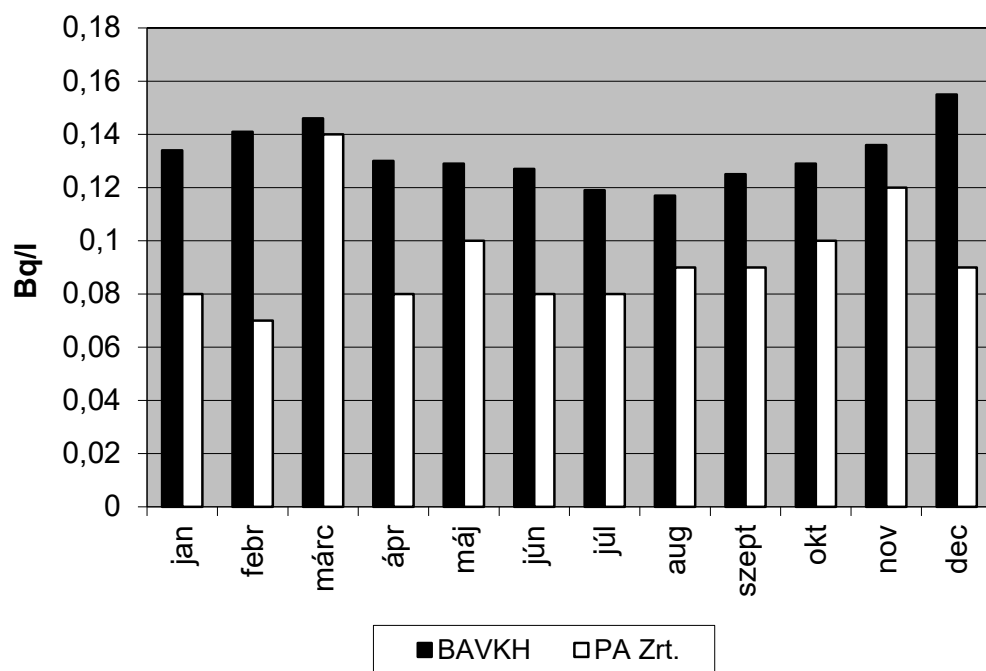
7-2. táblázat
A hatóság által jóváhagyott PA Zrt. tartálmérések alapján meghatározott éves
kibocsátások, 2025.

Izotóp	Kibocsátás [Bq]	Éves korlát [Bq]	A kibocsátási határérték kihasználtsága
³ H	3,29E+13	2,90E+16	1,14E-03
¹⁴ C	2,58E+09	3,10E+12	8,31E-04
⁸⁹ Sr	1,16E+06	1,20E+13	9,65E-08
⁹⁰ Sr *	5,55E+05	2,20E+12	5,04E-07
⁵⁵ Fe	1,47E+07	4,30E+13	3,43E-07
⁵⁹ Ni	1,29E+07	4,00E+14	3,23E-08
⁷ Be	9,08E+07	3,00E+14	3,03E-07
⁵¹ Cr	8,90E+07	2,70E+14	3,30E-07
⁵⁴ Mn	1,05E+07	1,00E+13	1,05E-06
⁵⁸ Co	1,06E+07	3,20E+12	3,32E-06
⁵⁹ Fe	2,02E+07	2,30E+12	8,77E-06
⁶⁰ Co	1,86E+07	9,50E+11	1,96E-05
⁶⁵ Zn	2,19E+07	1,40E+12	1,57E-05
⁹⁵ Nb	1,17E+07	2,10E+12	5,56E-06
⁹⁵ Zr	1,78E+07	8,50E+12	2,10E-06
⁹⁹ Mo	5,24E+07	1,30E+14	4,03E-07
¹⁰³ Ru	1,07E+07	9,00E+11	1,19E-05
¹⁰⁶ Ru *	8,99E+07	1,10E+12	1,63E-04
^{110m} Ag	2,47E+07	2,00E+13	1,23E-06
¹²⁴ Sb	1,17E+07	9,50E+12	1,23E-06
¹²⁵ Sb	2,80E+07	1,10E+13	2,55E-06
¹³¹ I	1,77E+07	2,70E+12	6,56E-06
¹³⁴ Cs	9,60E+06	6,50E+11	1,48E-05
¹³⁷ Cs *	1,72E+07	9,00E+11	3,83E-05
¹⁴⁰ Ba *	5,24E+07	5,50E+13	1,91E-06
¹⁴¹ Ce	1,68E+07	2,10E+13	7,98E-07
¹⁴⁴ Ce *	6,02E+07	1,00E+13	1,20E-05
¹⁵⁴ Eu	1,63E+07	1,80E+12	9,06E-06
¹⁸¹ Hf	1,20E+07	5,70E+13	2,10E-07
U-csoport	3,81E+05	7,50E+11	5,08E-07
Pu-csoport	9,37E+04	1,00E+12	9,37E-08
Am-csoport	1,34E+05	1,10E+12	1,21E-07
Cm-csoport	3,10E+04	2,60E+11	1,19E-07
Az egyes kibocsátások és a hozzájuk tartozó kibocsátási határérték hányadosaiból képzett összeg			2,29E-03

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

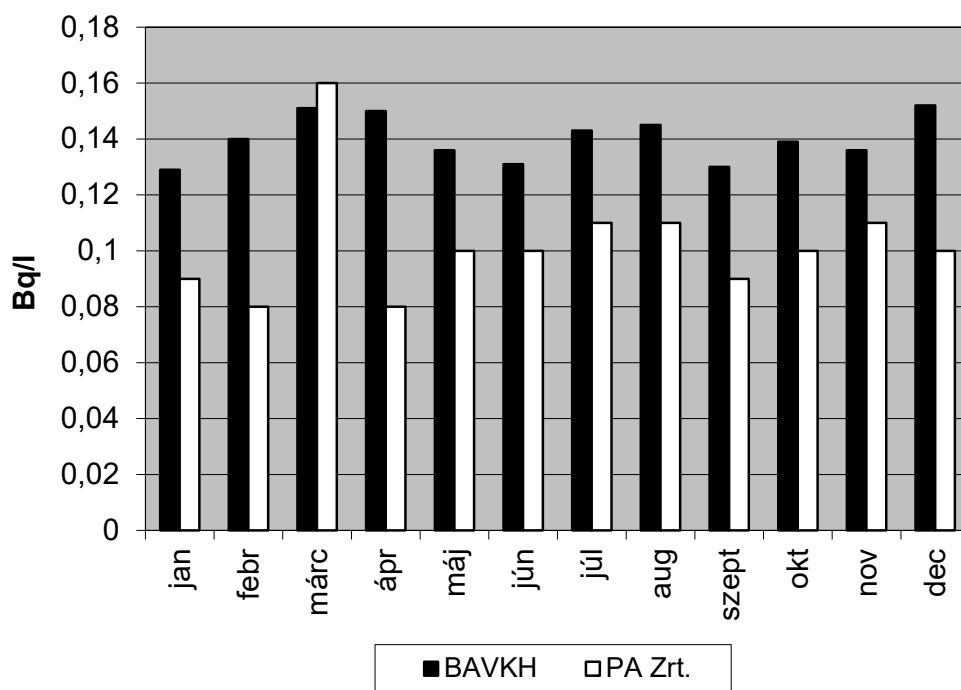
A 7-5., 7-6. és 7-7. ábrák a V1, V2 és V3 jelű helyen vett vízmintákban az üzem és a BAVKH NF LO által mért összes-béta aktivitás-koncentrációk havi átlagértékeit mutatják.

A szennyvíz csatorna (V3) összes-béta aktivitás-koncentrációja általában 10-20-szor volt nagyobb a hideg- (V1) és a melegvízcsatorna (V2) összes-béta aktivitás-koncentrációjánál.



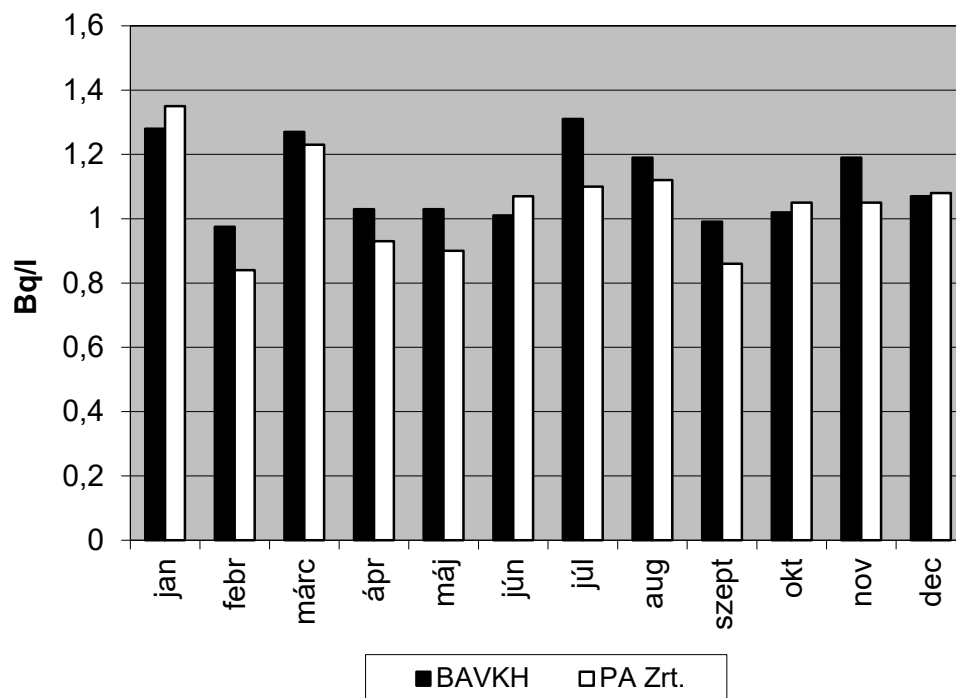
7-5. ábra

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



7-6. ábra

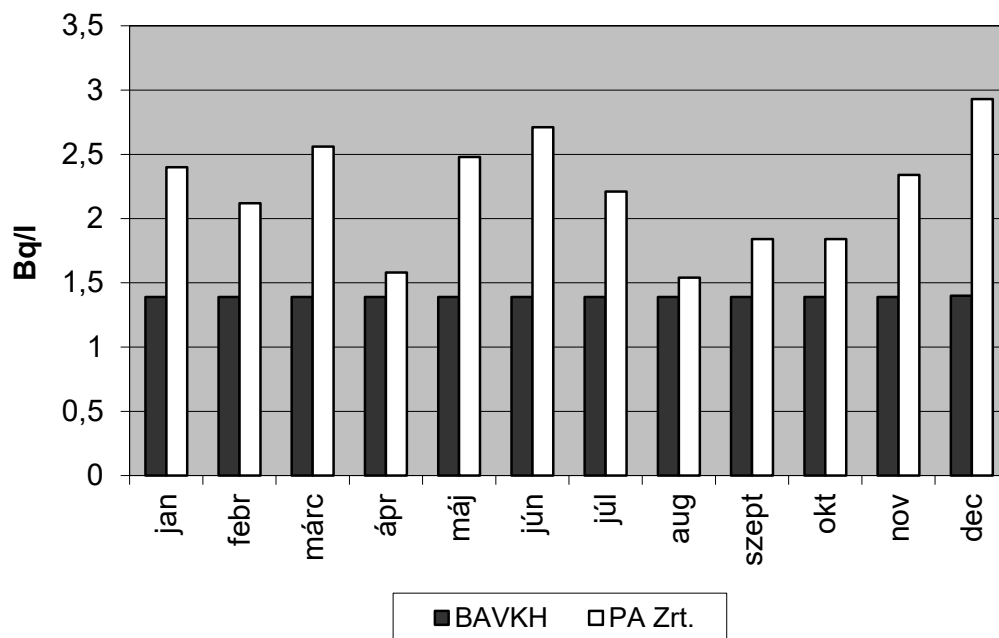
A melegvízcsatorna (V2) összes-béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei



7-7. ábra

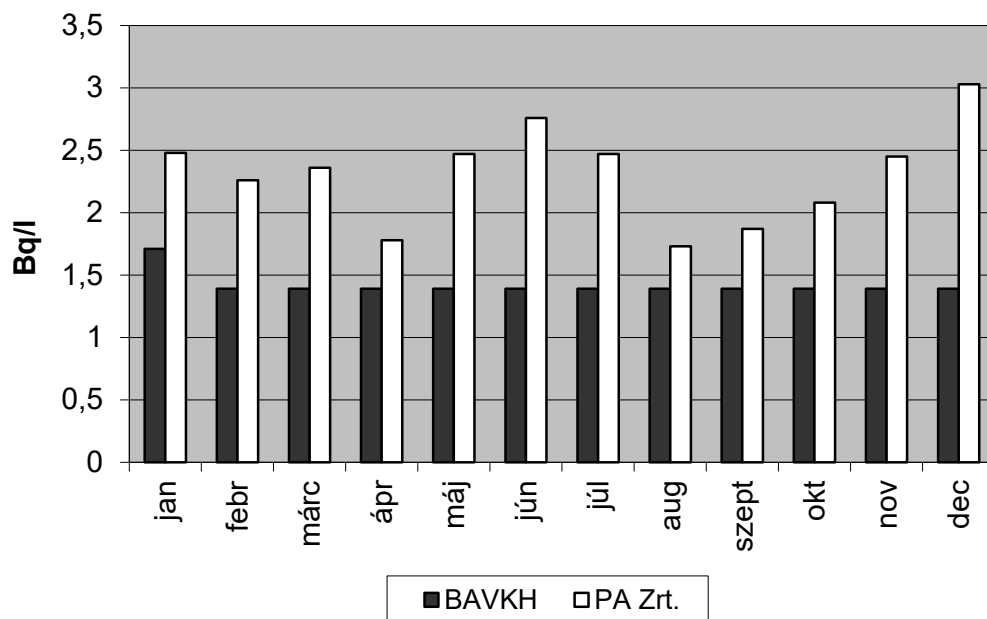
A szennyvízcsatorna (V3) összes-béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei

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



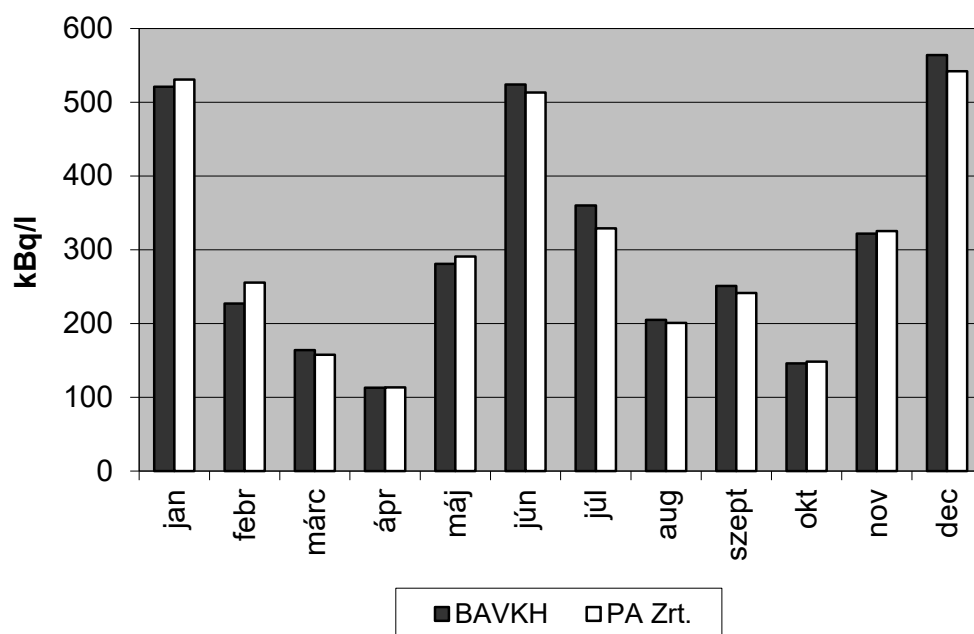
7-8. ábra

A hidegvízcsatorna (V1) trícium-koncentrációjának havi átlagértékei



7-9. ábra

A melegvízcsatorna (V2) trícium-koncentrációjának havi átlagértékei



7-2. ábra

A szennyvízcsatorna (V3) trícium-koncentrációjának havi átlagértékei.

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

A ténylegesen kibocsátott trícium koncentrációja a szennyvízcsatorna mintavételi pontján mérhető megbízhatóan, havi értéke 100-600 kBq/l között változott. A hatósági adatok általában jól egyeztek az üzemiekkel, a korábbi években tapasztalt különbségek gyakorlatilag eltűntek.

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

A V3 minták átlagos radioizotópösszetétele a tavalyi évhez képest jelentősen nem változott. 2024-hez viszonyítva a folyékony kibocsátásokkal a környezetbe kikerülő radioaktív izotópok közül a korróziós és hasadási termékek, valamint a radiostroncium aktivitása átlagosan nem változott. A trícium összesített aktivitása nőtt a kibocsátott hulladékvizek nagyobb trícium tartalma miatt. A radiokarbon és az alfa-sugárzó izotópok kibocsátása gyakorlatilag nem változott.

Összességében elmondható, hogy a folyékony kibocsátásokat tekintve is igen kicsi, mindössze 0,23% a folyékony kibocsátások és a hozzájuk tartozó kibocsátási határérték hányadosaiból képzett összeg, a kibocsátási határérték kihasználtság értéke, a kibocsátásokban legnagyobb súllyal a ³H és a ¹⁴C radionuklidok szerepeltek. A Paksi Atomerőmű tehát a hatósági korlátokhoz viszonyítva igen kismértékű folyékony kibocsátás mellett üzemelt 2025-ben is.

7.1.3 Megállapítások

Az atomerőmű környezeti sugárvédelmi ellenőrzése céljából, a hatósági intézmények 2025-ben 11000 körüli eredményt küldtek az adatfeldolgozó központba. A meghatározások vizsgálati irányonkénti megoszlásában az előző évekhez hasonlóan, a nuklidspecifikus mérések együttes részaránya 90 %-os volt. A Paksi Atomerőmű légnemű radioaktív kibocsátása 2025-ben, az üzemzavart megelőző évekhez hasonló szinten volt. A nuklidspecifikus légnemű kibocsátásokból számolható kibocsátási határérték kihasználtság értéke 0,088 % 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 2025. évben is maradéktalanul elvégezte az aktivitást hordozó vizek ellenőrzését. A hatósági laboratórium (BAVKH NF LO), a PA Zrt. laboratóriumaival heti, havi és negyedéves párhuzamos mintavételből származó átlagminták mérésével ellenőrzi az üzemi és a befogadóból származó vizeket. Az üzemi és a hatósági laboratóriumok egyaránt főként a vízhasználat biztonsága, az esetleg illegális módon kikerülő radioaktív izotópok észlelése érdekében mintázzák a hideg-, meleg- és szennyvízcsatornákat (V1, V2 és V3 jelű mintavételi helyek).

A melegvízcsatorna (V2) összes-béta aktivitás-koncentrációja közel azonos volt a bejövő hűtővíz aktivitás-koncentrációjával, míg a szennyvíz (V3) csatornában - amely az atomerőművi hulladékvizek tényleges kibocsátási útvonala - ezekhez képest kb. 10-15-szörös összes-béta-koncentráció alakult ki. Jóval nagyobb és erősen ingadozó a kikerülő szennyvíz (V3-csatorna) trícium koncentrációja. A vízzel kibocsátott aktivitás meghatározása, megbízhatóan az ellenőrző tartályokból leeresztett vizek mérésével történik. A nagyobb részt üzemi, kisebb részben hatósági mérésekre alapozott folyékony kibocsátásokból számolható kibocsátási határérték kihasználtságának értéke 2025-ben a korábbiakhoz hasonló, 0,23% volt.

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

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

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

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

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

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

Az erőmű 2025. 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 2025-ben.

7-3. táblázat
A kibocsátási határérték kritérium teljesülése 2025-ben

Kibocsátási útvonal	Kihasználtság (%) (az egyes kibocsátások és a hozzájuk tartozó kibocsátási határérték hányadosaiból képzett összeg)
Légnemű kibocsátásokra	0,088
Folyékony kibocsátásokra	0,23
Összesen	0,32

A 7-4. táblázat a villamosenergia termelésre normált radioaktív kibocsátásokat mutatja be. Az erőmű 2025-ben 1,7 GW·év elektromos energiát termelt. 2025-ben az atomerőmű kibocsátásai az előző évhez hasonlóak voltak.

7-4. táblázat
A villamosenergia termelésre (1 GW·év egységre) normált radioaktív kibocsátások 2025-ben

Kibocsátás	Mennyiség	PAE
légköri	nemesgáz összesen (TBq)	14
	aeroszol összesen (GBq)	0,39
	H-3 (HT + HTO) (TBq)	2,9
	C-14 (CO ₂ +szerves) (TBq)	0,48
	jódok (I-131 egyenérték) (GBq)	0,011
folyékony	korrozíós és hasadványtermékek összesen (GBq)	0,43
	H-3 (TBq)	19

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

7.2 A Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló kibocsátásai

7.2.1 A földfelszíni telephely folyékony kibocsátás értékelése

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

A technológiai épület tartályparkjából 2025 évben ipari szennyvízkibocsátás nem történt.

A csapadékvizek esetében konzervatívan úgy veszik, hogy az ellenőrzött területre 2025. év során lehullott 526 mm csapadék 100%-a távozott olyan megoszlásban, hogy 1135 m² gyűjtőterületről származó mennyiség az Ua1 aknán keresztül, illetve 900 m² gyűjtőterületről származó csapadékvíz mennyiség az Ua2 aknán keresztül folyt a telephely közös vízkörnyezeti kibocsátási pontjaként üzemeltetett Rocla kifolyóba.

A csapadékgyűjtő aknák esetében a havonta végzett trícium aktivitás-koncentráció meghatározások értékei (~0,34-1,17 Bq/dm³) időszakos ciklikus változást követve összevethetők a magyarországi csapadékvizekével, az értékekben a természetes szezonális ingadozás tapasztalható mindkét akna esetében párhuzamosan. Mindkét akna gyűjtött csapadékvíz mintáiban a mért radiokarbon aktivitás-koncentráció rendkívül alacsony volt, nagyságrendekkel a KöM rendelet előírásainak teljesíthetőségére alkalmas igényelt kimutatási határ (0,1 Bq/dm³) alatt (8,52E-03 Bq/dm³ és 3,00E-03 Bq/dm³). Emellett a ⁹⁰Sr nuklid éves átlagkoncentrációja mindkét akna esetében kimutatási határ alatt (<1,38E-02 Bq/dm³ és <1,43E-02 Bq/dm³) alakult.

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

A havi csapadék mennyiségével, és a vonatkozó trícium koncentrációkkal számolva a felszíni telephelyről folyékony formában kibocsátott, becsült trícium össz mennyisége: 7,13E+05 Bq/év.

A kibocsátott vizek ¹⁴C és ⁹⁰Sr értékei sem utalnak anomális kibocsátásra. A csapadéknakából gyűjtött éves átlagminta vonatkozó koncentrációjából, és a csapadékmennyiségből számítva a telephely földfelszíni létesítményének becsült radiokarbon kibocsátása folyékony formában: 5,56E+03 Bq/év, becsült Sr-90 kibocsátása 1,36E+04 Bq/év. Összefoglalóan elemezve a mérési eredményeket, figyelembe véve a nullszintmérések eredményeiből származtatott, felszíni vizekre vonatkoztatott referenciaértékeket, a telephely felszíni vízkörnyezeti kibocsátása a környezetre nem számottevő.

7.2.2 A földfelszíni telephely légnemű kibocsátás értékelése

A földfelszíni telephely légkörnyezeti kibocsátását a technológiai épület szellőzőkéményében (LK1 kibocsátási pont) elhelyezett automata mintavevő berendezés által vett trícium és radiokarbon minták mérési adatai, valamint, az F&J típusú aeroszol mintagyűjtő szűrőjének gamma- és összes-béta aktivitásmérési adatai alapján határozzák meg. A minta elvezetése a folyamatosan mérő aeroszol monitor részére 12x2 mm átmérőjű impulzus 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 ^{14}C mintavevő a működéséhez óránként ~10 liter mintát igényel, a mintagyűjtési ciklusidő 2 hónap.

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

Az egész éves mintázások alapján a technológiai csarnok kéményében (LK-1) mért ^3H aktivitás-koncentráció a 2025. évben átlagosan $2,80\text{E}-02 \text{ Bq/m}^3$ HTO és $2,09\text{E}-02 \text{ Bq/m}^3$ a HT+ szénhidrogének formájában fordult elő, ezzel $6,23\text{E}+06 \text{ Bq } ^3\text{H}$ aktivitás jutott a légkörbe, miközben a kibocsátási határérték $1,09\text{E}+14 \text{ Bq}$.

Az egész éves mintázások és a légforgalom alapján a 2025. évben a föld felszíni technológiai létesítmény $4,25\text{E}+07 \text{ Bq}$ C-14 aktivitást juttatott a légkörbe, úgy, hogy a technológiai csarnok kéményében (LK-1) mért C-14 aktivitáskoncentráció a 2025. évben átlagosan $3,15\text{E}-01 \text{ Bq/m}^3$ (szervetlen) és $3,29\text{E}-01 \text{ Bq/m}^3$ (szervetlen + szerves formában) formában volt.

Az LK-1 kéményen kibocsátott trícium és radiokarbon koncentrációja a levegőben nagyságrendileg összevethető az aktuális, bármely környezeti állomáson azonos időszakban mért értékekkel. Látható, hogy a technológiai csarnokban tárolt hulladékból származó kibocsátás nagy érzékenységgű 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 dóziszáruléka minimális.

7.2.3 A felszín alatti térrész légköri kibocsátásának értékelése

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

Az ellenőrzött terület határánál végzett CO_2 és $\text{CO}_2 + \text{C}_n\text{H}_m$ mérések ^{14}C átlagértékei – rendre $4,03\text{E}-02 \text{ Bq/m}^3$, illetve $4,04\text{E}-02 \text{ Bq/m}^3$ – sem utalnak anomáliára figyelembe véve a felszínre vonatkozó nullszint referenciaértéket ($4,0 - 4,4\text{E}-02 \text{ Bq/m}^3$). A felszín alatti térrész levegőjének páratartalmából mért trícium átlagértékek (HTO: $1,89\text{E}-02 \text{ Bq/m}^3$, HT: $1,90\text{E}-02 \text{ Bq/m}^3$) a szabad levegőn lévő értékekkel és a már említett nullszint referenciaértékkel ($2,0\text{E}-02 \text{ Bq/m}^3$) összevethetők.

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

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

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

hatékonysági intézkedési tervével összhangban minden nap (a felszín alatti munkálatok befejezését követően) a főszellőztető ventilátor kikapcsolásra, majd igény esetén a következő munkanap (a felszín alatti tevékenységek megkezdése előtt) bekapcsolásra került. A kedvező időjárási körülmények mellett (mindhárom ventilátor) nyitott zsaluk mellett ~0,45 m/s pozitív irányú természetes légáram alakult ki, amely elégséges a felszín alatti radonszint bedúsulásának megakadályozására. 2025-ben a radonkoncentráció átlagosan 20-73 Bq/m³ között volt mérhető.

A 2025. évi mért értékekre vonatkozóan kijelenthető, hogy a vágatban mérhető radonkoncentráció esetén a hulladékból származó ²²²Rn járulék mennyisége elhanyagolható, meghatározó eredetként a gránit kőzet nevezhető meg, amelyből emanációs, diffúziós és exhalációs folyamatok révén jut ki. A konzervatívan becsült éves radon kibocsátás a légtechnikai berendezés légszállítási teljesítményét figyelembe véve, 37 Bq/m³ átlagos koncentrációval számolva: 2,07E+10 Bq/év.

7.2.4 A felszín alatti térrész folyékony kibocsátásának értékelése

A tárolókamra nyaktagok és a felszín alatti térrész ellenőrzött zsompja vizsgálati pontokként kerül figyelembevételre a ³H és ¹⁴C nuklidokra vonatkozóan - amelyek megjelenését elsőként várják a kibocsátási útvonalon. A vízminták ¹⁴C (ellenőrzött zsomp: 6,83E-03 Bq/dm³), ³H (ellenőrzött zsomp: 3,42E-02 Bq/dm³) és ⁹⁰Sr (ellenőrzött zsomp: <2,33E-03 Bq/dm³) átlagos éves eredményeiről elmondható, hogy a felszín alatti térrész gyűjtött vizek esetében mindegyik nuklid aktivitás-koncentrációja a felszíni vizeknél mértek alatt van.

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

Az ellenőrzött zóna felszín alatti térrészből kibocsátott vízmennyiség a 2025. évben 16265 m³ volt. Az erre a mennyiségre számított vízkörnyezeti ¹⁴C kibocsátás: 1,11E+05 Bq/év. Tríciumra ez az érték hasonló számítással: 5,56E+05Bq/év.

7.2.5 Megállapítások

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

7.2.6 A létesítmény összesített kibocsátásának értékelése

7.2.6.1 A telephely felszíni és felszín alatti összesített légköri kibocsátásának értékelése

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

A KHK:

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

ahol:

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

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

7-5. táblázat
A radioaktív hulladék-tároló légköri kibocsátásaira meghatározott kibocsátási határértékek teljesülése

Radionuklid	Felszíni R_i légnemű [Bq/év]	Felszín alatti R_i légnemű [Bq/év]	Felszíni és felszín alatti összesített érték $\sum R_i$ légnemű [Bq/év]	EL_i légnemű [Bq/év] (Kibocsátási határérték)	$\frac{R_{ilég.}}{EL_{ilég.}}$
H-3 (vízgőz)	6,32E+06	2,17E+07	2,80E+07	1,09E+14	2,57E-07
C-14	4,25E+07	2,31E+07	6,56E+07	5,67E+11	1,16E-04
Rn -222	2,84E+09	2,07E+10	2,35E+10	4,97E+12	4,74E-03
Összesen:					4,85E-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 2025. évben a mérési adatok alapján a korlát **0,48 %-a** volt.

7.2.6.2 A telephely felszíni és felszín alatti összesített folyékony kibocsátásának értékelése

A felszíni kibocsátás az Ua1, Ua2 csapadékgyűjtő aknák, a felszín alatti kibocsátás pedig az ellenőrzött zsomp mintáinak a mért eredményei alapján került kiszámításra. A kimutatási határt el nem érő ^{90}Sr izotóp mérési eredményeket konzervatív megközelítésként jelen esetben a kimutatási határ értékével vették számításba.

A vízkörnyezeti kibocsátás 2025. évben a mérési adatok alapján a korlát 0,0069 %-a volt.

7-6. táblázat

A radioaktív hulladék-tároló vízi kibocsátásaira meghatározott kibocsátási határértékek teljesülése

Radionuklid	Felszíni összesített érték R_i folyékony [Bq/év]	Felszín alatti összesített érték R_i folyékony [Bq/év]	Felszíni és felszín alatti összesített érték ΣR_i folyékony [Bq/év]	EL_i folyékony [Bq/év] (Kibocsátási határérték)	$\frac{R_i \text{ folyékony}}{EL_i \text{ folyékony}}$
H-3 (vízgőz)	7,13E+05	5,56E+05	1,27E+06	1,02E+13	1,24E-07
C-14	5,56E+03	1,11E+05	1,17E+05	3,48E+09	3,35E-05
Sr-90	1,36E+04	3,78E+04	5,14E+04	1,43E+09	3,59E-05
KHK-érték					6,96E-05

7.3 A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kibocsátásai

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

Az RHFT esetében radioaktív kibocsátás az üzemi épületből és a végleges tároló területéről történhet. 2025. évben a radioaktív hulladékok beszállítása, feldolgozása és elhelyezése során hatósági korlátot meghaladó radioaktív anyag kibocsátás nem történt. Az illetékes környezetvédelmi hatóság felé a jogszabályokban előírt jelentési kötelezettségeknek eleget tettünk. A környezetvédelmi hatóság ellenőrzései során hiányosságok nem merültek fel. A környezetvédelmi hatóság a kibocsátásellenőrzésbe tartozó aeroszol, valamint csapadékvíz mintákat az RHFT környezeti laboratóriumával, valamint a külső vállalkozóval párhuzamosan vizsgálja.

Légnemű kibocsátás az üzemi épület szellőző rendszerén és a PÜBI konténment szellőző rendszerén keresztül történhet, mely során jellemzően légnemű (^3H és ^{14}C) izotópok kerülnek kibocsátásra több nagyságrenddel a kibocsátási korlát alatti mennyiségben. PÜBI konténment szellőző rendszere 2025-ben nem üzemelt, így légköri kibocsátás kizárólag az üzemi épületből történt.

Az üzemeltetési tevékenység során az üzemi épületben mosásból, tisztálkodásból és felmosásból származó kis mennyiségű kommunális szennyvizet 25 m³-es zárt tartályban gyűjtjük. Jelenlegi üzemeltetési körülmények között a tartály általában egy-két évente telik meg. Az így keletkező kommunális, folyékony hulladékot a BMKH által 3271-12/2016. számon kiadott RHFT környezetvédelmi működési engedélye alapján közcsatornába bocsátjuk. Az itt kibocsátott radioaktív izotópok mennyisége az elmúlt években több nagyságrenddel a kibocsátási korlát alatt marad. 2025-ben ezen az útvonalon egy alkalommal történt kibocsátás.

A csapadékvizek a víz minőségének ellenőrzését követően, a csapadékgyűjtők átereszeinek megnyitásával, a csapadékelvezető árkon keresztül kerülnek kibocsátásra a befogadóba, mely a Szilágyi-patak. A telephely üzemeltetése során a csapadékgyűjtőkből kibocsátott vízzel kibocsátott radioaktív izotópok mennyisége több nagyságrenddel a kibocsátási korlát alatti.

7.3.1 Üzemi épület kibocsátásainak ellenőrzése

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

A tárolásból és hulladékfeldolgozásból származó trícium és radiokarbon kibocsátás a szellőzőkéményben üzemelő trícium-radiokarbon mintavevők adataiból és a névleges szellőzési teljesítményből ($9600\text{ m}^3/\text{h}$) került meghatározásra. A számítások szerint az éves trícium kibocsátás ($8,48\text{E}+10\text{ Bq/év}$) az elmúlt évhez képest növekedett a növekedés a nukleáris anyag tárolóba betárolt szegényített urán anyagú kimerült trícium tároló konténereknek köszönhető. A radiokarbon kibocsátás ($4,40\text{E}+10\text{ Bq/év}$) az előző évekhez képest kis mértékben csökkent, az éves kibocsátás nem éri el a kibocsátási korlát egy százalékát. A légköri kibocsátási korlát $0,57\%$ -os kihasználtságáért első sorban a radiokarbon ($0,553\%$) felel.

Az éves radon kibocsátás az üzemi épületben elhelyezett aeroszol monitorok mérési eredményei és a szellőző rendszer névleges térfogatárama alapján $6,60\text{E}+08\text{ Bq/év}$ értékre adódott.

Az üzemi épület kéményébe telepített aeroszol mintavevőből származó mintákban mesterséges eredetű izotópokat 2025-ben nem mutattunk ki.

7.3.2 Tárolóterület folyékony kibocsátásainak ellenőrzése

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

2025-ben a 100 m^3 -es csapadéktároló medencéből 6 alkalommal, összesen 357 m^3 , míg a 60 m^3 -esből 9 alkalommal összesen 379 m^3 csapadékvizet bocsátottunk ki a befogadóba. A vizsgált minták gamma-spektrumában technológiai eredetű szennyeződésre utaló ^{137}Cs és ^{60}Co izotópok jelenléte nem volt kimutatható.

A ^{40}K jelenléte a csapadék mintákban egyértelműen természetes eredetű. A telephely környezetében, valamint a II. medencesoron található talajtakaráson a termőföld ^{40}K koncentrációja átlagosan 570 Bq/kg . A természetes eredetet az is igazolja, hogy az elmúlt 10 évben $3,8\text{ kBq }^{40}\text{K}$ izotópot szállítottunk a telephelyre, valamint az elmúlt 10 évben nem kezeltünk ^{40}K tartalmú hulladékot. Mindemellett a légköri kibocsátással környezetbe kerülő ^{40}K mennyiségét egy nagyságrenddel meghaladja a csapadéktárolóból kibocsátott ^{40}K mennyisége. 2025-ben a csapadék kibocsátásra vonatkozó korlát $\sim 0,33\%$ -át használtuk ki.

A 100 m^3 -es csapadéktárolóban mért ^{90}Sr aktivitáskoncentráció 2025-ben minden minta esetében kimutatási határ ($0,005\text{ Bq/dm}^3$) alatt maradt.

A 60 m^3 -es csapadéktárolóban vizsgált kummulált vízminták ^{90}Sr koncentrációja 2025-ben minden esetben kimutatási határ ($0,005\text{ Bq/dm}^3$) alatt maradt.

A telephelyről származó, csapadékvízzel kibocsátott trícium mennyisége $5,32\text{ MBq}$, a ^{14}C izotóp mennyisége 316 kBq , a ^{90}Sr 37 kBq volt.

2025-ben a 25 m^3 -es szennyvítárolóból egy alkalommal történt kibocsátás a közcsatornába. A mérési eredmények alapján kimutatási határt meghaladó koncentrációban tríciumot, radiokarbont és ^{40}K izotópot lehetett mérni a vizsgált mintákban. A mérési eredmények alapján 520 kBq trícium

32 kBq radiokarbon és 5,63 kBq ^{40}K került kibocsátásra a 25 m³-es szennyvíztárolóból. (A kibocsátásokat összesítő táblázat tartalmazza a számítások során kimutatási határral figyelembe vett izotópokat is.)

2025-ben a becsült folyékony közegbe történt kibocsátás az RHKR-HA0069 határozatban jóváhagyott SZ-3550 Kibocsátás ellenőrzési szabályzat szerinti kibocsátási korlát 0,21%-át tette ki.

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.) 2020-2025 között az átlagos trícium koncentráció értékek nem változtak jelentősen. Az egyedi mintákban mérhető értékek 2025-ben 1,76E-02 és 1,03E-01 Bq/m³ közötti ingadozást mutattak.

A radiokarbon légköri koncentrációja a PSz-1 és PSz-2 mintavételi helyeken a korábbi évekhez hasonlóan alakult. 2025-ben az egyedi mintákban mérhető értékek 5,00E-02 Bq/m³ és 2,71E-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 korlát 0,343 %-a, míg a légköri kibocsátások esetében a korlát 0,573%-a került kihasználásra, így összességében 2025-ben a kibocsátási korlátok kihasználtsága 0,916 %-os volt.

A jelentési kötelezettséget elérő normál üzemi kibocsátás, illetve a normál üzemtől való eltérésekből eredő kibocsátás nem történt. A telephely összesített kibocsátásait a 2.1.4.-1. táblázat szemlélteti.

7-7. táblázat
A radioaktív hulladék-feldolgozó 2025. évi összesített kibocsátásai

Vizsgált izotópok	Mért vagy becsült aktivitás (Bq/év)	Éves korlát 30%-a (Bq/év)	Éves korlát (Bq/év)
Légköri – Üzemi épület			
³ H	8,48E+10	1,72E+14	5,72E+14
¹⁴ C	4,40E+10	2,39E+12	7,97E+12
⁴⁰ K	1,10E+03	2,11E+08	7,03E+08
⁶⁰ Co	2,18E+03	2,50E+09	8,34E+09
⁹⁰ Sr	7,85E+02	2,93E+09	9,77E+09
¹³⁷ Cs	2,04E+03	5,10E+09	1,70E+10
²²² Rn	6,60E+08	6,63E+12	2,21E+13
²²⁶ Ra	2,38E+04	3,78E+08	1,26E+09
²³² Th	6,45E-01	4,71E+08	1,57E+09
²³⁸ U	8,05E+01	9,09E+08	3,03E+09
Légköri kibocsátás – Tárolóterület diffúz kibocsátásai**			
³ H	4,99E+08	1,72E+14	5,72E+14
¹⁴ C	2,76E+07	2,39E+12	7,97E+12
⁸⁵ Kr	4,70E+05	8,70E+16	2,90E+17
²²² Rn	5,38E+06	6,63E+12	2,21E+13
Folyékony, csapadék			
³ H	5,32E+06	3,51E+11	1,17E+12
¹⁴ C	3,16E+05	7,50E+07	2,50E+08
⁴⁰ K	8,95E+04	1,43E+07	4,76E+07
⁶⁰ Co	3,33E+03	7,65E+08	2,55E+09
⁹⁰ Sr	3,68E+04	1,10E+09	3,67E+09
¹³⁷ Cs	3,19E+03	5,04E+07	1,68E+08
²²⁶ Ra	4,32E+04	1,25E+08	4,16E+08
²³² Th	4,42E+01	1,33E+08	4,44E+08
²³⁸ U	2,87E+02	5,01E+09	1,67E+10
Folyékony, kommunális			
³ H	5,20E+05	9,78E+16	3,26E+17
¹⁴ C	3,20E+04	2,99E+15	9,98E+15
⁴⁰ K	5,63E+03	7,47E+08	2,49E+09
⁶⁰ Co	6,00E+02	1,90E+07	6,32E+07
⁹⁰ Sr	3,98E+04	4,05E+08	1,35E+09
¹³⁷ Cs	7,08E+02	7,89E+07	2,63E+08
²²⁶ Ra	1,18E+04	2,49E+07	8,31E+07
²³² Th	3,50E+00	1,82E+07	6,07E+07
²³⁸ U	5,08E+02	2,37E+07	7,89E+07

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

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

7.4 A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátásai

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

A BKR és az Izotóp Intézet Kft. „A”-szintű izotóplaboratóriumai kiemelt létesítmények, melyekből közös, 80 m magas kéményén keresztül történhet légköri kibocsátás. A szűrt levegő radioaktivitását mindkét szellőzőcsatorna-ágban külön és az ágak egyesítése után a közös szakaszban is mérik. Az alábbi adatok csak a BKR kibocsátására vonatkoznak.

7-8. táblázat
A reaktor légköri kibocsátása

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték [Bq]	Tényleges kibocsátott érték [Bq]	Kibocsátási határérték kihasználtság az adott izotópra
⁴¹ Ar	3,30E+15	6,05E+12	1,95E-03
^{85m} Kr	2,53E+16	4,27E+10	1,69E-06
⁸⁷ Kr	5,24E+15	1,60E+11	3,06E-05
⁸⁸ Kr	5,28E+13	7,46E+10	1,41E-03
¹³³ Xe	1,21E+17	3,72E+11	3,08E-06
¹³⁵ Xe	1,63E+16	6,85E+10	4,20E-06
Kibocsátási határérték kihasználtság összesen			3,29E-03

Megjegyzés: 480 teljesített üzemóra
(10 MW teljesítményen 200,13 MW-nap felszabadított energia).

2025-ben az EK Reaktor Üzem folyékony radioaktív kibocsátására nem került sor.

7.5 A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátásai

A légnemű kibocsátás határértéke a ⁴¹Ar értékéhez van kötve. A **2025-ös** évben $1,31 \cdot 10^9$ Bq ⁴¹Ar-egyenértékű aktivitást (ez az éves kibocsátási határérték 0,18 %-a), aeroszolhoz kötötten pedig $7,34 \cdot 10^3$ Bq összes-béta aktivitást bocsátottak ki a levegőbe; amelyek megfelelnek az elmúlt évek kibocsátásainak.

A negyedévente gyűjtött aeroszolszűrők izotópszelektív gamma-spektrometriás vizsgálatát is elvégezték a 2025. évben, amelynek eredményeit a 7-9. táblázat mutat be.

7-9. táblázat

2025. I. negyedévben összegyűjtött levegőszűrőkön mért aktivitás havi átlaga	
Izotóp	Aktivitás (Bq/hónap)
Co-60	<6,20E-04
Cs-137	<5,16E-03

Cs-134	<1,29E-01
I-131	<1,87E-02
2025. II. negyedévben összegyűjtött levegőszűrőkön mért aktivitás havi átlaga	
Izotóp	Aktivitás (Bq)
Co-60	<6,20E-04
Cs-137	<2,91E-02
Cs-134	<1,13E-01
I-131	<1,85E-02
2025. III. negyedévben összegyűjtött levegőszűrőkön mért aktivitás havi átlaga	
Izotóp	Aktivitás (Bq)
Co-60	<6,20E-04
Cs-137	<1,16E-02
Cs-134	<1,08E-01
I-131	<2,18E-02
2025. IV. negyedévben összegyűjtött levegőszűrőkön mért aktivitás havi átlaga	
Izotóp	Aktivitás (Bq/hónap)
Co-60	<6,35E-04
Cs-137	<2,30E-02
Cs-134	<1,12E-01
I-131	<1,30E-02

Az alkalmasszerűen kibocsátott hulladékvíz kibocsátások során a 2025-ös évben $7,91 \cdot 10^4$ Bq ^{137}Cs -egyenértékű aktivitást bocsátottak ki a közcsatornába (ez az éves kibocsátási határérték $3,95 \cdot 10^{-4}$ %-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 (radiokémiai laboratóriumokban), 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, amelyek össze vannak kötve a telephelyi garázsok/tárolók alatt elhelyezkedő 3 db 80 m³-es tartállyal. Az Izotóp Intézet Kft. csak egy útvonalon, a 80 m³-es tartályokból bocsát ki folyékony radioaktív anyagot.

7.6.2 Légnemű kibocsátások értékelése

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

Kiemelt létesítmények:

- XVII és XXII/B épület „A”-szintű laboratóriumaiból, a reaktorról 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 2025-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kihasználtság
H-3	8,1E+15	3,80E+11	0	0
C-14	1,1E+13	1,10E+11	1,50E+11	1,36E-02
P-32	1,7E+11	0	0	0
P-33	1,6E+12	0	0	0
S-35	9,8E+13	0	0	0
Fe-59	6,3E+13	0	0	0
Co-60	8,4E+12	8,00E+09	5,47E+07	6,51E-06
Sr-82/Rb-82	1,7E+13	1,10E+10	0	0
Rb-83	6,70E+12	3,20E+09	0	0
Sr-85	1,10E+14	1,00E+11	0	0
Sr-90	3,60E+12	2,70E+08	0	0
Y-90	4,7E+14	1,20E+09	0	0
Mo-99	3,1E+14	1,20E+10	0	0
Tc-99m	9,3E+16	1,60E+09	0	0
I-125	4,5E+12	1,00E+09	7,51E+08	1,67E-04
I-131	3,3E+12	1,00E+08	8,23E+07	2,49E-05
Cs-137	4,5E+11	5,00E+08	2,99E+07	6,64E-05
Sm-153	2,00E+15	5,00E+10	0	0
Ho-166	2,7E+14	3,00E+10	0	0
Lu-177	2,30E+14	2,30E+10	0	0
Ir-192	8,00E+13	1,00E+09	0	0
Kibocsátási határérték kihasználtság összesen				0,01389

7-11. táblázat
Légnemű kibocsátási adatok „A”-szintű laboratóriumokból a reaktor kéményen keresztül 2025-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kihasználtság
I-125	2,70E+11	6,00E+09	1,48E+09	5,47E-03
I-131	4,69E+11	9,00E+09	2,36E+09	5,04E-03
C-14 „A” szint.	7,70E+12	7,70E+08	0,00E+00	0
Kibocsátási határérték kihasználtság összesen				1,05E-02

7-12. táblázat

Légnemű kibocsátás XXI/B épület „B-” és „C”-szintű laboratóriumaiból 2025-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kihasználtság
I-125	4,00E+09	2,50E+08	1,11E+08	2,79E-02

7-13. táblázat

Légnemű kibocsátás XXI/A épület „B-” és „C”-szintű laboratóriumaiból 2025-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kihasználtság
H-3	2,00E+13	2,00E+11	0	0
C-14	6,00E+11	9,00E+10	1,06E+11	1,77E-01

Az Izotóp Intézet Kft. összesített kibocsátási mutatója 2025-ben 0,230 volt.

7.7 A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének kibocsátásai

2025. 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 1 348 177 m³ volt, a Frici-tárói meddőhányó uránmentesített vize pedig 14 008 m³ mennyiségű volt.

7-14. táblázat

Éves radioaktív légnemű kibocsátás radionuklidonkénti mennyisége 2025-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kihasználtság
U-238	2,00E+09*	1,64E+04	1,67E-05
U-234		1,64E+04	
U-235		6,5E+02	

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

7-15. táblázat

Éves radioaktív folyékony kibocsátás radionuklidonkénti mennyisége 2025-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kihasználtság
U-238	2,70E+11*	4,01E+09*	1,49E-02*
U-234			
U-235			
Ra-226	3,1E+10	3,39E+08	1,09E-02
Po-210	3,8E+09	2,72E+07	7,15E-03

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

8 Létesítmények hatásának értékelése, a lakossági sugárterhelés járulékai

8.1 A Paksi Atomerőmű

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

A Paksi Atomerőmű közelben élő lakosság vonatkoztatási csoportja, akikre a dózisszámításokat el kell végezni, az 1-5 éves gyermekek hipotetikus csoportja, a légköri kibocsátásokat tekintve csámpai, a vízi kibocsátások vonatkozásában gerjени 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 gyökérzetén keresztüli felszívódását is. Az állati termékek szennyezettségének becslésekor a modell erősen konzervatív, mivel a felhasznált takarmány kizárólag a helyben termelt, szennyezett növényekből kerül ki. A koncentráció-faktorok a nemzetközi szakirodalomból származnak [12], míg a növényekre és állatokra vonatkozó paramétereket magyarországi mezőgazdasági adatokból határozzák meg. A környezeti elemekben kialakuló aktivitás-koncentrációk alapján, a sugárterhelés számítása során a külső bemerülési dózisok, a talajfelszíni gamma-dózis, a belélegzésből és az élelmiszerek 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 41 mBq/m^3 ^{41}Ar -koncentráció; $0,0098 \text{ } \mu\text{Bq/m}^3$ ^{60}Co , valamint 18 mBq/m^3 ^3H (HTO) és $0,18 \text{ mBq/m}^3$ ^{14}C (CO_2) koncentráció alakul ki. Ezek az értékek hasonlóak a korábbi évek koncentrációihoz. A légköri depozíció következtében a ^{60}Co talajfelszíni kiülepedése $1,6 \text{ mBq/m}^2$, a leveles zöldség aktivitás-koncentrációja (nedves tömegre) $0,0096 \text{ mBq/kg}$, a tehéntejé $0,0048 \text{ mBq/l}$, a húsé $0,054 \text{ mBq/kg}$, a gabonáé pedig $0,032 \text{ mBq/kg}$ 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 5,5%-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 dózisok – a szóba jöhető radionuklidok és fizikai, kémiai formák esetén – az egyes besugárzási útvonalak szerinti bontásban a 8-1. táblázatban láthatóak. Az eredmények Csámpára (1,2 km-es távolság, NY-

DNY irány) vonatkoznak. A normál üzemi légköri kibocsátásokból származó lekötött dózis a lakosság kritikus csoportjára 81 nSv, ami elfogadható egyezést mutat az atomerőmű által számolt 27 nSv-el. Az eltérés nagysága a modellszámítások bizonytalanságát figyelembe véve jónak mondható. A lakosság kritikus csoportjának a hatóság által számított dózisa nagyobb, mint a tavalyi, de a sokévi átlagtól nem tér el lényegesen.

8-1. táblázat

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

Izotóp		Éves sugárterhelés (nSv)			
		felhőből	talajfelszínről	belégzés	élelmiszer-fogyasztás
nemesgázok	Ar-41	31	*	*	*
	Kr-85	*	*	*	*
	Kr-85m	0,71	*	*	*
	Kr-87	2,0	*	*	*
	Kr-88	5,4	0,028	0,069	*
	Xe-133	0,13	*	*	*
	Xe-135	2,1	*	*	*
aeroszolok	Mn-54	*	*	*	*
	Co-58	*	*	*	*
	Fe-59	*	*	*	0,025
	Co-60	*	0,043	*	0,078
	Zn-65	*	0,011	*	0,12
	Se-75	*	*	*	0,026
	As-76	*	*	*	*
	Sr-89+Sr-90	*	*	*	0,014
	Zr-95	*	*	*	*
	Ru-106	*	0,025	*	0,34
	Ag-110m	*	0,072	*	0,11
	Sb-124	*	*	*	0,014
	Sb-125	*	*	*	0,021
	Cs-134	*	0,012	*	0,056
	Cs-137	*	*	*	0,074
	Ba-140	*	*	*	0,026
	Ce-144	*	*	*	0,31
	Eu-154	*	0,022	*	0,027
	egyéb	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
radiojódok	I-131 (aeroszol)	*	*	*	0,059
	I-131 (elemi)	*	*	*	0,42
	I-131 (szerves)	*	*	0,011	0,011
globális	C-14	*	*	4,7	27
	H-3	*	*	0,64	3,9
Összesen		42	0,28	5,4	33
Teljes járulék a légköri kibocsátásból:		81 nSv			

* a becsült dózis < 0,01 nSv

8.1.2 A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés

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

A fenti közelítésekkel és kiinduló adatokkal meghatározott, az atomerőmű által a Dunába kibocsátott radioaktív izotópoktól (7-2. táblázat) származó egyéni sugárterheléseket a gerjeni 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 gerjeni lakosság 1 éves gyermek és felnőtt csoportjára, 2025

Radionuklid	Dózis (nSv/év)			
	1 éves gyermek		felnőtt	
	külső	belső	külső	belső
H-3	*	45	*	42
C-14	*	12	*	21
Mn-54	*	*	*	*
Fe-59	0,023	0,029	0,023	*
Co-58	0,010	*	0,010	*
Co-60	0,050	0,12	0,050	0,023
Sr-90	*	*	*	*
Zr-95	*	0,011	*	*
Ru-103	*	*	*	*
Ag-110m	*	0,037	*	*
Sb-124	*	0,018	*	*
I-131	*	0,20	*	0,037
Cs-134	*	0,055	*	0,14
Cs-137	*	0,079	*	0,18
Ba-140	*	0,052	*	*
Ce-144	*	0,25	*	0,037
Pu-csoport	*	*	*	*
Am-csoport	*	*	*	*
egyéb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Összesen	0,11	58	0,11	63
Mindösszesen	58		63	

* a becsült dózis < 0,01 nSv

A 2025. évi magasabb a 2024. évinél. A táblázat adataiból látható, hogy a sugárterhelés túlnyomó részét adó ^3H izotóp mellett - különösen a felnőtteknél - megjelenik a ^{14}C 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 (69 nSv a gyermekekre, illetve 73 nSv a felnőttekre vonatkozóan).

8.1.3 Az atomerőművi kibocsátások összefoglaló értékelése

Az üzem 2025. évi légköri kibocsátásai azt mutatták, hogy az erőmű a korábbi évekhez hasonlóan kedvező környezeti sugárvédelmi paraméterekkel üzemelt. A kibocsátások mérésére szolgáló rendszerek folyamatosan működtek.

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

Az éves folyékony és légköri kibocsátásból néhányszoros bizonytalansággal becsült dózisok összege az erőmű közelében élő lakosság vonatkoztatási csoportjára 139 nSv (8-1., 8-2. és 8-3. táblázatok) volt, miközben az erőműre vonatkozó hatósági dóziskorlát 90 µSv. Azaz az erőmű közelében élő lakosság sugárterhelése a dózismegszorítás ezrelékének vehető.

Az erőmű 30 km sugarú - légköri kibocsátásban érintett - térségében 210 ezer ember él, míg a vízi kibocsátásban érintett lakosság 20 ezer főre tehető. Az erőmű légnemű és folyékony kibocsátásaiból származó, az átlagos egyéni dózisértékek alapján számított kollektív dózis 1,4 személy·mSv volt.

8-3. táblázat

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

Besugárzási útvonal		becsült érték	korlát
		(nSv)	
Légköri kibocsátás			
külső sugárterhelés	nemesgáz izotópok	41	
	radiokobalt aeroszol	0,043	
	radiocézium aeroszol	0,012	
	radioezüst aeroszol	0,072	
	egyéb izotóp	0,2	
belső sugárterhelés	inhaláció	5,4	
	radiojód (élelmiszerfogyasztás)	0,49	
	radiokobalt (élelmiszerfogyasztás)	0,078	
	radiocézium (élelmiszerfogyasztás)	0,10	
	radioezüst (élelmiszerfogyasztás)	0,11	
	globális szennyezők (H-3, C-14) (élelmiszerfogyasztás)	31	
	egyéb izotóp	1	
Összes légköri:		81	
Folyékony kibocsátás			
külső sugárterhelés:		0,11	
belső sugárterhelés:	trícium	45	
	radiokarbon	12	
	egyéb izotóp	1	
Összes folyékony:		58	
Mindösszesen:		139	90 000

8.2 Egyéb kiemelt létesítmények

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

8-4. táblázat

Az éves kibocsátásokból becsült egyéni dózisok a lakosság vonatkoztatási csoportjára

Létesítmény	Határérték kihasználás	Dózismegszorítás [nSv]	Biztonsági tényező	Becsült sugárterhelés [nSv]
bátaapáti NRHT	Léggöri: 0,0048 Folyékony: 0,00069	100 000	1	549
püspökszilágyi RHFT	Léggöri: 0,00573 Folyékony: 0,00343	100 000	1	916
BKR	Léggöri: 0,0033 Folyékony: -	50 000	5	34
Oktatóreaktor	Léggöri: 0,0018 Folyékony: 0,0000040	50 000	1	90
Izotóp Intézet Kft.	Léggöri: 0,216 Folyékony: 0,01389	50 000	5	2299
BVH Kft. kővágószőlősi telephely	Léggöri: 0,0000167 Folyékony: 0,03295	300 000	5	1978

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 elszennvedett külső sugárterhelés;
- (3) a radon és toron, valamint leányelemeik belélegzéséből és lenyeléséből származó belső sugárterhelés;
- (4) ^{40}K radioizotóp és a természetes bomlási sorok elemeinek belélegzéséből és lenyeléséből származó belső sugárterhelésünk.

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

8-3. táblázat

Lakosság természetes eredetű sugárterhelésének forrásai és éves becslült értéke

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

Megjegyzés:

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

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

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

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

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

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

A lakosság mesterséges forrásból származó sugárterhelésének főbb összetevői:

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

A környezeti elemekben jelen lévő mesterséges radioizotópok legnagyobbbrészt a korábbi légköri nukleáris fegyverkísérletek és nukleáris balesetek kihullásának következtében kerültek a környezetbe. Ezek aktuális mennyiségét a környezeti monitoring vizsgálatok eredményeiből ismerjük. Közülük a legnagyobb mennyiségben a ^{137}Cs van jelen a környezetünkben, és mellette még esetenként kimutatható a ^{90}Sr is. A standard hazai környezeti minták közül egyedül a talajokban jól detektálható a ^{137}Cs mennyisége. Ugyanakkor a legtöbb környezeti és élelmi anyagmintában gyakran a kimutathatóság alatt van a ^{137}Cs mennyisége. A Központi Statisztikai Hivatal által megadott élelmiszerfogyasztási adatok alapján a lakosság ^{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 $20\ \text{mSv}$ 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 kezeléseknak van. Ezeket a dózisokat azonban nem veszik figyelembe a lakosságot érő kollektív dózisok meghatározásánál, mivel ezen kezeléseknak 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 2025-ben mért legnagyobb értékek is 10 Bq/kg alatt maradtak.

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

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

Conclusion

It should be emphasized that the activity concentration of radiocaesium concentrations remained below 10 Bq/kg in foodstuffs available in Hungary in 2025. The maximum permitted levels according to the Council Regulation {Post-Chernobyl 733/2008/EC, Council Regulation No 733/2008 of 15 July 2008 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station (codified version); Council Regulation (EC) No 1048/2009 extends its validity until 31 March 2020) (OJ L-201 of 30/07/2008, page 1)} on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power-station are 600 Bq/kg in general and 370 Bq/kg for milk, milk products and infant foods, for the sum of ^{137}Cs and ^{134}Cs .

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

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

Irodalom, hivatkozott jogszabályok

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

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

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

Rövidítések jegyzéke

BAVKH – Baranya Vármegyei Kormányhivatal

BAVKH NF LO – Baranya Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály Laboratóriumi Osztály

BKR - Budapesti Kutatóreaktor

BM OKF – Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság

BME NTI – Budapesti Műszaki Egyetem Nukleáris Technikai Intézete

ERMAH - Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatszolgáltató Hálózat

ERMAH IK – ERMAH Információs Központ

EK KVSz – Energiatudományi Kutatóközpont Környezetvédelmi Szolgálat

HungaroMet – HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt.

IAEA - Nemzetközi Atomenergia Ügynökség

KFKI – Központi Fizikai Kutató Intézet

KHK – kibocsátási határérték kritérium

MH – Magyar Honvédség

NBIÉK – BM OKF Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központ

NNGYK – Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ

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

NÉBIH – Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal

NRHT - Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló

OAH – Országos Atomenergia Hivatal

OKSER – Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer

OSJER – Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer

OTH – Országos Tisztifőorvosi Hivatal

PA Zrt. – MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

RHFT – Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló

RHK Kft. – Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft.

TIM – Talajvédelmi Információs és Monitoring rendszer

TMH – 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 2025. 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, Rell Péter, Homoki Zsolt, Kövendiné Kónyi Júlia, Dr. Szarkáné Németh Ágnes, Szigeti Ágnes

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

Budapest Főváros Kormányhivatala Népegészségügyi Főosztály: Kovács Gábor, Szabó Sándor

Csongrád-Csanád Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Kohári György

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

Hajdú-Bihar Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Nagy Viktória

Tolna Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Kerekes Irén

TECHNOLÓGIAI ÉS IPARI MINISZTERIUM - OKTATÁSI ÁGAZAT

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

AGRÁRMINISZTERIUM

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Szabó Valentin

A mérésekben és adatküldésben részt vettek:

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH), Élelmiszerlánc-biztonsági Laboratórium Igazgatóság, Radioanalitikai Referencia Laboratórium (budapesti, szekszárdi, szombathelyi, kecskeméti, kaposvári, miskolci telephely)

ENERGIAÜGYI MINISZTERIUM - KÖRNYEZETVÉDELMI ÁGAZAT

Vármegyei Kormányhivatalok Környezetvédelmi Mérőközpontjai

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Lókiné Nagy Enikő Éva

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

ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Zagyvai Péter, Elek Richárd

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Kocsonya András, Heffenträger-Czibely Tímea, Szabó Dezső, Beda Bence

MVM PAKSI ATOMERŐMŰ ZRT. (PA ZRT.)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Daróczi László

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

RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KÖZHASZNÚ NONPROFIT KFT. (PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Turza Péter

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

RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KÖZHASZNÚ NONPROFIT KFT. (BÁTAAPÁTI NRHT)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Dr. Radó Krisztián

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

IZOTÓP INTÉZET KUTATÓ, FEJLESZTŐ, TERMELŐ ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Kovács Bence Árpád

MECSEKÉRC ZRT.

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Molnárné Róna Éva

BÁNYAVAGYON-HASZNOSÍTÓ NONPROFIT KÖZHASZNÚ KORLÁTOLT FELELŐSSÉGŰ TÁRSASÁG

Adatszolgáltatásért felelős személy: Kocsis Erika