



Országos Atomenergia Hivatal

**AZ
ORSZÁGOS KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI
ELLENŐRZŐ RENDSZER**

(OKSER)

2021. ÉVI JELENTÉSE

Budapest, 2022. augusztus

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	2
Előszó.....	4
1 Bevezetés	5
1.1 A mérési adatok megjelenítése.....	5
1.2 Az Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer tagjai	7
1.3 Az OKSER Szakbizottság tagjainak képviselőit ellátó szakértők 2021-ben	7
1.4 A lakossági sugárterhelés forrásainak ismertetése	8
2 Létesítményi kibocsátások, kibocsátási korlátok	10
2.1 Kibocsátási korlátok származtatása, korlátok az egyes létesítményekre vonatkozóan	10
2.2 A kiemelt létesítmények kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	11
2.2.1 A Paksi Atomerőmű kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	11
2.2.2 A Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	12
2.2.3 A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	13
2.2.4 A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata	14
2.2.5 A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátás- és környezetellenőrző hálózata.....	14
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, Radiológiai Laboratóriuma	16
3.1.4 Egészségügyi Radiológiai Mérő- és Adatszolgáltató Hálózat.....	16
3.2 A hatósági ellenőrzés mérési módszerei.....	17
4 Országos mérési adatok értékelése.....	22
4.1 A külső gamma-dózisteljesítmény mérések eredményei.....	22
4.1.1 A Radiológiai Táv mérő Hálózat adatai	22
4.1.2 Időszakos külső gamma-dózisteljesítmény mérések	28
4.2 Levegőszűrők (aeroszol) mérési eredményei	29
4.3 Kihullás (fall-out) eredmények	31
4.4 Talajminták mérési eredményei	33
4.5 Felszíni vizek monitoringja	36
4.6 Ivóvíz	39
4.6.1 Vezetékes ivóvíz és élelmiszeripari technológiai víz	39
4.6.2 Palackozott vizek	42
4.7 Növényzet	43
4.7.1 Takarmány.....	43
4.7.2 Növényi eredetű, nyers élelmiszer	47
4.7.3 Gabonafélék és az azokból készült termékek	50
4.8 Állati eredetű élelmiszerek.....	53
4.8.1 Tej, tejtermék	53
4.8.2 Hús és hústermékek aktivitáskoncentrációi.....	55
4.9 Vegyes élelmiszer	58
5 Létesítmények környezete.....	59
5.1 A Paksi Atomerőmű környezetében végzett mérések	59
5.1.1 Gamma-dózisteljesítmény mérések a Paksi Atomerőmű környezetében	61
5.1.2 Aeroszol aktivitás-koncentráció mérések a Paksi Atomerőmű környezetében	63
5.1.3 A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző rendszerének kihullás mérési eredményei	65
5.1.4 A Paksi Atomerőmű hideg- és melegvízcsatornájában mért aktivitás-koncentrációk.....	66
5.1.5 A Nemzeti Népegészségügyi Központ, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály mérési adatai a paksi felszíni vizekre vonatkozóan	67
5.1.6 A Paksi Atomerőmű környezetében vett halminák mérési eredményei	68
5.1.7 A vízi környezetben mért aktivitás-koncentrációk a hatósági mérések alapján	69
5.1.8 A talajban mért aktivitás-koncentrációk.....	73
5.1.9 A takarmánymintákban mért aktivitás-koncentrációk.....	75
5.1.10 A növénymintákban mért aktivitás-koncentrációk	76
5.1.11 Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása.....	78
5.2 A Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló telephelyének környezetellenőrzési mérési adatai.....	81
5.2.1 A bátaapáti NRHT környezetében mért aeroszol-koncentráció adatai.....	81
5.2.2 A bátaapáti NRHT környezetében mért kihullás eredmények	82

5.2.3	A bátaapáti NRHT környezetében vett talajminták mérési eredményei.....	83
5.2.4	A bátaapáti NRHT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményei.....	85
5.2.5	A bátaapáti NRHT környezetében mért növényminták adatai	85
5.3	A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló környezetellenőrzési mérési adatai	87
5.3.1	A püspökszilágyi RHFT környezetében mért aeroszol aktivitás-koncentráció adatok	87
5.3.2	A püspökszilágyi RHFT környezetében mért kihullás eredmények	88
5.3.3	A püspökszilágyi RHFT környezetének talajmérési eredményei.....	90
5.3.4	A püspökszilágyi RHFT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményei	92
5.3.5	A püspökszilágyi RHFT környezetében mért növényzet adatok.....	93
5.4	A Központi Fizikai Kutató Intézet telephely környezetellenőrzési mérési adatai	94
5.4.1	A KFKI telephelyén mért gammadózis-teljesítmények	94
5.4.2	A KFKI telephelyén mért aeroszol-koncentrációk.....	95
5.4.3	A KFKI telephely területén mért kihullás eredmények.....	96
5.4.4	A KFKI telephely területén mért talajmérési eredmények	97
5.4.5	A KFKI telephely területén mért növényzet adatok	97
5.5	A BME NTI Oktatóreaktor telephely környezetellenőrzési mérési adatai	99
6	Országhatáron túli hatások.....	102
6.1	A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért eredmények	102
6.1.1	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében mért dózisteljesítmények és aktivitás-koncentrációk.....	102
6.1.2	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fall-out minták mérési eredményei	104
6.1.3	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett talajminták mérési eredményei	105
6.1.4	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett fűminták mérési eredményei.....	106
6.1.5	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett zöldség- és gyümölcsminták mérési eredményei.....	107
6.1.6	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett folyóvíz és iszapminták mérési eredményei	108
6.1.7	A mohi atomerőmű magyarországi környezetében vett ivóvízminták mérési eredményei	109
7	Kibocsátási eredmények.....	110
7.1	A Paksi Atomerőmű kibocsátásai	110
7.1.1	Légköri kibocsátás	111
7.1.2	Folyékony kibocsátás	114
7.1.3	Megállapítások	120
7.2	A Nemzeti Radioaktívhulladék-tároló kibocsátásai	123
7.2.1	A földfelszíni telephely folyékony kibocsátás értékelése.....	123
7.2.2	A földfelszíni telephely légnemű kibocsátás értékelése	123
7.2.3	A felszín alatti térrész légköri kibocsátásának értékelése.....	124
7.2.4	A felszín alatti térrész folyékony kibocsátásának értékelése.....	125
7.2.5	Megállapítások	125
7.2.6	A létesítmény összesített kibocsátásának értékelése	125
7.2.6.1	A telephely felszíni és felszín alatti összesített légköri kibocsátásának értékelése.....	125
7.2.6.2	A telephely felszíni és felszín alatti összesített folyékony kibocsátásának értékelése.....	127
7.3	A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kibocsátásai.....	128
7.3.1	Üzemi épület kibocsátásainak ellenőrzése	129
7.3.2	Tárolóterület folyékony kibocsátásainak ellenőrzése	129
7.3.3	Tárolóterületi gázdifúzió ellenőrzése.....	130
7.3.4	Összesített kibocsátások.....	130
7.4	A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátásai	132
7.5	A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátásai	133
7.6	Izotóp Intézet Kft.	134
8	Létesítmények hatásának értékelése, a lakossági sugárterhelés járulékai	137
8.1	A Paksi Atomerőmű.....	137
8.1.1	A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés	140
8.1.2	Az atomerőművi kibocsátások összefoglaló értékelése.....	141
8.2	Egyéb kiemelt létesítmények	143
	Következtetések	144
	Irodalom, hivatkozott jogszabályok	145
	Adatszolgáltatásban résztvevő intézmények, szakemberek	146
	Rövidítések jegyzéke	148

Előszó

Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény 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.

Szintén az emberek természetes és mesterséges eredetű ionizáló sugárzás elleni káros hatásaival szembeni védelem jelenik meg 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 szóló, 2013. december 5-i 2013/59/Euratom tanácsi irányelvben [6].

Az Európai Atomenergia Közösséget létrehozó 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, melynek 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 Központ (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 2021. évi mérési eredmények feldolgozását mutatja be.

Budapest, 2022. augusztus 30.

  
Kádár Andrea Beatrix
az OKSER Szakbizottság elnöke

1 Bevezetés

1.1 A mérési adatok megjelenítése

Az OKSER 2021. 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 2021. évre vonatkozó mérési eredményeket több mint 120.000 rekord tartalmazza). Az eredmények feldolgozásánál, összesítésénél és bemutatásánál a következő főbb szempontokat érvényesítettük:

- a) A jelentés szövegében az izotópok jelölését „^{AAA}Xy” alakban, a közvetlen számítógépes lekérdezések eredményeként előálló táblázatokban és ábrákon a szabványos „^{AAA}Xy” alak helyett „XY-AAA” alakban adtuk meg.
- b) A mérési eredményeket elsősorban a mintafajták, nagyobb mintacsoportok szerint (pl. talaj, növényzet, állati eredetű élelmiszerek) csoportosítottuk. Ezeken belül azonban – indokolt esetben – alcsoportokat (pl. takarmány, növényi eredetű nyers élelmiszer, feldolgozott növényi eredetű élelmiszer) képeztünk.
- c) Lehetőség szerint törekedtünk az ún. nuklidspecifikus eredmények bemutatására, azonban nem hagyhattuk el a mérési programok jelentős részét képviselő – inkább indikátor jellegű mennyiségnek tekinthető – összes béta-aktivitási¹ és összes alfa-aktivitási² adatokat sem.
- d) A környezeti gamma-dózisteljesítmény adatokat egyes laboratóriumok prefixálva Gy/h, más laboratóriumok Sv/h egységben közlik, a jelentésben egységesen Sv/h szerepel.
- e) A b) pontnak megfelelően az országos ellenőrzési eredmények alapvető megjelenítési formái az éves átlagok, valamint egyéb statisztikai jellemzőket bemutató térképek és táblázatok. Tekintettel arra, hogy a mintavételi programok általában 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 laboratóriumonként eltérő lehet.

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

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

- h) Az alkalmazott érzékeny technikák, eszközök ellenére, a mérések több mintafajtánál is nagy számban kimutatási határ alatti eredményeket szolgáltatottak. A kimutatási határ feletti és alatti eredmények megfelelő statisztikai kezelésére, a táblázatos összefoglalásokban a következő módszert alkalmaztuk:
- átlagot és szórást csak abban az esetben képeztünk, ha a kimutatási határ feletti eredmények száma legalább tíz volt (ekkor a kimutatási határ alatti eredményeket, a kimutatási határ értékével vettük figyelembe); azonban az országos táblázatokban az országos összesítéseknél (a táblázatok alsó soraiban) 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 ^{137}Cs 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 cikkeken, jelentéseken.

1.2 Az Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer tagjai

Az OKSER tagjai 2021-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. az oktatásért 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 képviselését ellátó szakértők 2021-ben

1. Szeitz Anita (Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság)
2. Dr. Pellet Sándor (Emberi Erőforrások Minisztériuma - Egészségügyi Ágazat)
3. Ádámné Sió Tünde (Agrárminisztérium - Földművelésügyi Ágazat)
4. Lókiné Nagy Enikő Éva (Agrárminisztérium - Környezetvédelmi és Vízügyi Ágazat)
5. Cservenák Ildikó, Dr. Radócz Gábor (Emberi Erőforrások Minisztériuma - Oktatási Ágazat)
6. Farkas Ferenc ezredes (Honvédelmi Minisztérium - MH GAVIK)
7. Nagy József (Országos Meteorológiai Szolgálat)
8. Dr. Zagyvai Péter (Energiatudományi Kutatóközpont - ELKH)
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. Dr. Várhegyi András (Bányavagyon-hasznosító Nonprofit Közhasznú Kft.)
15. Tyukodi Lajos (Izotóp Intézet Kft.)
16. † Dr. Rónagy József (az OKSER Szakbizottság elnöke)

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 (kozmos sugárzás) és a másodlagos folyamat során, a magaslégrében 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) található 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 (házánkban 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. [5]

Mesterséges eredetű, az ember által előállított ionizáló sugárforrásoktól származó hatások a röntgen sugárzás felfedezésétől, azaz 1895-től érik az emberiséget. [5]

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. [11]

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. Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója,
 - Energiatudományi Kutatóközpont által üzemeltetett Budapesti Kutatóreaktor,
 - 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,
 - 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 [3].

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 dózisos összegére vonatkozó dóziskorlát figyelembe vételével 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 Budapesti Kutatóreaktorra (a továbbiakban: BKR) $50 \mu\text{Sv}/\text{év}$, a BME NTI által üzemeltetett Oktatóreaktorra (a továbbiakban: OR) $50 \mu\text{Sv}/\text{év}$ 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 Pécsi Járási Hivatala, valamint a Baranya Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály

Laboratóriumi Osztály Környezetvédelmi Mérőközpontjának Radiológiai Laboratóriuma (a továbbiakban: BAMKH NF LO) látja el. A helyszíni hatósági ellenőrzéseket a Pécsi Járási Hivatal 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 dóziséra vonatkozó vizsgálat célja, hogy közvetlen mérési adatokat kapjanak az erőműből kibocsátott radioaktív izotópok által létrehozott környezetterhelésre. Az érzékeny, nuklidspecifikus laboratóriumi vizsgálatok kiegészítik, egyben pontosabbá teszik a távmérések útján kapott képet. Az ellenőrzés főleg az elsődleges környezeti közegekre – a légköri eredetű, a talajfelszíni, a felszíni víz és a talajvíz mintákra – terjed ki. A minták túlnyomó része az erőmű 1,5-3 km-es, néhányé a 30 km-es (14 db környezeti dózist mérő C típusú állomás) sugarú körzetéből származik. A dunaföldvári B (vagy B24) állomást kontroll állomásnak tekintik. A legfontosabb mintákat a távmérő és mintavevő állomások folyamatos üzemű aktív mintavevői szolgáltatják (aeroszol-, jód-, illetve vízminták). A táplálékfelvételek 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. [8]

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. [7]

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 léghőri 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 léghőri, 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. [7]

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 4 kistérfogató környezetmonitorozó mérőállomás található, (ebből egy állomás november végén került beüzemelésre), valamint 1 nagytérfogató állomás. A mérési módszerek és az éves mintaszámok az alábbiak [10]:

- napi aeroszol-mintavétel, szakaszos kiértékelés összesbéta-számlálással, valamint gamma-spektrometriával a hetente egyesített mintákból: 5 állomás, éves mintaszámok (4*5*52 + 5 minta, összesbéta számlálás műszerhiba miatt októbertől kezdődően történt);
- heti elemi jód mintavétel, szakaszos kiértékelés összesbéta-számlálással, gamma-spektrometriával: 2 állomás, éves mintaszám 52+5; (az előző aeroszol mintákkal közös gamma-spektrometriás mérés; összesbéta számlálás csak októbertől);
- heti szerves jód mintavétel, szakaszos kiértékelés gamma-spektrometriával: 2 állomás, éves mintaszám 52+5;
- heti aeroszol, elemi jód és szerves jód szakaszos kiértékelés gamma-spektrometriával a nagytérfogató állomáson vett mintával; éves mintaszám 3*52;
- nedves és száraz kihullás egyesített mintavétele 4 állomáson, kiértékelés gamma-spektrometriával, éves mintaszám: 3*12 (havi) + 52 (heti), összesen 88.

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-csőves 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 vizében megjelenő radioaktivitás monitorozása összesbéta-számlálással illetve gamma-spektrometriával kéthetente (éves mintaszám 26). [9]

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 (2018 előtt Földművelésügyi Minisztérium) 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, Radiológiai Laboratóriuma

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 fenti rendeletben foglaltak szerint részt vesz a kiemelt létesítmények negyedéves, éves hatósági ellenőrzésében.

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 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, 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. [12]

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.
- Az OR-ban a levegő aeroszol-tartalmához kötődő radioaktív koncentráció mérése alkalmas mintavevő berendezés az OR épülete mellett 4 m-re helyezkedik el, a talajtól mintegy 2 m magasan, tartóoszlopra erősítve. A légszivattyú 6 m³/h névleges térfogatáramú. A mintákat hetente három alkalommal (48, illetve 72 órás mintavételi idő után) feltárás és legalább 48 órás pihentetési idő után összesbéta-számlálással mérik. Ha ez radioaktív anyag jelenlétét valószínűsíti a szűrőn, akkor elvégzik a minta részletes, nuklidspecifikus elemzését is.

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.
- Az OR mintavevő edénye 0,2 m² felületű alumíniumból készült. Az edényben folyamatosan vízzel elegendő folyadék van. A kihullási mintát havonta 1 alkalommal dolgozzák fel. A feldolgozás során a mintát először 1 – 3 cm³ térfogatúra, majd szárítószekrényben szárazra párolják. A száraz minta összesbéta-intenzitását meghatározzák. Amennyiben a mérés radioaktív anyag jelenlétét valószínűsíti a szűrőn, elvégzik a minta részletes, nuklidspecifikus elemzését.

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 ^{90}Sr meghatározását jelentik. A ^{90}Sr aktivitás-koncentráció meghatározásához a mintán radiokémiai előkészítést, elválasztást kell végezni.
- Az ERMAH laboratóriumok negyedévente vesznek talajmintát a talaj felső 10 cm vastagságú rétegéből. A mintákon gamma-spektrometriai méréseket végeznek. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a 110 °C-on szárított mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm³ térfogaton) végzik 20000 s mérési idővel. A ^{137}Cs aktivitás-koncentrációjára vonatkozó jellemző kimutatási határ: 0,3-1,5 Bq/kg. Az ERMAH laboratóriumai a talajminták összes béta-aktivitás mérését szcintillációs, valamint alacsony háttérű alfa/béta detektorokkal végzik, amelyek a kb. 50 keV-nál nagyobb energiájú elektronok detektálására képesek.
- 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 - ^{90}Sr aktivitás-koncentráció is meghatározásra kerül. Ezeket a vizsgálatokat lehetőség szerint, minden mintából elvégzik. Jellemző kimutatási határok: ^{137}Cs : 0,3 - 0,5 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,4 - 0,6 Bq/kg.
- Az OR körül a növényzettel borított területen évente két alkalommal (tavasszal és ősszel) vesznek mintát. A talajmintavételhez legalább 100 m² területet használnak. A mintázás során legalább 1 kg mintát gyűjtenek 0 – 5 cm mélységből, egyenletes területi elosztásban. A mintát szobahőmérsékleten, legalább 3 napon át szárítják, majd Marinelli-edénybe téve nuklidspecifikus mérést végeznek.

D. Felszíni vizek mérése:

- Az ERMAH mérési program keretében a ^{137}Cs 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 380 °C-on történő hamvasztást, ^{90}Sr -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 elektrolitikus dúsítás előzi meg, 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 folyadékszscintillációs technikával történik a mérés. Alsó méréshatár 0,9 Bq/l.
- Az OR a Duna-vízét a Duna part, a Bertalan Lajos utca és a Műegyetem rakpart keresztezésénél kb. 200 méterre északi (felvízi) irányban, az alsó rakparti lépcsőnél mintavételezi. A mintavétel kétheti gyakorisággal történik. Feldolgozás során a mintából ismert mennyiséget (500 cm³-t) 1 – 3 cm³ térfogatúra párolják, majd a bepárolt mintát mérésre alkalmas formába hozzák. A száraz minta összesbéta-intenzitását meghatározzák. Ha a mérés a természetes radioaktivitást (legnagyobb részben ^{40}K)

meghaladóan radioaktív anyag jelenlétét valószínűsíti, elvégezik a minta részletes, nuklidspecifikus elemzését.

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. Jellemző kimutatási határok: 2,0 Bq/l (^3H), 5-30 mBq/l (^{90}Sr).
- 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; ^{137}Cs : 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 ^{90}Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák. Jellemző kimutatási határok: ^{137}Cs : 0,03 - 2,3 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,05 - 1,1 Bq/kg.
- Az ERMAH laboratóriumok negyedévente, megyénként vesznek fű-, illetve szénamintát. A mintaelőkészítés szárítást, a száraz tömeg mérését, majd hamvasztást jelent. A γ -spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összesbéta aktivitás-koncentráció meghatározását pedig ennek a hamunak 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 ^{137}Cs 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 gyökérzöldségekből - kémiai elválasztás után - a ^{90}Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák. Jellemző kimutatási határok: ^{137}Cs : 0,01 - 0,89 Bq/kg; ^{90}Sr : 0,03 - 0,12 Bq/kg. 2007. évtől a vizsgálati programban szerepel az EU más tagországaiból vagy harmadik országból származó zöldségek, gyümölcsök, fűszerek, szárított gombák, aszalt gyümölcsök ^{137}Cs szűrő vizsgálata. A minták mérése eredeti anyagból, általában 450 cm³ térfogatú Marinelli geometriában, 3600 s mérési idővel történik.
- Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja decentrum-régióként és negyedévenként 2-2 zöldségfajtát, valamint az első és negyedik negyedévben 1-1, a második és harmadik negyedévben 2-2 gyümölcsfajtát tartalmaz. 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 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 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 tejpor 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 és tejporminta 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 1g-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 marha-, sertés- és 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 1g-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 a decentrumok megyéiben 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 adjuk 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 fejezet a 2021-es évre vonatkozó mérési adatokat mutatja be. Ismertetésre kerülnek a mért országos gamma-dózisteljesítmény értékek, aeroszol mérési eredmények, kihullás, növény és talajminták feldolgozása során kapott eredmények, növény- és állatminták, élelmiszerek, valamint felszíni- és ivóvíz mérések eredményei egyaránt.

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) – 57 állomás
- Magyar Honvédség (a továbbiakban: MH) – 38 állomás
- Országos Meteorológiai Szolgálat (a továbbiakban: OMSZ) – 27 állomás
- PA Zrt. – 20 állomás
- Emberi Erőforrások Minisztériuma (a továbbiakban: EMMI– oktatási ágazat) – 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 EMMI, 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 (a továbbiakban: OÁ) tartozó egyetemeken elhelyezett, 13 mérőszonda dózisteljesítmény adatait az OÁ-OSJER központja (BME NTI) gyűjti és értékeli. Az egyetemi mérőhálózat adatai a <http://omosjer.reak.bme.hu/> honlapon elérhetőek

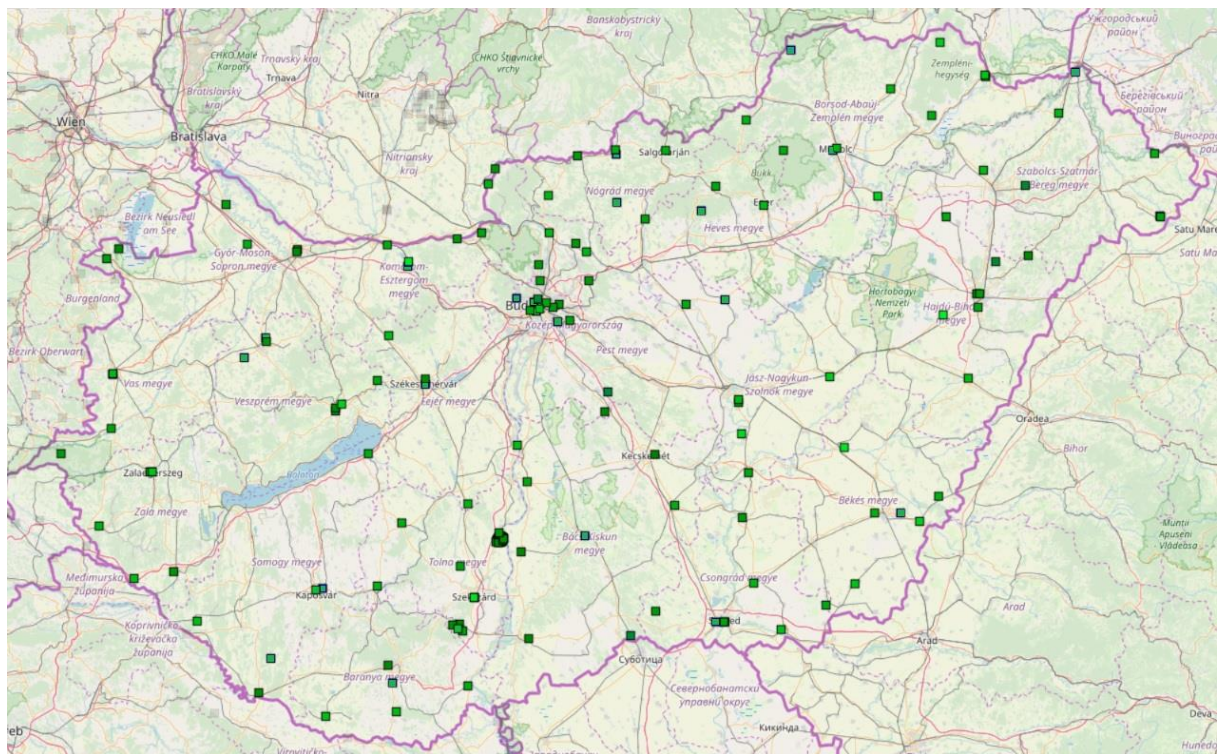
Az OSJER TMH mérőállomások országos területi elhelyezkedését az 4-1. ábra szemlélteti. Látható, hogy a területi eloszlás nem egyenletes, a kiemelt létesítmények környezetében - pl. Budapest és a Paksi Atomerőmű térségében - az állomások sűrűsége nagyobb, egyes térségekben azonban megyénként csak 1-2 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 2021. évi változása látható. A tárgyidőszakban nem történt olyan valós esemény, amely a riasztási szint túllépését eredményezte volna. A napi dózisteljesítmény országos éves átlaga 93 nSv/h volt, ami megegyezik a 2020. évi értékkel. Az egyes mérőállomásokon mért napi átlagok 48 - 168 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 2021-ben (N az üzemelő napok számát jelöli)

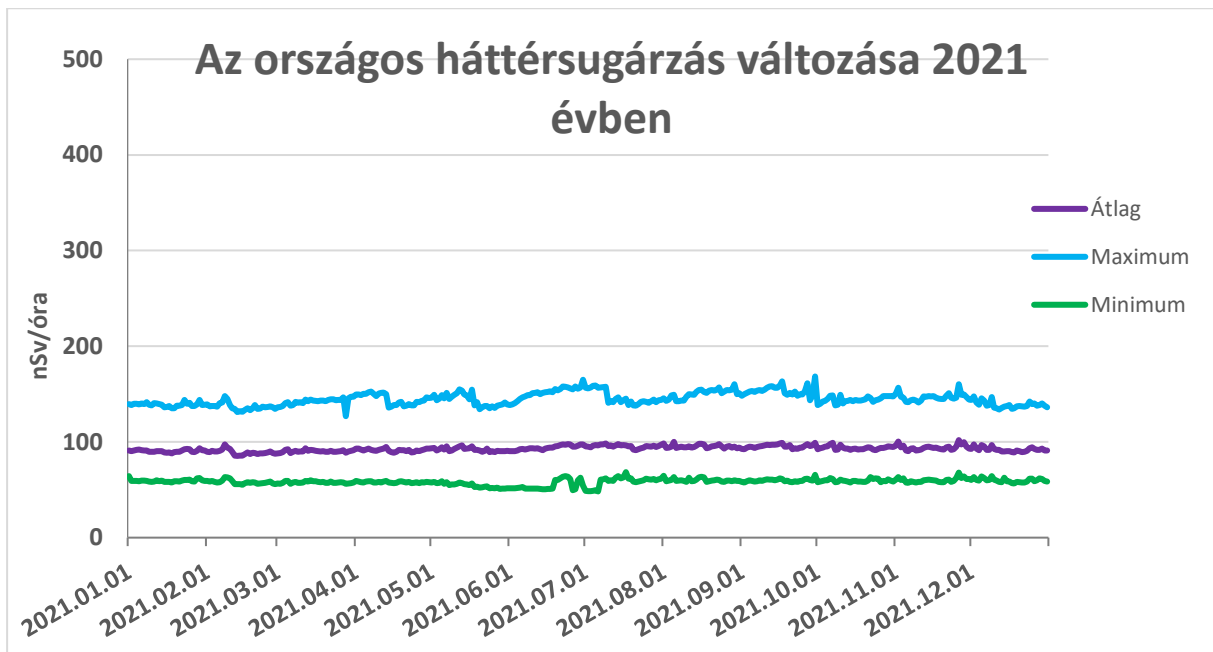
Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0101	Rétság	107	93	132	7	365
HU0104	Ózd	93	74	118	8	365
HU0109	Szekszárd	91	79	115	9	365
HU0120	Budapest XIV. OKF	86	77	107	7	362
HU0124	Salgótarján	101	89	145	12	365
HU0130	Gyomaendrőd	107	94	128	8	365
HU0131	Vajta	95	84	117	9	364
HU0132	Budapest - Ferihegy	85	77	108	6	364
HU0133	Komárom	102	89	115	5	365
HU0134	Szombathely	86	48	125	27	352
HU0135	Solt	84	77	102	6	365
HU0136	Zalaegerszeg	99	93	121	4	365
HU0137	Kisújszállás	123	105	144	8	359
HU0138	Berettyóújfalu	108	95	132	6	365
HU0139	Hajdúszoboszló	119	106	147	10	365
HU0140	Gyula	114	100	131	7	365
HU0141	Mezőkovácsháza	110	98	123	6	365
HU0142	Kiskunfélegyháza	92	84	111	6	365
HU0143	Vámosmikola	107	94	123	4	365
HU0144	Mór	107	93	126	6	363
HU0145	Siófok	85	78	98	3	364
HU0146	Dombóvár	101	94	113	3	365
HU0147	Letenye	112	94	131	7	365
HU0148	Lenti	112	98	129	7	365
HU0149	Tiszaújváros	112	102	128	4	349
HU0150	Balassagyarmat	98	90	108	3	365
HU0151	Barcs	89	80	100	5	365
HU0152	Csenger	97	86	111	4	364
HU0153	Csurgó	110	99	121	4	361
HU0154	Dunaújváros	117	99	127	6	365
HU0155	Eger	102	87	114	6	364
HU0156	Encs	92	75	117	13	362
HU0157	Esztergom	105	96	114	4	365
HU0158	Hajdúnánás	108	96	120	4	365
HU0159	Jászberény	98	81	112	6	347
HU0160	Kalocsa	86	75	106	5	365
HU0161	Kisnémedi	86	81	94	3	64
HU0162	Kisvárd	100	79	117	9	365
HU0163	Körmend	102	95	114	4	361
HU0164	Kunszentmárton	93	84	100	3	365
HU0165	Lébény	95	86	107	4	365
HU0166	Makó	98	85	110	5	356
HU0167	Mohács	98	85	111	6	361
HU0168	Nyíradony	85	78	96	4	365
HU0169	Paks	94	85	103	4	365
HU0170	Ruzsa	90	83	98	3	362
HU0171	Sarkad	108	96	120	5	365
HU0172	Sátoraljaújhely	113	102	126	5	365
HU0173	Sellye	110	95	127	8	365
HU0174	Szatmárcseke	100	90	132	4	364
HU0175	Szécsény	113	91	127	9	365
HU0176	Tamási	107	92	138	8	365
HU0177	Tiszaöldvár	114	103	121	3	365
HU0178	Vác	108	96	124	5	364

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0179	Váckisújfalu	105	97	115	4	365
HU0201	Bátaapáti - Zsibrik halastó	90	84	112	3	362
HU0202	Bátaapáti - Mórág	91	84	104	4	331
HU0203	Bátaapáti - Rozsdás útelágazás	103	94	131	6	359
HU0204	Bátaapáti - Vadászház	127	98	149	6	362
HU0211	Budapest BME	88	85	113	2	167
HU0212	Budapest ELTE	59	55	71	2	333
HU0213	Budapest SOTE	115	113	119	1	234
HU0214	Debrecen	95	90	104	2	360
HU0215	Gödöllő	94	91	103	2	356
HU0217	Pécs	85	83	88	1	132
HU0218	Sopron	94	92	102	1	230
HU0219	Szeged1 - Szilárdtest és Radiokémia Tanszék	100	98	102	1	26
HU0220	Szeged2 - Orvostudományi Kar	94	92	98	1	153
HU0221	Veszprém	76	73	86	2	101
HU0223	Szombathely	79	74	96	3	288
HU0301	Siklós	109	98	128	6	364
HU0302	Székesfehérvár	82	76	104	3	361
HU0303	Veszprém	80	76	165	6	342
HU0304	Tata	145	131	163	7	354
HU0305	Győr	81	77	93	2	198
HU0307	Várpalota	95	89	109	3	364
HU0310	Debrecen	84	79	102	3	333
HU0311	Táborfalva	83	78	94	2	356
HU0312	Hódmezővásárhely	99	92	111	3	364
HU0313	Szentendre	90	85	102	2	364
HU0316	Kaposvár	126	113	168	7	336
HU0322	Medina	97	90	111	3	363
HU0326	Jobbágyi	91	84	105	3	277
HU0328	Kecskemét	78	74	89	2	362
HU0329	Szentes	85	78	92	3	364
HU0330	Budapest X. ker. (HTEK VVR)	91	76	104	3	331
HU0331	Budapest XIII. ker. (HM II)	74	71	84	2	350
HU0332	Zalaegerszeg	101	95	119	3	361
HU0333	Miskolc	99	91	116	5	303
HU0335	Békéscsaba	98	87	108	3	135
HU0337	Pápa	88	82	115	4	363
HU0338	Szekszárd	138	131	154	4	336
HU0339	Budapest XI. ker. (Órezred)	97	89	110	5	364
HU0344	Budapest V. ker. HM I	82	79	104	2	247
HU0346	Budakeszi	97	89	113	3	364
HU0348	Pusztavacs	74	68	84	4	115
HU0349	Budapest XV. ker. HTEK (MH LEK 2. RB)	86	82	98	2	290
HU0350	Budapest II. ker. THHE	88	62	103	3	349
HU0351	Recsk	96	88	111	4	146
HU0355	Szolnok Repülőtér	99	83	117	8	313
HU0356	Kecskemét Repülőtér	77	71	92	3	348
HU0357	Pápa Repülőtér	125	125	125	-	1
HU0358	Szolnok Repülőtér 2	94	80	110	7	364
HU0387	Erdőbénye	98	84	117	7	348
HU0388	Telkibánya	113	89	135	7	361
HU0389	Buják	88	79	103	4	346
HU0391	Bánkút	95	84	111	4	269
HU0400	Mosonmagyaróvár	99	87	121	5	254
HU0401	Nyíregyháza Napkor	73	69	84	2	317
HU0402	Sopron	78	71	104	3	365

Állomáskód*	Település neve	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N
		nSv/h	nSv/h	nSv/h	nSv/h	
HU0403	Baja	81	76	91	2	245
HU0404	Békéscsaba	77	70	86	3	317
HU0405	Kékestető	90	80	108	4	365
HU0406	Budapest XVIII. ker. (Lőrinc)	85	79	96	2	298
HU0407	Győr	82	76	98	3	365
HU0408	Szentgotthárd Farkasfa	93	85	111	4	334
HU0409	Szeged	75	70	85	3	250
HU0410	Debrecen	94	85	108	4	276
HU0411	Miskolc	77	72	88	2	365
HU0412	Pécs / Pogány RK	109	101	122	5	180
HU0413	Jósvafő	77	70	95	3	365
HU0414	Szécsény	97	88	115	4	274
HU0415	Tát	90	82	103	3	245
HU0416	Tata	63	60	72	2	365
HU0417	Záhony	73	66	80	3	245
HU0418	Nagykanizsa	94	85	121	4	365
HU0419	Homokszentgyörgy	85	78	104	3	298
HU0420	Jászapáti	86	78	95	3	298
HU0421	Kelebia	74	71	85	2	275
HU0424	Pitvaros	95	86	107	4	245
HU0425	Sátoraljaújhely	96	84	106	4	245
HU0427	Tésa	86	78	101	3	365
HU0429	Csenger	99	89	114	5	298
HU0500	Paks A1	73	68	86	2	356
HU0501	Paks A2	72	66	88	2	361
HU0502	Paks A3	81	75	88	2	347
HU0503	Paks A4	79	73	96	3	353
HU0504	Paks A5	80	74	96	3	350
HU0505	Paks A6	74	0	90	2	348
HU0506	Paks A7	67	0	81	2	363
HU0507	Paks A8	82	77	95	2	360
HU0508	Paks A9	71	65	79	2	331
HU0509	Paks G1	70	66	85	2	365
HU0510	Paks G2	69	65	87	2	364
HU0511	Paks G3	71	66	89	3	365
HU0512	Paks G4	76	72	91	2	365
HU0513	Paks G5	71	67	84	2	358
HU0514	Paks G6	68	64	83	2	358
HU0515	Paks G7	81	76	96	3	358
HU0516	Paks G8	81	76	97	3	365
HU0517	Paks G9	84	78	99	3	365
HU0518	Paks G10	71	67	86	2	365
HU0519	Paks G11	71	67	84	2	365

* A tárgyévben a telepített mérőállomások közül hat nem szolgáltatott adatokat.

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



4-2. ábra

A napi dózisteljesítmények országos átlagainak, maximális és minimális értékeinek változása 2021-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-dózisegységenérték 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	66	128	5	242
Debrecen	133	100	190	15	103
Győr	104	85	113	6	51
Miskolc	127	114	158	11	48
Szeged	114	97	132	8	47
Szekszárd	114	95	135	7	46

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. 2021-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 2021-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	87,6	86 - 90	14	84,0	80 - 87	27	90,0	87 - 93	40	90,4	83 - 97
2	85,0	79 - 90	15	80,6	78 - 83	28	88,4	85 - 91	41	87,4	84 - 94
3	81,2	71 - 85	16	86,2	82 - 90	29	95,8	84 - 137	42	87,4	86 - 89
4	83,4	81 - 87	17	85,2	83 - 87	30	86,6	83 - 91	43	88,4	86 - 91
5	86,4	82 - 90	18	87,2	79 - 97	31	78,6	74 - 83	44	90,3	85 - 98
6	84,2	78 - 91	19	90,0	89 - 93	32	80,4	75 - 83	45	87,2	82 - 95
7	80,0	75 - 85	20	85,3	77 - 98	33	78,3	75 - 83	46	85,6	83 - 88
8	85,6	84 - 89	21	86,3	84 - 89	34	81,0	80 - 84	47	87,6	82 - 92
9	82,6	76 - 88	22	82,2	80 - 84	35	81,0	77 - 84	48	83,0	81 - 86
10	84,6	82 - 87	23	86,0	82 - 90	36	83,6	80 - 87	49	86,0	84 - 89
11	83,3	80 - 85	24	86,8	84 - 90	37	83,5	83 - 84	50	84,8	84 - 87
12	85,4	84 - 86	25	92,8	91 - 95	38	84,0	81 - 86	51	83,8	83 - 85
13	88,0	83 - 91	26	90,6	89 - 93	39	92,4	81 - 104	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 2021-ben végzett dózisteljesítmény mérései

Megye	Átlag, nSv/h	Minimum, nSv/h	Maximum, nSv/h	Szórás, nSv/h	N
BE	-	82	106	-	9
BK	74	45	90	4	11
BP	69	56	86	5,4	52
CS	-	58	105	-	9
GY	92	77	115	13	14
HE	95	80	107	9,5	10
JA	100	86	125	10	10
KO	92	72	110	12	14
NO	94	81	108	7,6	11
PE	100	80	125	11	19
TO	-	100	135	-	4
VA	96	63	152	28	41
VE	86	64	134	19	16

4.2 Levegőszűrők (aeroszol) mérési eredményei

A levegőbe került radionuklidok egy része a levegőben található, por alakú szennyezőkhöz kötődik, ezeket nevezzük aeroszoloknak. Az aeroszolok 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 aeroszolok koncentrációjának ismerete a lakosság sugárterhelésének szempontjából meghatározó, egyrészt a belégzésük okozta dózis miatt, másrészt a talajra, növényzetre való kihullásuk – így a táplálékláncba való bekerülésük – kiindulási adataként.

Országosnak mondható kiépítettséget az EüÁ-hoz tartozó ERMAH laboratóriumai 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. 2021-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 2021-ben 782 aeroszol mintát vettek. Az FmÁ NÉBIH Radioanalitikai Referencia Laboratóriuma 2021-ben 52 mintát vett.

A 4-4.táblázatban közöljük az ERMAH és NÉBIH laboratóriumok aeroszol mérési eredményeit jellemző éves átlagokat, minimum és maximum értékeket, szórásokat, továbbá az éves mintaszámot és a kimutatási határ alatti eredmények számát; valamint az országos, összesített értékeket is. A táblázatból láthatóan a ¹³⁷Cs koncentrációi a kimutatási határ (kh)

felett is megjelentek, a 0,0030 mBq/m³-es értékig. Az aeroszolban mérhető természetes eredetű ⁷Be radionuklid koncentrációjának szokásos értéktartománya 0,27-19 mBq/m³ közötti. Az aeroszol-szűrők legalább 72 órás pihentetés után mért összes béta-aktivitásai jellemzően 0,1-20 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.

4-3. táblázat
Országos aeroszol mérési eredmények éves jellemzői 2021-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	6,6	1,1	18	3,9	101	0
Be-7	BZ	-	2,4	4,3	-	6	0
Be-7	GY	3,7	0,27	19	2,9	38	9
Be-7	TO	4,6	1,4	11	2,3	49	0
Cs-137	BP	0,0017	0,00034	0,0030	0,00065	101	76
Cs-137	BZ	-	0,0019	0,0029	-	7	0
Cs-137	GY	-	-	-	-	36	37
Cs-137	TO	-	-	-	-	49	49
Összes-béta	BK	-	-	2,7	-	12	11
Összes-béta	BP	0,92	0,85	2,9	0,45	182	105
Összes-béta	CS	3,0	1,7	20	3,5	47	0
Összes-béta	HA	0,26	0,10	0,80	0,16	51	2
Összes-béta	TO	1,4	0,23	3,4	0,71	324	214
Be-7	Összesen	5,4	0,27	19	-	194	9
Cs-137	Összesen	0,0013	0,00034	0,0030	-	193	162
Összes-béta	Összesen	1,3	0,10	20	-	616	332

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).

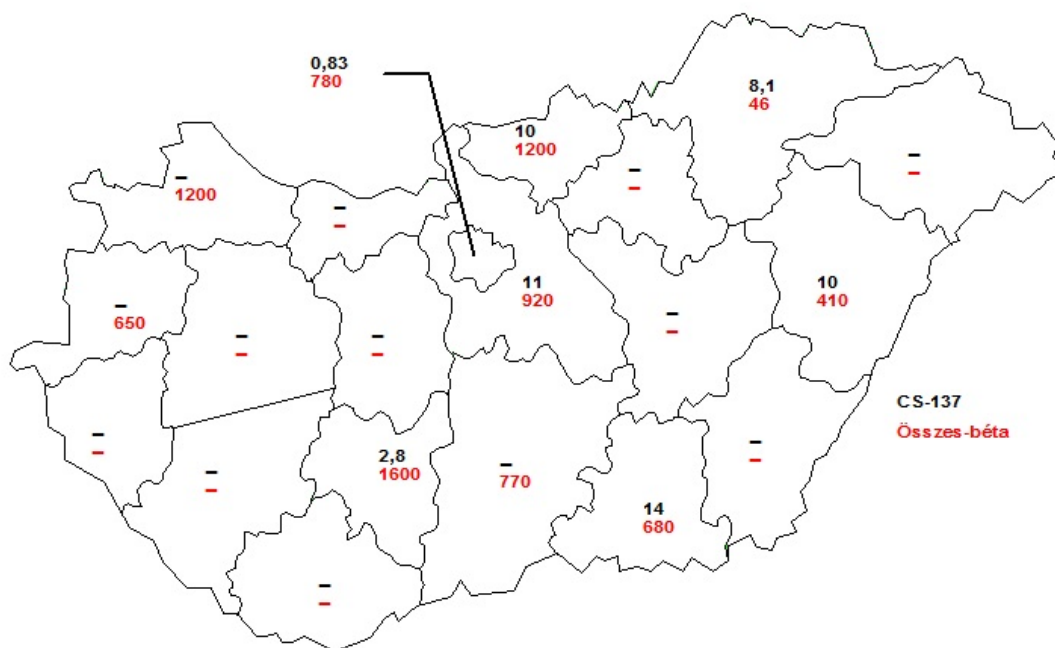
Az ERMAH a kihullást a központi és a 6 regionális laboratóriumában, összesen 9 megyében és a fővárosban mintázza és méri (4-3 ábra).

4-4. táblázat
Kihullás mérési eredmények országos, éves jellemzői 2021-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	2500	490	6100	1600	12	0
Be-7	BP	1100	59	4400	1100	25	1
Be-7	CS	-	620	1200	-	4	0
Be-7	HA	1500	220	4600	1200	11	0
Be-7	NO	3100	280	8100	2000	16	0
Be-7	PE	-	570	6300	-	8	0
Be-7	TO	2400	94	9700	2000	56	1
Be-7	VA	1400	190	4200	1100	12	0
Cs-137	BK	-	-	-	-	12	12
Cs-137	BP	-	0,80	0,83	-	25	23
Cs-137	BZ	-	7,4	8,1	-	3	0
Cs-137	CS	-	0,033	14	-	5	0
Cs-137	GY	-	-	-	-	10	10
Cs-137	HA	6,2	0,64	10	2,3	11	0
Cs-137	NO	-	4,0	10	-	16	12
Cs-137	PE	-	5,0	11	-	8	6
Cs-137	TO	-	-	2,8	-	57	56
Cs-137	VA	-	-	-	-	12	12
Összes-béta	BK	310	27	770	250	12	0
Összes-béta	BP	180	30	780	150	24	0
Összes-béta	BZ	-	39	46	-	3	0
Összes-béta	CS	440	120	1600	470	12	0
Összes-béta	GY	140	9,3	1200	200	43	1
Összes-béta	HA	230	120	410	98	11	0
Összes-béta	NO	460	110	1200	300	16	0
Összes-béta	PE	-	140	920	-	8	0
Összes-béta	TO	390	13	1600	370	57	0
Összes-béta	VA	300	150	650	150	11	0
Be-7	Összesen	2100	59	9700	-	144	2
Cs-137	Összesen	4,1	0,033	14	-	159	131
Összes-béta	Összesen	290	9,3	1600	-	197	1

Az ERMAH laboratóriumok kihullásra vonatkozó mintavételi gyakoriságait és vizsgálati jellemzőit az éves munkaterv írja elő. Az EüÁ ERMAH programja keretében 2021-ben 197 fall-out mintát vett. 2021-ben a NÉBIH laboratóriumai 37 fall-out mintát vettek.

A 2021-ben, az egyes mintavételi pontokra kapott eredményeket a 4-5. táblázatban foglaltuk össze. A kihullás összes béta-aktivitásainak átlagos értékei az egyes régiókban eltérőek, de az országos átlag nagyságrendileg egyezik a 2021 évvel. A Cs-137 aktivitása, a minták 90%-ában kimutatási határ alatti volt.



4-3. ábra

Kihullás éves maximumainak országos eloszlása 2021-ben
(EüÁ és FmÁ, mBq/m²/nap mértékegységben)

Megj: 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. 2021-ben 19 megye és Budapest területéről, 200 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 2021-ben összesen 248 talajminta vizsgálatát végezték el.

Az ERMAH és az FmÁ NÉBIH laboratóriumok országos mérési eredményeit a 4-4. ábrán mutatjuk be. 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. táblázatban foglaltuk össze.

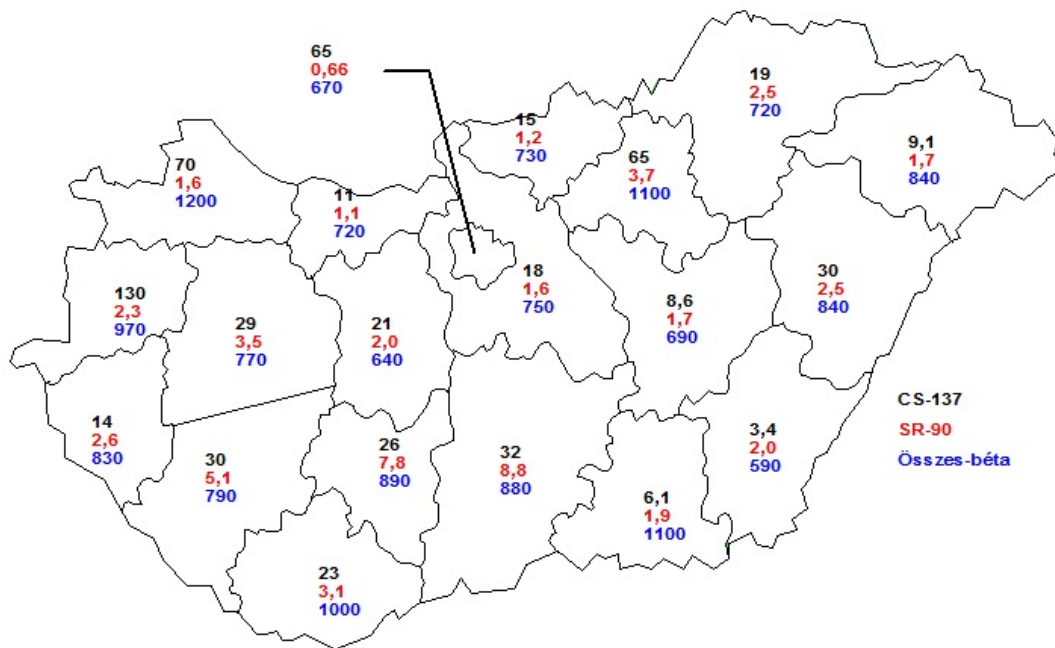
A csernobili kihullásból és a légköri atomfegyver kísérletekből származó ^{137}Cs izotóp aktivitás-koncentrációja még mindig jól mérhető. Megyéenkénti átlagai a 2020. évihez hasonlóak voltak, értéktartománya 3,8-18 Bq/kg, az egyedi eredmények maximuma a 130 Bq/kg volt, mely alacsonyabb a tavalyi értéknél. A ^{90}Sr izotóp koncentrációinak értékei ennél kisebbek, 1,4-2,1 Bq/kg közöttiek voltak. Az összesbéta aktivitás-koncentrációk nagyobbak (600-830 Bq/kg), azonban ez az aktivitás túlnyomórészt a természetes ^{40}K izotóptól származik.

A talaj ^{137}Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 9,7 Bq/kg, a ^{90}Sr izotópé ennél kisebb, 1,7 Bq/kg, a döntően természetes eredetű összes béta-aktivitása pedig 710 Bq/kg volt 2021-ben. Ezek az eredmények nem térnek el lényegesen, a 2020. éviéktől.

4-5. 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	7,5	1,8	23	5,6	19	0
Cs-137	BE	-	1,2	3,4	-	3	0
Cs-137	BK	4,8	0,75	32	5,5	62	13
Cs-137	BP	-	20	65	-	5	0
Cs-137	BZ	-	3,1	19	-	9	2
Cs-137	CS	3,8	2,4	6,1	1,2	11	0
Cs-137	FE	8,8	2,3	21	5,8	12	0
Cs-137	GY	21	5,3	70	13	43	0
Cs-137	HA	6,9	0,79	30	8,2	11	0
Cs-137	HE	14	4,3	65	15	21	0
Cs-137	JA	-	0,56	8,6	-	5	1
Cs-137	KO	-	1,8	11	-	8	0
Cs-137	NO	-	3,6	15	-	6	0
Cs-137	PE	8,0	2,6	18	4,5	12	0
Cs-137	SO	13	2,0	30	8,5	14	0
Cs-137	SZ	-	3,6	9,1	-	5	0
Cs-137	TO	6,3	0,33	26	6,1	126	12
Cs-137	VA	18	4,8	130	28	22	0
Cs-137	VE	-	3,2	29	-	8	0
Cs-137	ZA	9,5	6,0	14	2,2	13	0
Sr-90	BA	1,8	1,2	3,1	0,60	13	1
Sr-90	BE	-	-	2,0	-	1	0
Sr-90	BK	2,7	0,29	8,8	2,6	21	0
Sr-90	BP	-	-	0,66	-	1	0
Sr-90	BZ	-	1,3	2,5	-	4	1
Sr-90	CS	-	0,72	1,9	-	8	0
Sr-90	FE	-	0,56	2,0	-	5	0
Sr-90	GY	-	0,71	1,6	-	8	0
Sr-90	HA	-	0,24	2,5	-	4	1
Sr-90	HE	1,4	0,83	3,7	0,84	17	0
Sr-90	JA	-	1,1	1,7	-	2	0
Sr-90	KO	-	-	1,2	-	1	0
Sr-90	NO	-	-	1,2	-	2	1
Sr-90	PE	-	0,73	1,6	-	5	0
Sr-90	SO	-	0,73	5,1	-	5	1
Sr-90	SZ	-	-	1,7	-	1	0
Sr-90	TO	2,1	0,42	7,8	2,1	15	1
Sr-90	VA	1,5	0,55	2,3	0,50	15	0
Sr-90	VE	-	0,60	3,6	-	3	0
Sr-90	ZA	1,6	0,58	2,6	0,63	10	0
Összes-béta	BA	810	580	1000	130	17	0
Összes-béta	BE	-	-	590	-	1	0
Összes-béta	BK	610	300	880	200	22	0
Összes-béta	BP	-	390	670	-	5	0
Összes-béta	BZ	-	560	720	-	7	0
Összes-béta	CS	-	260	1100	-	8	0
Összes-béta	FE	-	430	640	-	8	0
Összes-béta	GY	920	670	1200	210	10	0
Összes-béta	HA	-	340	840	-	7	0
Összes-béta	HE	770	640	1100	120	19	0
Összes-béta	JA	-	660	690	-	2	0
Összes-béta	KO	-	540	720	-	5	0
Összes-béta	NO	-	570	730	-	4	0
Összes-béta	PE	660	480	750	94	11	0

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Összes-béta	SO	600	320	790	170	10	0
Összes-béta	SZ	-	-	840	-	1	0
Összes-béta	TO	690	440	890	140	16	0
Összes-béta	VA	830	670	970	84	18	0
Összes-béta	VE	-	630	770	-	5	0
Összes-béta	ZA	720	540	830	94	10	0
Cs-137	Összesen	9,7	0,33	130	-	415	28
Sr-90	Összesen	1,7	0,24	8,8	-	141	6
Összes-béta	Összesen	710	260	1200	-	186	0



4-4. ábra
 Talajmérési eredmények éves maximumainak országos eloszlása 2021-ben
 (EüÁ és FmÁ, Bq/kg mértékegységben)
 Megj: A "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény)

4.5 Felszíni vizek monitoringja

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

A Környezetvédelmi 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). 2021-ben mérési programjaik keretében 317 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 2021-ben összesen 573 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. 2021-ben 32 ilyen mintát vettek.

A 2021. évben kapott mérési eredményeket a 4-7. táblázatban foglaltuk össze. A Dunában található mesterséges – csernobili eredetű – radionuklidok koncentrációja alacsony, általában 0,026-13 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.

4-6. 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	Hármas Körös	-	0,026	1,0	-	5	0

Radionuklid	Víz neve	Átlag mBq/l	Minimum mBq/l	Maximum mBq/l	Szórás mBq/l	N	Kha
Cs-137	Holt Duna-ág	-	-	-	-	6	6
Cs-137	Holt Tisza	-	11	18	-	4	0
Cs-137	Horgásztó	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Horgász-tó	-	-	0,014	-	1	0
Cs-137	Kapos	-	-	2,3	-	14	13
Cs-137	Kondor tó	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Körös/Fehér-körös	-	-	6,0	-	1	0
Cs-137	Laskóvölgyi víztározó	-	-	12	-	1	0
Cs-137	Maros	-	1,0	1,0	-	3	0
Cs-137	Orfűi tó	-	3,8	6,4	-	4	2
Cs-137	Palotási víztározó	-	-	11	-	1	0
Cs-137	Pécsi-víz	-	-	1,8	-	11	10
Cs-137	Rába	-	-	-	-	4	4
Cs-137	Sárközi I.	-	-	-	-	1	1
Cs-137	Sárközi II.	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Sárvár tó	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Séd patak	-	-	-	-	2	2
Cs-137	Sóstó	-	11	11	-	2	0
Cs-137	Szelidi tó	-	-	-	-	8	8
Cs-137	Szinva folyó	-	-	3,7	-	1	0
Cs-137	Tisza	-	1,0	1,0	-	3	0
Cs-137	Vekeri tó	-	8,3	18	-	4	0
Cs-137	Zagyva	-	-	4,8	-	1	0
Cs-137	Zala	-	-	-	-	2	2
H-3	Börzsöny patak	-	-	3000	-	2	1
H-3	Duna	2400	900	7300	990	166	97
H-3	Horgásztó	-	-	-	-	2	2
H-3	Kemence patak	-	-	-	-	2	2
H-3	Letskés patak	-	-	-	-	2	2
H-3	Szelidi tó	-	2000	3500	-	12	7
Sr-90	Duna	4,3	1,2	13	3,1	31	17
Sr-90	Holt Duna-ág	-	4,6	7,9	-	4	0
Sr-90	Kondor tó	-	4,8	11	-	4	1
Sr-90	Szelidi tó	-	4,4	9,5	-	4	0
Össz-béta	Által ér	140	60	390	90	11	0
Össz-béta	Balaton	300	100	520	100	28	0
Össz-béta	Bátaapáti patak	210	120	490	100	12	0
Össz-béta	Bódva	180	120	260	37	12	0
Össz-béta	Börzsöny patak	-	160	170	-	2	0
Össz-béta	Cseke tó	-	120	260	-	4	0
Össz-béta	Deseda tó	-	110	150	-	4	0
Össz-béta	Dráva	110	81	140	17	12	0
Össz-béta	Duna	130	10	440	50	219	0
Össz-béta	DVCS	-	-	150	-	1	0
Össz-béta	Eger patak	-	220	330	-	6	0
Össz-béta	Fehér tó	-	80	430	-	4	0
Össz-béta	Fertő tó	-	80	410	-	4	0
Össz-béta	Godafoki csat.	-	-	130	-	1	0
Össz-béta	Halas-tó	-	130	180	-	4	0
Össz-béta	Hámori tó	-	49	53	-	2	0
Össz-béta	Hármas Körös	190	90	280	45	12	0
Össz-béta	Hármas-Körös	150	100	190	31	12	1

Radionuklid	Víz neve	Átlag mBq/l	Minimum mBq/l	Maximum mBq/l	Szórás mBq/l	N	Kha
Össz-béta	Hernád	180	110	260	44	12	0
Össz-béta	Holt Duna-ág	190	110	240	39	12	0
Össz-béta	Holt Tisza	-	200	250	-	4	0
Össz-béta	Horgásztó	-	100	120	-	4	0
Össz-béta	Horgász-tó	-	180	200	-	4	0
Össz-béta	Kapos	390	170	1100	250	24	0
Össz-béta	Keleti Főcsatorna	-	100	180	-	8	0
Össz-béta	Kemence patak	-	94	120	-	2	0
Össz-béta	Kondor tó	130	83	170	30	12	0
Össz-béta	Körös/Fehér-körös	290	160	500	140	11	0
Össz-béta	Lajta	94	10	230	82	12	0
Össz-béta	Lapincs	88	20	290	82	12	0
Össz-béta	Laskóvölgyi víztározó	-	390	440	-	2	0
Össz-béta	Letkés patak	-	260	270	-	2	0
Össz-béta	Maros	230	130	400	64	23	0
Össz-béta	Nádor-csatorna	420	310	640	92	12	0
Össz-béta	Orfűi tó	-	84	120	-	4	0
Össz-béta	Palotási víztározó	-	610	660	-	2	0
Össz-béta	Pinka	67	20	120	30	12	0
Össz-béta	Rába	81	20	220	50	36	0
Össz-béta	Sajó	170	120	240	40	12	0
Össz-béta	Sárközi I.	-	-	150	-	1	0
Össz-béta	Sárközi II.	-	130	140	-	2	0
Össz-béta	Sárvár tó	-	40	160	-	4	0
Össz-béta	Séd patak	45	20	80	20	12	0
Össz-béta	Sió	420	310	570	75	12	0
Össz-béta	Sóstó	-	150	210	-	2	0
Össz-béta	Szamos	-	-	460	-	1	0
Össz-béta	Szelidi tó	210	130	380	65	25	0
Össz-béta	Szinva folyó	-	83	150	-	6	0
Össz-béta	Tisza	170	90	300	45	64	3
Össz-béta	Vártó	-	180	230	-	3	0
Össz-béta	Vekeri tó	-	110	190	-	4	0
Össz-béta	Velencei-tó	2300	1600	3100	540	10	0
Össz-béta	Zagyva	-	370	470	-	6	0
Össz-béta	Zala	65	30	110	23	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 2021-ben összesen 471 vízminta vizsgálatát végezték el.

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumai is végeznek ivóvíz – elsősorban élelmiszer előállításához használt saját kútból származó ivóvíz – méréseket. 2021-ben összesen 34 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. táblázatban foglaltuk össze.

Az összes béta-aktivitások átlagai a 0,1 Bq/l érték körüliek, azonban így is jóval az Egészségügyi Világszervezet által ajánlott szint (1 Bq/l) alatt maradtak. Az ivóvíz trícium aktivitás-koncentrációi két jellemző csoportba sorolhatók. A felszíni víz eredetű ivóvizeknél az átlagérték hasonló a felszíni vizekéhez, 1-2 Bq/l nagyságú. A mélységi ivóvizek (karszt, artézi) trícium koncentrációi viszont legfeljebb a néhány tized Bq/l értéket érik el.

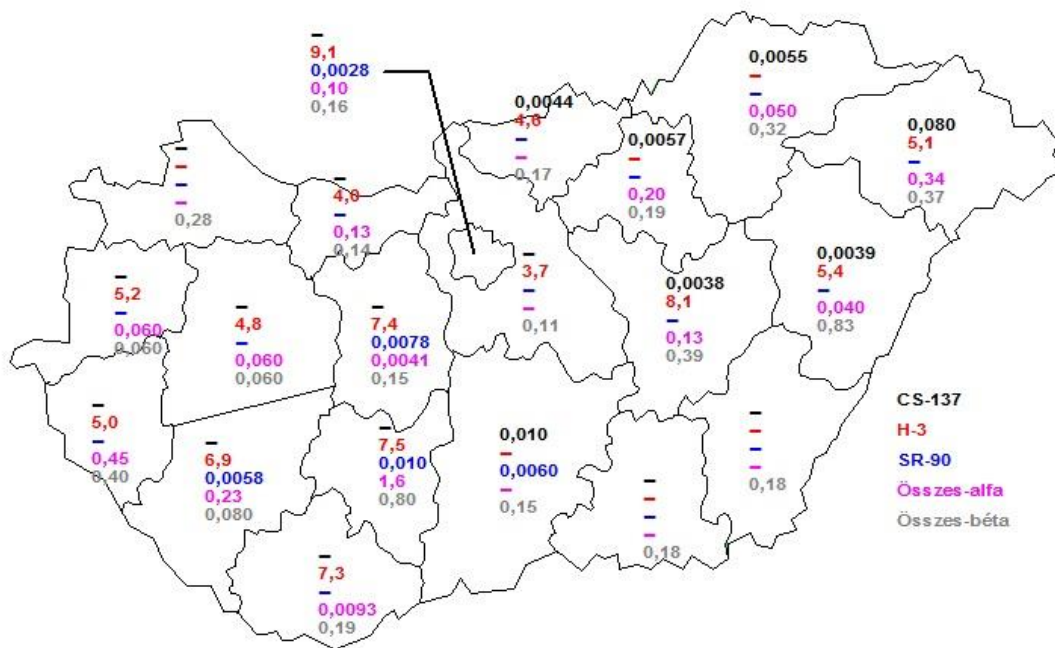
Az ivóvíz ^3H aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 2,9 Bq/l. A legnagyobb érték (9,1 Bq/l) is jóval kisebb, mint az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X.25.) Korm. rendeletben az európai uniós ajánlás alapján megadott indikátor paraméter (100 Bq/l). A ^{90}Sr koncentrációi 0,0013-0,011 Bq/l között vannak, az összes béta-aktivitások átlaga 0,099 Bq/l, az összes alfa-aktivitások átlaga 0,077 Bq/l, míg a ^{137}Cs koncentrációi javarészt kimutatási határ alattiak, értékeik a 0,0024 és 0,088 Bq/l között találhatók.

4-7. 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	-	-	-	-	4	4
Cs-137	BK	-	-	0,018	-	5	4
Cs-137	BP	-	-	-	-	14	14
Cs-137	BZ	-	-	0,0055	-	3	2
Cs-137	FE	-	-	-	-	4	4
Cs-137	GY	-	-	-	-	2	2
Cs-137	HA	-	0,0024	0,0039	-	7	2
Cs-137	HE	-	-	0,0057	-	1	0
Cs-137	JA	-	-	0,0038	-	3	2
Cs-137	KO	-	-	-	-	4	4
Cs-137	NO	-	-	0,0044	-	1	0
Cs-137	SO	-	-	-	-	6	6
Cs-137	SZ	-	0,0036	0,088	-	7	1
Cs-137	TO	-	-	-	-	20	20
Cs-137	VA	-	-	-	-	5	5

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kha
Cs-137	VE	-	-	-	-	4	4
Cs-137	ZA	-	-	-	-	7	7
H-3	BA	-	5,5	7,3	-	5	3
H-3	BE	-	-	-	-	2	2
H-3	BK	-	-	-	-	2	2
H-3	BP	-	2,9	9,1	-	12	5
H-3	BZ	-	-	-	-	1	1
H-3	FE	-	4,6	7,4	-	4	2
H-3	GY	-	-	-	-	3	3
H-3	HA	-	2,0	5,4	-	6	2
H-3	HE	-	-	-	-	1	1
H-3	JA	-	2,0	8,1	-	6	1
H-3	KO	-	2,0	4,0	-	6	2
H-3	NO	-	-	4,6	-	2	1
H-3	PE	-	-	3,7	-	2	1
H-3	SO	-	0,92	6,9	-	6	3
H-3	SZ	-	2,0	5,1	-	6	2
H-3	TO	-	3,4	7,5	-	25	20
H-3	VA	-	2,8	5,2	-	5	3
H-3	VE	-	3,0	4,8	-	4	2
H-3	ZA	-	-	5,0	-	7	6
Sr-90	BA	-	-	-	-	4	4
Sr-90	BK	-	0,0051	0,0060	-	4	1
Sr-90	BP	0,0022	0,0013	0,0028	0,00049	11	0
Sr-90	FE	-	-	0,0078	-	4	3
Sr-90	GY	-	-	-	-	2	2
Sr-90	JA	-	-	-	-	2	2
Sr-90	KO	-	-	-	-	4	4
Sr-90	SO	-	-	0,0058	-	4	3
Sr-90	TO	0,0064	0,0047	0,011	0,0021	19	7
Sr-90	VA	-	-	-	-	4	4
Sr-90	VE	-	-	-	-	4	4
Sr-90	ZA	-	-	-	-	4	4
Összes-alfa	BA	-	0,0040	0,0093	-	5	3
Összes-alfa	BE	-	-	-	-	1	1
Összes-alfa	BP	0,056	0,023	0,11	0,020	24	3
Összes-alfa	BZ	-	-	0,050	-	2	1
Összes-alfa	FE	-	-	0,0041	-	4	3
Összes-alfa	GY	-	-	-	-	3	3
Összes-alfa	HA	-	0,0030	0,044	-	5	2
Összes-alfa	HE	-	-	0,21	-	1	0
Összes-alfa	JA	-	0,00010	0,13	-	5	1
Összes-alfa	KO	-	0,078	0,13	-	4	1
Összes-alfa	SO	-	0,090	0,23	-	6	4
Összes-alfa	SZ	-	0,00010	0,34	-	6	2
Összes-alfa	TO	-	-	1,6	-	5	4
Összes-alfa	VA	-	0,041	0,060	-	5	1
Összes-alfa	VE	-	0,040	0,065	-	4	1
Összes-alfa	ZA	-	0,089	0,45	-	6	1
Összes-béta	BA	-	0,090	0,19	-	9	1
Összes-béta	BE	-	0,040	0,18	-	5	0
Összes-béta	BK	0,087	0,056	0,15	0,023	16	0
Összes-béta	BP	0,12	0,098	0,16	0,016	24	0
Összes-béta	BZ	-	0,026	0,33	-	4	0
Összes-béta	CS	-	0,083	0,18	-	4	0
Összes-béta	FE	-	0,079	0,16	-	8	0
Összes-béta	GY	0,072	0,010	0,28	0,045	40	0

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/l	Mínimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kha
Összes-béta	HA	0,13	0,027	0,84	0,19	17	0
Összes-béta	HE	-	0,15	0,20	-	3	0
Összes-béta	JA	0,10	0,025	0,39	0,085	19	0
Összes-béta	KO	0,065	0,020	0,14	0,042	10	0
Összes-béta	NO	-	0,067	0,18	-	4	0
Összes-béta	PE	-	0,12	0,12	-	2	0
Összes-béta	SO	-	0,041	0,084	-	10	2
Összes-béta	SZ	0,12	0,027	0,37	0,077	18	1
Összes-béta	TO	0,10	0,044	0,80	0,098	61	0
Összes-béta	VA	-	0,020	0,067	-	8	0
Összes-béta	VE	-	0,030	0,060	-	6	0
Összes-béta	ZA	-	0,020	0,40	-	10	2
Cs-137	Összesen	0,0053	0,0024	0,088	-	97	81
H-3	Összesen	2,9	0,92	9,1	-	105	62
Sr-90	Összesen	0,0050	0,0013	0,011	-	66	38
Összes-alfa	Összesen	0,077	0,00010	1,6	-	86	31
Összes-béta	Összesen	0,099	0,010	0,84	-	278	6



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

Megj: 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 2021-ben kapott eredményeket a 4-9. táblázatban foglaltuk össze. Az EüÁ ERMAH mérési programjában a decentrumok megyéiben negyedévenkénti mintavétel szerepel. Az EüÁ ERMAH egyéb mintavételi programjai keretében, 2021-ben összesen 31 mintán végeztek méréseket. Az FmÁ NÉBIH laboratóriumai is végeznek palackozottvíz-méréseket. 2021-ben összesen 14 vízminta részletes radioanalitikai vizsgálatát (gamma-sugárzó izotópok, trícium, összes-alfa, összes-béta, urán izotópok, Po-210) végezték el.

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

4-8. táblázat
Palackozott víz mérési eredmények jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye*	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	N	Kha
Cs-137	BP	-	-	2	2
Cs-137	BZ	-	0,0043	2	1
Cs-137	CS	-	0,014	1	0
Cs-137	FE	-	-	1	1
Cs-137	GY	-	-	2	2
Cs-137	HA	0,012	0,025	5	1
Cs-137	PE	-	-	2	2
Cs-137	TO	-	-	2	2
Cs-137	VE	-	-	1	1
Cs-137	ZA	-	-	1	1
H-3	BK	-	1,0	1	0
H-3	BZ	-	-	1	1
H-3	HA	-	-	1	1
H-3	PE	-	-	2	2
H-3	VE	-	-	1	1
Összes-alfa	BK	-	-	1	1
Összes-alfa	BZ	-	0,12	1	0
Összes-alfa	HA	-	-	1	1
Összes-alfa	PE	0,055	0,66	2	0
Összes-alfa	VE	-	-	1	1
Összes-alfa	ZA	-	0,45	1	0
Összes-béta	BK	-	0,065	1	0
Összes-béta	BP	0,068	0,55	4	2
Összes-béta	BZ	0,043	0,37	3	0
Összes-béta	CS	0,080	0,098	4	0
Összes-béta	GY	0,020	0,060	4	0
Összes-béta	HA	0,071	0,22	5	0
Összes-béta	PE	0,047	0,49	2	0
Összes-béta	TO	0,17	0,24	4	0
Összes-béta	VE	-	0,44	1	0
Összes-béta	ZA	-	-	1	1
Cs-137	Összesen	0,0043	0,025	19	13
H-3	Összesen	-	1,0	6	5
Összes-alfa	Összesen	0,055	0,66	7	3
Összes-béta	Összesen	0,020	0,55	29	3

* Általában a vásárlás helyét jelenti

4.7 Növényzet

A táplálékláncon 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.

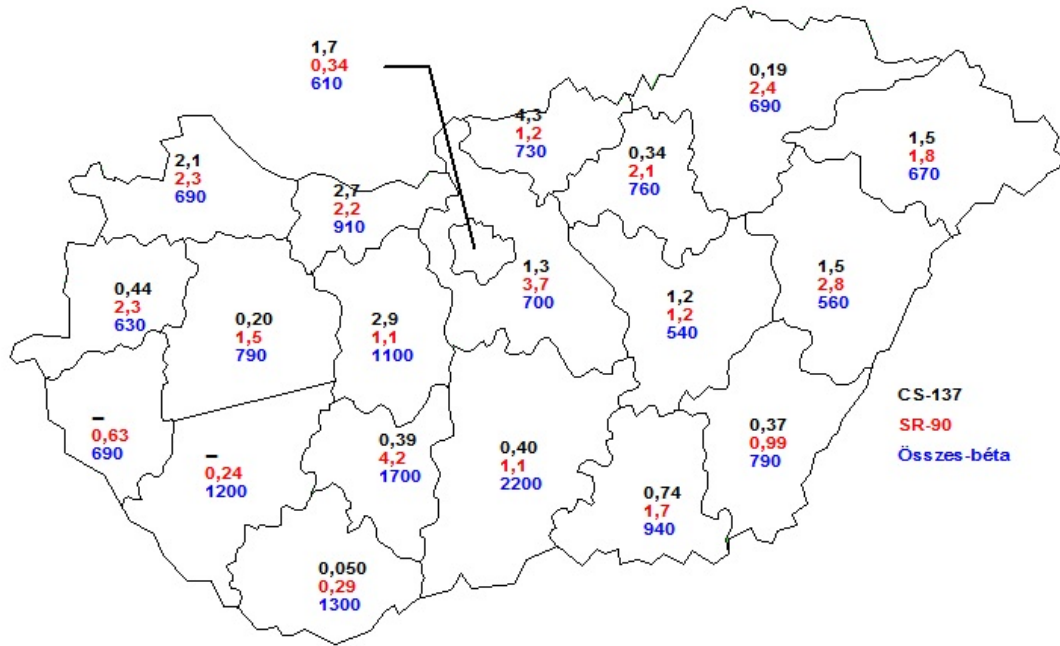
4.7.1 Takarmány

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. 2021-ben a 19 megye és Budapest területéről 463 takarmányminta vizsgálatát végezték

Az ERMAH laboratóriumok negyedévente, megyénként vesznek fű, illetve szénamintát. Az EüÁ ERMAH 2021-ben összesen 107 minta vizsgálatát végezték el.

A takarmánynövények ^{137}Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 0,34 Bq/kg, ami idén is alacsonyabb, mint a ^{90}Sr szokásos 0,51 Bq/kg értéke. A takarmánymintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit, a 4-10. táblázatban és a 4-6. ábrán foglaltuk össze. 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 radionukliból 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)

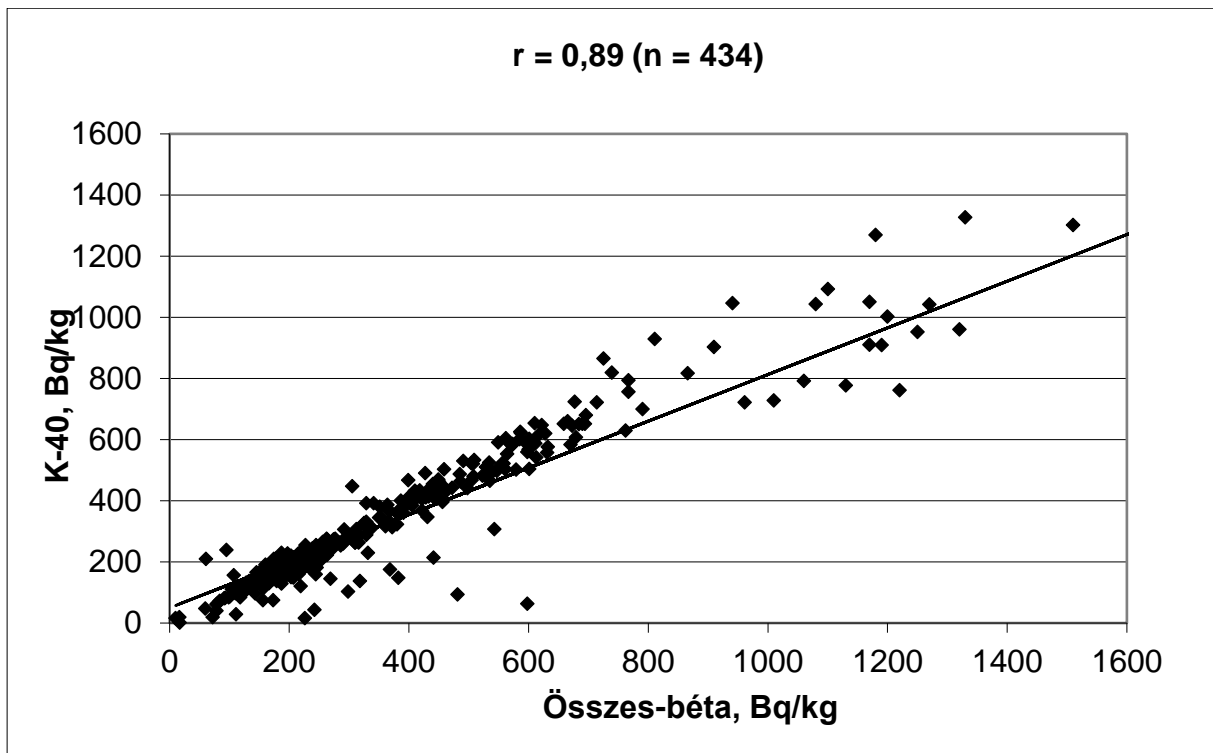
Megj: A "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény)

4-9. 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	-	-	0,050	-	20	19
Cs-137	BE	-	0,0010	0,38	-	14	12
Cs-137	BK	-	0,0010	0,40	-	45	37
Cs-137	BP	-	0,14	1,7	-	57	48
Cs-137	BZ	-	0,14	0,19	-	15	13
Cs-137	CS	-	0,0010	0,74	-	23	19
Cs-137	FE	-	0,029	2,9	-	13	8
Cs-137	GY	13	0,060	2,1	87	46	25
Cs-137	HA	-	0,60	1,5	-	19	15
Cs-137	HE	-	0,052	0,34	-	13	8
Cs-137	JA	-	0,56	1,2	-	22	18
Cs-137	KO	-	0,049	2,7	-	46	38
Cs-137	NO	-	0,035	4,3	-	19	11
Cs-137	PE	-	0,050	1,3	-	38	30
Cs-137	SO	-	-	-	-	12	12
Cs-137	SZ	-	0,39	1,5	-	21	17
Cs-137	TO	0,22	0,043	0,39	0,17	60	48
Cs-137	VA	-	0,030	0,44	-	19	11
Cs-137	VE	-	0,14	0,20	-	18	16
Cs-137	ZA	-	-	-	-	15	15
Sr-90	BA	-	0,040	0,29	-	16	11
Sr-90	BE	-	0,15	1,0	-	11	2
Sr-90	BK	0,31	0,094	1,1	0,21	35	13
Sr-90	BP	-	0,21	0,34	-	2	0
Sr-90	BZ	0,60	0,18	2,4	0,63	13	3
Sr-90	CS	0,44	0,14	1,7	0,44	16	5

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Sr-90	FE	0,60	0,13	1,1	0,30	14	0
Sr-90	GY	0,51	0,15	2,3	0,52	16	1
Sr-90	HA	0,65	0,14	2,8	0,72	15	2
Sr-90	HE	0,54	0,083	2,1	0,62	12	0
Sr-90	JA	-	0,11	1,2	-	14	6
Sr-90	KO	0,43	0,090	2,2	0,56	29	6
Sr-90	NO	0,47	0,11	1,2	0,28	15	0
Sr-90	PE	0,77	0,16	3,7	0,82	33	1
Sr-90	SO	-	-	0,24	-	3	2
Sr-90	SZ	0,75	0,25	1,8	0,50	16	2
Sr-90	TO	0,73	0,088	4,2	0,79	35	5
Sr-90	VA	0,52	0,10	2,3	0,58	15	0
Sr-90	VE	0,56	0,090	1,5	0,45	15	1
Sr-90	ZA	-	0,38	0,63	-	11	9
Összes-béta	BA	350	60	1300	420	20	0
Összes-béta	BE	280	150	790	180	15	0
Összes-béta	BK	260	10	2200	310	48	0
Összes-béta	BP	-	160	610	-	7	0
Összes-béta	BZ	360	120	690	190	15	0
Összes-béta	CS	300	84	940	220	23	0
Összes-béta	FE	420	110	1100	340	17	0
Összes-béta	GY	420	47	690	180	47	2
Összes-béta	HA	260	110	560	130	19	0
Összes-béta	HE	330	130	760	210	14	0
Összes-béta	JA	240	120	540	110	22	0
Összes-béta	KO	340	17	910	220	44	2
Összes-béta	NO	350	140	730	170	19	0
Összes-béta	PE	340	110	700	160	38	0
Összes-béta	SO	580	100	1200	450	12	0
Összes-béta	SZ	320	150	670	140	21	0
Összes-béta	TO	480	110	1700	380	59	0
Összes-béta	VA	270	91	630	180	18	0
Összes-béta	VE	350	120	790	230	18	0
Összes-béta	ZA	240	180	690	130	15	0
Cs-137	Összesen	0,34	0,0010	4,3	-	535	420
Sr-90	Összesen	0,51	0,040	4,2	-	336	69
Összes-béta	Összesen	350	10	2200	-	491	4

2021-ben a mintákban mérhető összesbéta-aktivitás átlagosan 350 Bq/kg volt, mely döntően természetes eredetű. Ennek igazolására a 4-7. ábrán szemléltetjük a takarmánymintákban mért összes béta és ⁴⁰K izotóp aktivitás-koncentrációk közötti korrelációt. Az ábrából látható, hogy a takarmánynövényeknél az összes béta-aktivitás közel 89%-ban a ⁴⁰K radionukliddól származik.



4-7. ábra

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

4.7.2 Növényi eredetű, nyers élelmiszer

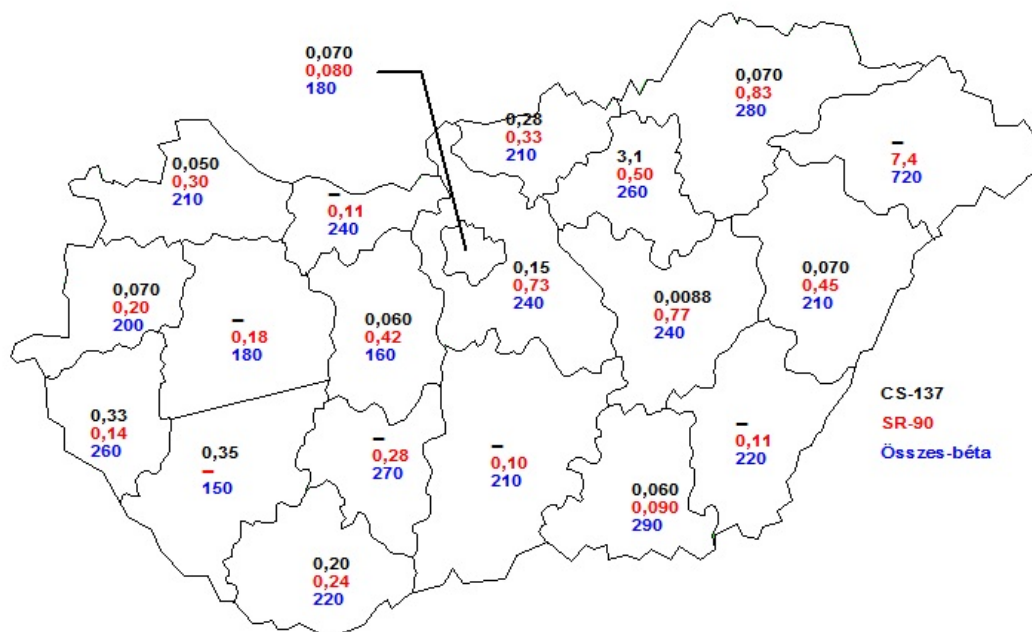
A mintáknak ebbe a csoportjába tartoznak mindazon haszonnövények, – elsősorban a zöldségfélék – amelyek közvetlenül, vagy kismértékű előkészítés (mosás, tisztítás) után fogyasztásra kerülnek. A zöldség- és gyümölcsfélék aktivitás-koncentrációit az irodalomban leggyakrabban az ún. nyers tömegről vonatkoztatják.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

Az FmÁ NÉBIH mérési programja, a teljes országot lefedő nuklidszelektív mérési eredményeket szolgáltatva. Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak mintavételi programjában zöldségfélék, gyümölcsök, illetve szabadban termő gombák is szerepelnek. 2021-ben a 19 megye és Budapest területéről 723 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. 2021-ben 429 ilyen típusú mintát vettek (ezen utóbbi adatok – az eltérő érzékenységre mérési módszer miatt – az ábrán és a táblázatban nem szerepelnek).

Az ERMAH laboratóriumok mintavételi programja decentrum régióként és negyedévenként 2-2 zöldségfajtát, valamint az első és negyedik negyedévben 1-1, a második és harmadik negyedévben 2-2 gyümölcsfajtát tartalmaz. Az EüÁ ERMAH és egyéb mérési programjai keretében 2021-ben összesen 104 zöldség és gyümölcs minta vizsgálatát végezték el.

A növényi eredetű, nyers élelmiszermintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit az 4-11. táblázatban és a 4.8. ábrán foglaltuk össze. 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 0,06 Bq/kg, a ^{90}Sr nuklidé pedig 0,25 Bq/kg.



4-8. ábra

Nyers, növényi eredetű élelmiszer 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. A gombaminták mérési eredményeit az ábrán nem tüntettük fel)

4-10. táblázat

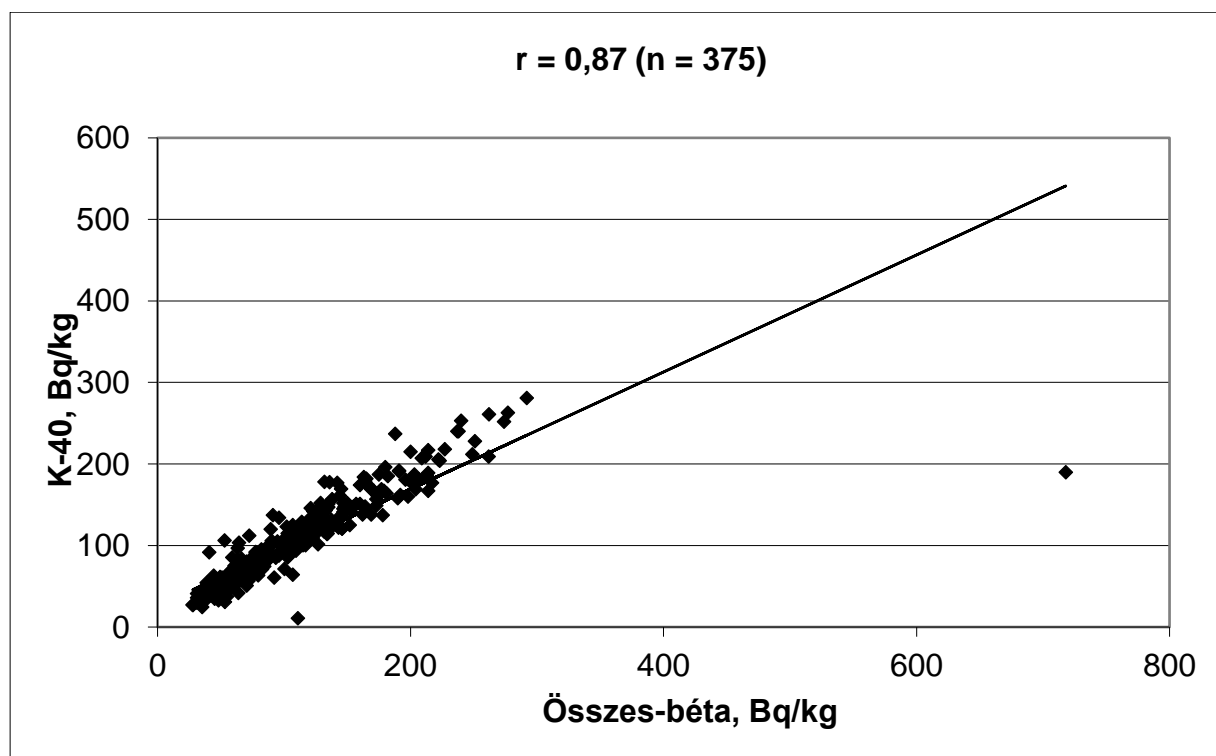
Nyers, növényi eredetű élelmiszerek országos mérési eredményeinek éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	0,020	0,20 (*2,7)	-	15	13
Cs-137	BE	-	-	-	-	21	21
Cs-137	BK	-	-	- (*0,17)	-	3	3
Cs-137	BP	-	0,035	0,071	-	24	22
Cs-137	BZ	-	0,032	0,078 (*0,63)	-	33	24
Cs-137	CS	-	0,0010	0,060 (*0,078)	-	23	14
Cs-137	FE	-	-	0,067 (*0,73)	-	10	9
Cs-137	GY	-	0,030	0,054	-	33	27
Cs-137	HA	0,053	0,033	0,080 (*0,15)	0,029	35	17
Cs-137	HE	-	0,015	3,1	-	17	9
Cs-137	JA	-	-	0,0088	-	16	15
Cs-137	KO	-	-	- (*1,4)	-	8	8
Cs-137	NO	-	0,012	0,28	-	11	5
Cs-137	PE	-	0,015	0,15	-	19	15
Cs-137	SO	-	-	0,35	-	20	19
Cs-137	SZ	-	-	- (*0,62)	-	25	25
Cs-137	TO	-	-	- (*0,26)	-	34	34
Cs-137	VA	-	0,019	0,070 (*13)	-	21	17
Cs-137	VE	-	-	-	-	7	7
Cs-137	ZA	-	0,070	0,33	-	24	22
Sr-90	BA	-	-	0,24	-	5	4
Sr-90	BE	-	0,070	0,11	-	4	2
Sr-90	BK	-	-	0,11	-	1	0
Sr-90	BP	-	-	0,084	-	1	0
Sr-90	BZ	-	0,062	0,83	-	7	4
Sr-90	CS	-	0,088	0,096	-	4	2
Sr-90	FE	-	0,058	0,42	-	3	0
Sr-90	GY	-	0,022	0,30	-	6	2
Sr-90	HA	-	0,13	0,46	-	6	1
Sr-90	HE	-	0,17	0,50	-	5	0
Sr-90	JA	-	0,055	0,78	-	6	2
Sr-90	KO	-	0,031	0,11	-	3	1
Sr-90	NO	-	0,10	0,33	-	5	0
Sr-90	PE	0,27	0,068	0,74	0,20	13	0
Sr-90	SO	-	-	-	-	6	6
Sr-90	SZ	-	0,23	7,4	-	8	4
Sr-90	TO	-	0,14	0,29	-	6	4
Sr-90	VA	-	0,073	0,20	-	6	1
Sr-90	VE	-	0,090	0,18	-	3	0
Sr-90	ZA	-	-	0,14	-	6	5
Össz-béta	BA	87	38	220 (*520)	61	14	0
Össz-béta	BE	94	44	220	51	16	0
Össz-béta	BK	-	94	210	-	3	0
Össz-béta	BP	78	37	180	39	23	0
Össz-béta	BZ	100	33	280	52	33	0
Össz-béta	CS	97	35	290	57	30	0
Össz-béta	FE	90	36	160	45	11	0
Össz-béta	GY	68	19	210	45	34	0
Össz-béta	HA	82	34	210	45	35	0

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Össz-béta	HE	120	36	260	77	17	0
Össz-béta	JA	120	44	240	75	16	0
Össz-béta	KO	-	31	240	-	8	0
Össz-béta	NO	120	31	210	63	11	0
Össz-béta	PE	120	39	240	62	17	0
Össz-béta	SO	91	41	150	37	20	0
Össz-béta	SZ	120	35	720	130	25	0
Össz-béta	TO	93	28	270	54	35	0
Össz-béta	VA	96	53	200	44	21	0
Össz-béta	VE	-	31	180	-	7	0
Össz-béta	ZA	94	28	260	51	24	0
Cs-137	Összesen	0,060	0,0010	3,1	-	399	326
Sr-90	Összesen	0,25	0,022	7,4	-	104	38
Összes-béta	Összesen	97	19	720	-	400	0

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

2021-ben a mintákban mérhető összes béta-aktivitás átlaga 97 Bq/kg volt, mely döntően természetes eredetű. Ennek igazolására a 4-9. ábrán szemléltetjük 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

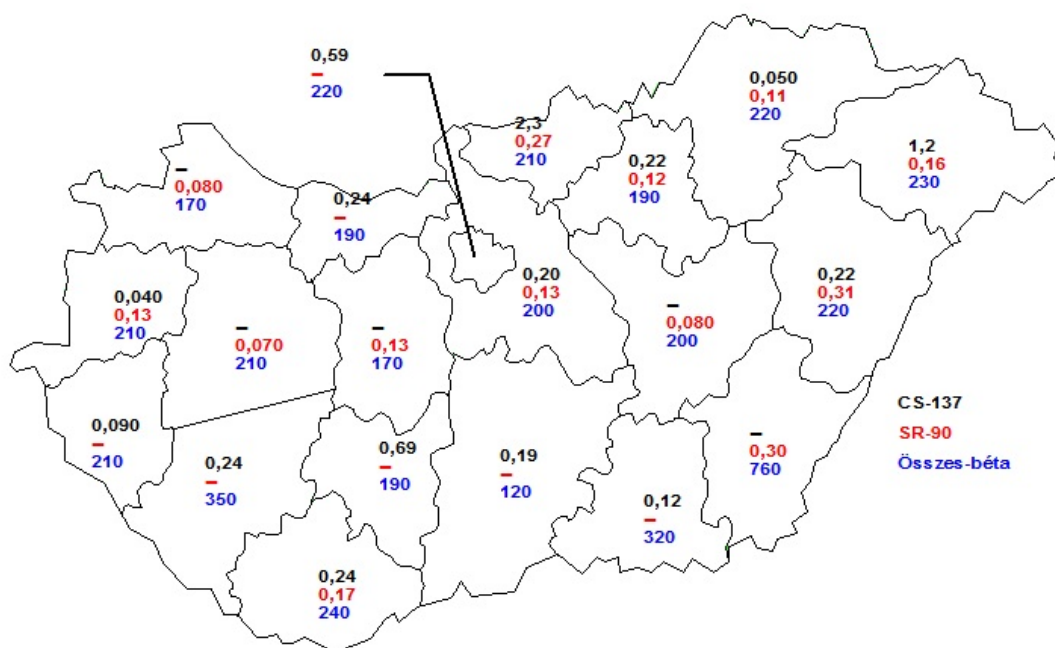
A mintacsoportba elsősorban a gabonafélék terményei, illetve ezek feldolgozott formái (liszt, kenyér, pékáru) tartoznak.

Az FmÁ NÉBIH laboratóriumainak monitoring programja ebben az élelmiszercsoportban is lefedi az országot; búza, árpa, kukorica, rozs minták szerepelnek benne. 2021-ben a 19 megye és Budapest területéről 490 gabonaféle vizsgálatát végezték el az FmÁ NÉBIH laboratóriumai.

2007. évtől szerepel az FmÁ NÉBIH vizsgálati programjában a kenyérfélék, péksütemények ^{137}Cs szűrő vizsgálata is. 2021-ben 245 ilyen típusú mintát vettek (ezen utóbbi adatok – az alacsonyabb érzékenységű 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 2021-ben összesen 103 minta vizsgálatát végezték el.

A gabonafélékben és termékeikben mért aktivitás-koncentrációk éves, országos értékei az alábbi határok közt mozogtak (4-12. táblázat): 0,001 - 2,3 Bq/kg (^{137}Cs); 0,031 - 0,31 (^{90}Sr) és 2,1 - 760 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)

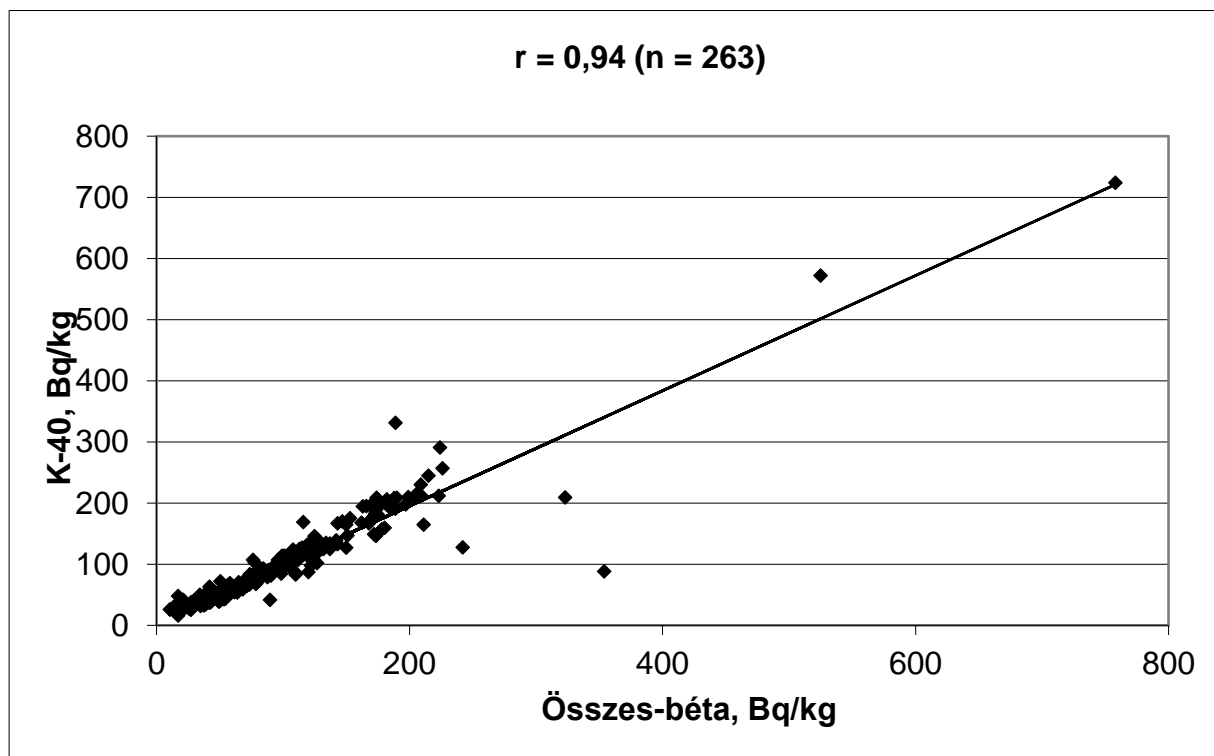
Megj.: "-" jelzi, hogy a mérésből az adott megyében nem volt kimutatási határ feletti eredmény.

4-11. 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	-	0,030	0,24	-	11	8
Cs-137	BE	-	-	-	-	15	15
Cs-137	BK	-	-	0,19	-	17	16
Cs-137	BP	-	0,020	0,59	-	24	18
Cs-137	BZ	-	0,036	0,057	-	14	10
Cs-137	CS	-	0,0010	0,13	-	16	11
Cs-137	FE	-	-	-	-	9	9
Cs-137	GY	-	-	-	-	19	19
Cs-137	HA	0,15	0,058	0,22	0,13	27	10
Cs-137	HE	-	0,011	0,22	-	14	9
Cs-137	JA	-	-	-	-	12	12
Cs-137	KO	-	-	0,24	-	6	5
Cs-137	NO	-	0,018	2,3	-	13	10
Cs-137	PE	-	0,027	0,20	-	13	11
Cs-137	SO	-	0,080	0,24	-	11	8
Cs-137	SZ	-	0,53	1,2	-	13	11
Cs-137	TO	-	-	0,70	-	23	22
Cs-137	VA	-	-	0,040	-	11	10
Cs-137	VE	-	-	-	-	7	7
Cs-137	ZA	-	0,080	0,090	-	11	9
Sr-90	BA	-	-	0,17	-	3	2
Sr-90	BE	-	0,14	0,30	-	8	6
Sr-90	BK	-	-	-	-	3	3
Sr-90	BZ	-	-	0,12	-	3	2
Sr-90	CS	-	-	-	-	3	3
Sr-90	FE	-	0,088	0,13	-	4	0
Sr-90	GY	-	0,031	0,082	-	6	1
Sr-90	HA	-	-	0,31	-	3	2
Sr-90	HE	-	0,077	0,12	-	4	1
Sr-90	JA	-	-	0,088	-	4	3
Sr-90	NO	-	0,090	0,27	-	4	1
Sr-90	PE	-	0,036	0,14	-	5	1
Sr-90	SO	-	-	-	-	4	4
Sr-90	SZ	-	0,061	0,16	-	6	4
Sr-90	TO	-	-	-	-	5	5
Sr-90	VA	-	0,053	0,13	-	4	1
Sr-90	VE	-	0,034	0,071	-	3	0
Sr-90	ZA	-	-	-	-	4	4
Össz-béta	BA	110	10	240	69	11	0
Össz-béta	BE	180	27	760	200	14	0
Össz-béta	BK	51	33	120	28	15	0
Össz-béta	BP	64	26	220	47	24	0
Össz-béta	BZ	84	26	220	59	18	0
Össz-béta	CS	87	32	320	67	25	0
Össz-béta	FE	100	19	170	51	10	0
Össz-béta	GY	51	2,1	170	41	29	1
Össz-béta	HA	79	27	220	49	27	0
Össz-béta	HE	96	27	190	47	14	0

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Össz-béta	JA	94	26	200	57	10	0
Össz-béta	KO	-	28	190	-	6	0
Össz-béta	NO	110	30	210	62	12	0
Össz-béta	PE	100	38	200	45	12	0
Össz-béta	SO	96	16	350	97	11	0
Össz-béta	SZ	120	49	230	50	13	0
Össz-béta	TO	71	18	190	41	31	0
Össz-béta	VA	110	40	210	53	11	0
Össz-béta	VE	-	52	210	-	6	0
Össz-béta	ZA	93	21	210	62	11	0
Cs-137	Összesen	0,15	0,0010	2,3	-	286	230
Sr-90	Összesen	0,093	0,031	0,31	-	76	43
Összes-béta	Összesen	89	2,1	760	-	310	1

Az 4-11. ábrán szemléltetjük 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 táplálékcsoportot képvisel.

4.8.1 Tej, tejtermék

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

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. 2021-ben a 19 megye és Budapest területéről 231 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 2021-ben összesen 226 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).

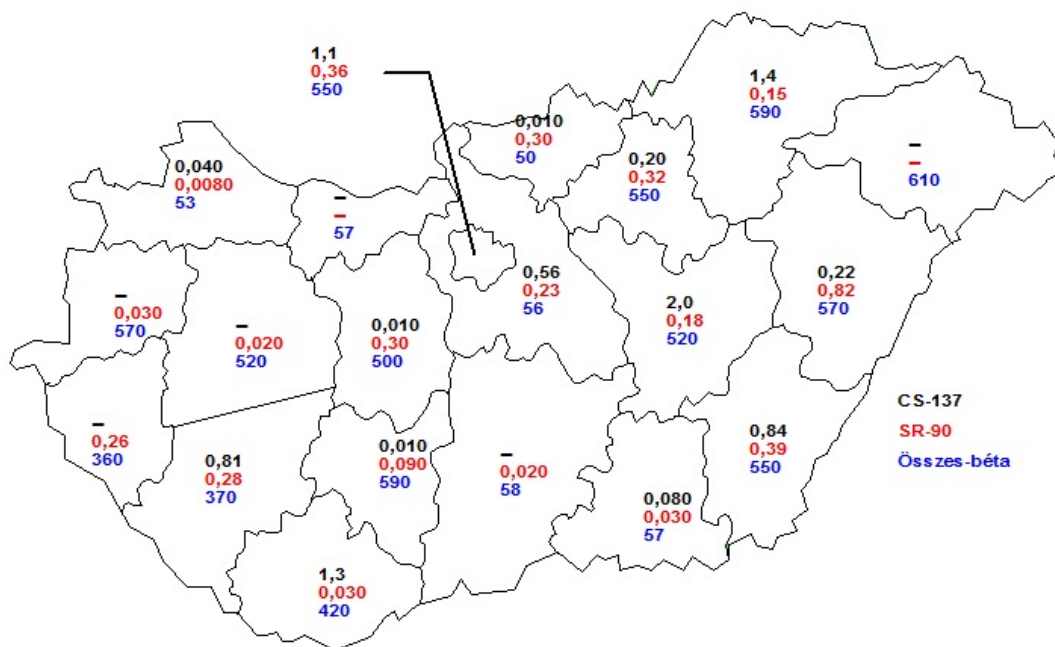
A tej- és tejtermékmintákra vonatkozó mérési eredmények jellemzőit a 4-13. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy míg a ^{137}Cs és ^{90}Sr aktivitás-koncentrációk nagyobb részt kimutatási határ alattiak. (Megjegyezzük, hogy a magasabb koncentrációk – a gyakran nem is hazai előállítású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

A tej és tejtermékek ^{137}Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 0,12 Bq/kg, a ^{90}Sr radionuklidé is hasonló, 0,14 Bq/kg. A döntően természetes eredetű összesbéta-aktivitása pedig 80 Bq/kg volt 2021-ben.

4-12. 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	-	-	1,3	-	12	11
Cs-137	BE	-	-	0,84	-	13	12
Cs-137	BK	-	-	-	-	25	25
Cs-137	BP	-	0,0094	1,1	-	15	10
Cs-137	BZ	-	0,021	1,4	-	19	13
Cs-137	CS	-	0,0010	0,083	-	10	7
Cs-137	FE	-	-	0,010	-	9	8
Cs-137	GY	-	0,031	0,049	-	17	14
Cs-137	HA	0,13	0,030	0,23	0,13	38	15
Cs-137	HE	-	-	0,20	-	8	7
Cs-137	JA	-	0,88	2,1	-	12	10
Cs-137	KO	-	-	-	-	7	7
Cs-137	NO	-	0,010	0,015	-	9	7
Cs-137	PE	-	0,011	0,56	-	19	12
Cs-137	SO	-	0,78	0,81	-	8	6
Cs-137	SZ	-	-	-	-	12	12
Cs-137	TO	-	-	0,010	-	67	66
Cs-137	VA	-	-	-	-	12	12
Cs-137	VE	-	-	-	-	7	7
Cs-137	ZA	-	-	-	-	12	12
Sr-90	BA	-	-	0,030	-	12	11
Sr-90	BE	-	0,035	0,39	-	13	11
Sr-90	BK	-	0,0037	0,029	-	11	7
Sr-90	BP	-	0,19	0,36	-	7	2
Sr-90	BZ	-	-	0,15	-	13	12
Sr-90	CS	-	0,025	0,038	-	7	5
Sr-90	FE	-	0,018	0,30	-	9	3
Sr-90	GY	-	0,0070	0,0080	-	10	7
Sr-90	HA	-	0,027	0,83	-	15	10
Sr-90	HE	-	0,15	0,33	-	8	5
Sr-90	JA	-	-	0,19	-	13	12
Sr-90	KO	-	-	-	-	7	7
Sr-90	NO	-	0,028	0,31	-	9	3
Sr-90	PE	0,048	0,022	0,23	0,045	19	1
Sr-90	SO	-	0,040	0,28	-	8	6
Sr-90	SZ	-	-	-	-	11	11
Sr-90	TO	0,086	0,0039	0,096	0,13	36	23
Sr-90	VA	-	0,014	0,036	-	12	9
Sr-90	VE	-	-	0,022	-	7	6
Sr-90	ZA	-	0,040	0,26	-	12	9
Összes-béta	BA	97	24	420	130	12	0
Összes-béta	BE	140	23	550	190	13	0
Összes-béta	BK	47	31	58	7,8	21	0
Összes-béta	BP	69	0,020	550	130	38	6
Összes-béta	BZ	100	23	590	170	25	0
Összes-béta	CS	46	27	57	7,4	36	0
Összes-béta	FE	-	25	500	-	9	0
Összes-béta	GY	33	22	53	9,0	32	0
Összes-béta	HA	66	0,068	570	110	43	0

Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Összes-béta	HE	-	25	550	-	8	0
Összes-béta	JA	140	21	520	190	13	0
Összes-béta	KO	-	31	57	-	7	0
Összes-béta	NO	-	22	50	-	9	0
Összes-béta	PE	50	37	56	4,2	19	0
Összes-béta	SO	-	27	370	-	8	0
Összes-béta	SZ	180	31	610	240	11	0
Összes-béta	TO	72	19	590	110	75	0
Összes-béta	VA	130	24	570	200	12	0
Összes-béta	VE	-	43	520	-	6	0
Összes-béta	ZA	120	23	360	140	12	0
Cs-137	Összesen	0,12	0,0010	2,1	-	331	273
Sr-90	Összesen	0,14	0,0037	0,83	-	239	160
Összes-béta	Összesen	80	0,020	610	-	409	6



4-12. ábra

Tej és tejtermék 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

4.8.2 Hús és hústermékek aktivitáskonzentrációi

Ezen mintacsoportba a húsfélék (baromfi, marha, sertés, vadhús, hal), és az azokból készített élelmiszertermékek (kolbász, felvágottak) tartoznak. A hús- és hústermékminták aktivitáskonzentrációit 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. 2021-ben a 19 megye és Budapest területéről 343 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. 2021-ben 126 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 2021-ben összesen 97 minta vizsgálatát végezték el.

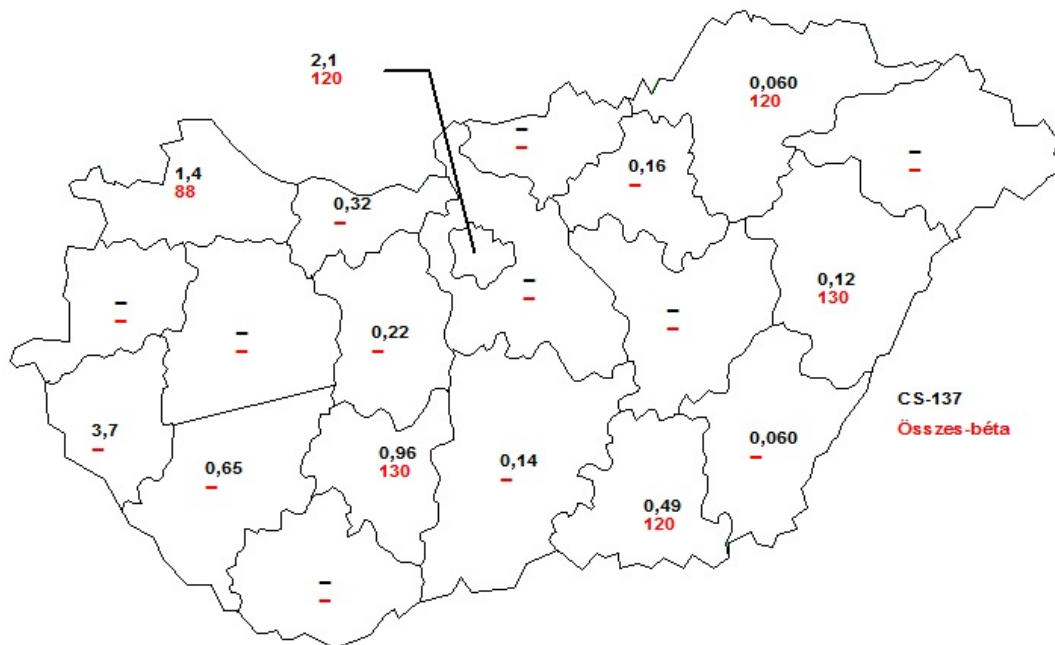
A hús- és hústermékmintákra vonatkozó mérési eredmények további jellemzőit a 4-14. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy a ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációk háromnegyede itt is kimutatási határ alatti.

A hús és hústermékek ¹³⁷Cs aktivitás-koncentrációinak országos, éves átlaga 0,12 Bq/kg.

4-13. táblázat
Hús és hústermék mérési eredmények éves jellemzői (EüÁ és FmÁ)

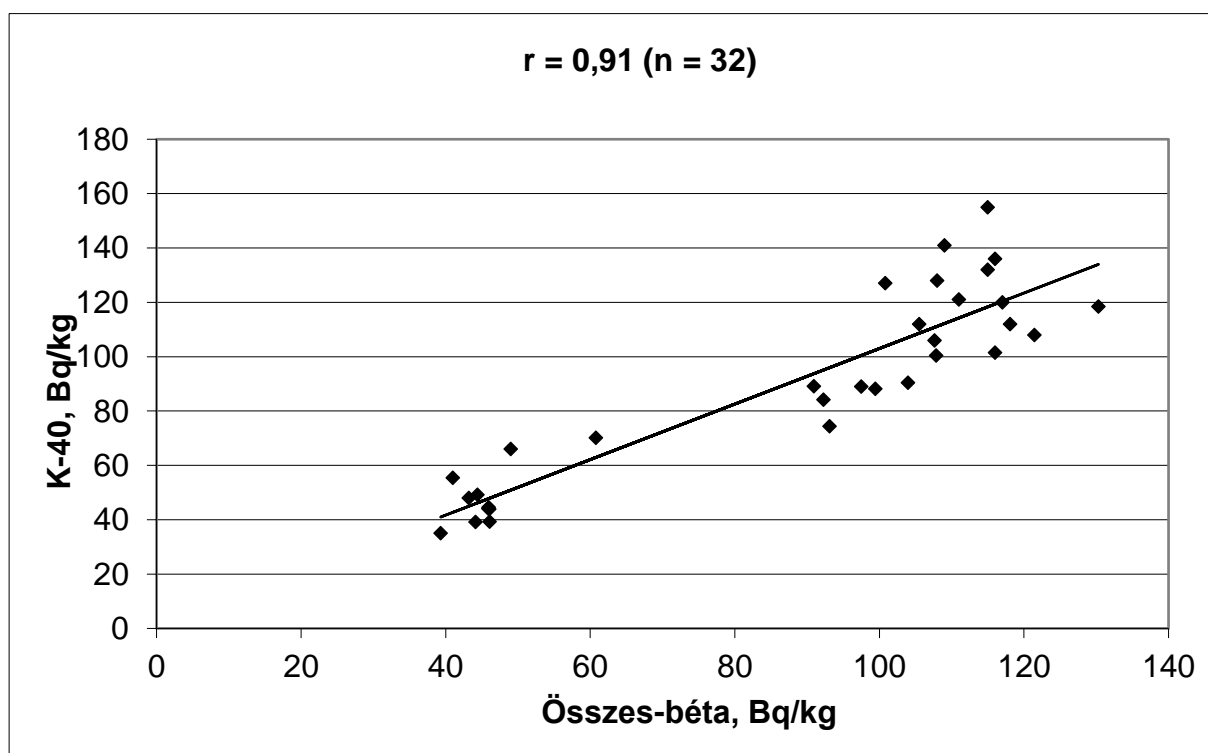
Radionuklid	Megye	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Cs-137	BA	-	-	-	-	18	18
Cs-137	BE	-	0,058	0,069	-	20	18
Cs-137	BK	-	-	0,14	-	16	15
Cs-137	BP	-	0,040	0,21	-	15	11
Cs-137	BZ	-	0,036	0,061	-	8	4
Cs-137	CS	-	0,067	0,49	-	13	10
Cs-137	FE	-	0,035	0,22	-	4	1
Cs-137	GY	-	-	1,4	-	7	6
Cs-137	HA	0,095	0,025	0,12	0,037	32	19
Cs-137	HE	-	-	0,16	-	8	7
Cs-137	JA	-	-	-	-	7	7
Cs-137	KO	-	0,16	0,32	-	6	3
Cs-137	PE	-	-	-	-	6	6
Cs-137	SO	-	0,090	0,37	-	27	22
Cs-137	SZ	-	-	-	-	30	30
Cs-137	TO	-	0,18	0,97	-	13	11
Cs-137	VA	-	-	-	-	7	7
Cs-137	VE	-	-	-	-	1	1
Cs-137	ZA	-	0,090	3,7	-	15	11
Összes-béta	BP	88	41	120	32	14	0
Összes-béta	BZ	-	46	120	-	7	0
Összes-béta	CS	90	42	120	27	13	0
Összes-béta	GY	64	28	88	19	12	0
Összes-béta	HA	90	39	130	34	13	0
Összes-béta	TO	82	39	130	26	14	0
Cs-137	Összesen	0,12	0,025	3,7	-	253	207
Összes-béta	Összesen	84	28	130	-	73	0

2021-ben a mintákban az átlagos összes béta-aktivitás 84 Bq/kg volt, az értékek a 2020. 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. ábrán szemléltetjük.



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 a decentrumok megyéiben, félévenkénti mintavétel szerepel. 2021-ben az EüÁ ERMAH egyéb mintavételi programjai keretében, összesen 10 mintát vettek.

A 2021. évi eredményeket a 4-15. táblázatban foglaltuk 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.

4-14. 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	-	0,024	0,034	-	2	0
Cs-137	BZ	-	-	0,028	-	1	0
Cs-137	CS	-	0,0010	0,010	-	2	0
Cs-137	GY	-	-	-	-	2	2
Cs-137	HA	-	0,019	0,028	-	2	0
Cs-137	TO	-	-	-	-	4	4
Sr-90	BP	-	-	-	-	2	2
Sr-90	GY	-	-	0,012	-	2	1
Sr-90	TO	-	0,0066	0,014	-	4	0
Összes-béta	BP	-	29	34	-	2	0
Összes-béta	CS	-	33	36	-	2	0
Összes-béta	GY	-	22	39	-	2	0
Összes-béta	HA	42	14	95	23	12	0
Cs-137	Összesen	-	0,0010	0,034	-	13	6
Sr-90	Összesen	-	0,0066	0,014	-	8	3
Összes-béta	Összesen	39	14	95	-	18	0

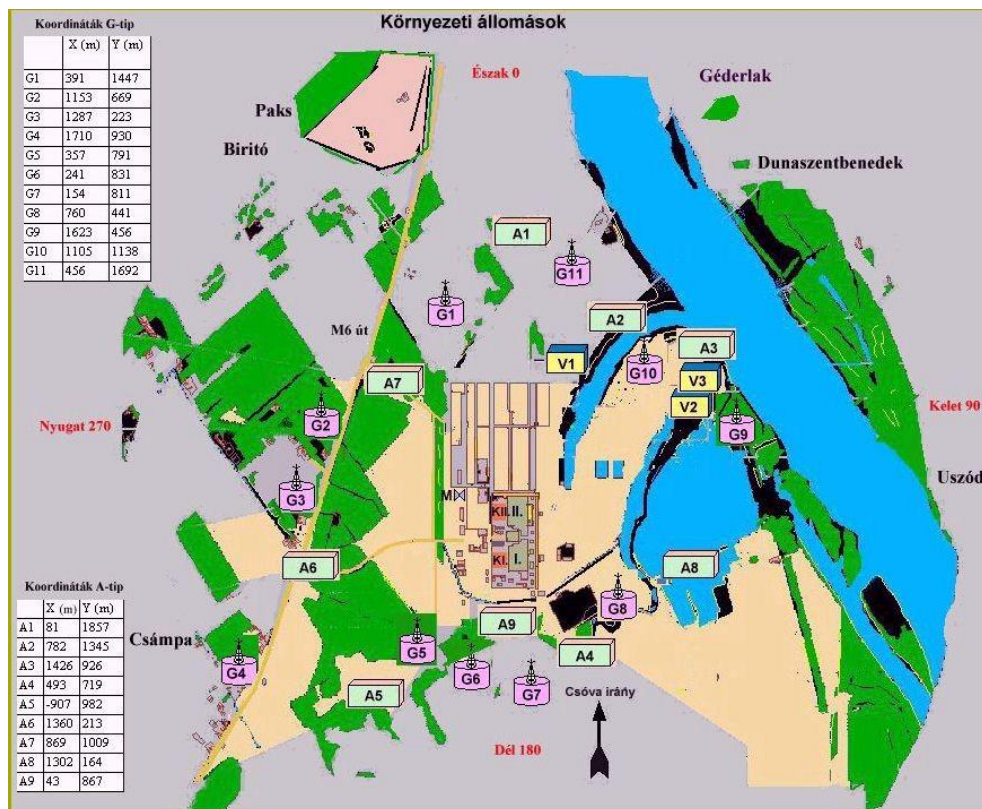
5 Létesítmények környezete

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 2021. évi eredményeit mutatjuk be.

5.1 A Paksi Atomerőmű környezetében végzett mérések

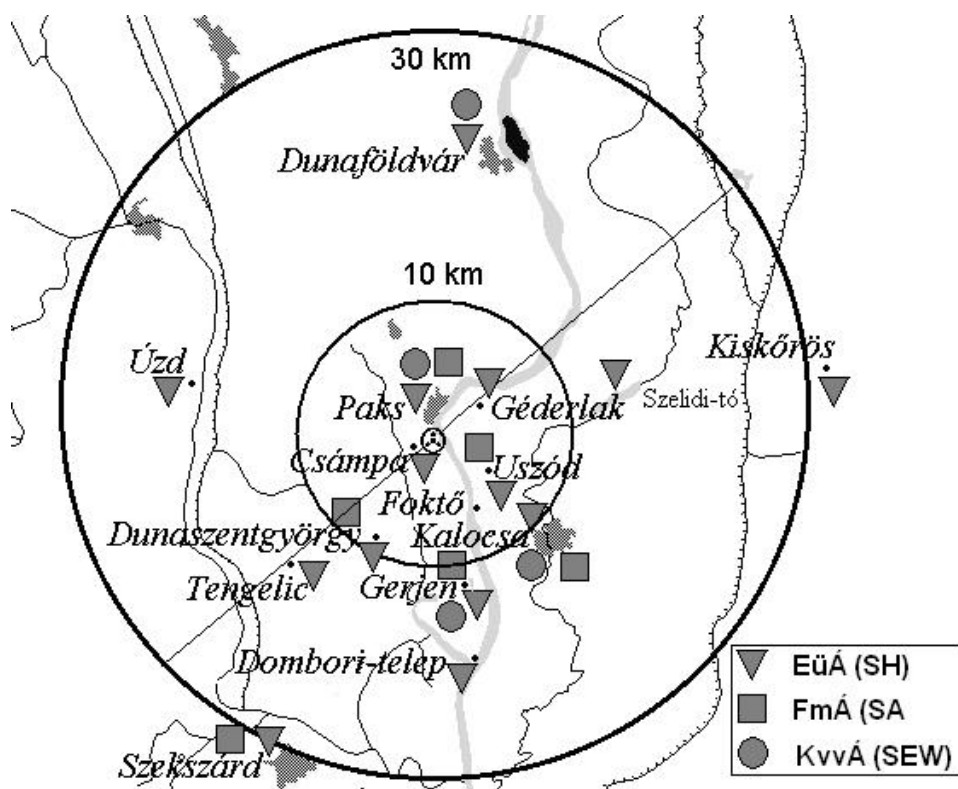
Az atomerőmű környezetében mérhető sugárzási helyzetéről egyrészt az atomerőmű – hatósági felügyelet alatt álló – üzemi monitorozó hálózata, valamint az atomerőmű környezetében végzett hatósági mérések szolgáltatnak információkat.

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 6-7 ezer körül, a tervezett érték 3500 volt. 2021-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, 2021-ben több, mint a 85 %-át tette ki.

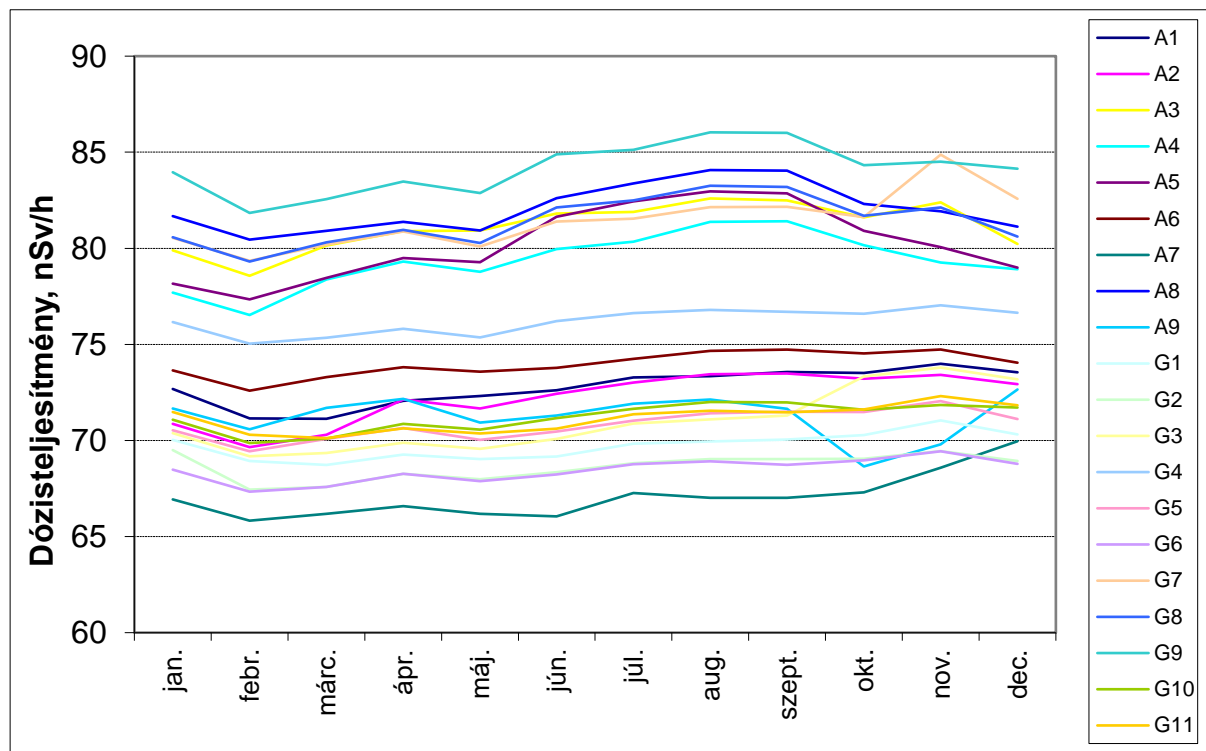
5-1. táblázat
A hatósági meghatározások száma (N) és százalékos megoszlása a fontosabb vizsgálati irányok szerint 2021-ben

Vizsgálati irány	Meghatározások száma (N)	[%]
Összes béta-aktivitás	1572	11
I-131	121	1
HPGe det. gamma-spektrometria	11046	80
Trícium	423	3
Sr-89+Sr-90*	240	2
egyéb vizsgálatok	427	3
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 mutatjuk be az 5-3. ábrán. (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 2021-ben

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

Az erőmű 30 km sugarú környezetében az 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 2021. évi eredményei

Település	Dózteljesítmény (nGy/h)			
	1. negyedév	2. negyedév	3. negyedév	4. negyedév
Bátya	-	79,4	83,8	77,5
Bogyiszló	79,9	82,3	82,3	73,6
Borsócséplői út	54,8	60,5	61,7	59,7
Csámpa vízmű	55,6	60,5	69,1	56,4
Császártöltés	76,4	80,5	80,8	79,7
PAE Déli bekötőtűt	55,5	56,8	60,0	56,5
Dunaföldvár	58,9	61,7	64,0	-
Dunakömlőd	89,2	94,8	94,8	85,3
Dunapataj	75,8	74,6	73,6	76,2
Dunaszentbenedek	65,2	69,5	68,6	68,6
Dunaszentgyörgy I.	60,7	64,6	66,8	74,5
Dunaszentgyörgy II.	71,1	81,5	76,2	72,3
Dusnok	72,8	77,2	75,9	82,2
PAE Északi bekötőtűt	52,3	54,1	54,2	53,7
Fajsz	101,9	89,1	83,5	87,6
Foktő I.	70,7	71,6	73,5	69,9
Foktő II.	77,6	85,2	73,0	71,0
Földespuszta	63,2	69,5	67,6	64,8
Géderlak	69,4	75,5	72,9	24,6
Hajós	74,5	74,7	75,4	72,0
Kalocsa	67,5	70,7	72,6	69,3
Kecel	78,6	79,7	81,8	72,0
Kiskőrös	54,2	59,8	60,3	57,7
Kölesd	96,4	102,0	118,7	99,3
Löszdomb	53,6	56,5	58,0	55,8
Miske	99,4	98,2	79,1	73,3
Nagydorog	-	-	-	-
Németkér	73,6	79,8	79,3	79,0
Óregcsertő	77,7	78,5	79,4	81,7
Paks	99,7	101,3	101,3	92,9
Simontornya	85,4	91,5	91,5	79,1
Szakmár	65,7	69,0	70,6	-
Szekszárd	67,6	70,7	73,5	68,1
Tengelic I.	57,0	57,7	72,1	59,9
Tengelic II.	67,9	80,9	80,9	-
Uszód	61,9	66,7	72,2	66,7
Uszód	-	-	-	-
Úzd reléállomás	68,3	69,9	71,0	67,2
Zomba	110,2	116,3	111,1	105,2
Vizsgálatok száma	36	37	37	34
Átlagos dózteljesítmény	72,5	76,0	76,5	71,6

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 [13].

Radionuklid	Átlag mBq/m ³	Minimum mBq/m ³	Maximum mBq/m ³	Szórás mBq/m ³	N	Kha
Be-7	2,9	0,7	11	1,5	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 0,23 – 4,0 mBq/m³ között változott (5-4. táblázat). A teljes kihullást reprezentáló fall-out mintákban mért összes béta-aktivitás 0,67 – 48 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	0,42 0,23 - 0,77; 51(17)
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R≥10 km	1,6 0,64 - 2,5; 52(44)
Összes-béta	DK-i félkör, R≥10 km	1,5 0,31 - 4,0; 233(164)
Be-7 (Gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	4,6 1,4 - 11; 49
Cs-134 (Gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,00044 0,00026 - 0,00098; 49(49)
Cs-137 (Gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,00036 0,00027 - 0,00080; 49(49)
I-131 (Gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,00054 0,00037 - 0,00083; 49(49)

* 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 –2021-ban nem volt kimutatható a ¹³⁷Cs.

5.1.3 A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző rendszerének kihullás mérési eredményei

Az üzemi méréseket az ún. A-típusú ellenőrző állomásokon végezték. A kihullásban jól mérhető volt – az EüÁ laboratóriumának eredményeihez hasonló nagyságban – a kozmogén eredetű ⁷Be. Atomerőművi eredetű radionuklid 2021-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	11 0,67 - 27; 10(1)
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R≥10 km	14 1,2 - 33; 10(1)
Összes-béta	DK-i félkör, R≥10 km	13 0,80 - 48; 22(2)
Be-7 (Gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	81 0,72 - 180; 11(1)
Be-7 (Gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	83 10 - 150; 10
Be-7 (Gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	84 15 - 290; 22
Cs-137 (Gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,076 0,058 - 0,087; 10(10)
Cs-137 (Gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,18 0,067 - 0,97; 10(10)
Cs-137 (Gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,076 0,057 - 0,095; 22(22)

* 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

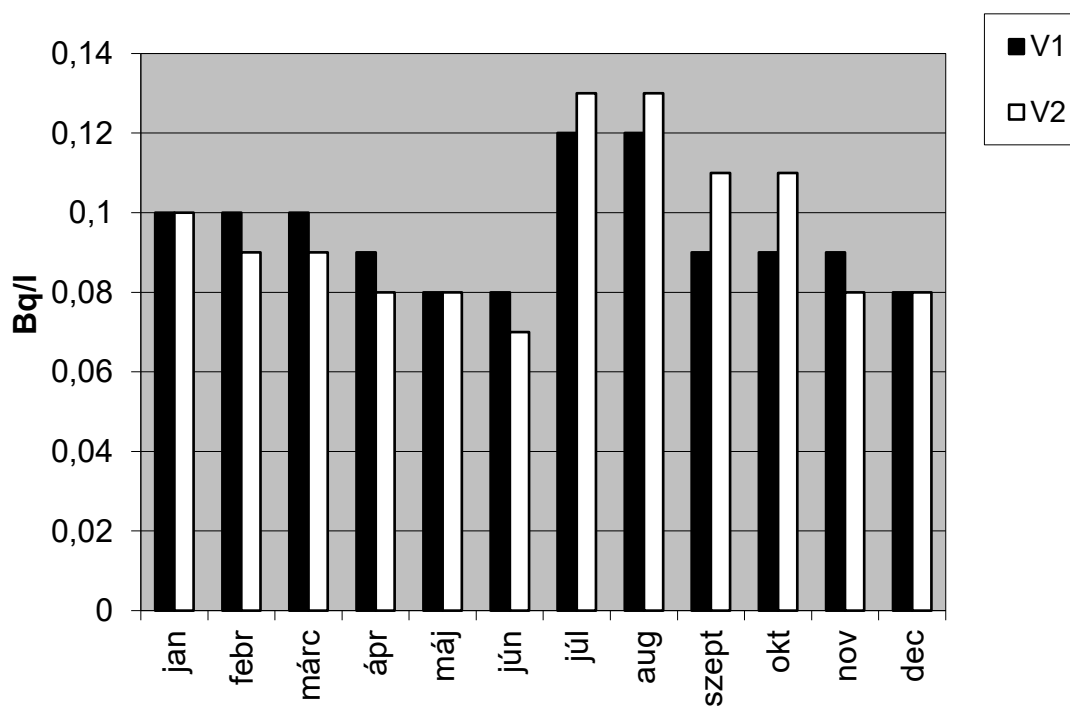
5-6. táblázat

A levegőkörnyezetben mért teljes kihullás aktivitás-koncentrációk jellemző értéktartománya, üzemi mérésekből [13].

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	54	4,4	310	57	120	0
Ru-106	-	-	-	-	120	120
Co-60	-	-	-	-	120	120
Cs-134	-	-	-	-	120	120
Cs-137	-	-	-	-	120	119
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. ábrán mutatjuk 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 melegvizes 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 literrel 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	5,7	2,0	14	3,9	12	2	Bq/l
H-3	T24	36	14	63	18	12	0	Bq/l
H-3	V2	-	2	4,0	-	10	7	Bq/l
Sr-90	V2	-	1,6	1,7	-	2	0	mBq/l
Sr-90	Paks	-	1,2	2,1	-	4	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. táblázatban foglaltuk össze.

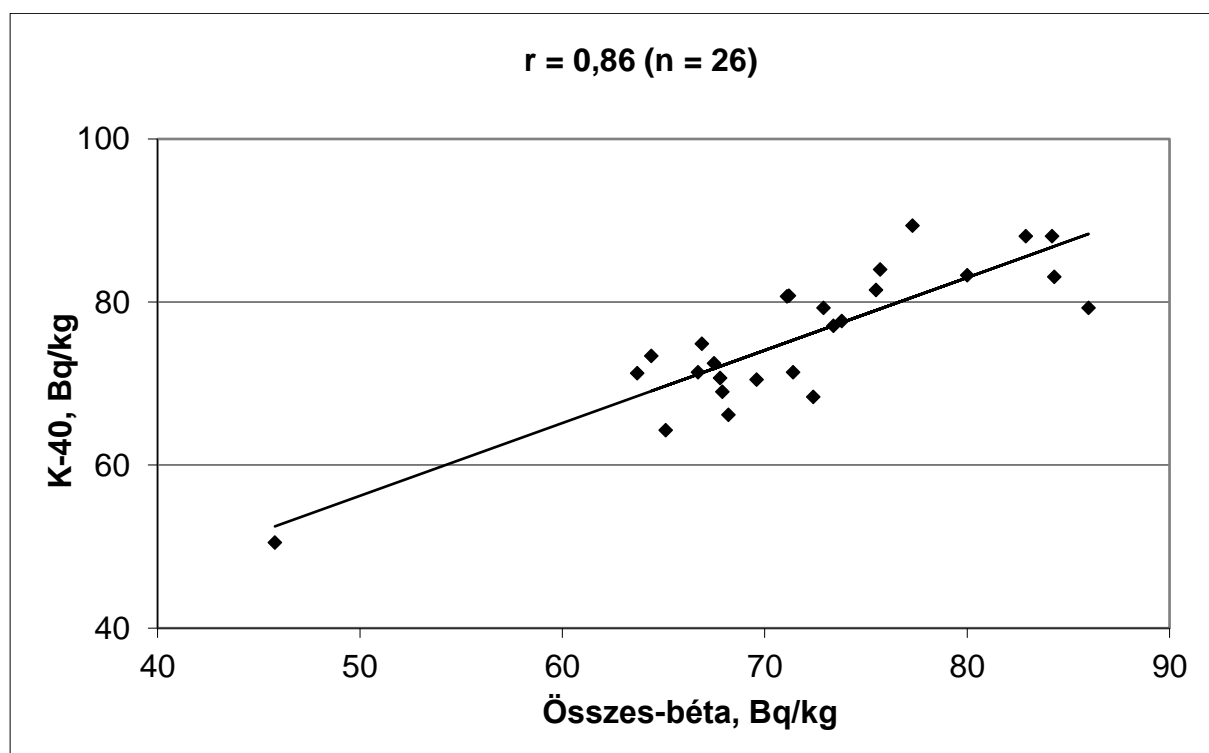
Látható, hogy a mesterséges radionuklidok halakban mért koncentrációi – a szárazföldi tápláléklánc elemeihez hasonlóan – igen kicsik, a minták nagyobb részben kimutatási határ alattiak.

A halakban mért összes béta és ^{40}K izotóp aktivitás-koncentrációk közötti korrelációt az 5-6. ábrán szemléltetjük. A korreláció a tavalyi évhez képest erősebb, 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	-	-	0,26	-	26	25
Sr-90	-	-	0,48	-	26	25
Összes béta	72	46	86	8,3	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.

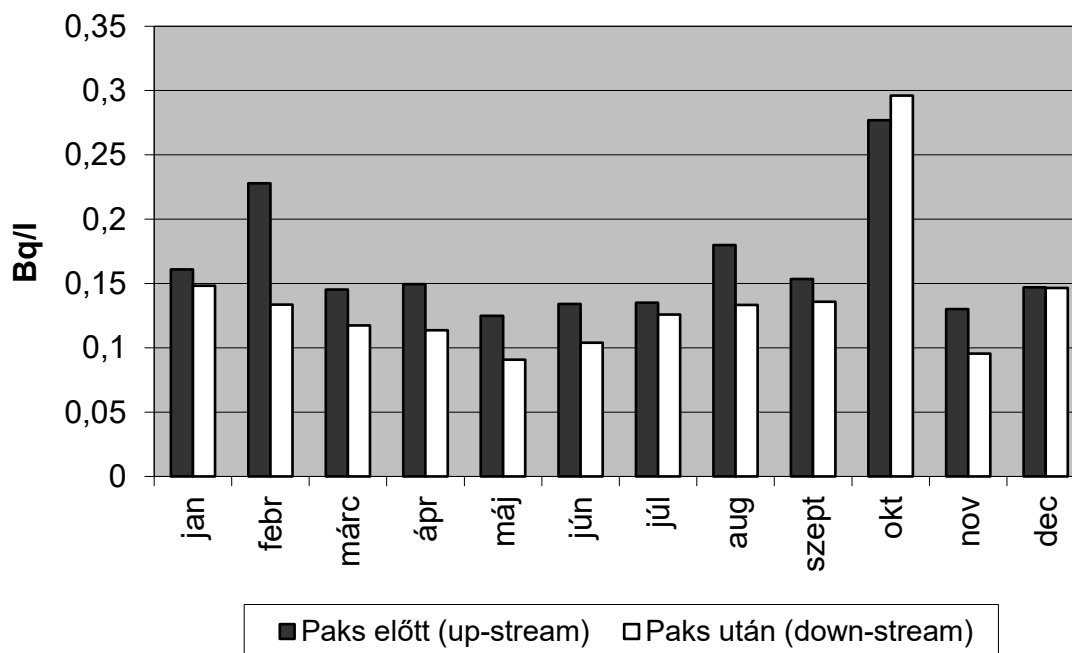
A heti-havi gyakorisággal vett Duna-víz mintákban meghatározott összes béta aktivitáskoncentrációkat az 5-7. ábra, a hetente-havonta mért trícium-koncentráció értékeket pedig az 5-8. ábra szemlélteti a környezetvédelmi és az egészségügyi hatóság mérései alapján. A nagyszámú vízmintából meghatározott összes béta-aktivitások éves átlaga Paks előtt 0,16 Bq/l, Paks után pedig 0,14 Bq/l volt.

A trícium-koncentráció értékeket tartalmazó 5-8. ábra és 5-9. táblázat szerint, a Paks előtt és után vett vízmintákban mért ^3H aktivitás- koncentrációk egy-két kivétellel alacsonyabbak vagy alig magasabbak az erőmű után, mint az erőmű előtt. A vizsgálati pontokon a Duna-szakasz trícium-koncentrációja Paks előtt és Paks után átlagosan 1,9 illetve 2,1 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.

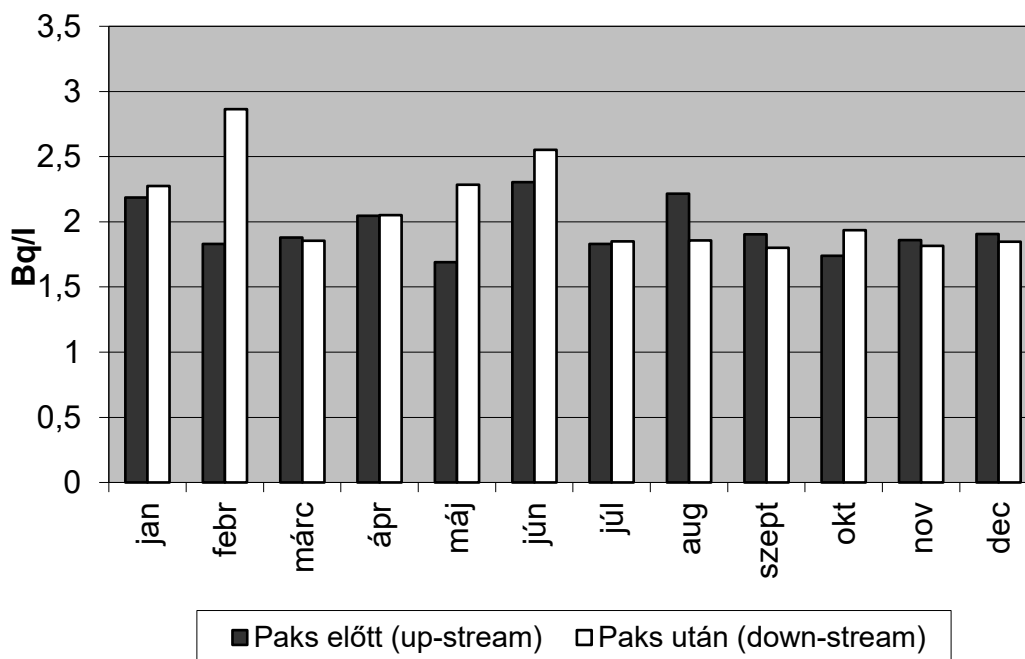
A Duna-vízben egyetlen radionuklid átlagos aktivitás-koncentrációja sem haladja meg lényegesen az alapszint értékeket, és általában a Paks után mért értékek nem magasabbak a Paks előtt mért értékeknél.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a Duna vizében az erőmű utáni szakaszon, erőművi eredetű lényeges radioaktív szennyeződés 2021-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 - 0,28; 36(2)	0,2
	Paks után	0,13 0,019 - 0,44; 74(2)	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,0018 0,00019 - 0,0027; 15(13)	
	Paks után	0,00071 0,00013 - 0,0028; 35(33)	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,13 0,071 - 0,17; 15(11)	
	Paks után	0,064 0,0024 - 0,17; 37(8)	
H-3	Paks előtt	2,0 1,7 - 3,1; 24(20)	7,00
	Paks után	2,1 1,7 - 3,8; 49(38)	
Sr-90	Paks előtt	0,0066 0,0050 - 0,013; 8(1)	0,005
	Paks után	0,0035 0,0012 - 0,013; 23(16)	

* 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 és trícium aktivitás-koncentrációja hasonló a Duna-vízben mért értékekhez, havi átlagértékeik a 0,083 - 0,38 ill. 0,90 - 7,3 Bq/l határok között mozogtak.

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	0,13 0,083 - 0,17; 12(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,20 0,11 - 0,38; 25(2)
Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R<10 km	0,0022 0,0015 - 0,028; 4(4)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,0023 0,00094 - 0,027; 9(9)
H-3	DK-i félkör, R<10 km	2,8 0,90 - 7,3; 10(6)
	DK-i félkör, R≥10 km	2,6 0,9 - 5,3; 22(16)
Sr-90	DK-i félkör, R<10 km	0,0059 0,0048 - 0,077; 4(4)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,0058 0,0041 - 0,083; 8(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 670-1200 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 0,27 - 32 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	1000 881 - 1100; 12	
	Paks után	1000 670 - 1200; 59	
Cs-134 (gamma-spekt.)	Paks előtt	0,43 0,20 - 0,89 24(24)	
	Paks után	0,44 0,067 - 0,90 24(24)	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	15 0,31 - 28; 36(9)	10,0
	Paks után	19 0,27 - 32; 84(2)	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	470 110 - 1000; 36	
	Paks után	560 230- 780; 84	
Sr-90	Paks után	3,8 2,7 - 5,8; 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 koncentrációjának átlagértéke a dunainál kisebb, 2,8 Bq/kg volt.

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 \geq 10 km	0,36 0,085 - 0,55; 24(24)
Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R \geq 10 km	2,8 0,094 - 12; 24(14)
K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R \geq 10 km	260 140 - 390; 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 0,33 - 25 Bq/kg a ⁹⁰Sr pedig 0,29 – 8,8 Bq/kg között változott.

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 \geq 10 km	730 460 - 890; 15
	DK-i félkör, R \geq 10 km	590 300 - 880; 22
Cs-134 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,14 0,0036 - 0,76; 25(25)
	ÉNY-i félkör, R \geq 10 km	0,42 0,043 - 0,95; 27(27)
	DK-i félkör, R \geq 10 km	0,29 0,050 - ; 0,91 48(48)
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	4,3 1,0 - 7,8; 25(1)
	ÉNY-i félkör, R \geq 10 km	5,3 1,9 - 25; 27(15)
	DK-i félkör, R \geq 10 km	5,0 0,33 - 18; 48(24)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	310 210 - 440; 25
	ÉNY-i félkör, R \geq 10 km	440 310 - 670; 27
	DK-i félkör, R \geq 10 km	450 240 - 670; 48
Sr-90	ÉNY-i félkör, R \geq 10 km	4,2 1,1 - 8,8; 5(5)
	DK-i félkör, R \geq 10 km	2,4 0,29 - 7,8; 12(12)

* 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. Az utóbbi évek adatait figyelembe véve elmondható, hogy a takarmányok ¹³⁷Cs aktivitása hasonló volt a korábbi évekhez, 2021-ben 0,042-0,39 Bq/kg között mozgott.

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	430 110 - 770; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	390 10 - 2200; 22(1)
	DK-i félkör, R<10 km	340 95 - 680; 13
	DK-i félkör, R≥10 km	140 110 - 180; 3
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,23 0,054 - 0,39; 12(12)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,18 0,078 - 0,27; 22(22)
	DK-i félkör, R<10 km	0,17 0,043 - 0,39; 13(13)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,058 0,042 - 0,068; 3(3)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	390 98 - 760; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	260 17 - 730; 22
	DK-i félkör, R<10 km	330 100 - 650; 13
	DK-i félkör, R≥10 km	140 110 - 180; 3
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,90 0,39 - 1,6; 11(11)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,28 0,060 - 0,91; 10(10)
	DK-i félkör, R<10 km	1,1 0,13 - 4,2; 13(13)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,43 0,32 - 0,49; 3(3)

* 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

2021-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	180 140 - 210; 5
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	220 110 - 430; 8
	DK-i félkör, R<10 km	210 120 - 380; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	220 61 - 330; 30
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,090 0,053 - 0,10; 5(5)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,094 0,047 - 0,19; 9(9)
	DK-i félkör, R<10 km	0,10 0,071 - 0,16; 5(5)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,11 0,043 - 0,38; 31(31)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	180 130 - 210; 5
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	220 110 - 490; 9
	DK-i félkör, R<10 km	200 110 - 320; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	210 85 - 340; 31
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,24 0,12 - 0,42; 5(5)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,39 0,088 - 1,1; 9(9)
	DK-i félkör, R<10 km	0,30 0,12 - 0,45; 5(5)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,27 0,081 - 0,86; 30(30)

* 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	172 120 - 200; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	200 170 - 220; 7
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,075 0,053 - 0,097; 4(4)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,12 0,063 - 0,32; 8(8)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	170 130 - 190; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	190 160 - 210; 7
Sr-90	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,46 0,29 - 0,79; 3(3)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,94 0,32 - 1,6; 7(7)

* 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	180 110 - 270; 5
	DK-i félkör, R<10 km	47 - 110; 2
	DK-i félkör, R≥10 km	120 63- 190; 8(1)
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,049 0,030 - 0, 74; 5(5)
	DK-i félkör, R<10 km	0,017 – 0,030; 2(2)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,18 0,021 - 0,44; 18(18)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	170 110 - 250;5
	DK-i félkör, R<10 km	52 - 120; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	120 80 - 170; 8
Sr-90	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,13 0,11 – 0,16; 3(3)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,24 0,10 - 0,38; 4(4)

* 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 44-150 mBq/l volt. A gamma-spektrometriai eredmények majdnem minden esetben kimutatási határ alattiak voltak, ezért az átlagérték, valamint a minimum és maximum értékek erősen felülbecsültek (akár két-három nagyságrenddel is). A trícium-koncentrációk 2,0 - 7,5 Bq/l között mozogtak, de nagy 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	0,085 0,045 - 0,12; 24(3)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,083 0,044 - 0,11; 12(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,082 0,050 - 0,15; 24(3)
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,0027 0,0022 - 0,0037; 8(8)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,0030 0,0021 - 0,0044; 4(4)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,0025 0,0016 - 0,0041; 11(11)
H-3	ÉNY-i félkör, R<10 km	2,4 2,0 - 6,8; 12(11)
	DK-i félkör, R≥10 km	3,0 2,0 - 7,5; 12(8)
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,0071 0,0047 - 0,011; 8(2)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,0059 0,0049 - 0,0080; 3(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,062 0,0049 - 0,011; 8(2)

* 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 gamma-spektrometriai méréseknél a ¹³⁷Cs értékek legtöbbje kimutatási határral szerepel, így az ebből képzett átlagértékek is felülbecsültek. A minták ¹³⁷Cs koncentrációi 5,1-73 mBq/l között voltak. 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	46 42 - 50; 12(3)
	DK-i félkör, R<10 km	49 42 - 56; 24(4)
	DK-i félkör, R≥10 km	53 48 - 59; 24
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,024 0,010 - 0,033; 12(12)
	DK-i félkör, R<10 km	0,036 0,0052 - 0,070; 28(28)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,049 0,0051 - 0,073; 32(32)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	45 41 - 48; 12
	DK-i félkör, R<10 km	49 41 - 64; 28
	DK-i félkör, R≥10 km	51 40 - 63; 32
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,031 0,018 - 0,049; 12(12)
	DK-i félkör, R<10 km	0,037 0,018 - 0,096; 12(12)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,0050 0,0033 - 0,0094; 8(2)

* 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)

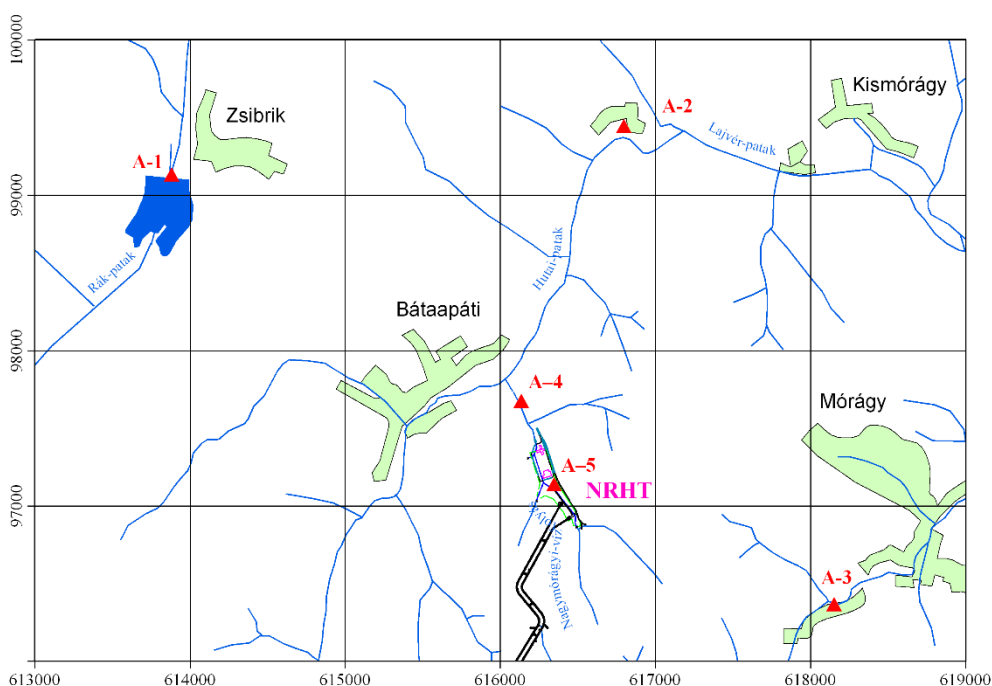
Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Sertés, Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	0,089; 1(1)
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,12 0,097 - 0,24; 9(9)
Sertés, K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	110; 1
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	120 110 - 130; 8
Szarvasmarha, Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	0,091; 1(1)
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,096; 1(1)
Szarvasmarha, K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	120; 1(1)
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	110; 1(1)
Baromfi, Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	0,10 - 0,14; 2(2)
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,10 0,078 - 0,12; 5(5)
Baromfi, K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	110 - 130; 2
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	130 120 - 130; 5

* 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. táblázatban mutatjuk be. Az adatok öt mintavevő (A1-A5 állomások) összesített eredményeit tükrözik. Az egyik mintavevő a telephelyen, négy pedig a telephely 3 km-es környezetében található különböző távolságokban. Az 5-10. ábrán az A3 állomás összes béta-koncentrációinak időbeli változását mutatjuk be.



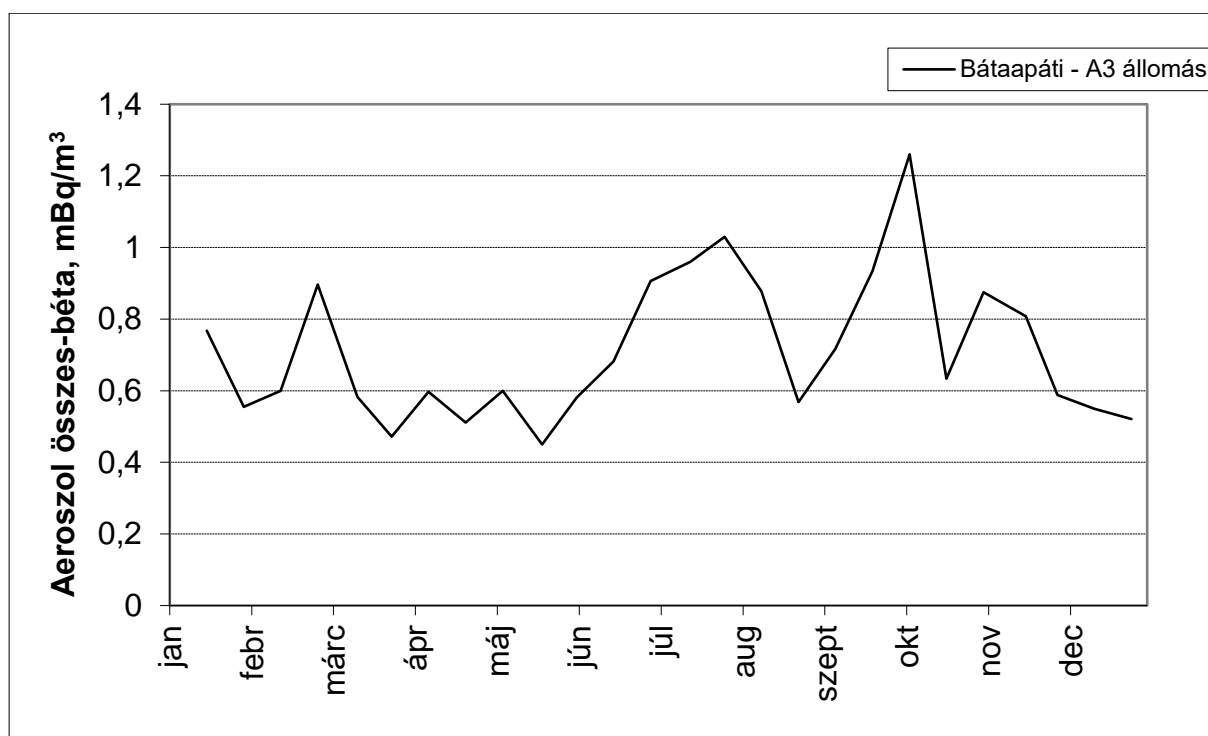
5-9. ábra

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

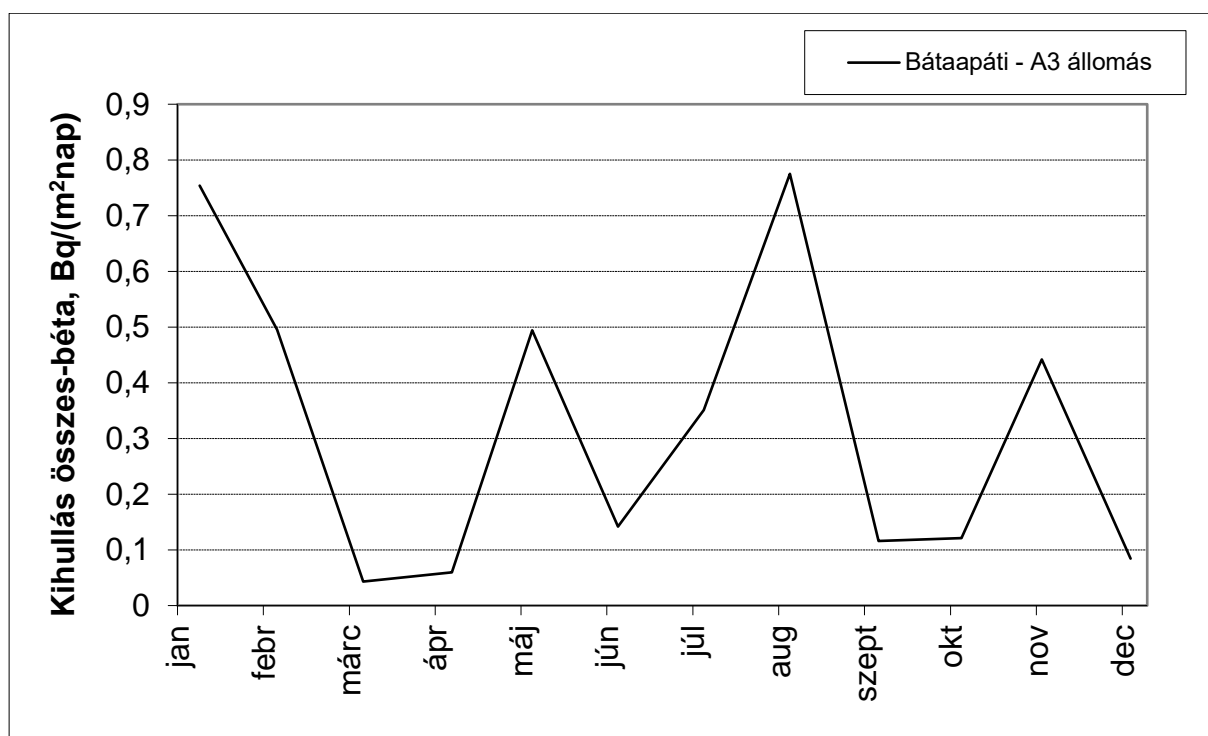
Radionuklid	Átlag mBq/m ³	Minimum mBq/m ³	Maximum mBq/m ³	Szórás mBq/m ³	N	Kha
Be-7	3,5	0,091	9,1	1,8	208	30
Co-60	-	-	-	-	208	208
Cs-137	-	-	-	-	208	208
K-40	0,95	0,010	30	2,0	208	179
Összes-béta	0,61	0,018	1,5	0,28	208	0

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. táblázatban foglaltuk össze. Az 5-11. ábrán az A3 állomáson mért kihullás összes béta-aktivitásainak időbeli változását mutatjuk 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	770	65	1900	410	60	41
Co-60	-	-	-	-	60	60
Cs-137	-	-	-	-	60	60
K-40	-	14	440	-	60	55
Összes-béta	520	43	8700	1100	60	1

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. táblázatban mutatjuk 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	-	-	-	-	2	2
Cs-137	-	0,0015	0,0024	-	2	0
K-40	-	0,37	0,54	-	2	0
Ra-226	-	0,052	0,055	-	2	0
Összes-béta	-	0,64	0,78	-	2	0

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

5-23. táblázat

In-situ mérések eredményei 2021-ben (a ¹³⁷Cs mérések Bq/m²-ben, a többiek Bq/kg-ban vannak megadva)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Bátaapáti	Ac-228	-	52	58	-	2	0
Bátaapáti	Be-7	-	6,7	12	-	2	0
Bátaapáti	Bi-214	-	43	54	-	2	0
Bátaapáti	Cs-137	-	400	55	-	2	0
Bátaapáti	K-40	-	530	53	-	2	0
Bátaapáti	Pb-212	-	59	64	-	2	0
Bátaapáti	Pb-214	-	42	60	-	2	0
Bátaapáti	Tl-208	-	23	25	-	2	0
Mórágy	Ac-228	-	-	65	-	1	0
Mórágy	Be-7	-	-	6,2	-	1	0
Mórágy	Bi-214	-	-	54	-	1	0
Mórágy	Cs-137	-	-	480	-	1	0
Mórágy	K-40	-	-	710	-	1	0
Mórágy	Pb-212	-	-	79	-	1	0
Mórágy	Pb-214	-	-	59	-	1	0
Mórágy	Tl-208	-	-	28	-	1	0
Mócsény	Ac-228	-	-	49	-	1	0
Mócsény	Bi-214	-	-	39	-	1	0
Mócsény	Cs-137	-	-	640	-	1	0
Mócsény	K-40	-	-	580	-	1	0
Mócsény	Pb-212	-	-	57	-	1	0
Mócsény	Pb-214	-	-	42	-	1	0
Mócsény	Tl-208	-	-	21	-	1	0

5.2.4 A bátaapáti NRHT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményei

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

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

5-24. táblázat

A bátaapáti NRHT környezetében végzett felszíni víz mérési eredményeinek éves jellemzői

Radionuklid	Átlag Bq/l	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l	Szórás Bq/l	N	Kha
Co-60	-	-	-	-	4	4
Cs-137	-	-	-	-	4	4
K-40	-	0,12	0,45	-	4	1
Ra-226	-	0,037	0,49	-	4	1
Összes-béta	-	0,15	0,87	-	4	0

5.2.5 A bátaapáti NRHT környezetében mért növényminták adatai

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

A növényminták mérési eredményeit az 5-25. táblázatban foglaltuk 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	-	-	-	-	13	13
Cs-137	-	-	6,8	-	13	12
K-40	820	17	1400	350	13	0
Ra-226	37	2,9	110	37	13	3
Sr-90	-	-	-	-	6	6
Összes-béta	1200	640	1500	280	13	0

A NÉBIH laboratóriumi végeztek növény minta méréseket is Bábaapáti térségében, melyek eredményeit az 5-26. táblázatban mutatjuk be.

5-26. táblázat
A bábaapáti NRHT létesítményeinek környezetéből származó növény minták aktivitás-koncentrációja 2021-ben (Bq/kg)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Mórágy	Be-7	-	-	57	-	1	0
Mórágy	K-40	-	-	210	-	1	0
Mórágy	Pb-210	-	-	3,6	-	1	0
Mórágy	Sr-90	-	-	0,28	-	1	0
Mórágy	Összes-alfa	-	-	3,0	-	1	0
Mórágy	Összes-béta	-	-	240	-	1	0

5.3 A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló környezetellenőrzési mérési adatai

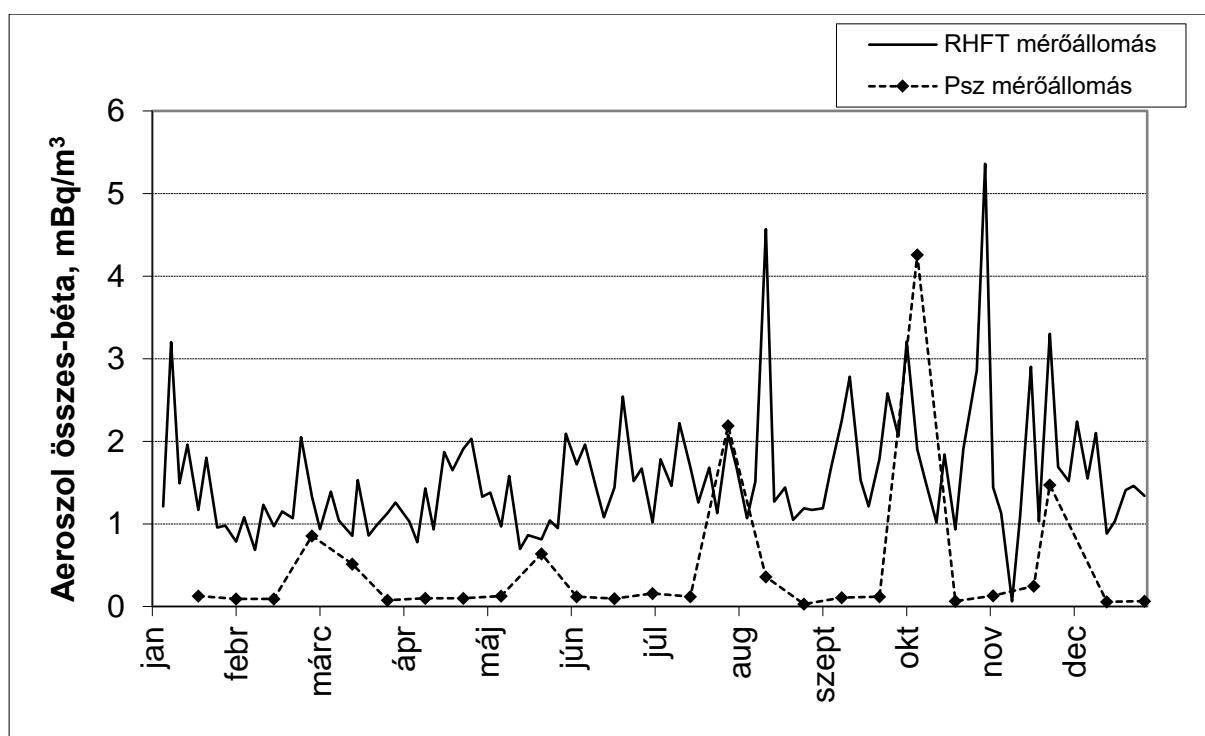
5.3.1 A püspökszilágyi RHFT környezetében mért aeroszol aktivitás-koncentráció adatok

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

A faluban elhelyezett mintavevő kisebb térfogatáramú (optimális beállítás szerint $2,3 \text{ m}^3/\text{h}$), 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

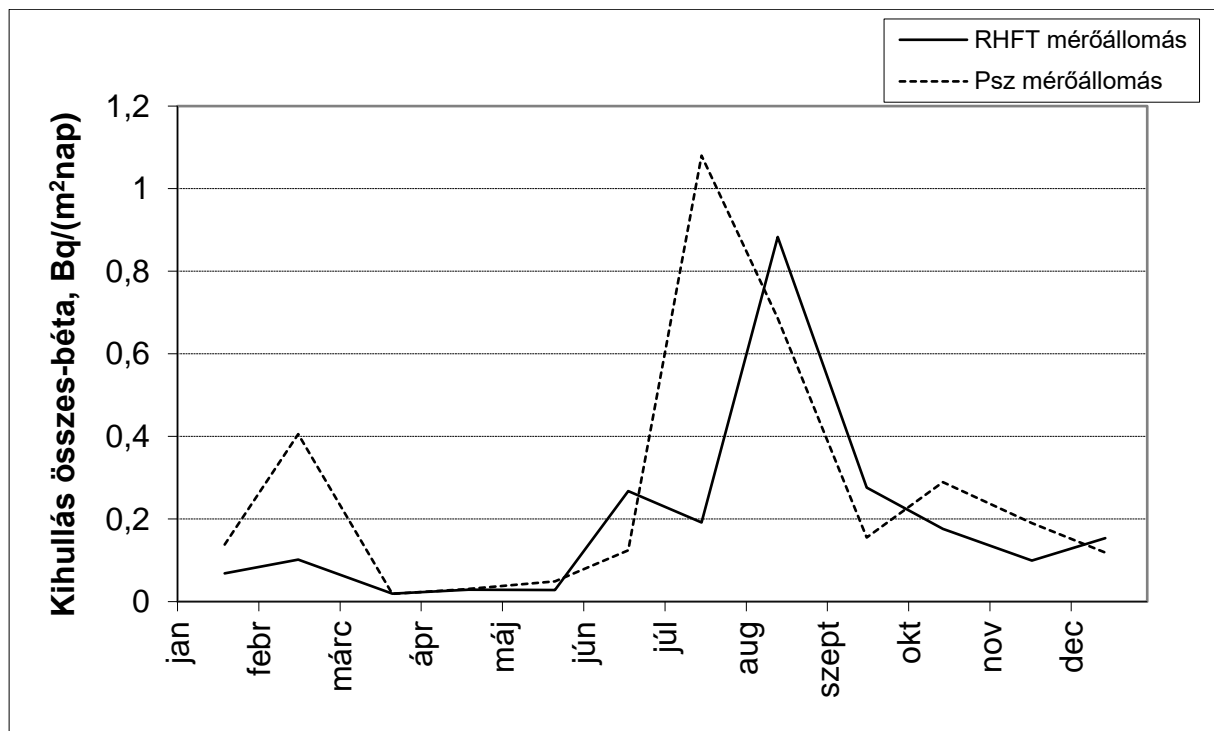
Meghatározás	Átlag mBq/m ³	Minimum mBq/m ³	Maximum mBq/m ³	Szórás mBq/m ³	N	Kha
Be-7	2,8	0,096	10	2,2	129	0
Cs-137	-	-	-	-	131	131
Összes-béta	1,3	0,028	5,4	0,90	131	6

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. táblázatban foglaltuk össze.



5-13. ábra

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

5-28. táblázat

A püspökszilágyi RHFT környezetében végzett kihullás mérések összefoglalása

Radionuklid	Átlag mBq/(m ² nap)	Minimum mBq/(m ² nap)	Maximum mBq/(m ² nap)	Szórás mBq/(m ² nap)	N	Kha
Be-7	910	110	4800	1200	24	0
Cs-137	-	-	-	-	24	24
K-40	-	250	520	-	5	0
Ra-226	-	-	210	-	1	0
Összes-béta	230	19	1100	280	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. táblázatban mutatjuk 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	-	-	140	-	1	0
Cs-137	4,8	0,38	14	4,0	31	2
K-40	410	340	500	44	31	0
Ra-226	54	25	78	14	32	0
Sr-90	0,46	0,14	1,5	0,29	20	5
Összes-béta	590	460	720	64	32	0

Püspökszilágy térségében a NÉBIH laboratóriumai is végeztek méréseket, melyek eredményeit az 5-30. táblázatban mutatjuk 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-koncentráció is meghatározásra kerül.

5-30. táblázat
A püspökszilágyi RHFT létesítményeinek környezetéből származó talajminták aktivitás-koncentrációja
2021-ben (Bq/kg)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Püspökszilágy	Ac-228	-	43	46	-	4	0
Püspökszilágy	Be-7	-	2,1	4,5	-	4	0
Püspökszilágy	Bi-212	-	25	27	-	4	0
Püspökszilágy	Bi-214	-	31	36	-	4	0
Püspökszilágy	Cs-137	-	7,0	18	-	4	0
Püspökszilágy	I-125	-	-	-	-	1	1
Püspökszilágy	I-131	-	-	-	-	1	1
Püspökszilágy	K-40	-	500	550	-	4	0
Püspökszilágy	Pa-234M	-	26	48	-	4	1
Püspökszilágy	Pb-210	-	52	74	-	4	0
Püspökszilágy	Pb-212	-	37	43	-	4	0
Püspökszilágy	Pb-214	-	32	38	-	4	0
Püspökszilágy	Sr-90	-	0,73	1,6	-	4	0
Püspökszilágy	Th-234	-	31	71	-	4	0
Püspökszilágy	Tl-208	-	9,8	15	-	4	0
Püspökszilágy	U-235	-	1,7	4,0	-	4	0
Püspökszilágy	Összes-béta	-	670	750	-	4	0

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

5-31. táblázat
In-situ mérések eredményei 2021-ben (a ¹³⁷Cs mérések Bq/m²-ben, a többiek Bq/kg-ban vannak megadva)

Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Kisnémedi	Ac-228	-	-	37,1	-	1	0
Kisnémedi	Be-7	-	7,15	18,6	-	2	0
Kisnémedi	Bi-214	-	31,2	39,2	-	2	0
Kisnémedi	Cs-137	-	757	1125	-	2	0
Kisnémedi	K-40	-	482	511	-	2	0
Kisnémedi	Pb-212	-	42,2	52,3	-	2	0
Kisnémedi	Pb-214	-	33,9	40,6	-	2	0
Kisnémedi	Tl-208	-	15,3	18,1	-	2	0
Püspökszilágy	Ac-228	-	28,8	44,7	-	4	0
Püspökszilágy	Be-7	-	7,51	10,7	-	2	0
Püspökszilágy	Bi-214	-	26,7	40	-	4	0
Püspökszilágy	Cs-137	-	175	1890	-	4	0
Püspökszilágy	K-40	-	468	525	-	4	0
Püspökszilágy	Pb-212	-	33,8	51,9	-	4	0
Püspökszilágy	Pb-214	-	28,3	44,4	-	4	0
Püspökszilágy	Tl-208	-	11,5	19,4	-	4	0

5.3.4 A püspökszilágyi RHFT környezetében végzett felszíni vízmérések eredményei

A felszíni vizeket 7 ponton mintázzák. A mintavételi gyakoriság féléves, illetve éves. Az összes béta-mérésekhez 10 liter vízmennyiséget párolnak be, és a bepárlási maradékból 1 g aktivitását mérik. A mérés jellemző kimutatási határa 10 mBq/l. A gamma-spektrometriai méréshez szintén 10 liter vizet párolnak be, és a teljes bepárolt mennyiséget elemzik. A mérés jellemző kimutatási határa 1-2 mBq/l (a 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	-	0,18	0,38	-	7	0
Ra-226	-	0,053	0,058	-	3	0
Sr-90	-	-	0,014	-	3	2
Összes-béta	-	0,057	0,38	-	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. táblázatban foglaltuk 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	130	31	210	47	24	0
Cs-137	-	0,17	2,6	-	27	24
K-40	570	130	1500	350	27	0
Ra-226	-	1,2	24	-	3	0
Sr-90	0,27	0,096	0,55	0,12	20	6
Összes-béta	450	210	870	190	27	0

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

5-34. táblázat

A püspökszilágyi RHFT létesítményeinek környezetéből származó növényminták aktivitás-koncentrációja 2021-ben (Bq/kg)

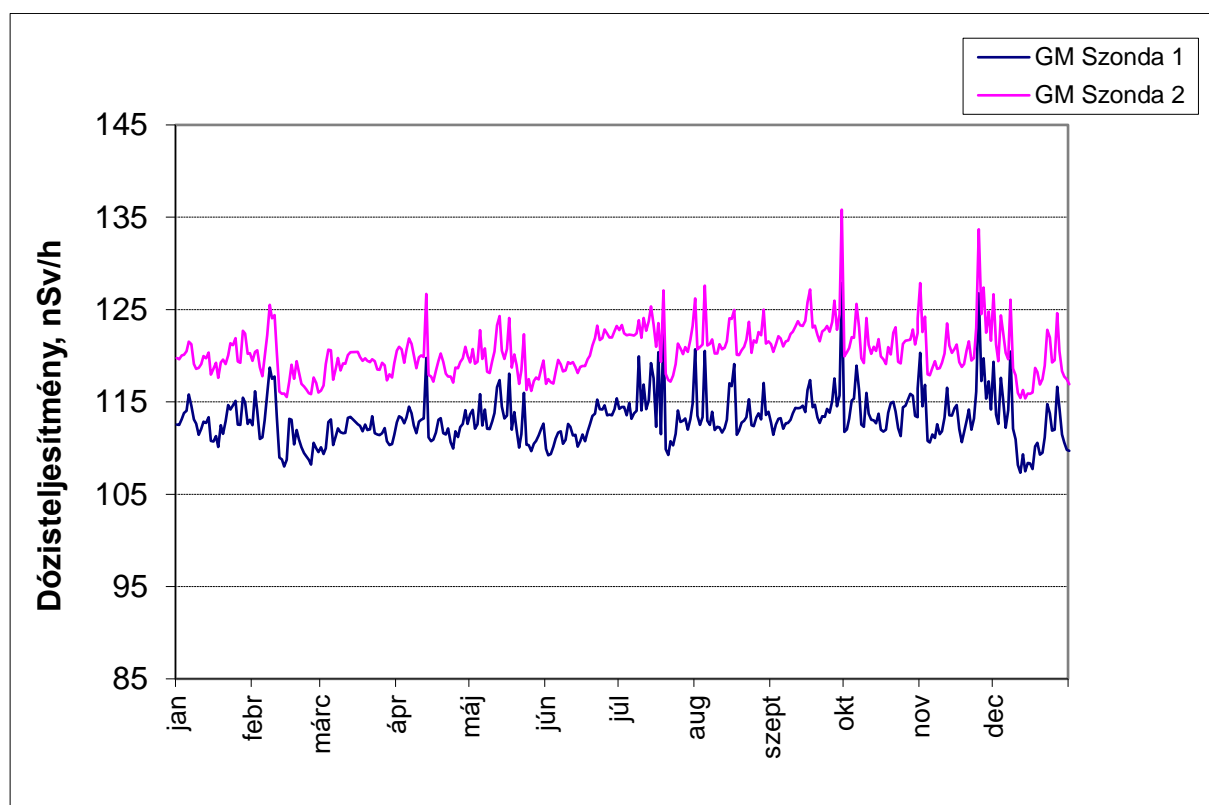
Hely	Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Püspökszilágy	Be-7	-	17	58	-	4	0
Püspökszilágy	K-40	-	170	230	-	4	0
Püspökszilágy	Pb-210	-	2,3	7,2	-	4	0
Püspökszilágy	Pb-212	-	0,088	0,72	-	4	0
Püspökszilágy	Pb-214	-	0,18	0,79	-	4	0
Püspökszilágy	Sr-90	-	0,16	0,30	-	4	0
Püspökszilágy	Összes-alfa	-	1,1	26	-	4	0
Püspökszilágy	Összes-béta	-	190	210	-	4	0

5.4 A Központi Fizikai Kutató Intézet telephely környezetellenőrzési mérési adatai

A Központi Fizikai Kutató Intézet 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 Központi Fizikai Kutató Intézet (a továbbiakban: 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 háttér szintet 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 2021-ben két „környezeti” elhelyezésű állomáson

A szondák az intézetben kifejlesztett elektronikát és 2 GM-csővet 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>.) Az éves feldolgozott adatokat az EK KVSz Éves Jelentése tartalmazza, amelyet az EK KVSz honlapján (<http://kvsz.kfki.hu/>) lehet megtekinteni a „Jelentések” menüpontban.

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. táblázatban foglaltuk 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	3,5	0,20	14	2,7	102	3
Co-60	-	-	-	-	102	102
Cs-137	-	-	-	-	102	102
I-125	0,8	0,1	5,7	0,94	260	186
I-131	-	0,1	1,2	-	260	255
Összes-béta	0,96	0,12	4,8	0,50	237	0

Az alkalmazott számítógépes programok illetve kiértékelési algoritmus szerint azokat az eredményeket nem soroljuk az elfogadott adatok közé, amelyeknél ugyan minőségileg azonosítható a keresett komponens, de relatív bizonytalansága (hibája) meghaladja a 30%-ot. A kimutatási határ alatti mérések számát 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, ill., 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	28	10	103	22	52	24
Co-60	-	-	-	-	52	52
Cs-137	-	-	-	-	52	52
I-125	1,8	0,30	6,4	1,4	52	35
I-131	-	-	1,2	-	52	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	61	13	188	54	12	0
Co-60	-	-	-	-	12	12
Cs-137	-	-	-	-	12	12
I-125	-	0,20	1,1	-	12	3
I-131	-	-	-	-	12	12

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

5.4.4 A KFKI telephely területén mért talajmérési eredmények

A KFKI Telephelyen az EK KVSz 1 alkalommal végzett talajvizsgálatot 2021-ben.

5-38. táblázat

A KFKI telephelyen végzett talajminta mérési eredmények 2021. 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	-	-	20	-	1	0
Co-60	-	-	-	-	1	1
K-40	-	-	360	-	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. táblázatban adjuk meg.

5-39. táblázat

A KFKI telephelyen végzett fű- gomba-és mohaminta mérések eredményeinek 2021. évi összefoglalása

Radionuklid	Átlag Bq/kg	Minimum Bq/kg	Maximum Bq/kg	Szórás Bq/kg	N	Kha
Be-7	-	46	377	-	5	2
I-125	-	-	-	-	5	5
I-131	-	-	-	-	5	5
Cs-137	-	2	20	-	5	3
Co-60	-	-	-	-	5	5
K-40	-	257	1316	-	5	0

A NÉBIH laboratóriumi végeztek növény minta méréseket is a KFKI térségében, melyek eredményeit az 5-40. táblázatban mutatjuk be.

5-40. táblázat
A KFKI környezetéből származó növény minták aktivitás-koncentrációja 2021-ben (Bq/kg)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Be-7	31	0,91	130	32	52	30
Bi-212	9,5	0,48	27	4,7	52	29
Bi-214	3,6	0,12	11	2,0	52	20
Cs-137	-	0,14	1,7	-	52	47
I-125	0,66	0,056	1,4	0,22	51	27
I-131	-	-	1,6	-	51	50
K-40	140	56	270	35	52	0
Pb-210	13	0,68	42	9,2	52	34
Pb-212	12	0,089	48	10,8	52	4
Pb-214	3,1	0,11	7,8	1,5	52	20
Sb-125	-	0,14	5,3	-	52	48
Sr-90	-	0,206	0,34	-	2	0
Th-234	-	0,53	15	-	52	50
Tl-208	2,5	0,069	7,9	1,8	52	33
U-235	-	0,034	11	-	52	48
Összes-alfa	-	-	7,1	-	2	1
Összes-béta	-	160	200	-	2	0

5.5 A BME NTI Oktatóreaktor telephely környezetellenőrzési mérési adatai

A BME NTI OR környékén 2021. év során elvégzett környezetellenőrző vizsgálatok – Duna-víz és kihullás összes béta, valamint talaj- és növényminták nuklid-specifikus kiértékelésének – eredményeit az 5-41. – 5-47. táblázatok mutatják be.

A 2021. évi környezetellenőrző mérések eredményei lényegében megfelelnek az elmúlt években mért értékeknek.

5-41. táblázat

<i>A 2021. évi Dunavíz-minták aktivitáskoncentrációja havi átlagban</i>		
<i>Hónap</i>	<i>Össz-béta aktivitáskoncentráció (Bq/m³)</i>	<i>Össz-gamma aktivitáskoncentráció (Bq/m³)</i>
<i>Január</i>	< 6,68 E+02	1,84 E+04
<i>Február</i>	< 5,71 E+02	4,60 E+03
<i>Március</i>	< 6,11 E+02	1,09 E+04
<i>Április</i>	< 9,4 E+02	< 6,5 E+03
<i>Május</i>	< 1,50 E+03	< 4,3 E+03
<i>Június</i>	< 7,1 E+02	< 4,3 E+03
<i>Július</i>	< 7,01 E+02	< 4,81 E+03
<i>Augusztus</i>	< 7,81 E+02	< 4,39 E+03
<i>Szeptember</i>	< 5,36 E+02	< 4,39 E+03
<i>Október</i>	< 3,44 E+02	< 4,39 E+03
<i>November</i>	< 1,18 E+03	< 6,51 E+03
<i>December</i>	< 6,83 E+02	< 4,39 E+03

5-42. táblázat

<i>A 2021. évi fall-out össz-béta aktivitáskoncentrációja</i>	
<i>Hónap</i>	<i>Össz-béta aktivitáskoncentráció (Bq/m²)</i>
<i>Január</i>	3,18
<i>Február</i>	2,55
<i>Március</i>	<1,66
<i>Április</i>	<29,03
<i>Május</i>	15,74
<i>Június</i>	10,2
<i>Július</i>	<4,25
<i>Augusztus</i>	8,96
<i>Szeptember</i>	4,64
<i>Október</i>	<8,63
<i>November</i>	6,54
<i>December</i>	8,39

5-43. táblázat

<i>2021-ben a levegőben lévő, aeroszolhoz kötött radioaktív izotópok aktivitáskonzentrációja</i>		
<i>Hónap</i>	<i>Össz-béta aktivitáskonzentráció (Bq/m³)</i>	<i>Össz-gamma aktivitáskonzentráció (Bq/m³)</i>
<i>Január</i>	4,97 E-04	4,26 E-03
<i>Február</i>	4,89 E-04	4,37 E-03
<i>Március</i>	<4,40 E-04	4,26 E-03
<i>Április</i>	<5,04 E-04	<3,77 E-03
<i>Május</i>	<4,97 E-04	<3,39 E-03
<i>Június</i>	<5,15 E-04	<4,37 E-03
<i>Július</i>	<6,73 E-04	<2,24 E-03
<i>Augusztus</i>	<5,24 E-04	<3,84 E-03
<i>Szeptember</i>	<6,72 E-04	<4,17 E-03
<i>Október</i>	<7,29 E-04	<4,12 E-03
<i>November</i>	<7,82 E-04	<3,79 E-03
<i>December</i>	<4,56 E-04	<3,53 E-03

5-44. táblázat

<i>2021 tavaszi FŰMINTA izotópszелеktív aktivitáskonzentrációja</i>	
<i>Vizsgált nuklid</i>	<i>Aktivitáskonzentráció (Bq/g)</i>
<i>⁶⁰Co</i>	<1,55 E-03
<i>¹³⁷Cs</i>	<1,33 E-03
<i>¹³⁴Cs</i>	<7,02 E-03
<i>¹³¹I</i>	<1,43 E-03
<i>⁴⁰K</i>	5,41 E-01
<i>Tórium sor</i>	<2,93 E-03
<i>Rádium sor</i>	1,73 E-02

5-45. táblázat

<i>2021 tavaszi TALAJMINTA izotópszелеktív aktivitáskonzentrációja</i>	
<i>Vizsgált nuklid</i>	<i>Aktivitáskonzentráció (Bq/g)</i>
<i>⁶⁰Co</i>	<1,49 E-04
<i>¹³⁷Cs</i>	8,05 E-03
<i>¹³⁴Cs</i>	<9,36 E-04
<i>¹³¹I</i>	<1,45 E-04
<i>⁴⁰K</i>	2,02 E-01
<i>Tórium sor</i>	1,61 E-02
<i>Rádium sor</i>	2,23 E-01

5-46. táblázat

<i>2021 őszi FŰMINTA izotópszelektív aktivitáskoncentrációja</i>	
<i>Vizsgált nuklid</i>	<i>Aktivitáskoncentráció (Bq/g)</i>
^{60}Co	<5,76 E-04
^{137}Cs	<6,39 E-04
^{134}Cs	<3,51 E-03
^{131}I	<3,26 E-04
^{40}K	2,65 E-01
<i>Tórium sor</i>	<1,69 E-03
<i>Rádium sor</i>	1,86 E-02

5-47. táblázat

<i>2021 őszi TALAJMINTA izotópszelektív aktivitáskoncentrációja</i>	
<i>Vizsgált nuklid</i>	<i>Aktivitáskoncentráció (Bq/g)</i>
^{60}Co	<2,84 E-04
^{137}Cs	7,64 E-03
^{134}Cs	<2,75 E-03
^{131}I	<1,97 E-04
^{40}K	2,74 E-01
<i>Tórium sor</i>	1,83 E-02
<i>Rádium sor</i>	2,87 E-02

6 Országhatáron túli hatások

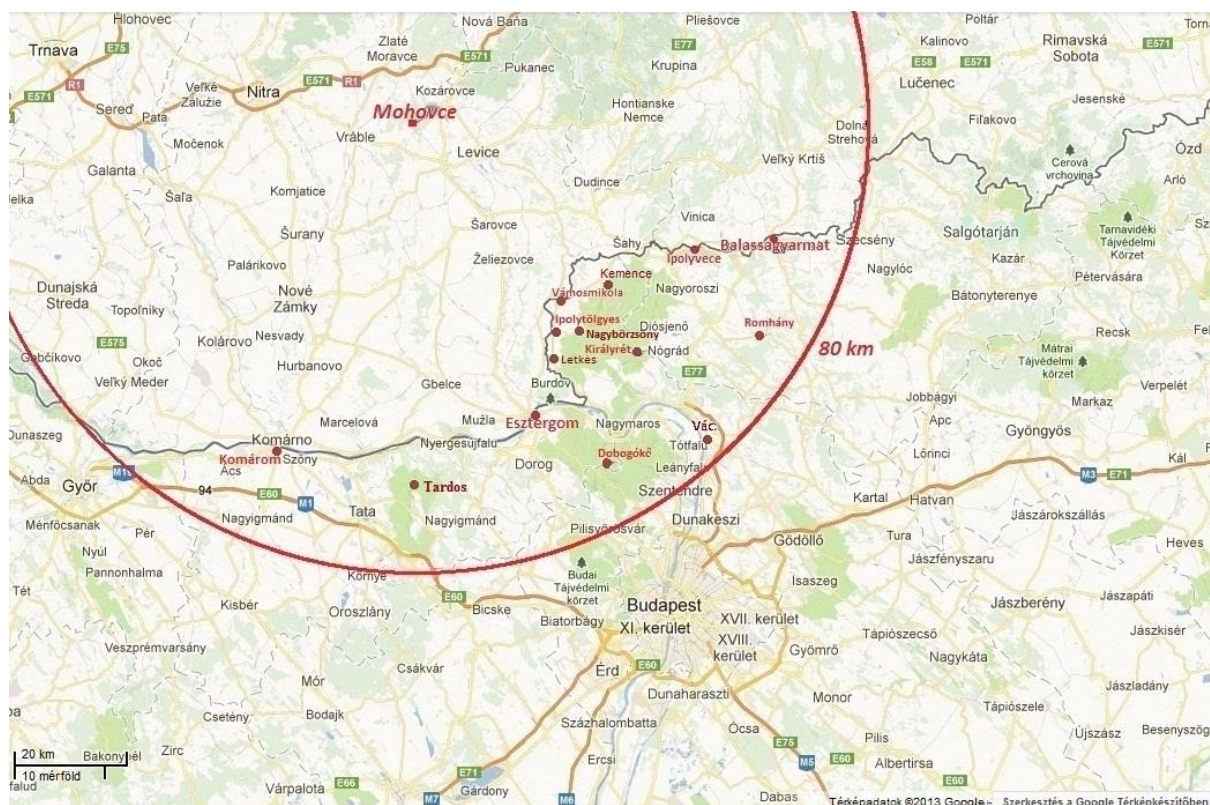
6.1 A mohi atomerőmű környezetébe eső hazai területen mért eredmények

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. 2021-ben a mérőrendszer meghibásodása miatt csak a tavaszi méréseket tudták elvégezni. 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. táblázatban mutatjuk be.



6-1. ábra
A mohi atomerőmű hazai környezetének mérési helyszínei

6-1. táblázat
In-situ mérések eredményei 2021-ben (a Cs-137 mérések kBq/m²-ben, a többiek Bq/kg-ban vannak megadva)

Radionuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Ac-228	30	13	43	6,6	24	0
Bi-214	28	11	49	8,7	25	0
Cs-137	1,2	0,31	2,5	0,61	26	0
K-40	410	190	540	80	25	0
Pb-212	32	20	51	7,4	26	0
Pb-214	30	9,7	46	9,0	26	0
Tl-208	27	9,3	96	15	26	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. táblázatban mutatjuk be H*(10) egységben.

6-2. táblázat
Az NNK SSFO 2021. évi dózisteljesítmény méréseinek eredményei (EüÁ)

Település	Dózisteljesítmény 1. félév (nSv/h)	Dózisteljesítmény 2. félév (nSv/h)
Komárom	75	77
Esztergom	77	84
Dobogókő	81	79
Királyrét	87	93
Vámosmikola	84	94
Romhány	89	113
Balassagyarmat	76	81
Tardos	89	97

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 2021. évi dózisteljesítmény méréseinek eredményei

Település	Átlag, nSv/h	Minimum, nSv/h	Maximum, nSv/h	Szórás, nSv/h	N
Bernecebaráti	-	102	125	-	2
Kemence	-	100	117	-	2
Nagybörzsöny	-	101	102	-	2
Perócsény	-	105	122	-	2
Tésa	-	80	95	-	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. táblázatban mutatjuk be.

6-4. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetében vett fall-out minták aktivitása 2021-ben, Bq/(m²·30 nap)

Radionuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Be-7	87,1	8,5	242	58,4	24	0
Cs-137	0,2	0,1	0,47	0,09	24	18
K-40	18,8	1,75	112	34,2	24	4
Pb-210	27,6	2,53	263	62,7	24	1
Összes-béta	12,9	3,2	36,5	8,3	24	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-koncentráció is meghatározásra kerül.

A mérések eredményeit a 6-5. táblázatban mutatjuk be.

6-5. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó talajminták aktivitás-koncentrációja 2021-ben (Bq/kg)

Radionuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	8	8
Cs-137	8,1	2,4	15	4,3	12	0
K-40	460	390	570	58	12	0
Sr-90	-	-	0,95	-	1	0
Összes-béta	650	530	740	75	11	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. Ezeken a mintákon 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. táblázatban mutatjuk be.

6-6. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó fűminták aktivitás-koncentrációja 2021-ben (Bq/kg)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	21	21
Cs-137	0,40	0,054	2,7	0,57	18	7
K-40	460	150	930	220	18	0
Sr-90	1,0	0,19	2,4	0,70	12	0
Összes-alfa	11	1,9	38	8,5	12	0
Összes-béta	450	140	810	190	18	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). Ezeken a mintákon összes béta-aktivitáskoncentráció és gamma-spektrometriai vizsgálatot végez. A minta-előkészítés szárítást, a száraz tömeg mérését, majd hamvasztást jelent. A gamma-spektrometriai analízist a minta 420 °C-on izzított hamujának legalább 50 cm³-éből, az összes béta-aktivitáskoncentráció meghatározását pedig ennek a hamunak 1 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 laboratóriumi 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 zöldségfélékből, vadon termő ehető gombákból, illetve a gyökérezőségekből, – kémiai elválasztás után – a ⁹⁰Sr aktivitás-koncentrációt is meghatározzák.

A mérések eredményeit a 6-7. táblázatban mutatjuk be.

6-7. táblázat

A mohi atomerőmű hazai környezetéből származó zöldség- és gyümölcsminták aktivitás-koncentrációja 2021-ben (Bq/kg)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
Cs-134	-	-	-	-	10	10
Cs-137	-	0,015	0,15	-	10	7
K-40	120	41	240	66	10	0
Sr-90	-	0,068	0,54	-	6	0
Összes-alfa	-	0,20	3,6	-	6	4
Összes-béta	110	31	240	68	10	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 Nagybörzsöny) vesz felszíni vízmintákat félévente. Ezeknek a mintáknak meghatározza az összes béta aktivitás-koncentrációját, valamint a trícium és ^{40}K koncentrációját. A mintaelőkészítés az összes béta-aktivitás mérés esetén bepárlást és $420\text{ }^\circ\text{C}$ -on történő hamvasztást jelent, a trícium mérés esetén pedig desztillálást. A ^{40}K 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 aktivitáskoncentrációja (Bq/l)

Nuklid	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás	N	Kha
H-3	-	2	3	-	6	5
K-40	0,11	0,05	0,24	0,066	6	0
Összes-béta	0,178	0,094	0,265	0,07	6	0

Az NNK SSFO ugyanezek a helyszíneken, ugyancsak féléves gyakorisággal vett iszapmintákat is vizsgál gamma-spektrometriai módszerrel. A gamma-spektrometriai vizsgálatot a $105\text{ }^\circ\text{C}$ -on szárított mintákon, Marinelli-geometriában (600 cm^3 térfogaton) végzik, 40000 s mérési idővel. A ^{137}Cs aktivitás-koncentrációjára vonatkozó mérési eredményeket a 6-9. táblázat tartalmazza.

6-9. táblázat

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

Település	1. félév	2. félév
Kemence	$3,4 \pm 0,2$	$4,7 \pm 0,14$
Letkés	$8,9 \pm 0,45$	$8,8 \pm 0,26$
Nagybörzsöny	$14,5 \pm 0,58$	$9,8 \pm 0,39$

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 aktivitáskonzentrációját, 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
H-3	3,1	2	4,6	1,14	6	2
K-40	0,081	0,066	0,1	0,013	6	0
Összes-béta	0,13	0,094	0,176	0,027	6	0

7 Kibocsátási eredmények

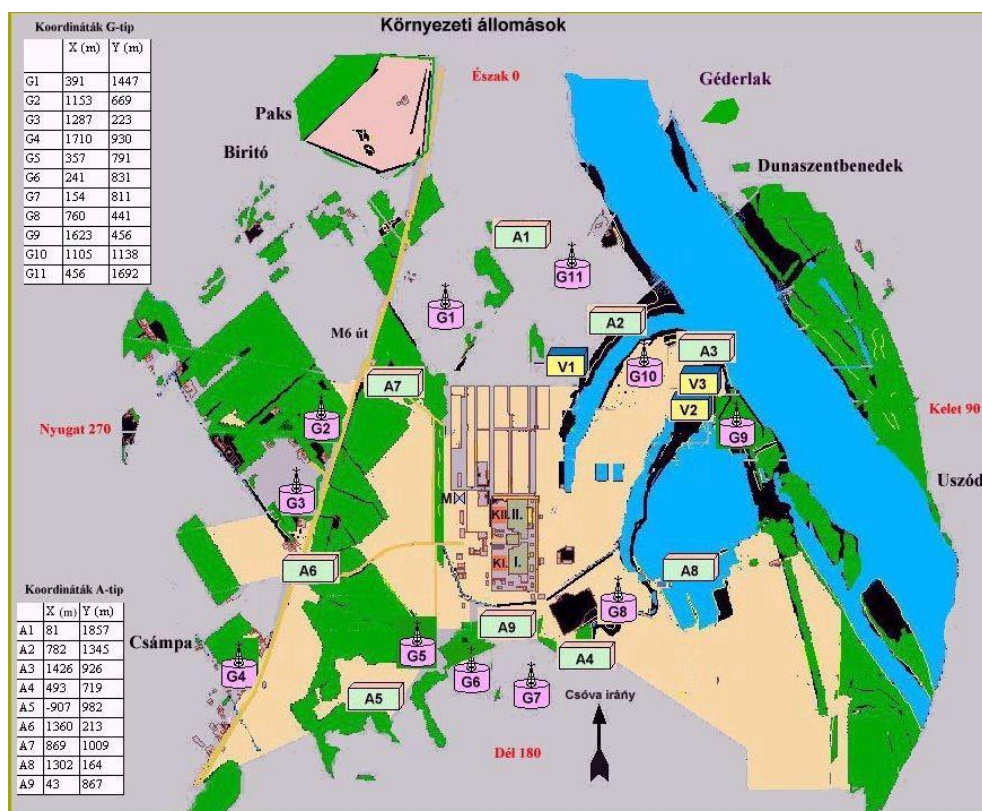
7.1 A Paksi Atomerőmű kibocsátásai

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 489 és 492 ezer m³/óra volt.

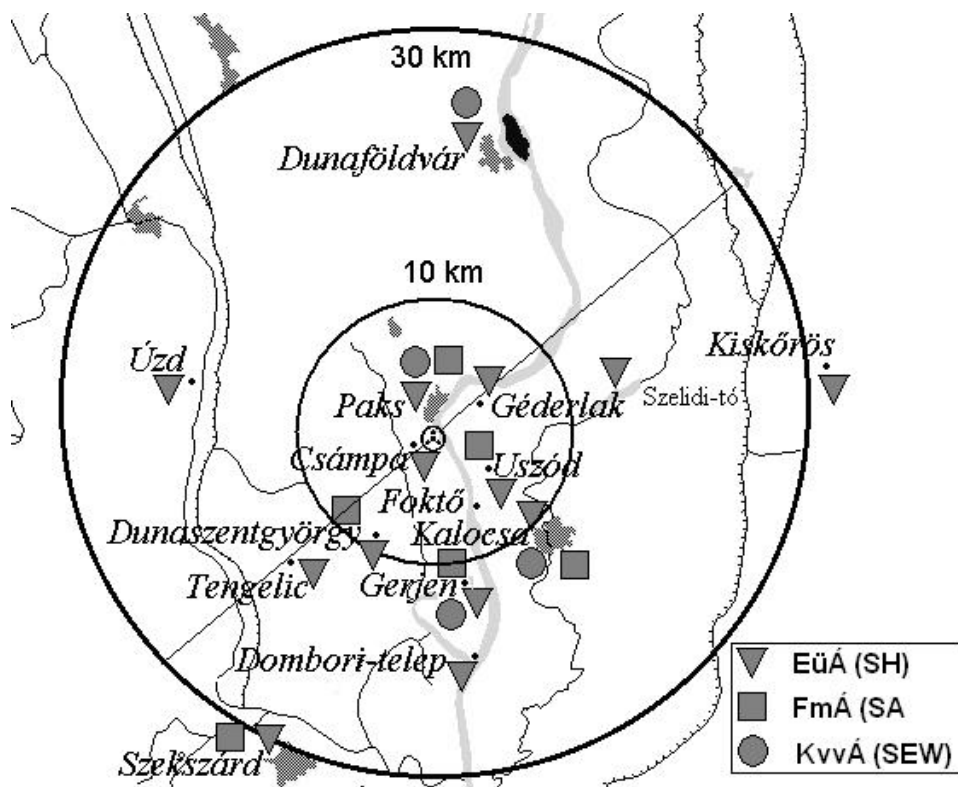
A blokkok karbantartási ideje 2021-ben a következő volt:

1. blokk: április 30. – május 27.
2. blokk: október 16. – december 17.
3. blokk: 2021-ben nem volt karbantartás.
4. blokk: augusztus 14. – szeptember 13.



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 fejezetben került bemutatásra.

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 μ Sv) származtatott nuklid- és kibocsátási útvonal specifikus kibocsátási határértékekkel kell összevetni.

7.1.1 Légekőri kibocsátás

A légekőri kibocsátás radioizotópjainak aktivitása a 7-1. táblázatban látható. Az értékek a hatóság által jóváhagyott üzemi mérések eredményei, amelyeket a sugárterhelés becsléséhez is felhasználtunk. 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), 2021.

Izotóp	Kibocsátás ¹ [Bq]	Éves korlát ² [Bq]	A kibocsátási határérték kritérium kihasználásága ³
⁴¹ Ar	1,64E+13	4,60E+16	3,57E-04
⁸⁵ Kr	7,33E+10	1,20E+19	6,11E-09
^{85m} Kr	3,50E+12	4,10E+17	8,53E-06
⁸⁷ Kr	1,53E+12	7,30E+16	2,09E-05
⁸⁸ Kr	1,91E+12	2,90E+16	6,59E-05
¹³³ Xe	6,39E+12	2,00E+18	3,19E-06
¹³⁵ Xe	4,11E+12	2,40E+17	1,71E-05
³ H (HT)	3,76E+11	2,20E+17	1,71E-06
³ H (HTO)	3,58E+12	1,70E+17	2,11E-05
¹⁴ C (CO ₂)	3,02E+10	1,30E+14	2,33E-04
¹⁴ C (CH ₄)	7,67E+11	1,50E+21	5,11E-10
⁸⁹ Sr	2,89E+05	4,30E+12	7,11E-08
⁹⁰ Sr *	1,15E+06	3,70E+11	3,13E-06
²⁴ Na	4,51E+07	1,50E+15	3,31E-08
⁴² K	4,12E+08	1,70E+16	2,68E-08
⁵¹ Cr	1,12E+07	8,80E+14	1,29E-08
⁵⁴ Mn	1,26E+06	1,80E+13	7,08E-08
⁵⁸ Co	1,37E+06	2,10E+13	6,60E-08
⁵⁹ Fe	2,88E+06	1,10E+13	2,65E-07
⁶⁰ Co	5,32E+06	2,40E+12	2,25E-06
⁶⁵ Zn	3,15E+06	2,30E+12	1,38E-06
⁷⁵ Se	1,27E+06	2,90E+12	4,42E-07
⁷⁶ As	2,22E+08	1,10E+15	2,04E-07
⁹⁵ Nb	1,64E+06	4,90E+13	3,40E-08
⁹⁵ Zr	2,17E+06	2,30E+13	9,56E-08
⁹⁹ Mo	2,06E+06	1,90E+15	1,17E-09
¹⁰³ Ru	1,04E+06	8,70E+12	1,22E-07
¹⁰⁶ Ru *	1,18E+07	2,30E+11	5,18E-05
^{110m} Ag	6,19E+06	4,80E+12	1,30E-06
¹²⁴ Sb	1,17E+06	8,90E+12	1,33E-07
¹²⁵ Sb	3,38E+06	1,40E+13	2,44E-07
¹³¹ I aer.	2,07E+06	3,70E+12	5,84E-07
¹³¹ I elemi	3,80E+07	7,80E+11	4,88E-05
¹³¹ I szerves	7,72E+07	9,50E+13	8,13E-07
¹³² I elemi	1,39E+06	3,20E+15	4,34E-10
¹³³ I elemi	1,20E+07	3,70E+14	3,25E-08
¹³³ I szerves	3,73E+06	1,30E+15	2,87E-09
¹³⁴ Cs	1,15E+06	8,20E+11	1,42E-06
¹³⁷ Cs *	8,32E+06	1,00E+12	8,35E-06
¹⁴⁰ Ba *	1,12E+07	2,90E+13	3,98E-07
¹⁴¹ Ce	1,64E+06	4,60E+13	3,62E-08
¹⁴⁴ Ce *	1,23E+07	3,50E+12	3,55E-06
¹⁵⁴ Eu	2,05E+06	5,10E+12	4,05E-07
Összesen	-	-	8,55E-04

a *-gal jelölt izotópok aktivitását leányelemükkel együtt adtuk meg

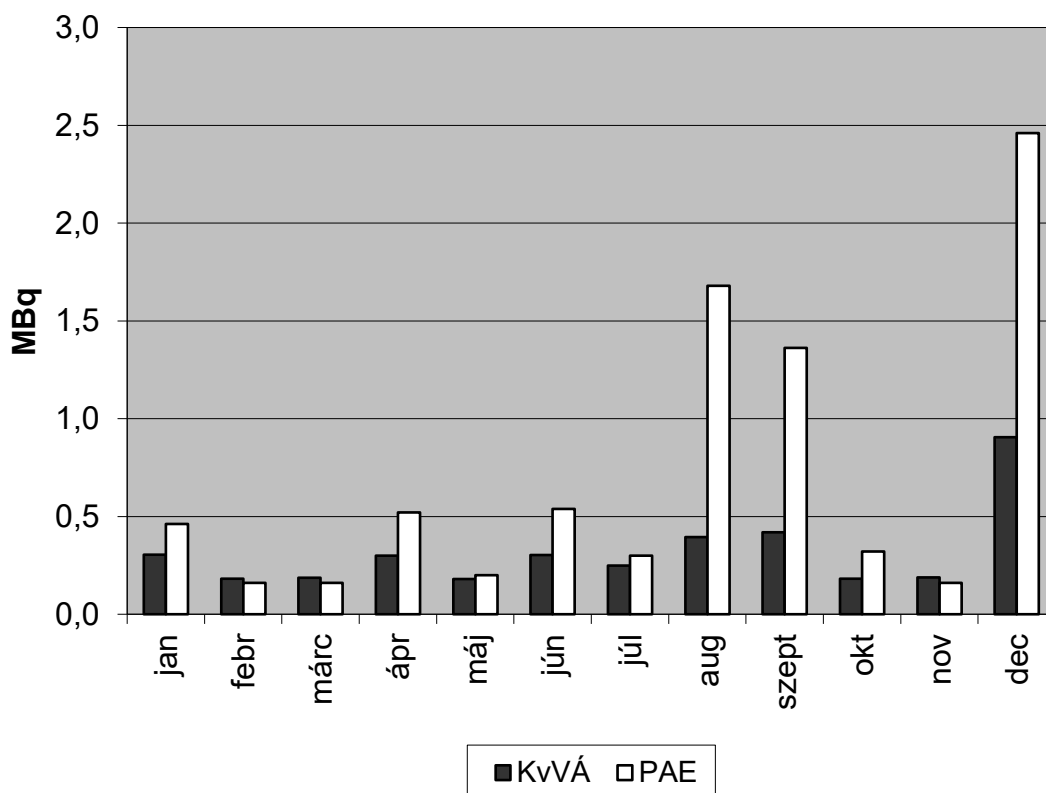
a táblázatban a blokki kibocsátásokat¹, a 120 m-re vonatkozó korlátokat² és a teljes kihasználtságot³ szerepeltetjük

Az aeroszol-kibocsátások 57%-a az 1.-2. blokk szellőzőkéményén keresztül történt, a két kiépítés kibocsátási arányai radionukliddól függően 0,07 – 22 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 határuk miatt).

A kibocsátások év közbeni alakulásának, továbbá az üzemi és a hatósági mérési eredmények együtt futásának szemléltetésére a 7-3. ábrán bemutatjuk 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.



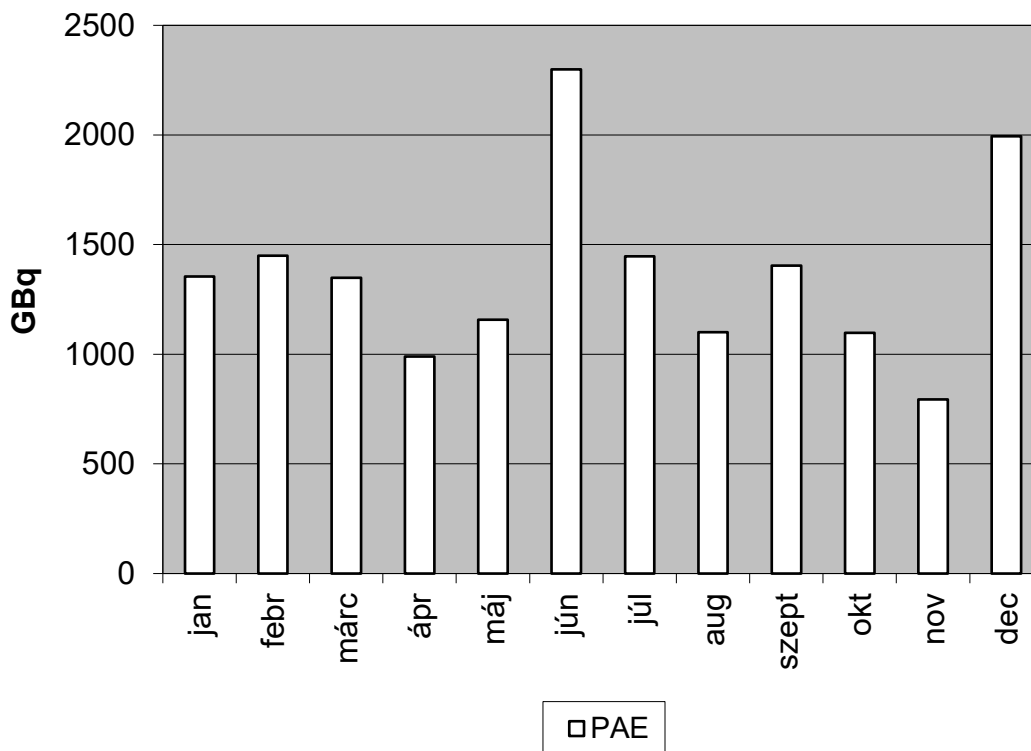
7-3. ábra

Havi légköri Cs-137 kibocsátások (leányelem nélkül) *

*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 adja meg)

Megállapíthatjuk, 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 2020. évhez hasonlóan igen kicsi, 0,086% 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 2021-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 868 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.

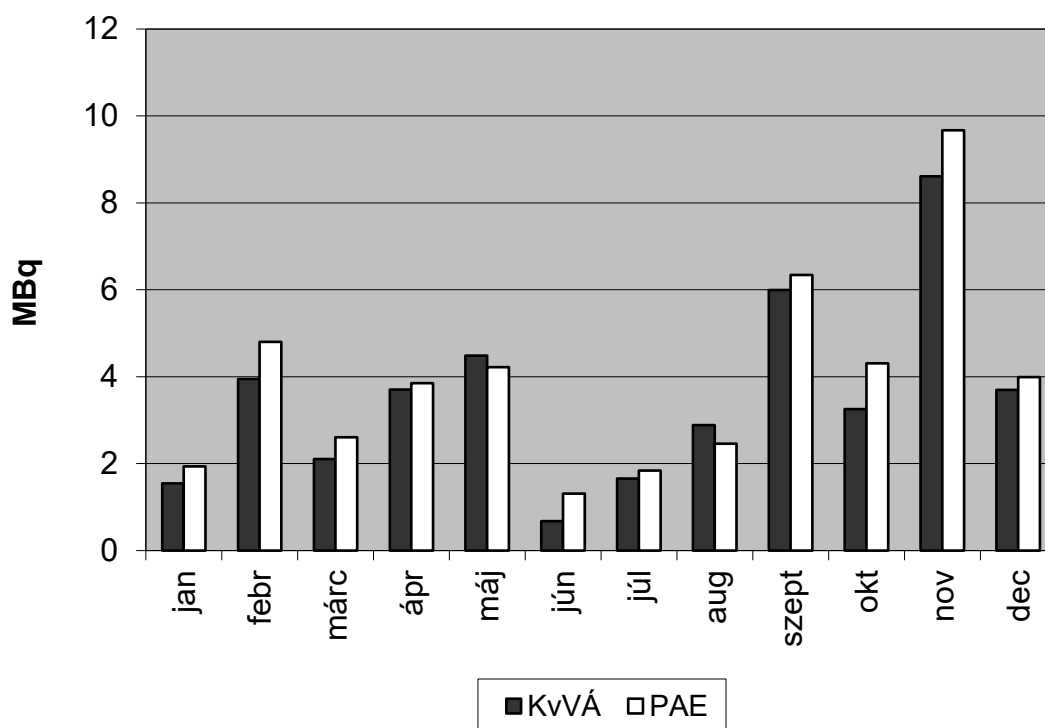
A befolyó és elvezető csatornák (V1, V2 és V3 jelű) vizének mérése, elsősorban az esetleg nem üzemszerűen távozó szennyeződések ellenőrzése céljából történik. A kibocsátási értékek a tartályokból kiengedett víz térfogatának és aktivitás-koncentrációjának segítségével határozhatók meg pontosan.

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 tartályminták (TM és XZ) heti, negyedéves, szűrőpróbaszerű mintavételezését követően azonnali feldolgozás után vizsgálja.

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

Az atomerőmű 2021-ben az ellenőrző tartályokból összesen 44777 m³ vizet bocsátott a Dunába. A legjelentősebb korróziós termék (⁶⁰Co) éves kibocsátott aktivitása a fele, a hasadási termékek közül a ¹³⁷Cs éves kibocsátása mintegy 17-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. ábrán bemutatjuk 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 tartálymérések alapján

7-2. táblázat

A hatóság által jóváhagyott PA Zrt. tartálymérések alapján meghatározott éves kibocsátások, 2021.

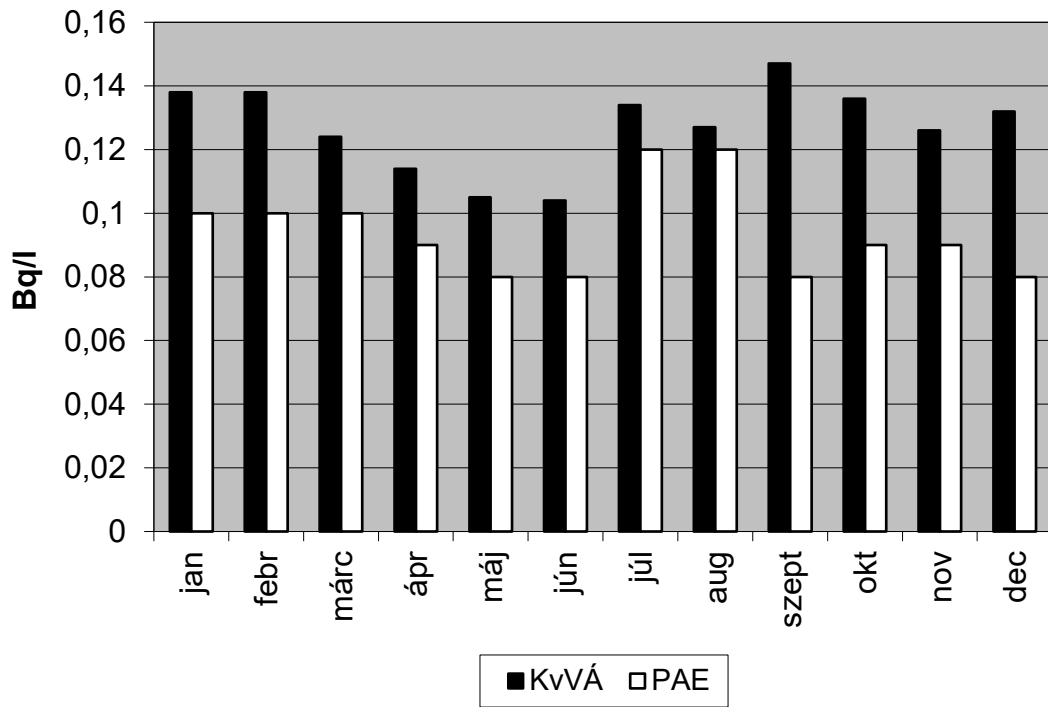
Izotóp	Kibocsátás [Bq]	Éves korlát [Bq]	A kibocsátási határérték kritérium kihasználásága
³ H	3,45E+13	2,90E+16	1,19E-03
¹⁴ C	3,65E+09	3,10E+12	1,18E-03
⁸⁹ Sr	2,18E+06	1,20E+13	1,82E-07
⁹⁰ Sr *	2,33E+06	2,20E+12	1,06E-06
⁵⁵ Fe	1,68E+07	4,30E+13	3,91E-07
⁵⁹ Ni	1,36E+07	4,00E+14	3,39E-08
⁷ Be	7,79E+07	3,00E+14	2,60E-07
⁵¹ Cr	8,40E+07	2,70E+14	3,11E-07
⁵⁴ Mn	1,58E+07	1,00E+13	1,58E-06
⁵⁸ Co	1,21E+07	3,20E+12	3,78E-06
⁵⁹ Fe	1,78E+07	2,30E+12	7,72E-06
⁶⁰ Co	4,73E+07	9,50E+11	4,98E-05
⁶⁵ Zn	1,93E+07	1,40E+12	1,38E-05
⁹⁵ Nb	1,22E+07	2,10E+12	5,83E-06
⁹⁵ Zr	1,59E+07	8,50E+12	1,87E-06
⁹⁹ Mo	3,04E+07	1,30E+14	2,34E-07
¹⁰³ Ru	9,39E+06	9,00E+11	1,04E-05
¹⁰⁶ Ru *	7,98E+07	1,10E+12	7,26E-05
^{110m} Ag	4,34E+07	2,00E+13	2,17E-06
¹²⁴ Sb	2,04E+07	9,50E+12	2,14E-06
¹²⁵ Sb	2,52E+07	1,10E+13	2,29E-06
¹³¹ I	2,73E+07	2,70E+12	1,01E-05
¹³⁴ Cs	3,69E+07	6,50E+11	5,68E-05
¹³⁷ Cs *	2,37E+08	9,00E+11	2,64E-04
¹⁴⁰ Ba *	8,24E+07	5,50E+13	1,50E-06
¹⁴¹ Ce	1,49E+07	2,10E+13	7,07E-07
¹⁴⁴ Ce *	1,14E+08	1,00E+13	1,14E-05
¹⁵⁴ Eu	1,52E+07	1,80E+12	8,46E-06
¹⁸¹ Hf	1,09E+07	5,70E+13	1,91E-07
U-csoport	8,96E+04	7,50E+11	1,19E-07
Pu-csoport	3,82E+06	1,00E+12	3,82E-06
Am-csoport	1,50E+06	1,10E+12	1,36E-06
Cm-csoport	2,65E+05	2,60E+11	1,02E-06
Összesen:	-	-	2,90E-03

* a kibocsátási határérték kritérium kihasználásága számításánál a leányelemükkel együtt vettük figyelembe az adott izotópot

** a hafnium éves korlátja 2017-ben lett jóváhagyva.

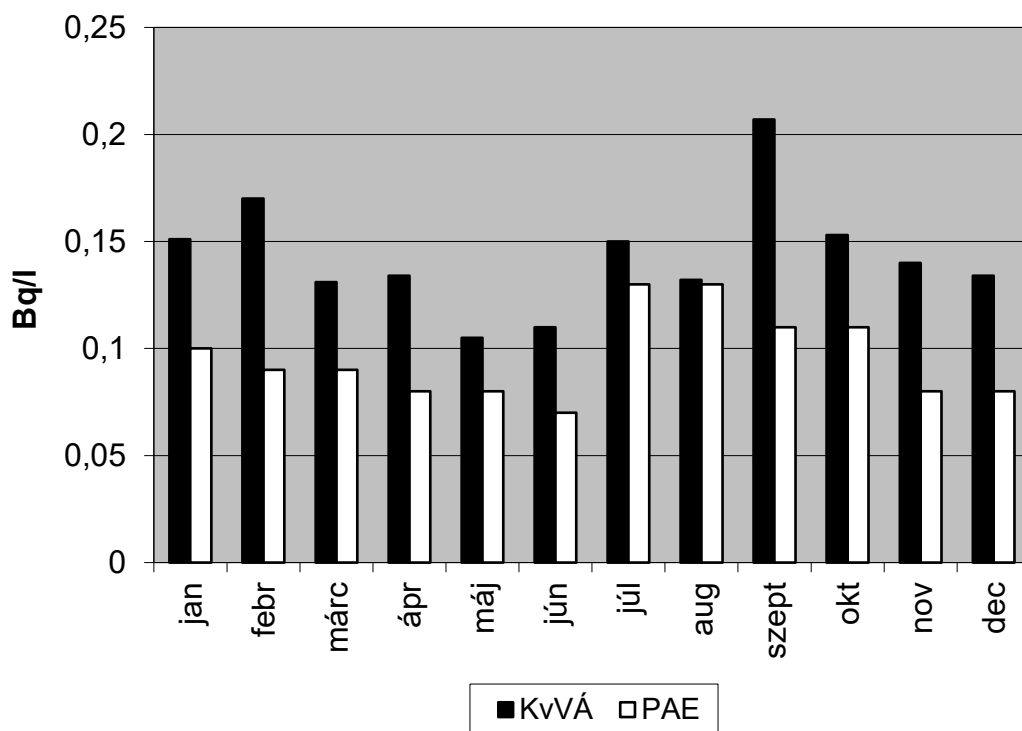
A 7-6., 7-7. és 7-8. ábrák a V1, V2 és V3 jelű helyen vett vízmintákban az üzem és a BAMKH NF LO által mért összes béta aktivitás-koncentrációk havi átlagértékeit mutatják.

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.



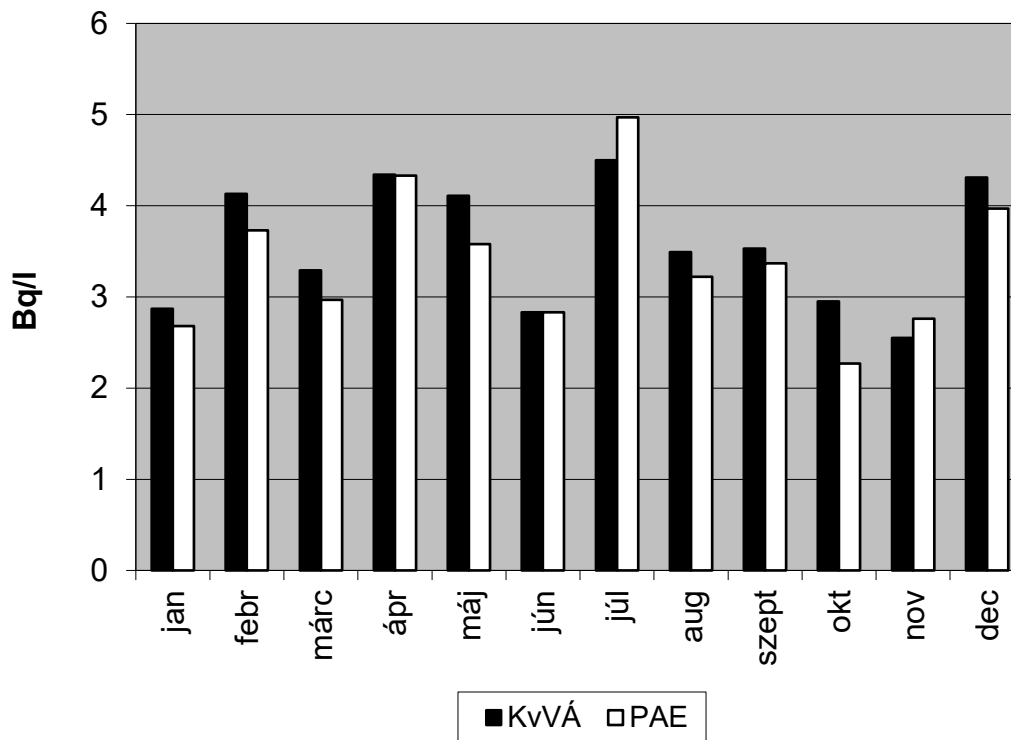
7-6. ábra

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



7-7. ábra

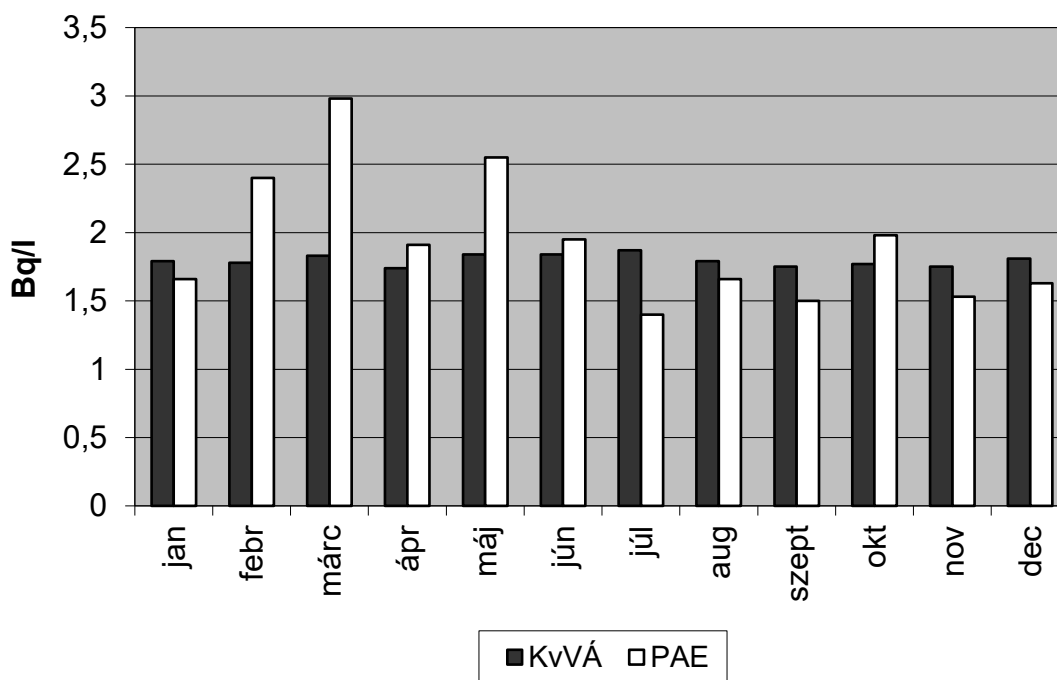
A melegvízcsatorna (V2) összes béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei



7-8. ábra

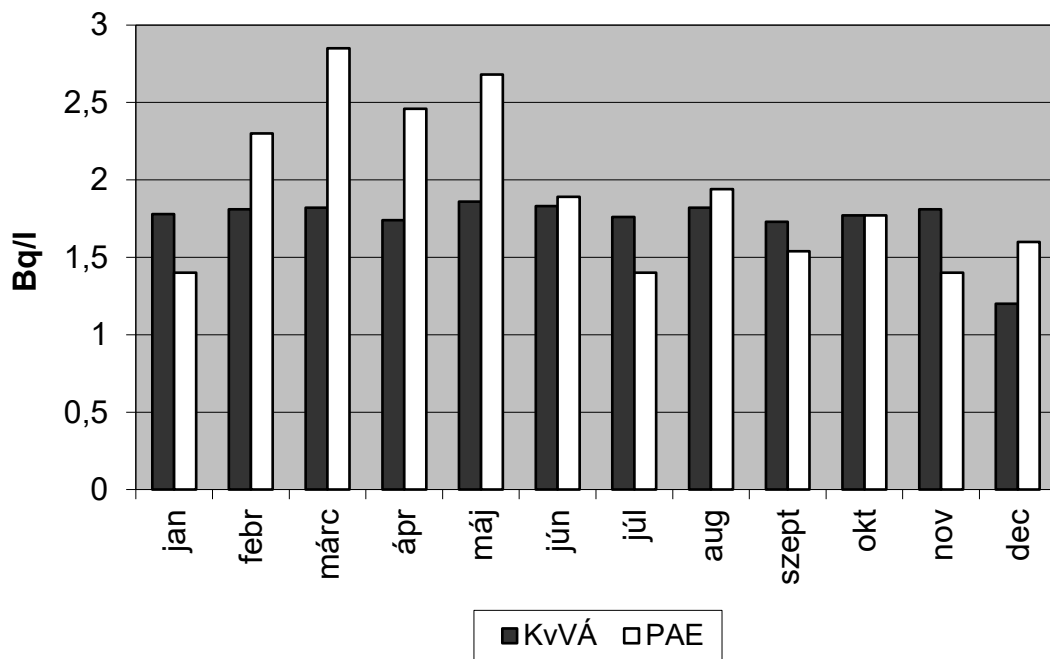
A szennyvízcsatorna (V3) összes béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei

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



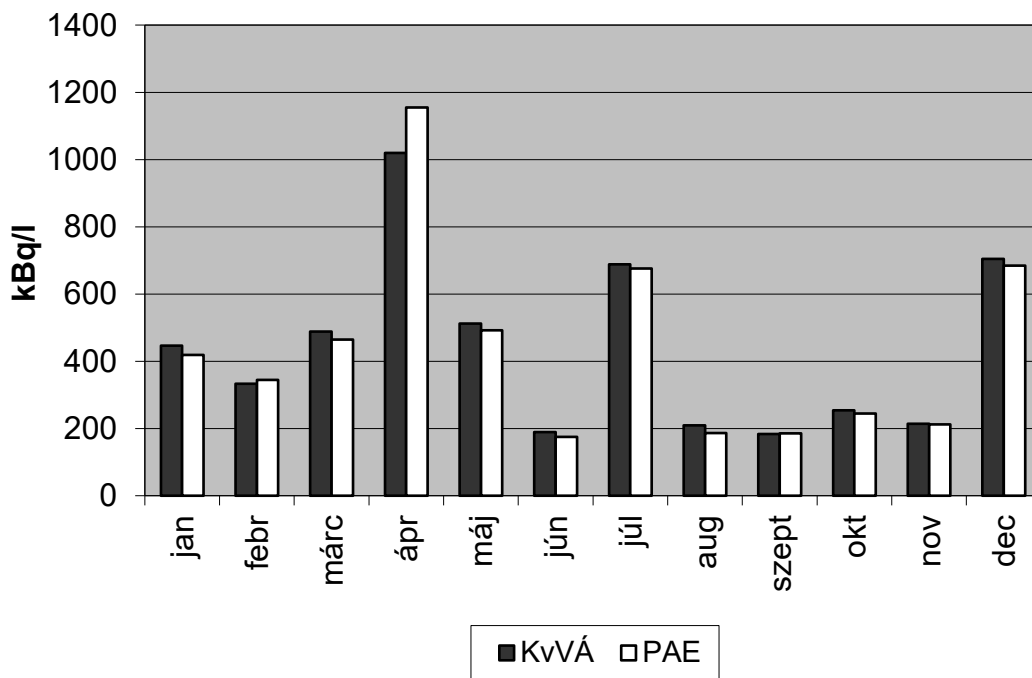
7-9. ábra

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 200-1100 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. 2020-hoz viszonyítva a folyékony kibocsátásokkal kikerült radioaktív izotópok közül a korróziós és hasadási termékek (a radiostronciumkat is beleértve) és a trícium összesített aktivitása kissé növekedett, a radiokarbon kibocsátás duplájára, az alfa-sugárzóké kb. negyvenszeresére nőtt.

Összességében elmondható, hogy a folyékony kibocsátásokat tekintve is igen kicsi, mindössze 0,29% a kibocsátási határérték kritérium értéke, a kibocsátásokban legnagyobb súllyal a ³H és a ¹⁴C radionuklidok szerepeltek. A Paksi Atomerőmű tehát a hatósági korlátokhoz viszonyítva igen kismértékű folyékony kibocsátás mellett üzemelt 2021-ben is.

7.1.3 Megállapítások

Az atomerőmű környezeti sugárvédelmi ellenőrzése céljából, a hatósági intézmények 2021-ben összesen közel 14000 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 2021-ben, az üzemzavart megelőző évekhez hasonló szinten volt. A nuklidspecifikus légnemű kibocsátásokból számolható kibocsátási határérték kritérium kihasználtság értéke 0,086 % 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 2021. 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 2021-ben a korábbiakhoz hasonló, 0,29% volt.

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

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

A 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 2021. 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 2021-ben.

7-3. táblázat

A kibocsátási határérték kritérium kihasználtság értékei 2021-ben

Kibocsátási határérték kritérium	Kihasználtság (%)
Légnemű kibocsátásokra	0,086
Folyékony kibocsátásokra	0,29
Összesen	0,38

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 2021-ben a PWR típusú reaktorokra vonatkozó nemzetközi összehasonlításban.[14] (Az erőmű 2021-ben 1,7 GW·év elektromos energiát termelt.)

Kibocsátás	Mennyiség	PAE	UNSCEAR (1998-2002)
légköri	nemesgáz összesen (TBq)	34	11
	aeroszol összesen (GBq)	0,78	0,03
	H-3 (HT + HTO) (TBq)	4,0	2,1
	C-14 (CO ₂ +szerves) (TBq)	0,80	0,22
	jódok (I-131 egyenérték) (GBq)	0,12	0,3
folyékony	korróziós és hasadványtermékek összesen (GBq)	1,1	11
	H-3 (TBq)	35	20

Az összevetésből kitűnik, hogy a 2021. évi paksi légköri kibocsátások adatai, – a radiojódokat kivéve – fölötté vannak a PWR típusú reaktorok 1998-2002. közötti világtárgyának, amely a reaktorok életkorával, a kibocsátott izotópok meghatározásával és a 4. blokki kismértékű inermetikussággal függ össze. A korróziós és hasadási termékek látszólagos növekedése azzal magyarázható, hogy az új szabályozás szerint a kibocsátási adatokat izotópszелеktív mérésekből határozza meg az atomerőmű, a nem mért izotópokat pedig a kimutatási határértékkel veszi figyelembe. A radiojódok kibocsátása alatta van a világtárgyának, viszont a nemesgázok, légnemű trícium és radiokarbon kibocsátási értékei magasabbak. Összességében 2021-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 jegyezzük fel, s a feldolgozás ezen értékkel történik. Az így kapott átlagérték a valódinál mindig nagyobb lesz, azaz felülbecslést végzünk. A hatóságilag szabályozott mennyiségeknél a kimutatási határ általában nagyságrendekkel a megállapított korlátnak megfelelő érték alatta van.

7.2 A Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló kibocsátásai

7.2.1 A földfelszíni telephely folyékony kibocsátás értékelése

A telephely felszíni vízkörnyezeti kibocsátásának számítását a csapadék mennyiségéből végeztük. A csapadék havi mennyiségéből, illetve a mintázott csapadékvízben mért izotópkoncentráció ismeretében számítottuk a kibocsátott nuklidmennyiséget. A csapadéokra vonatkozó adatokat az OMSZ által a telephelyen üzemeltetett időjárásfigyelő állomás gyűjtötte.

A csapadékvizek esetében konzervatívan úgy vesszük, hogy az ellenőrzött területre 2021. év során lehullott 592 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 (~0,5-1,44 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 (1,14E-02 Bq/dm³ és 9,88E-03 Bq/dm³). Emellett a Sr-90 nuklid éves átlagkoncentrációja mindkét akna esetében KH alatt (<2,29E-02 Bq/dm³ és <1,73E-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 össz mennyisége: 1,06E+06 Bq/év.

A kibocsátott vizek C-14 és Sr-90 értékei sem utalnak anomális kibocsátásra. A csapadékaknákból gyűjtött éves átlagminta vonatkozó koncentrációjából, és a csapadékmennyiségéből számítva a telephely föld felszíni létesítményének becsült radiokarbon kibocsátása folyékony formában: 2,56E+04 Bq/év, becsült Sr-90 kibocsátása 2,42+04 Bq/év. Összefoglalóan elemezve a mérési eredményeket, figyelembe véve a nullszintmérések eredményeiből származtatott, felszíni vizekre vonatkoztatott referenciaértékeket, a telephely felszíni vízkörnyezeti kibocsátása a környezetre nem számottevő.

7.2.2 A földfelszíni telephely légnemű kibocsátás értékelése

A földfelszíni telephely légkörnyezeti kibocsátását a technológiai épület szellőzőkéményében (LK1 kibocsátási pont) elhelyezett automata mintavevő berendezés mintáiból képzett trícium és radiokarbon, az F&J típusú aeroszol mintagyűjtő szűrőjéből végzett gamma- és összesbéta aktivitásmérés adatok alapján határozzuk 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 mintáztuk és mértük. 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 mutattunk ki. Az LK-1 ponton kibocsátott levegő radiológiai minőségét tekintve nagyságrendileg összevethető a kültéren (bármely állomás) észleltekkkel.

Az egész éves mintázások alapján a technológiai csarnok kéményében (LK-1) mért H-3 aktivitáskoncentráció a 2021. évben átlagosan $2,59E-02$ Bq/m³ HTO és $1,71E-02$ Bq/m³ a HT+ szénhidrogének formájában. A légtechnikai berendezés gépkönyvi maximális napi teljesítményét figyelembe véve (354400 m³ /nap) konzervatív számítással a 2021. évben $5,56E+06$ Bq H-3 aktivitást juttatott a légkörbe, miközben a kibocsátási határérték $1,09E+14$ Bq.

Az egész éves mintázások alapján a légtechnikai berendezés gépkönyvi maximális napi teljesítményét figyelembe véve (354400 m³ naponta) a 2021. évben a föld felszíni technológiai létesítmény $6,05E+06$ Bq C-14 aktivitást juttatott a légkörbe. A technológiai csarnok kéményében (LK-1) mért C-14 aktivitáskoncentráció a 2021. évben átlagosan $4,80E-02$ Bq/m³ (szervetlen) és $4,68E-02$ Bq/m³ (szervetlen + szerves formában) formában volt jelen.

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 gyűjtöttünk légköri mintákat, melyeket szerves és szervetlen formában jelenlévő radiokarbon és trícium mérésekhez használtunk fel.

Az ellenőrzött zóna határánál végzett CO₂ és CO₂ + C_nH_m mérések C-14 átlagértékei – rendre $4,00E-02$ Bq/m³, illetve $4,13E-02$ Bq/m³ – sem utalnak anomáliára figyelembe véve a felszínre vonatkozó nullszint referenciaértéket ($4,0-4,4E-02$ Bq/m³). A levegő páratartalmából mért trícium átlagértékek (HTO: $9,19E-03$ Bq/m³, HT: $1,11E-02$ Bq/m³) a szabad levegőn lévő értékekkel és a már említett nullszint referenciaértékkel ($2,0E-02$ Bq/m³) összevethetők. Mindkét izotópra vonatkozó mérés sorozat arra utal, hogy a rendkívül intenzív mesterséges levegőcsere határozza meg a levegő nuklidtartalmát, gyakorlatilag a külső levegővel közel megegyező minőségű közeget létrehozva.

A felszín alatti térrész kibocsátási pontjánál nagyobb mintamennyiség vételére alkalmas F&J típusú mintavevőket üzemeltettünk. Az aeroszol gyűjtő korongokat kétheti – vagy telítődéstől függően heti – rendszerességgel cseréltük és gamma-, valamint összesbéta méréshez használtuk fel.

A mérések során a felszín alatt gyűjtött szennyezők között mesterséges gamma sugárzó radioizotópot nem mutattunk ki. Az összesbéta mérések az „A” típusú állomásokon elhelyezett környezeti mintavevőkkel megegyező nagyságrendű eredményeket adtak ($\sim E-03$ - $E-04$ Bq/m³), ami megerősíti, hogy a kibocsátási útvonalon mesterséges izotópokat jelenleg nem bocsátunk ki, a mérnöki gátak ellátják funkcióikat.

A fentiekben említett aeroszol mintavevőkkel azonos helyszíneken a levegőben mérhető radon koncentráció nyomon követését is végrehajtottuk. A radon mennyiségét elsősorban az anyag Ra-226 aktivitáskoncentrációja határozza meg. 2021 évben a mesterséges szellőztetés napi 24 órában folyamatosan zajlott, mely mellett a radonkoncentráció átlagosan 21-49 Bq/m³/nap között volt mérhető.

A 2021. évi mért értékekre vonatkozóan kijelenthetjük, hogy a radonszint ingadozása természetes folyamatok eredménye tekintettel arra, hogy a betárolt hulladék nem ad járulékot. A vágatban mérhető radonkoncentráció esetén a hulladékból származó Rn-222 járulék 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, 29,3 Bq/m³ átlagos koncentrációval számolva: 2,69E+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 várjuk a kibocsátási útvonalon. A vízminták C-14 (ellenőrzött zsomp: 6,37E-03 Bq/dm³), H-3 (ellenőrzött zsomp: 3,86E-02 Bq/dm³) és Sr-90 (ellenőrzött zsomp: 3,48E-02 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 mutattuk 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 2021. évben 21380 m³ volt. Az erre a mennyiségre számított vízkörnyezeti C-14 kibocsátás: 1,36E+05 Bq/év. Tríciumra ez az érték hasonló számítással: 7,44E+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 igazoljuk:

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 adatok táblázatos formában a következőkben kerülnek bemutatásra:

7-5. táblázat

A radioaktív hulladék-tároló légköri kibocsátásaira meghatározott kibocsátási határértékek (100 µSv/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)	$\frac{R_{ilég.n.}}{EL_{ilég.n.}}$
H-3 (vízgőz)	5,56E+06	1,82E+07	2,38E+07	1,09E+14	2,18E-07
C-14	6,05E+06	3,70E+07	4,31E+07	5,67E+11	7,59E-05
Rn -222	2,07E+09	2,69E+10	2,90E+10	4,97E+12	5,83E-03
$\sum_{ilég.n.} \frac{R_{ilég.n.}}{EL_{ilég.n.}}$ (KHK-érték)					5,91E-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 vettük számításba.

A légkörnyezeti kibocsátás 2021. évben a mérési adatok alapján a korlát **0,59 %-a** volt.

7.2.6.2 A telephely felszíni és felszín alatti összesített folyékony kibocsátásának értékelése

A felszíni kibocsátás az Ua1, Ua2 csapadékgyűjtő aknák, a felszín alatti kibocsátás az ellenőrzött 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 vettük számításba.

A vízkörnyezeti kibocsátás 2021 évben a mérési adatok alapján a korlát 0,058 %-a volt.

7-6. táblázat

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

Radionuklid	Felszíni összesített érték $R_{i \text{ folyékony}}$ [Bq/év]	Felszín alatti összesített érték $R_{i \text{ folyékony}}$ [Bq/év]	Felszíni és felszín alatti összesített érték $\sum R_{i \text{ folyékony}}$ [Bq/év]	$EL_{i \text{ folyékony}}$ [Bq/év] (Kibocsátási határérték)	$\frac{R_{i \text{ folyékony}}}{EL_{i \text{ folyékony}}}$
H-3 (vízgőz)	1,06E+06	8,25E+05	1,89E+06	1,02E+13	1,85E-07
C-14	2,56E+04	1,36E+05	1,62E+05	3,48E+09	4,64E-05
Sr-90	2,42E+04	7,44E+05	7,68E+05	1,43E+09	5,37E-04
$\sum_{i \text{ folyé}} \frac{R_{i \text{ folyékony}}}{EL_{i \text{ folyékony}}}$ $\sum_{i \text{ folyé}} \frac{R_{i \text{ folyékony}}}{EL_{i \text{ folyékony}}}$ (KHK-érték)					5,84E-04

7.3 A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kibocsátásai

Az RHK Kft. 2020. november 17-én benyújtotta jóváhagyásra az OAH felé a felülvizsgált Monitoring programot (RHK-I-046B/19), KIESZ-t és KÖESZ-t.

Az RHFT az OAH által kiadott RHKR-HA0069 számú határozatban jóváhagyott, Monitoring Program, KIESZ és KÖESZ szerint végzi a telephely kibocsátás ellenőrzését és környezet ellenőrzését. A kibocsátások meghatározásának tekintetében a korábbiakhoz képest jelentős változások történtek.

A KIESZ szerint 2021-től a következő izotópokat abban az esetben is figyelembe vesszük, 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. Fentiek mellett továbbra is figyelembe vesszük a számítások során minden olyan izotópot, amely kimutatási határ feletti koncentrációban mérhető.

Fent leírtak miatt várható volt, hogy az elmúlt évekhez képest 2021-ben emelkedik a kibocsátásokból számolt lakossági dózis, illetve a kibocsátási korlátok kihasználtsága nagyobb mértékű lesz. A prognosztizált változások a mérési eredmények szerint a vártak megfelelően bekövetkeztek.

Az RHFT esetében radioaktív kibocsátás az üzemi épületből és a végleges tároló területéről történhet. 2021. évben a radioaktív hulladékok beszállítása, feldolgozása és elhelyezése során hatósági korlátot meghaladó radioaktív anyag kibocsátás nem történt. Az illetékes környezetvédelmi hatóság felé a jogszabályokban előírt jelentési kötelezettségeknek eleget tettünk. A környezetvédelmi hatóság ellenőrzései során hiányosságok nem merültek fel. A környezetvédelmi hatóság a kibocsátásellenőrzésbe tartozó aeroszol, valamint csapadékvíz mintákat az RHFT környezeti laboratóriumával, valamint a külső vállalkozóval párhuzamosan vizsgálja.

Légnemű kibocsátás az üzemi épület szellőző rendszerén és a PÜBI konténment szellőző rendszerén keresztül történhet, mely során jellemzően légnemű (^3H és ^{14}C) izotópok kerülnek kibocsátásra, több nagyságrenddel a kibocsátási korlát alatti mennyiségben. A PÜBI konténment szellőző rendszere 2021-ben nem üzemelt, így légköri kibocsátás kizárólag az üzemi épületből történt.

Az üzemeltetési tevékenység során az üzemi épületben mosásból, tisztálkodásból és felmosásból származó kis mennyiségű kommunális szennyvizet 25 m^3 -es zárt tartályban gyűjtjük. 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 bocsátjuk. Az itt kibocsátott radioaktív izotópok mennyisége az elmúlt években több nagyságrenddel a kibocsátási korlát alatt marad. 2021-ben ezen az útvonalon nem történt kibocsátás.

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

2021-ben a kibocsátások számításakor a teljes évre konzervatívan a szellőző rendszer által névlegesen elszívott $9600\text{ m}^3/\text{h}$ levegő elszívási teljesítményt vettük figyelembe.

A tárolásból és hulladékfeldolgozásból származó trícium és radiokarbon kibocsátás a szellőzőkéményben üzemelő trícium-radiokarbon mintavevők adataiból és a névleges szellőzési teljesítményből ($9600\text{ m}^3/\text{h}$) került meghatározásra. A mért kibocsátásokat és a korábbi évek mérési eredményeit a 4. és 5. ábrák ismertetik. Az ábrák alapján megállapítható, hogy az éves trícium kibocsátás ($3,21\text{E}+10\text{ Bq}/\text{év}$) az elmúlt évhez képest kis mértékben csökkent a korábbi évekhez viszonyítva nem tapasztaltunk jelentős változást. A radiokarbon kibocsátás ($4,78\text{E}+10\text{ Bq}/\text{év}$) az előző évekhez képest kis mértékben csökkent, az éves kibocsátás nem éri el a kibocsátási korlát egy százalékát. A légköri kibocsátási korlát $0,61\%$ -os kihasználtságáért első sorban a radiokarbon ($0,6\%$) felel.

Az éves radon kibocsátás az üzemi épületben elhelyezett aeroszol monitorok mérési eredményei és a szellőző rendszer névleges térfogatárama alapján $7,94\text{E}+08\text{ Bq}/\text{év}$ értékre adódott.

Az üzemi épület kéményébe telepített aeroszol mintavevőből származó mintákban mesterséges eredetű izotópokat 2021-ben nem mutattunk ki.

7.3.2 Tárolóterület folyékony kibocsátásainak ellenőrzése

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

2021-ben a 100 m^3 -es csapadéktároló medencéből 6 alkalommal, összesen $417,75\text{ m}^3$, míg a 60 m^3 -esből 13 alkalommal összesen $567,77\text{ m}^3$ csapadékvizet bocsátottunk ki a befogadóba. A vizsgált minták gamma-spektrumában technológiai eredetű szennyeződésre utaló ^{137}Cs és ^{60}Co izotópok jelenléte nem volt kimutatható.

A ^{40}K jelenléte a csapadék mintákban egyértelműen természetes eredetű. A telephely környezetében, valamint a II. medencesoron található talaj takaráson a termőföld ^{40}K koncentrációja átlagosan $540\text{ Bq}/\text{kg}$. A természetes eredetet az igazolja, hogy az elmúlt 10 évben $3,8\text{ kBq }^{40}\text{K}$ izotópot szállítottunk a telephelyre, valamint az elmúlt 10 évben nem kezeltünk ^{40}K tartalmú hulladékot. Mindemellett a légköri kibocsátásokban sem mutatható ki a jelenléte. 2021-ben a csapadék kibocsátásra vonatkozó korlát $0,5\%$ -át használtuk ki, a ^{40}K önmagában a korlát $0,27\%$ -ának kihasználásáért felel. Az egyértelmű természetes eredete miatt megfontolandó a figyelembe vétele a kibocsátás számítások során.

A 100 m^3 -es csapadéktárolóban mért ^{90}Sr aktivitáskoncentráció 2021-ben minden minta esetében kimutatási határ ($0,05\text{-}0,06\text{ Bq}/\text{dm}^3$) alatt maradt.

A 60 m^3 -es csapadéktárolóban vizsgált vízminták ^{90}Sr koncentrációja 2021-ben minden esetben kimutatási határ ($0,05\text{-}0,07\text{ Bq}/\text{dm}^3$) alatt maradt.

A telephelyről származó, csapadékvízzel kibocsátott trícium mennyisége 6,89 MBq, a ^{14}C izotóp mennyisége 394 kBq, a ^{90}Sr 59,8 kBq volt.

2021-ben a 25 m³-es szennyvíztároló nem telt meg, így közcsetornába nem történt kibocsátás.

2021-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} - 10^0 Bq/m³ nagyságrendben ingadozott. (Megj.: A természetes trícium háttér kb. 0,07 Bq/m³, a természetes radiokarbon háttér kb. 0,04 Bq/m³.) 2017-2021 között az átlagos trícium koncentráció értékek nem változtak jelentősen. Az egyedi mintákban mérhető értékek 2021-ben 3,32E-02 és 4,75E-01 Bq/m³ közötti ingadozást mutattak.

A radiokarbon légköri koncentrációja a PSZ-1 és PSZ-2 mintavételi helyeken a korábbi évekhez hasonlóan alakult. 2021-ben az egyedi mintákban mérhető értékek 6,15E-02 Bq/m³ és 3,22E-01 Bq/m³ közötti ingadozást mutattak.

7.3.4 Összesített kibocsátások

Az RHFT kibocsátás ellenőrzése 2021-től az RHKR-HA0069 számú határozatban jóváhagyott, SZ-3550 Kibocsátás ellenőrzési szabályzat szerint történik mely 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. A jelenlegi KIESZ szerint 2021-ben a korlát 1,11 %-a került kihasználásra. (A 2020-ban alkalmazott metodikát 2021-ben alkalmazva a korlát ~0,75%-a került volna kihasználásra.)

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

7-7. táblázat

A püspökszilágyi RHFT összesített kibocsátási adatai

Kibocsátás jellege	Vizsgált izotópok	Mért vagy becsült aktivitás (Bq/év)	Éves korlát 30%-a (Bq/év) ⁽¹⁾	Éves korlát (Bq/év) ⁽¹⁾
Légköri – Üzemi épület				
	³ H	*3,21E+10	1,72E+14	5,72E+14
	¹⁴ C	*4,78E+10	2,39E+12	7,97E+12
	⁶⁰ Co	*4,75E+03	2,50E+09	8,34E+09
	⁹⁰ Sr	*1,05E+03	1,10E+09	3,67E+09
	¹³⁷ Cs	*4,25E+03	5,10E+09	1,70E+10
	²²⁶ Ra	*4,43E+04	3,78E+08	1,26E+09
	²³² Th	*5,35E+00	1,47E+08	4,89E+08
	²³⁸ U	*8,82E+00	9,09E+08	3,03E+09
Folyékony, csapadék				
	³ H	6,89E+06	3,51E+11	1,17E+12
	¹⁴ C	3,94E+05	7,50E+07	2,50E+08
	⁴⁰ K	1,29E+05	1,43E+07	4,76E+07
	⁶⁰ Co	4,02E+03	7,65E+08	2,55E+09
	⁹⁰ Sr	5,98E+04	1,10E+09	3,67E+09
	¹³⁷ Cs	3,51E+03	5,04E+07	1,68E+08
	²²⁶ Ra	4,57E+04	1,25E+08	4,17E+08
	²³² Th	2,27E+05	1,33E+08	4,44E+08
	²³⁸ U	2,20E+02	5,01E+09	1,67E+10
Folyékony, kommunális	2021-ben nem történt kibocsátás.			

(1) 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 becsüljük, 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, szűrőcserék, stb. A mindenkor 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.

7.4 A Budapesti Kutatóreaktor kibocsátásai

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

Légekőri 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 a BKR kibocsátására vonatkoznak.

7-8. táblázat
A reaktor légekőri kibocsátásai

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték [Bq]	Tényleges kibocsátott érték [Bq]	Kibocsátási határérték kritérium az adott izotópra
Ar-41	3,30E+15	3,10E+13	9,41E-03
Kr-85m	2,53E+16	2,21E+11	8,75E-06
Kr-87	5,24E+15	3,87E+11	7,39E-05
Kr-88	5,28E+13	1,09E+12	2,07E-02
Xe-133	1,21E+17	1,69E+11	1,40E-06
Xe-135	1,63E+16	3,34E+11	2,05E-05
Σ kibocsátási határérték kritérium:	3E-02		

Megjegyzés: 1709,5 teljesített üzemóra (10 MW teljesítményen).

A 2021-es évben nem volt folyékony hulladék kibocsátás.

Összesített kibocsátási mutató 2021-ban: 0,03 volt.

7.5 A BME NTI Oktatóreaktor kibocsátásai

Légnemű kibocsátás:

Az elmúlt **2021-as** évben $1,69 \cdot 10^9$ Bq ^{41}Ar -egyenértékű aktivitást (ez az éves kibocsátási korlát 0,22 %-a), aeroszolhoz kötötten pedig $2,87 \cdot 10^3$ Bq összesbéta-aktivitást bocsátottunk ki a levegőbe; amelyek megfelelnek az elmúlt évek kibocsátásainak.

Aeroszol szűrők izotóp-szelektív gamma-spektrometriás mérése:

A negyedévente gyűjtött aeroszolszűrők izotópszelektív gamma-spektrometriás vizsgálatát is elvégeztük a 2021. évben, melynek eredményeiről az alábbi táblázatokban számolunk be.

7-9. táblázat

<i>2021. I. negyedév összegyűjtött levegőszűrők izotópszelektív gamma-spektrometriás méréseinek havi átlaga</i>	
<i>Izotóp</i>	<i>Aktivitás (Bq/hónap)</i>
^{60}Co	<7,55 E-03
^{137}Cs	<2,89 E-03
^{134}Cs	<4,83 E-02
^{131}I	<6,80 E-03
<i>2021. II. negyedév összegyűjtött levegőszűrők izotópszelektív gamma-spektrometriás méréseinek havi átlaga</i>	
<i>Izotóp</i>	<i>Aktivitás (Bq)</i>
^{60}Co	<6,18 E-04
^{137}Cs	<4,62 E-03
^{134}Cs	<1,28 E-01
^{131}I	<1,87 E-02
<i>2021. III. negyedév összegyűjtött levegőszűrők izotópszelektív gamma-spektrometriás méréseinek havi átlaga</i>	
<i>Izotóp</i>	<i>Aktivitás (Bq)</i>
^{60}Co	<4,88 E-04
^{137}Cs	<4,11 E-03
^{134}Cs	<1,01 E-01
^{131}I	<1,47 E-02
<i>2021. IV. negyedév összegyűjtött levegőszűrők izotópszelektív gamma-spektrometriás méréseinek havi átlaga</i>	
<i>Izotóp</i>	<i>Aktivitás (Bq/hónap)</i>
^{60}Co	<4,90 E-04
^{137}Cs	<1,05 E-02
^{134}Cs	<1,11 E-01
^{131}I	<1,09 E-02

Folyékony kibocsátások:

Az alkalmasszerűen kibocsátott hulladékvíz kibocsátások során a **2021-es** évben $2,55 \cdot 10^5$ Bq ^{137}Cs -egyenértékű aktivitást bocsátottunk ki a közcsatornába (ez az éves kibocsátási korlát $1,3 \cdot 10^{-3}$ %-a), ami megfelel az elmúlt évek kibocsátásainak.

7.6 Izotóp Intézet Kft.

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-83, Sr-85
- 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. folyékony radioaktív anyag-kibocsátása csak egy útvonalon, a 80 m³-es tartályokból történik.

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 reaktoral 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, szűrővel felszerelt kéményeken keresztül.

7 -10. táblázat
Folyékony kibocsátási adatok 2021-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq/év)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq/év)	Kibocsátási határérték kritérium (Bq/év)
H-3	8,1E+15	3,80E+11	2,33E+09	2,88E-07
C-14	1,1E+13	3,50E+11	3,07E+11	2,79E-02
Co-60	8,4E+12	2,80E+09	1,73E+08	2,05E-5
Sr-82/Rb-82	1,7E+13	1,10+10	0	0
Rb-83	6,70E+12	3,2E+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	1,08E+09	2,40E-04
I-131	3,3E+12	1,00E+09	1,68E+07	5,10E-6
Cs-137	4,5E+11	5,00E+08	1,36E+06	3,2E-06
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				2,80E-02

7-11. táblázat
Légnemű kibocsátási adatok „A”-szintű laboratóriumokból a reaktor kéményen keresztül 2021-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium (Bq/év)
I-125	2,7E+11	1,30E+10	1,91E+09	7,06E-03
I-131	4,69E+11	7,00E+09	1,45E+09	3,09E-03
H-3 „A” szint.	8,30E+14		0,00E+00	0
C-14 „A” szint.	7,70E+12	7,70E+08	0,00E+00	0
Kibocsátási határérték kritérium összesen				1,02E-02

7-12. táblázat
Légnemű kibocsátás XXI/B épület „B-” és „C”-szintű laboratóriumaiból 2021-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium (Bq/év)
I-125	4,00E+09	1,50E+08	1,28E+08	3,20E-02

7-13. táblázat
Légnemű kibocsátás XXI/A épület „B-” és „C”-szintű laboratóriumaiból 2021-ben

Radionuklid	Éves kibocsátási határérték (Bq)	Tervezett kibocsátás (Bq/év)	Ténylegesen kibocsátott érték (Bq)	Kibocsátási határérték kritérium (Bq/év)
H-3	2,00E+13	2,00E+11	0	0
C-14	6,00E+11	6,00E+10	9,50E+10	1,58E-01

Az Izotóp Intézet Kft. összesített kibocsátási mutatója 2021-ben **0,228** volt.

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.)

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 [15]-ben közölt (IAEA, Safety Reports Series No. 19 [16]-ben módosított) ún. szektorátlagolt Gauss-féle csóvamoddellen alapuló eljárást használjuk. A nemzetközi ajánlásokon alapuló, a világ sok országában összegyűlt tapasztalatokat egyesítő, a rutinszerű gyakorlat számára egyszerűen használható eljárást alkalmaztunk. 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 [15]. A növényzet szennyezettségének leírásakor a modell figyelembe veszi a növényzet felületére történő külső depozícióból, illetve a hosszú felezési idejű izotópok esetén azok gyökérzetten keresztüli felszívódását is. Az állati termékek szennyezettségének becslésekor a modell erősen konzervatív, mivel a felhasznált takarmány kizárólag a helyben termelt, szennyezett növényekből kerül ki. A koncentráció-faktorok a nemzetközi szakirodalomból származnak [15,16], 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 étel-miszeres 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 46 mBq/m^3 ^{41}Ar -koncentráció; 0,017 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ^{60}Co , valamint 12 mBq/m^3 ^3H (HTO) és 0,10 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 3,3 mBq/m^2 , a leveles zöltség aktivitás-koncentrációja (nedves tömegre) 0,020 mBq/kg , a tehéntejé 0,0099 mBq/l , a húsa 0,11 mBq/kg , a gabonáé pedig 0,065 mBq/kg értékre becsülhető, ezek az értékek a tavalyinál alacsonyabbak, a kibocsátásnak megfelelően. Az üzem

a ^3H , a ^{14}C radionuklidok és a radiojódok kémiai formáját is meghatározta, ezeket a számításokban figyelembe vettük. Így pl. az erőmű ^{14}C kibocsátásának 3,8%-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 78 nSv, ami a korábbi évekhez hasonlóan magasabb az üzem által számolt 5,9 nSv-nél. Az eltérés nagysága a modellszámítások bizonytalanságát – ami mintegy két nagyságrendnél nem kisebb – figyelembe véve elfogadható.

A lakosság kritikus csoportjának a hatóság által számított dózisa valamivel alacsonyabb a tavalyinál, de a sokévi átlagtól nem tér el lényegesen.

8-1. táblázat

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

Izotóp	Éves sugárterhelés (nSv)			
	felhőből	Külső talajfelszín	Belső belégzés	élelmiszer- fogyasztás
nemesgázok :				
Ar-41	35	*	*	*
Kr-85	*	*	*	*
Kr-85m	0,86	*	*	*
Kr-87	2,0	*	*	*
Kr-88	6,7	0,045	0,096	*
Xe-133	0,33	*	*	*
Xe-135	1,8	*	*	*
aeroszol:				
Mn-54	*	*	*	*
Co-58	*	*	*	*
Fe-59	*	*	*	0,022
Co-60	*	0,088	*	0,16
Zn-65	*	*	*	0,096
Se-75	*	*	*	0,018
As-76	*	*	*	*
Sr-89+Sr-90	*	*	*	0,090
Zr-95	*	*	*	*
Ru-106	*	0,022	*	0,48
Ag-110m	*	0,077	*	0,30
Sb-124	*	*	*	0,012
Sb-125	*	*	*	0,018
Cs-134	*	0,011	*	0,050
Cs-137	*	0,034	*	0,28
Ba-140	*	*	*	0,045
Ce-144	*	0,011	*	0,39
Eu-154	*	0,017	*	0,021
egyéb	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
radiojódok:				
I-131 (aeroszol)	*	*	*	0,055
I-131 (elemi)	*	0,019	0,014	5,6
I-131 (szerves)	*	*	0,025	0,069
globális:				
C-14	*	*	3,8	15
H-3	*	*	0,43	2,6
Összesen	47	0,38	4,4	26
Teljes járulék a légköri kibocsátásból:		78 nSv		

* a becült dózis < 0,01 nSv

8.1.1 A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés

A vízzel kibocsátott radioaktív szennyeződés a Dunába jut. A Duna vizének hasznosítása során, az abban található radioaktív anyagok külső és belső sugárterhelést okoznak. A számításoknál használt modell alapvető kiindulási pontjait, közelítéseit, paramétereit az 1993. évi jelentés 2. melléklete tartalmazta. Ezt a modellt az IAEA ajánlásának megfelelően a 2000-es évek elején átdolgoztuk, elsősorban a Safety Reports Series No. 19 [16] 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	*	13	*	22
Mn-54	*	*	*	*
Fe-59	0,015	0,034	0,015	*
Co-58	*	*	*	*
Co-60	0,093	0,22	0,093	0,044
Sr-90	*	0,019	*	*
Zr-95	*	*	*	*
Ru-103	*	*	*	*
Ag-110m	*	0,047	*	0,010
Sb-124	*	0,023	*	*
I-131	*	0,23	*	0,042
Cs-134	0,011	0,16	0,011	0,41
Cs-137	0,039	0,81	0,039	1,8
Ba-140	*	0,060	*	0,010
Ce-144	*	0,35	*	0,051
Pu-csoport	*	0,13	*	0,085
Am-csoport	*	0,046	*	0,027
egyéb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Összesen	0,19	49	0,19	56
Mindösszesen	50		57	

* a becslött dózis < 0,01 nSv

A 2021. évi sugárterhelés valamivel magasabb a 2020. évinél. A táblázat adataiból látható, hogy a sugárterhelés túlnyomó részét adó ³H izotóp mellett - különösen a felnőtteknél - megjelenik a ¹⁴C izotóp is, mint kritikus radionuklid. A belső sugárterhelés járuléka több, mint 2 nagyságrenddel nagyobb a külsőnél.

Az eredmények szerint az aktuális kibocsátás-összetétel és modellparaméterek mellett, a felnőttek sugárterhelése hasonló az 1 éves gyermekekéhez (az utóbbi a vonatkoztatási

csoport). A számolt értékek egy 2-es faktoron belül megegyeznek a PA Zrt. 2021-es üzemi jelentésében becsült dózissal (81 illetve 88 nSv).

8.1.2 Az atomerőművi kibocsátások összefoglaló értékelése

Az üzem 2021. évi légköri kibocsátásai azt mutatták, hogy az erőmű a korábbi évekhez hasonlóan kedvező környezeti sugárvédelmi paraméterekkel üzemelt. A kibocsátások mérésére szolgáló rendszerek folyamatosan működtek.

A vízelvezető csatornában végzett összes béta- és tríciummérések eredményei igazolják, hogy az atomerőműből a Dunába vezetett radioaktív szennyezés (koncentráció) jelentéktelen, erőművi eredetű radionuklid csak a szennyvíz (V3) csatornában volt detektálható.

Környezeti ellenőrzések során a levegőben és a többi vizsgált környezeti komponensben sem volt kimutatható, az atomerőműből származó radionuklid.

Az éves folyékony és légköri kibocsátásból néhányszorosan bizonytalansággal becsült dózisos összege az erőmű közelében élő lakosság vonatkoztatási csoportjára 128 nSv (8-1., 8-2. és 8-3. táblázatok) volt, miközben a természetes háttér éves hazai értéke 3 mSv felett van [11] és az erőműre vonatkozó hatósági dóziskorlát 90 μ Sv.

Azaz az erőmű közelében élő lakosság sugárterhelése a dózismegszorítás ezrelékének vehető.

2021-ben a vonatkoztatási csoportra becsült dózis – a 2003. évi üzemzavari légköri kibocsátások hatásának elmúltával – a 2002 előtti évekhez hasonló volt.

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 1,53 személy-mSv volt.

8-3. táblázat

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

Besugárzási útvonal	becsült érték	korlát
	(nSv)	
Légköri kibocsátás		
külső sugárterhelés:		
nemesgáz izotópok	47	
radiokobalt aeroszol	0,088	
radiocézium aeroszol	0,045	
radioezüst aeroszol	0,077	
egyéb izotóp	0,2	
belső sugárterhelés:		
inhaláció	4,4	
radiojód (élelm.)	5,7	
radiokobalt (élelm.)	0,16	
radiocézium (élelm.)	0,33	
radioezüst (élelm.)	0,30	
/ globális szennyezők (H-3, C-14) (élelm.)	18	
egyéb izotóp	1,0	
Összes légköri:	78	
Folyékony kibocsátás		
külső sugárterhelés:	0,19	
belső sugárterhelés:		
trícium	34	
radiokarbon	13	
egyéb izotóp	2,0	
Összes folyékony:	50	
Mindösszesen:	128	90 000

8.2 Egyéb kiemelt létesítmények

A bátaapáti NRHT, a püspökszilágyi RHFT, a BKR, az OR és az Izotóp Intézet Kft. esetében a hatóság által végzett, a lakosság sugárterhelésének – környezeti méréseken alapuló – becslésére vonatkozó - az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 487/2015. (XII.30.) Korm. rendelet 64. §-ban foglalt rendelkezések szerinti - módszertana kialakítás alatt áll. A módszertan kialakításig, a lakosság sugárterhelése becsülhető a tényleges kibocsátások és a dózismegszorításból származtatott kibocsátási korlátok hányadosából képzett határérték kihasználás, valamint a dózismegszorítás aránya alapján, korrigálva a dózismegszorítás megállapításához előírt biztonsági tényezővel.

A kiemelt létesítmények környezetében élőknek a létesítmény üzemeltetéséből származó becsült sugárterhelését a 8-4. táblázat mutatja be.

8-4. táblázat

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

Létesítmény	Határérték kihasználás	Dózismegszorítás [nSv]	Becsült sugárterhelés [nSv]
bátaapáti NRHT	Légekőri: 0,0059 Folyékony: 0,00058	100 000	648
püspökszilágyi RHFT	Légekőri: 0,0061 Folyékony: 0,005	100 000	1110
BKR	Légekőri: 0,030 Folyékony: -	50 000	300
OR	Légekőri: 0,0023 Folyékony: 0,000013	50 000	113
Izotóp Intézet Kft.	Légekőri: 0,20 Folyékony: 0,028	50 000	2280

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 2021-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 2021. 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] 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról
- [2] 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet a lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezően mérendő mennyiségek köréről
- [3] 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről
- [4] -
- [5] <http://www.rtsz.hu/docs/roviden.pdf>
- [6] 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
- [7] <http://www.rhk.hu/>
- [8] http://hadmernok.hu/151_15_bujtast_ml_ng_sj.pdf
- [9] [https://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/20CFAC350F87228EC12580ED00253B29/\\$File/K%C3%B6z%C3%A9rthet%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%A9rthet%C5%91%20%C3%B6sszefoglal%C3%B3_BME%202017_v.pdf)
- [10] <http://www.energia.mta.hu/hu/content/kornyezetvedelmi-szolgalat>
- [11] <http://www.unscear.org/>
- [12] 8/2002. (III. 12.) EüM rendelet az egészségügyi ágazat radiológiai mérő és adatszolgáltató hálózata felépítéséről és működéséről
- [13] A Paksi Atomerőmű Sugár- és Környezetvédelmi Főosztálya 2021. évi jelentése. (Szerk.: Bujtás Tibor) Paks, 2022. március
- [14] Sources and Effects of Ionizing Radiation - VOLUME I (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2008)
- [15] IAEA, Safety Series No. 57 (SS57), 1982
- [16] IAEA, Safety Reports Series No. 19 (SRS19), 2001.

Adatszolgáltatásban résztvevő intézmények, szakemberek

A 2021. 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 - EGÉSZSÉGÜGYI ÁGAZAT (NNK SSFO és ERMAH LABORATÓRIUMOK)

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Glavatszkih Nándor

A mérésekben és adatküldésben részt vettek:

NNK SSFO: Dr. Osváth Szabolcs, Homoki Zsolt, Kövendiné Kónyi Júlia,
Dr. Szarkáné Németh Ágnes

Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály:
Farkasné Győry Edit

Budapest Főváros Kormányhivatala Népegészségügyi Főosztály: Berenkei Réka

Csongrád Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Hoványiné Kádár Erika

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

Hajdú-Bihar Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Madarász István, Bodnár Eszter

Tolna Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály: Kerekes Irén

EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA - OKTATÁSI ÁGAZAT

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Cservenák Ildikó

AGRÁRMINISZTERIUM - FÖLDMŰVELÉSÜGYI ÁGAZAT

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 - KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS VÍZÜGYI ÁGAZAT

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, Weissenburger Edit, Jónás Adrienn

ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT (EK)

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: Tyukodi Lajos

MECSEKÉRC ZRT.

Az adatszolgáltatásért felelős személy: Molnárné Róna Éva

BÁNYAVAGYON-HASZNOSÍTÓ NONPROFIT KÖZHASZNÚ KORLÁTOLT FELELŐSÉGŰ TÁRSASÁG

Adatszolgáltatásért felelős személy: dr. Várhegyi András

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 – Energiatudományi Kutatóközpont
EK KVSz – Energiatudományi Kutatóközpont Környezetvédelmi Szolgálat
FmÁ - földművelésügyi ágazat
IAEA - Nemzetközi Atomenergia Ügynökség
KFKI – Központi Fizikai Kutató Intézet
KIESZ – Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzat
KKÁT – Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolója
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
OR – Oktatóreaktor
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