



Országos Atomenergia Hivatal

**AZ
ORSZÁGOS KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI
ELLENŐRZŐ RENDSZER**

(OKSER)

2022. ÉVI JELENTÉSE

Budapest, 2023.

Tartalomjegyzék

Előszó.....	3
1 Bevezetés	4
1.1 A mérési adatok megjelenítése.....	4
1.2 Az Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer tagjai	5
1.3 Az OKSER Szakbizottság tagjainak képviselőit ellátó szakértők 2022-ben	6
1.4 A lakossági sugárterhelés forrásainak ismertetése	6
2 Létesítményi kibocsátások, kibocsátási korlátok	9
2.1 Kibocsátási korlátok származtatása, korlátok az egyes létesítményekre vonatkozóan.....	9
2.2 A kiemelt létesítmények kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	10
2.2.1 A Paksi Atomerőmű kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	10
2.2.2 A Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	11
2.2.3 A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	12
2.2.4 A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	12
2.2.5 A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata.....	13
2.2.6 A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetellenőrző hálózata.....	13
3 A hatósági ellenőrzés rendszere	15
3.1 A hatósági ellenőrzést folytató szervezetek bemutatása.....	15
3.1.1 A Nemzeti Népegészségügyi Központ Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály	15
3.1.2 Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal	15
3.1.3 Baranya Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály, Laboratóriumi Osztály, Népegészségügyi, Állategészségügyi és Környezetvédelmi Laboratórium Radiológiai Csoport	16
3.1.4 Egészségügyi Radiológiai Mérő- és Adatszolgáltató Hálózat.....	16
3.2 A hatósági ellenőrzés mérési módszerei.....	17
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	26
4.2 Levegőszűrők (aeroszol) mérési eredményei	28
4.3 Kihullás (fall-out) eredmények	29
4.4 Talajminták mérési eredményei	31
4.5 Felszíni vizek monitoringja	34
4.6 Ivóvíz	36
4.6.1 Vezetékes ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz	36
4.6.2 Palackozott vizek	39
4.7 Növényzet	40
4.7.1 Takarmány.....	40
4.7.2 Növényi eredetű, nyers élelmiszer	44
4.7.3 Gabonafélék és az azokból készült termékek	47
4.8 Állati eredetű élelmiszerek.....	50
4.8.1 Tej, tejtermék	50
4.8.2 Hús és hústermékek aktivitáskoncentrációi.....	52
4.9 Vegyes élelmiszer	55
5 Létesítmények környezete.....	56
5.1 A Paksi Atomerőmű környezetében végzett mérések	56
5.1.1 Gamma-dózisteljesítmény mérések a Paksi Atomerőmű környezetében	58
5.1.2 Aeroszol aktivitás-koncentráció mérések a Paksi Atomerőmű környezetében	60
5.1.3 A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző rendszerének kihullás mérési eredményei	62
5.1.4 A Paksi Atomerőmű hideg- és melegvízcatornájában mért aktivitás-koncentrációk.....	63
5.1.5 A Nemzeti Népegészségügyi Központ, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály mérési adatai a paksi felszíni vizekre vonatkozóan	63
5.1.6 A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminák mérési eredményei	64
5.1.7 A vízi környezetben mért aktivitás-koncentrációk a hatósági mérések alapján	65
5.1.8 A talajban mért aktivitás-koncentrációk.....	69
5.1.9 A takarmánymintákban mért aktivitás-koncentrációk.....	70
5.1.10 A növénymintákban mért aktivitás-koncentrációk	71
5.1.11 Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása.....	73
5.2 A Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló telephelyének környezetellenőrzési mérési adatai.....	75
5.2.1 A bátaapáti NRHT környezetében mért aeroszol-koncentráció adatai.....	75
5.2.2 A bátaapáti NRHT környezetében mért kihullás eredmények	76
5.2.3 A bátaapáti NRHT környezetében vett talajminták mérési eredményei.....	77
5.2.4 A bátaapáti NRHT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményei.....	78

5.2.5	A bátaapáti NRHT környezetében mért növényminták adatai	79
5.3	A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló környezetellenőrzési mérési adatai	81
5.3.1	A püspökszilágyi RHFT környezetében mért aeroszol aktivitás-koncentráció adatok	81
5.3.2	A püspökszilágyi RHFT környezetében mért kihullás eredmények	82
5.3.3	A püspökszilágyi RHFT környezetének talajmérési eredményei	83
5.3.4	A püspökszilágyi RHFT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményei	84
5.3.5	A püspökszilágyi RHFT környezetében mért növényzet adatok	85
5.4	A Központi Fizikai Kutató Intézet telephely környezetellenőrzési mérési adatai	86
5.4.1	A KFKI telephelyén mért gammadózis-teljesítmények	86
5.4.2	A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk	87
5.4.3	A KFKI telephely területén mért kihullás eredmények	87
5.4.4	A KFKI telephely területén mért talajmérési eredmények	88
5.4.5	A KFKI telephely területén mért növényzet adatok	89
5.5	A BME NTI Oktatóreaktor telephely környezetellenőrzési mérési adatai	90
5.6	A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetellenőrzési mérési adatai	92
5.6.1	A BVH Kft. környezetében mért kihullás eredmények	92
5.6.2	A BVH Kft. környezetében vett talajminták mérési eredményei	92
5.6.3	A BVH Kft. környezetében vett növényminták mérési eredményei	94
6	Országhatáron túli hatások	96
6.1	A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért eredmények	96
6.1.1	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében mért dózisteljesítmények és aktivitás-koncentrációk	96
6.1.2	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fall-out minták mérési eredményei	98
6.1.3	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett talajminták mérési eredményei	98
6.1.4	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fűminták mérési eredményei	99
6.1.5	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett zöldség- és gyümölcsminták mérési eredményei	100
6.1.6	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett folyóvíz és iszapminták mérési eredményei	100
6.1.7	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett ivóvízminták mérési eredményei	101
7	Kibocsátási eredmények	102
7.1	A Paksi Atomerőmű kibocsátásai	102
7.1.1	Légtörzi kibocsátás	103
7.1.2	Folyékony kibocsátás	106
7.1.3	Megállapítások	112
7.2	A Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló kibocsátásai	115
7.2.1	A földfelszíni telephely folyékony kibocsátás értékelése	115
7.2.2	A földfelszíni telephely légnemű kibocsátás értékelése	115
7.2.3	A felszín alatti térrész légtörzi kibocsátásának értékelése	116
7.2.4	A felszín alatti térrész folyékony kibocsátásának értékelése	117
7.2.5	Megállapítások	117
7.2.6	A létesítmény összesített kibocsátásának értékelése	117
7.2.6.1	A telephely felszíni és felszín alatti összesített légtörzi kibocsátásának értékelése	117
7.2.6.2	A telephely felszíni és felszín alatti összesített folyékony kibocsátásának értékelése	118
7.3	A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kibocsátásai	119
7.3.1	Üzemi épület kibocsátásainak ellenőrzése	119
7.3.2	Tárolóterület folyékony kibocsátásainak ellenőrzése	120
7.3.3	Tárolóterületi gázdifúzió ellenőrzése	121
7.3.4	Összesített kibocsátások	121
7.4	A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátásai	123
7.5	A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátásai	124
7.6	Izotóp Intézet Kft. kibocsátásai	125
7.7	A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének kibocsátásai	127
8	Létesítmények hatásának értékelése, a lakossági sugárterhelés járuléka	128
8.1	A Paksi Atomerőmű	128
8.1.1	A légtörzi kibocsátásból származó sugárterhelés	128
8.1.2	A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés	130
8.1.3	Az atomerőművi kibocsátások összefoglaló értékelése	131
8.2	Egyéb kiemelt létesítmények	132
	Következtetések	133
	Irodalom, hivatkozott jogszabályok	134
	Rövidítések jegyzéke	134
	Adatszolgáltatásban résztvevő intézmények, szakemberek	136

Előszó

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

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

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

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

Az OKSER operatív szerve az OAH által működtetett Radiológiai Információs és Szolgáltató Központ, melynek alapvető feladata az ország területén mérhető környezeti sugárzás dózisteljesítmény, a környezet közegeiben, az élelmiszerekben található radioaktív izotópokról, az emberi szervezet radioaktív belső szennyezettségének, valamint a létesítményi kibocsátási adatok gyűjtése, nyilvántartása és elemzések készítése. A Nemzeti Népegészségügyi Központ¹ (a továbbiakban: NNK) szakmai támogatást nyújt az OAH részére e feladat ellátásához.

A mérési eredményekből az OKSER Szakbizottság minden évben éves jelentést készít. Jelen kiadvány a 2022. évi mérési eredmények feldolgozását mutatja be.


Kádár Andrea Beatrix
az OKSER Szakbizottság elnöke



¹ 2023 augusztus 1-től Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ

1 Bevezetés

1.1 A mérési adatok megjelenítése

Az OKSER 2022. 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 2022. évre vonatkozó mérési eredményeket több mint 115.000 rekord tartalmazza). Az eredmények feldolgozásánál, összesítésénél és bemutatásánál a következő főbb szempontokat érvényesítettük:

- a) A jelentés szövegében az izotópok jelölését „^{AAA}Xy” alakban, a közvetlen számítógépes lekérdezések eredményeként előálló táblázatokban és ábrákon a szabványos „^{AAA}Xy” alak helyett „XY-AAA” alakban adtuk meg.
- b) A mérési eredményeket elsősorban a mintafajták, nagyobb mintacsoportok szerint (pl. talaj, növényzet, állati eredetű élelmiszerek) csoportosítottuk. Ezekben belül azonban – indokolt esetben – alcsoportokat (pl. takarmány, növényi eredetű nyers élelmiszer, feldolgozott növényi eredetű élelmiszer) képeztünk.
- c) Lehetőség szerint törekedtünk az ún. nuklidspecifikus eredmények bemutatására, azonban nem hagyhattuk el a mérési programok jelentős részét képviselő – inkább indikátor jellegű mennyiségnek tekinthető – összes béta-aktivitási² és összes alfa-aktivitási³ 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 megyei szintig lebontottak, – kivétel a gamma-dózisteljesítmény és a felszíni vizek ellenőrzése – a feldolgozás térbeli felbontása is ennek megfelelő. A létesítményekhez kötött ellenőrzési programok eredményeinek bemutatásánál, – ahol a hatások kimutatása a fő cél – az időbeli változások megjelenítésére törekedtünk.
- f) A létesítmények ellenőrzési eredményeinél a telephelyet és annak környezetét általában jellemző adatsorokat választottunk.
- g) A jelentés táblázataiban a „kimutatási határ alatti” esetek jelzésére a „Kha” rövidítést használtuk. Megjegyezzük, hogy a kimutatási határ ugyanazon mintafajta és izotóp esetén is laboratóriumként eltérő lehet.

² Az összes béta-aktivitás a mintában található béta-sugárzó izotópok összes aktivitását jelenti, rendszerint a kisenergiájú ³H és ¹⁴C nélkül

³ Az összes alfa-aktivitás a mintában található alfa-sugárzó izotópok összes aktivitását jelenti

- h) Az alkalmazott érzékeny technikák, eszközök ellenére, a mérések több mintafajtnál is nagy számban kimutatási határ alatti eredményeket szolgáltatottak. A kimutatási határ feletti és alatti eredmények megfelelő statisztikai kezelésére, a táblázatos összefoglalásokban a következő módszert alkalmaztuk:
- átlagot és szórást csak abban az esetben képeztünk, ha a kimutatási határ feletti eredmények száma legalább tíz volt (ekkor a kimutatási határ alatti eredményeket, a kimutatási határ értékével vettük figyelembe); azonban az országos táblázatokban az országos összesítéseknél (a táblázatok alsó soraiban) ekkor sem adtuk meg a szórást, csak a megyei eredményeknél;
 - csak a minimum és maximum értékeket adtuk meg, ha a kimutatási határ feletti eredmények száma 2 és 10 közötti volt;
 - csak a maximum értéket szerepeltettük, – megállapodás szerint – ha csupán 1 kimutatási határ feletti eredmény volt;
 - végül nem közöltünk eredményt, ha minden adat kimutatási határ alatti volt;
 - az eredmények összesített számán kívül, minden esetben feltüntettük a kimutatási határ alattiak számát is.
- i) A térképeknél, – az egységes megjelenítés érdekében – mindenütt a maximum értékeket tüntettük fel.

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

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

1.2 Az Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer tagjai

Az OKSER tagjai 2022-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. az Országos Meteorológiai Szolgálat
10. a Magyar Tudományos Akadémia
11. az OAH
12. az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.
13. a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (a továbbiakban: RHK Kft.)
14. a Mecsekérc Zrt.
15. az NNK
16. az Eötvös Loránd Kutatási Hálózat (a továbbiakban: ELKH)
17. az Izotóp Intézet Kft.
18. a Bányavagyon-hasznosító Nonprofit Közhasznú Kft.

1.3 Az OKSER Szakbizottság tagjainak képviseletét ellátó szakértők 2022-ben

A 2023 májusában bekövetkezett államigazgatási átszervezések miatt az 1.2 fejezetben ismertetett OKSER tagokat képviselő minisztériumok részben megváltoztak, mely nem érintette az OKSER tagokat képviselő szakértők személyét. A szakértők megnevezésénél megjelölt szervezet a 2022. év végén aktuális állapotot tükrözi.

1. Szeitz Anita (Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság képviseletében)
2. Dr. Pellet Sándor (Belügyminisztérium Egészségügyi Ágazat képviseletében)
3. Ádámné Sió Tünde (Agrárminisztérium, mezőgazdaságért és vidékfejlesztésért felelős államtitkárság, valamint élelmiszerlánc-felügyeletért felelős államtitkárság képviseletében)
4. Lókiné Nagy Enikő Éva (Technológiai és Ipari Minisztérium, környezetvédelmi ágazat; valamint Miniszterelnökség képviseletében)
5. Cservenák Ildikó és Dr. Radócz Gábor (Technológiai és Ipari Minisztérium, foglalkoztatásért és felnőttképzésért felelős helyettes államtitkárság képviseletében)
6. Fehér Zoltán ömt. alezredes (Honvédelmi Minisztérium - MH Görgei Artúr Vegyivédelmi Információs Központ, 2023. január 1.-jétől MH Sodró László 102. Vegyiharc Ezred)
7. Nagy József (Országos Meteorológiai Szolgálat)
8. Dr. Zagyvai Péter (Energiatudományi Kutatóközpont)
9. Kapitány Sándor (OAH)
10. Dr. Bujtás Tibor (MVM Paksi Atomerőmű Zrt.)
11. Dr. Radó Krisztián (RHK Kft.)
12. Molnárné Róna Éva (Mecsekérc Zrt.)
13. Glavatszkih Nándor (NNK - Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály)
14. Kocsis Erika (Bányavagyon-hasznosító Nonprofit Közhasznú Kft.)
15. Szőnyi-Pákai Renáta (Izotóp Intézet Kft.)

1.4 A lakossági sugárterhelés forrásainak ismertetése

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

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

A természetes eredetű sugárzás két fő forrása az űr és a földkéreg. Az űrből a Föld légkörébe érkeznek nagy energiájú részecske sugárzások, az elsődleges kozmikus sugárzások (kozmikus sugárzás) és a másodlagos folyamat során, a magaslégtérben lejátszódó reakciók miatt keletkező kozmogén radionuklidok. A kozmikus sugárzás egy részét a Föld mágneses tere eltéríti, melynek mértéke a földrajzi szélességtől, illetve a naptevékenység keltette mágneses

terek változásától függ. Eredetük szerint megkülönböztethető galaktikus és szoláris kozmikus sugárzás. A kozmikus sugárzás értéke magasság és földrajzi szélesség függő.

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

Mivel a természetes sugárterhelés több mint a fele (hazánkban átlagosan 1,26 mSv/év) az urán bomlási lánc részét képező gáznemű ^{222}Rn -tól és annak leányelemeitől származik, ez az izotóp külön figyelmet érdemel. Szabadban gyorsan felhígul, de zárt terekben (lakások, munkahelyek) feldúsulhat. [2]

Mesterséges eredetű, az ember által előállított ionizáló sugárforrásoktól származó hatások a röntgen sugárzás felfedezésétől, azaz 1895-től érik az emberiséget. [2]

Az Egyesült Nemzetek Atomsugárzás Hatásaival Foglalkozó Tudományos Bizottsága (The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, a továbbiakban: UNSCEAR) 2017-es Radiation Effects and Sources kiadványa szerint a felnőtt lakosság természetes és mesterséges forrásból várható éves effektív dózis átlagértéke körülbelül 3 mSv. A természetes forrásból származó éves effektív dózis körülbelül 2,4 mSv, ebből a legnagyobb járulékot a radon és leányelemei jelentik 1,3 mSv-es értékkel. A talaj okozta sugárterhelés körülbelül 0,48 mSv, a kozmikus sugárzás körülbelül 0,39 mSv többletdózist eredményez. 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, az orvosi terület képviseli 0,62 mSv éves átlagos többletdózissal. [3]

Hazánk lakosságának természetes sugárterhelése is körülbelül 3 mSv/év, mivel azon országok közé tartozunk, melyek lakói viszonylag több időt töltenek épületekben.

A természetes sugárterhelésünk legnagyobb része, - mintegy fele, kétharmada - a felszíni kőzetekben, talajokban és az építőanyagokban bizonyos koncentrációban mindig jelen lévő urán bomlásakor felszabaduló radongáz és bomlástermékei, valamint egyéb légnemű radioaktív anyagok belégzéséből ered.

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. Kiegészítő 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.
- A radioaktív anyagot alkalmazó munkahelyek:
- Ionizáló sugárzást létrehozó berendezéseket alkalmazó munkahelyek.
- A külföldi atomerőművek, melyek potenciális veszélyforrást jelenthetnek:
 - Mochovce VVER 2*440 (Salgótarján É 50 km) - további 2 épül (a 3. blokk 2023 januárjában lett üzembe helyezve),

- Bohunice VVER 2*440 (Komárom É 110 km) - további 2 lebontás alatt,
- Krško PWR 664 (Lenti DNY 120 km),
- Dukovany VVER 4*500 (Hegyeshalom ÉNy 160 km),
- Temelin VVER 2*1000 (Hegyeshalom ÉNy 280 km).

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

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

2 Létesítményi kibocsátások, kibocsátási korlátok

2.1 Kibocsátási korlátok származtatása, korlátok az egyes létesítményekre vonatkozóan

Az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről szóló 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet (továbbiakban KöM rendelet) rendelkezik az atomenergia alkalmazása során a radioaktív anyagoknak a levegőbe és vízbe történő kibocsátásáról, a vizek és víztartó képződmények radioaktív és hőszennyezés elleni védelméről, a levegő és a vízi környezet radioaktív szennyeződése ellenőrzéséről, továbbá az e tevékenységeket végzőkre vonatkozóan állapít meg előírásokat. [4]

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 lakossági sugárterhelésre vonatkozó dózismegszorítást az engedélyes javaslata alapján illetékes hatóságként 2016. előtt az Országos Tisztifőorvosi Hivatal (a továbbiakban: OTH) engedélyezte, 2016. január 1-jétől az OAH hatáskörébe került. 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, melytől csak a kiemelt létesítményekre vonatkozó módszertan szerint meghatározott, külön eljárásban kiadott engedély alapján térhet el.

A KöM rendelet definiálja a kibocsátási és vizsgálati kritérium fogalmát. Ennek lényege, hogy normál üzemi körülmények között a kibocsátás mértéke, - több radionuklid kibocsátása és/vagy több kibocsátási mód esetén a hozzájuk tartozó kibocsátási határértékek és az egyes kibocsátások összege – nem haladhatja meg a kibocsátási határérték 30 %-át. Tehát a lakosságot érő sugárterhelés normál üzemi kibocsátások esetén, a dózismegszorítás harmadánál is alacsonyabb.

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

Elsőfokú környezetvédelmi hatóságként, a KöM rendeletben foglalt hatósági felügyeletet a környezet- és természetvédelmi hatáskörben eljáró Baranya Megyei Kormányhivatal (a továbbiakban: BAMKH) Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Hulladékgazdálkodási Főosztálya, valamint a BAMKH Népegészségügyi Főosztály Laboratóriumi Osztály

Népegészségügyi, Állategészségügyi és Környezetvédelmi Laboratóriumának Radiológiai Csoportja (a továbbiakban: BAMKH NF LO) látja el. A helyszíni hatósági ellenőrzéseket a BAMKH Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Hulladékgazdálkodási Főosztály és a BAMKH 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 MVM Paksi Atomerőmű Zrt. (a továbbiakban: PA Zrt.) egy széleskörűen kiépített üzemi kibocsátás- és környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszert üzemeltet. A rendszert egyrészt távmérő hálózatok, másrészt laboratóriumi mintavételes vizsgálatok alkotják. A telepített kibocsátás és környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszer (KKSER) egy szűkebb részét a környezeti A és B típusú levegőmonitoring távmérő állomások, a G típusú dózisteljesítményt mérő állomások és a V típusú vízmintavételeket ellátó állomások hálózata, továbbá a meteorológiai adatokat szolgáltató berendezések – röviden környezetellenőrző hálózat – képezik.

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

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

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

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

A létesítmény sajátosságait és a helyszíni viszonyokat figyelembe véve, öt környezeti monitoring állomás létesült. Ezek az állomásokon folyamatos környezeti dózisteljesítmény mérés mellett aeroszol-, kihullás-, légköri trícium és radiokarbon, valamint talaj- és növényi mintavétel történik. A bátaapáti NRHT telephelyén környezeti laboratórium működik, ahol a környezeti minták hagyományos gamma- és összesbéta 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, melyek a felszín alatti térségek és a földtani gát állapotának folyamatos ellenőrzését teszik lehetővé. [6]

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

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

A püspökszilágyi RHFT környezeti kibocsátásait és környezetellenőrzésének rendszerét, a hivatalos üzemviteli dokumentumok részeként kiadott, az illetékes hatóságok által jóváhagyott kibocsátás-ellenőrzési szabályzat, a környezetellenőrzési szabályzat határozza meg. A püspökszilágyi RHFT területén légköri vagy folyékony (elsősorban csapadékvíz) radioaktív kibocsátásokra, üzemszerűen csak az ellenőrzött zónában elhelyezkedő üzemi épületből és a tárolóterületről kerülhet sor. A légnemű kibocsátás ellenőrzése, az üzemi épület szellőző rendszerének a kéményébe telepített légköri, valamint aeroszol mintavevővel történik. A tárolóterület és az üzemi épület kibocsátását, az uralkodó szélirányba telepített folyamatos üzemű aeroszol monitorok is ellenőrzik. A tároló üzembe helyezése előtt meghatározták a tároló környezetének leglényegesebb pontjain (a környező vízfolyások mentén és a talajvízben) az úgynevezett alapszintet, 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 összesbéta számlálás céljából. A telephely környezetéből éves szinten mintegy 600 mintát (aeroszol, növény, talaj, hal, felszíni- és talajvíz) vesznek. A tároló környezetében mérhető radiológiai jellemzők helyi nyilvántartásba, valamint az OKSER országos szintű számítógépes nyilvántartásába kerülnek. [6]

2.2.4 A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata

A környezeti sugárzási szintek folyamatos monitorozása, a mintegy 2 km² kiterjedésű telephelyen kihelyezett 17 (közülük 1 detektorpár, gépkocsi be/kihajtó közlekedési út két oldalán) GM szondával történik. A dózisteljesítmény folyamatos mérése mellett a telephelyen 5 kistérfogatú környezetmonitorozó mérőállomás található, valamint 1 nagytérfogatú állomás. A mérési módszerek és az éves mintaszámok az alábbiak [7]:

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

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

2.2.5 A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata

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

Kibocsátás mérése: a kibocsátott levegőben GM-csöves folyamatos dózisteljesítmény mérés és annak aeroszol-tartalmához kapcsolódó havi egyszeri radioaktivitás szakaszos mérése összesbéta 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), összesbéta- és összes-gammamérés szakaszosan, a rövid felezési idejű radon-leányelemek lebomlása után; a száraz és nedves kihullás meghatározása szakaszos mintavétellel havonta egyszer összesbéta számlálással (éves mintaszám 12), a talajra és a növényzetre kiülepedett, illetve a növényzet által felszívott radioaktivitás mérése évente kétszer gamma-spektrometriával, valamint a Duna vízében megjelenő radioaktivitás monitorozása összesbéta számlálással illetve gamma-spektrometriával kéthetente (éves mintaszám 26). [8]

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 felszámolását és a környezet helyreállítását, a rekultivációs tevékenységet, valamint a folyamatos monitoring tevékenységet a 2385/1997. (XI. 26.) számú Kormányhatározattal elfogadott Beruházási Program, és a Dél-dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőség (jelenleg Baranya Megyei Kormányhivatal Pécsi Járási Hivatal) által 2279-28/1998 számon kiadott, majd 530-7/2017. számon egységes szerkezetbe foglalt és többször módosított környezetvédelmi engedély (KE) alapján végzik

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

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

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

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

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

3 A hatósági ellenőrzés rendszere

3.1 A hatósági ellenőrzést folytató szervezetek bemutatása

3.1.1 A Nemzeti Népegészségügyi Központ Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály

A fővárosi és megyei 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 Nemzeti Népegészségügyi Központ Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztályának (a továbbiakban: NNK SSFO) munkáját.

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

3.1.2 Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal

A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (a továbbiakban: NÉBIH) 2012. március 15-én alakult meg. A hivatal az Agrárminisztérium háttérintézményeként, országos hatáskörben felügyeli az élelmiszerlánc-biztonsági szabályok betartását. A radioanalitikai vizsgálatokat az Élelmiszerlánc-biztonsági Laboratórium Igazgatóság alábbi akkreditált laboratóriumai végzik.

Radioanalitikai Referencia Laboratórium: 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. Elvégzi a nukleáris-balesetelhárítással kapcsolatban rá háruló feladatokat, kapcsolatot tart fenn a feladat végrehajtásában érintett szervezetekkel. Körvizsgálatokat szervez radioanalitikai témakörben hazai és nemzetközi érdeklődők számára. Kapcsolatot tart fenn a Nemzetközi Atomenergia Ügynökséggel (a továbbiakban: IAEA), melynek keretében részt vesz az ALMERA (Analytical Laboratories for Measurement of Environmental Radioactivity) hálózat munkájában.

A Radioanalitikai Referencia Laboratórium szombathelyi telephely: Mezőgazdasági tevékenységgel és erdőgazdálkodással összefüggő mintákból, élelmiszerekből, takarmányokból radioanalitikai vizsgálatokat végez, mint pl.: összes alfa- és béta-sugárzás mérése, alfa és gamma-spektrometriával nuklidszelektív radioaktív izotóp meghatározása, radiostroncium elválasztása és mérése, valamint részt vesz a környezeti minták mintavételében.

A Radioanalitikai Referencia Laboratórium szekszárdi telephely: Mezőgazdasági tevékenységgel és erdőgazdálkodással összefüggő minták, élelmiszerek, takarmányok előkészítése radioanalitikai vizsgálatokhoz, valamint a környezeti minták mintavétele.

Az ÉLBC Regionális Élelmiszerlánc Laboratóriumai (a továbbiakban: RÉL) közül a Kecskeméti RÉL, a Kaposvári RÉL, és a Miskolci RÉL végez radioanalitikai vizsgálatokat.

Mezőgazdasági tevékenységgel és erdőgazdálkodással összefüggő mintákból, élelmiszerekből, takarmányokból minden laboratórium végez összesbéta-sugárzás mérést, összes alfa-vizsgálatot, gamma-spektrometriával nuklidszelektív radioaktív izotóp meghatározást, és radiostroncium elválasztást és mérést, valamint részt vesznek a környezeti minták mintavételezésében.

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

A környezetellenőrzési feladatait a környezetvédelmi és természetvédelmi hatósági és igazgatási feladatokat ellátó szervek kijelöléséről szóló 71/2015. (III. 30.) Korm. rendelet szerint látja el, melynek 4. melléklet 1.2.3 pontja értelmében: valamennyi környezeti elem vonatkozásában a radiológiai vizsgálatokat, országos illetékességi területtel a BAMKH végzi.

A BAMKH NF LO Magyarország kiemelt létesítményeinek kibocsátás- és környezetellenőrzésére kiterjedően országos illetékességi, 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 BAMKH NF LO részt vesz a nemzetközi vízvédelmi Határvízi Egyezményekben meghatározott radiológiai mintavételezésében és mérésben. Munkatársai a szakértői- és albizottsági üléseken szakértői feladatokat látnak el.

3.1.4 Egészségügyi Radiológiai Mérő- és Adatszolgáltató Hálózat

Az egészségügyi ágazat (a továbbiakban: EüÁ) környezeti sugáregészségügyi mérőhálózati feladatait, a népegészségügyi feladatkörében eljáró fővárosi és megyei 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.

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

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

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

Az NNK - az OKSER és az ERMAH adatbázisainak felhasználásával, az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény 20. § (1) bekezdés g) pontjában foglaltak teljesítése érdekében - meghatározza a lakosság természetes forrásokból származó sugárterhelésének összetevőit olyan gyakorisággal, melynek alapján a sugárterhelés esetleges időbeli változása nyomon követhető. Nyomon követi a lakosság egy esetleges nukleáris veszélyhelyzet következtében adódó sugárterhelését, valamint meghatározza a kiemelt létesítmények környezetében élő lakosságnak a létesítmény működéséből származó éves sugárterhelését. [9]

3.2 A hatósági ellenőrzés mérési módszerei

A. Levegőszűrők (aeroszol) mérése

- Az ERMAH esetében közepes légforgalmú (150 m³/h teljesítményű, kb. 3000 m³/nap) mintavevővel heti mintákat vesznek, és a szűrők gamma-spektrometriai elemzését végzik el, míg a kis légforgalmú (2-4 m³/h, kb. 50-80 m³/nap) mintavevőkkel vett napi minták esetében az összesbéta-aktivitást határozzák meg. (Ez utóbbiak esetén a 72 órás pihentetés utáni eredmények veendők figyelembe.) A mintavevő típusa – azaz az átszívott levegőmennyiség – és az alkalmazott mérés érzékenysége, együttesen határozzák meg a levegő aktivitás-koncentrációjának kimutatási határát. Jellemző kimutatási határértékek: 1-10 μBq/m³ (20-30 ezer m³ átszívott levegőből, félvezető detektoros gamma-spektrométerrel mérve a ¹³⁷Cs aktivitást); illetve 0,5-2,5 mBq/m³ (50-300 m³ átszívott levegőből, összesbéta-aktivitás mérésével). Az összesbéta-aktivitás mérése a legtöbb laboratóriumban plasztik szcintillációs mérőfejjel ellátott detektorokkal történik, melyek kb. 50 keV-nél nagyobb energiájú elektronok detektálásra alkalmasak. Más laboratóriumokban alacsony háttérű, proporcionális detektorokkal ellátott alfa/béta számláló készülékekkel történik az összesbéta-mérés, mely szintén alkalmasak a kb. 50 keV feletti energiájú elektronok detektálására.
- A Földművelésügyi Ágazat (a továbbiakban: FmÁ) NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratóriumában, a budapesti telephelyen hetente végeznek szűrőcserét, az átszívott levegő kb. 40000 m³/hét, 72 órás pihentetés után gamma-spektrometriával mérik az aeroszol-mintákat.

B. Kihullás (fall-out) mérése:

- ERMAH esetében a mintavevő edények felülete 0,15-0,4 m². A havi mintázással kapott teljes kihullás mintáknak a laboratóriumok – felszerelésüktől függően – csak az összesbéta-aktivitását mérik, illetve azok gamma-spektrometriai elemzését is elvégzik. A mintavétel és mérés jellemző kimutatási határa 20-500 mBq/(m²·nap) (összesbéta aktivitás-koncentrációra) és 1-20 mBq/(m²·nap) (a ¹³⁷Cs izotópra gamma-spektrometriai vizsgálat alapján). Az összesbéta-aktivitások mérése ugyanazon detektorokkal történik, mint az aeroszol minták esetében, amelyek a kb. 50 keV-nél nagyobb energiájú elektronok detektálására képesek.
- NÉBIH méréseit tekintve a mintavételi felület 1 m², a mintagyűjtés ideje 1 hónap. Bepárlás után gamma-spektrometria, összes alfa, összes béta és radiostroncium meghatározás történik.

C. Talajminták mérése:

- A talajmintákat az előkészítés során tisztítják (eltávolítják a köveket, gyökér-, növénymaradványokat), szárítják, homogenizálják. A mérések az összesbéta-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-nél nagyobb energiájú elektronok detektálására képesek.

- Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában a talajminták felső 5cm-es szelete minden esetben elemzésre került (bolygatatlan talajnál az 5-20cm rész is). A talajminták γ -spektrometriás vizsgálata szárítás után 450 cm³ térfogatú Marinelli edényben, 80000 s mérési idővel, az összesbétaaktivitás-koncentráció meghatározás 2 g talajból történik szűrővizsgálatként. A felső 5 cm-es szeletből - kémiai elválasztás után - ⁹⁰Sr aktivitás-koncentráció is meghatározásra kerül. Ezeket a vizsgálatokat lehetőség szerint, minden mintából elvégzik. 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 NNK SSFO a Duna-alprogram keretében havi gyakorisággal mintát vesz. A mintaelőkészítés a gamma-spektrometriai elemzés esetén bepárlást (45 literrel 150 ml-re), az összesbéta-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 összesbéta-aktivitásméréseket 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 három pontján – Uszód, Gerjen, Baja – havi gyakorisággal vesz felszíni vizet trícium vizsgálatra. A minta desztillálása és oxigénmentesítése után, dúsítás nélkül folyadékszintillációs technikával történik a mérés. Alsó méréshatár 0,9 Bq/l.

E. Ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz:

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

F. Takarmány:

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

G. Növényi eredetű, nyers élelmiszer:

- Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában zöldségfélék, gyümölcsök, illetve szabadban termő gombák is szerepelnek. A γ -spektrum analízist a minta 450 °C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb.20-30 g), 80000 s mérési idővel, az összesbéta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 grammjából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként. Szintén ebből a hamuból történik az összes- α szűrővizsgálat. (ezek a jelentésben nem szerepelnek). Leveles zöldségfélékből, vadon termő ehető gombákból, illetve a gyökérszöldségekből - kémiai elválasztás után - a ⁹⁰Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák. Jellemző kimutatási határok: ¹³⁷Cs: 0,01 - 0,89 Bq/kg; ⁹⁰Sr: 0,03 - 0,12 Bq/kg. 2007. évtől a vizsgálati programban szerepel az EU más tagországaiból vagy harmadik országból származó zöldségek, gyümölcsök, fűszerek, szárított gombák, aszalt gyümölcsök ¹³⁷Cs szűrő vizsgálata. 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 minta-előkészítés tisztítást, a tömeg mérését, szárítást, majd hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összesbéta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 0,3-1g-jából végzik a laboratóriumok. Az aktivitás-koncentrációt nyers tömegre vonatkoztatják. Az ERMAH laboratóriumai a zöldségek, gyümölcsök összes béta-aktivitását a korábban említett szcintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére alkalmasak. A ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,3 Bq/kg.

H. Gabonafélék és azokból készült termékek:

- Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak monitoring programja ebben az élelmiszercsoportban is lefedi az országot: búza, árpa, kukorica, rozs minták szerepelnek. A γ -spektrum analízist a minta 450 °C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb.20-30 g), 80000 s mérési idővel, az összesbéta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1g-jából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként. Szintén ebből a hamuból történik az összes- α szűrővizsgálat, melyek a jelentésben nem szerepelnek. Kémiai elválasztás után a ⁹⁰Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák. Ezeket a vizsgálatokat, lehetőség szerint minden mintából elvégzik. Jellemző kimutatási határok: ¹³⁷Cs: 0,02 - 0,9 Bq/kg; ⁹⁰Sr: 0,03 - 0,5 Bq/kg. 2007. évtől szerepel az FmÁ NÉBIH vizsgálati programjában a kenyérfélék, péksütemények ¹³⁷Cs szűrővizsgálata is. A minták mérése eredeti anyagból, 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik.
- Az EüÁ 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 összesbéta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 0,3-2 grammjából végzik a laboratóriumok. Az aktivitás-koncentrációt száraz tömegre vonatkoztatják. Az összes béta-aktivitás mérések ugyanazon mérőműszerrel történnek, mint a zöldség és gyümölcs minták esetében. A ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,01-0,2 Bq/kg.

I. Tej, tejtermék:

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

J. Hús és hústermékek aktivitás-koncentrációi:

- Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában sertés, marha, baromfi, házinyúl, juh, hal és vadhús szerepel. A γ -spektrum analízist 105 °C-on szárított 450 cm³-ből (kb.200-250 g), 80000 s mérési idővel végzik a laboratóriumok. Jellemző kimutatási határok: ¹³⁷Cs: 0,05 - 1,7 Bq/kg. 2007. évtől szerepel az FmÁ NÉBIH monitoring programjában a húskészítmények, tengeri hal és tengeri puhatestűek ¹³⁷Cs szűrővizsgálata. A minták mérése eredeti anyagból, 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik.
- Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 megyében 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 összesbéta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 0,3-1 g-jából végzik a laboratóriumok. Az ERMAH laboratóriumai az állati eredetű minták összes béta-aktivitását szintén a korábban már említett szcintillációs detektorokkal és alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel mérik. Jellemző kimutatási határ: 0,01-0,2 Bq/kg (¹³⁷Cs).

K. Vegyes élelmiszer:

- Az EüÁ ERMAH mérési programjában az ERMAH vizsgálati régiók megyében történő félévenkénti mintavétel szerepel. A γ -spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított teljes hamujából, az összesbéta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 0,3g-jából végzik a laboratóriumok. A minta ⁹⁰Sr aktivitáskoncentrációját 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 radionuklidra 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 2022. évi eredmények kerülnek ismertetésre.

4.1 A külső gamma-dózisteljesítmény mérések eredményei

4.1.1 A Radiológiai Távmérő Hálózat adatai

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

- Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (a továbbiakban: BM OKF) – 56 állomás
- Magyar Honvédség (a továbbiakban: MH) – 38 állomás
- Országos Meteorológiai Szolgálat (a továbbiakban: OMSZ) – 27 állomás
- PA Zrt. – 20 állomás
- Oktatási Ágazat (Emberi Erőforrások Minisztériuma 2022. május 24-ig, utána KIM) – 13 állomás
- RHK Kft. – (Bátaapáti telephely) – 4 állomás

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

Alaphelyzetben a BM OKF, az Oktatási Ágazat, a PA Zrt. és az RHK Kft. adatai 10 percenként, az OMSZ adatai óránként, a MH adatai pedig 3 óránként érkeznek a 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 elérhetők: <https://remap.jrc.ec.europa.eu>.

Az Oktatási Ágazathoz tartozó egyetemeken elhelyezett, 13 mérőszonda dózisteljesítmény adatait a BME NTI gyűjti és értékeli. Az egyetemi mérőhálózat adatai a <http://omosjer.reak.bme.hu/> honlapon elérhetőek.

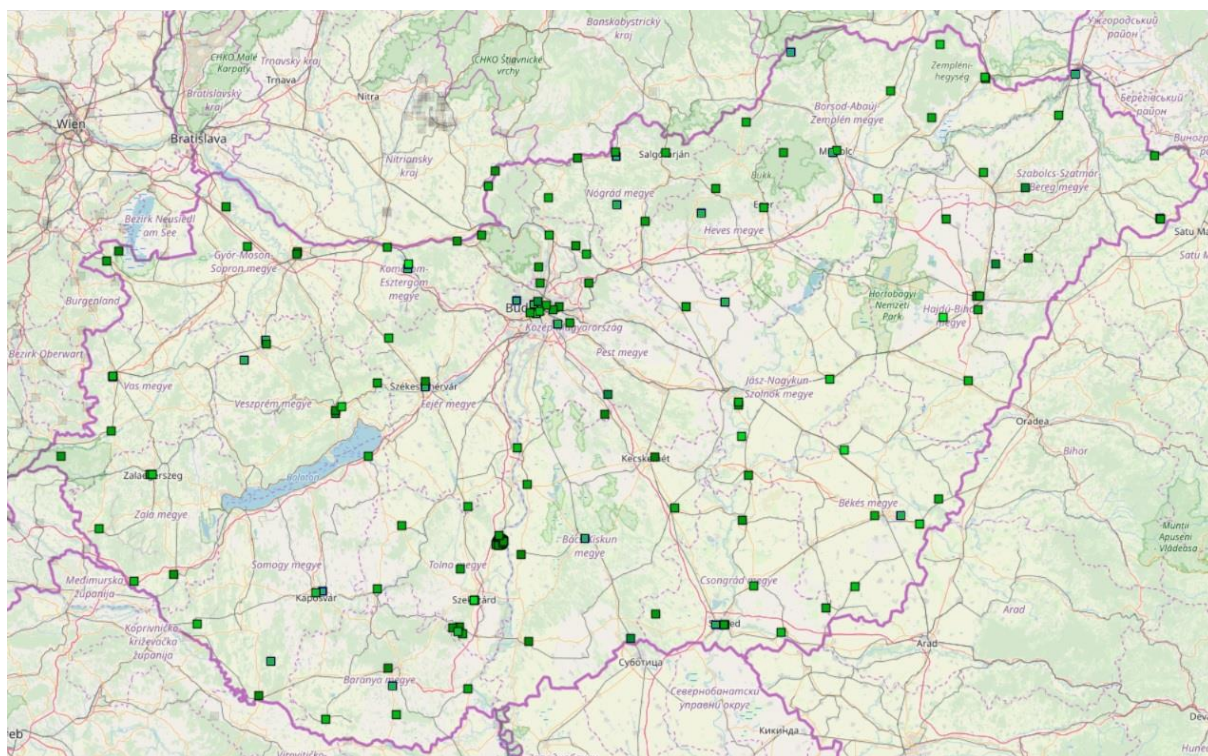
Az OSJER TMH mérőállomások országos területi elhelyezkedését az 4-1. ábra szemlélteti. Látható, hogy a területi eloszlás nem egyenletes, a kiemelt létesítmények környezetében - pl. Budapest és a Paksi Atomerőmű térségében - az állomások sűrűsége nagyobb, egyes térségekben azonban megyénként csak 1-2 állomás található.

Az adott pontban mérhető környezeti dózisteljesítményt négy tényező határozza meg:

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

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

A 4-2. ábrán a napi dózisteljesítmények országos átlagának, illetve az adott napon mért minimum és maximum értékeknek 2022. évi változása látható. A tárgyidőszakban nem történt olyan valós esemény, amely a riasztási szint túllépését eredményezte volna. A napi dózisteljesítmény országos éves átlaga 94 nSv/h volt, ami lényegében megegyezik a 2022. évi értékkel. Az egyes mérőállomásokon mért napi átlagok 56 - 166 nSv/h közötti tartományban mozogtak. Az adatok környezeti dóziségyenérték teljesítményben vannak megadva.



4-1. ábra

A dózisteljesítmény-mérőhelyek országos elhelyezkedése

4-1. táblázat
Országos dózisteljesítmény eredmények napi átlagainak jellemzői 2022-ben (N az üzemelő napok számát jelöli)

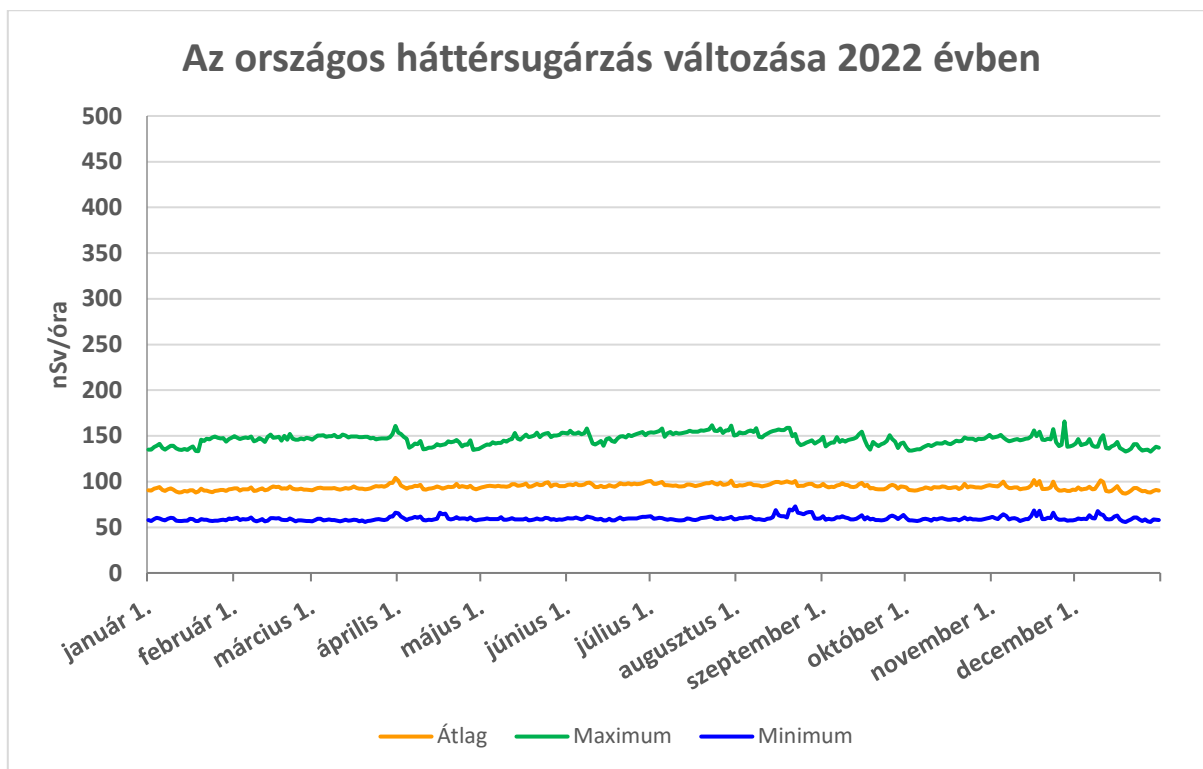
Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0101	Rétság	113	103	124	4	363
HU0104	Ózd	97	86	116	4	365
HU0109	Szekszárd	101	94	111	3	343
HU0118	Veszprém	118	106	134	5	324
HU0120	Budapest XIV. OKF	98	86	109	5	363
HU0124	Salgótarján	101	86	115	7	365
HU0130	Gyomaendrőd	118	97	138	9	365
HU0131	Vajta	105	93	118	4	365
HU0132	Budapest - Ferihegy	99	90	111	4	365
HU0133	Komárom	99	89	113	5	365
HU0134	Szombathely	108	99	119	4	365
HU0135	Solt	96	82	111	6	365
HU0136	Zalaegerszeg	108	100	118	4	365
HU0137	Kisújszállás	112	102	124	5	365
HU0138	Berettyóújfalu	111	99	123	5	365
HU0139	Hajdúszoboszló	122	100	152	14	365
HU0140	Gyula	116	97	133	8	365
HU0141	Mezőkovácsháza	117	95	145	12	365
HU0142	Kiskunfélegyháza	101	92	111	3	365
HU0143	Vámosmikola	107	98	126	4	363
HU0144	Mór	116	106	126	4	360
HU0145	Siófok	98	79	117	10	362
HU0146	Dombóvár	99	88	111	4	365
HU0147	Letenye	112	100	123	4	355
HU0148	Lenti	107	94	135	7	335
HU0149	Tiszaújváros	115	107	127	3	320
HU0150	Balassagyarmat	94	87	103	3	365
HU0151	Barcs	84	76	97	3	365
HU0152	Csenger	93	84	111	4	348
HU0153	Csurgó	109	99	117	4	365
HU0154	Dunaújváros	119	111	134	4	364
HU0155	Eger	103	94	117	4	365
HU0156	Encs	102	91	114	4	365
HU0157	Esztergom	103	94	117	5	364
HU0158	Hajdúnánás	99	86	108	5	365
HU0159	Jászberény	98	89	114	4	364
HU0160	Kalocsa	81	72	92	5	364
HU0161	Kisnémedi	88	79	99	4	365
HU0162	Kisvárd	103	91	119	6	348
HU0163	Körmend	99	91	109	3	365
HU0164	Kunszentmárton	93	85	103	3	365
HU0165	Lébény	93	83	103	5	365
HU0166	Makó	106	92	127	8	354
HU0167	Mohács	94	83	107	6	365
HU0168	Nyíradony	86	78	98	3	365
HU0169	Paks	91	83	105	3	365
HU0170	Ruzsa	87	81	102	3	364
HU0171	Sarkad	106	96	118	4	365
HU0172	Sátoraljaújhely	108	98	119	5	365
HU0173	Sellye	114	102	127	6	365
HU0174	Szatmárcseke	98	88	111	5	354
HU0175	Szécsény	113	101	125	5	363
HU0176	Tamási	99	87	116	6	365
HU0177	Tiszaföldvár	125	106	137	8	365

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0178	Vác	109	99	120	4	365
HU0179	Váckisújfalu	104	93	114	5	365
HU0201	Bátaapáti - Zsibrik halastó	96	83	134	13	365
HU0202	Bátaapáti - Mórággy	114	86	161	20	321
HU0203	Bátaapáti - Rozsdás útélágazás	96	76	147	20	363
HU0204	Bátaapáti - Vadászház	132	124	148	4	365
HU0211	Budapest BME	90	86	100	2	213
HU0212	Budapest ELTE	59	56	68	2	352
HU0213	Budapest SOTE	114	112	118	1	315
HU0214	Debrecen	94	88	107	2	358
HU0215	Gödöllő	93	91	102	2	263
HU0217	Pécs	84	79	97	1	347
HU0218	Sopron	94	91	103	1	365
HU0219	Szeged1 - Szilárdtest és Radiokémia Tanszék	99	97	103	1	224
HU0221	Veszprém	77	73	85	1	200
HU0223	Szombathely	80	73	103	4	269
HU0301	Siklós	110	101	127	5	358
HU0302	Székesfehérvár	83	79	97	2	362
HU0303	Veszprém	80	76	90	2	362
HU0304	Tata	144	133	162	7	362
HU0305	Győr	80	76	88	2	362
HU0307	Várpalota	95	89	108	3	358
HU0310	Debrecen	84	79	102	3	362
HU0311	Táborfalva	83	79	166	5	341
HU0312	Hódmezővásárhely	99	91	113	3	361
HU0313	Szentendre	89	84	99	2	362
HU0316	Kaposvár	124	113	146	6	362
HU0322	Medina	97	91	114	3	362
HU0326	Jobbágyi	91	86	112	3	331
HU0328	Kecskemét	77	73	94	2	355
HU0329	Szentes	85	79	102	2	362
HU0330	Budapest X.ker. (HTEK VVR)	94	85	110	6	316
HU0331	Budapest XIII. ker. (HM II)	74	71	85	2	363
HU0332	Zalaegerszeg	100	94	116	3	362
HU0333	Miskolc	97	91	115	3	333
HU0335	Békéscsaba	99	91	124	4	240
HU0337	Pápa	88	81	107	3	355
HU0338	Szekszárd	138	130	148	4	357
HU0339	Budapest XI. ker. (Órezred)	96	88	106	4	361
HU0344	Budapest V. ker. HM I	82	78	95	2	237
HU0346	Budakeszi	97	90	109	3	362
HU0348	Pusztavacs	72	64	86	3	333
HU0349	Budapest XV. ker. HTEK (MH LEK 2. RB)	86	81	115	3	361
HU0350	Budapest II. ker. THHE	87	82	101	3	343
HU0351	Recsk	94	87	122	4	361
HU0355	Szolnok Repülőtér	103	93	142	5	353
HU0356	Hajdúhadház	76	70	102	4	323
HU0357	Pápa Repülőtér	92	83	131	8	144
HU0358	Szolnok Repülőtér 2	95	84	114	5	361
HU0359	Nyírtelek	110	100	127	5	268
HU0387	Erdőbénye	90	80	108	5	292
HU0388	Telkibánya	114	100	136	5	362
HU0389	Buják	84	76	116	5	341
HU0391	Bánkút	96	91	109	3	296

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0400	Mosonmagyaróvár	98	91	118	4	361
HU0401	Napkor	72	68	86	2	287
HU0402	Fertőrákos	78	73	91	3	287
HU0403	Baja Csillagvizsgáló	81	76	111	3	303
HU0404	Békéscsaba repülőtér	76	67	99	4	218
HU0405	Kékestető	91	83	115	4	223
HU0406	Budapest Pestszentlőrinc	85	79	103	4	72
HU0407	Győr Likócs	82	77	92	2	287
HU0408	Farkasfa	92	85	110	4	247
HU0409	Szeged külterület	74	69	88	3	67
HU0410	Debrecen repülőtér	92	84	120	4	361
HU0411	Miskolc Diósgyőr	77	73	87	2	221
HU0413	Jósvaő	77	73	95	3	224
HU0414	Szécsény	96	88	117	4	358
HU0415	Tát Vízmű	90	83	105	3	321
HU0416	Tata	65	60	75	2	221
HU0417	Záhony	73	69	95	3	115
HU0418	Nagykanizsa	93	86	108	3	287
HU0419	Homokszentgyörgy Marietapuszta	83	79	90	3	38
HU0421	Kelebia	74	69	140	4	361
HU0424	Pitvaros	96	88	113	3	316
HU0425	Sátoraljaújhely	98	90	111	4	315
HU0427	Tésa Vízmű	86	80	106	3	286
HU0429	Csenger	96	91	111	4	37
HU0500	Paks A1	73	57	95	3	362
HU0501	Paks A2	72	68	94	3	364
HU0502	Paks A3	80	73	90	2	365
HU0503	Paks A4	78	70	95	3	365
HU0504	Paks A5	79	73	100	3	354
HU0505	Paks A6	69	63	94	4	357
HU0506	Paks A7	69	66	90	2	365
HU0507	Paks A8	81	77	99	3	365
HU0508	Paks A9	72	68	87	2	365
HU0509	Paks G1	69	66	91	3	361
HU0510	Paks G2	68	65	91	3	365
HU0511	Paks G3	72	64	94	3	336
HU0512	Paks G4	76	72	97	3	365
HU0513	Paks G5	70	63	83	3	365
HU0514	Paks G6	69	65	90	3	363
HU0515	Paks G7	81	76	100	3	365
HU0516	Paks G8	81	76	102	3	365
HU0517	Paks G9	84	79	106	3	365
HU0518	Paks G10	70	66	89	2	365
HU0519	Paks G11	71	68	90	2	365

* A tárgyévben a telepített mérőállomások közül hat nem szolgáltatott adatokat, ezeket nem tüntettük fel a táblázatban.

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 az OMSZ, az 500-as kezdetűek pedig a Paksi Atomerőmű mérőhelyeit jelölik.



4-2. ábra

A napi dózisteljesítmények országos átlagának, maximális és minimális értékeinek változása 2022-ben

4.1.2 Időszakos külső gamma-dózisteljesítmény mérések

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

4-2/a. táblázat

Az ERMAH laboratóriumok mérési adatai

Település	Átlag, nSv/h	Minimum, nSv/h	Maximum, nSv/h	Szórás, nSv/h	N
Budapest	80	72	103	4	242
Debrecen	129	100	170	13	191
Győr	106	94	115	4	54
Miskolc	128	115	150	8	50
Szeged	90	70	103	6	46
Szekszárd	111	75	125	10	45

A külső gamma-dózisteljesítmény mérése ún. integráló típusú passzív detektorokkal is történhet. Az NNK SSFO egy 37 pontból álló Paksi Atomerőmű környéki TLD-hálózatot működtet. A mérőhálózat mérési helyszíneire negyedévente küldik ki a termolumineszcens detektorokat (TLD) postán vagy cserélik személyesen, így minden detektor negyedéves expozíciós időszak után kerül vissza. A detektorokat a szabadban helyezik ki a talajtól kb. 1 – 1,5 m magasságban.

A gamma-dózisteljesítményt minden munkanapon egy alkalommal mérik meg az NNK SSFO „C” épülete melletti füves területen AUTOMESS 6150 AD 6 vagy 6/H típusú műszerrel. 2022-ben az NNK SSFO telephelyének (Budapest, Budafok) udvarán végzett dózisteljesítmény mérések heti átlagát és minimum-maximum értékeit a 4-2/b. táblázat tartalmazza.

4-2/b. táblázat
Az NNK SSFO udvarán 2022-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	84,0	82 - 86	14	85,0	80 - 88	27	90,0	88 - 93	40	82,8	81 - 85
2	84,4	78 - 88	15	82,5	80 - 86	28	89,6	87 - 94	41	84,6	83 - 87
3	82,8	80 - 88	16	83,8	81 - 87	29	90,8	89 - 93	42	88,2	87 - 90
4	82,0	81 - 83	17	80,6	79 - 83	30	89,6	87 - 92	43	87,8	85 - 94
5	83,2	80 - 86	18	85,4	83 - 88	31	91,2	87 - 94	44	86,7	85 - 88
6	83,4	80 - 87	19	85,4	82 - 89	32	89,2	87 - 91	45	85,4	84 - 87
7	84,4	84 - 86	20	85,8	82 - 89	33	88,8	86 - 91	46	89,2	84 - 101
8	82,8	80 - 87	21	87,4	85 - 93	34	86,4	86 - 87	47	86,8	82 - 97
9	82,8	80 - 85	22	88,0	86 - 90	35	87,6	84 - 96	48	82,2	81 - 84
10	82,4	77 - 85	23	86,3	85 - 87	36	88,0	87 - 89	49	88,2	83 - 97
11	83,0	80 - 87	24	82,6	77 - 85	37	88,2	84 - 91	50	82,0	80 - 86
12	83,8	82 - 86	25	87,4	86 - 89	38	85,2	82 - 91	51	82,8	81 - 85
13	90,6	84 - 98	26	94,3	89 - 107	39	92,6	83 - 110	52	-	-

A NÉBIH laboratóriumi hálózata 5 db Automess 6150 AD 6+6150 AD-b típusú dózisteljesítmény mérővel végez időszakos méréseket. A Radioanalitikai Referencia Laboratórium a budapesti telephelyének udvarán lehetőség szerint heti rendszerességgel a szombathelyi telephelyen időszakonként mérik a dózisteljesítményt. Ezen kívül a laboratóriumok által vett környezetellenőrző minták mintavételekor is történik helyszíni dózisteljesítmény mérés, az adatokat a 4-3. táblázat tartalmazza.

4-3. táblázat
Az NÉBIH 2022-ben végzett dózisteljesítmény mérései

Megye	Átlag, nSv/h	Minimum, nSv/h	Maximum, nSv/h	N
BA	-	128	147	3
BE	97	85	110	10
BK	70	50	111	10
BP	73	65	86	43
CS	83	52	105	10
FE	-	-	70	1
GY	91	75	178	14
HE	85	52	102	10
JA	95	72	110	12
KO	-	79	92	9
NO	-	80	102	8
PE	93	68	110	29
TO	101	72	128	11
VA	94	61	148	33
VE	77	65	97	10

4.2 Levegőszűrők (aeroszol) mérési eredményei

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

Országosnak mondható kiépítettséget az EüÁ-hoz tartozó ERMAH laboratóriumi jelentenek. Emellett – mint létesítményfüggetlen mérési pont - az FmÁ NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratóriumának budapesti telephelyén működik egy nagy teljesítményű aeroszol mintavevő. Az ERMAH laboratóriumok levegőminta-vevői sajnos nem azonos teljesítőképességűek, ami az elvégezhető elemzések lehetőségét is meghatározza. 2022-ben közepes, illetve kis légforgalmú mintavevővel 4-4 laboratórium rendelkezett. Az ERMAH laboratóriumok aeroszol mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. Eszerint a közepes légforgalmú mintavevővel hetenként kell mintát venni, és a szűrők gamma-spektrometriai elemzését kell elvégezni, míg a kis légforgalmú mintavevőkkel vett napi minták esetében az összes béta-aktivitást kell meghatározni. (Ez utóbbiak esetében, a legalább 72 órás pihentetés utáni eredmények veendő figyelembe.)

Az EüÁ ERMAH és egyéb programjai keretében 2022-ben 810 aeroszol mintát vettek. Az FmÁ NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratóriuma 2022-ben 51 mintát vett.

A 4-4.táblázat tartalmazza az ERMAH és NÉBIH laboratóriumok aeroszol mérési eredményeit jellemző éves átlagokat, minimum és maximum értékeket, szórásokat, továbbá az éves mintaszámot és a kimutatási határ alatti eredmények számát; valamint az országos, összesített értékeket is. A táblázatból láthatóan a ¹³⁷Cs koncentrációi a kimutatási határ (kh) felett is megjelentek, a 0,0041 mBq/m³-es értékig. Az aeroszolban mérhető természetes eredetű ⁷Be radionuklid koncentrációjának szokásos értéktartománya 1,1-17 mBq/m³ közötti. Az aeroszol-szűrők legalább 72 órás pihentetés után mért összes béta-aktivitásai jellemzően 0,15-59 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.

4-4. táblázat
Országos aeroszol mérési eredmények éves jellemzői 2022-ben (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag, mBq/m ³	Minimum, mBq/m ³	Maximum, mBq/m ³	Szórás, mBq/m ³	N	Kha
Be-7	BP	6,7	1,2	16	3,6	101	0
Be-7	GY	3,8	1,1	12	1,9	47	5
Be-7	TO	5,0	1,2	17	2,8	45	0
Cs-137	BP	0,0018	0,00037	0,0041	0,0013	101	79
Cs-137	GY	-	0,0011	0,0014	-	47	44
Cs-137	TO	-	-	-	-	45	45
Összes-béta	BK	0,67	0,22	2,5	0,56	16	0
Összes-béta	BP	0,94	0,92	2,4	0,43	185	101
Összes-béta	CS	8,3	1,4	59	8,4	52	0
Összes-béta	HA	0,79	0,20	20	3,2	39	0
Összes-béta	TO	1,1	0,15	6,1	0,78	353	130
Be-7	Összesen	5,6	1,1	17	-	193	5
Cs-137	Összesen	0,0013	0,00037	0,0041	-	193	168
Összes-béta	Összesen	1,6	0,15	59	-	645	231

4.3 Kihullás (fall-out) eredmények

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

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

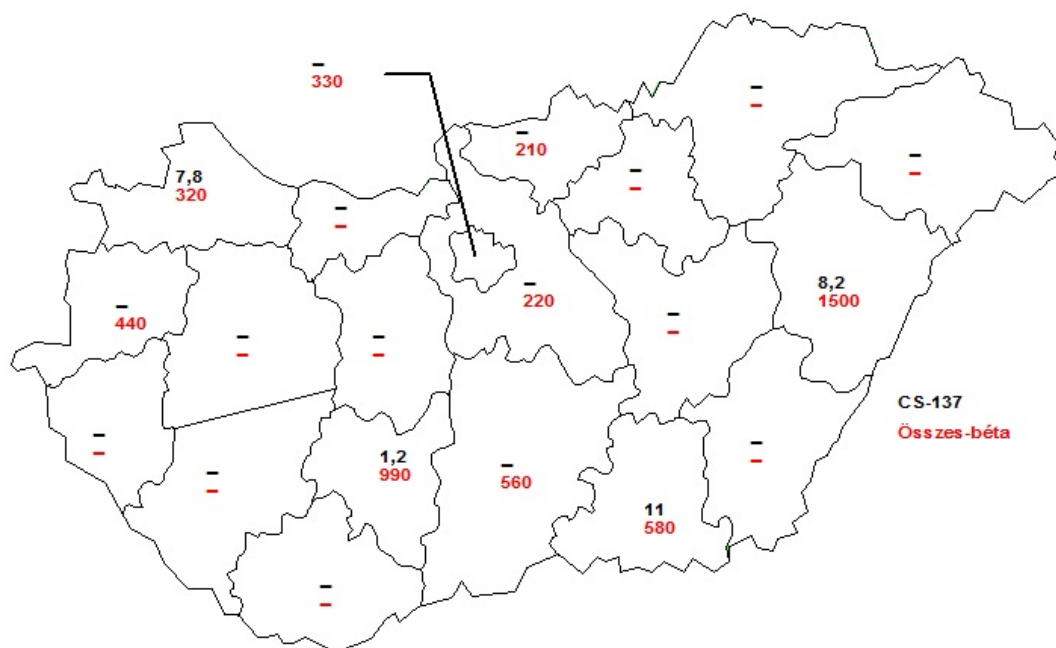
Az ERMAH a kihullást a központi és a 6 regionális laboratóriumában, összesen 9 megyében és a fővárosban mintázza és méri (4-3 ábra).

4-5. táblázat
Kihullás mérési eredmények országos, éves jellemzői 2022-ben (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag mBq/m ² /nap	Minimum mBq/m ² /nap	Maximum mBq/m ² /nap	Szórás mBq/m ² /nap	N	Kha
Be-7	BK	1600	610	2900	940	13	0
Be-7	BP	490	33	910	300	12	1
Be-7	CS	-	520	3000	-	8	0
Be-7	HA	-	560	5200	-	8	0
Be-7	NO	-	440	450	-	2	0
Be-7	PE	-	-	460	-	1	0
Be-7	TO	1700	180	5900	1300	60	0
Be-7	VA	1400	79	3300	880	12	0
Cs-137	BK	-	-	-	-	13	13
Cs-137	BP	-	-	-	-	12	12
Cs-137	CS	-	6,6	11	-	7	0
Cs-137	GY	-	-	7,8	-	12	11
Cs-137	HA	5,9	3,2	8,2	1,6	10	0
Cs-137	NO	-	-	-	-	2	2
Cs-137	PE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	TO	-	-	1,2	-	60	59
Cs-137	VA	-	-	-	-	12	12
Összes-béta	BK	-	130	560	-	9	0
Összes-béta	BP	150	38	330	84	10	0
Összes-béta	CS	330	120	580	170	11	0
Összes-béta	GY	83	2,0	320	80	46	0
Összes-béta	HA	350	77	1500	430	10	0
Összes-béta	NO	-	190	210	-	2	0
Összes-béta	PE	-	-	220	-	1	0
Összes-béta	TO	340	35	990	220	48	0
Összes-béta	VA	240	66	440	100	12	0
Be-7	Összesen	1500	33	5900	-	116	1
Cs-137	Összesen	3,5	1,2	11	-	129	110
Összes-béta	Összesen	230	2,0	1500	-	149	0

Az ERMAH laboratóriumok kihullásra vonatkozó mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. Az EüÁ ERMAH programja keretében 2022-ben 197 fall-out mintát vett. 2022-ben a NÉBIH laboratóriumai 37 fall-out mintát vettek.

A 2022-ben, az egyes mintavételi pontokra kapott eredményeket a 4-5. táblázat foglalja össze. A kihullás összes béta-aktivitásainak átlagos értékei az egyes megyékben eltérőek, de az országos átlag nagyságrendileg egyezik a 2022 évvel. A Cs-137 aktivitása, a minták 90%-ában kimutatási határ alatti volt.



4-3. ábra

Kihullás éves maximumainak országos eloszlása 2022-ben
(EüÁ és FmÁ, mBq/m²/nap mértékegységben)

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

4.4 Talajminták mérési eredményei

A talajban található radionuklidok aktivitás-koncentrációit országosan az EüÁ ERMAH, illetve az FmÁ NÉBIH laboratóriumai mérik.

Az FmÁ 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. 2022-ben 19 megye és Budapest területéről, 210 talajminta vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai.

Az ERMAH laboratóriumok az ország 19 megyéjében és a fővárosban, negyedévente vesznek talajmintát a talaj felső 10 cm vastagságú rétegéből. Az EüÁ ERMAH egyéb mérési programjai keretében 2022-ben összesen 261 talajminta vizsgálatát végezték el.

Az ERMAH és az FmÁ NÉBIH laboratóriumok országos mérési eredményei a 4-4. ábrán láthatók. Az ábra a ^{137}Cs , a ^{90}Sr és az összesbéta aktivitás-koncentrációk maximális értékeit szemlélteti az egyes megyékre összegezve. Az FmÁ NÉBIH és az ERMAH programja szolgáltat nuklidszelektív eredményeket (különösen Cs esetén) a legtöbb megyére. A talajmérési eredmények éves jellemzőit a 4-6. táblázat foglalja össze.

A csernobili kihullásból és a légköri atomfegyver kísérletekből származó ^{137}Cs izotóp aktivitás-koncentrációja még mindig jól mérhető. Megyéenkénti átlagai a 2021. évinél kissé alacsonyabbak voltak, értéktartománya 2,8-15 Bq/kg, az egyedi eredmények maximuma a 510 Bq/kg volt, mely magasabb a tavalyi értéknél. A ^{90}Sr izotóp koncentrációinak értékei ennél kisebbek, 0,81-3,3 Bq/kg közöttiek voltak. Az összesbéta aktivitás-koncentrációk nagyobbak (520-820 Bq/kg), azonban ez az aktivitás túlnyomórészt a természetes ^{40}K izotóptól származik.

A talaj ^{137}Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 9,2 Bq/kg, a ^{90}Sr izotópé ennél kisebb, 1,8 Bq/kg, a döntően természetes eredetű összes béta-aktivitása pedig 620 Bq/kg volt 2022-ben. Ezek az eredmények nem térnek el lényegesen, a 2021. éviéktől.

4-6. táblázat
Talajmérési eredmények éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	4,5	0,35	16	3,8	18	1
Cs-137	BE	2,9	1,7	4,2	0,54	14	0
Cs-137	BK	4,6	0,20	23	4,5	63	14
Cs-137	BP	-	11	53	-	4	0
Cs-137	BZ	-	4,6	37	-	9	1
Cs-137	CS	3,1	1,6	4,8	1,1	15	0
Cs-137	FE	6,5	1,5	12	3,0	17	0
Cs-137	GY	15	2,7	33	7,9	40	0
Cs-137	HA	-	3,5	22	-	5	0
Cs-137	HE	14	4,7	46	12	10	0
Cs-137	JA	-	2,5	5,8	-	9	0
Cs-137	KO	8,5	2,8	29	7,1	14	1
Cs-137	NO	-	5,7	120	-	5	0
Cs-137	PE	7,1	1,9	33	6,1	53	0
Cs-137	SO	15	3,1	49	14	12	0
Cs-137	SZ	-	0,84	5,9	-	9	0
Cs-137	TO	6,4	0,73	29	6,7	121	14
Cs-137	VA	-	3,0	12	-	6	0
Cs-137	VE	14	1,4	87	20	20	0
Cs-137	ZA	-	2,0	28	-	6	0
Sr-90	BA	-	0,76	2,3	-	12	4
Sr-90	BE	-	1,2	4,1	-	6	0
Sr-90	BK	0,81	0,47	1,6	0,32	16	3
Sr-90	BP	-	-	1,2	-	1	0
Sr-90	BZ	-	0,39	8,4	-	5	0
Sr-90	CS	-	0,28	6,7	-	9	1
Sr-90	FE	2,2	0,39	4,1	1,3	11	0
Sr-90	GY	-	-	-	-	1	1
Sr-90	HA	-	0,80	1,3	-	2	0
Sr-90	HE	-	0,77	4,8	-	8	1
Sr-90	JA	-	0,87	1,6	-	7	1
Sr-90	KO	-	0,45	6,0	-	5	0
Sr-90	NO	-	0,75	2,1	-	2	0
Sr-90	PE	1,6	0,32	11	1,6	42	3
Sr-90	SO	-	1,7	2,0	-	4	0
Sr-90	SZ	-	0,60	3,1	-	7	0
Sr-90	TO	-	0,78	10	-	12	4
Sr-90	VA	-	-	1,2	-	1	0
Sr-90	VE	3,3	0,53	11	3,2	13	1
Sr-90	ZA	-	0,66	2,0	-	2	0
Összes-béta	BA	820	610	950	100	12	0
Összes-béta	BE	740	500	890	110	14	0
Összes-béta	BK	520	340	750	130	27	0
Összes-béta	BP	-	370	520	-	4	0
Összes-béta	BZ	-	430	1100	-	9	0
Összes-béta	CS	600	310	940	230	15	0
Összes-béta	FE	650	360	760	130	11	0
Összes-béta	GY	-	-	740	-	1	0
Összes-béta	HA	-	210	770	-	3	0
Összes-béta	HE	680	550	800	92	10	0
Összes-béta	JA	-	630	940	-	7	0
Összes-béta	KO	-	500	770	-	9	0
Összes-béta	NO	-	570	900	-	5	0
Összes-béta	PE	590	280	840	170	53	0

4.5 Felszíni vizek monitoringja

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

A Környezetvédelmi és Vízügyi Ágazat területi kormányhivatalaihoz tartozó laboratóriumok, az országos felszíni vízminőségi törzshálózat program keretében mérik a vizek összesbéta aktivitás-koncentrációit. A BAMKH 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 BAMKH NF LO vizsgálja az orvosi alkalmazásból származtatható mesterséges radionuklidok jelenlétét, a potenciálisan veszélyeztetett felszíni vizekben (^{131}I). 2022-ben mérési programjaik keretében 310 vízminta vizsgálatát végezték el a Környezetvédelmi és Vízügyi Ágazat (a továbbiakban: KvVÁ) laboratóriumai.

Az ERMAH mérési program keretében a laboratóriumok megyénként 1-1 mintavételi pontban, havonta egy folyóvizet és negyedévente egy állóvizet mintáznak. Az EüÁ ERMAH, egyéb mérési programjai keretében 2022-ben összesen 458 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 NNK 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 -aktivitáskoncentráció és gamma-spektrometriai meghatározások történnek.

A NÉBIH laboratóriumai Baja, Uszód és Gerjen közelében havonta vesznek mintát a Duna vizéből és ^3H -meghatározást végeznek belőle. 2022-ben 9 ilyen mérést végeztek.

A 2022. évben kapott mérési eredményeket a 4-7. táblázat foglalja össze. A Dunában található mesterséges – csernobili eredetű – radionuklidok koncentrációja alacsony, általában 0,033-54 mBq/l nagyságrendű. Az összesbéta aktivitás-koncentrációk, egy-két kivételtől eltekintve, általában nem érik el az 1 Bq/l értéket. Az eredmények szóródása jelentős, a maximum és minimum értékek között 1-2 nagyságrend eltérés is lehet.

4-7. táblázat
Egyes felszíni vizek mérési eredményeinek éves jellemzői (EüÁ, FmÁ és KvVÁ)

Radionuklid	Víz neve	Átlag mBq/l	Minimum mBq/l	Maximum mBq/l	Szórás mBq/l	N	Kha
Cs-137	Által ér	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Balaton	-	-	9,3	-	2	1
Cs-137	Cseke tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Deseda tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Duna	1,4	0,13	4,8	1,1	74	60
Cs-137	DVCS	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Eger patak	-	-	5,1	-	1	0
Cs-137	Fertő tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Godafoki csat.	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Halas-tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Hámori tó	-	-	16	-	1	0
Cs-137	Által ér	-	-	-	-	2	2

Radionuklid	Víz neve	Átlag mBq/l	Minimum mBq/l	Maximum mBq/l	Szórás mBq/l	N	Kha
Cs-137	Balaton	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Cseke tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Deseda tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Duna	-	0,13	36	-	63	60
Cs-137	Fehér tó	-	-	13	-	1	0
Cs-137	Fertő tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Halas-tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Hármas Körös	-	0,033	49	-	4	0
Cs-137	Holt Duna-ág	-	-	-	-	6	6
Cs-137	Holt tisza	-	-	11	-	1	0
Cs-137	Horgásztó	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Kapos	-	-	-	-	14	14
Cs-137	Kondor tó	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Maros	-	24	54	-	6	0
Cs-137	Orfűi tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Pécsi-víz	-	-	-	-	12	12
Cs-137	Rába	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Sárvár tó	-	-	9,0	-	2	1
Cs-137	Séd patak	-	-	3,1	-	2	1
Cs-137	Sóstó	-	-	11	-	1	0
Cs-137	Szelidi tó	-	-	-	-	6	6
Cs-137	Tisza	-	0,47	43	-	5	0
Cs-137	Vekeri tó	-	-	11	-	1	0
Cs-137	Zala	-	-	-	-	2	2
H-3	Börzsöny patak	-	-	3900	-	2	1
H-3	Duna	2800	900	8900	1900	139	84
H-3	Horgásztó	-	-	-	-	2	2
H-3	Kemence patak	-	2900	4100	-	2	0
H-3	Letkés patak	-	2900	5200	-	2	0
H-3	Szelidi tó	-	2000	7800	-	12	5
Sr-90	Duna	-	-	-	-	14	14
Össz-béta	Által ér	110	70	220	41	11	0
Össz-béta	Balaton	400	90	580	140	28	0
Össz-béta	Bátaapáti patak	330	120	1900	550	10	0
Össz-béta	Bódva	160	120	200	23	12	0
Össz-béta	Börzsöny patak	-	140	150	-	2	0
Össz-béta	Cseke tó	-	90	150	-	4	0
Össz-béta	Deseda tó	-	150	180	-	4	0
Össz-béta	Dráva	140	100	240	38	12	0
Össz-béta	Duna	110	11	450	50	203	5
Össz-béta	Fehér tó	-	190	250	-	4	0
Össz-béta	Fertő tó	-	360	490	-	4	0
Össz-béta	Halas-tó	-	70	90	-	3	0
Össz-béta	Hármas Körös	190	86	600	160	12	0
Össz-béta	Hármas-Körös	-	100	170	-	12	5
Össz-béta	Hernád	180	120	310	48	12	0
Össz-béta	Holt Duna-ág	210	170	260	30	10	0
Össz-béta	Holt tisza	-	-	310	-	1	0
Össz-béta	Horgásztó	-	120	130	-	3	0
Össz-béta	Horgász-tó	-	90	370	-	3	0
Össz-béta	Kapos	380	150	1500	290	22	0
Össz-béta	Keleti Főcsatorna	150	110	190	26	10	0

Radionuklid	Víz neve	Átlag mBq/l	Minimum mBq/l	Maximum mBq/l	Szórás mBq/l	N	Kha
Össz-béta	Kemence patak	-	67	78	-	2	0
Össz-béta	Kondor tó	150	130	190	17	10	0
Össz-béta	Körös/Fehér-körös	110	63	130	22	11	0
Össz-béta	Lajta	110	20	300	96	12	0
Össz-béta	Lapincs	100	10	450	120	12	0
Össz-béta	Letkés patak	-	200	350	-	2	0
Össz-béta	Maros	200	100	390	82	25	2
Össz-béta	Nádor-csatorna	440	320	570	90	12	0
Össz-béta	Orfűi tó	-	99	160	-	4	0
Össz-béta	Pinka	95	10	270	75	12	0
Össz-béta	Rába	65	20	180	33	34	0
Össz-béta	Sajó	150	120	220	31	12	0
Össz-béta	Sárvár tó	-	30	90	-	3	0
Össz-béta	Séd patak	59	20	240	59	12	0
Össz-béta	Sió	460	310	600	95	10	0
Össz-béta	Sóstó	-	-	190	-	1	0
Össz-béta	Szelidi tó	210	130	290	45	22	0
Össz-béta	Tisza	140	95	330	52	54	13
Össz-béta	Vártó	-	130	210	-	4	0
Össz-béta	Vekeri tó	-	-	280	-	1	0
Össz-béta	Velencei-tó	-	1400	2800	-	9	0
Össz-béta	Zala	58	40	100	19	11	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 EüÁ ERMAH laboratóriumok végeznek. A mintavételi program megyénkénti negyedéves mintázást ír elő az összes béta-mérésekhez. Ezenkívül a ^3H és ^{90}Sr vizsgálatokhoz évi 2-2 mintát vesznek megyénként. Az EüÁ ERMAH egyéb mérési programjai keretében 2022-ben összesen 454 vízminta vizsgálatát végezték el.

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumai is végeznek ivóvíz – elsősorban élelmiszer előállításához használt saját kútból származó ivóvíz – méréseket. 2022-ben összesen 12 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 4-8. táblázat mutatja be.

Az összes béta-aktivitások átlagai a 0,1 Bq/l érték körüliek, azonban így is jóval az Egészségügyi Világszervezet által ajánlott szint (1 Bq/l) alatt maradtak. Az ivóvíz trícium aktivitás-koncentrációi két jellemző csoportba sorolhatók. A felszíni víz eredetű ivóvizeknél az átlagérték hasonló a felszíni vizekéhez, 3-8 Bq/l nagyságú. A mélységi ivóvizek (karszt, artézi)

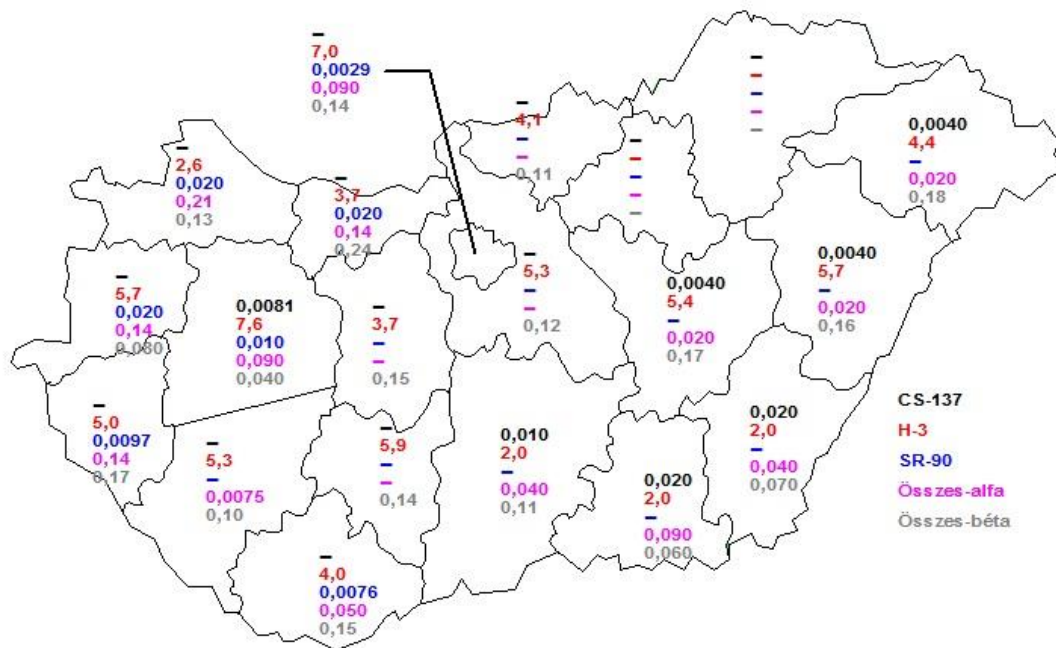
trícium koncentrációi viszont legfeljebb a 1-2 Bq/l értéket érik el (gyakran kimutatási határ alattiak).

Az ivóvíz ^3H aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 2,9 Bq/l. A legnagyobb érték (7,6 Bq/l) is jóval kisebb, mint az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X.25.) Korm. rendeletben az európai uniós ajánlás alapján megadott parametrikus érték (100 Bq/l). A ^{90}Sr koncentrációi 0,0018-0,021 Bq/l között vannak, az összes béta-aktivitások átlaga 0,080 Bq/l, az összes alfa-aktivitások átlaga 0,052 Bq/l, míg a ^{137}Cs koncentrációi javarészt kimutatási határ alattiak, értékeik a 0,0038 és 0,025 Bq/l között találhatók.

4-8. táblázat
Ivóvíz mérési eredmények éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	-	-	5	5
Cs-137	BE	-	-	0,024	-	3	2
Cs-137	BK	-	-	0,015	-	6	5
Cs-137	BP	-	-	-	-	5	5
Cs-137	CS	-	-	0,025	-	1	0
Cs-137	FE	-	-	-	-	4	4
Cs-137	GY	-	-	-	-	3	3
Cs-137	HA	-	0,0038	0,0040	-	3	0
Cs-137	JA	-	0,0038	0,0040	-	3	0
Cs-137	KO	-	-	-	-	2	2
Cs-137	SO	-	-	-	-	4	4
Cs-137	SZ	-	0,0040	0,0040	-	3	0
Cs-137	TO	-	-	-	-	20	20
Cs-137	VA	-	-	-	-	4	4
Cs-137	VE	-	-	0,0081	-	5	4
Cs-137	ZA	-	-	-	-	4	4
H-3	BA	-	3,1	4,0	-	4	2
H-3	BE	-	2,0	2,0	-	3	1
H-3	BK	-	0,92	2,0	-	6	2
H-3	BP	-	2,4	7,0	-	14	6
H-3	CS	-	2,0	2,0	-	2	0
H-3	FE	-	2,4	3,7	-	4	1
H-3	GY	-	-	2,6	-	4	3
H-3	HA	-	2,0	5,7	-	4	0
H-3	JA	-	2,0	5,4	-	3	0
H-3	KO	-	2,3	3,7	-	6	2
H-3	NO	-	-	4,1	-	2	1
H-3	PE	-	-	5,3	-	2	1
H-3	SO	-	2,4	5,3	-	4	1
H-3	SZ	-	2,0	4,4	-	4	0
H-3	TO	2,9	2,3	5,9	1,1	24	11
H-3	VA	-	5,0	5,7	-	4	2
H-3	VE	-	4,7	7,6	-	4	2
H-3	ZA	-	4,6	5,0	-	4	2
Sr-90	BA	-	-	0,0076	-	4	3
Sr-90	BK	-	-	-	-	3	3
Sr-90	BP	-	0,0018	0,0029	-	4	0
Sr-90	FE	-	-	-	-	2	2
Sr-90	GY	-	-	0,020	-	3	2
Sr-90	KO	-	-	0,021	-	2	1
Sr-90	SO	-	-	-	-	4	4

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kha
Sr-90	TO	-	-	-	-	14	14
Sr-90	VA	-	-	0,021	-	4	3
Sr-90	VE	-	0,016	0,019	-	5	2
Sr-90	ZA	-	0,0097	0,0097	-	4	2
Összes-alfa	BA	-	0,012	0,050	-	5	1
Összes-alfa	BE	-	0,040	0,040	-	4	2
Összes-alfa	BK	-	0,040	0,040	-	4	2
Összes-alfa	BP	0,054	0,026	0,094	0,020	18	5
Összes-alfa	CS	-	0,049	0,095	-	2	0
Összes-alfa	FE	-	-	-	-	2	2
Összes-alfa	GY	-	0,081	0,22	-	4	1
Összes-alfa	HA	-	0,014	0,026	-	3	0
Összes-alfa	JA	-	0,0090	0,026	-	3	0
Összes-alfa	KO	-	0,12	0,14	-	4	2
Összes-alfa	SO	-	0,0059	0,0075	-	4	2
Összes-alfa	SZ	-	0,013	0,029	-	2	0
Összes-alfa	TO	-	-	-	-	4	4
Összes-alfa	VA	-	0,098	0,15	-	4	1
Összes-alfa	VE	-	0,085	0,098	-	4	2
Összes-alfa	ZA	-	0,051	0,14	-	4	0
Összes-béta	BA	-	0,093	0,15	-	9	1
Összes-béta	BE	-	0,0056	0,077	-	6	0
Összes-béta	BK	0,069	0,022	0,11	0,028	16	0
Összes-béta	BP	0,10	0,010	0,14	0,033	16	0
Összes-béta	CS	-	0,027	0,064	-	4	0
Összes-béta	FE	-	0,11	0,15	-	6	0
Összes-béta	GY	0,057	0,020	0,13	0,019	44	0
Összes-béta	HA	0,097	0,031	0,17	0,043	16	0
Összes-béta	JA	0,11	0,029	0,17	0,048	15	0
Összes-béta	KO	0,099	0,030	0,24	0,082	10	0
Összes-béta	NO	-	0,030	0,11	-	3	0
Összes-béta	PE	-	0,11	0,13	-	2	0
Összes-béta	SO	-	0,044	0,11	-	8	0
Összes-béta	SZ	0,096	0,0010	0,18	0,050	17	0
Összes-béta	TO	0,089	0,049	0,14	0,020	50	0
Összes-béta	VA	0,042	0,030	0,080	0,016	10	0
Összes-béta	VE	-	0,030	0,040	-	8	0
Összes-béta	ZA	0,060	0,030	0,17	0,042	10	0
Cs-137	Összesen	0,0052	0,0038	0,025	-	75	62
H-3	Összesen	3,0	0,92	7,6	-	98	37
Sr-90	Összesen	0,0068	0,0018	0,021	-	49	36
Összes-alfa	Összesen	0,052	0,0059	0,22	-	71	24
Összes-béta	Összesen	0,080	0,0010	0,24	-	250	1



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

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

4.6.2 Palackozott vizek

A palackozott vizek (ásványvizek, tisztított vizek, forrásvizek) hazánkban is erősen emelkedő mértékű fogyasztása, indokoltá teszi radiológiai szempontból történő külön vizsgálatukat. A 2022-ben kapott eredményeket a 4-9. táblázat tartalmazza. Az EüÁ ERMAH mérési programjában az ERMAH vizsgálati régiók megyéiben negyedévenkénti mintavétel szerepel. Az EüÁ ERMAH egyéb mintavételi programjai keretében, 2022-ben összesen 28 mintán végeztek méréseket. Az FmÁ NÉBIH laboratóriumai is végeznek palackozottvíz-méréseket. 2022-ben összesen 8 vízminta részletes radioanalitikai vizsgálatát (gamma-sugárzó izotópok, trícium, összes-alfa, összes-béta, uránizotópok, Po-210) végezték el.

A palackozott vizek átlagos mesterséges eredetű radionuklid-tartalma alacsonyabb, mint a felszíni vizekből nyert vezetékes ivóvizeké, mivel jelentős részük ásványvíz.

4-9. táblázat
Palackozott víz mérési eredmények jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye*	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	N	Kha
Cs-137	BP	-	-	1	1
Cs-137	BZ	-	-	2	2
Cs-137	CS	-	0,018	1	0
Cs-137	GY	-	-	2	2
Cs-137	HA	0,011	0,016	5	1
Cs-137	HE	-	-	1	1
Cs-137	PE	-	-	1	1

Cs-137	TO	-	-	2	2
H-3	BK	-	-	1	1
H-3	BZ	-	-	1	1
Po-210	BK	-	0,0014	1	0
Po-210	BZ	-	0,0010	1	0
Po-210	HA	-	-	1	1
Rn-222	CS	0,090	3,2	4	0
U-234	BK	-	-	1	1
U-234	BZ	-	-	1	1
U-234	HA	-	-	1	1
U-235	BK	-	-	1	1
U-235	BZ	-	-	3	3
U-235	HA	-	-	2	2
U-235	HE	-	-	1	1
U-235	PE	-	-	1	1
U-238	BK	-	-	1	1
U-238	BZ	-	-	1	1
U-238	HA	-	-	1	1
Összes-alfa	BK	-	-	1	1
Összes-alfa	BZ	-	-	1	1
Összes-alfa	HA	-	-	1	1
Összes-béta	BK	-	0,054	1	0
Összes-béta	BP	0,15	0,26	4	1
Összes-béta	BZ	-	0,26	1	0
Összes-béta	CS	0,015	0,068	4	0
Összes-béta	GY	0,030	0,10	4	0
Összes-béta	HA	0,069	0,39	5	0
Összes-béta	TO	0,21	0,25	3	0
Cs-137	Összesen	0,011	0,018	15	10
H-3	Összesen	-	-	2	2
Po-210	Összesen	0,0010	0,0014	3	1
Rn-222	Összesen	0,090	3,2	4	0
U-234	Összesen	-	-	3	3
U-238	Összesen	-	-	3	3
U-235	Összesen	-	-	8	8
Összes-alfa	Összesen	-	-	3	3
Összes-béta	Összesen	0,015	0,39	22	1

* Általában a vásárlás helyét jelenti

4.7 Növényzet

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

4.7.1 Takarmány

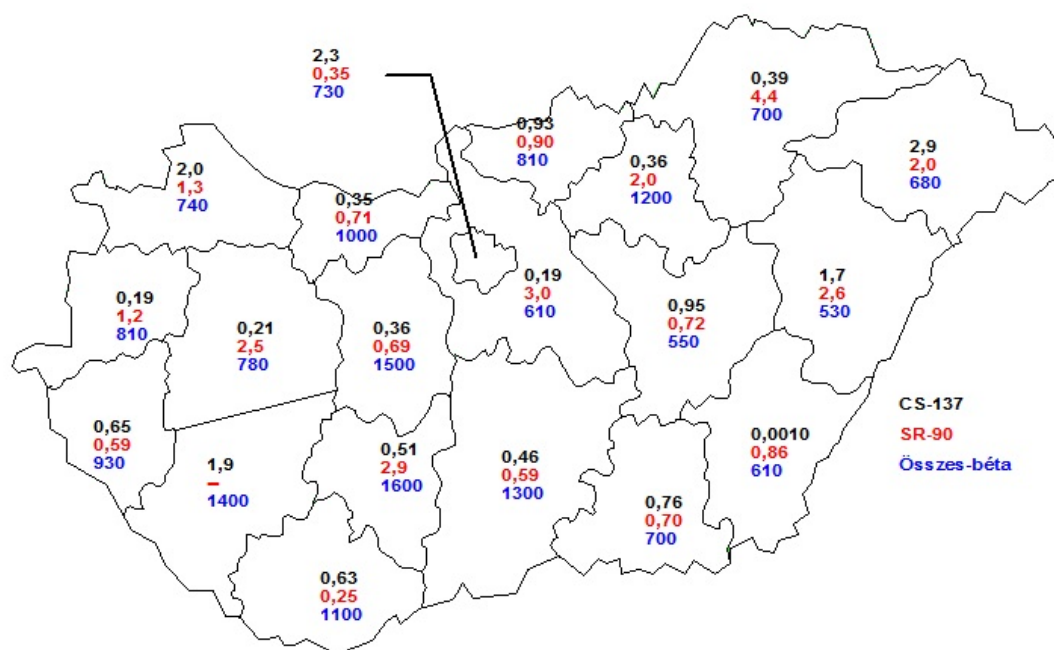
A NÉBIH takarmány mintavételi programja kiterjed a takarmány alapanyagokra, keverékekre és premixekre. A takarmány gyűjtőnév a legelőkről származó fűvet, a

takarmányozási céllal termesztett növényeket, valamint az egyes adalékokat foglalja magába. 2022-ben a 19 megye és Budapest területéről 439 takarmányminta vizsgálatát végezték

Az ERMAH laboratóriumok negyedévente, megyénként vesznek fű, illetve szénamintát. Az EüÁ ERMAH 2022-ben összesen 87 minta vizsgálatát végezték el.

A takarmánynövények ^{137}Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 0,33 Bq/kg, ami idén is alacsonyabb, mint a ^{90}Sr szokásos 0,50 Bq/kg értéke. A takarmánymintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit, a 4-10. táblázat és a 4-6. ábra mutatja be. A táblázatból látható, hogy míg a ^{137}Cs aktivitás-koncentrációk jelentős hányada kimutatási határ alatti, addig a ^{90}Sr eredmények nagyobb része meghaladja azt. Ennek oka egyrészt a két mérési módszer eltérő érzékenysége, másrészt a ^{90}Sr aktivitás-koncentrációk jellemzően magasabb szintje.

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



4-6. ábra

Takarmány mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása
(EüÁ és FmÁ, Bq/kg mértékegységben)

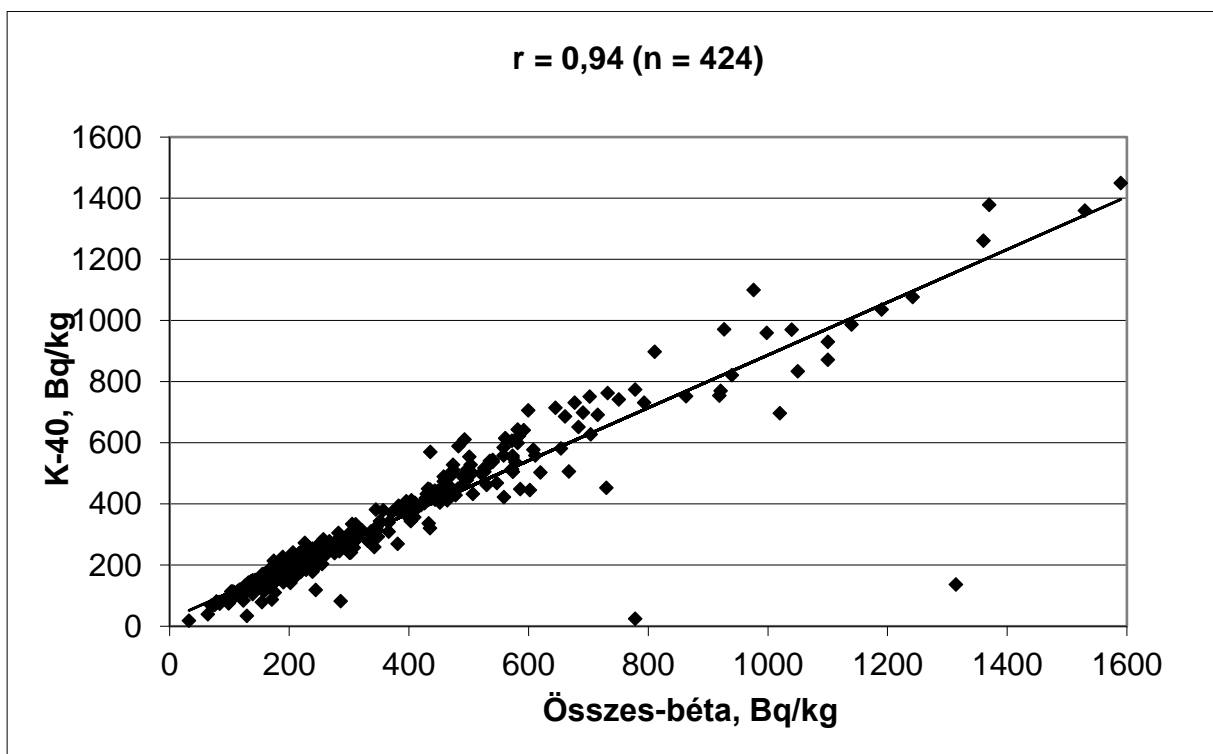
Megjegyzés: A "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény.

4-10. táblázat
Országos takarmány mérési eredmények éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	0,060	0,63	-	24	22
Cs-137	BE	-	-	0,0010	-	16	15
Cs-137	BK	-	0,0010	0,46	-	47	39
Cs-137	BP	-	0,31	2,3	-	55	48
Cs-137	BZ	-	-	0,39	-	22	21
Cs-137	CS	-	0,0010	0,76	-	17	14
Cs-137	FE	-	0,036	0,36	-	19	10
Cs-137	GY	0,50	0,080	2,0	0,43	41	25
Cs-137	HA	-	0,17	1,7	-	20	15
Cs-137	HE	-	0,070	0,36	-	16	12
Cs-137	JA	-	0,80	0,96	-	18	15
Cs-137	KO	-	0,10	0,35	-	26	24
Cs-137	NO	-	0,031	0,93	-	17	12
Cs-137	PE	0,13	0,038	0,19	0,075	34	23
Cs-137	SO	-	0,090	1,9	-	6	4
Cs-137	SZ	-	0,29	2,9	-	24	19
Cs-137	TO	-	0,11	0,51	-	56	53
Cs-137	VA	-	0,094	0,19	-	17	13
Cs-137	VE	-	-	0,21	-	23	22
Cs-137	ZA	-	-	0,66	-	11	10
Sr-90	BA	-	0,080	0,25	-	20	11
Sr-90	BE	-	0,53	0,87	-	15	11
Sr-90	BK	0,27	0,099	0,60	0,27	38	23
Sr-90	BP	-	0,17	0,36	-	2	0
Sr-90	BZ	0,83	0,19	4,4	0,96	21	6
Sr-90	CS	-	0,13	0,71	-	11	6
Sr-90	FE	0,40	0,15	0,69	0,19	14	0
Sr-90	GY	0,36	0,060	1,3	0,36	15	0
Sr-90	HA	0,74	0,22	2,6	0,70	17	0
Sr-90	HE	0,72	0,11	2,0	0,62	16	0
Sr-90	JA	-	0,23	0,73	-	13	8
Sr-90	KO	0,23	0,055	0,71	0,18	16	0
Sr-90	NO	0,52	0,26	0,91	0,21	15	0
Sr-90	PE	0,77	0,11	3,0	0,79	34	0
Sr-90	SO	-	-	-	-	3	3
Sr-90	SZ	0,73	0,13	2,0	0,53	17	2
Sr-90	TO	0,65	0,11	2,9	0,64	44	16
Sr-90	VA	0,40	0,090	1,2	0,32	14	0
Sr-90	VE	0,59	0,048	2,5	0,59	20	1
Sr-90	ZA	-	0,17	0,59	-	7	5
Összes-béta	BA	260	75	1100	280	24	0
Összes-béta	BE	290	160	610	130	18	0
Összes-béta	BK	250	70	1300	210	47	0
Összes-béta	BP	-	170	730	-	5	0
Összes-béta	BZ	370	110	700	180	23	0
Összes-béta	CS	300	130	700	180	18	0
Összes-béta	FE	410	140	1500	360	18	0
Összes-béta	GY	430	120	740	190	41	2
Összes-béta	HA	270	120	530	120	21	0
Összes-béta	HE	370	110	1200	290	16	0
Összes-béta	JA	210	120	550	110	19	0
Összes-béta	KO	350	130	1000	240	26	0
Összes-béta	NO	420	200	810	210	17	0
Összes-béta	PE	300	95	610	150	34	0

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Összes-béta	SO	-	140	1400	-	6	0
Összes-béta	SZ	310	32	680	170	24	0
Összes-béta	TO	450	99	1600	340	55	0
Összes-béta	VA	230	120	810	200	17	0
Összes-béta	VE	390	100	780	230	22	1
Összes-béta	ZA	420	170	930	260	11	0
Cs-137	Összesen	0,33	0,0010	2,9	-	509	416
Sr-90	Összesen	0,50	0,048	4,4	-	352	92
Összes-béta	Összesen	350	32	1600	-	462	3

2022-ben a mintákban mérhető összesbéta-aktivitás átlagosan 350 Bq/kg volt, mely döntően természetes eredetű. Ennek igazolására a 4-7. ábra szemlélteti a takarmánymintákban mért összes béta és ^{40}K izotóp aktivitás-koncentrációk közötti korrelációt. Az ábrából látható, hogy a takarmánynövényeknél az összes béta-aktivitás közel 94%-ban a ^{40}K radionuklidtól származik.



4-7. ábra
Takarmányminták összes béta és ^{40}K aktivitás-koncentrációi közötti korreláció (EüÁ és FmÁ)

4.7.2 Növényi eredetű, nyers élelmiszer

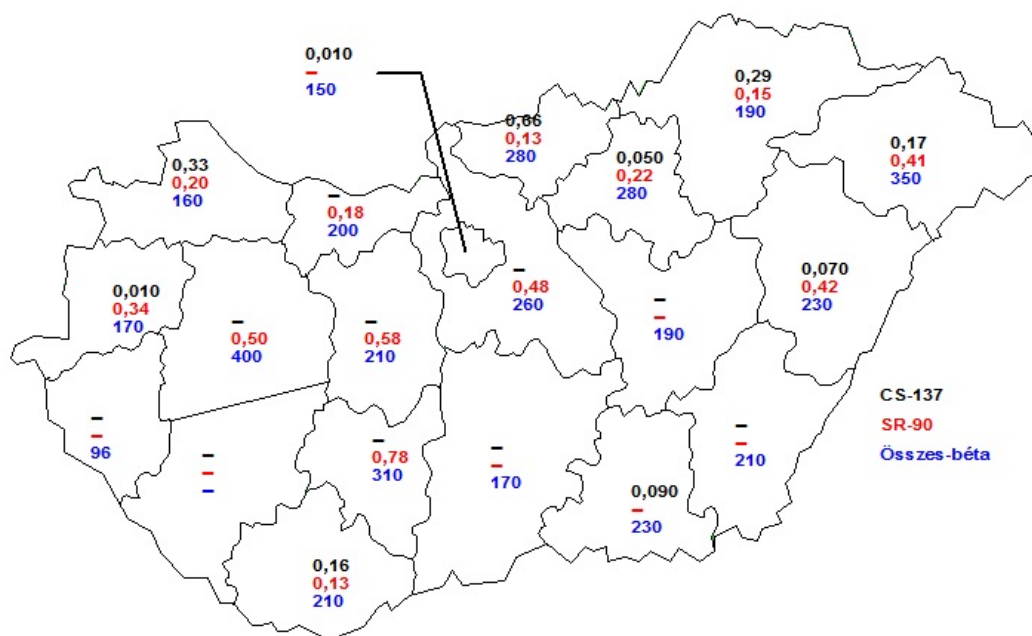
A mintáknak ebbe a csoportjába tartoznak mindazon haszonnövények, – elsősorban a zöldségfélék – amelyek közvetlenül, vagy kismértékű előkészítés (mosás, tisztítás) után fogyasztásra kerülnek. A zöldség- és gyümölcsfélék aktivitás-koncentrációit az irodalomban leggyakrabban az ún. nyers tömegről vonatkoztatják.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

Az FmÁ NÉBIH mérési programja, a teljes országot lefedi nuklidszelektív mérési eredményeket szolgáltatva. Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában zöldségfélék, gyümölcsök, illetve szabadban termő gombák is szerepelnek. 2022-ben a 19 megye és Budapest területéről 685 nyers növényi élelmiszer minta vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai.

2007. évtől a vizsgálati programban szerepel az EU más tagországaiból vagy harmadik országból származó zöldségek, gyümölcsök, fűszerek, szárított gombák, aszalt gyümölcsök ^{137}Cs szűrő vizsgálata. 2022-ben 434 ilyen típusú mintát vettek (ezen utóbbi adatok – az eltérő érzékenységu mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja régióként és negyedévenként 2-2 zöldségfajtát, valamint az első és negyedik negyedévben 1-1, a második és harmadik negyedévben 2-2 gyümölcsfajtát tartalmaz. Az EüÁ ERMAH és egyéb mérési programjai keretében 2022-ben összesen 93 zöldség és gyümölcs minta vizsgálatát végezték el.

A növényi eredetű, nyers élelmiszermintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit az 4-11. táblázat és a 4.8. ábra mutatja be. A táblázatból látható, hogy a ^{137}Cs aktivitás-koncentrációk nagyrészt kimutatási határ alattiak (kivéve főként a vadon termő gombákat). A nyers növényi élelmiszerek ^{137}Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 0,059 Bq/kg, a ^{90}Sr nuklidé pedig 0,19 Bq/kg.



4-8. ábra

Nyers, növényi eredetű élelmiszer mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüÁ és FmÁ, Bq/kg mértékegységben)

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

4-11. táblázat

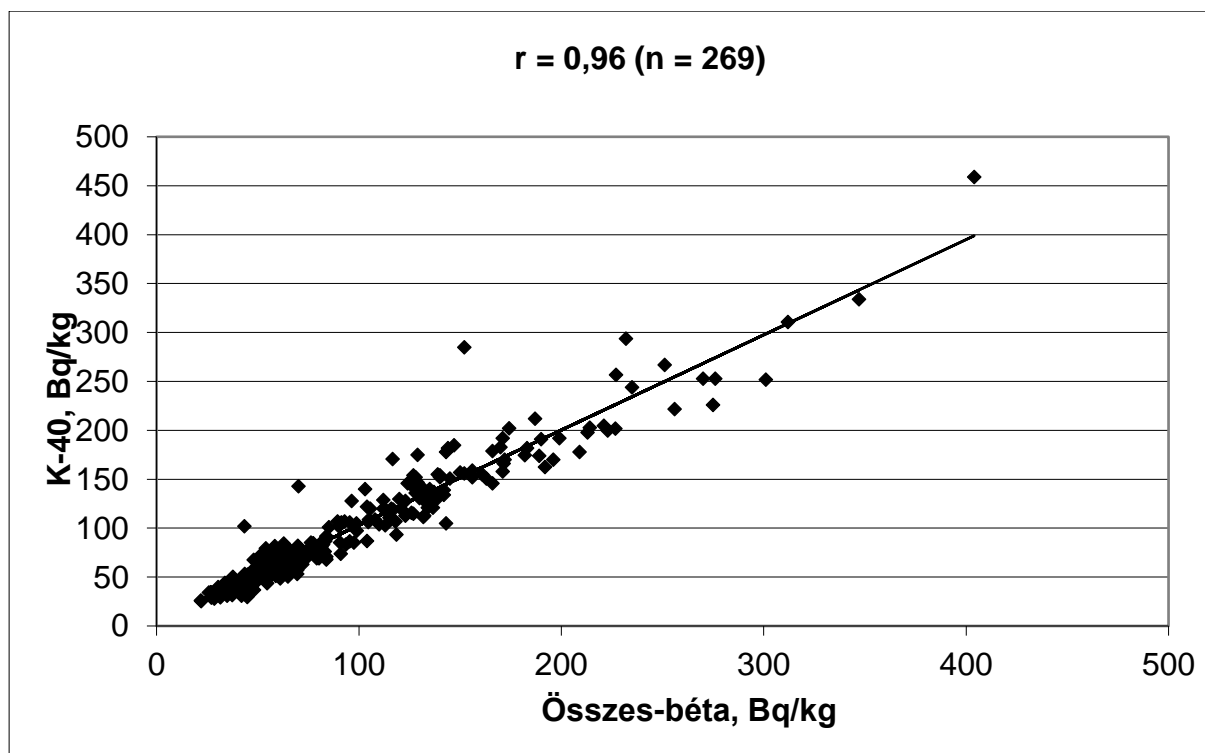
Nyers, növényi eredetű élelmiszerek országos mérési eredményeinek éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	0,16 (*0,69)	-	5	4
Cs-137	BE	-	-	-	-	21	21
Cs-137	BK	-	-	- (*0,31)	-	7	7
Cs-137	BP	-	-	0,011	-	24	23
Cs-137	BZ	-	-	0,29	-	23	22
Cs-137	CS	0,038	0,0010	0,097 (*,40)	0,022	27	15
Cs-137	FE	-	-	- (*1,5)	-	7	7
Cs-137	GY	-	0,022	0,33	-	32	28
Cs-137	HA	0,053	0,029	0,077 (*0,14)	0,023	25	11
Cs-137	HE	-	0,054	0,055 (*3,1)	-	16	14
Cs-137	JA	-	-	-	-	14	14
Cs-137	KO	-	-	-	-	7	7
Cs-137	NO	-	0,040	0,66	-	3	1
Cs-137	PE	-	-	- (*0,40)	-	9	9
Cs-137	SZ	-	-	0,17 (*0,21)	-	24	23
Cs-137	TO	-	-	- (*1,3)	-	18	18
Cs-137	VA	-	-	0,018 (*21)	-	6	5
Cs-137	VE	-	-	- (*2,6)	-	8	8
Cs-137	ZA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	BA	-	-	0,13	-	3	2
Sr-90	BE	-	-	-	-	2	2
Sr-90	BK	-	-	-	-	1	1
Sr-90	BZ	-	0,11	0,16	-	5	3
Sr-90	CS	-	-	- (*0,48)	-	2	2
Sr-90	FE	-	-	0,58	-	1	0
Sr-90	GY	-	0,030	0,20	-	4	0
Sr-90	HA	-	0,16	0,43	-	4	1
Sr-90	HE	-	0,052	0,22	-	4	0
Sr-90	JA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	KO	-	0,10	0,18	-	3	1
Sr-90	NO	-	0,047	0,13	-	2	0
Sr-90	PE	-	0,033	0,48	-	7	0
Sr-90	SZ	-	0,18	0,41	-	8	2
Sr-90	TO	-	-	0,79	-	2	1
Sr-90	VA	-	0,27	0,34	-	3	1
Sr-90	VE	-	0,17	0,50	-	3	1
Össz-béta	BA	-	62	210	-	5	0
Össz-béta	BE	76	22	210	48	21	0
Össz-béta	BK	-	30	170	-	8	0
Össz-béta	BP	74	27	150	33	24	0
Össz-béta	BZ	91	26	190	44	23	0
Össz-béta	CS	82	29	230	44	35	0
Össz-béta	FE	-	43	210	-	7	0
Össz-béta	GY	69	21	160	41	31	0
Össz-béta	HA	81	30	230	48	30	0
Össz-béta	HE	110	27	280	76	16	0
Össz-béta	JA	83	34	190	53	14	0
Össz-béta	KO	-	37	200	-	7	0
Össz-béta	NO	-	70	280	-	3	0

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Össz-béta	PE	-	55	260	-	9	0
Össz-béta	SZ	120	29	350	81	22	0
Össz-béta	TO	99	33	310	75	17	0
Össz-béta	VA	-	34	170	-	6	0
Össz-béta	VE	-	27	400	-	8	0
Össz-béta	ZA	-	45	96	-	2	0
Cs-137	Összesen	0,059	0,0010	0,66	-	278	239
Sr-90	Összesen	0,19	0,030	0,79	-	56	19
Összes-béta	Összesen	92	21	400	-	288	0

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

2022-ben a mintákban mérhető összes béta-aktivitás átlaga 92 Bq/kg volt, mely döntően természetes eredetű. Ennek igazolására a 4-9. ábra szemlélteti a minták összes béta és a ⁴⁰K izotóp aktivitás-koncentrációi közötti korrelációt. A korreláció itt is erős és látható, hogy az összes béta-aktivitás szinte teljes egészét a ⁴⁰K aktivitása teszi ki.



4-9. ábra

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

4.7.3 Gabonafélék és az azokból készült termékek

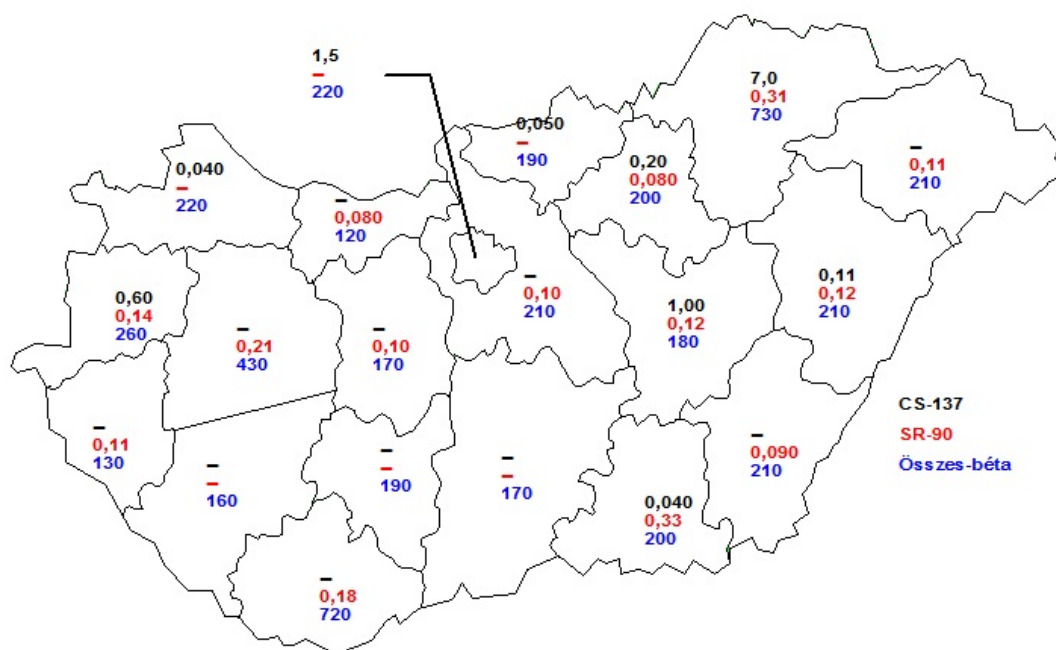
A mintacsoportba elsősorban a gabonafélék terményei, illetve ezek feldolgozott formái (liszt, kenyér, pékáru) tartoznak.

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak monitoring programja ebben az élelmiszercsoportban is lefedi az országot; búza, árpa, kukorica, rozs minták szerepelnek benne. 2022-ben a 19 megye és Budapest területéről 426 gabonaféle vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai.

2007. évtől szerepel az FmÁ NÉBIH vizsgálati programjában a kenyérfélék, péksütemények ^{137}Cs szűrő vizsgálata is. 2022-ben 223 ilyen típusú mintát vettek (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenységre mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja 5 megyére és a fővárosra terjed ki, negyedévente 1 gabonafajta és havonta 1 kenyérféle mintázását tartalmazza. Az EüÁ ERMAH egyéb mintavételi programjai keretében 2022-ben összesen 89 minta vizsgálatát végezték el.

A gabonafélékben és termékeikben mért aktivitás-koncentrációk éves, országos értékei az alábbi határok közt mozogtak (4-12. táblázat): 0,015 - 7,0 Bq/kg (^{137}Cs); 0,033 - 0,33 (^{90}Sr) és 15 - 730 Bq/kg (összes béta). Kiemelendő, hogy ezen mintafajtákban a csernobili eredetű ^{137}Cs , – az igen kis kimutatási határok ellenére – általában a minták 80 %-ában már nem volt kimutatható.



4-10. ábra

Gabonafélék és az azokból készült élelmiszer mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása (EüÁ és FmÁ, Bq/kg mértékegységben)

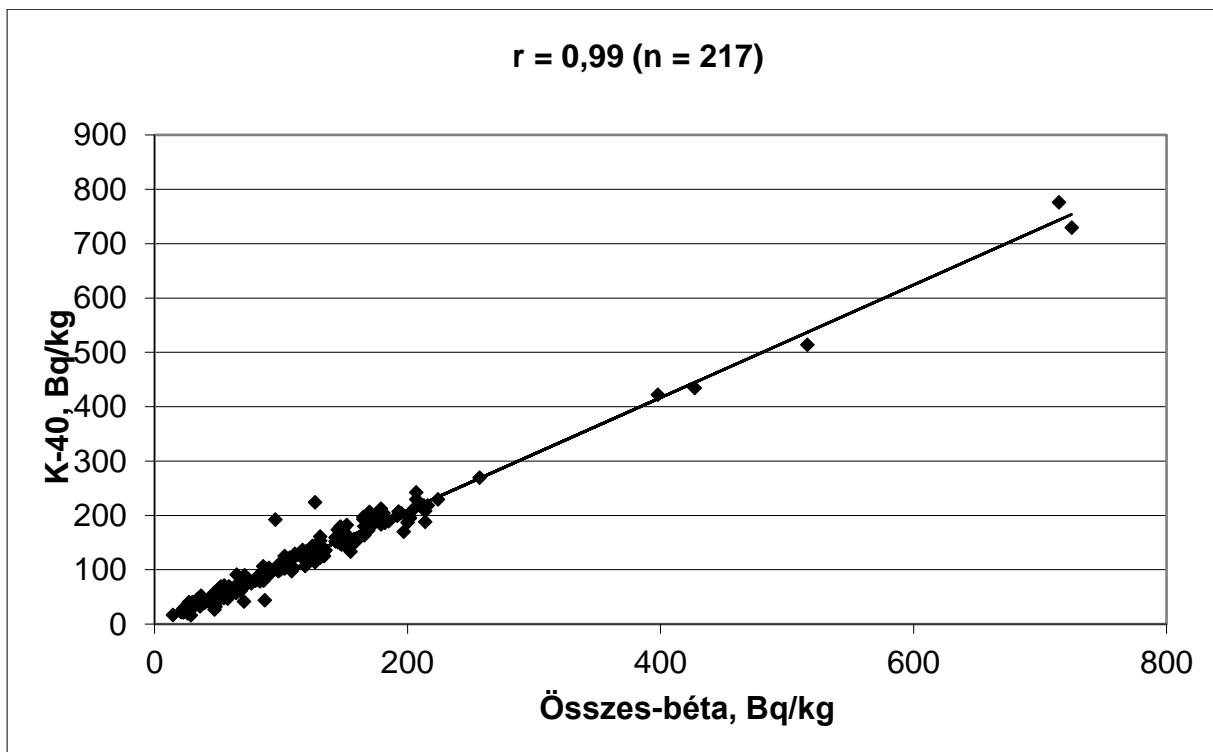
Megjegyzés: "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény.

4-12. táblázat
Gabonafélék és az azokból készült élelmiszerek országos mérési eredményeinek éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	-	-	1	1
Cs-137	BE	-	-	-	-	15	15
Cs-137	BK	-	-	-	-	22	22
Cs-137	BP	-	0,026	1,5	-	23	19
Cs-137	BZ	-	0,45	7,0	-	16	14
Cs-137	CS	-	0,015	0,047	-	19	14
Cs-137	FE	-	-	-	-	9	9
Cs-137	GY	-	-	0,049	-	18	17
Cs-137	HA	0,15	0,050	0,12	0,16	24	10
Cs-137	HE	-	0,12	0,20	-	10	7
Cs-137	JA	-	0,16	1,0	-	10	8
Cs-137	KO	-	-	-	-	5	5
Cs-137	NO	-	0,049	0,055	-	6	4
Cs-137	PE	-	-	-	-	6	6
Cs-137	SO	-	-	-	-	2	2
Cs-137	SZ	-	-	-	-	14	14
Cs-137	TO	-	-	-	-	13	13
Cs-137	VA	-	-	0,60	-	8	7
Cs-137	VE	-	-	-	-	19	19
Cs-137	ZA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	BA	-	-	0,18	-	1	0
Sr-90	BE	-	-	0,090	-	6	5
Sr-90	BK	-	-	-	-	4	4
Sr-90	BZ	-	0,060	0,32	-	9	5
Sr-90	CS	-	0,059	0,33	-	7	5
Sr-90	FE	-	0,048	0,10	-	3	0
Sr-90	HA	-	-	0,12	-	4	3
Sr-90	HE	-	0,071	0,086	-	3	0
Sr-90	JA	-	0,052	0,13	-	4	2
Sr-90	KO	-	0,033	0,084	-	2	0
Sr-90	PE	-	-	0,11	-	2	1
Sr-90	SZ	-	-	0,11	-	6	5
Sr-90	VA	-	0,12	0,14	-	3	0
Sr-90	VE	-	0,080	0,21	-	9	5
Sr-90	ZA	-	-	0,11	-	2	1
Össz-béta	BA	-	-	720	-	1	0
Össz-béta	BE	100	15	210	51	13	0
Össz-béta	BK	61	22	170	45	20	0
Össz-béta	BP	78	24	220	64	23	0
Össz-béta	BZ	190	34	730	190	16	0
Össz-béta	CS	75	26	210	47	31	0
Össz-béta	FE	-	37	170	-	9	0
Össz-béta	GY	45	15	220	40	24	0
Össz-béta	HA	81	25	210	46	28	0
Össz-béta	HE	130	41	200	65	10	0
Össz-béta	JA	100	32	180	53	10	0
Össz-béta	KO	-	48	120	-	4	0
Össz-béta	NO	-	23	190	-	6	0

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Össz-béta	PE	-	21	210	-	6	0
Össz-béta	SO	-	130	160	-	2	0
Össz-béta	SZ	110	23	210	54	14	1
Össz-béta	TO	59	27	190	43	17	0
Össz-béta	VA	-	49	260	-	9	0
Össz-béta	VE	130	32	430	90	17	0
Össz-béta	ZA	-	100	130	-	2	0
Cs-137	Összesen	0,26	0,015	7,0	-	242	208
Sr-90	Összesen	0,13	0,033	0,33	-	65	36
Összes-béta	Összesen	96	15	730	-	262	1

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 (EüÁ és FmÁ)

4.8 Állati eredetű élelmiszerek

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

4.8.1 Tej, tejtermék

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

Az FmÁ NÉBIH mérési programja, a teljes országot lefedi nuklidszelektív mérési eredményeket szolgáltatva. Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában tej, sajt-, illetve tejporminták szerepelnek. A tej mintavétel a mintavételi tervben előírt gyakorisággal, havonta, vagy kéthavonta, tejgazdaságból vagy kistermelőtől, takarmány mintavétellel együtt történik. 2022-ben a 19 megye és Budapest területéről 213 tej- és tejtermékminta vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai.

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 megyében és a fővárosban havonta 1-1 tejminta, továbbá negyedévente 1-1 sajt-, túró- és tejporminta vételére terjed ki. Az EüÁ ERMAH egyéb mintavételi programjainak keretében 2022-ben összesen 192 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 megyénél 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).

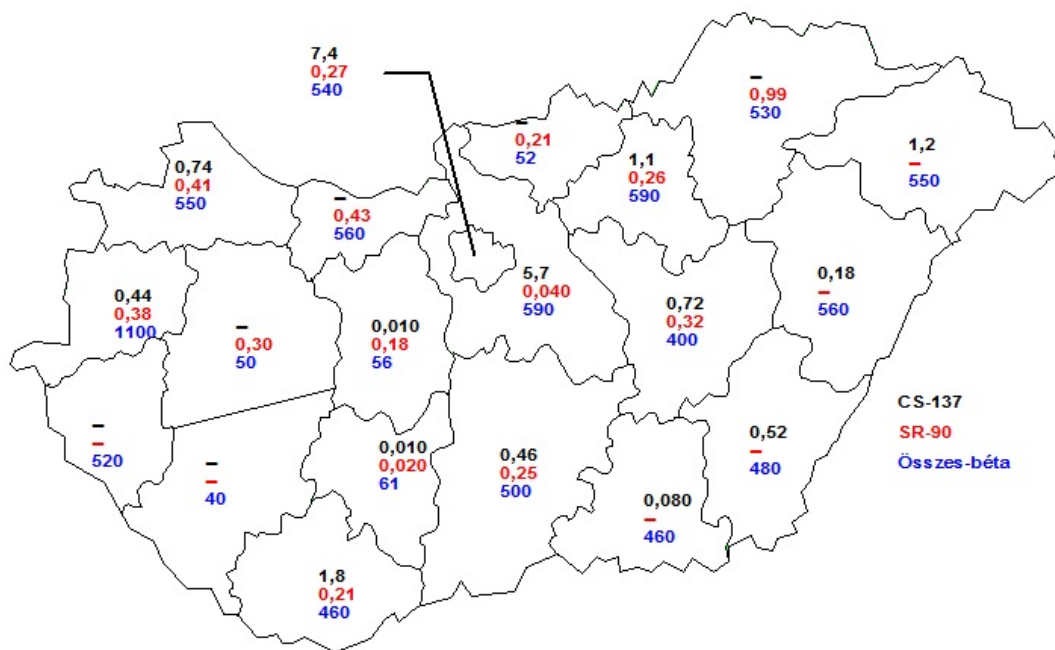
A tej- és tejtermékmintákra vonatkozó mérési eredmények jellemzőit a 4-13. táblázat foglalja össze. A táblázatból látható, hogy míg a ^{137}Cs és ^{90}Sr aktivitás-koncentrációk nagyobb részt kimutatási határ alattiak. (Megjegyezzük, hogy a magasabb koncentrációk – a gyakran nem is hazai előállítású – tejporból származnak, amely mintegy tizedrészére hígul a felhasználás során.)

A tej és tejtermékek ^{137}Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 0,16 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé is hasonló, 0,14 Bq/kg. A döntően természetes eredetű összesbéta-aktivitása pedig 85 Bq/kg volt 2022-ben.

4-13. táblázat
Tej és tejtermék mérési eredmények éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	0,0090	1,8	-	11	8
Cs-137	BE	-	-	0,53	-	13	12
Cs-137	BK	-	0,010	0,47	-	27	25
Cs-137	BP	-	0,010	7,4	-	9	5
Cs-137	BZ	-	-	-	-	12	12
Cs-137	CS	-	0,010	0,084	-	16	12
Cs-137	FE	-	-	0,013	-	8	7
Cs-137	GY	-	0,045	0,74	-	21	19
Cs-137	HA	0,12	0,030	0,19	0,12	34	14
Cs-137	HE	-	-	1,1	-	9	8
Cs-137	JA	-	0,56	0,73	-	10	8
Cs-137	KO	-	-	-	-	9	9
Cs-137	NO	-	-	-	-	6	6
Cs-137	PE	-	0,0080	5,7	-	17	13
Cs-137	SO	-	-	-	-	2	2
Cs-137	SZ	-	0,52	1,2	-	10	8
Cs-137	TO	-	0,0098	0,011	-	59	56
Cs-137	VA	-	-	0,44	-	12	11
Cs-137	VE	-	-	-	-	9	9
Cs-137	ZA	-	-	-	-	5	5
Sr-90	BA	-	-	0,21	-	11	10
Sr-90	BE	-	-	-	-	12	12
Sr-90	BK	-	0,0033	0,26	-	15	9
Sr-90	BP	-	0,20	0,27	-	5	1
Sr-90	BZ	-	0,20	0,99	-	12	9
Sr-90	CS	-	-	-	-	9	9
Sr-90	FE	-	0,022	0,18	-	6	2
Sr-90	GY	-	0,017	0,41	-	14	8
Sr-90	HA	-	-	-	-	14	14
Sr-90	HE	-	0,25	0,27	-	9	7
Sr-90	JA	-	0,023	0,32	-	10	7
Sr-90	KO	-	0,025	0,43	-	9	5
Sr-90	NO	-	0,023	0,21	-	6	3
Sr-90	PE	-	0,024	0,049	-	16	7
Sr-90	SO	-	-	-	-	2	2
Sr-90	SZ	-	-	-	-	10	10
Sr-90	TO	-	0,0052	0,028	-	28	22
Sr-90	VA	-	0,038	0,38	-	13	10
Sr-90	VE	-	0,028	0,30	-	9	6
Sr-90	ZA	-	-	-	-	5	5
Összes-béta	BA	94	25	460	130	11	0
Összes-béta	BE	98	17	480	150	12	0
Összes-béta	BK	94	23	500	140	22	1
Összes-béta	BP	71	21	540	120	33	4
Összes-béta	BZ	160	26	530	220	12	0
Összes-béta	CS	66	12	460	100	40	0
Összes-béta	FE	-	35	56	-	8	0
Összes-béta	GY	74	20	550	140	37	0
Összes-béta	HA	64	0,072	560	110	42	0

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Összes-béta	HE	-	24	590	-	9	0
Összes-béta	JA	-	23	400	-	9	0
Összes-béta	KO	-	49	560	-	9	0
Összes-béta	NO	-	21	52	-	6	0
Összes-béta	PE	110	25	590	170	17	0
Összes-béta	SO	-	33	40	-	2	0
Összes-béta	SZ	140	22	550	210	10	0
Összes-béta	TO	45	14	61	9,4	58	0
Összes-béta	VA	190	9,2	1100	310	13	0
Összes-béta	VE	-	30	50	-	9	0
Összes-béta	ZA	-	27	520	-	5	0
Cs-137	Összesen	0,16	0,0080	7,4	-	299	249
Sr-90	Összesen	0,14	0,0033	0,99	-	215	158
Összes-béta	Összesen	85	0,072	1100	-	364	5



4-12. ábra

Tej és tejtermék mérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása
(EüÁ és FmÁ, Bq/kg mértékegységben)

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

4.8.2 Hús és hústermékek aktivitáskoncentrációi

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

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában sertés, marha, baromfi, házinyúl, hal és vadhús szerepel. 2022-ben a 19 megye és Budapest területéről 304 húsminta vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai.

2007. évtől szerepel az FmÁ NÉBIH monitoring programjában a húskészítmények, tengeri hal és tengeri puhatestűek ¹³⁷Cs szűrő vizsgálata. 2022-ben 120 ilyen típusú mintát vettek (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenységű mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mérési programja 6 megyében és a fővárosban negyedévente 1-1 marha-, sertés- és baromfi-húsminta vételére terjed ki. Az EüÁ ERMAH, egyéb mintavételi programjai keretében 2022-ben összesen 79 minta vizsgálatát végezték el.

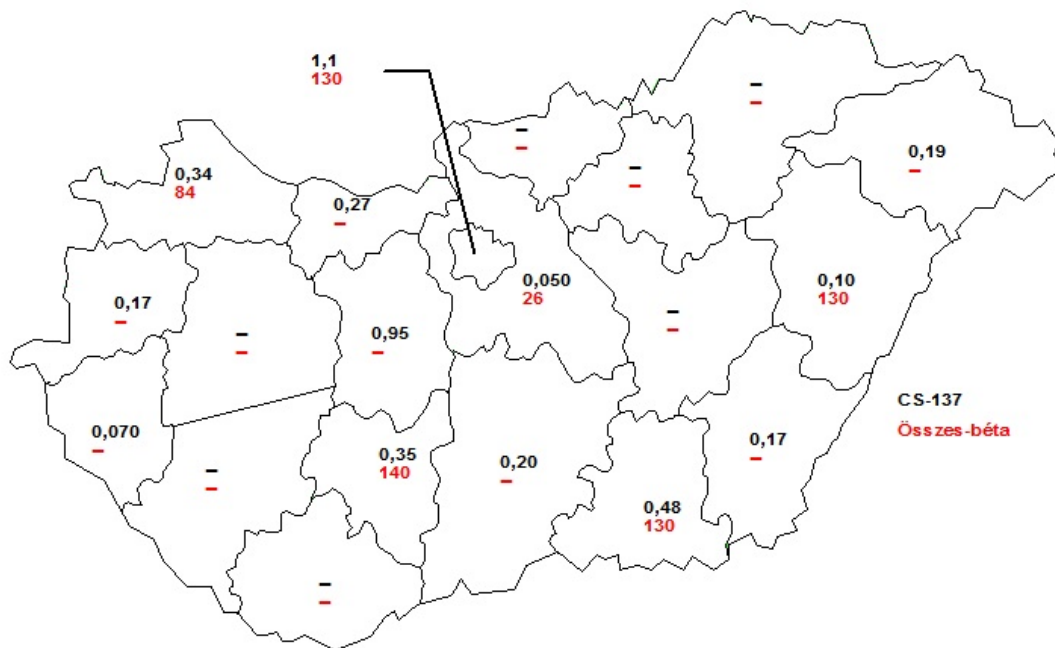
A hús- és hústermékmintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit a 4-14. táblázat mutatja be. A táblázatból látható, hogy a ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációk háromnegyede itt is kimutatási határ alatti.

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

4-14. táblázat
Hús és hústermék mérési eredmények éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

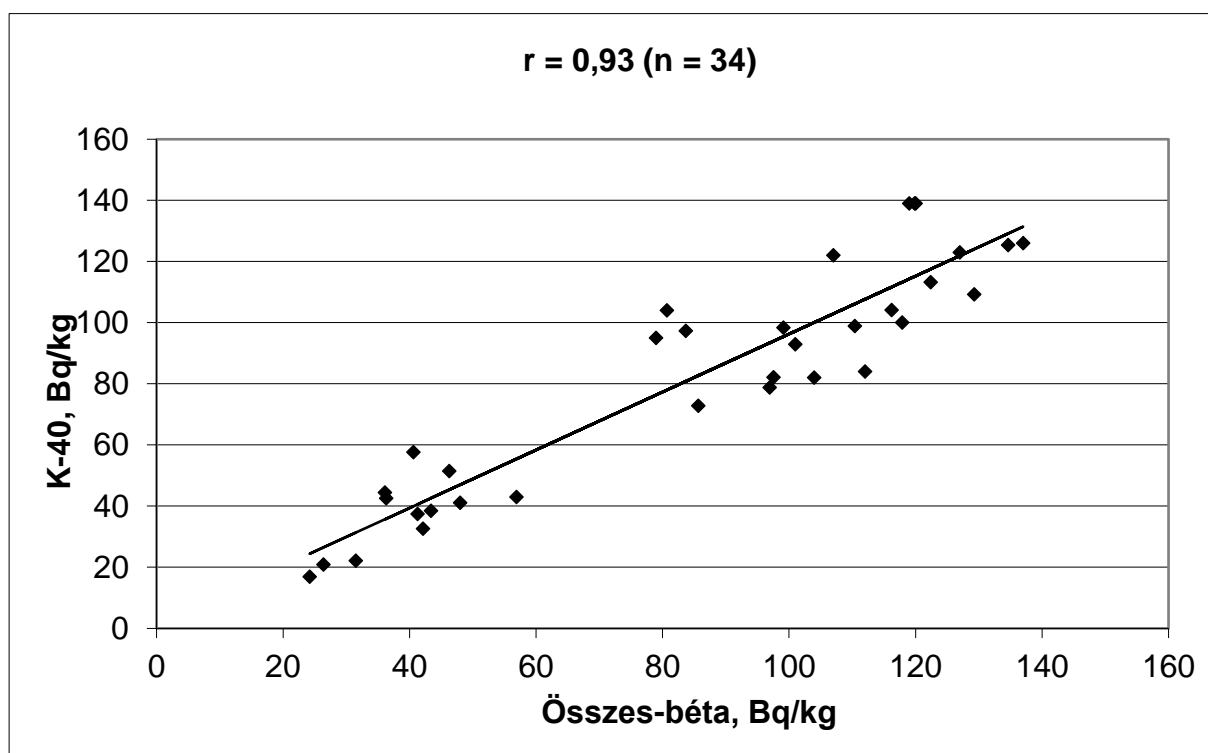
Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	-	-	8	8
Cs-137	BE	-	0,046	0,17	-	11	8
Cs-137	BK	-	-	0,20	-	34	33
Cs-137	BP	-	0,029	0,11	-	16	8
Cs-137	BZ	-	-	-	-	3	3
Cs-137	CS	-	0,025	0,49	-	19	14
Cs-137	FE	-	0,046	0,95	-	13	6
Cs-137	GY	-	0,055	0,35	-	13	11
Cs-137	HA	0,13	0,048	0,10	0,098	30	19
Cs-137	HE	-	-	-	-	6	6
Cs-137	JA	-	-	-	-	7	7
Cs-137	KO	-	0,16	0,27	-	15	11
Cs-137	NO	-	-	-	-	1	1
Cs-137	PE	-	0,037	0,050	-	8	5
Cs-137	SO	-	-	-	-	1	1
Cs-137	SZ	-	-	0,20	-	20	19
Cs-137	TO	-	0,22	0,35	-	11	9
Cs-137	VA	-	-	0,17	-	3	2
Cs-137	VE	-	-	-	-	2	2
Cs-137	ZA	-	-	0,070	-	1	0
Össz-béta	BP	72	24	130	38	13	0
Össz-béta	CS	93	34	130	34	13	0
Össz-béta	GY	59	27	84	20	14	0
Össz-béta	HA	89	41	130	34	13	0
Össz-béta	PE	-	-	26	-	1	0
Össz-béta	TO	88	38	140	30	11	0
Cs-137	Összesen	0,11	0,025	0,95	-	222	173
Összes-béta	Összesen	79	24	140	-	65	0

2022-ben a mintákban az átlagos összes béta-aktivitás 79 Bq/kg volt, az értékek a 2021. évihez hasonlóak voltak. Ez döntően természetes eredetű (⁴⁰K), melynek 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
(EüÁ és FmÁ, Bq/kg mértékegységben)

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



4-14. ábra
Hús és hústermékek összes béta és ^{40}K aktivitás-koncentrációi közötti korreláció (EüÁ és FmÁ)

4.9 Vegyes élelmiszer

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

Az EüÁ ERMAH mérési programjában az ERMAH vizsgálati régiók megyéiben, félévenkénti mintavétel szerepel. 2022-ben az EüÁ ERMAH egyéb mintavételi programjai keretében, összesen 18 mintát vettek.

A 2022. évi eredményeket a 4-15. táblázat foglalja össze. A táblázatban közölt eredményekből látható, hogy a ^{137}Cs közel fele kimutatási határ alatt volt, és a lakosság által fogyasztott ételekben a csernobili eredetű ^{137}Cs és ^{90}Sr aktivitás-koncentrációja mára jóval a 0,1 Bq/kg szint alatt marad.

4-15. táblázat
Vegyes élelmiszer-minták mérési eredményeinek éves jellemzői (EüÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BP	-	-	0,020	-	1	0
Cs-137	CS	-	-	0,013	-	1	0
Cs-137	GY	-	-	-	-	2	2
Cs-137	HA	-	-	0,026	-	1	0
Cs-137	TO	-	-	-	-	4	4
Sr-90	BP	-	-	-	-	1	1
Sr-90	GY	-	-	-	-	2	2
Sr-90	TO	-	0,025	0,029	-	4	2
Összes-béta	BP	-	-	50	-	1	0
Összes-béta	CS	-	37	42	-	2	0
Összes-béta	GY	-	16	33	-	2	0
Összes-béta	HA	31	10	73	17	11	0
Cs-137	Összesen	-	0,013	0,026	-	9	6
Sr-90	Összesen	-	0,025	0,029	-	7	5
Összes-béta	Összesen	32	10	73	-	16	0

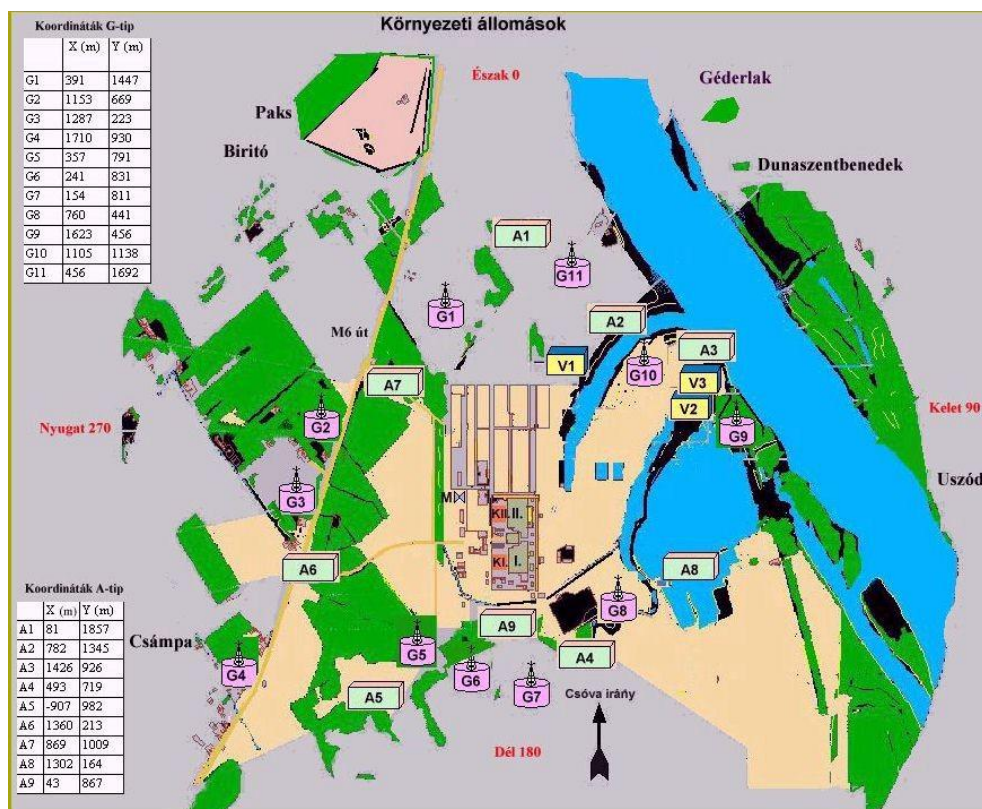
5 Létesítmények környezete

Az országos mintavételi programon alapuló mérési adatok mellett, a mérések másik nagy csoportját jelentik a kiemelt létesítmények környezetének mérési adatai. E fejezetben a létesítményekhez kapcsolódó nukleáris környezetellenőrzés 2022. évi eredményeit mutatjuk be.

5.1 A Paksi Atomerőmű környezetében végzett mérések

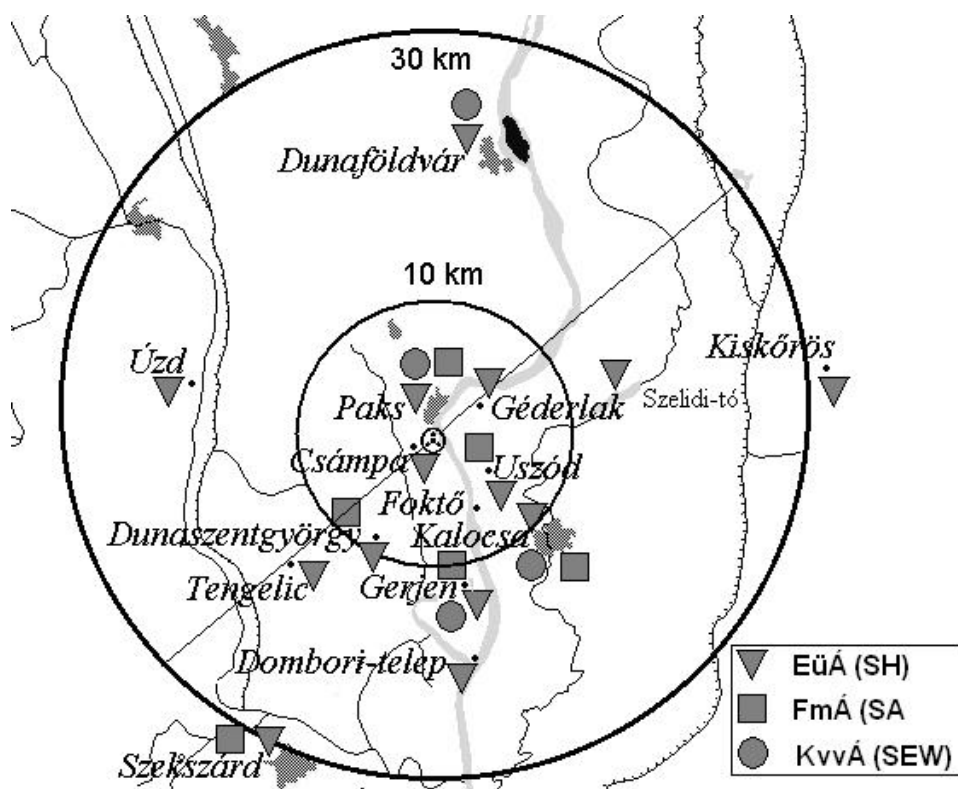
Az atomerőmű környezetében mérhető sugárzási helyzetéről egyrészt az atomerőmű – hatósági felügyelet alatt álló – üzemi monitorozó hálózata, valamint az atomerőmű környezetében végzett hatósági mérések szolgáltatnak információkat.

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. Az erőmű környezeti hatásának elemzéséhez, ugyanis a mért eredményeket irány és távolság szerint is célszerű csoportosítani.



5-1. ábra

Az atomerőmű környezeti elhelyezkedése az üzemi monitorozó hálózattal



5-2. ábra
A hatósági mérési és mintavételi helyek

Az NNK SSFO által működtetett, digitális adatbázisban tárolt, a létesítmény felügyeletéhez kapcsolódó kibocsátás-ellenőrzési és környezetellenőrzési hatósági mérési adatok száma az utóbbi években 10 ezer feletti, a tervezett érték 3500 volt. 2022-ben elvégzett, – a korábbiaknál több nuklid gamma-spektrometriai mérését tartalmazó – meghatározások számának vizsgálati irányok szerinti megoszlását, az 5-1. táblázat mutatja. Mivel gamma-spektrometria esetén minden egyes nuklid külön meghatározásnak számít és egy mintának az összes béta, ⁹⁰Sr stb. aktivitását is mérhetik, az ott feltüntetett összes mérés mintegy 2-3 ezer mintából származik. A nuklidspecifikus eredmények aránya az utóbbi években már a meghatározások jóval több, mint kétharmadát, 2022-ben több, mint a 80 %-át tette ki.

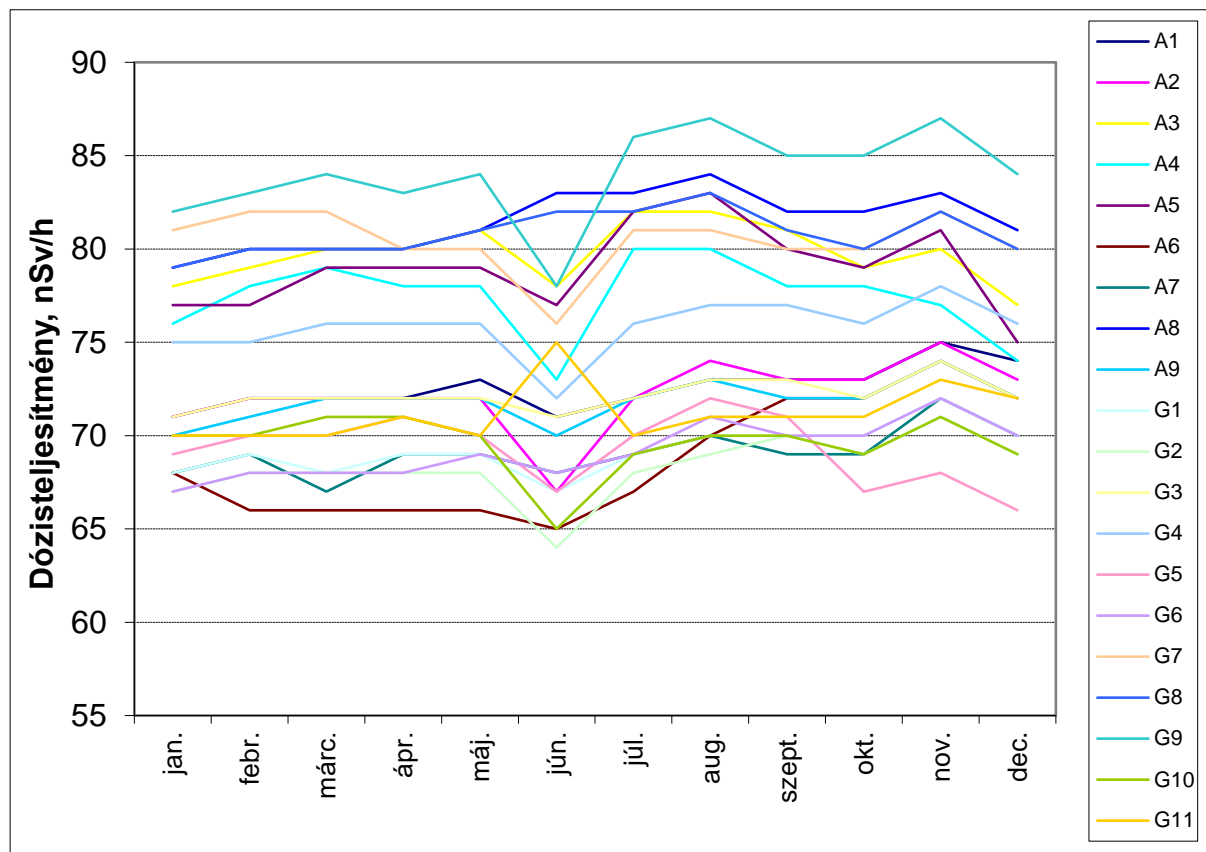
5-1. táblázat
A hatósági meghatározások száma (N) és százalékos megoszlása a fontosabb vizsgálati irányok szerint 2022-ben

Vizsgálati irány	Meghatározások száma (N)	[%]
Összes béta-aktivitás	1406	10
I-131	113	1
HPGe det. gamma-spektrometria	10737	78
Trícium	372	3
Sr-89+Sr-90*	334	2
egyéb vizsgálatok	775	6
összesen:	13829	100

* kémiai elválasztással

5.1.1 Gamma-dózisteljesítmény mérések a Paksi Atomerőmű környezetében

A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző rendszerének részét alkotó dózisteljesítmény-mérő szondákkal mért havi dózisteljesítmények időbeli változását mutatja be az 5-3. ábra. (Az összesen 20 szonda havi átlagolású eredményei az erőmű éves jelentésében is megtalálhatók).



5-3. ábra

A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző állomásain mért havi dózisteljesítmények időbeli változása 2022-ben

Az 5-3. ábrából látható, hogy az egyes állomások idősorainak változásai jól követik egymást. A dózisteljesítményben megfigyelhető csúcsok, időjárási eseményekhez – légnomás 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 NNK SSFO 37 helyszínen méri passzív termolumineszcens dózismérőkkel (TLD) a negyedévi integrált környezeti gamma-sugárzó izotópoktól származó dózist. A mérőhálózat mérési helyszíneire negyedévente küldik ki a TL detektorokat postán vagy személyesen cserélik, így minden detektor negyedéves expozíciós időszak után kerül vissza az NNK laboratóriumába. A detektorok a szabadban kerülnek kihelyezésre. A mérési pontok elhelyezkedését és a mérési eredményeket 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 2022. évi eredményei

Település	Dózisteljesítmény (nGy/h)			
	1. negyedév	2. negyedév	3. negyedév	4. negyedév
Bátya	75,2	83,3	79,5	77,2
Bogyiszló	80,2	82,8	88,6	79,0
Borsócséplői út	-	67,8	59,5	60,4
Csámpa vízmű	-	62,5	59,0	62,1
Császártöltés	74,7	85,7	81,0	75,8
PAE Déli bekötőút	59,5	58,2	58,1	56,8
Dunaföldvár	61,7	65,2	66,3	61,8
Dunakömlőd	93,7	90,9	107,2	91,8
Dunapataj	75,6	78,3	73,3	75,8
Dunaszentbenedek	117,3	75,0	72,8	69,9
Dunaszentgyörgy I.	45,6	67,7	66,1	64,1
Dunaszentgyörgy II.	69,8	76,6	74,4	73,8
Dusnok	-	78,4	78,9	78,0
PAE Északi bekötőút	52,2	57,8	57,5	53,7
Fajsz	-	91,1	83,6	84,1
Foktó I.	69,4	79,2	81,4	86,4
Foktó II.	87,0	86,2	79,4	73,3
Földespuszta	-	76,5	65,8	67,4
Géderlak	40,9	75,1	72,5	73,3
Hajós	73,9	-	-	77,0
Kalocsa	-	95,3	70,2	75,6
Kecel	69,7	81,4	78,7	77,4
Kiskőrös	56,4	62,6	61,2	64,3
Kölesd	98,3	103,6	104,6	101,0
Löszdomb	63,2	68,6	56,2	56,9
Miske	76,7	79,3	72,0	73,6
Nagydorog	-	-	-	-
Németkér	90,5	90,6	85,3	81,3
Óregcsertő	75,8	84,0	82,7	83,7
Paks	101,3	102,4	114,3	98,7
Simontornya	83,6	92,0	101,2	84,7
Szalmár	65,0	74,6	67,8	67,4
Szekszárd	70,4	-	68,5	70,1
Tengelic I.	59,9	63,1	61,7	60,0
Tengelic II.	74,4	81,0	80,1	83,3
Uszód	67,3	69,9	67,6	68,6
Uszód	-	-	-	-
Úzd reléállomás	63,7	70,1	70,1	72,0
Zomba	115,5	119,3	111,0	109,1
Vizsgálatok száma	31	35	36	37
Átlagos dózisteljesítmény	74,5	79,3	76,6	74,8

5.1.2 Aeroszol aktivitás-koncentráció mérések a Paksi Atomerőmű környezetében

A Paksi Atomerőmű A-típusú állomásain elvégzett aeroszol mérések eredményeit összegzi az 5-3. táblázat. A mintavétel nagy légforgalmú mintavevővel történik, ennek ellenére a szűrőkön a 2021. évben nem tudtak kimutatni atomerőművi eredetű izotópot (a radionuklidtól függő kimutatási határok értéke Co-60 izotópra 11, Ru-106 izotópra 97, I-131 izotópra 15, Cs-134 izotópra 10, míg Cs-137 izotópra 12 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ közötti). A mért ^7Be radioizotóp természetes eredetű, koncentrációja jól egyezik más laboratóriumok 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	3,4	0,50	7,4	1,6	520	0
Ru-106	-	-	-	-	520	520
Co-60	-	-	-	-	520	520
Cs-134	-	-	-	-	520	520
Cs-137	-	-	-	-	520	520
I-131	-	-	-	-	520	520

A légtér radioaktív szennyezettségének ellenőrzésére a Tolna Megyei Kormányhivatal környezeti sugáregészségügyi laboratóriuma négy ponton - Kalocsán, Csámpán, Szekszárdon és Dunaföldváron - tart üzemben folyamatos mintavevő berendezést. Az aeroszol szűrőket Szekszárdon 24 órás és 1-2 hetes (összes béta, illetve gamma-spektrometriai mérésekhez), a többi állomáson heti gyűjtéssel veszik, majd 72 órás pihentetés után mérik. Ezeknek az adatoknak egy része az országos kimutatásban is szerepel. Az aeroszol szűrőkben mért összes béta-aktivitás 0,15 – 6,1 mBq/m³ között változott (5-4. táblázat). A teljes kihullást reprezentáló fall-out mintákban mért összes béta-aktivitás 3,0 – 30 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 (EüÁ), mBq/m³

Meghatározás	Terület *	Átlag min.-max.; esetszám**
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,60 0,20 - 1,4; 52(3)
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R≥10 km	1,5 0,64 - 3,0; 52(34)
Összes-béta	DK-i félkör, R≥10 km	1,0 0,15 - 6,1; 265(93)
Be-7 (Gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	5,0 1,2 - 17; 45
Cs-134 (Gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	- 45(45)
Cs-137 (Gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	- 45(45)
I-131 (Gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	- 45(45)

* Itt és a következő hasonló táblázatokban a félkörök és távolságok jelentése leolvasható az 5-2. ábráról.

** Az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral együtt vettük figyelembe

Gamma-spektrometriai mérésekkel a közepes légtérfogatú aeroszol-mintavevő szűrőin, – a korábbi évekhez hasonlóan – 2022-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 EüÁ laboratóriumának eredményeihez hasonló nagyságban – a kozmogén eredetű ⁷Be. Atomerőművi eredetű radionuklid 2022-ben nem volt kimutatható a fall-out mintákban. (5-5., 5-6. táblázat). A radionuklidtól függő kimutatási határok értéke I-131 izotópra 2,0, míg Cs-134 és Cs-137 izotópokra 0,4 Bq/m²/hó közötti volt.

5-5. táblázat

A levegőkörnyezetben mért teljes kihullás-koncentrációk hatásági mérésekből (EüÁ)

Meghatározás	Terület *	Átlag (Bq/m ² /hó) min.-max.; esetszám
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	- 4,0 - 17; 9
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 3,8 - 22; 9
Összes-béta	DK-i félkör, R≥10 km	12 3,0 - 30; 18
Be-7 (Gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	55 6,4 - 130; 11
Be-7 (Gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	72 13 - 180; 10
Be-7 (Gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	50 13 - 110; 23
Cs-137 (Gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	- 11(11)
Cs-137 (Gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 11(11)
Cs-137 (Gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	- 23(23)

* Itt és a következő hasonló táblázatokban a félkörök és távolságok jelentése leolvasható az 5-2. ábráról.

** Az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral együtt vettük figyelembe

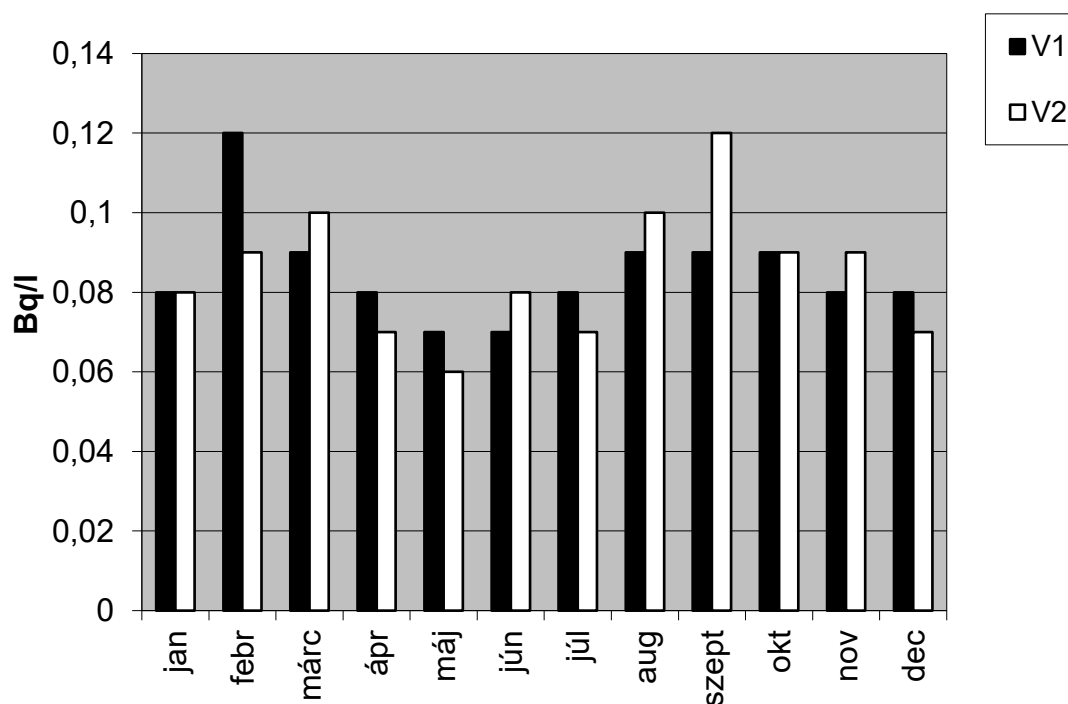
5-6. táblázat

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	44	2,5	180	39	120	0
Ru-106	-	-	-	-	120	120
Co-60	-	-	-	-	120	120
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 erőmű 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 NNK SSFO a Duna alprogram keretében havi gyakorisággal vesz mintát a Duna vízből Paksnál, illetve a paksi kollégák segítségével az M5 és T24 figyelőkutakból, valamint a V2 melegvízes csatornából. A mintákból havonta összes béta-aktivitás, ^{40}K - és ^3H -koncentráció mérések, illetve negyedévente ^{90}Sr -aktivitáskoncentráció és gamma-spektrometriai meghatározások történnek. A minta-előkészítés a gamma-spektrometriai elemzés esetén bepárlást (45 literről 150 ml-re), az összes béta-aktivitás mérés esetén bepárlást és 420 °C-on történő hamvasztást, a ^{90}Sr -aktivitáskoncentráció mérése esetén további kémiai elválasztást jelent. A trícium méréseket desztillálás előzi meg, a ^{40}K koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik. A ^{137}Cs aktivitáskoncentrációja minden esetben kimutatási határ alatti volt. A mérési eredményeket az 5-7. táblázat tartalmazza.

5-7. táblázat

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

Radionuklid	Mintavétel helye	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha	Egység
H-3	M5	-	2,0	8,5	-	12	3	Bq/l
H-3	T24	24	3,1	36	11	12	0	Bq/l
H-3	V2	-	2,0	5,9	-	12	6	Bq/l
H-3	Paks	-	2,0	4,9	-	12	4	Bq/l
Sr-90	V2	-	-	1,1	-	2	1	mBq/l
Sr-90	Paks	-	0,8	0,9	-	2	0	mBq/l

5.1.6 A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminták mérési eredményei

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

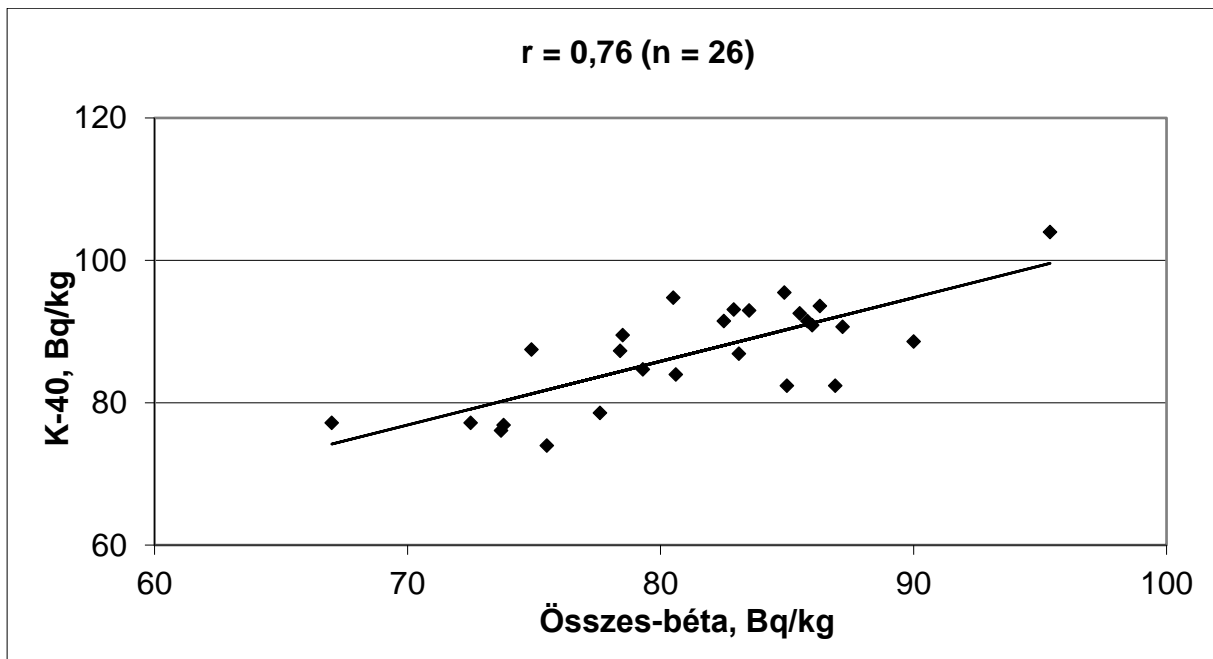
Látható, hogy a mesterséges radionuklidok halakban mért koncentrációi – a szárazföldi tápláléklánc elemeihez hasonlóan – igen kicsik, a minták nagyobb részben kimutatási határ alattiak.

A halakban mért összes béta és ^{40}K izotóp aktivitás-koncentrációk közötti korrelációt az 5-6. ábra szemlélteti. A korreláció a tavalyi évhez képest gyengébb, ugyanakkor a halak – a szárazföldi állatoktól eltérően – koncentrálnak egyes fémeket, valamint a ^{40}K izotópon kívül más béta-sugárzó, többnyire természetes eredetű radioaktív izotóp is hozzájárul az összes béta-eredményekhez.

5-8. táblázat

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

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	-	-	0,15	-	26	25
Sr-90	-	0,20	0,71	-	26	24
Összes béta	81	67	95	6,2	26	0



5-6. ábra
Halak összes béta és ^{40}K aktivitás-koncentrációi közötti összefüggés (KvVÁ)

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 KvVÁ pécsi és az EüÁ 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 EüÁ laboratóriuma végzi. (A Szelidi-tónál a KvVÁ laboratórium is végez mintavételezést és mérést.)

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

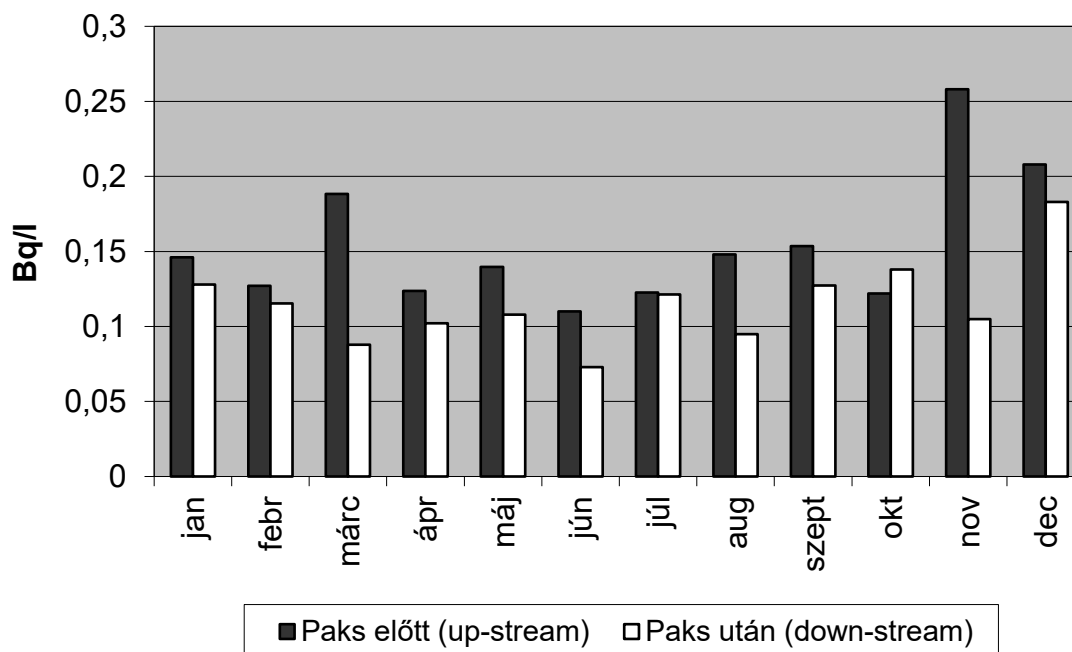
A heti-havi gyakorisággal vett Duna-víz mintákban meghatározott összes béta aktivitáskoncentrációkat az 5-7. ábra, a hetente-havonta mért trícium-koncentráció értékeket pedig az 5-8. ábra szemlélteti a környezetvédelmi és az egészségügyi hatóság mérései alapján. A nagyszámú vízmintából meghatározott összes béta-aktivitások éves átlaga Paks előtt 0,15 Bq/l, Paks után pedig 0,12 Bq/l volt.

A trícium-koncentráció értékeket tartalmazó 5-7. ábra és 5-8. táblázat szerint, a Paks előtt és után vett vízmintákban mért ^3H aktivitás- koncentrációk egy-két kivétellel alacsonyabbak vagy alig magasabbak az erőmű után, mint az erőmű előtt. A vizsgálati pontokon a Duna-szakasz trícium-koncentrációja Paks előtt és Paks után átlagosan 2,0 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 KvVÁ laboratóriumában, gamma-spektrometriával mért radionuklidok átlagos aktivitás-koncentrációit is.

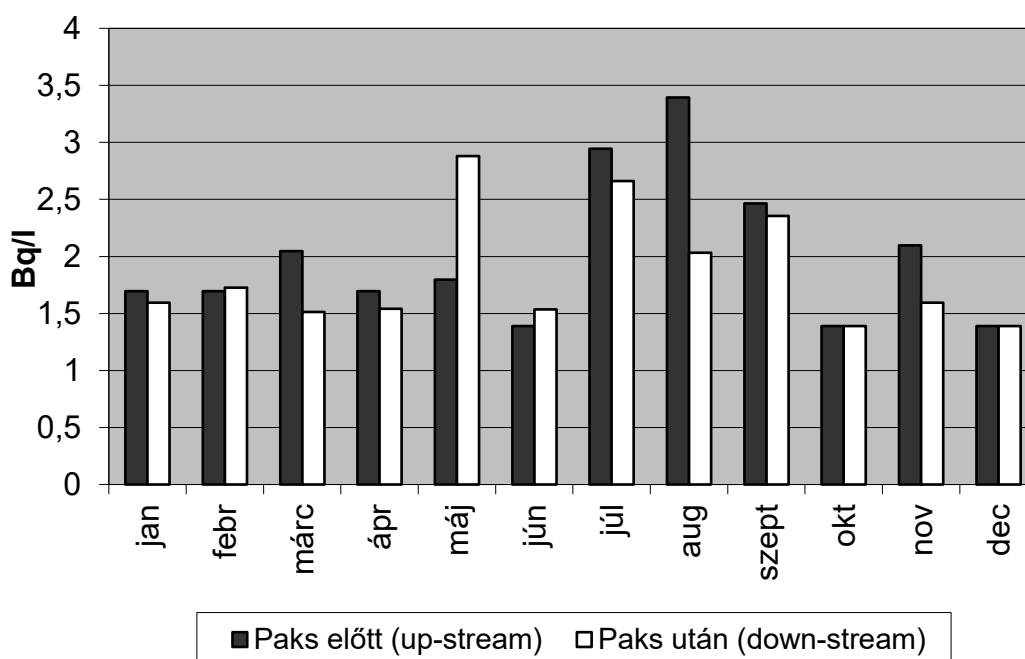
A Duna-vízben egyetlen radionuklid átlagos aktivitás-koncentrációja sem haladja meg lényegesen az alapszint értékeket, és általában a Paks után mért értékek nem magasabbak a Paks előtt mért értékeknél.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a Duna vízében az erőmű utáni szakaszon, erőművi eredetű lényeges radioaktív szennyeződés 2022-ben sem volt kimutatható.



5-7. ábra

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



5-8. ábra

A Duna-víz havi trícium-koncentrációja Paks előtt és után mérve hatósági mérések alapján (EüÁ, FmÁ és KvVÁ)

5-9. táblázat

A Duna-vízben mért éves aktivitás-koncentráció értékek, hatósági mérések alapján (EüÁ, FmÁ és KvVÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/l) min.-max.; esetszám*	alapszint (Bq/l) (1981)
Összes-béta	Paks előtt	0,15 0,10 - 0,27; 32	0,2
	Paks után	0,11 0,020 - 0,23; 68	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	- 12(12)	
	Paks után	- 36(36)	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	- 0,062 - 0,37; 12(8)	
	Paks után	0,076 0,0013 - 0,38; 36(11)	
H-3	Paks előtt	- 1,4 - 5,4; 24(19)	7,00
	Paks után	- 1,4 - 7,4; 48(40)	
Sr-90	Paks után	- 14(14)	0,005

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral együtt vettük figyelembe

Az 5-10. táblázat az erőmű környezetében fekvő felszíni vizek (kivéve a Dunát) mérési eredményeit tartalmazza. A vizsgálati eredmények azt mutatják, hogy a vizek összes béta aktivitás-koncentrációja hasonló a Duna-vízben mért értékekhez, havi átlagértékei a 0,13 - 0,29 határok között mozgott, míg trícium nem volt kimutatható.

5-10. táblázat

Felszíni vízminták (kivéve Duna) radioaktív koncentrációinak éves átlagai, hatósági mérések alapján (EüÁ és KvVÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/l) min.-max.; esetszám*
Összes béta	DK-i félkör, R<10 km	0,15 0,13 - 0,19; 10
	DK-i félkör, R≥10 km	0,23 0,17 - 0,29; 20
Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R<10 km	- 4(4)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 8(8)
K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R<10 km	- 4(4)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 8(8)
H-3	DK-i félkör, R<10 km	- 3(3)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 6(6)

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral együtt vettük figyelembe

A Duna üledékéből Paks előtt és után havonta-negyedévente gyűjtött minták átlagos koncentrációit a KvVÁ és EüÁ adatai alapján az 5-11. táblázat tartalmazza.

A Duna-iszap összes béta-aktivitása a mintázott helyeken 530-1200 Bq/kg közötti érték volt (száraz tömegre vonatkoztatva). A ⁹⁰Sr átlagos aktivitás-koncentrációja a mérések alapján Paks után 3,8 Bq/kg volt. 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 0,11 - 29 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 (EüÁ és KvVÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*	alapszint (1981)
Összes-béta	Paks előtt	850 530 - 980; 12	
	Paks után	880 610 - 1200; 60	
Cs-134 (gamma-spekt.)	Paks előtt	- 22(22)	
	Paks után	- 24(24)	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	14 0,11 - 29; 34(5)	10,0
	Paks után	15 0,10 - 26; 84(6)	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	470 210 - 1000; 34	
	Paks után	510 130- 750; 84	
Sr-90	Paks után	- 56(56)	2,0

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral együtt vettük figyelembe

Az 5-12. táblázat a hatósági laboratóriumok (EüÁ és KvVÁ) által vizsgált állóvizek szedimentumában meghatározott aktivitás-koncentráció értékeket tartalmazza. A minták szennyezettségét gamma-spektrometriával mérték, a ¹³⁷Cs koncentrációi a dunainál kisebbek, 0,11-6,5 Bq/kg között mozogtak.

5-12. táblázat

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

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg sz.a.) min.-max.; esetszám*
Cs-134 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	- 24(24)
Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	- 0,11 - 6,5; 24(15)
K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	310 200 - 640; 24

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral együtt vettük figyelembe

5.1.8 A talajban mért aktivitás-koncentrációk

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

A vizsgált talajok gamma-spektrometriával mért ¹³⁷Cs koncentrációja 0,2 - 17 Bq/kg között mozgott, a ⁹⁰Sr pedig nem volt kimutatható.

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

5-13. táblázat

Talajminták radioaktív koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FmÁ és EüÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R≥10 km	530 330 - 820; 14
	DK-i félkör, R≥10 km	610 330 - 900; 16(1)
Cs-134 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	- 24(24)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 26(26)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 40(40)
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	3,6 0,25 - 10; 24(1)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	4,2 0,20 - 17; 26(15)
	DK-i félkör, R≥10 km	4,7 0,20 - 8,7; 40(16)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	280 170 - 480; 24

	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	360 240 - 544; 26
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	480 280 - 840; 40
Sr-90	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	- 12(12)
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	- 15(15)

* Az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral együtt vettük figyelembe.

5.1.9 A takarmánymintákban mért aktivitás-koncentrációk

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

A mérési eredményeket az 5-14. táblázat tartalmazza. A korábbi évekhez hasonlóan ^{137}Cs és ^{90}Sr izotóp 2022-ben nem volt kimutatható a takarmányokban.

5-14. táblázat

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

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Összes-béta	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	440 170 - 790; 12
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	490 170 - 1300; 14
	DK-i félkör, $R < 10$ km	300 70 - 540; 11
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	- 73 - 200; 5
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	- 12(12)
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	- 14(14)
	DK-i félkör, $R < 10$ km	- 11(11)
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	- 5(5)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	440 170 - 730; 12
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	360 82 - 710; 14
	DK-i félkör, $R < 10$ km	290 68 - 540; 11
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	- 74 - 190; 5
Sr-90	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	- 12(12)
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	- 6(6)
	DK-i félkör, $R < 10$ km	- 11(11)
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	- 5(5)

* Az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral együtt vettük figyelembe.

5.1.10 A növénymintákban mért aktivitás-koncentrációk

2022-ben is folytatódott az erőmű 30 km-es körzetéből származó vadontermő 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, Foktó, 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 fűminták aktivitás-koncentrációinak éves átlagai az FmÁ mérései alapján

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	- 150 - 210; 4
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 160 - 310; 6
	DK-i félkör, R<10 km	- 120 - 280; 6
	DK-i félkör, R≥10 km	- 99 - 350; 34
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	- 4(4)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 6(6)
	DK-i félkör, R<10 km	- 6(6)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 34(34)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	- 120 - 210; 4
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 170 - 290; 6
	DK-i félkör, R<10 km	- 120 - 280; 6
	DK-i félkör, R≥10 km	- 75 - 340; 34
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	- 4(4)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 6(6)
	DK-i félkör, R<10 km	- 6(6)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 34(34)

* Az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral együtt vettük figyelembe.

5-16. táblázat

Gyomnövényminták aktivitáskoncentrációinak éves átlagai a hatósági mérések alapján (FmÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Összes béta	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 160 - 200; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	- 120 - 250; 8
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 4(4)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 8(8)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 160 - 200; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	- 120 - 250; 8
Sr-90	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 4(4)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 8(8)

* Az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe.

5-17. táblázat

Nyers konyhakerti növények aktivitáskoncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FmÁ)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 220; 4(3)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 40- 180; 6(2)
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 8(8)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 12(12)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 40 - 210; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	- 46 - 190; 6(1)
Sr-90	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 1(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 2(2)

* Az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral vettük figyelembe.

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 EüÁ ERMAH és az FmÁ NÉBIH hálózatai által megadott mérési eredmények nem térnek el egymástól.

5.1.11 Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása

A Tolna megyei 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 29 - 140 mBq/l volt. A gamma-spektrometriai eredmények kimutatási határ alattiak voltak. A trícium-koncentrációk 0,9 - 5,9 Bq/l között mozogtak, de egy részük kimutatási határ alatt volt.

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

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/l) min.-max.; esetszám*
Összes béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,083 0,068 - 0,11; 20
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,084 0,052 - 0,14; 12(2)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,078 0,029 - 0,11; 21(1)
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	- 8(8)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 5(5)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 9(9)
H-3	ÉNY-i félkör, R<10 km	- 2,0 - 3,1; 12(9)
	DK-i félkör, R≥10 km	3,5 0,90 - 5,9; 13(3)
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	- 6(6)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 3(3)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 6(6)

* Az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral együtt vettük figyelembe.

A tejminták begyűjtésére havonként, az FmÁ NÉBIH esetében a takarmányminták vételével egyidőben került sor. A minták a dunaszentgyörgyi, dunaszentbenedeki és paksi tehenészetből származtak. A mérési eredményeket az 5-19. táblázat foglalja össze.

Látható, hogy a ¹³⁷Cs izotóp kimutatási határ alatti volt. A tejben mérhető összes béta-aktivitás, gyakorlatilag teljes egészében a természetes ⁴⁰K izotópból származik.

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

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/l) min.-max.; esetszám*
Összes béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	- 12(12)
	DK-i félkör, R<10 km	47 39 - 61; 21(11)
	DK-i félkör, R≥10 km	53 44 - 60; 20(1)
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	- 12(12)
	DK-i félkör, R<10 km	- 26(26)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 30(30)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	44 38- 54; 12
	DK-i félkör, R<10 km	49 38 - 59; 26
	DK-i félkör, R≥10 km	53 38 - 60; 30
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	- 12(12)
	DK-i félkör, R<10 km	- 0,0052 - 0,043; 14(11)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 0,0031 - 0,0093; 6(1)

* Az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral együtt vettük figyelembe.

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

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

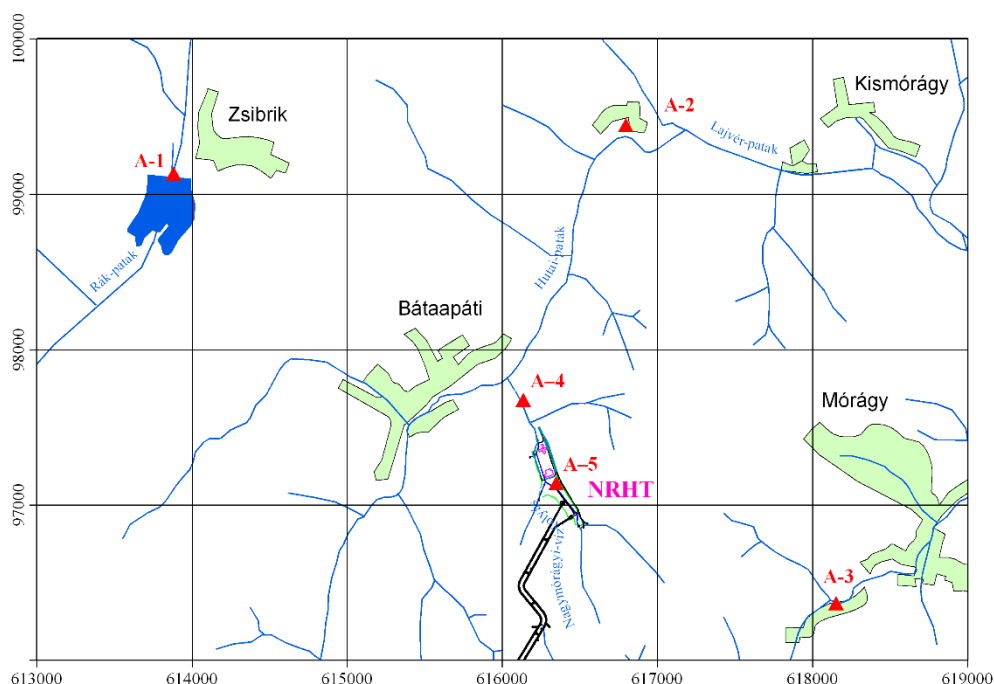
Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Sertés, Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	- 21(21)
Sertés, K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	120 91 - 130; 21
Szarvasmarha, Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	- 3(3)
Szarvasmarha, K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	- 110 - 120; 3
Baromfi, Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 4(4)
	DK-i félkör, R≥10 km	- 8(8)
Baromfi, K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	- 90 - 120; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	- 100 - 140; 8

* Az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel, az átlag képzésénél ezeket a kimutatási határral együtt vettük figyelembe.

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 változását látható.



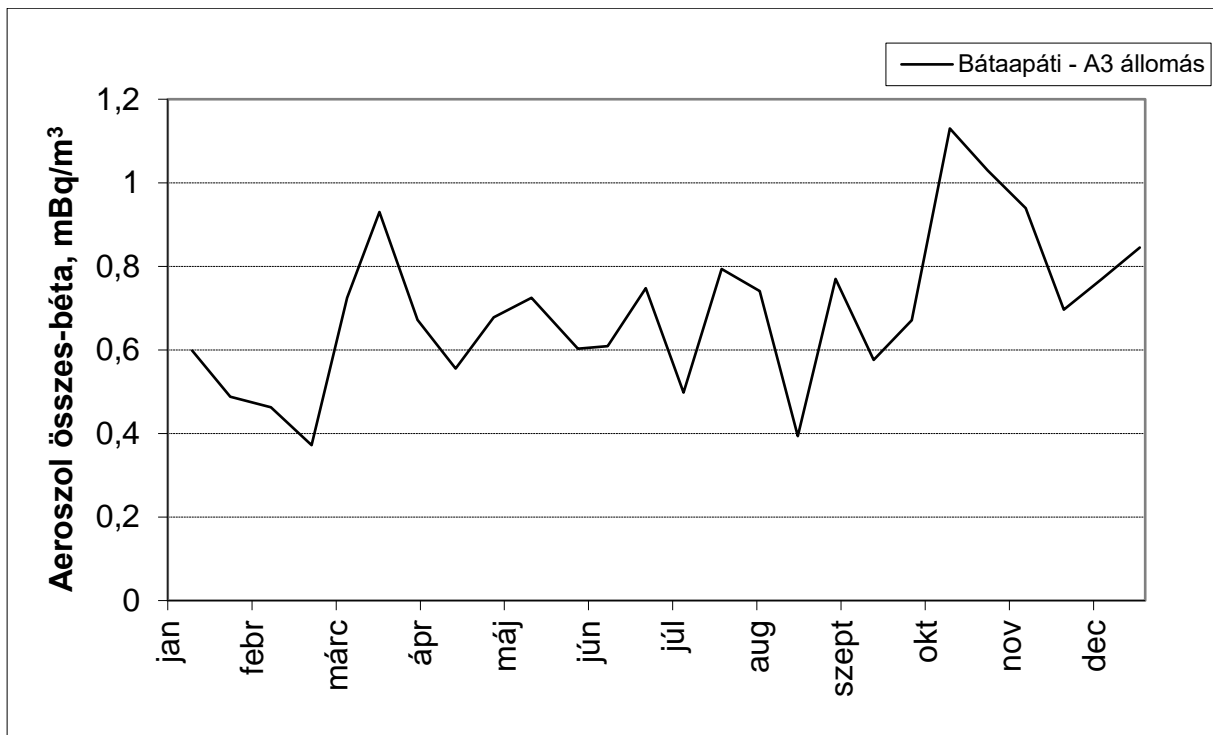
5-9. ábra

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 levegőmennyiség halad át a szűrőpapíron.

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

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

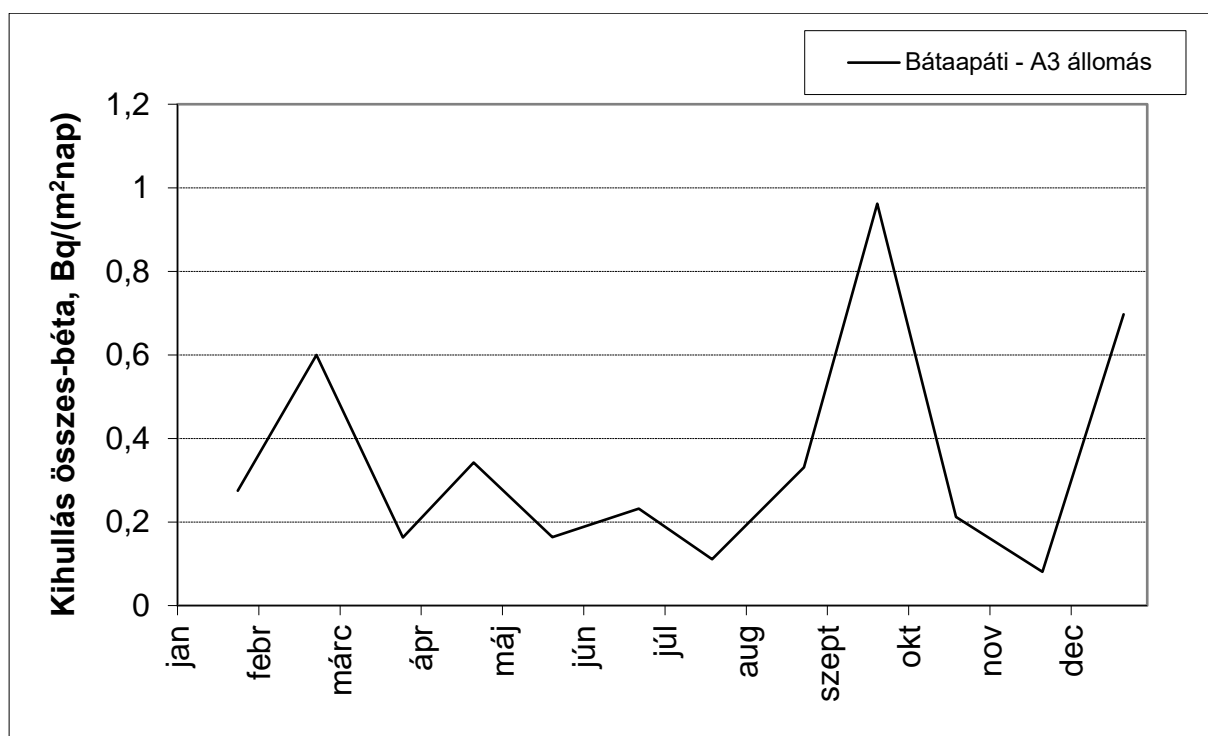
Radionuklid	Átlag mBq/m ³	Minimum mBq/m ³	Maximum mBq/m ³	Szórás mBq/m ³	N	Kha
Be-7	3,2	0,034	8,6	1,9	208	29
Co-60	-	-	-	-	208	208
Cs-137	-	0,0019	17	-	208	205
K-40	-	0,062	1,2	-	209	205
Összes-béta	0,83	0,098	13	1,2	208	0

5.2.2 A bátaapáti NRHT környezetében mért kihullás eredmények

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

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

A mintákon végzett gamma-spektrometriai és összes béta-mérések eredményeinek éves jellemzőit az 5-21. táblázat foglalja össze. Az 5-11. ábra az A3 állomáson mért kihullás összes béta-aktivitásainak időbeli változását mutatja be. Az állomás Mórág 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	840	120	4100	880	60	21
Co-60	-	-	-	-	60	60
Cs-137	-	-	-	-	60	60
K-40	-	-	460	-	52	51
Összes-béta	370	81	1600	310	60	0

5.2.3 A bátaapáti NRHT környezetében vett talajminták mérési eredményei

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

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

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

5-22. táblázat

A bátaapáti NRHT környezetében vett talajminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Co-60	-	-	-	-	5	5
Cs-137	-	0,0018	0,0051	-	5	1
K-40	-	0,62	0,73	-	5	0
Ra-226	-	0,080	0,11	-	5	0
Sr-90	-	0,20	0,58	-	5	1
Összes-béta	-	0,95	1,4	-	5	0

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

5-23. táblázat

In-situ mérések eredményei 2022-ben (a ¹³⁷Cs mérések Bq/m²-ben, a többiek Bq/kg-ban vannak megadva)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Bátaapáti	Bi-214	-	38	40	-	2	0
Bátaapáti	Cs-137	-	430	510	-	2	0
Bátaapáti	K-40	-	450	540	-	2	0
Bátaapáti	Pb-214	-	37	41	-	2	0
Mórággy	Bi-214	-	-	45	-	1	0
Mórággy	Cs-137	-	-	580	-	1	0
Mórággy	K-40	-	-	480	-	1	0
Mórággy	Pb-214	-	-	52	-	1	0
Mőcsény	Cs-137	-	-	320	-	1	0
Mőcsény	K-40	-	-	380	-	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 ¹³⁷Cs 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	-	0,15	0,26	-	4	0

5.2.5 A bátaapáti NRHT környezetében mért növényminták adatai

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

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

5-25. táblázat

A bátaapáti NRHT környezetében vett növényminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Co-60	-	-	-	-	5	5
Cs-137	-	-	-	-	5	5
K-40	-	980	1300	-	5	0
Ra-226	-	3,9	80	-	10	5
Sr-90	-	0,18	0,33	-	5	0
Összes-béta	-	910	1700	-	5	0

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

5-26. táblázat
A bátaapáti NRHT létesítményeinek környezetéből származó növény minták aktivitás-koncentrációja
2022-ben (Bq/kg)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Bátaapáti	Ac-228	-	-	1,5	-	1	0
Bátaapáti	Be-7	-	-	16	-	1	0
Bátaapáti	Bi-212	-	-	1,1	-	1	0
Bátaapáti	Bi-214	-	-	1,1	-	1	0
Bátaapáti	K-40	-	-	340	-	1	0
Bátaapáti	Pb-210	-	-	14	-	1	0
Bátaapáti	Pb-212	-	-	1,3	-	1	0
Bátaapáti	Pb-214	-	-	1,4	-	1	0
Bátaapáti	Sr-90	-	-	0,57	-	1	0
Bátaapáti	Összes-alfa	-	-	32	-	1	0
Bátaapáti	Összes-béta	-	-	350	-	1	0
Bátaapáti	Th-234	-	-	1,3	-	1	0
Mórággy	Be-7	-	-	68	-	1	0
Mórággy	K-40	-	-	200	-	1	0
Mórággy	Pb-210	-	-	7,5	-	1	0
Mórággy	Pb-212	-	-	0,12	-	1	0
Mórággy	Pb-214	-	-	0,14	-	1	0
Mórággy	Sr-90	-	-	0,22	-	1	0
Mórággy	Összes-béta	-	-	250	-	1	0

5.3 A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló környezetellenőrzési mérési adatai

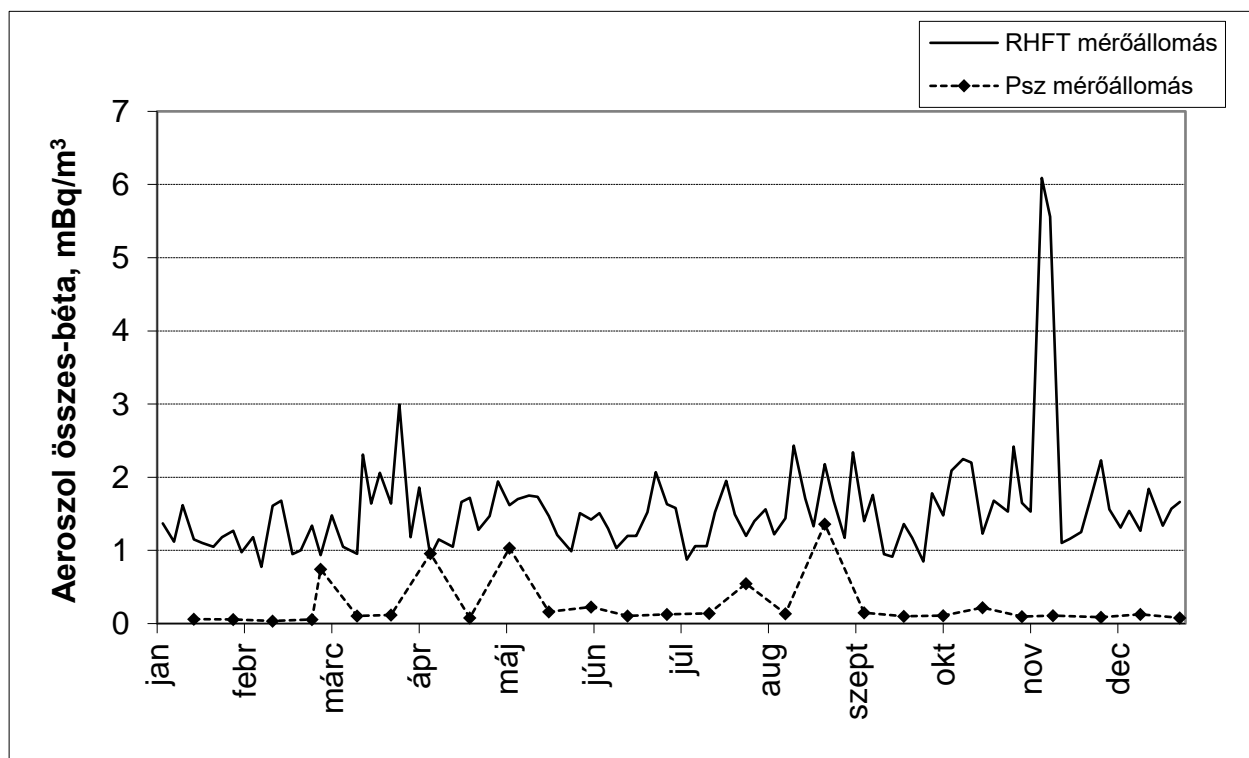
5.3.1 A püspökszilágyi RHFT környezetében mért aeroszol aktivitás-koncentráció adatok

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

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

A mintavétel után 72 órás pihentetés következik. A minta gamma-spektrometriai mérése után az alfa/béta-számlálórendszer mérési geometriájához igazítva a szűrőpapír középső 5 cm-es átmérőjű darabjának összes béta-aktivitását mérik. Jellemző kimutatási határok: $0,1\text{-}0,7 \text{ mBq/m}^3$ (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 ($4,8\text{E-}03 \text{ Bq/m}^3$ illetve $2,9\text{E-}02 \text{ Bq/m}^3$) hasonlóan alakultak. A maximális érték a püspökszilágyi RHFT területén $4,18\text{E-}03 \text{ Bq/m}^3$, Püspökszilágyon $1,61\text{E-}03 \text{ Bq/m}^3$ volt 2019-ben. Az 5-12 ábrán látható, az év során jelentkező kisebb ingadozások az alkalmanként megnövekvő portterhelésnek 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

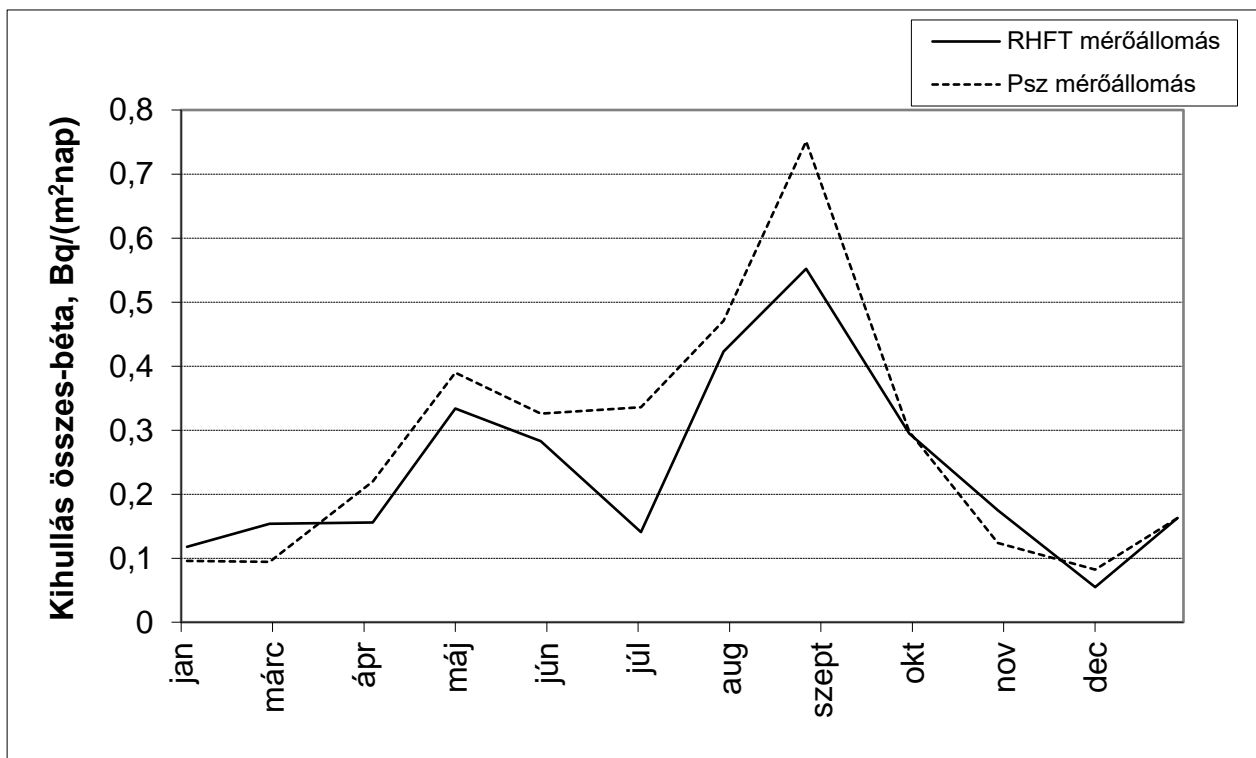
Meghatározás	Átlag mBq/m ³	Minimum mBq/m ³	Maximum mBq/m ³	Szórás mBq/m ³	N	Kha
Be-7	2,7	0,072	6,8	1,9	124	3
Cs-137	-	-	-	-	131	131
K-40	-	0,18	0,48	-	12	9
Összes-béta	1,3	0,036	6,1	0,85	131	0

5.3.2 A püspökszilágyi RHFT környezetében mért kihullás eredmények

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

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

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



5-13. ábra

A püspökszilágyi RHFT környezetében mért kihullás összes béta-aktivitások időbeni 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	790	66	2500	660	22	1
Cs-137	-	-	-	-	24	24
K-40	-	-	370	-	24	23
Ra-226	-	-	-	-	2	2
Összes-béta	260	55	750	170	24	0

5.3.3 A püspökszilágyi RHFT környezetének talajmérési eredményei

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

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

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

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

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

Vizsgálat	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Be-7	-	4,1	230	-	4	2
Cs-137	5,4	0,47	18	5,2	32	4
K-40	400	210	500	61	32	0
Ra-226	57	6,8	76	15	30	1
Sr-90	0,29	0,016	0,66	0,18	26	10
Összes-béta	580	320	730	93	32	0

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

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

5-30. táblázat

A püspökszilágyi RHFT létesítményeinek környezetéből származó talajminták aktivitás-koncentrációja 2022-ben (Bq/kg)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Püspökszilágy	Ac-228	-	35	51	-	6	0
Püspökszilágy	Bi-212	-	18	28	-	6	0
Püspökszilágy	Bi-214	-	22	41	-	6	0
Püspökszilágy	Cs-137	-	4,0	24	-	6	0
Püspökszilágy	I-125	-	-	-	-	1	1
Püspökszilágy	I-131	-	-	-	-	1	1
Püspökszilágy	K-40	-	440	660	-	6	0
Püspökszilágy	Pa-234m	-	24	100	-	6	1
Püspökszilágy	Pb-210	-	36	91	-	6	0
Püspökszilágy	Pb-212	-	31	45	-	6	0
Püspökszilágy	Pb-214	-	22	36	-	6	0
Püspökszilágy	Pu(239+240)	-	-	0,17	-	1	0
Püspökszilágy	Pu-238	-	-	-	-	1	1
Püspökszilágy	Sr-90	-	0,45	1,8	-	5	0
Püspökszilágy	Th-234	-	9,9	73	-	6	0
Püspökszilágy	Tl-208	-	11	13	-	6	0
Püspökszilágy	U-235	-	1,6	4,4	-	6	0
Püspökszilágy	Összes-béta	-	65	840	-	6	0

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

5-31. táblázat

In-situ mérések eredményei 2022-ben (a ¹³⁷Cs mérések Bq/m²-ben, a többiek Bq/kg-ban vannak megadva)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Kisnémedi	Bi-214	-	33	34	-	2	0
Kisnémedi	Cs-137	-	1100	1200	-	2	0
Kisnémedi	K-40	-	380	520	-	2	0
Kisnémedi	Pb-214	-	33	35	-	2	0
Püspökszilágy	Bi-214	-	32	36	-	3	0
Püspökszilágy	Cs-137	-	240	1900	-	4	0
Püspökszilágy	K-40	-	360	530	-	4	0
Püspökszilágy	Pb-214	-	29	40	-	3	0

5.3.4 A püspökszilágyi RHFT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményei

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

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

5-32. táblázat

A püspökszilágyi RHFT környezetében végzett felszíni víz mérési eredményeinek éves jellemzői

Radionuklid	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kha
Cs-137	-	-	-	-	9	9
K-40	-	0,17	0,37	-	5	0
Ra-226	-	-	0,052	-	4	3
Összes-béta	-	0,025	0,36	-	9	0

5.3.5 A püspökszilágyi RHFT környezetében mért növényzet adatok

A növényzetet a telephely környezetében 17 ponton félévente, illetve évente mintázzák. (A növényzet fogalma általános esetben fűféléket jelent, némely esetben gombát.) A mintát szárítószekrényben 105°C-on 24 órán át szárítják, majd aprítógéppel 3 mm-es darabokra darálják és homogenizálják, ezt követően 300°C-on elhamvasztják. Jellemző kimutatási határok: 40 Bq/kg (összes béta-aktivitás) és 0,5 Bq/kg (¹³⁷Cs, gamma-spektrometria). A növényminták mérési eredményeit az 5-33. táblázat foglalja össze.

5-33. táblázat

A püspökszilágyi RHFT környezetében vett növényminták mérési eredményeinek éves jellemzői

Vizsgálat	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Be-7	82	7,8	250	62	27	0
Cs-137	-	-	-	-	27	27
K-40	690	250	1400	260	27	0
Sr-90	0,21	0,031	0,97	0,22	20	2
Összes-béta	740	320	1200	230	27	0

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

5-34. táblázat

A püspökszilágyi RHFT létesítményeinek környezetéből származó növényminták aktivitás-koncentrációja 2022-ben (Bq/kg)

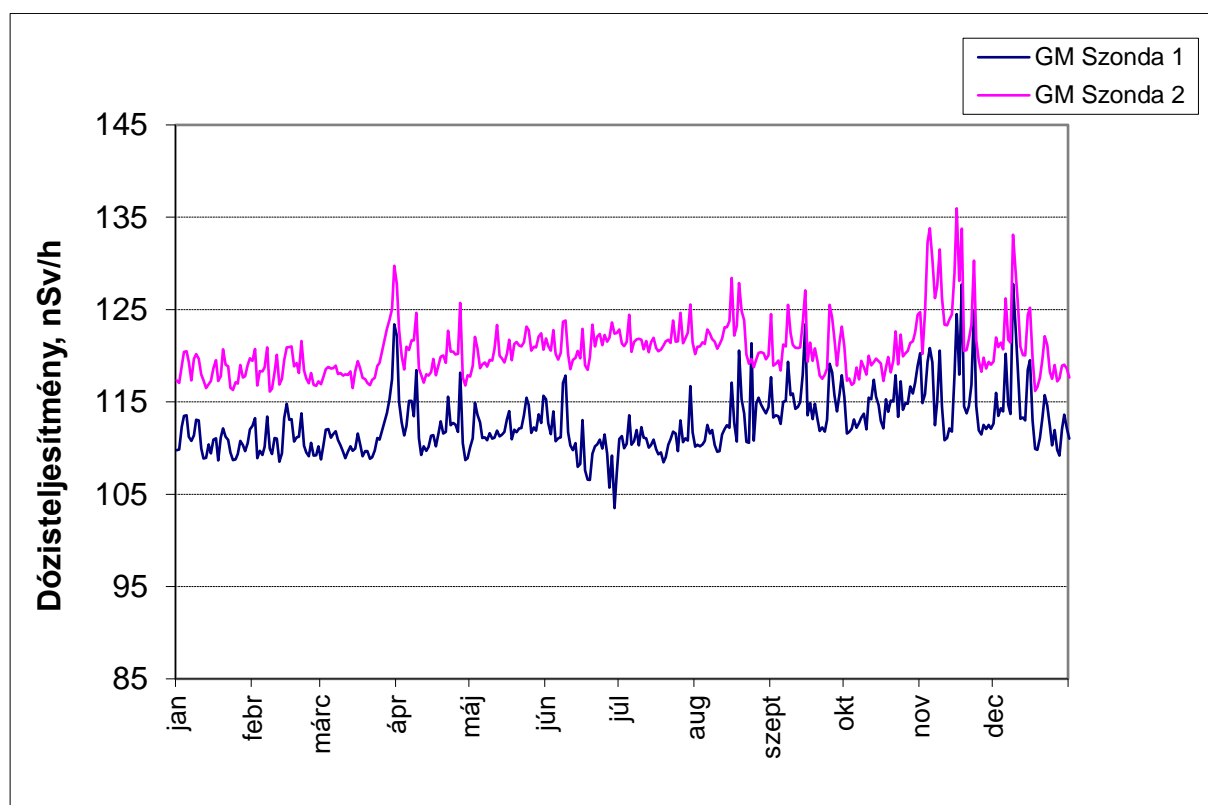
Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Püspökszilágy	Be-7	-	5,3	22	-	2	0
Püspökszilágy	K-40	-	180	190	-	2	0
Püspökszilágy	Pb-210	-	0,75	1,3	-	2	0
Püspökszilágy	Pb-212	-	0,10	0,21	-	2	0
Püspökszilágy	Pb-214	-	0,18	0,25	-	2	0
Püspökszilágy	Sr-90	-	0,220	0,31	-	2	0
Püspökszilágy	Összes-alfa	-	2,6	5,1	-	2	0
Püspökszilágy	Összes-béta	-	190	210	-	2	0

5.4 A Központi Fizikai Kutató Intézet telephely környezetellenőrzési mérési adatai

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

5.4.1 A KFKI telephelyén mért gammadózis-teljesítmények

A KFKI telephelyen a dózisteljesítmény ellenőrzésére 17 GM-szonda szolgál, A szondák jelei az Energiatudományi Kutatóközpont Környezetvédelmi Szolgálatra (a továbbiakban: EK KVSz) futnak be. Ezen mérőhelyek közül két olyat választottunk ki (1. és 2. állomás), amelyek általában jól jellemzik a telephely egészének dózisteljesítmény-szintjét (5-14. ábra). A többi állomáson az izotópforgalom és izotópszállítások miatt, időnként az átlagos háttérszintet meghaladó értékek is jelentkezhetnek. Ezek azonban elsősorban az egyes műveletek sugárzási viszonyaira, nem pedig a telephely környezetére jellemzőek.



5-14. ábra

A KFKI telephely mérőállomásain mért napi dózisteljesítmények időbeli változása 2022-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. (A pillanatnyi adatok az interneten is megtekinthetők a következő honlapon: <http://148.6.56.150>.; vagy grafikusan az [Online mérési adatok grafikus megjelenítése](#) linken) Az éves feldolgozott adatokat az EK KVSz Éves Jelentése tartalmazza, amelyet az EK KVSz honlapján (<https://www.ek-cer.hu/kornyezetvedelmi-szolgalat/>) lehet megtekinteni a „Jelentések” címszó alatt.

5.4.2 A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk

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

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

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

5-35. táblázat

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

Radionuklid	Átlag mBq/m ³	Minimum mBq/m ³	Maximum mBq/m ³	Szórás mBq/m ³	N	Kh alatt
Be-7	3,1	0,20	10,4	1,9	102	1
Co-60	-	-	-	-	102	102
Cs-137	-	-	-	-	102	102
I-125	0,43	0,10	7,3	0,85	255	182
I-131	0,24	0,10	1,1	0,23	255	233
Összes-béta	1,4	0,04	9,1	0,83	1144	4

Az alkalmazott számítógépes programok, illetve kiértékelési algoritmus szerint azokat az eredményeket nem sorolják az elfogadott adatok közé, amelyeknél ugyan minőségileg azonosítható a keresett komponens, de relatív bizonytalansága (hibája) meghaladja a 30%-ot. A kimutatási határ alatti mérések számát külön oszlopban tüntettük fel. A ¹²⁵I és ¹³¹I radioizotópok a telephelyen működő Izotóp Intézet Kft. radiokémiai laboratóriumainak a kibocsátási kritériumoknál kisebb kibocsátásaihoz köthetők. A ⁷Be és 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., 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, illetve néhány alkalommal a telephelyi laboratóriumokban mért, illetve készített sugárforrásokhoz köthető ⁶⁰Co, ¹³⁷Cs és ⁵⁷Co 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

	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	10	97	15	51	27
Co-60	-	-	-	-	51	51
Cs-137	-	-	-	-	51	51
I-125	1,1	0,30	2,6	0,59	51	28
I-131	-	-	-	-	51	51

5-37. táblázat
A KFKI telephelyen végzett havi fall-out mérések eredményeinek éves összefoglalása

	Átlag Bq/m ² /hó	Minimum Bq/m ² /hó	Maximum Bq/m ² /hó	Szórás Bq/m ² /hó	N	Kha
Be-7	48	9,2	138	36	12	0
Co-60	-	-	-	-	12	12
Cs-137	-	-	-	-	12	12
I-125	-	0,20	2,0	-	12	8
I-131	-	-	-	-	12	12

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

5.4.4 A KFKI telephely területén mért talajmérési eredmények

A KFKI Telephelyen az EK KVSz 1 alkalommal végzett talajvizsgálatot 2022-ben.

5-38. táblázat
A KFKI telephelyen végzett talajminta mérési eredmények 2022. évi összefoglalása

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Be-7	-	-	-	-	1	1
I-125	-	-	-	-	1	1
I-131	-	-	-	-	1	1
Cs-137	-	-	7	-	1	0
Co-60	-	-	-	-	1	1
K-40	-	-	530	-	1	0

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 5-39. táblázat tartalmazza.

5-39. táblázat

A KFKI telephelyen végzett fű- gomba-és mohaminta mérések eredményeinek 2022. évi összefoglalása

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Be-7	-	10	280	-	5	1
I-125	-	-	3,2	-	5	4
I-131	-	-	-	-	5	5
Cs-137	-	2,9	52	-	5	2
Co-60	-	-	-	-	5	5
K-40	-	140	1400	-	5	1

A NÉBIH laboratóriumai végeztek növényminta méréseket is a KFKI térségében, melyek eredményeit az 5-40. táblázat mutatja be.

5-40. táblázat

A KFKI környezetéből származó növényminták aktivitás-koncentrációja 2022-ben (Bq/kg)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Ac-228	-	-	8,4	-	52	51
Am-241	-	-	-	-	52	52
Be-7	29	6,6	110	22	52	13
Bi-212	7,5	0,90	18	3,3	52	33
Bi-214	3,6	0,32	9,1	1,9	52	17
Cs-137	-	0,31	2,1	-	52	48
I-125	0,89	0,21	8,0	1,4	50	24
K-40	150	85	340	42	52	0
Pb-210	9,6	1,6	29	4,4	52	24
Pb-212	6,0	0,19	19	4,4	52	7
Pb-214	2,8	0,31	7,5	1,4	52	21
Sb-125	-	0,29	7,1	-	52	45
Sr-90	-	0,17	0,36	-	2	0
Th-234	-	1,0	16	-	52	47
Tl-208	-	0,13	4,8	-	52	48
U-235	-	0,083	2,2	-	52	50
Összes-alfa	-	2,0	39	-	2	0
Összes -béta	-	170	240	-	2	0

5.5 A BME NTI Oktatóreaktor telephely környezetellenőrzési mérési adatai

A BME NTI Oktatóreaktor környékén 2022. év során elvégzett környezetellenőrző vizsgálatok – aeroszol, Duna-víz és kihullás összes béta, valamint talaj- és növényminták nuklid-specifikus kiértékelésének – eredményeit az 5-41. – 5-47. táblázatok mutatják be. A 2022. évi környezetellenőrző mérések eredményei megfeleltethetők az elmúlt években mért értékeknek.

5-41. táblázat

<i>2022-ben a levegőben lévő, aeroszolhoz kötött radioaktív izotópok aktivitáskoncentrációja</i>		
<i>Hónap</i>	<i>Össz-béta aktivitáskoncentráció (Bq/m³)</i>	<i>Össz-gamma aktivitáskoncentráció (Bq/m³)</i>
Január	6,29E-04	4,81E-03
Február	9,00E-04	5,01E-03
Március	9,01E-04	5,48E-03
Április	7,16E-04	<4,10E-03
Május	6,92E-04	4,47E-03
Június	5,60E-04	4,56E-03
Július	7,06E-04	4,99E-03
Augusztus	9,61E-04	<4,75E-03
Szeptember	7,14E-04	<4,55E-03
Október	7,12E-04	<4,84E-03
November	9,42E-04	<4,54E-03
December	7,84E-04	<4,27E-03

5-42. táblázat

<i>A 2022. évi Dunavíz-minták aktivitáskoncentrációja havi átlagban</i>		
<i>Hónap</i>	<i>Össz-béta aktivitáskoncentráció (Bq/m³)</i>	<i>Össz-gamma aktivitáskoncentráció (Bq/m³)</i>
Január	1,36E+03	<4,17 E+03
Február	<9,69E+02	<4,17 E+03
Március	<1,18E+03	<4,17 E+03
Április	<7,20E+02	<4,17 E+03
Május	<5,38E+02	<4,17 E+03
Június	<8,02E+02	<4,17 E+03
Július	1,33E+03	4,51 E+03
Augusztus	<1,29E+03	<4,17 E+03
Szeptember	1,55E+03	<4,17 E+03
Október	<1,52E+03	<4,17 E+03
November	2,06E+03	<4,17 E+03
December	<8,28E+02	<4,17 E+03

5-43. táblázat

<i>A 2022. évi fall-out össz-béta aktivitáskoncentrációja</i>	
<i>Hónap</i>	<i>Össz-béta aktivitáskoncentráció (Bq/m²)</i>
Január	9,80
Február	8,57
Március	4,74
Április	22,71
Május	13,18
Június	7,76
Július	9,18
Augusztus	33,04
Szeptember	7,08
Október	16,33
November	12,69
December	10,32

5-44. táblázat

<i>2022 tavaszi FŰMINTA izotópszelektív aktivitáskonzentrációja</i>	
<i>Vizsgált nuklid</i>	<i>Aktivitáskonzentráció (Bq/g)</i>
K-40	2,12 E-00
Tórium sor	5,01 E-03
Urán sor	5,01 E-02
Co-60	3,14 E-03
Cs-137	3,18 E-03
Cs-134	<5,67 E-03
I-131	<9,25 E-04
I-129	<9,17 E-03

5-45. táblázat

<i>2022 tavaszi TALAJMINTA izotópszelektív aktivitáskonzentrációja</i>	
<i>Vizsgált nuklid</i>	<i>Aktivitáskonzentráció (Bq/g)</i>
K-40	3,61 E-01
Tórium sor	1,57 E-02
Urán sor	2,75 E-02
Co-60	4,51 E-04
Cs-137	6,82 E-03
Cs-134	<9,22 E-04
I-131	<1,56 E-04
I-129	1,82 E-02

5-46. táblázat

<i>2022 őszi FŰMINTA izotópszelektív aktivitáskonzentrációja</i>	
<i>Vizsgált nuklid</i>	<i>Aktivitáskonzentráció (Bq/g)</i>
K-40	5,78 E-01
Tórium sor	<4,15 E-03
Urán sor	1,49 E-02
Co-60	<2,95 E-03
Cs-137	<2,72 E-03
Cs-134	<1,57 E-02
I-131	<2,56 E-03
I-129	<2,54 E-02

5-47. táblázat

<i>2022 őszi TALAJMINTA izotópszelektív aktivitáskonzentrációja</i>	
<i>Vizsgált nuklid</i>	<i>Aktivitáskonzentráció (Bq/g)</i>
K-40	1,67 E-01
Tórium sor	1,32 E-02
Urán sor	2,11 E-02
Co-60	<1,78 E-04
Cs-137	7,08 E-03
Cs-134	<9,22 E-04
I-131	<1,56 E-04
I-129	<3,00 E-03

5.6 A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének környezetellenőrzési mérési adatai

5.6.1 A BVH Kft. környezetében mért kihullás eredmények

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

Ugyan a zagyártározói rekultiváció 2008. év végén befejeződött, az ott telepített állomások egy részét (I. zagyártározó, löszbánya, Pellérd) továbbra is fenntartják, hogy a tendenciák jól megfigyelhetők legyenek. A mintákat negyedévente gyűjtik be és dolgozzák fel, meghatározzák a kihullás mennyiségét ($t/km^2/év$). A kihullott radioaktivitást ($Bq/m^2/év$), valamint radionuklid-összetételét viszont 2016-tól nem negyedévenként, hanem a teljes naptári évre egyesített mintákon vizsgálják.

Hullóporból negyedéves gyakorisággal vesznek mintát. A teljes naptári évre (1-4. negyedév) egyesített hullópor minta vizsgálata félvezető detektoros gamma-spektrometriai vizsgálata 2π mérési geometriával, megfelelően hatékony ólomárnyékolás mellett 8k csatornás, HPGe detektoros méréssel. Az aktivitástól függően hullópor esetén legalább 200 000 s mérési idő alkalmazásával az összes természetes eredetű gamma-sugárzó radionuklid és a ^{137}Cs mennyiségi kiértékelhető; már a háttérszinten kielégítő (1 Bq/kg) pontossággal.

A minták gamma-spektrometriai vizsgálatának eredményeit az 5-48. táblázat tartalmazza.

5-48. táblázat
Hullópor minták radionuklid tartalma 2022-ben

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
U-235	-	-	-	-	7	7
Th-234	-	-	240	-	7	6
Ra-226	-	150	770	-	7	0
Pb-214	-	150	780	-	7	0
Bi-214	-	150	760	-	7	0
Pb-210	-	1200	6200	-	7	0
Ac-228	-	-	-	-	7	7
Pb-212	-	25	45	-	7	0
Bi-212	-	-	95	-	7	6
Tl-208	-	-	-	-	7	7
K-40	-	280	870	-	7	0
Cs-137	-	-	-	-	7	7

A táblázat adataiból megállapítható, hogy a radionuklidok aktivitáskoncentrációja átlagos vagy kimutatási határ alatti.

5.6.2 A BVH Kft. környezetében vett talajminták mérési eredményei

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

2022-ben a III. bányauzem udvar talajában mért aktivitás-koncentrációk mérési eredményeit az 5-49. táblázat foglalja össze.

5-49. táblázat

A III. bányauzem udvar, talajminták gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2022-ben

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
U-235	-	-	-	-	2	2
Th-232	-	10	61	-	2	0
Ra-226	-	33	69	-	2	0
Pb-214	-	29	61	-	2	0
Bi-214	-	25	52	-	2	0
Pb-210	-	25	25	-	2	0
Ac-228	-	31	48	-	2	0
Pb-212	-	39	48	-	2	0
Bi-212	-	30	46	-	2	0
Tl-208	-	33	42	-	2	0
K-40	-	250	700	-	2	0
Cs-137	-	-	-	-	2	2

2022-ben a III. bányauzemi meddőhányón végzett vertikális és horizontális vizsgálatok, aktivitás-koncentrációk mérési eredményei növényminták esetében az 5-50-51. táblázatok mutatják be.

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

A vertikális migrációs vizsgálat során magfúrást mélyítenek a fedőtakaróba, és annak anyagát a mélység szerint egyenlő szakaszonként (esetükben 25 cm-enként) mintázzák, ezek közül a környezeti sugárterhelés szempontjából jelentőséggel bíró felső 25 cm-re vonatkozó mérési adatokat közöljük.

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

5-50. táblázat

A III. bányauzemi meddőhányón végzett horizontális migrációs vizsgálat - talajminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2022-ben

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
U-235	-	-	-	-	8	8
Th-232	-	10	160	-	8	0
Ra-226	-	5,0	110	-	8	0
Pb-214	-	11	220	-	8	0
Bi-214	-	12	320	-	8	0
Pb-210	-	68	450	-	8	5
Ac-228	-	15	43	-	8	0
Pb-212	-	11	54	-	8	0
Bi-212	-	16	36	-	8	1
Tl-208	-	10	45	-	8	0
K-40	-	400	1000	-	8	0
Cs-137	-	-	-	-	8	8

5-51. táblázat

A III. bányászati meddőhányón végzett vertikális migrációs vizsgálat - talajminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2022-ben

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
U-235	-	-	6,5	-	5	4
Th-232	-	21	140	-	5	0
Ra-226	-	19	95	-	5	0
Pb-214	-	22	49	-	5	0
Bi-214	-	26	56	-	5	0
Pb-210	-	9,0	44	-	5	0
Ac-228	-	38	490	-	5	0
Pb-212	-	25	33	-	5	0
Bi-212	-	35	51	-	5	0
Tl-208	-	35	48	-	5	0
K-40	-	470	560	-	5	0
Cs-137	-	0,30	2,9	-	5	0

5.6.3 A BVH Kft. környezetében vett növényminták mérési eredményei

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

2022-ben a III. bányászati udvarban vett növény mintákban mért aktivitás-koncentrációk mérési eredményeit az 5-52. táblázat mutatja be.

5-52. táblázat

A III. bányászati udvar, növényi hamu minták gamma-spektrometriai és össz-béta aktivitás vizsgálati eredmények 2022-ben

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
U-235	-	-	-	-	2	2
Th-232	-	-	-	-	2	2
Ra-226	-	34	58	-	2	0
Pb-214	-	32	57	-	2	0
Bi-214	-	35	59	-	2	0
Pb-210	-	180	250	-	2	0
Ac-228	-	-	-	-	2	2
Pb-212	-	-	-	-	2	2
Bi-212	-	-	-	-	2	2
Tl-208	-	-	-	-	2	2
K-40	-	2700	3000	-	2	0
Cs-137	-	-	-	-	2	2

2022-ben a III. bányászati meddőhányón végzett vertikális és horizontális vizsgálatok (mintavétel menetét lásd feljebb), aktivitás-koncentrációk mérési eredményei növényminták esetében az 5-53-54. táblázatok mutatják be.

5-53. táblázat

A III. meddőhányón végzett horizontális migrációs vizsgálat - növényminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2022-ben

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
U-235	-	13	23	-	8	4
Th-232	-	30	860	-	8	0
Ra-226	-	33	400	-	8	0
Pb-214	-	54	540	-	8	0
Bi-214	-	61	560	-	8	0
Pb-210	-	530	2500	-	8	0
Ac-228	-	-	-	-	8	8
Pb-212	-	25	28	-	8	5
Bi-212	-	-	-	-	8	8
Tl-208	-	-	32	-	8	7
K-40	-	950	3300	-	8	0
Cs-137	-	1,0	1,0	-	8	6

5-54. táblázat

A III. meddőhányón végzett vertikális migrációs vizsgálat - növényminta gamma-spektrometriai vizsgálati eredmények 2022-ben

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
U-235	-	-	10	-	5	4
Th-232	-	33	169	-	5	0
Ra-226	-	39	75	-	5	0
Pb-214	-	41	107	-	5	0
Bi-214	-	45	116	-	5	0
Pb-210	-	484	836	-	5	0
Ac-228	-	-	-	-	5	5
Pb-212	-	15	32	-	5	0
Bi-212	-	-	-	-	5	5
Tl-208	-	-	-	-	5	5
K-40	-	710	1656	-	5	0
Cs-137	-	-	-	-	5	5

6 Országhatáron túli hatások

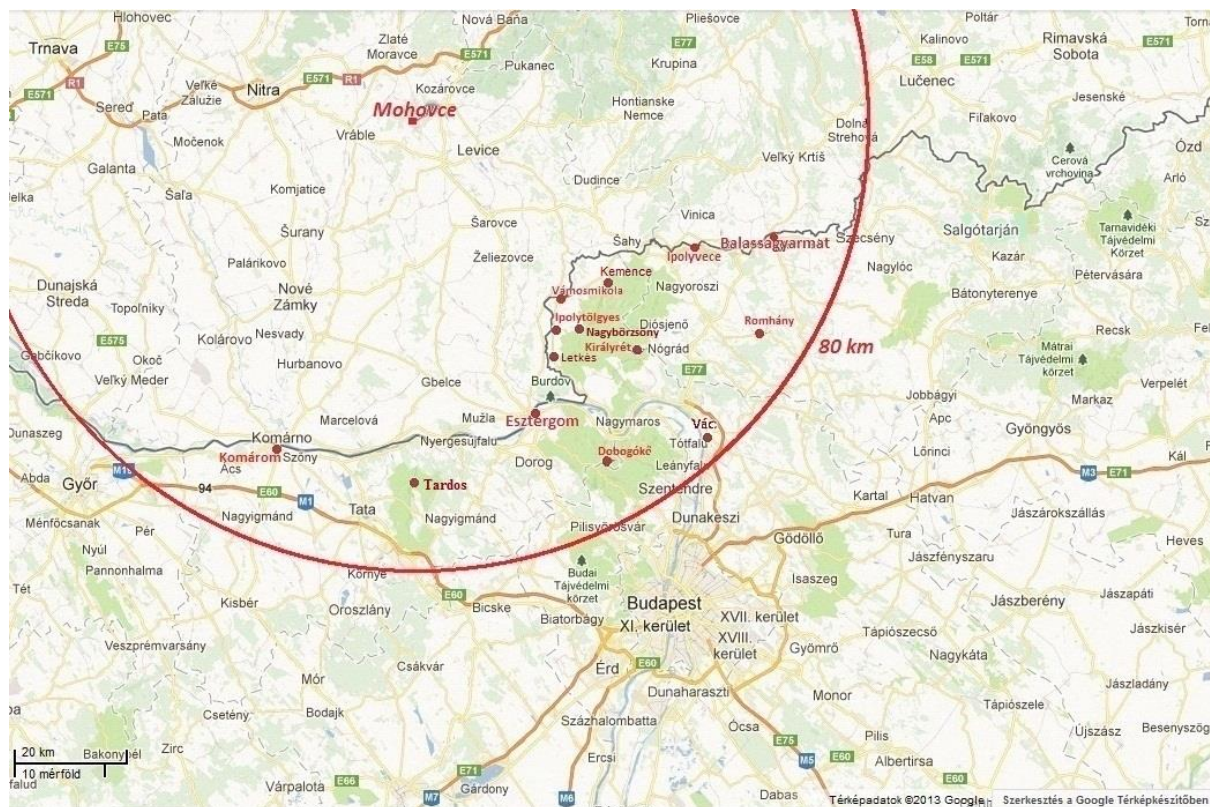
6.1 A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért eredmények

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

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

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

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



6-1. ábra

A mohi atomerőmű hazai környezetének mérési helyszínei

6-1. táblázat
In-situ mérések eredményei 2022-ben (a Cs-137 mérések kBq/m²-ben, a többiek Bq/kg-ban vannak megadva)

Radionuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Ac-228	-	19	41	-	5	0
Be-7	-	6,7	9,9	-	3	0
Bi-214	-	21	35	-	7	0
Cs-137	-	200	2100	-	10	1
K-40	380	270	490	69	10	0
Pb-212	-	22	48	-	4	0
Pb-214	-	21	39	-	8	0
Tl-208	-	8,5	18	-	4	0

A gamma-dózisteljesítményt az NNK-SSFO AUTOMESS 6150 AD 6/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 NNK SSFO 2022. évi dózisteljesítmény méréseinek eredményei (EüÁ)

Település	Dózisteljesítmény 1. félév (nSv/h)	Dózisteljesítmény 2. félév (nSv/h)
Komárom	75	83
Esztergom	89	92
Dobogókő	83	84
Királyrét	101	85
Vámosmikola	88	91
Romhány	94	104
Balassagyarmat	81	87
Tardos	98	100

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

6-3. táblázat
A NÉBIH 2022. évi dózisteljesítmény méréseinek eredményei

Település	Átlag, nSv/h	Minimum, nSv/h	Maximum, nSv/h	Szórás, nSv/h	N
Kemence	-	86	100	-	5
Kismaros	-	-	89	-	1
Nagybörzsöny	-	85	100	-	3
Perőcsény	-	96	100	-	2

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

Az NNK 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 csak a természetes eredetű ⁷Be, ⁴⁰K és ²¹⁰Pb izotópokat tudták kimutatni, a mesterséges eredetű ¹³⁷Cs izotóp aktivitás-koncentrációja kimutatási határ, 0,13 – 0,63 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 2022-ben, Bq/(m²·30 nap)

Radionuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Be-7	-	13	14	-	3	0
Cs-134	-	-	-	-	3	3
Cs-137	-	-	-	-	3	3
K-40	-	89	91	-	3	0
Pb-210	-	5,8	7,4	-	3	0
Összes-béta	-	5,6	7,0	-	3	0

6.1.3 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett talajminták mérési eredményei

Az NNK SSFO három határ menti település (Balassagyarmat, Esztergom és Komárom) talaját mintázza félévente. A mintákon összes béta aktivitás-koncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a 105 °C-on szárított, homogenizált és leszitált mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm³ térfogaton) végzik, 20.000 s mérési idővel. Az összes béta-aktivitást kb. 1 g talajból határozzák meg alacsony háttérű alfa/béta mérőműszerrel, amelybe proporcionális detektorok vannak beépítve. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok érzékelésére képesek.

A mohi atomerőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek méréseket. A talajminták γ -spektrometriás vizsgálata szárítás után 450 cm³ térfogatú Marinelli edényben, 80 000 s 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.

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

6-5. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó talajminták aktivitás-koncentrációja 2022-ben (Bq/kg)

Radionuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Cs-134	-	0,23	2,1	-	3	3
Cs-137	11	3,9	29	6,4	14	0
K-40	480	260	620	88	14	0
Sr-90	-	0,71	2,7	-	2	0
Összes-béta	630	520	760	54	13	0

6.1.4 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fűminták mérési eredményei

Az NNK SSFO három határ menti településen (Balassagyarmat, Esztergom és Komárom) vesz fűmintákat félévente, a talajmintákkal egyidejűleg. Ezek a minták összes béta aktivitás-koncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez. A mintaelőkészítés szárítást, száraz tömeg mérését, majd hamvasztást jelent. A gamma-spektrometriai analízist a minta 420 C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összes béta aktivitás-koncentráció meghatározását pedig ennek a hamunak 1 grammjából végzik. Az összes béta-aktivitás méréseket az NNK SSFO az alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel méri, hasonlóképpen mint a talajmintákat. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek.

A mohi atomerőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek méréseket. A fű minták γ -spektrum analízisét a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb.20-30g) 80 000 s mérési idővel, az összes béta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1-2 grammjából végzik a laboratóriumok. Kémiai elválasztás után a ⁹⁰Sr 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 2022-ben (Bq/kg)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	18	18
Cs-137	-	0,060	0,84	-	24	16
K-40	450	24	1100	240	24	0
Sr-90	1,2	0,13	3,0	0,91	18	0
Összes-alfa	12	1,6	61	13	18	4
Összes-béta	490	180	1000	230	24	0

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

Az NNK SSFO három határ menti település (Balassagyarmat, Esztergom, Komárom) piacán vesz zöldség- és gyümölcsmintákat évente egyszer (ősszel). Ezekre a mintákra összes béta-aktivitáskoncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez. A minta-előkészítés szárítást, a száraz tömeg mérését, majd hamvasztást jelent. A gamma-spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározását pedig ennek a hamunak 1 grammjából végzik. Az összes béta-aktivitás méréseket az OKI KI SSFO az alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel méri. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek.

A mohi atomerőmű hazai környezetében a NÉBIH laboratóriumai végeztek méréseket. A γ -spektrum analízist a minta 450°C-on izzított hamujának 50 cm³-ből (kb.20-30 g), 80 000 s mérési idővel, az összes béta aktivitás-koncentráció meghatározást pedig ennek a hamunak 1 grammjából végzik a laboratóriumok szűrővizsgálatként. Leveles zöldségféléből, vadon termő ehető gombákból, illetve a gyökérzöldségekből, – kémiai elválasztás után – a ⁹⁰Sr 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 2022-ben (Bq/kg)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	9	9
Cs-137	-	-	-	-	9	9
K-40	-	43	220	-	9	0
Sr-90	-	0,033	0,48	-	5	0
Összes-alfa	-	0,51	4,6	-	5	3
Összes-béta	-	37	260	-	9	0

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

Az NNK SSFO három határ menti településen (Kemence, Ipolydamásd és Nagyörzsöny) vesz felszíni vízmintákat félévente. Ezeknek a mintáknak meghatározza az összes béta aktivitás-koncentrációját, valamint a trícium és ⁴⁰K koncentrációját. A mintaelőkészítés az összes béta-aktivitás mérés esetén bepárlást és 420 °C-on történő hamvasztást jelent, a trícium mérés esetén pedig desztillálást. A ⁴⁰K koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik. Az összes béta-aktivitás méréseket az NNK SSFO az alacsony háttérű alfa/béta mérőkészülékkel méri. A detektorok a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok mérésére képesek. A mérési eredményeket a 6-8. táblázat tartalmazza.

6-8. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó folyóvízminták aktivitáskonzentrációja (Bq/l)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
H-3	-	2,0	5,2	-	4	1
K-40	-	0,099	0,25	-	4	0
Összes-béta	-	0,14	0,35	-	4	0

Az NNK SSFO ugyanezek a helyszíneken, ugyancsak féléves gyakorisággal vett iszapmintákat is vizsgál gamma-spektrometriai módszerrel. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a 105 °C-on szárított mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm³ térfogaton) végzik, 40000 s mérési idővel. A ¹³⁷Cs aktivitás-konzentrációjára vonatkozó mérési eredményeket a 6-9. táblázat tartalmazza.

6-9. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó iszapminták ¹³⁷Cs koncentrációja (Bq/kg)

Település	1. félév	2. félév
Kemence	7,6 ± 0,3	12,0 ± 0,4
Letkés	5,2 ± 0,3	14,5 ± 0,4
Nagybörzsöny	4,7 ± 0,2	10,2 ± 0,3

6.1.7 A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett ivóvízminták mérési eredményei

Az NNK SSFO három határ menti településen (Balassagyarmat, Esztergom és Vác) vesz ivóvízmintákat félévente. Ezeknek a mintáknak meghatározza az összes béta aktivitás-konzentrációját, valamint a trícium és ⁴⁰K koncentrációját. A mintaelőkészítés az összes béta-aktivitás mérés esetén bepárlást és 420 °C-on történő hamvasztást jelent, a trícium mérés esetén pedig desztillálást. A ⁴⁰K koncentrációt atomabszorpciós spektrofotométerrel mérik. Az NNK SSFO ezen ivóvíz minták összes béta-aktivitás mérését, a korábbiakban már bemutatott mérőműszerrel végzi el.

A mérési eredményeket a 6-10. táblázat tartalmazza.

6-10. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó ivóvízminták aktivitáskonzentrációja (Bq/l)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Cs-137	-	-	-	-	2	2
H-3	-	2,0	4,1	-	6	2
K-40	-	0,066	0,10	-	4	0
Rn-222	-	3,2	4,3	-	2	0
Sr-90	-	-	0,021	-	2	1
Összes-alfa	-	-	-	-	2	2
Összes-béta	-	0,030	0,24	-	9	0

7 Kibocsátási eredmények

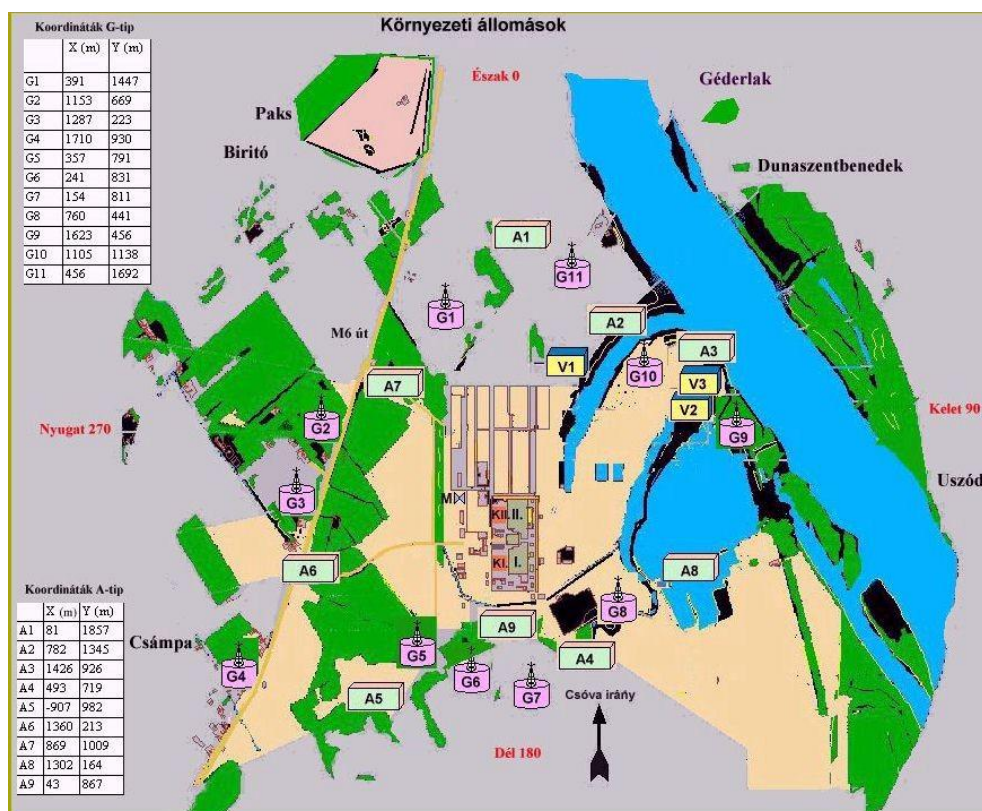
7.1 A Paksi Atomerőmű kibocsátásai

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 484 és 486 ezer m³/óra volt.

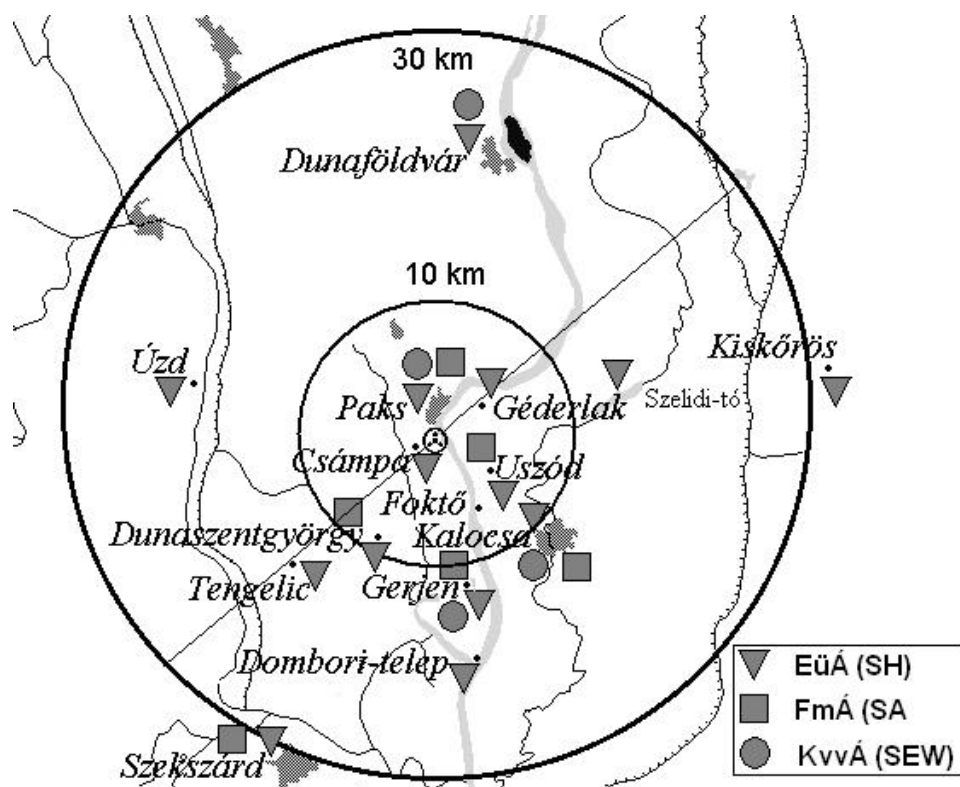
A blokkok karbantartási ideje 2022-ben a következő volt:

1. blokk: augusztus 06. – október 07.
2. blokk: 2022-ben nem volt karbantartás
3. blokk: február 02. – február 26.
4. blokk: november 01. – december 04.



7-1. ábra

Az atomerőmű környezeti elhelyezkedése az üzemi monitorozó hálózattal



7-2. ábra

A hatósági mérési és mintavételi helyek

A jelentésben közöltek megértését szolgálja az erőmű földrajzi elhelyezkedését és a monitorozó állomásokat, valamint a résztvevő hatósági laboratóriumok mintavételi helyeit szemléltető 7-1. és 7-2. ábra. Az erőmű környezeti hatásának elemzéséhez, ugyanis a mért eredményeket irány és távolság szerint is célszerű csoportosítani.

Az erőműben a többéves szekunderkörü teljesítményjavító fejlesztések és hatékonyságnövelő intézkedések eredményeképpen, a blokkok névleges elektromos teljesítménye 2009. óta összesen 2000 MW.

Az NNK SSFO által működtetett, a létesítmény felügyeletéhez kapcsolódó kibocsátás-ellenőrzési és környezetellenőrzési hatósági mérési adatok száma, az 5.1 fejezet mutatja be.

2004-ben került bevezetésre - a KöM rendelet előírásai alapján - a kibocsátás korlátozási és ellenőrzési rendszer az erőműben. A korlátozási rendszer alapja az, hogy a kibocsátási adatokat a dózismegszorításból ($90 \mu\text{Sv}$) származtatott nuklid- és kibocsátási útvonal specifikus kibocsátási határértékekkel kell összevetni.

7.1.1 Léggöri kibocsátás

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

7-1. táblázat
Éves nuklidspecifikus kibocsátások (a hatóság által jóváhagyott üzemi mérések), 2022.

Izotóp	Kibocsátás¹ [Bq]	Éves korlát² [Bq]	A kibocsátási határérték kritérium kihasználtsága³
⁴¹ Ar	1,29E+13	4,60E+16	2,81E-04
⁸⁵ Kr	9,18E+10	1,20E+19	7,65E-09
^{85m} Kr	2,73E+12	4,10E+17	6,66E-06
⁸⁷ Kr	1,49E+12	7,30E+16	2,04E-05
⁸⁸ Kr	1,49E+12	2,90E+16	5,15E-05
¹³³ Xe	6,06E+12	2,00E+18	3,03E-06
¹³⁵ Xe	3,27E+12	2,40E+17	1,36E-05
³ H (HT)	3,78E+11	2,20E+17	1,72E-06
³ H (HTO)	3,72E+12	1,70E+17	2,19E-05
¹⁴ C (CO ₂)	3,41E+10	1,30E+14	2,62E-04
¹⁴ C (CH ₄)	6,96E+11	1,50E+21	4,64E-10
⁸⁹ Sr	2,81E+05	4,30E+12	6,92E-08
⁹⁰ Sr *	4,36E+05	3,70E+11	1,20E-06
²⁴ Na	4,53E+07	1,50E+15	3,34E-08
⁴² K	4,13E+08	1,70E+16	2,70E-08
⁵¹ Cr	1,11E+07	8,80E+14	1,29E-08
⁵⁴ Mn	1,50E+06	1,80E+13	8,40E-08
⁵⁸ Co	1,26E+06	2,10E+13	6,09E-08
⁵⁹ Fe	3,07E+06	1,10E+13	2,83E-07
⁶⁰ Co	3,59E+06	2,40E+12	1,51E-06
⁶⁵ Zn	3,12E+06	2,30E+12	1,37E-06
⁷⁵ Se	1,07E+06	2,90E+12	3,73E-07
⁷⁶ As	2,11E+08	1,10E+15	1,94E-07
⁹⁵ Nb	1,62E+06	4,90E+13	3,36E-08
⁹⁵ Zr	2,14E+06	2,30E+13	9,44E-08
⁹⁹ Mo	2,06E+06	1,90E+15	1,18E-09
¹⁰³ Ru	1,04E+06	8,70E+12	1,22E-07
¹⁰⁶ Ru *	1,19E+07	2,30E+11	5,22E-05
^{110m} Ag	2,62E+06	4,80E+12	5,50E-07
¹²⁴ Sb	1,06E+06	8,90E+12	1,21E-07
¹²⁵ Sb	3,32E+06	1,40E+13	2,39E-07
¹³¹ I aer.	2,08E+06	3,70E+12	5,89E-07
¹³¹ I elemi	1,85E+07	7,80E+11	2,38E-05
¹³¹ I szerves	1,69E+07	9,50E+13	1,78E-07
¹³² I elemi	3,86E+06	3,20E+15	1,21E-09
¹³³ I elemi	1,18E+07	3,70E+14	3,18E-08
¹³³ I szerves	2,09E+07	1,30E+15	1,61E-08
¹³⁴ Cs	1,12E+06	8,20E+11	1,38E-06
¹³⁵ I elemi	1,72E+06	1,60E+15	1,08E-09
¹³⁷ Cs *	6,18E+06	1,00E+12	6,20E-06
¹⁴⁰ Ba *	1,10E+07	2,90E+13	3,95E-07
¹⁴¹ Ce	1,64E+06	4,60E+13	3,63E-08
¹⁴⁴ Ce *	1,25E+07	3,50E+12	3,59E-06
¹⁵⁴ Eu	2,08E+06	5,10E+12	4,11E-07
Összesen	-	-	7,57E-04

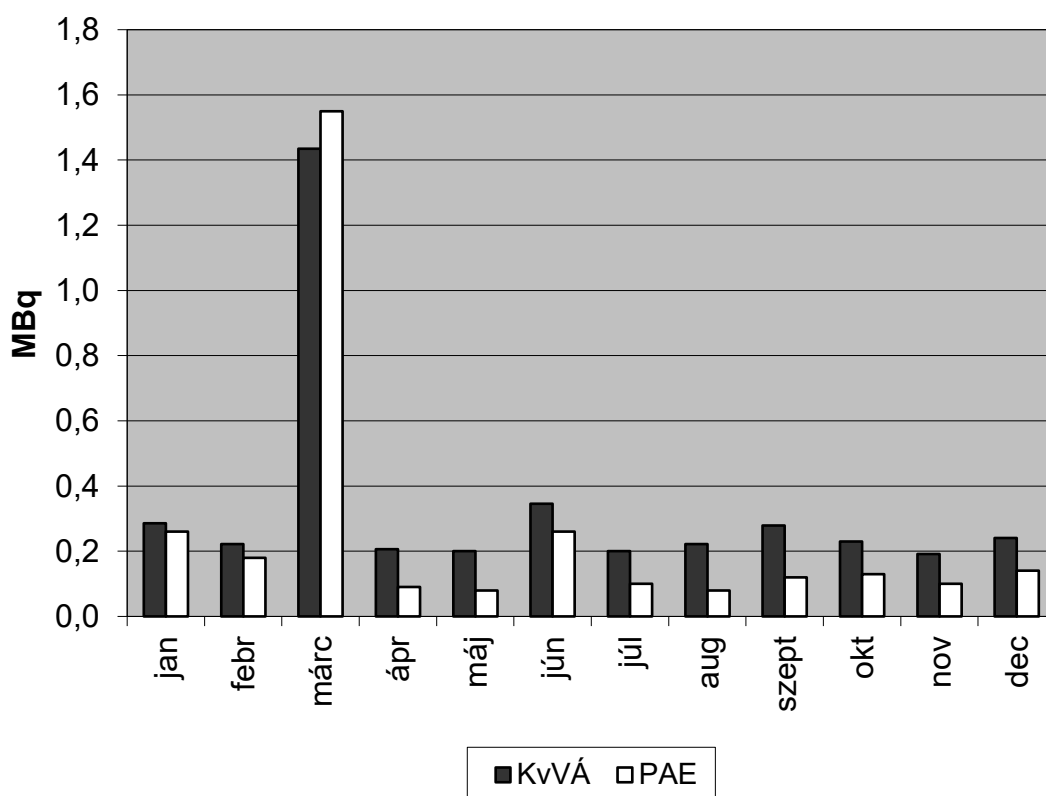
a *-gal jelölt izotópok aktivitását leányelemükkel együtt adtuk meg, a táblázatban a blokki kibocsátásokat¹, a 120 m-re vonatkozó korlátokat² és a teljes kihasználtságot³ szerepeltetjük

Az aeroszol-kibocsátások 51%-a az 1.-2. blokk szellőzőkéményén keresztül történt, a két kiépítés kibocsátási arányai radionuklidtól függően 0,2 – 6 közöttiek voltak. Az aeroszolak teljes éves kibocsátásában, legnagyobb arányban (az egy napnál rövidebb felezési idejű

izotópok nélkül) a ^{76}As , ^{144}Ce , ^{106}Ru , és ^{137}Cs izotópok szerepeltek (a ^{144}Ce és ^{106}Ru a magasabb kimutatási határak miatt).

A kibocsátások év közbeni alakulásának, továbbá az üzemi és a hatósági mérési eredmények együtt futásának szemléltetésére a 7-3. ábra mutatja be a légköri ^{137}Cs -kibocsátást.

A hatóság által elfogadott éves kibocsátások meghatározásánál az üzem a három mintavevő ág közül (kettő heti és egy napi összegből képzett), amennyiben volt kimutatott érték a legnagyobb, ellenkező esetben, amikor minden kimutatási határ alatt van, akkor a legkisebb aktivitást eredményezőt veszi számításba. A KvVÁ minden esetben heti mintavételi ágot mér, aminek alacsony a kimutatási határa. Amennyiben nincsen kimutatott izotóp az aktuális hónapban, akkor ezek a kis mennyiségek kerülnek összegzésre. Az üzem összehasonlítja a heti eredményeket a napi gyakorisággal mértekkel, ahol a kimutatási határ a rövidebb mérési idő miatt jelentősen magasabb. Amikor a heti ágon nem, azonban a napi mérések során egy izotóp kimutatásra kerül, akkor a napi mérések összegéből (az egy darab kimutatott értékből és a hét többi napján a magas kimutatási határértékből) tevődik össze a legnagyobb aktivitást eredményező érték, ami jelentős eltérést mutathat a KvVÁ által mért értéktől.



7-3. ábra

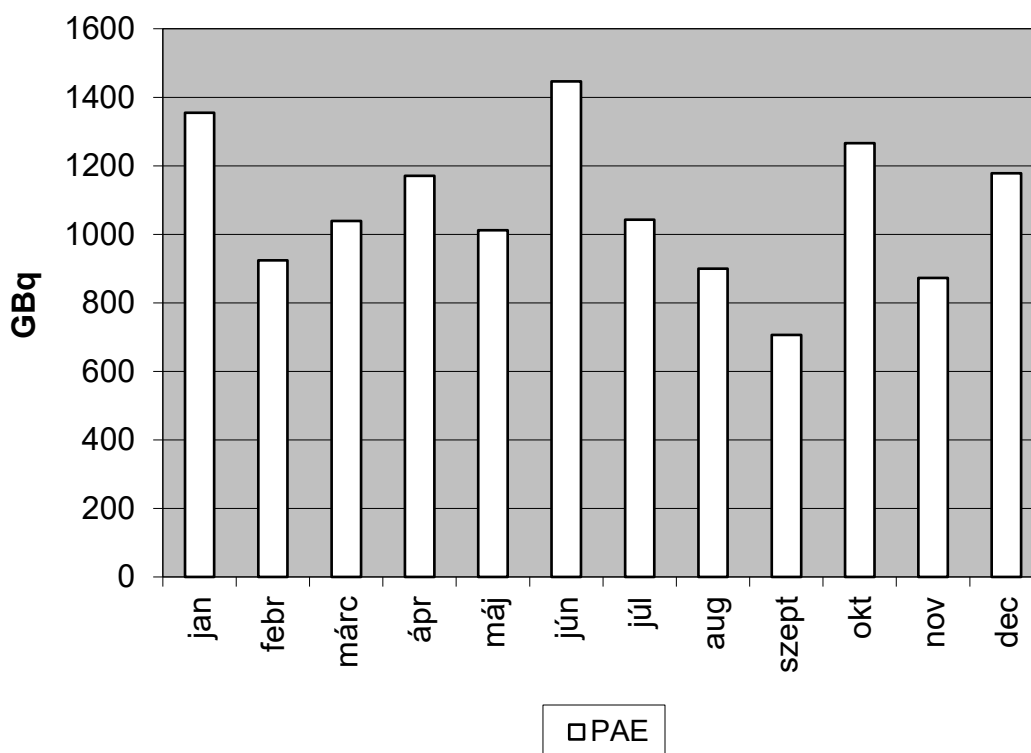
Havi légköri Cs-137 kibocsátások (leányelem nélkül)

Megjegyzés: Az esetenkénti eltérés oka elsősorban a hatóság (KvVÁ) és az üzem (PA Zrt.) eltérő mintavételezéséből adódik (lényegében a hatóság egy mintavételi ágot mér, míg az üzem három mintavételi ág maximumát, kimutatási határak 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 (7-4. ábra).

Összességében – a légköri kibocsátásokat tekintve – a kibocsátási határérték kihasználás értéke a 2021. évhez hasonlóan igen kicsi, 0,076% volt, amelyben a legnagyobb súllyal az ^{41}Ar

és a $^{14}\text{C}(\text{CO}_2)$ radionuklidok (együtt mintegy 70%-os arányban) szerepeltek. A Paksi Atomerőmű tehát a hatósági korlátokhoz viszonyítva, igen kismértékű légnemű kibocsátás mellett üzemelt 2022-ben is.



7-4. ábra
Havi légköri Ar-41 kibocsátások

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” (a továbbiakban: KIESz) szerint. Ezekből a mintákból a kibocsátott víztérfogattal arányos heti, havi és negyedéves átlagmintákat készít az üzem. Valamennyi tartálymintából – ellenőrzés céljából – az igényelt mennyiséget a hatósági laboratórium elviheti.

Évente általában 1000 körüli tartályürítés történik (az elmúlt évben 809 volt), ezekből a PA Zrt. heti átlagmintákat képez saját, és a hatósági laboratórium (BAMKH 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.

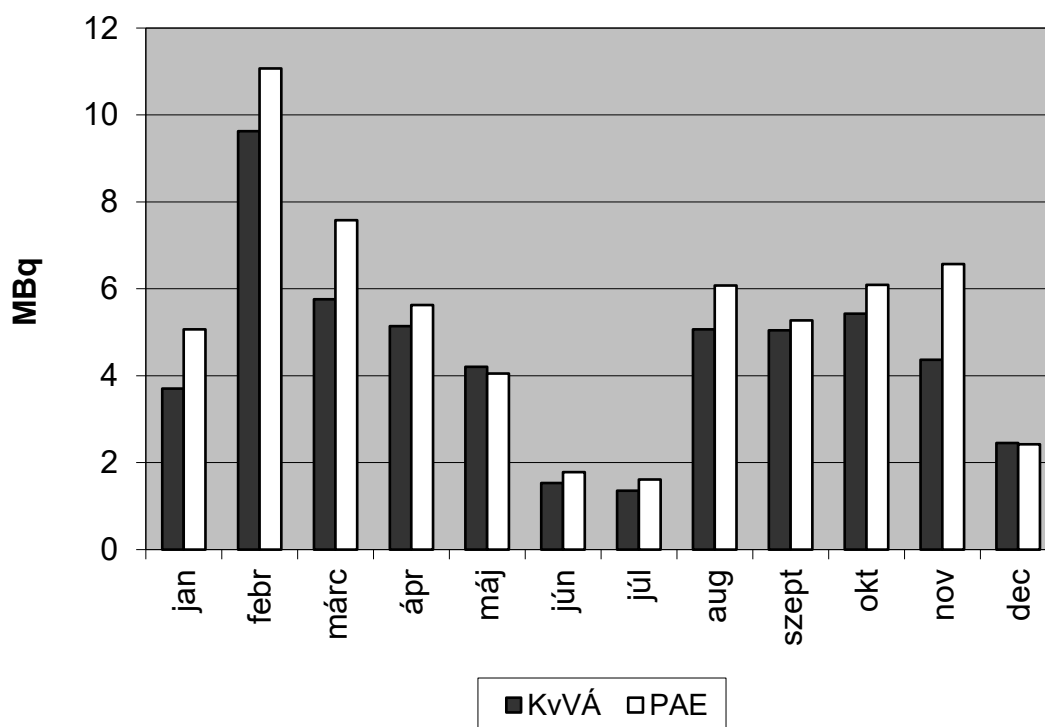
A vízi kibocsátások ellenőrzése az egyes közegek (csatornák, tartályok vize) nuklidspecifikus mérésével történik. A méréseket az üzem rendszerint a mintavétel napján,

illetve az azt követő héten dolgozza fel és méri. A BAMKH 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 2022-ben az ellenőrző tartályokból összesen 43735 m³ vizet bocsátott a Dunába. A legjelentősebb korróziós termék (⁶⁰Co) éves kibocsátott aktivitása a fele, a hasadási termékek közül a ¹³⁷Cs éves kibocsátása mintegy 50-szer nagyobb volt a mérleg feletti (TM-jelű), mint a kommunális és laboratóriumi eredetű vizeknél (XZ és RZ-jelű). A TM:(XZ+RZ) térfogatok aránya a korábbi évekhez hasonlóan a 3:1 arányhoz közelített.

A kibocsátások év közbeni alakulásának, továbbá az üzemi és a hatósági mérési eredmények együtt futásának szemléltetésére a 7-5. ábra mutatja be a folyékony kibocsátások egy jellemző radionuklidja, a ⁶⁰Co havi kibocsátásainak változását. A magasabb havi értékek a 2. blokk karbantartásához köthetők.



7-5. ábra

Havi ⁶⁰Co kibocsátások a tartálmérések alapján

7-2. táblázat

A hatóság által jóváhagyott PA Zrt. tartálmérések alapján meghatározott éves kibocsátások, 2022.

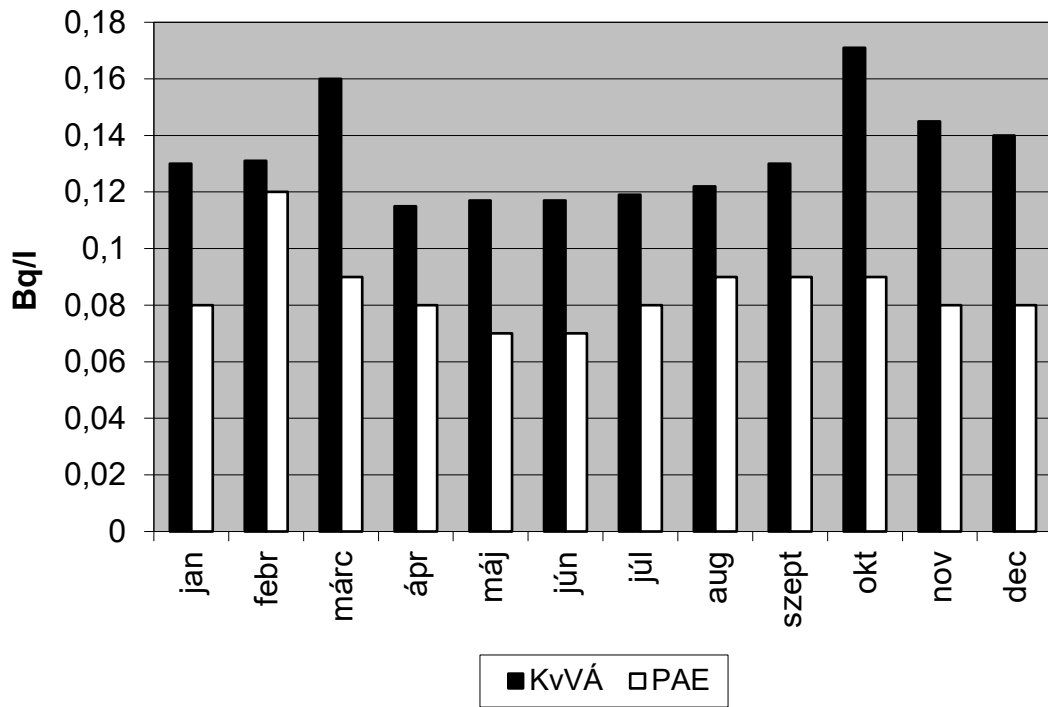
Izotóp	Kibocsátás [Bq]	Éves korlát [Bq]	A kibocsátási határérték kritérium kihasználásága
³ H	2,89E+13	2,90E+16	9,98E-04
¹⁴ C	2,57E+09	3,10E+12	8,28E-04
⁸⁹ Sr	2,16E+06	1,20E+13	1,80E-07
⁹⁰ Sr *	1,28E+06	2,20E+12	5,81E-07
⁵⁵ Fe	1,68E+07	4,30E+13	3,91E-07
⁵⁹ Ni	1,31E+07	4,00E+14	3,28E-08
⁷ Be	7,61E+07	3,00E+14	2,54E-07
⁵¹ Cr	8,18E+07	2,70E+14	3,03E-07
⁵⁴ Mn	2,35E+07	1,00E+13	2,35E-06
⁵⁸ Co	1,33E+07	3,20E+12	4,16E-06
⁵⁹ Fe	1,70E+07	2,30E+12	7,40E-06
⁶⁰ Co	6,32E+07	9,50E+11	6,65E-05
⁶⁵ Zn	1,89E+07	1,40E+12	1,35E-05
⁹⁵ Nb	1,32E+07	2,10E+12	6,27E-06
⁹⁵ Zr	1,58E+07	8,50E+12	1,85E-06
⁹⁹ Mo	2,97E+07	1,30E+14	2,29E-07
¹⁰³ Ru	9,17E+06	9,00E+11	1,02E-05
¹⁰⁶ Ru *	7,80E+07	1,10E+12	7,09E-05
^{110m} Ag	4,16E+07	2,00E+13	2,08E-06
¹²⁴ Sb	1,99E+07	9,50E+12	2,10E-06
¹²⁵ Sb	2,43E+07	1,10E+13	2,21E-06
¹³¹ I	1,45E+07	2,70E+12	5,38E-06
¹³⁴ Cs	6,87E+07	6,50E+11	1,06E-04
¹³⁷ Cs *	2,20E+08	9,00E+11	2,44E-04
¹⁴⁰ Ba *	8,04E+07	5,50E+13	1,46E-06
¹⁴¹ Ce	1,45E+07	2,10E+13	6,91E-07
¹⁴⁴ Ce *	1,11E+08	1,00E+13	1,11E-05
¹⁵⁴ Eu	1,49E+07	1,80E+12	8,28E-06
¹⁸¹ Hf	1,05E+07	5,70E+13	1,84E-07
U-csoport	5,02E+05	7,50E+11	6,69E-07
Pu-csoport	2,34E+05	1,00E+12	2,34E-07
Am-csoport	2,46E+05	1,10E+12	2,23E-07
Cm-csoport	1,42E+04	2,60E+11	5,46E-08
Összesen:	-	-	2,40E-03

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

** a hafnium éves korlátját 2017-ben hagyták jóvá.

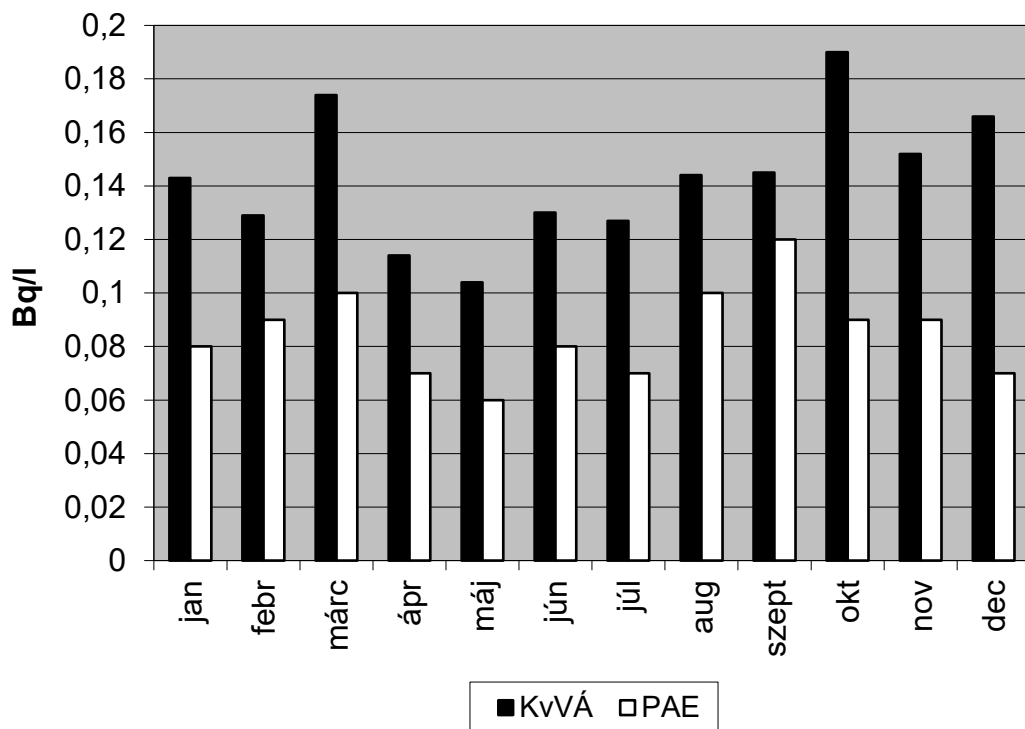
A 7-6., 7-7. és 7-8. ábrák a V1, V2 és V3 jelű helyen vett vízmintákban az üzem és a BAMKH NF LO által mért összes béta aktivitás-koncentrációk havi átlagértékeit mutatják.

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



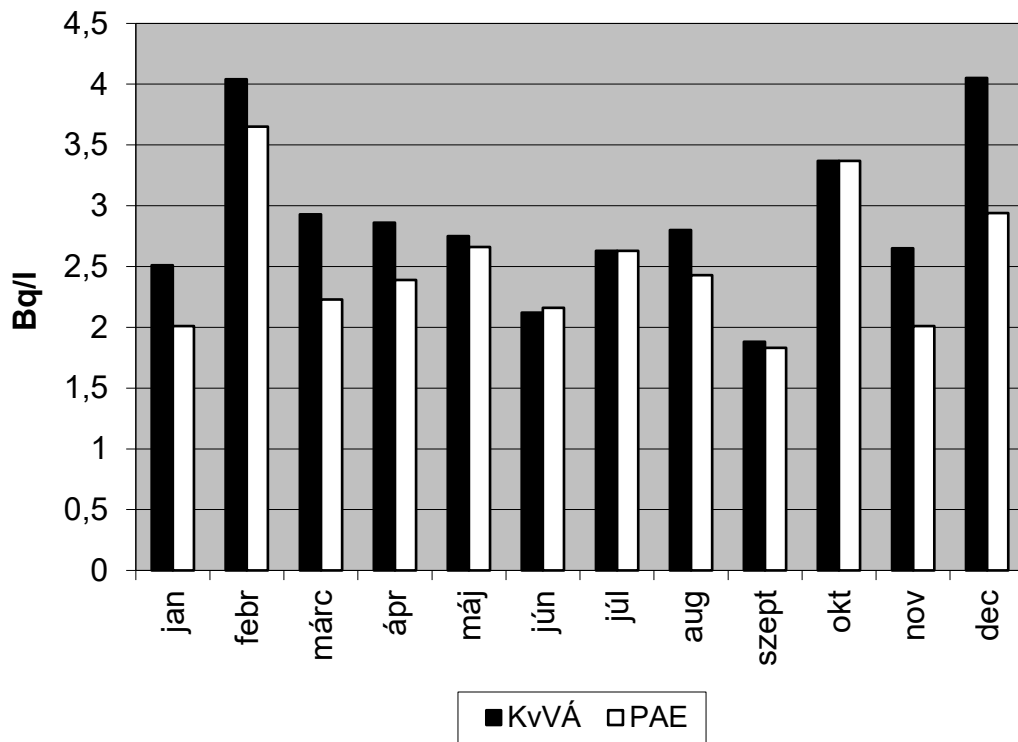
7-6. ábra

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



7-7. ábra

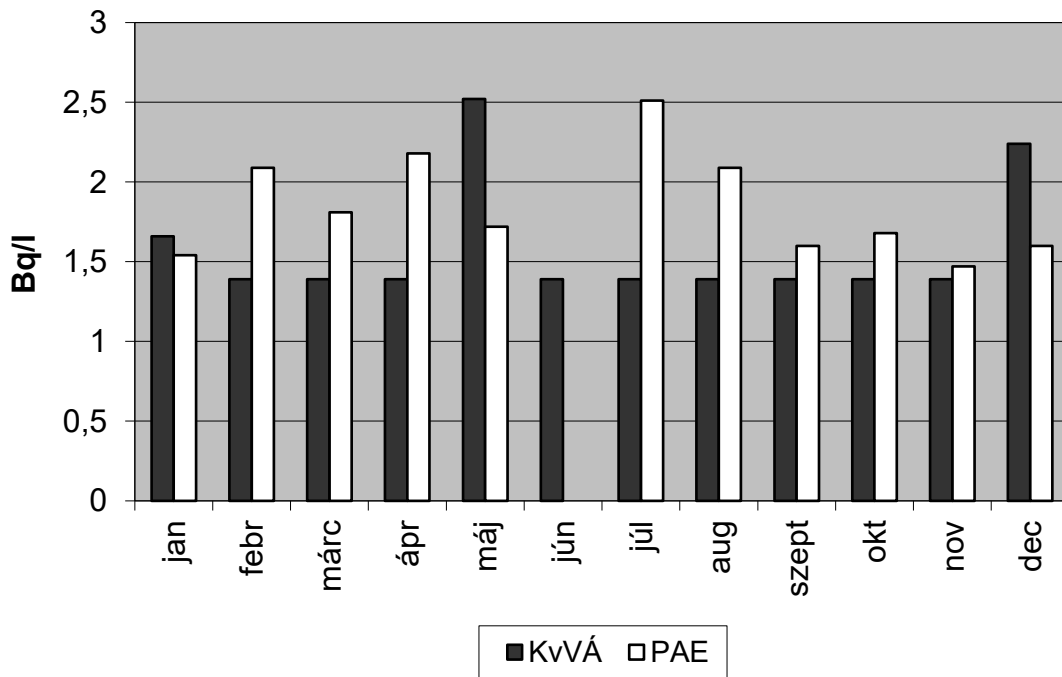
A melegvízcsatorna (V2) összes béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei



7-8. ábra

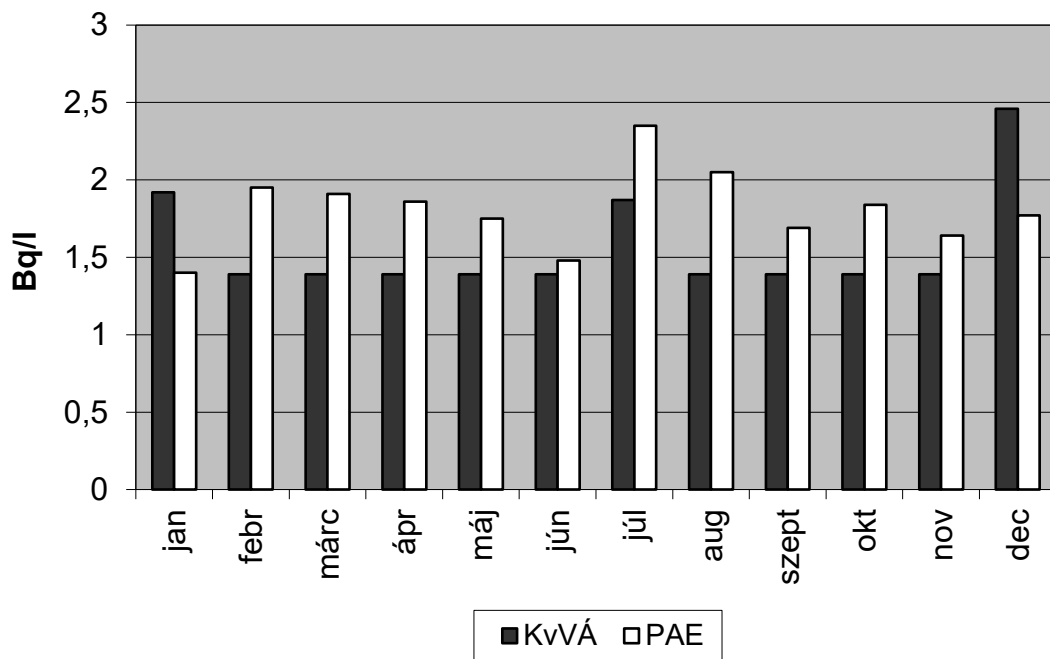
A szennyvízcsatorna (V3) összes béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei

A 7-9., 7-10. és 7-11. ábrák az egyes csatornák trícium-koncentrációjának havi átlagait mutatják.



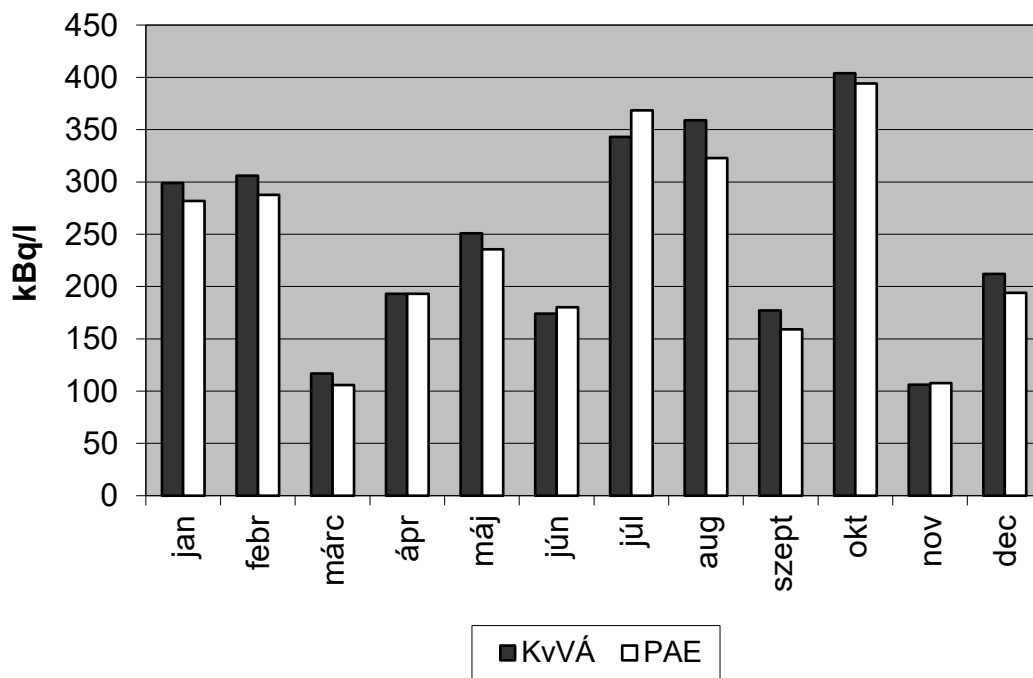
7-9. ábra

A hidegvízcsatorna (V1) trícium-koncentrációjának havi átlagértékei



7-10. ábra

A melegvízesatorna (V2) trícium-koncentrációjának havi átlagértékei



7-11. ábra

A szennyvízesatorna (V3) trícium-koncentrációjának havi átlagértékei.

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

A ténylegesen kibocsátott trícium koncentrációja megbízhatóan a szennyvízcsatorna mintavételi pontján mérhető, havi értéke 100-400 kBq/l között változott. A hatósági adatok általában jól egyeztek az üzemiakkal, a korábbi években tapasztalt különbségek gyakorlatilag eltűntek.

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

A V3 minták átlagos radioizotópösszetétele a tavalyi évhez képest jelentősen nem változott. 2022-höz viszonyítva a folyékony kibocsátásokkal kikerült radioaktív izotópok közül a korróziós és hasadási termékek aktivitása átlagosan nem változott, a radiostroncium és a trícium összesített aktivitása felére csökkent, a radiokarbon kibocsátás háromnegyedére, az alfa-sugárzóké kb. felére csökkent.

Összességében elmondható, hogy a folyékony kibocsátásokat tekintve is igen kicsi, mindössze 0,24% a kibocsátási határérték kritérium értéke, a kibocsátásokban legnagyobb súllyal a ³H és a ¹⁴C radionuklidok szerepeltek. A Paksi Atomerőmű tehát a hatósági korlátokhoz viszonyítva igen kismértékű folyékony kibocsátás mellett üzemelt 2022-ben is.

7.1.3 Megállapítások

Az atomerőmű környezeti sugárvédelmi ellenőrzése céljából, a hatósági intézmények 2022-ben összesen 13000 feletti eredményt küldtek az adatfeldolgozó központba. A meghatározások vizsgálati irányonkénti megoszlásában az előző évekhez hasonlóan, a nuklidspecifikus mérések együttes részaránya több mint 85 %-os volt. A Paksi Atomerőmű légnemű radioaktív kibocsátása 2022-ben, az üzemzavart megelőző évekhez hasonló szinten volt. A nuklidspecifikus légnemű kibocsátásokból számolható kibocsátási határérték kritérium kihasználtság értéke 0,076 % 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 2022. évben is maradéktalanul elvégezte az aktivitást hordozó vizek ellenőrzését. A hatósági laboratórium (BAMKH NF LO), a PA Zrt. laboratóriumaival heti, havi és negyedéves párhuzamos mintavételből származó átlagminták mérésével ellenőrzi az üzemi és a befogadóból származó vizeket. Főként a vízhasználat biztonsága, az esetleg illegális módon kikerülő radioaktív izotópok észlelése érdekében mintázzák az üzemi és a hatósági laboratóriumok egyaránt a hideg-, meleg- és szennyvízcsatornákat (V1, V2 és V3 jelű mintavételi helyek).

A melegvízcsatorna (V2) összes béta aktivitás-koncentrációja közel azonos volt a bejövő hűtővíz koncentrációjával, míg a szennyvíz (V3) csatornában - amely az atomerőművi hulladékvizek tényleges kibocsátási útvonala - ezekhez képest kb. 10-15-szörös összes béta-koncentráció alakult ki. Jóval nagyobb és erősen ingadozó a kikerülő szennyvíz (V3-csatorna) trícium koncentrációja. A vízzel kibocsátott aktivitás meghatározása, megbízhatóan az ellenőrző tartályokból leeresztett vizek mérésével történik. A nagyobb részt üzemi, kisebb részben hatósági mérésekre alapozott folyékony kibocsátásokból számolható kibocsátási határérték kritérium kihasználtságának értéke 2022-ben a korábbiakhoz hasonló, 0,24% volt.

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

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

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

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

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

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

Az erőmű 2022. 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 2022-ben.

7-3. táblázat

A kibocsátási határérték kritérium kihasználtság értékei 2021-ben

Kibocsátási határérték kritérium	Kihasználtság (%)
Légnemű kibocsátásokra	0,076
Folyékony kibocsátásokra	0,24
Összesen	0,32

7-4. táblázat a kibocsátásokat nemzetközi összehasonlításban tartalmazza. Látható, hogy a Paksi Atomerőműnél a légköri jód és a vízi hasadványtermék kibocsátások a világátlag alattiak, a többi e feletti.

7-4. táblázat

A villamosenergia termelésre (1 GW·év egységre) normál radioaktív kibocsátások 2022-ben a PWR típusú reaktorokra vonatkozó nemzetközi összehasonlításban.[10] (Az erőmű 2022-ben 1,7 GW·év elektromos energiát termelt.)

Kibocsátás	Mennyiség	PAE	UNSCEAR (1998-2002)
légköri	nemesgáz összesen (TBq)	28	11
	aeroszol összesen (GBq)	0,76	0,03
	H-3 (HT + HTO) (TBq)	4,1	2,1
	C-14 (CO ₂ +szerves) (TBq)	0,73	0,22
	jódok (I-131 egyenérték) (GBq)	0,049	0,3
folyékony	korróziós és hasadványtermékek összesen (GBq)	1,1	11
	H-3 (TBq)	29	20

Az összevetésből kitűnik, hogy a 2022. évi paksi légköri kibocsátások adatai, – a radiojódokat kivéve – fölötté vannak a PWR típusú reaktorok 1998-2002. közötti világátlagának, amely a reaktorok életkorával, a kibocsátott izotópok meghatározásával és a 4. blokki kismértékű inhermetikussággal függ össze. A korróziós és hasadási termékek látszólagos növekedése azzal magyarázható, hogy az új szabályozás szerint a kibocsátási adatokat izotópszelektív mérésekből határozza meg az atomerőmű, a nem mért izotópokat pedig a kimutatási határértékkel veszi figyelembe. A radiojódok kibocsátása alatta van a világátlagnak, viszont a nemesgázok, légnemű trícium és radiokarbon kibocsátási értékei magasabbak. Összességében 2022-ben az atomerőmű kibocsátásai az előző évhez hasonlóak.

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 csapadéokra vonatkozó adatokat az OMSZ által a telephelyen üzemeltetett időjárásfigyelő állomás gyűjtötte.

A technológiai épület tartályparkjából 2022. február 8-án 12 m³ ipari szennyvizet bocsátottak ki, amely a megelőző kémiai és radiológiai vizsgálatok alapján kibocsátásra megfelelőnek ítélték. A tartályban gyűjtött folyadékon végzett gamma spektrometriai és összes-béta eredmények mesterséges izotóp jelenlétét nem mutatták ki. A kémiai összetétel megfelelt a vízjogi üzemeltetési engedélyben előírtaknak. A kibocsátott vízminták eredményei alapján a trícium esetében 1,2E+04 Bq, radiokarbon esetében 3,06+02Bq (teljes C-14 akt.konc.: 2,57E-02 Bq/dm³), Sr-90 esetében 6,0E+02 Bq volt a kibocsátott mennyiség. A tartály kibocsátásból kalkulált radionuklid mennyiséget a telephely összesítő kibocsátásánál számítás vették.

A csapadékvizek esetében konzervatíván úgy veszik, hogy az ellenőrzött területre 2022. év során lehullott 522 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 Roclába.

A csapadékgyűjtő aknák esetében a havonta végzett trícium aktivitáskoncentráció meghatározások értékei (~0,4-1,75 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 mintáikban a mért radiokarbon aktivitáskoncentráció rendkívül alacsony volt, nagyságrendekkel a vonatkozó 15/2011. KöM rendelet előírásainak teljesíthetőségére alkalmas igényelt kimutatási határ (0,1 Bq/dm³) alatt (1,05E-02 Bq/dm³ és 4,9E-03 Bq/dm³). Emellett a Sr-90 nuklid éves átlagkoncentrációja mindkét akna esetében Kimutatási Határ (A továbbiakban: KH) alatt (<1,14E-02 Bq/dm³ és <1,45E-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 kimutathatók a gamma spektrometriai vizsgálatokkal. Mind a csapadékvíz tárolók, mind a Rocla és a Drain kifolyóból vett minták esetében csak természetes eredetű izotópok voltak jelen KH fölött.

A havi csapadék mennyiségével, a vonatkozó trícium koncentrációkkal számolva a felszíni telephelyről folyékony formában kibocsátott, becsült trícium összmennyisége: 9,67+05 Bq/év.

A kibocsátott vizek C-14 és Sr-90 értékei sem utalnak anomális kibocsátásra. A csapadékokból gyűjtött éves átlagminta vonatkozó koncentrációjából, és a csapadékmennyiségéből számítva a telephely föld felszíni létesítményének becsült radiokarbon kibocsátása folyékony formában: 8,5E+03 Bq/év, becsült Sr-90 kibocsátása 1,35+04Bq/év. Összefoglalóan elemezve a mérési eredményeket, figyelembe véve a nullszintmérések eredményeiből származtatott, felszíni vizekre vonatkoztatott referenciaértékeket, a telephely felszíni vízkörnyezeti kibocsátása a környezetre nem számottevő.

7.2.2 A földfelszíni telephely légnemű kibocsátás értékelése

A földfelszíni telephely légkörnyezeti kibocsátását a technológiai épület szellőzőkéményében (LK1 kibocsátási pont) elhelyezett automata mintavevő berendezés mintáiból képzett trícium és radiokarbon, az F&J típusú aeroszol mintagyűjtő szűrőjéből

végzett gamma- és összesbéta aktivitásmérés adatok alapján határozzák meg. A minta elvezetése a folyamatosan mérő aeroszol monitor részére 12x2 mm átmérőjű impulzus csővezetékekkel történik, a mérőeszköz 3,6 m³/óra levegőt szív el a kéményből. Az F&J típusú mintavevők szűrőkorongjait kétheti (illetve a telítődés függvényében heti) rendszerességgel mintázták és mérték. A kombinált H-3 és C-14 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 összesbéta 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 H-3 aktivitáskoncentráció a 2022. évben átlagosan 2,89E-02 Bq/m³ HTO és 1,86E-02 Bq/m³ a HT+ szénhidrogének formájában, ezzel 6,14E+06 Bq H-3 aktivitás jutott a légkörbe, miközben a kibocsátási határérték 1,09E+14 Bq.

Az egész éves mintázások és a légforgalom alapján a 2022. évben a föld felszíni technológiai létesítmény 6,4E+06 Bq C-14 aktivitást juttatott a légkörbe, úgy, hogy a technológiai csarnok kéményében (LK-1) mért C-14 aktivitáskoncentráció a 2022. évben átlagosan 4,93E-02 Bq/m³ (szervetlen) és 4,95E-02 Bq/m³ (szervetlen + szerves formában) formában volt.

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

7.2.3 A felszín alatti térrész légköri kibocsátásának értékelése

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

Az ellenőrzött terület határánál végzett CO₂ és CO₂ + C_nH_m mérések C-14 átlagértékei – rendre 4,05E-02 Bq/m³, illetve 4,06E-02 Bq/m³ – sem utalnak anomáliára figyelembe véve a felszínre vonatkozó nullszint referenciaértéket (4,0-4,4E-02 Bq/m³). A felszín alatti térrész levegőjének páratartalmából mért trícium átlagértékek (HTO: 1,12E-02 Bq/m³, HT: 1,45E-02 Bq/m³) a szabad levegőn lévő értékekkel és a már említett nullszint referenciaértékkel (2,0E-02 Bq/m³) összevethetők. Ez szintén utalhat arra, hogy a légcsere nagyon intenzív.

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 összesbéta méréshez használták fel.

A mérések során a felszín alatt gyűjtött szennyezők között mesterséges gamma sugárzó radioizotópot nem mutattak ki. Az összesbéta mérések az „A” típusú állomásokon elhelyezett környezeti mintavevőkkel megegyező nagyságrendű eredményeket adtak (~E-03 - E-04

Bq/m³), ami megerősíti, hogy a kibocsátási útvonalon mesterséges izotópokat jelenleg nem bocsátanak ki, a mérnöki gátak ellátják funkcióikat.

A fentiekben említett aeroszol mintavevőkkel azonos helyszíneken a levegőben mérhető radon koncentráció nyomon követését is végrehajtották. A radon mennyiségét elsősorban az anyag Ra-226 aktivitáskoncentrációja határozza meg. 2022 évben a radonkoncentráció átlagosan 21-49 Bq/m³/nap között volt mérhető.

A 2022. évi mért értékekre vonatkozóan kijelenthető, hogy a vágatban mérhető radonkoncentráció esetén a hulladékból származó Rn-222 járulékos mennyisége elhanyagolható, meghatározó eredetként a gránit kőzet nevezhető meg, melyből emanációs, diffúziós és exhalációs folyamatok révén jut ki. A konzervatívan becsült éves radon kibocsátás a légtechnikai berendezés légszállítási teljesítményét figyelembe véve, 44,3 Bq/m³ átlagos koncentrációval számolva: 3,7E+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 H-3 és C-14 nuklidokra vonatkozóan - melyek megjelenését elsőként várják a kibocsátási útvonalon. A vízminták C-14 (ellenőrzött zsomp: 7,09E-03 Bq/dm³), H-3 (ellenőrzött zsomp: 3,14E-02 Bq/dm³) és Sr-90 (ellenőrzött zsomp: 4,00E-03 Bq/dm³) átlagos éves eredményeihez elmondható, hogy a felszín alatti térrész gyűjtött vizek esetében mindegyik nuklid aktivitáskoncentrációja a felszíni vizeknél mértek alatt van.

A vízminták gamma spektrometriai és összesbéta 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) intaktak.

Az ellenőrzött zóna felszín alatti térrészből kibocsátott vízmennyiség a 2022. évben 17605 m³ volt. Az erre a mennyiségre számított vízkörnyezeti C-14 kibocsátás: 1,24E+05 Bq/év. Tríciumra ez az érték hasonló számítással: 7,04E+05 Bq/év.

7.2.5 Megállapítások

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

7.2.6 A létesítmény összesített kibocsátásának értékelése

7.2.6.1 A telephely felszíni és felszín alatti összesített légköri kibocsátásának értékelése

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

A KHK:

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

ahol:

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

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

7-5. táblázat

A radioaktív hulladék-tároló légköri kibocsátásaira meghatározott kibocsátási határértékek (100 μ Sv/év dózismegszorítás a lakosság kritikus csoportjára)

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)	$\frac{R_{ilégn}}{EL_{ilégn}}$
H-3 (vízgőz)	6,14E+06	2,21E+07	2,82E+07	1,09E+14	2,59E-07
C-14	6,40E+06	3,39E+07	4,03E+07	5,67E+11	7,11E-05
Rn -222	2,07E+09	3,70E+10	3,91E+10	4,97E+12	7,86E-03
KHK-érték					7,93E-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 2022. évben a mérési adatok alapján a korlát **0,79 %-a** volt.

7.2.6.2 A telephely felszíni és felszín alatti összesített folyékony kibocsátásának értékelése

A felszíni kibocsátás az Ua_1 , Ua_2 csapadékgyűjtő aknák, a felszín alatti kibocsátás az ellenőrzött zomp mintáinak mért eredményei alapján került kiszámításra. A kimutatási határt el nem érő Sr-90 izotóp mérési eredményeket konzervatív megközelítésként jelen esetben a kimutatási határ értékével vették számításba.

A vízkörnyezeti kibocsátás 2022 évben a mérési adatok alapján a korlát 0,057 %-a volt.

7-6. táblázat

A radioaktív hulladék-tároló vízi kibocsátásaira meghatározott kibocsátási határértékek (100 μ Sv/év dózismegszorítás a lakosság kritikus csoportjára)

Radionuklid	Felszíni összesített érték R_i folyékony [Bq/év]	Felszín alatti összesített érték R_i folyékony [Bq/év]	Felszíni és felszín alatti összesített érték $\sum R_i$ folyékony [Bq/év]	EL_i folyékony [Bq/év] (Kibocsátási határérték)	$\frac{R_i \text{ folyékony}}{EL_i \text{ folyékony}}$
H-3 (vízgőz)	9,79E+05	5,52E+05	1,53E+06	1,02E+13	1,50E-07
C-14	1,15E+04	1,24E+05	1,36E+05	3,48E+09	3,91E-05
Sr-90	1,41E+04	7,44E+05	7,58E+05	1,43E+09	5,30E-04
KHK-érték					5,69E-04

7.3 A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kibocsátásai

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

A kibocsátások meghatározása a korábbiakhoz képest jelentősen változott. A KIESZ szerint 2021-től a következő izotópokat abban az esetben is figyelembe vették a kibocsátások számításánál, ha azok kimutatási határ alatti koncentrációban vannak jelen a mintákban: ^3H , ^{14}C , ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U . Ezen kívül a figyelembe veendő paraméterek köre tovább bővíthet, KIESZ szerint évente meghatározásra kerülő összes-alfa, összes-béta küszöbértékeket meghaladó mérési eredmény esetén. A számítások során természetesen figyelembe vettek minden olyan izotópot, amely kimutatási határ feletti koncentrációban mérhető.

Fent leírtak miatt várható volt, hogy az elmúlt évekhez képest 2021-től emelkedni fog a kibocsátásokból számolt lakossági dózis, illetve a kibocsátási korlátok kihasználtsága nagyobb mértékű lesz.

Az RHFT esetében radioaktív kibocsátás az üzemi épületből és a végleges tároló területéről történhet. 2022. 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 tettek. 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, valamint a biztonságnövelő és kapacitás felszabadítási program céljából épült konténment-épület szellőző rendszerén keresztül történhet, mely során jellemzően légnemű (^3H és ^{14}C) izotópok kerülnek kibocsátásra, több nagyságrenddel a kibocsátási korlát alatti mennyiségben. A konténment-épület szellőző rendszere 2022-ben nem üzemelt, így légtörési kibocsátás kizárólag az üzemi épületből történt.

Az üzemeltetési tevékenység során az üzemi épületben mosásból, tisztálkodásból és felmosásból származó kis mennyiségű kommunális szennyvizet 25 m^3 -es zárt tartályban gyűjtik. Jelenlegi üzemeltetési körülmények között a tartály általában évente egy alkalommal telik meg. Az így keletkező kommunális, folyékony hulladékot a BMKH által 3271-12/2016. számon kiadott RHFT környezetvédelmi működési engedélye alapján közcsatornába bocsátják. Az itt kibocsátott radioaktív izotópok mennyisége az elmúlt években több nagyságrenddel a kibocsátási korlát alatt marad. 2022-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.

2022-ben a kibocsátások számításakor a teljes évre konzervatívan a szellőző rendszer által névlegesen elszívott 9600 m³/h levegő elszívási teljesítményt vették figyelembe.

A tárolásból és hulladékfeldolgozásból származó trícium és radiokarbon kibocsátás a szellőzőkéményben üzemelő trícium-radiokarbon mintavevők adataiból és a névleges szellőzési teljesítményből (9600 m³/h) került meghatározásra. A kibocsátásellenőrzési mérések alapján megállapítható, hogy az éves trícium kibocsátás (3,63E+10 Bq/év) az elmúlt évhez képest kis mértékben emelkedett, a korábbi évekhez viszonyítva nem tapasztaltak jelentős változást. A radiokarbon kibocsátás (4,51E+10 Bq/év) az előző évekhez képest kis mértékben csökkent, az éves kibocsátás nem éri el a kibocsátási korlát egy százalékát. A légköri kibocsátási korlát 0,573%-os kihasználtságáért első sorban a radiokarbon (0,566 %) felel.

Az éves radon kibocsátás az üzemi épületben elhelyezett aeroszol monitorok mérési eredményei és a szellőző rendszer névleges térfogatárama alapján 8,40E+08 Bq/év értékre adódott.

Az üzemi épület kéményébe telepített aeroszol mintavevőből származó mintákban mesterséges eredetű izotópokat 2022-ben nem mutattak ki.

7.3.2 Tárolóterület folyékony kibocsátásainak ellenőrzése

A 100 m³-es csapadéktároló medence az „A” típusú hulladéktárolók környezetében, a III. és IV. medencesorról gyűjti össze a csapadékvizeket. A 60 m³-es csapadéktároló medence az A típusú I. és II. medencesorról és a „B”, „C” és „D” tárolók környezetéből gyűjti a csapadékvizet. A csapadéktárolók vizei kibocsátás előtt, illetve amennyiben nincs kibocsátás, akkor félévente kerül mintázásra kerülnek.

2022-ben a 100 m³-es csapadéktároló medencéből 6 alkalommal, összesen 533,25 m³, míg a 60 m³-esből 11 alkalommal összesen 493,4 m³ csapadékvizet bocsátottak ki a befogadóba. A vizsgált minták gamma-spektrumában technológiai eredetű szennyeződésre utaló ¹³⁷Cs és ⁶⁰Co izotópok jelenléte nem volt kimutatható.

Az víz minták összes-alfa és összes-béta mérési eredményei egyetlen esetben sem haladták meg a 2022 évre vonatkozó küszöbértékeket.

A KIESZ szerint a víz mintákban izotópspecifikusan mérendő izotópok mellett a ⁴⁰K izotópot kellett a számítások során figyelembe kell venni.

A ⁴⁰K jelenléte a csapadék mintákban egyértelműen természetes eredetű. A telephely környezetében, valamint a II. medencesoron található talajtakaráson a termőföld ⁴⁰K koncentrációja átlagosan 570 Bq/kg. A természetes eredetet az igazolja, hogy az elmúlt 10 évben 3,8 kBq ⁴⁰K izotópot szállítottak a telephelyre, valamint az elmúlt 10 évben nem kezeltek ⁴⁰K tartalmú hulladékot. Mindemellett a légköri kibocsátásokban sem mutatható ki a jelenléte. 2022-ben a csapadék kibocsátásra vonatkozó korlát ~0,1 %-át használták ki. Az egyértelmű természetes eredete miatt megfontolandó a figyelembe vétele a kibocsátás számítások során.

A 100 m³-es csapadéktárolóban mért ⁹⁰Sr aktivitáskoncentráció 2022-ben minden minta esetében kimutatási határ (0,007-0,01 Bq/dm³) alatt maradt.

A 60 m³-es csapadéktárolóban vizsgált vízminták ⁹⁰Sr koncentrációja 2022-ben minden esetben kimutatási határ (0,01-0,012 Bq/dm³) alatt maradt.

A telephelyről származó, csapadékvízzel kibocsátott trícium mennyisége 7,34 MBq, a ¹⁴C izotóp mennyisége 201 kBq, a ⁹⁰Sr 7,5 kBq volt.

2022-ben a 25 m³-es szennyvíztároló egy alkalommal telt meg, így közcsatornába egy alkalommal történt kibocsátás. A kibocsátott kommunális szennyvízben ¹³⁷Cs 0,02 Bq/dm³, ⁴⁰K 0,14 Bq/dm³, ⁹⁰Sr 0,08 Bq/dm³, ²³²Th 0,0001 Bq/dm³, valamint ²³⁸U 0,01 Bq/dm³ koncentrációban volt kimutatható.

2022-ben a becsült folyékony közegbe történt kibocsátás nagyságrendekkel az RHKR-HA0069 határozatban jóváhagyott SZ-3550 Kibocsátás ellenőrzési szabályzat szerinti kibocsátási korlátok alatt maradt.

7.3.3 Tárolóterületi gázdifúzió ellenőrzése

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

Az üzemi épület melletti PSZ-2 mintavevő az RHFT üzemi épület kéményhez képest az uralkodó széliránynak megfelelően van telepítve, a várható kibocsátások útvonalába. PSZ-1 mintavevő a tároló terület mellett található szintén az uralkodó széliránynak megfelelő pozícióban. A 2007-es üzembe helyezés óta mindkét mintavevő egyenletes mérési eredményeket produkált, trícium és radiokarbon esetében egyaránt 10⁻² -10⁰ Bq/m³ nagyságrendben ingadozott. (Megj.: A természetes trícium háttér kb. 0,07 Bq/m³, a természetes radiokarbon háttér kb. 0,04 Bq/m³.) 2018-2022 között az átlagos trícium koncentráció értékek nem változtak jelentősen. Az egyedi mintákban mérhető értékek 2022-ben 3,42E-02 és 1,13E-01 Bq/m³ közötti ingadozást mutattak.

A radiokarbon légköri koncentrációja a PSz-1 és PSz-2 mintavételi helyeken a korábbi évekhez hasonlóan alakult. 2022-ben az egyedi mintákban mérhető értékek 6,11E-02 Bq/m³ és 2,45E-01Bq/m³ közötti ingadozást mutattak.

7.3.4 Összesített kibocsátások

Az RHFT kibocsátás ellenőrzését a2021. 01. 01-től az RHKR-HA0069 számú határozatban jóváhagyott, SZ-3550 Kibocsátás ellenőrzési szabályzat szerint végzik, amely a kibocsátásellenőrzés mérési és számítási metodikáit tekintve a korábbi verzióhoz képest jelentősen megváltozott. A mért, illetve becsült kibocsátási értékek a KIESZ előírásainak változása mellett is messze az éves kibocsátási határértékek alatt maradtak. 2022-ben a korlát 0,67 %-át használták ki.

A jelentési kötelezettséget elérő normál üzemi kibocsátás, illetve a normál üzemtől való eltérésből eredő kibocsátás nem történt.

Kibocsátás jellege	Vizsgált izotópok	Mért vagy becsült aktivitás (Bq/év)	Éves korlát 30%-a (Bq/év) *	Éves korlát (Bq/év) *
Légköri – Üzemi épület				
	³ H	3,63E+10**	1,72E+14	5,72E+14
	¹⁴ C	4,51E+10**	2,39E+12	7,97E+12
	⁶⁰ Co	1,45E+03**	2,50E+09	8,34E+09
	⁹⁰ Sr	1,29E+02**	1,10E+09	3,67E+09
	¹³⁷ Cs	1,34E+03**	5,10E+09	1,70E+10
	²²⁶ Ra	1,37E+04**	3,78E+08	1,26E+09

	²³² Th	6,44E+00**	1,47E+08	4,89E+08
	²³⁸ U	9,12E+00**	9,09E+08	3,03E+09
Légköri kibocsátás – Tárolóterület diffúz kibocsátásai***				
	³ H	4,99E+08	-	-
	¹⁴ C	2,76E+07	-	-
	⁸⁵ Kr	4,70E+05	-	-
	²²² Rn	5,38E+06	-	-
Folyékony, csapadék				
	³ H	7,34E+06	3,51E+11	1,17E+12
	¹⁴ C	2,01E+05	7,50E+07	2,50E+08
	⁴⁰ K	5,89E+03	1,43E+07	4,76E+07
	⁶⁰ Co	4,53E+03	7,65E+08	2,55E+09
	⁹⁰ Sr	7,50E+03	1,10E+09	3,67E+09
	¹³⁷ Cs	3,60E+03	5,04E+07	1,68E+08
	²²⁶ Ra	5,51E+04	1,25E+08	4,17E+08
	²³² Th	1,68E+02	1,33E+08	4,44E+08
	²³⁸ U	4,91E+02	5,01E+09	1,67E+10
Folyékony, kommunális				
	³ H	1,65E+06	3,51E+11	1,17E+12
	¹⁴ C	3,43E+05	7,50E+07	2,50E+08
	⁴⁰ K	3,43E+03	1,43E+07	4,76E+07
	⁶⁰ Co	4,23E+02	7,65E+08	2,55E+09
	⁹⁰ Sr	1,95E+03	1,10E+09	3,67E+09
	¹³⁷ Cs	5,38E+02	5,04E+07	1,68E+08
	²²⁶ Ra	9,23E+03	1,25E+08	4,17E+08
	²³² Th	3,25E+00	1,33E+08	4,44E+08
	²³⁸ U	2,50E+02	5,01E+09	1,67E+10

* RHKR-HA0069 számú határozatban jóváhagyott KIESZ szerinti értékek

**Becsült érték: A számítás, a mintavétel időtartama, a mért aktivitáskoncentráció és a szellőzés névleges teljesítményének szorzatával történik. Ebben az esetben a kibocsátást vélhetően felül becsülik, mivel a szorzatban szereplő térfogatáram lényegesen nagyobb a ténylegesnél. A becsült érték azért konzervatív, mert a szellőzés névleges teljesítménye gyakorlatilag az optimális körülmények közötti maximális teljesítményt jelenti. A valóságban a térfogatáram a névleges teljesítménynél általában alacsonyabb, mivel a rendszer folyamatosan le szabályozza a térfogatáramot a szükséges depresszió biztosításának megfelelően. Egyes esetekben a térfogatáram lényegesen alacsonyabb lehet, ilyen például az egyik szűrőág karbantartása, szűrőcserek, stb. A mindenkori pontos szellőzés teljesítmény kijelzésre kerül a vezérlő PLC-n, az adatok a számítások elvégzésére alkalmas formában nem állnak rendelkezésre PLC-ből való kinyerésük nem megoldható.

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

7.4 A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátásai

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

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

7-8. táblázat
A reaktor légtörési kibocsátásai

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték [Bq]	Tényleges kibocsátott érték [Bq]	Kibocsátási határérték kritérium az adott izotópra
Ar-41	3,30E+15	3,62E+13	1,10E-02
Kr-85m	2,53E+16	2,44E+11	9,64E-06
Kr-87	5,24E+15	4,72E+11	9,01E-05
Kr-88	5,28E+13	1,32E+12	2,50E-02
Xe-133	1,21E+17	2,35E+11	1,94E-06
Xe-135	1,63E+16	3,72E+11	2,28E-05
Σ kibocsátási határérték kritérium:	3,6E-02		

Megjegyzés: 2114,3 teljesített üzemóra (10 MW teljesítményen).

A 2022-es évben nem volt folyékony hulladék kibocsátás.

Összesített kibocsátási mutató 2022-ban: 0,036 volt.

7.5 A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátásai

Légnemű kibocsátás:

Az elmúlt **2022-as** évben $1,32 \cdot 10^9$ Bq ^{41}Ar -egyenértékű aktivitást (ez az éves kibocsátási korlát 0,18 %-a), aeroszolhoz kötötten pedig $4,27 \cdot 10^3$ Bq összesbéta-aktivitást bocsátottak ki a levegőbe; amelyek megfelelnek az elmúlt évek kibocsátásainak.

Aeroszol szűrők izotóp-szelektív gamma-spektrometriás mérése:

A negyedévente gyűjtött aeroszolszűrők izotópszzelektív gamma-spektrometriás vizsgálatát is elvégezték a 2022. évben, melynek eredményeit a 7-9. táblázat mutatja be.

7-9. táblázat

<i>2022. I. negyedév összegyűjtött levegőszűrők izotópszzelektív gamma-spektrometriás méréseinek havi átlaga</i>	
<i>Izotóp</i>	<i>Aktivitás (Bq/hónap)</i>
^{60}Co	<6,47 E-04
^{137}Cs	<5,26 E-03
^{134}Cs	<1,03 E-01
^{131}I	<1,66 E-02
<i>2022. II. negyedév összegyűjtött levegőszűrők izotópszzelektív gamma-spektrometriás méréseinek havi átlaga</i>	
<i>Izotóp</i>	<i>Aktivitás (Bq)</i>
^{60}Co	<5,10 E-02
^{137}Cs	<1,02 E-02
^{134}Cs	<5,85 E-02
^{131}I	<8,44 E-03
<i>2022. III. negyedév összegyűjtött levegőszűrők izotópszzelektív gamma-spektrometriás méréseinek havi átlaga</i>	
<i>Izotóp</i>	<i>Aktivitás (Bq)</i>
^{60}Co	<6,54E-03
^{137}Cs	<4,57E-03
^{134}Cs	<8,89E-02
^{131}I	<1,07E-02
<i>2022. IV. negyedév összegyűjtött levegőszűrők izotópszzelektív gamma-spektrometriás méréseinek havi átlaga</i>	
<i>Izotóp</i>	<i>Aktivitás (Bq/hónap)</i>
^{60}Co	<7,64E-03
^{137}Cs	<5,34E-03
^{134}Cs	<1,21E-01
^{131}I	<1,46E-02

Folyékony kibocsátások:

Az alkalmasszerűen kibocsátott hulladékvíz kibocsátások során a **2022-es** évben $2,61 \cdot 10^5$ Bq ^{137}Cs -egyenértékű aktivitást bocsátottak ki a közcsatornába (ez az éves kibocsátási korlát $1,30 \cdot 10^{-3}$ %-a), ami megfelel az elmúlt évek kibocsátásainak.

7.6 Izotóp Intézet Kft. kibocsátásai

Folyékony kibocsátások:

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

Kiemelt létesítmények:

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

Egyéb létesítmények:

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

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

Légnemű kibocsátások:

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 I-131 és I-125 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 I-125 radionukliddal szennyezett levegő az épület tetején lévő, szűrővel felszerelt kéményeken keresztül.
- A XXI/A épület „B” és „C”-szintű laboratóriumaiból H-3, C-14 radionukliddal szennyezett levegő az épület tetején lévő kéményeken keresztül.

7 -10. táblázat
Folyékony kibocsátási adatok 2022-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq/év)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq/év)	Kibocsátási határérték kritérium
H-3	8,1E+15	3,80E+11	5,27E+10	6,50E-06
C-14	1,1E+13	7,00E+11	1,95E+11	1,77E-02
P-32	1,7E+11	-	0	0
P-33	1,6E+12	-	0	0
S-35	9,8E+13	-	0	0
Fe-59	6,3E+13	-	0	0
Co-60	8,4E+12	2,80E+10	5,57E+08	6,63E-05
Sr-82/Rb-82	1,7E+13	1,10E+10	0	0
Rb-83	6,70E+12	3,20E+09	0	0
Sr-85	1,10E+14	1,00E+11	0	0
Sr-90	3,60E+12	2,70E+08	0	0
Y-90	4,7E+14	1,20E+09	0	0
Mo-99	3,1E+14	1,20E+10	0	0
Tc-99m	9,3E+16	1,60E+09	0	0
I-125	4,5E+12	3,20E+10	8,40E+08	1,87E-04
I-131	3,3E+12	1,00E+09	1,03E+08	3,13E-05
Cs-137	4,5E+11	5,00E+08	2,64E+07	5,87E-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 kritérium összesen				1,80E-02

7-11. táblázat
Légnemű kibocsátási adatok „A”-szintű laboratóriumokból a reaktor kéményen keresztül 2022-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium
I-125	2,70E+11	5,00E+09	1,09E+09	4,05E-03
I-131	4,69E+11	7,00E+09	4,04E+09	8,61E-03
C-14 „A” szint.	7,70E+12	7,70E+08	0,00E+00	0
Kibocsátási határérték kritérium összesen				1,27E-02

7-12. táblázat
Légnemű kibocsátás XXI/B épület „B-” és „C”-szintű laboratóriumaiból 2022-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium
I-125	4,00E+09	1,50E+08	1,79E+08	4,47E-02

7-13. táblázat
Légnemű kibocsátás XXI/A épület „B-” és „C”-szintű laboratóriumaiból 2022-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium
H-3	2,00E+13	2,00E+11	0	0
C-14	6,00E+11	6,00E+10	9,65E+10	1,61E-01

Az Izotóp Intézet Kft. összesített kibocsátási mutatója 2022-ben **0,236** volt.

7.7 A BVH Kft. kővágószőlősi telephelyének kibocsátásai

A Mecseki Környezetvédelmi Bázis Radioaktív Kibocsátás Ellenőrző Szabályzatát az illetékes hatóság 1842-12/2018 ügyiratszámom hagyta jóvá. 2022. 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 805 690 m³ volt, a Frici-tárói meddőhányó uránmentesített vize pedig 5 828 m³ mennyiségű volt.

7-14. táblázat
Éves radioaktív légnemű kibocsátás radionuklidonkénti mennyisége 2022-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium
²³⁸ U	2,00E+09*	4,00E+03	2,50E-06
²³⁴ U		4,00E+03	
²³⁵ U		<1,00E+03	

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

7-15. táblázat
Éves radioaktív folyékony kibocsátás radionuklidonkénti mennyisége 2022-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium
²³⁸ U	2,70E+11*	1,05E+09	7,96E-03
²³⁴ U		1,05E+09	
²³⁵ U		4,80E+07	
²²⁶ Ra	3,1E+10	1,38E+08	4,45E-03
²¹⁰ Po	3,8E+09	1,60E+07	4,21E-03

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

8 Létesítmények hatásának értékelése, a lakossági sugárterhelés járulékai

8.1 A Paksi Atomerőmű

A kiemelt létesítmények esetén a közelben élő lakosságra, – az 1 mSv éves lakossági dóziskorlátan belül – dózismegszorítást kell érvényesíteni A Paksi Atomerőmű telephelyére az OTH a 40-6/1998. sz. állásfoglalásában 100 $\mu\text{Sv}/\text{év}$ dózismegszorítást állapított meg, amelyből 90 μSv vonatkozik az erőműre (10 μSv pedig a Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolójára). A KöM rendelet szerint ezen értékből kiindulva kell a kibocsátási határértékeket is származtatni.

A fenti állásfoglalás egyúttal meghatározta a lakosság vonatkoztatási csoportját is: 1-5 éves gyermekek hipotetikus csoportja, a légköri kibocsátásokat tekintve csámpai, a vízi kibocsátások vonatkozásában gerjéni lakóhellyel. Tekintettel arra, hogy a dózistényezőket stb. tekintve ez az életkori csoport túl tágnak mutatkozott, a számításokat az 1 éves korcsoportra végezték el. (Ez általában és összességében konzervatív megközelítést jelent.)

8.1.1 A légköri kibocsátásból származó sugárterhelés

Az NNK SSFO a hatóság által elfogadott légköri és folyékony kibocsátások, az időjárási viszonyok, a fogyasztási szokások stb. alapján, számítással határozza meg az erőmű környezetében élő lakosság sugárterhelés járulékát, az 1993-ban kialakított módszertan szerint.

A légköri terjedés számítása során a IAEA, Safety Series No. 57 [11]-ben közölt (IAEA, Safety Reports Series No. 19 [12]-ben módosított) ún. szektorátlagolt Gauss-féle csóvamoddellen alapuló eljárást használják. A nemzetközi ajánlásokon alapuló, a világ sok országában összegyűlt tapasztalatokat egyesítő, a rutinszerű gyakorlat számára egyszerűen használható eljárást alkalmaztak. 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 [11]. 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 [11,12], 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 bemelegítési 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 42 mBq/m^3 ^{41}Ar -koncentráció; 0,014 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ^{60}Co , valamint 14 mBq/m^3 ^3H (HTO) és 0,13 mBq/m^3 ^{14}C (CO_2) koncentráció alakul ki. Ezek az értékek hasonlóak a korábbi évek koncentrációihoz. A légköri depozíció következtében a ^{60}Co talajfelszíni kiülepedése 2,8 mBq/m^2 , a leveles zöldség aktivitás-koncentrációja (nedves tömegre) 0,017 mBq/kg , a tehéntejé 0,0084 mBq/l , a húsa 0,094 mBq/kg , a gabonáé pedig 0,056 mBq/kg értékre becsülhető, ezek az értékek a tavalyinál alacsonyabbak, a kibocsátásnak megfelelően. Az üzemi ^3H , a ^{14}C radionuklidok és a radiojódok kémiai formáját is meghatározta, ezeket a

számításokban figyelembe vették. Így pl. az erőmű ¹⁴C kibocsátásának 4,1%-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 76 nSv, ami a korábbi évekhez képest jobb egyezést mutat, egy 2-es faktoron belül magasabb az üzem által számolt 49 nSv-nél. Az eltérés nagysága a modellszámítások bizonytalanságát figyelembe véve elfogadható. A lakosság kritikus csoportjának a hatóság által számított dózisa hasonló a tavalyihoz és a sokévi átlagtól nem tér el lényegesen.

8-1. táblázat

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

Izotóp		Éves sugárterhelés (nSv)			
		felhőből	talajfelszínről	belégzés	élelmiszer-fogyasztás
nemesgázok	Ar-41	32	*	*	*
	Kr-85	*	*	*	*
	Kr-85m	0,78	*	*	*
	Kr-87	2,3	*	*	*
	Kr-88	6,0	0,038	0,074	*
	Xe-133	0,36	*	*	*
	Xe-135	1,6	*	*	*
aeroszolkok	Mn-54	*	*	*	*
	Co-58	*	*	*	*
	Fe-59	*	*	*	0,029
	Co-60	*	0,075	*	0,14
	Zn-65	*	0,010	*	0,12
	Se-75	*	*	*	0,018
	As-76	*	*	*	*
	Sr-89+Sr-90	*	*	*	0,046
	Zr-95	*	*	*	*
	Ru-106	*	0,028	*	0,61
	Ag-110m	*	0,041	*	0,16
	Sb-124	*	*	*	0,014
	Sb-125	*	*	*	0,022
	Cs-134	*	0,013	*	0,061
	Cs-137	*	0,032	*	0,26
	Ba-140	*	*	*	0,055
	Ce-144	*	0,014	*	0,50
	Eu-154	*	0,022	*	0,027
	egyéb	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
radiojódok	I-131 (aeroszol)	*	*	*	0,069
	I-131 (elemi)	*	0,011	*	3,2
	I-131 (szerves)	*	*	*	0,018
globális	C-14	*	*	4,0	20
	H-3	*	*	0,52	2,6
Összesen		43	0,34	4,5	28
Teljes járulék a légköri kibocsátásból:		76 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 vízének hasznosítása során, az abban található radioaktív anyagok külső és belső sugárterhelést okoznak. A számításoknál használt modell alapvető kiindulási pontjait, közelítéseit, paramétereit az 1993. évi jelentés 2. melléklete tartalmazta. Ezt a modellt az IAEA ajánlásának megfelelően a 2000-es évek elején átdolgozták, elsősorban a Safety Reports Series No. 19 [12] kiadvány módosításainak megfelelően.

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

8-2. táblázat Az atomerőmű normál üzemi éves folyékony radioaktív kibocsátásaiból származó belső és külső dózisek a gerjени lakosság 1 éves gyermek és felnőtt csoportjára, 2021

Radionuklid	Dózis (nSv/év)			
	1 éves gyermek		felnőtt	
	külső	belső	külső	belső
H-3	*	34	*	32
C-14	*	11	*	18
Mn-54	*	*	*	*
Fe-59	0,017	0,021	0,017	*
Co-58	0,012	*	0,012	*
Co-60	0,15	0,35	0,15	0,069
Sr-90	*	0,033	*	0,015
Zr-95	*	*	*	*
Ru-103	*	*	*	*
Ag-110m	*	0,054	*	0,012
Sb-124	*	0,027	*	*
I-131	*	0,14	*	0,027
Cs-134	0,025	0,36	0,025	0,91
Cs-137	0,044	0,89	0,044	2,0
Ba-140	*	0,070	*	0,012
Ce-144	*	0,41	*	0,059
Pu-csoport	*	0,01	*	*
Am-csoport	*	*	*	*
egyéb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Összesen	0,27	48	0,27	54
Mindösszesen	48		54	

* a becült dózis < 0,01 nSv

A 2022. évi sugárterhelés hasonló a 2021. évvel. A táblázat adataiból látható, hogy a sugárterhelés túlnyomó részét adó ³H izotóp mellett - különösen a felnőtteknél - megjelenik a ¹⁴C izotóp is, mint kritikus radionuklid. A belső sugárterhelés járuléka több, mint 2 nagyságrenddel nagyobb a külsőnél.

Az eredmények szerint az aktuális kibocsátás-összetétel és modellparaméterek mellett, a felnőttek sugárterhelése hasonló az 1 éves gyermekekéhez (az utóbbi a vonatkoztatási csoport). A számolt értékek egy 2-es faktoron belül megegyeznek a PA Zrt. 2021-es üzemi jelentésében becült dózisekkel (61 illetve 65 nSv).

8.1.3 Az atomerőművi kibocsátások összefoglaló értékelése

Az üzem 2022. 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.

2022-ben a vonatkoztatási csoportra becsült dózis – a 2003. évi üzemzavari légköri kibocsátások hatásának elmúltával – a 2002 előtti évekhez hasonló volt. Az éves folyékony és légköri kibocsátásból néhányszoros bizonytalansággal becsült dózisok összege az erőmű közelében élő lakosság vonatkoztatási csoportjára 124 nSv (8-1., 8-2. és 8-3. táblázatok) volt, miközben a természetes háttér éves hazai értéke 3 mSv felett van [3] és 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 1,42 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	43	
	radiokobalt aeroszol	0,075	
	radiocézium aeroszol	0,045	
	radioezüst aeroszol	0,041	
	egyéb izotóp	0,2	
belső sugárterhelés	inhaláció	4,4	
	radiojód (élelmiszerfogyasztás)	3,3	
	radiokobalt (élelmiszerfogyasztás)	0,14	
	radiocézium (élelmiszerfogyasztás)	0,32	
	radioezüst (élelmiszerfogyasztás)	0,16	
	globális szennyezők (H-3, C-14) (élelmiszerfogyasztás)	23	
	egyéb izotóp	1,0	
Összes légköri:		76	
Folyékony kibocsátás			
külső sugárterhelés:		0,27	
belső sugárterhelés:	trícium	34	
	radiokarbon	11	
	egyéb izotóp	2,5	
Összes folyékony:		48	
Mindösszesen:		124	90 000

8.2 Egyéb kiemelt létesítmények

A bápáti 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 dózisos a lakosság vonatkoztatási csoportjára

Létesítmény	Határérték kihasználás	Dózismegszorítás [nSv]	Biztonsági tényező	Becsült sugárterhelés [nSv]
bátaapáti NRHT	Légköri: 0,0079 Folyékony: 0,00057	100 000	1	847
püspökszilágyi RHFT	Légköri: 0,0057 Folyékony: 0,0012	100 000	1	695
BKR	Légköri: 0,036 Folyékony: -	50 000	5	360
Oktatóreaktor	Légköri: 0,0018 Folyékony: 0,000013	50 000	1	91
Izotóp Intézet Kft.	Légköri: 0,218 Folyékony: 0,018	50 000	5	2360
BVH Kft. kővágószőlősi telephely	Légköri: 0,0000025 Folyékony: 0,0166	300 000	5	996

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 2022-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 közel három nagyságrenddel nagyobb.

Összefoglalásul megállapíthatjuk, hogy mind az országos, mind a létesítményi környezetellenőrzés során kapott eredmények szerint az engedélyhez kötött tevékenységeknek a környezetre, illetve a lakosságra gyakorolt hatása elhanyagolható, a radioaktív izotópok aktivitás-koncentráció értékei több mintafajtnál 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 2022. The maximum permitted levels according to the Council Regulation *{Post-Chernobyl 733/2008/EC, Council Regulation No 733/2008 of 15 July 2008 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station (codified version); Council Regulation (EC) No 1048/2009 extends its validity until 31 March 2020} (OJ L-201 of 30/07/2008, page 1)* on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power-station are 600 Bq/kg in general and 370 Bq/kg for milk, milk products and infant foods, for the sum of ^{137}Cs and ^{134}Cs .

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

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

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.rttsh.hu/docs/roviden.pdf>
- [3] <http://www.unscear.org/>
- [4] 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről
- [5] http://hadmernok.hu/151_15_bujtast_ml_ng_sj.pdf
- [6] <http://www.rhk.hu/>
- [7] <http://www.energia.mta.hu/hu/content/kornyezetvedelmi-szolgalat>
- [8] [https://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/20CFAC350F87228EC12580ED00253B29/\\$File/K%C3%B6z%C3%A9rt%C5%91%20%C3%B6sszefoglal%C3%B3_BME%202017_v.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/20CFAC350F87228EC12580ED00253B29/$File/K%C3%B6z%C3%A9rt%C5%91%20%C3%B6sszefoglal%C3%B3_BME%202017_v.pdf)
- [9] 8/2002. (III. 12.) EüM rendelet az egészségügyi ágazat radiológiai mérő és adatszolgáltató hálózata felépítéséről és működéséről
- [10] Sources and Effects of Ionizing Radiation - VOLUME I (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2008.)
- [11] IAEA, Safety Series No. 57 (SS57), 1982.
- [12] IAEA, Safety Reports Series No. 19 (SRS19), 2001.

Rövidítések jegyzéke

ALMERA –Analytical Laboratories for Measurement of Environmental Radioactivity
BAMKH – Baranya Megyei Kormányhivatal
BAMKH NF LO – Baranya Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály
Laboratóriumi Osztály
BKR - Budapesti Kutatóreaktor
BM OKF – Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság
BME NTI – Budapesti Műszaki Egyetem Nukleáris Technikai Intézete
ÉLBC – Élelmiszerlánc Biztonsági Centrum Kft.
EMMI – Emberi Erőforrások Minisztériuma
ERMAH - Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatszolgáltató Hálózat
ERMAH IK – ERMAH Információs Központ
EüÁ - egészségügyi ágazat
EK KVSz – Energiatudományi Kutatóközpont Környezetvédelmi Szolgálat
FmÁ - földművelésügyi ágazat
IAEA - Nemzetközi Atomenergia Ügynökség
KFKI – Központi Fizikai Kutató Intézet
KIESZ – Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzat

KÖESZ – Környezet Ellenőrzési Szabályzat
 KvVÁ - környezetvédelmi és vízügyi ágazat
 KHK – kibocsátási határérték kritérium
 MH – Magyar Honvédség
 NBIÉK – BM OKF Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központ
 NNK – Nemzeti Népegészségügyi Központ
 NNK SSFO - Nemzeti Népegészségügyi Központ, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály
 NÉBIH – Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal
 NRHT - Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló
 OÁ – oktatási ágazat
 OAH – Országos Atomenergia Hivatal
 OKSER – Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer
 OSJER – Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer
 OMSZ – Országos Meteorológiai Szolgálat
 OTH – Országos Tisztifőorvosi Hivatal
 PA Zrt. – MVM Paksi Atomerőmű Zrt.
 RÉL – ÉLBC Regionális Élelmiszerlánc Laboratóriuma
 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 megyék kódjai:

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

Adatszolgáltatásban résztvevő intézmények, szakemberek

A 2022. évi jelentésben szereplő mérési adatokat szolgáltató szervezetekben a mérésekben és adatküldésben részt vett intézmények és szakemberek:

BELÜGYMINISZTERIUM (ORSZÁGOS KATASZTRÓFAVÉDELMI FŐIGAZGATÓSÁG)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Szeitz Anita

Az adatküldésben részt vett: Szabados László tű. őrnagy

EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA (2022.MÁJUS 24-IG), ILLETVE BELÜGYMINISZTERIUM - EGÉSZSÉGÜGYI ÁGAZAT (NNK SSFO ÉS ERMAH LABORATÓRIUMOK)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Glavatszkih Nándor

A mérésekben és adatküldésben részt vettek:

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

Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály:

Farkasné Gyóry Edit, Bagi Lajos

Budapest Főváros Kormányhivatala Népegészségügyi Főosztály: Kovács Gábor, György Beáta

Csongrád-Csanád Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály:

Hoványné Kádár Erika, Szombati Anett

Győr-Moson-Sopron Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály:

Pálvölgyiné Szabó Zsuzsanna

Hajdú-Bihar Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Bodnár Eszter

Tolna Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Kerekes Irén

EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA (2022.MÁJUS 24-IG), ILLETVE TECHNOLÓGIAI ÉS IPARI MINISZTERIUM - OKTATÁSI ÁGAZAT

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Cservenák Ildikó, Radócz Gábor

AGRÁRMINISZTERIUM

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Ádámné Sió Tünde

A mérésekben és adatküldésben részt vettek:

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH), Élelmiszerlánc-biztonsági Laboratórium Igazgatóság akkreditált laboratóriumai:

Radioanalitikai Referencia Laboratórium (Budapesti telephely,

Szekszárdi telephely, Szombathelyi telephely)

Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft. Kecskeméti Regionális

Élelmiszerlánc Laboratórium

Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft. Miskolci Regionális

Élelmiszerlánc Laboratórium

Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft. Kaposvári Regionális

Élelmiszerlánc Laboratórium

AGRÁRMINISZTERIUM (2022.MÁJUS 24-IG), ILLETVE TECHNOLÓGIAI ÉS IPARI MINISZTERIUM

Megyei Kormányhivatalok Környezetvédelmi Mérőközpontjai

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Lókiné Nagy Enikő

A mérésekben és adatküldésben részt vettek: Alföldi Attila, Erdős József, Gulyásné Deák Magdolna, Dr. Szécsényi István, Ulrich Zsolt, Weiszenburger Edit, Jónás Adrienn

ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Zagyvai Péter

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

MVM PAKSI ATOMERŐMŰ ZRT. (PA ZRT.)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Daróczy László

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

RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KÖZHASZNÚ NONPROFIT KFT. (PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Turza Péter

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

RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KÖZHASZNÚ NONPROFIT KFT. (BÁTAAPÁTI NRHT)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Dr. Radó Krisztián

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

IZOTÓP INTÉZET KUTATÓ, FEJLESZTŐ, TERMELŐ ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Szőnyi-Pákai Renáta

MECSEKÉRC ZRT.

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Molnárné Róna Éva

BÁNYAVAGYON-HASZNOSÍTÓ NONPROFIT KÖZHASZNÚ KORLÁTOLT FELELŐSÉGŰ TÁRSASÁG

Adatszolgáltatásért felelős személy: Kocsis Erika