

HAKSER 2003

A HATÓSÁGI KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI ELLENŐRZŐ RENDSZER
(HAKSER)

2003. évi jelentése

*ANNUAL REVIEW OF THE JOINT ENVIRONMENTAL
RADIATION MONITORING SYSTEM (JERMS) AROUND THE NUCLEAR
POWER PLANT PAKS, 2003*

Készítették (*Authors*)

HAKSER Adatgyűjtő-, Feldolgozó és Értékelő Központ	Kerekes Andor (OKK-OSSKI)
Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium szakintézményei	Glavatszkih Nándor (OKK-OSSKI) Guczi Judit (OKK-OSSKI) Horváth Nikoletta (ÁNTSZ Tolna M. Int.) Kelemen Mária (ÁNTSZ Tolna M. Int.)
Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium szakintézményei	Tarján Sándor (OÉVI) Hetényiné Pap Viktória (Bács-Kiskun M. ÁÉEA) Vilimi József (Tolna M. ÁÉEA)
Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium szakintézményei	Rozmanitz Péter (ADV KVF) Vancsura Péter (ADV KVF)
Paksi Atomerőmű Rt.	Bujtás Tibor (PA Rt) Gál János (PA Rt) Germán Endre (PA Rt)
Szerkesztette (<i>Compiled by</i>):	Kerekes Andor (OKK-OSSKI)

OKK-OSSKI, Budapest, 2004. július

TARTALOMJEGYZÉK
(CONTENTS)

1. Bevezetés (<i>Introduction</i>)	3
<i>Introduction (in English)</i>	7
2. Kibocsátási eredmények (<i>Releases</i>)	8
2.1. Léggöri kibocsátás (<i>Airborne releases</i>)	8
2.2. Folyékony kibocsátás (<i>Liquid releases</i>)	12
3. Radioaktív hulladékok (<i>Radioactive wastes</i>)	20
3.1. Üzemviteli kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok (<i>Operational waste of low and intermediate activities</i>)	20
3.2. Feldolgozási eljárások (<i>Waste treatment</i>)	22
3.3. A radioaktív hulladékok átmeneti tárolása (<i>Interim storage of waste</i>)	22
3.4. Véglleges elhelyezés (<i>Disposal of waste</i>)	23
4. Környezeti sugárvédelmi mérési eredmények (<i>Radioactivity of environmental samples</i>)	24
4.1. A léggöri aktivitáskoncentrációk (<i>Radioactive concentrations in air</i>)	24
4.2. A vízi környezetben mért aktivitáskoncentrációk (<i>Radioactive concentrations in the aquatic environment</i>)	26
4.3. A szárazföldi környezetben mért aktivitáskoncentrációk (<i>Radioactive concentrations in the terrestrial environment</i>)	31
4.4. Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása (<i>Radioactivity in drinking water and foods</i>)	37
4.5. Szabadban mért dózisteljesítmények az erőmű környezetében (<i>Outdoor dose rates in the environment</i>)	40
5. Lakossági sugárterhelés járulékok (<i>Radiation impact of the population</i>)	41
5.1. Léggöri kibocsátásból származó sugárterhelés (<i>Dose contribution from airborne releases</i>)	41
5.2. Vízi kibocsátásból származó sugárterhelés (<i>Dose contribution from liquid releases</i>)	44
6. Összefoglalás, hatósági megállapítások (<i>Summary with the conclusions of the authorities</i>)	45
<i>Summary (in English)</i>	50
7. Hivatkozások (<i>References</i>)	53
Melléklet (<i>Annex</i>):	
A hatósági ellenőrzésben résztvevő laboratóriumok	54
(<i>List of the governmental laboratories taking part in the monitoring</i>)	55

1. BEVEZETÉS

A paksi atomerőmű környezetének sugárvédelmi ellenőrzését végző hatósági szervek, radiológiai laboratóriumok az előző évekhez hasonlóan közös jelentésben számolnak be a 2003. évi eredményekről, megállapításokról. Az ellenőrzésben érdekelt hatóságok - az Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium (ESzCsM), a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium (FVM) és a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KvVM) - tevékenysége, együttműködése egymással és az atomerőmű üzemi környezeti ellenőrző rendszerével az Országos Atomenergia Hivatal koordinálása mellett kialakított Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (HAKSER) keretében folyik.

A hatósági laboratóriumok kibocsátási és környezeti mérési eredményei, valamint a Paksi Atomerőmű (PAE) néhány fontos üzemi, meteorológiai és környezeti kibocsátásra vonatkozó adata rendszeresen, off-line, kisebb részben on-line módon kerül számítógépes tárolásra, majd feldolgozásra. Az adatfeldolgozás az OKK Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézetben (OKK-OSSKI) kialakított HAKSER Adatgyűjtő, Feldolgozó és Értékelő Központban (AFÉK) történik. Az ellenőrzésben résztvevő és adatot szolgáltató intézményeket, laboratóriumokat az 1. sz. melléklet tartalmazza.

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 alatt van.

Az éves jelentések táblázatai, ábrái nagyrészt az AFÉK számítógépén tárolt adatok alapján készülnek, a kibocsátási értékek megállapításánál és a környezeti sugárvédelmi következtetések levonásánál viszont figyelembe vesszük az erőmű éves sugárvédelmi jelentését is. Ezért a hatósági jelentés összeállításában részt vesznek az atomerőmű szakemberei is.

A 2003. áprilisi üzemzavar környezeti hatásainak részletes elemzésével, a kibocsátások következtében a lakosságot ért sugárterhelés meghatározásának módszertani részleteivel itt nem foglalkozunk. Mindezeket a 2003. végén megjelent külön kiadás tartalmazta [1]. Természetesen az összesített eredményeket, lakossági hatásokat a normál üzemet jellemző mutatókkal együtt ezen jelentésben is közöljük.

Egyes környezeti elemeknél a 2003. évi eredmények értékelésénél is kis mértékben számolnunk kellett a csernobili reaktorbaleset hazai hatásával.

Az 1984-től megjelenő éves jelentések eredménytáblázatai csupán a tárgyévekre vonatkoznak, nem tartalmaznak több évet átfogó elemzéseket, trend vizsgálatot. Az elmúlt időszakban készültek több éves eredményeket összefoglaló és értékelő kiadványok is [2,3].

A jelentésben közöltek megértését szolgálja az erőmű földrajzi elhelyezkedését és a monitorozó állomásokat, valamint a résztvevő hatósági laboratóriumok mintavételi helyeit szemléltető 1.1.a és 1.1.b ábra. Az erőmű környezeti hatásának elemzéséhez ugyanis a mért eredményeket irány és távolság szerint is célszerű csoportosítani.

Az atomerőmű a Duna jobb partján, attól kb. 2 km távolságban helyezkedik el. A hűtésre használt dunavíz a hidegvíz csatornán (V1 mintavételi pont) kerül az atomerőműbe (vízforgalom: kb. $4 \cdot 10^5$ 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 légforgalma egyenként 500-600 ezer m³/óra.

A blokkok karbantartási ideje 2003-ban a következő volt:

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1. blokk: júl. 05. – szept. 08. | 3. blokk: feb. 01 – feb. 23 és szept. 28. – okt. 22. |
| 2. blokk: már. 28. – * | 4. blokk: máj. 16. – jún. 11. |

Az éves villamosenergia-termelés az erőmű indulásától kezdve az 1.1. táblázatban található, GWh egységben.

1.1. táblázat Az éves elektromosenergia termelés
Table 1.1. The annual electrical production

Év (y)	Energiatermelés (GWh)	Év (y)	Energiatermelés (GWh)
1983	2473	1993	13796
1984	3766	1994	14049
1985	6479	1995	14026
1986	7425	1996	14181
1987	10985	1997	13968
1988	13445	1998	13949
1989	13891	1999	14096
1990	13731	2000	14179
1991	13726	2001	14126
1992	13964	2002	13953
2003	11013		

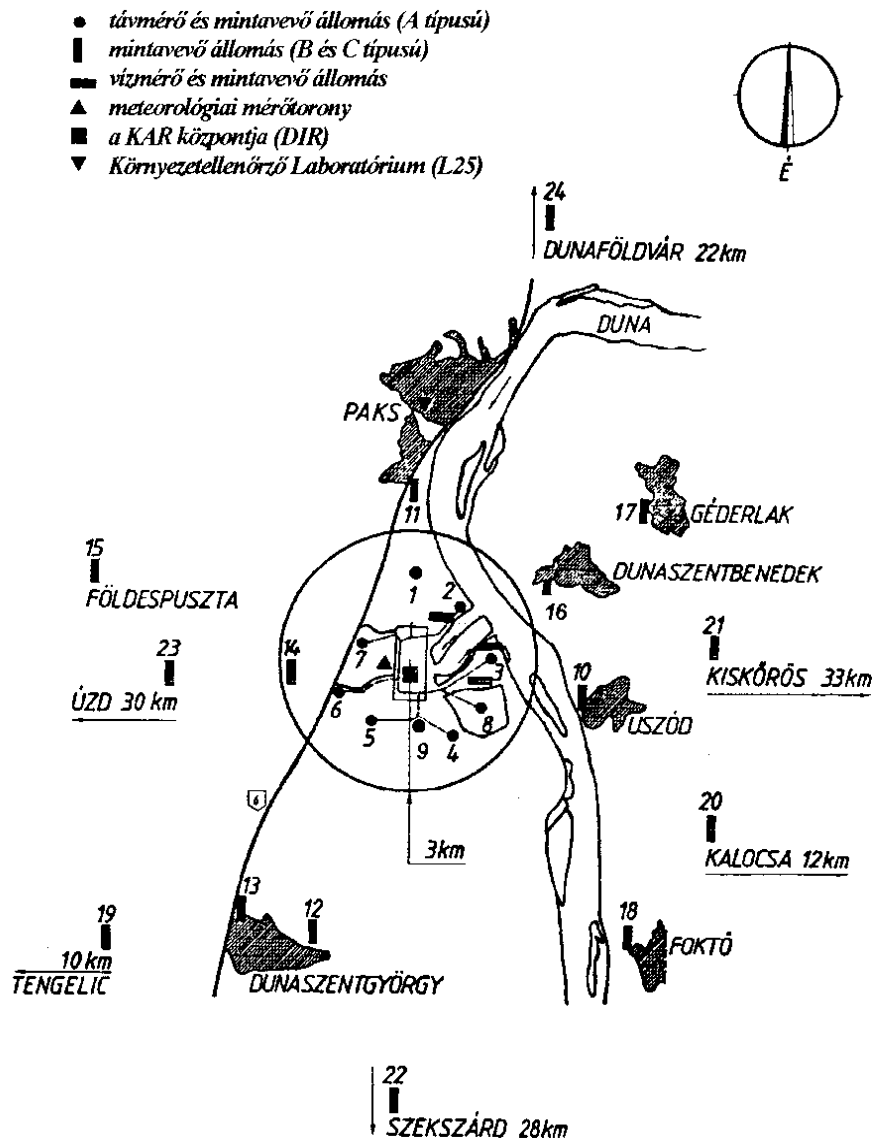
Az erőműben a többéves szekunderköri teljesítményjavító fejlesztések eredményeképpen a blokkok névleges elektromos teljesítménye jelenleg összesen 1866 MW.

A számítógépben tárolt hatósági mérési adatok, pontosabban a meghatározások száma az utóbbi években 6-7 ezer körül volt, a tervezett érték 3500. 2003-ban a mérések száma az üzemzavarhoz kapcsolódó vizsgálatok miatt a korábbiaknál mintegy 20 %-kal nagyobb volt. (Megjegyezzük, hogy nem is mindegyik vizsgálati eredmény jelent meg a HAKSER adatbázisban.)

A meghatározások számának vizsgálati irányok szerinti megoszlását az 1.2. táblázat mutatja. Mivel gamma-spektrometria esetén minden egyes nuklid külön meghatározásnak számít és egy mintának az összes-béta, ⁴⁰K stb. aktivitását is mérhetik, az ott feltüntetett összes mérés mintegy 3 ezer mintából származik.

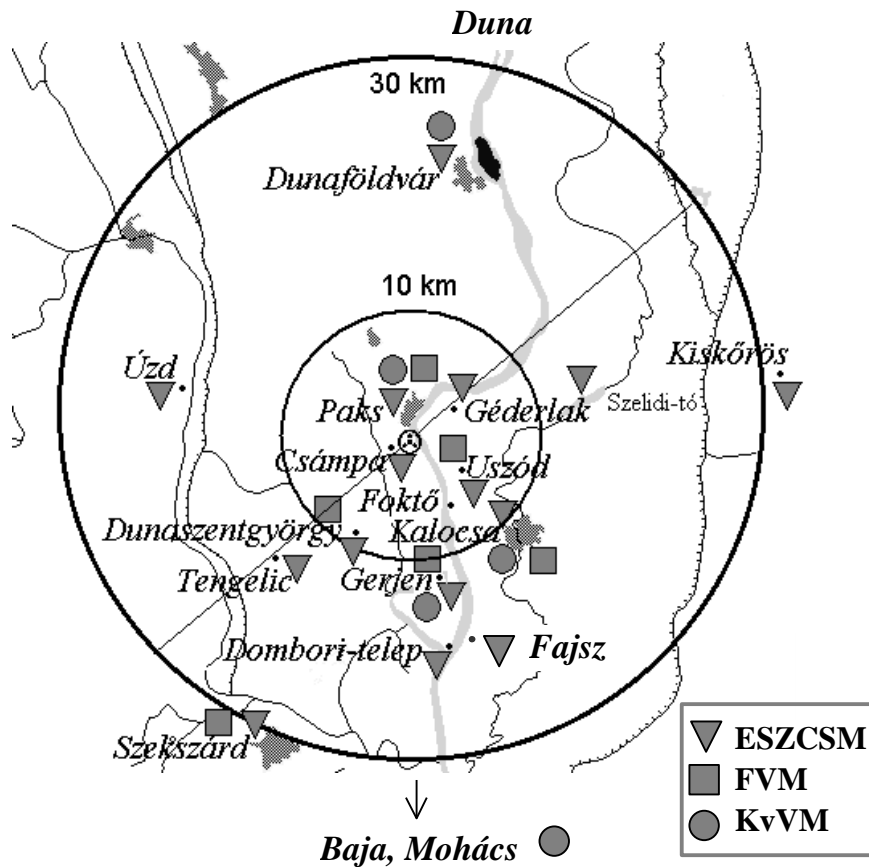
Általában megállapítható, hogy a nuklidspecifikus mérések aránya az utóbbi években már a meghatározások jóval több mint kétharmadát teszi ki.

* A 2. blokk visszaindítása 2003-ban nem történt meg



A MINTAVEVŐ ÉS MÉRŐÁLLOMÁSOK ELHELYEZKEDÉSE

1.1.a ábra Az atomerőmű környezeti elhelyezkedése az üzemi monitorozó hálózattal
 Figure 1.1.a The environment of the NPP Paks with the monitoring system of the Plant



1.1.b ábra A HAKSER mérési és mintavételi helyei
 Figure 1.1.b The measurement and sampling places of the JERMS

1.2. táblázat. A hatósági meghatározások száma (N) és százalékos megoszlása a fontosabb vizsgálati irányok szerint 2003-ban

Table 1.2. The number (N) and percentages of the different types of determinations of authorities in 2003

Vizsgálati irány (types of determinations)	Meghatározások száma (no. of determ.)	[%]
Összes-béta aktivitás (gross-beta)	1256	15
K-40	266	3
I-131	286	3
HPGe det. gamma-spektrometria	4827	57
Trícium	436	5
Sr-89* + Sr-90*	965	11
Cs-137*	306	4
egyéb vizsgálatok (others)	193	2
összesen (total):	8535	100

* kémiai elválasztással (by chemical separation)

INTRODUCTION

As earlier, the governmental radiological laboratories monitoring the environment of the Nuclear Power Plant of Paks have compiled a joint annual report on statements and results achieved in 2003. The authorities involved are: Ministry of Health, Social and Family Affairs (MHSFA), Ministry of Agriculture and Regional Development (MARD) and Ministry of Environment and Water (MEW). Their collaboration with each other and with the environmental radiation monitoring service of the Plant itself is on the prescriptions of the Joint Environmental Radiation Monitoring System (JERMS) worked out in collaboration with the National Atomic Energy Office. The survey data of the authorized laboratories and some important operational, meteorological and environmental emission data of the Nuclear Power Plant are transferred to and processed in the Computer Center of the JERMS in the OKK "Frédéric Joliot-Curie" National Research Institute for Radiobiology and Radiohygiene.

It may also happen that the measured values are lower than the detection limit of the method. It is agreed that if the measured values are lower than the detection limit, then this limit is to be indicated and used for calculations. In these cases the mean value is always higher than the actual one, i.e. it is overestimated. Generally the detection limits are by some orders of magnitude lower than the limits accepted by the regulations.

Tables and figures of the annual reports are mainly based on data stored in the computer. However, when conclusions on the radioactive effluents and environmental pollution are reached, the measurements and annual reports of the Radiation Protection Department of the Nuclear Power Plant themselves are also considered to a great extent. Therefore, experts from the Plant contribute to the final, authorized report, too.

The detailed analysis of the environmental effect of the incident at the Plant in April 2003, moreover the methodical details of estimation of the radiation burden of the population due to the radioactive releases during the accident are summarized in the Special Report of JERMS [1]. Therefore, here are only given the main results concerning the environmental monitoring and population dose during the incident.

In the evaluation of the data in 2003 the environmental pollution of some environmental media caused by the nuclear accident in Chernobyl is still to be recognised with.

Tables of the annual reports published since 1984 relate only to the periods under survey. Volumes entitled "Effect of the Nuclear Power Plant of Paks on the Environmental Radiation Level" and the Special issue of the National Committee of IRPA have analysed the cross-year tendencies [2, 3].

To help the better understanding of the data the environment together with the monitoring stations of the NPP and measuring and sampling places of the authorities are drawn in Figure 1.1.a and 1.1.b. The plant is placed near the Danube 100 km south from Budapest. The water inflow (channel V1) and main outflow (channel V2) are about 0.4 million m³/h, the waste water outflow (channel V3) is 1500 m³/d. The airborne radioactivity is released by two stacks with airthroughput of 0.5-0.6 million m³/h each.

The yearly production of the electrical energy can be seen in Table 1.1.

The annual number of determinations - collected by the data center - is about 6000-7000, usually, the planned one is 3500. Due to the enhanced monitoring activity during the incident in April 2003, the number of measurements is higher than the previous figures by about 20 per cent. Note, that not all measurement results were submitted to the Data Center of JERMS.

The number and percentages of the different types of determinations for the last year are presented in Table 1.2.

2. KIBOCSÁTÁSI EREDMÉNYEK

A hatósági szabályozásban foglalt előírások betartásának ellenőrzését a területileg illetékes elsőfokú környezetvédelmi hatóság, az Alsó-Duna-völgyi Környezetvédelmi Felügyelőség (ADV KVF), Baja végzi.

Az ellenőrzés alapelvei a következők:

- Az ellenőrzés alapját a kibocsátott komponenseknek a hatóság, ill. a mérésre kötelezett üzemeltető által kapott értékei képezik.
- A hatóság ellenőrzi az üzemi méréseket és azok eredményeinek megbízhatóságát az üzemmenet figyelembevételével, és ennek során megállapítja a hivatalos kibocsátási értékeket.

A hatósági korlátozás alá eső mennyiségeken kívül a nuklidspecifikus aktivitásértékek is hasznosak, mivel

- részletezik és pontosítják a kibocsátásokról nyert információt,
- segítik a korlátozás alá eső komponensek mérési adatainak értékelését,
- alapul szolgálnak a lakossági dózisszámításokhoz (5. fejezet).

A párhuzamos mintavételezési ágak esetén a nagyobb mérési eredményt fogadják el. A hatóságilag korlátozott komponensek esetén a kimutatási határ alatti mérési eredmények a kimutatási határral kerülnek felhasználásra. Ezért a kibocsátási értékek rendszerint felülbecsültek.

2.1. Léggöri kibocsátás

Az atomerőmű léggöri kibocsátásaival kapcsolatos korábbi szabályozást (1/1980. (II. 6.) OKTH sz. rendelkezés) a 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet hatályon kívül helyezte, azonban az új szabályozás alkalmazása jogszabályi tisztázatlanságok miatt még 2003-ban sem történt meg. Emiatt a környezetvédelmi hatóság 2003-ra is az üzem hatályos Műszaki Üzemeltetési Szabályzatába (MŰSz) beépített, korábbi kibocsátásszabályozást érvényesíttette. A MŰSz-ben szereplő kibocsátási határértékek megegyeznek a korábbi hatósági rendelkezéssel (2.1. táblázat). A hatóság alapvetően e kibocsátási határértékek betartását ellenőrizte, az üzem két kéményén külön-külön (2 blokkhoz tartozik 1 kémény). Az ellenőrzés részleteit meghatározó, a Paksi Atomerőmű Rt. (PA Rt.) és az ADV KVF között időszakosan megújított "Hatósági Felülvizsgálati Rend" az alábbiakat tartalmazza:

- határértékek betartása,
- üzemi naplók ellenőrzése,
- nem közös (csak üzemi) adatok felhasználása,
- párhuzamos adatokból a kibocsátás elfogadása,
- egyéb nuklidspecifikus adatok.

2.1.1 A mérési eredmények

A léggöri kibocsátás radioizotópjainak aktivitása a 2.2. táblázatban látható. Az értékek az üzemi mérések eredményei, amelyeket a sugárterhelés becsléséhez felhasználtunk.

A PA Rt. és a hatóság 2.1. és 2.2. ábrán feltüntetett mérési eredményeihez megjegyezzük, hogy az üzem a három mintavevő ág közül a legnagyobb aktivitást mutató adatát adja meg, míg a hatóság a hatósági mintavevő ág heti gyűjtésű mintáit méri. A két független adatsor az aeroszol összes-béta méréseknél is szisztematikus eltérést mutat, azonban a ¹³¹I egyenértéknél a kimutatási határ alatti méréseknél a kimutatási határ különbözősége, valamint a PAE által vizsgált napi mintavételezési ág nagyobb aktivitás adatai és az üzem rövidebb időn belül történő mérései miatt az eltérés általában egy, esetenként két nagyságrend.

Az ellenőrzés módszereinek és a kibocsátások mérésének részletes leírása, a lehetséges hibaforrásokkal az 1991. évi jelentés mellékletében található.

2.1. táblázat A paksi atomerőmű légköri radioaktív kibocsátásaira vonatkozó hatósági határértékek (MŰSZ)

Table 2.1. The authorized limits of airborne effluents

Radioaktív anyagok (components)	Határértékek (Bq/nap) (limits, Bq/d)
Sr-89 + Sr-90	$5,6 \cdot 10^4$
Radioaktív jódiotópok, I-131 egyenértékben (I-131 equivalent)	$1,1 \cdot 10^9$
Radioaktív aeroszolok, összes-béta mérés alapján ($T_{1/2} > 24$ h) (aerosols, gross-beta activity)	$1,1 \cdot 10^9$
Radioaktív nemesgázok, összes-béta mérés alapján (noble gases, gross-beta activity)	$1,9 \cdot 10^{13}$

Megjegyzések a táblázathoz:

- A megadott értékek legfeljebb 1000 MW elektromos teljesítményű atomerőművi egységekből 100 m magas szellőző kéményen normálüzemi körülmények között kibocsátható sugárzó anyagok aktivitásának határértékei.
- A megadott értékeket 30 napi kibocsátás átlagára kell vonatkoztatni.
- A ^{131}I egyenérték a kibocsátott radioaktív jódiotópok keverékével azonos pajzsmirigy dózist adó ^{131}I aktivitást jelenti.
- Két reaktor egyidejű bóros szabályozása esetén a nemesgáz kibocsátás hetenként egyszeri gyakorisággal maximálisan $6,5 \cdot 10^{13}$ Bq/nap lehet.

Az aeroszol kibocsátás összes-béta aktivitása, valamint a jódmérés eredményei a hatósági és üzemi laboratórium esetén a 2.1. és 2.2. ábrákon láthatók.

Az üzem általában korábban méri az aeroszol mintát - így a rövid élettartamú izotópokat is - míg a hatóság későbbi méréseinél ezek már nem, vagy csak kis mértékben detektálhatók.

2003-ban a legtöbb radioizotópot tekintve a korábbi éveknél jóval nagyobb a radioaktív aeroszolok kibocsátása. Ez egyértelműen az üzemzavari, megemelkedett kibocsátások eredménye, a II. kiépítés kibocsátásai nem haladták meg a korábbi években tapasztaltakat. Az összes-béta mérések alapján a kibocsátás több mint 99 % -a az 1.-2. blokk szellőzőkéményén keresztül történt. Az áprilisi és májusi nagyobb értékeket az üzemzavari kibocsátások eredményezték. A teljes éves kibocsátásban legnagyobb arányban (az egy napnál rövidebb felezési idejű izotópok nélkül) a ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{58}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{125}Sb , ^{126}Sb , ^{140}Ba , ^{140}La és ^{51}Cr radioizotópok szerepeltek (2.2. táblázat).

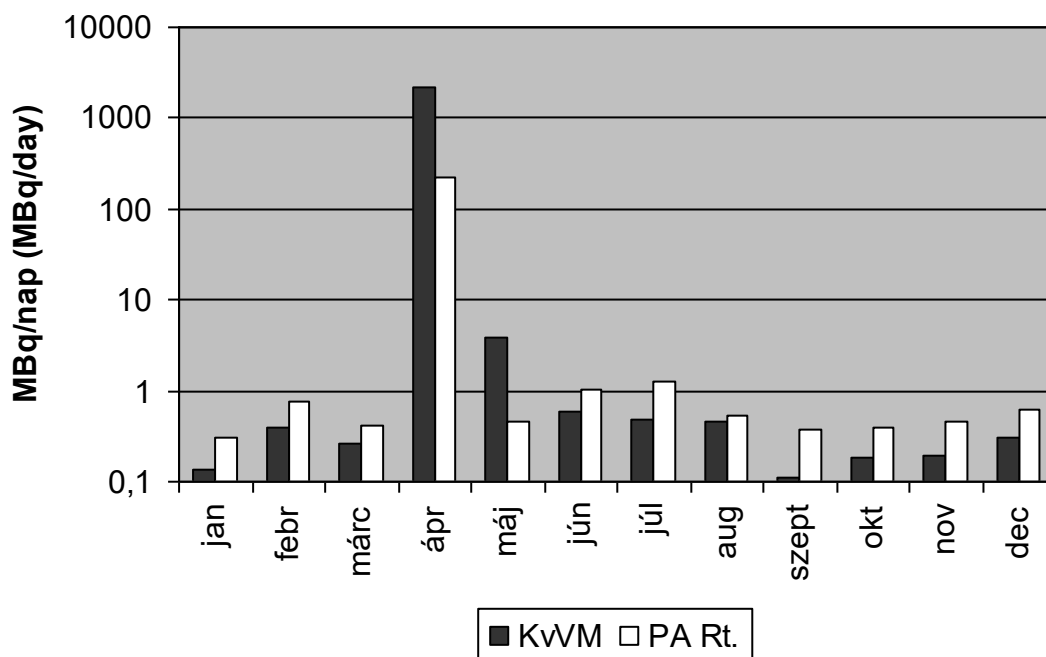
A nemesgáz kibocsátás az üzemzavari kibocsátások következtében jelentősen meghaladják az 1996. óta jellemző, állandósult alacsonyabb szinteket. Az összes-béta mérések alapján a kibocsátás az 1.-2. blokkok kéményénél mintegy 20-szorosa a 3.-4. blokkok kéményének. A nemesgázok izotópösszetételében az üzemzavari kibocsátás következtében a korábbi évektől eltérően a ^{133}Xe volt a legjelentősebb.

2.2. táblázat A lakossági sugárterhelés becslésére felhasznált nuklidspecifikus kibocsátások a hatóság által jóváhagyott üzemi mérések alapján

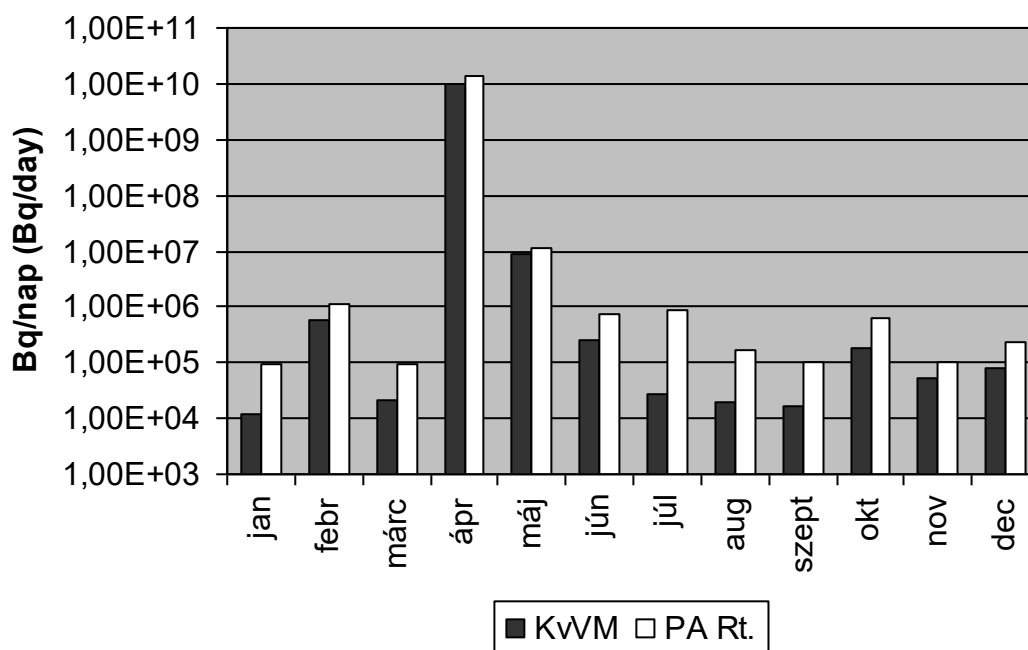
Table 2.2. The radionuclide releases used for the assessment of population doses based on the results of the NPP approved by the authority

Komponens (Components)	Éves légköri kibocsátás (Annual airborne releases)
Nemesgázok* (Noble gases) (TBq)	
Ar-41	4,89
Kr-85	13,0
Kr-85m	1,05
Kr-88	0,75
Xe-133	452
Xe-135	2,36
Aeroszolok (Aerosols) (MBq)	
Cr-51	13,0
Mn-54	84,2
Fe-59	6,90
Co-58	37,9
Co-60	158
Se-75	0,01
Sr-89 + Sr-90	6,94
Nb-95	10,3
Zr-95	6,15
Mo-99	119
Ag-110m	68,4
Sb-124	18,3
Sb-125	39,0
Sb-126	35,1
Cs-134	1360
Cs-136	233
Cs-137	1099
Cs-138	110
Ba-140	550
La-140	198
Ce-141	2,29
Ce-144	2,91
Jódok (Iodines) (GBq)	
I-131 egyenérték	405
Egyéb (Others) (TBq)	
H-3	7,86
C-14	0,68

* a főlvezető detektoros mérőrendszer rendelkezésre állásának megfelelő korrekció után



2.1. ábra Aeroszollal kibocsátott összes-béta aktivitás a KvVM és a PAE mérései alapján.
Figure 2.1. Aerosol gross beta releases. (KvVM: authority, labs of MEW, PAE : NPP). The authority results are provided from weekly, the PAE ones from daily collections of samples. Therefore the releases measured by PAE are higher



2.2. ábra A radioaktív jódkibocsátás átlagértékei ^{131}I -egyenértékben
Figure 2.2. The releases of radioiodine transformed to ^{131}I equivalent. The releases measured by PAE are higher because of the difference in the detection limit and the shorter time lag between the sampling and measurement

2.1.2. A hatósági korlátozás alá eső komponensek

A hatóságilag szabályozott komponensekre a 2003-ban elfogadott kibocsátások a 2.3. táblázatban szerepelnek.

2.3. táblázat A hatóság által elfogadott 2003. évi légköri kibocsátások és a korlát % -ában kifejezett értékei a korlátozás alá eső komponensekre

Table 2.3. Airborne releases of the NPP, accepted by the authority separately from the 1-2. and 3-4. blocks and the sum, together with the percentages of the limits

Korlátozás alá eső komponensek (components)	1-2.blokk (MBq/év) (MBq/y)	3-4. blokk (MBq/év) (MBq/y)	Összesen (MBq/év) (MBq/y)	(%)
Sr-89 + Sr-90	6,92	0,021	6,94	18,2
Radioaktív jódizotópok, I-131 egyenérték (I-131 equivalents)	$4,05 \cdot 10^5$	68,5	$4,05 \cdot 10^5$	54,1
Radioaktív aeroszolok (aerosols) *	6810	45,1	6850	0,91
Radioaktív nemesgázok (noble gases) *	$4,94 \cdot 10^8$	$2,48 \cdot 10^7$	$5,19 \cdot 10^8$	4,0

* összes-béta aktivitás, aeroszol méréseknél $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, nemesgázoknál ^{133}Xe hitelesítő forrással kalibrálva (gross beta activity, calibration made with $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ and ^{133}Xe etalons for aerosol and noble gas measurements, resp.)

A fenti értékek képzése úgy történik, hogy a párhuzamosan mért eredmények közül a hatóság a nagyobbat veszi figyelembe, azaz felülbecsültek az értékek. Megállapítható, hogy a korlátok kihasználása az üzemzavari kibocsátások következtében minden összetevőre jelentősen magasabb a korábbi években tapasztaltaknál. Azonban a radioaktív nemesgázok és aeroszolok vonatkozásában a paksi atomerőmű a hatósági korlátokhoz viszonyítva kismértékű légnemű kibocsátás mellett üzemelt 2003-ban is.

2.2. Folyékony kibocsátás

A vízzel történő radioaktív kibocsátások ellenőrzése egyrészt az ellenőrző tartályokból, másrészt a vízelvezető (V2 és V3-jelű) csatornákból vett minták mérésével folyik. Az elsőfokú hatósági feladatokat az ADV KVF látja el.

Minden, feltételezhetően radioaktív izotópot tartalmazó víz először az ellenőrző tartályokba kerül, ahol a tartály lezárását és keverését követően történik a mintavétel a vonatkozó "Hatósági Felülvizsgálati Rend" szerint. Ezekből a mintákból a tartálytérfogattal arányos heti, havi és negyedéves átlagmintákat készít az üzem. Valamennyi tartálymintából - ellenőrzés céljából - az igényelt mennyiséget a hatósági laboratórium elviheti.

Évente általában 1300 körüli tartályürítés történik, az ezekből vett minták mintegy 10 %-át szűrőpróbaszerűen összes-béta aktivitás méréssel ellenőrzi az ADV KVF. 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 aktivitáskoncentrációjának segítségével határozhatók meg pontosan. A V1 és V2 csatornákból származó mintákban mért radioaktivitás értékek számos esetben a kimutatási határ alatt vannak. Mivel ezeket a kimutatási határ értékével vesszük figyelembe, az eredmények felülbecsültek.

A vízi kibocsátások ellenőrzése a hatóságilag szabályozott komponensek mérésével történik, kiegészítve más, elsősorban nuklidspecifikus mérésekkel. A méréseket az üzem rendszerint a mintavétel napján, ill. az azt követő héten, az ADV KVF pedig a V1-V3 csatorna minták esetében a mintavételt követő 3. napon, a tartálymintáknál pedig további 0-8 nap késéssel végzi el. A mintavételek és mérések leírását a 1991. évi jelentés tartalmazza.

2.2.1. A kibocsátott radioaktív mennyiségek a tartálymérések alapján

Az atomerőmű 2003-ban az ellenőrző tartályokból összesen 62091 m³ vizet bocsátott a Dunába. Az összes-béta mérések szerint a hasadási és a korróziós termékek éves aktivitása a korábbi évektől eltérően 1:1,4 arányban oszlik meg a mérleg feletti (TM-jelű) és a kommunális és laboratóriumi eredetű vizek (XZ-jelű) között. (Ez az érték lényegesen alacsonyabb mint a 2002-re kapott 1,5:1, elsősorban a TM-jelű vizekkel történő kibocsátásnak a II. kiépítésen tapasztalt csökkenése miatt.) A TM:XZ térfogatok aránya a korábbi évekhez hasonlóan 2,0:1.

A sugárterhelés becslésekhez felhasznált éves kibocsátási értékek a 2.4. táblázatban találhatóak.

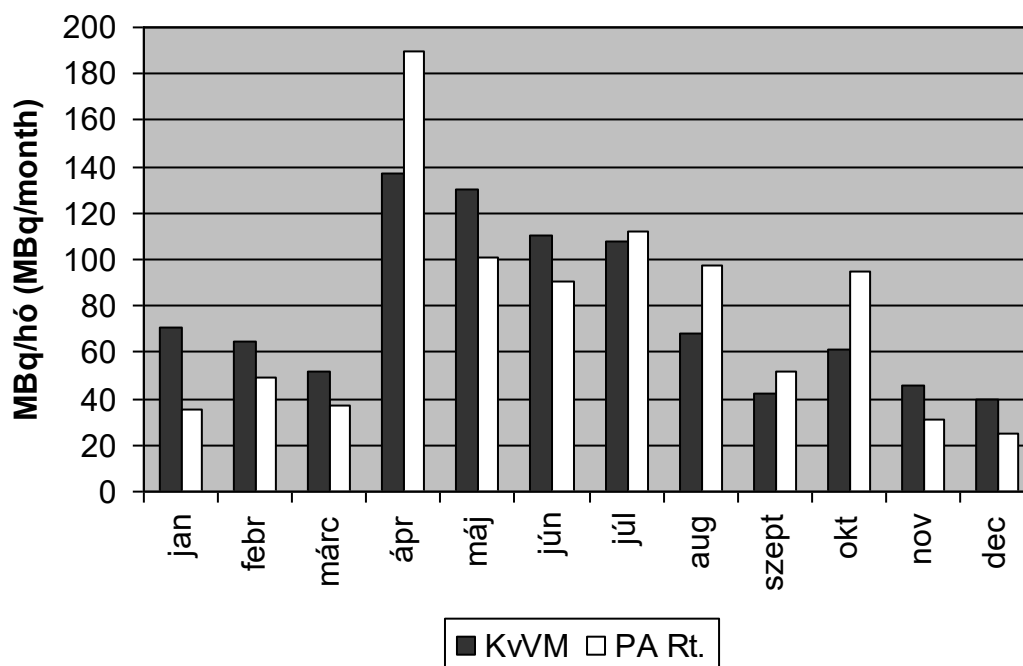
2.4. táblázat A sugárterhelés becslésekhez felhasznált, a hatóság által jóváhagyott PAE tartálymérések alapján meghatározott éves kibocsátások

Table 2.4. The annual liquid releases used for the dose assessments, determined by the control tank measurements of the NPP approved by the authority

Radioizotóp	Kibocsátás (MBq/év)
H-3	1,64.10 ⁷
Cr-51	131
Mn-54	356
Fe-59	23,9
Co-58	190
Co-60	511
Sr-90	9,5
Zr-95	16,2
Nb-95	38,8
Ru-103	2,41
Ag-110m	15,6
Sb-124	2,04
I-131	88,9
Cs-134	67,2
Cs-137	95,2
Ba-140	16,9
La-140	22,6
Ce-141	11,2
Ce-144	7,93

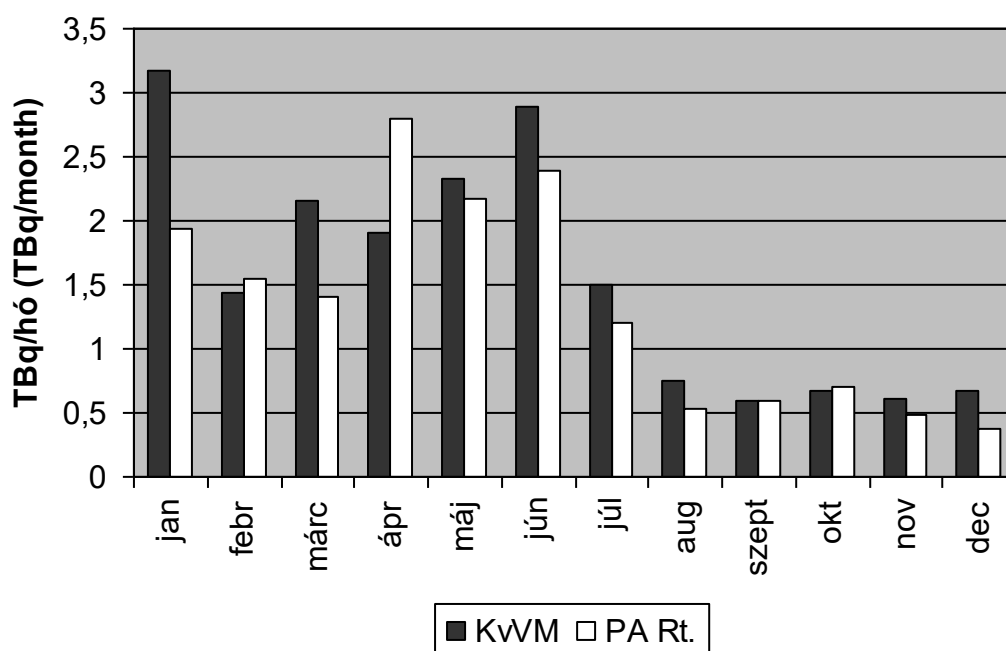
A korróziós termékek kibocsátása a 2002. évihez viszonyítva általában csökkent (esetenként közel felére). Az üzemzavari kibocsátásokkal kapcsolatba ^{131}I , ^{95}Zr és ^{95}Nb izotópok kibocsátása növekedett. A trícium kibocsátása is 2002-höz viszonyítva mintegy 25 %-kal csökkent.

A kibocsátások évközbeli ingadozásait jellemzik a 2.3. és a 2.4. ábrákon bemutatott összes-béta aktivitás és trícium havi átlagértékek.



2.3. ábra Havi összes-béta aktivitás kibocsátások a tartálymérések alapján

Figure 2.3. Monthly gross beta-activities in the effluent water from the control tanks



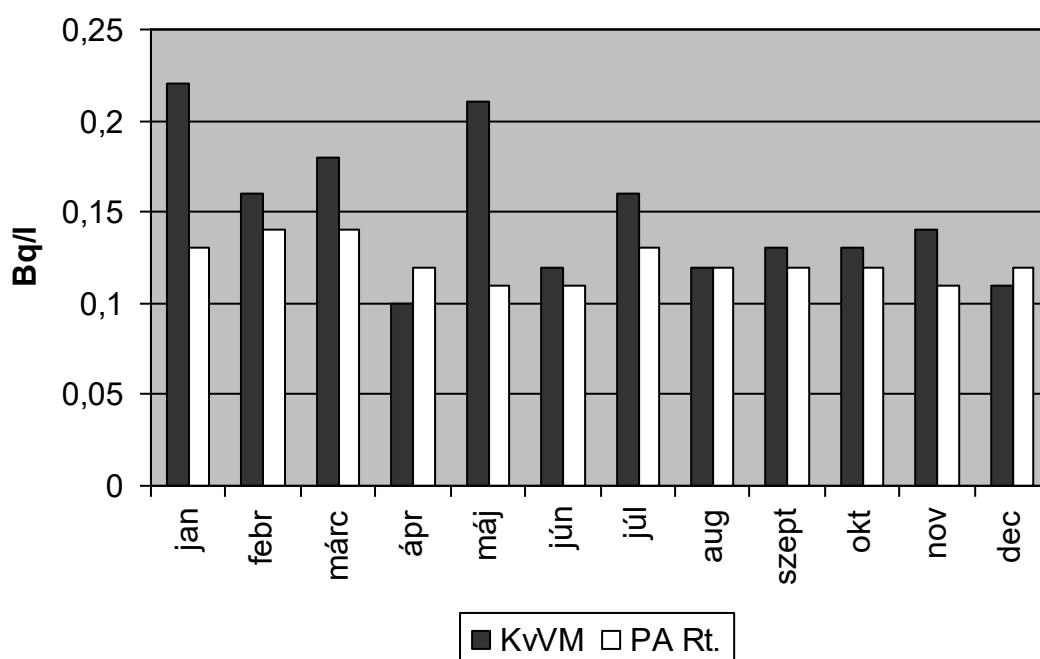
2.4. ábra Havi trícium kibocsátások a tartálymérések alapján

Figure 2.4. Monthly tritium activities in the effluent water from the control tanks

Az összes-béta aktivitás tekintetében a korábbi évekhez hasonlóan a hatósági értékek általában magasabbak voltak mint az üzemié. Mivel az ADV KVF havi egyesített mintákat mér, ezért a hatóság által jóváhagyott kibocsátási értéként a kibocsátási időponthoz közelebb álló, így reálisabbnak tekinthető, az egyedi tartálmérések összegzésén alapuló PAE adatot fogadta el. Az előforduló eltérések tisztázására a hatósági és az üzemi laboratóriumok 2002. I. félévében módszeregyeztetést végeztek.

2.2.3. A vízelvezető csatornában mért koncentrációk

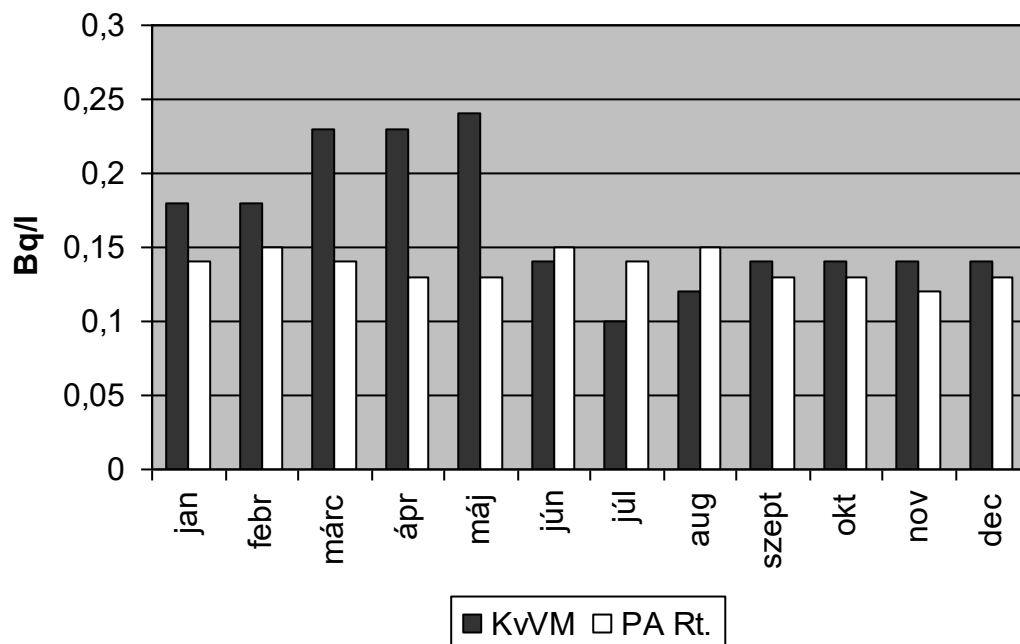
A 2.5.a, 2.5.b és 2.5.c ábrák a V1, V2 és V3 jelű helyen vett vízmintákban a hatóság, ill. az üzem által mért összes-béta aktivitáskonzentrációk havi átlagértékeit mutatják.



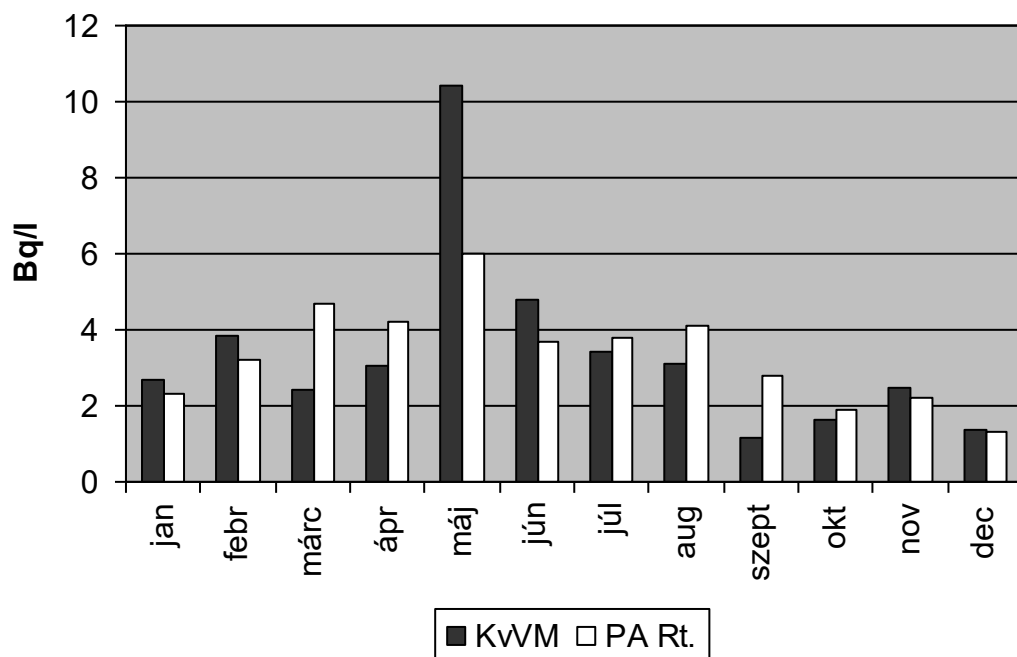
2.5.a. ábra A hidegvíz csatorna (V1) összes-béta aktivitáskonzentrációjának havi átlagértékei
Figure 2.5.a. Monthly gross beta activity concentration in the inflow water channel

A hatósági adatok és az üzemi adatok általában a mérések hibáján ($\pm 30-40\%$) belül, ill. a minták inhomogenitásának megfelelően egyeznek. (A májusi V2 összes-béta eredmények nagyobb eltérését a mintavevő edény elszennyeződése okozta.)

A szennyvíz csatorna (V3) aktivitáskonzentrációja egyes hónapokban 50-100 -szor nagyobb a V1 és V2 összes-béta aktivitáskonzentrációjánál. (A májusi összes-béta kiugró hatósági értéket egy minta téves azonosítása okozta.)

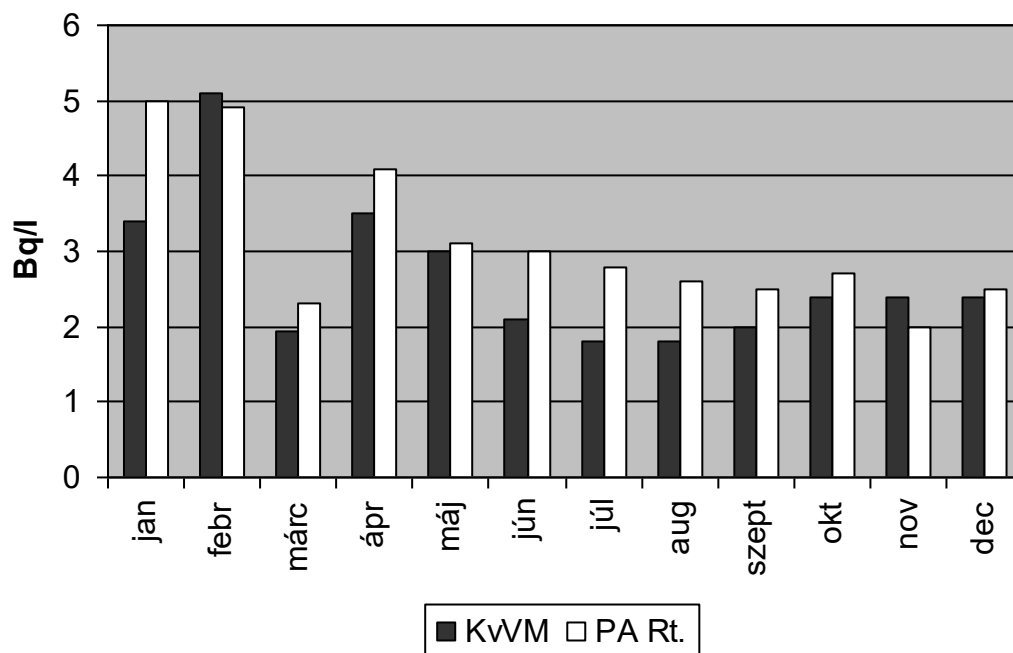


2.5.b. ábra A melegvíz csatorna (V2) összes-béta aktivitáskonzentrációjának havi átlagértékei
Figure 2.5.b. Monthly gross beta activity concentration in the hot water (discharge) channel

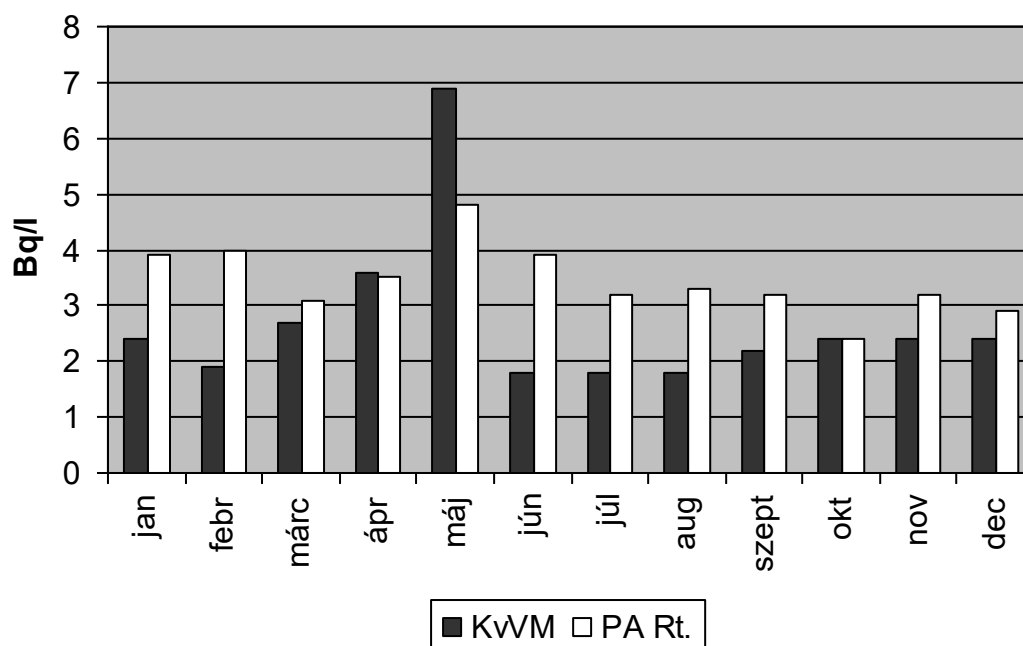


2.5.c. ábra A szennyvíz csatorna (V3) összes-béta aktivitáskonzentrációjának havi átlagértékei
Figure 2.5.c. Monthly gross beta activity concentration in the waste water channel

A 2.6.a, 2.6.b. és 2.6.c. ábrák az egyes csatornák trícium koncentrációjának havi átlagait mutatják.



2.6.a. ábra A hidegvíz csatorna (V1) trícium koncentrációjának havi átlagértékei
Figure 2.6.a. Monthly tritium concentrations in the inflow water channel.

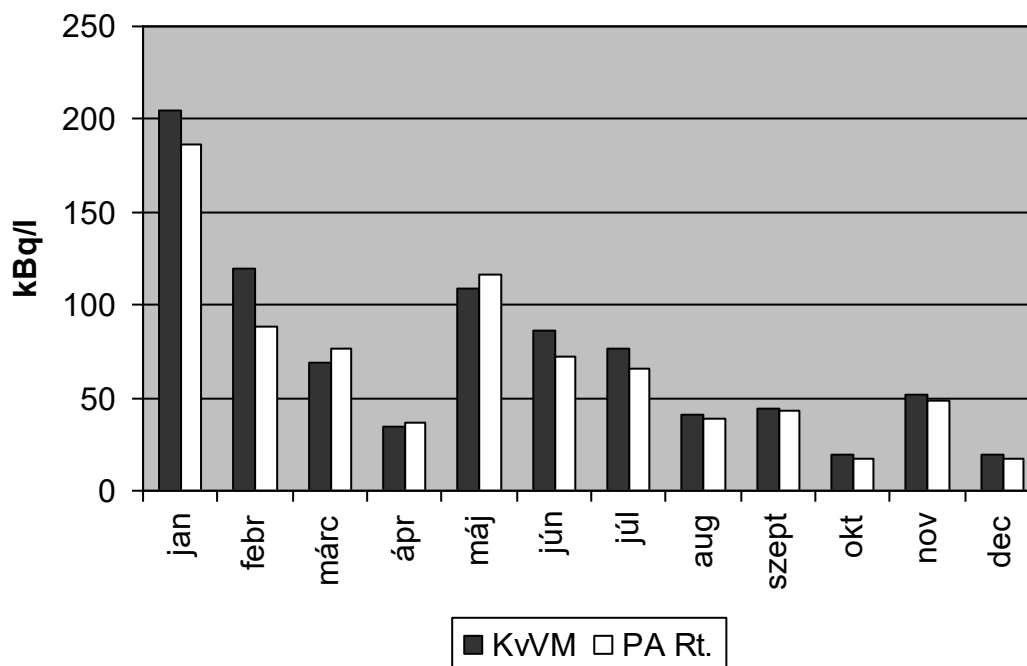


2.6.b.ábra A melegvíz csatorna (V2) trícium koncentrációjának havi átlagértékei.
Figure 2.6.b. Monthly tritium concentrations in the hot water (discharge) channel.

A hidegvíz és melegvíz csatorna trícium koncentrációjának a dunai értékkel (1-5 Bq/l) kell megegyeznie, a mérési adatok hasonló tartományban is mozognak. Időnként 1,5 -szeres az eltérés az üzemi és hatósági adatok között – az üzemi eredmények „javára” -, ez a kis koncentrációkat tekintve az eltérések szisztematikus jellege mellett is elfogadható. Az egyetlen kivétel a melegvíz

csatornában májusban mért hatósági trícium aktivitáskoncentráció (ennek oka a mintavevő edény elszennyeződése volt).

A ténylegesen kibocsátott trícium koncentrációja megbízhatóan a szennyvíz csatorna mintavételi pontján mérhető, havi értéke 10-200 kBq/l között változott. A hatósági adatok kissé meghaladják az üzemieket, azonban az eltérések a korábbi évekhez képest lényegesen lecsökkentek.



2.6.c.ábra A szennyvíz csatorna (V3) trícium koncentrációjának havi átlagértékei
Figure 2.6.c. Monthly tritium concentrations in the waste water channel.

A V2 mintáknál a korábbi évekhez hasonlóan gamma-spektrometriával nem lehetett kimutatni az atomerőműtől származó izotópokat. Áprilisban egy V1 mintában 5,4 mBq/l ^{131}I aktivitáskoncentráció volt mérhető, amely minden bizonnyal a légnemű üzemzavari kibocsátás során kiüledett és a csatornába bemosódott szennyeződés eredménye.

A V3 -jelű csatornában 2003-ban is jól mérhető volt az atomerőmű járuléka (rendszeresen a ^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{90}Sr , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{134}Cs és ^{137}Cs radioizotópok), amelyek havi átlagos aktivitáskoncentrációi 25 mBq/l-től 4,6 Bq/l értékig terjedtek, mind az üzemi jelentés, mind a hatósági adatok alapján. Azonban minden radionuklidra igaz, hogy aktivitáskoncentrációja 2002-höz képest jelentősen lecsökkent.

2.2.4. A hatósági korlátozás alá eső vízi kibocsátások

A 2.5. táblázat a vízi kibocsátások hatósági korlátozás alá eső komponenseinek értékeit mutatja be (a PA Rt. MŰSZ tartalmazza a korábbi vízi szabályozást is). A hatóság a kibocsátások értékére minden komponensnél a PAE által mért adatokat fogadta el.

Ezen elfogadott eredmények szerint a trícium kivételével az összes mennyiség csupán a korlát néhány %-át éri el. Az ésszerű módon nem mérsékelhető trícium kibocsátás a korábbi évek eredményeihez hasonlóan a hatósági korlát %-ában viszonylag magas, de ennek sugárterhelés járuléka kicsi (lásd 5. fejezet).

2.5.táblázat A hatóság által elfogadott vízi kibocsátások 2003-ban

Table 2.5. The accepted releases by water in 2003

Komponensek (components)	Éves kibocsátás (annual releases)	Éves kibocsátási korlát blokkonként (annual limit of releases per units)	Korlát kihasználás (proportion of limit) (%)
Összes-béta (gross beta)	0,916 GBq	3,7 GBq	6,2
Trícium	16,4 TBq	7,5 TBq	54,6
Sr-90	9,46 MBq	37 MBq	6,4
összes-alfa (gross alpha)	*	**	-

* Az összes-alfa méréseket spektroszkópiai mérésekkel pontosítva, a mintákban a természetes alfa-sugárzó izotópokon kívül nem találtak a 0,011 Bq/dm³ kimutatási határ felett atomerőművi eredetű alfa-sugárzó izotópot

** A hatósági engedély megfogalmazása szerint az érték "0" kibocsátásnak minősül ("0" kibocsátás: 0,011 Bq/l alatti összes-alfa aktivitáskoncentráció az ellenőrző tartályokban)

(No releases for alpha is accepted by the concentration in tanks should be less than 0,011 Bq/l as the detection limit)

3. RADIOAKTÍV HULLADÉKOK

A radioaktív hulladékok biztonságos kezelése a hulladéktermelő, azaz a PA Rt. felelősége. A hulladékok gyűjtése, feldolgozása és átmeneti tárolása az üzemeltetési feladatok részeként valósul meg. A biztonságos végleges elhelyezés előkészítésével 1998. június 2-től a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Társaság foglalkozik.

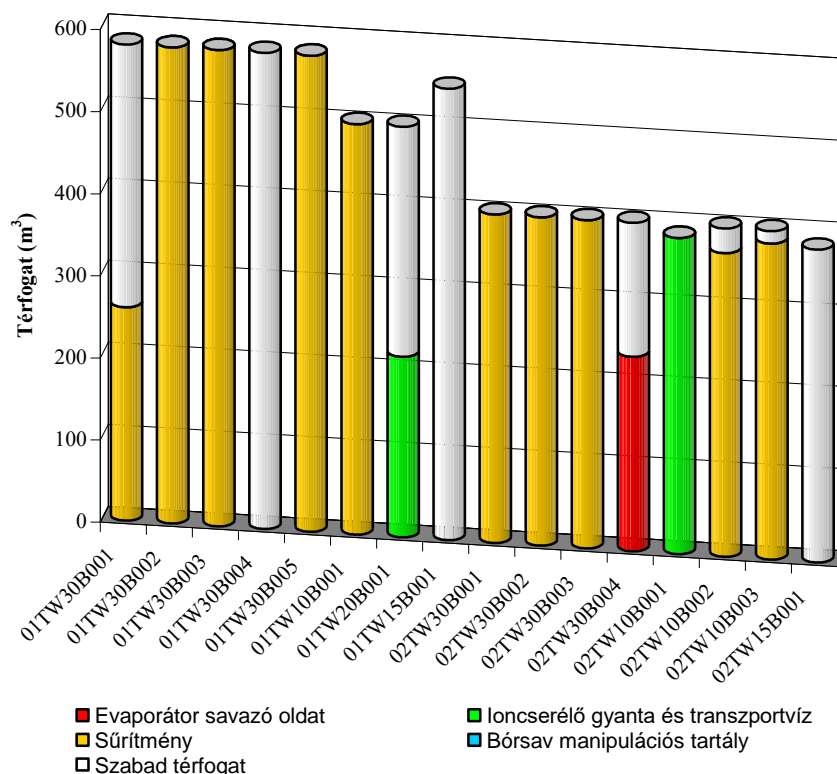
3.1. Üzemviteli kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok

Annak érdekében, hogy megakadályozható legyen a hatóságok által előírt, igen szigorú biztonsági határértékeket meghaladó radioaktív kibocsátás, minden radioaktív anyaggal szennyezett hulladékáramot ellenőrizni és - szükség esetén - tisztítani kell. A tisztítás során felhasznált szűrők, ioncserélő gyanták valamint az üzemeltetés során keletkező szennyvizek bepárlásával képződő koncentrátumok képezik az üzemi kis- és közepes aktivitású hulladékok jelentős részét.

3.1.1. Folyékony radioaktív hulladékok

Az eddigi üzemeltetés során 4419 m³ bepárlási maradék keletkezett, amelyből 2003-ban a két kiépítésen összesen 350 m³ képződött, össz sótartalmuk kb. 300-400 g/l, amelynek fele alkáli-borát.

A víztisztító rendszerekből kikerülő elhasznált ioncserélő gyanták mennyisége az eddigi üzemeltetés során a két segédépületben összesen közel 93 m³. Ebből 17,4 m³ keletkezett 2003-ban. A 3.1. ábra a folyékony hulladék tároló tartályok telítettségre vonatkozó információkat foglalja össze.



3.1. ábra A folyékony hulladék tároló tartályok telítettsége (2004. januári állapot)
Figure 3.1. The used volumes of the liquid waste storage tanks on January 2004

3.1.2. Szilárd radioaktív hulladékok

Az atomerőmű 2003. évi üzemeltetése során a keletkező szilárd radioaktív hulladékok forrásai és egymáshoz viszonyított mennyiségei részben változtak a korábbi évekhez képest:

- Elhasználódott és felaktíválódott, vagy felületileg szennyezett berendezések, csővezetékek, szerelvények, hőszigetelések stb.
- Átalakításokból származó építési anyagok (betontörmelék, faanyag, üveg stb.), illetve különböző elszennyeződött fémhulladékok, kábelek stb.
- Karbantartó műhelyekben képződő fémhulladékok, forgácsok, elhasználódott szerszámok.
- Karbantartás és üzemeltetés során keletkező ún. „puha” hulladékok (ruhák, egyéni védőfelszerelések, szűrőbetétek, törlőrongyok, fólia stb.).

A radioaktív hulladék összetétele és mennyisége időben változó volt, mert a karbantartási periódusok a normál üzemvitelhez képest természetesen mennyiségi csúcsokat és összetétel eltolódásokat eredményeztek.

A zsákos hulladék döntő többségét az elhasznált kiegészítő védőfelszerelések adták, melyekből 2003-ban is a megelőző évekhez hasonló mennyiség került felhasználásra, dacára a 2. blokki eseményeknek (3.1. - 3.2. táblázat).

3.1. táblázat A felhasznált kiegészítő védőfelszerelések mennyisége

Table 3.1. The annual volume of used protective clothes and tools

	2000	2001	2002	2003
Műanyag cipővédő:	330000 pár	360000 pár	390000 pár	350000 pár
Gumikesztyű:	160000 pár	160000 pár	170000 pár	170000 pár
Légzésvédő:	55000 db	20000 db	20000 db	30000 db
Műanyag kötény:	1800 db	2000 db	2000 db	2000 db

A hordós gyűjtésű hulladékokba különböző elhasznált alkatrészek, szerkezeti elemek, szennyezett munkaeszközök kerülnek, amelyek tömegük vagy méretük miatt nem helyezhetők műanyag zsákokba.

3.2. táblázat A 2003-ban keletkezett szilárd radioaktív hulladékok mennyisége

Table 3.2. The volume of solid radioactive waste in 2003

Keletkezett radioaktív hulladékok			Feldolgozást követő mennyiségek	
Típusa	Mennyisége		[db hordó]	[m ³]
	egység	[m ³]		
Zsákos gyűjtésű	15400 db	520,0	383	76,6
Hordós gyűjtésű	550 db	58,0	199	39,8
Iszap	9000 l	5,8	58	11,6
Aeroszolszűrő	---	20,0	20	4,0
Tűzveszélyes folyadék*	1300 l	0,3	---	---
Összesen:		920,3	660	132

Az aktív iszapokból mintegy 4 m³ keletkezett a négy blokkon, elsősorban a szennyezett közegeket tároló tartályok szerkezeti vizsgálatát megelőző tevékenységek során. (Ezek az iszapok nem a folyékony radioaktív hulladékot tároló tartályokból kerülnek ki).

Az eddigi üzemeltetés során 5313 db kis és közepes aktivitású szilárd hulladékot tartalmazó hordót tárolunk, amelynek nagy része inaktív anyag. Ilyen nagy mennyiségű hulladék tárolása az erőművi telephelyen szokatlan a nemzetközi gyakorlatban.

3.2. Feldolgozási eljárások

A keletkező szilárd radioaktív hulladékok feldolgozása a jelenlegi gyakorlat szerint a következő:

- **Válogatás, szortírozás:** A tömöríthető és nem tömöríthető radioaktív hulladékok szétválasztása lényegében már a gyűjtés során megvalósul azáltal, hogy a műanyag zsákokba igen ritkán kerül nem tömöríthető hulladék. A hordós gyűjtésű (általában nem tömöríthető) hulladékok esetén a hordók tartalmának optimális elrendezése szükséges. A válogató berendezéssel az összes 30 µSv/h-nál kisebb felületi dózisteljesítményű hulladékos zsák tartalmát átválogatjuk azért, hogy az 1 µSv/h felületi dózisteljesítmény alatti egyedi hulladékokat elkülönítsük a radioaktív hulladékoktól.
- **Tömörítés:** A tömöríthető radioaktív hulladék térfogatcsökkentése az 500 kN-os préssel történik, átlagosan 5-ös redukción tényezővel. A keletkező szilárd radioaktív hulladékok - az eddigi tapasztalatok alapján - 80-85 %-a tömöríthető.
- **Szilárdítás:** A keletkezett aktív iszapokat, melyek a primerköri csurgalékvizeket gyűjtő, vegyszeresen kezelő, ülepítő, vagy átmenetileg tároló berendezésekből kerülnek ki, gyöngykovaföld átlagosan 1:1 arányú hozzákeverésével szilárdítjuk.
- **Szétszerelés:** Az aeroszol szűrők térfogatának csökkentése a szűrő keretek szétszerelésével, majd tömörítésével történik.
- **Szűrés:** A szennyezett oldószereket gyöngykovaföld rétegen keresztül történő szűréssel tisztítjuk, igen jó eredménnyel. Az eddigi tapasztalatok szerint a szennyezett olajok mintegy 90 %-a közönséges veszélyes hulladékként ártalmatlanítható a szűrés után.

A szilárd hulladékok, beleértve az aeroszolszűrőket és a szilárdított iszapokat is, egységesen speciális (belső műanyag bevonattal ellátott) 200 l-es 1,2 mm falvastagságú fémhordókba (φ560x850 mm) kerülnek.

A folyékony radioaktív hulladékok feldolgozása és kondicionálása még nem kezdődött meg, így ezeket a segédépületi tartályokban tároljuk. 2003-ban folytatódott az 1994-ben megkezdett, a folyékony hulladék mennyiségének térfogatát csökkentő technológiák megvalósítása (FORTUM -, cementezési -, ultraszűrési technológia stb.), de az üzembe helyezése még nem történt meg.

3.3. A radioaktív hulladékok átmeneti tárolása

A radioaktív hulladékok átmeneti tárolása közbenső lépés a radioaktív hulladékkezelés teljes láncolatában. Célja a hulladékok ellenőrzött, ideiglenes tárolása a végleges elhelyezést megelőzően.

A telephelyen tárolt kis és közepes aktivitású szilárd hordós hulladékok elhelyezését mutatja a 3.3. táblázat.

A végleges tároló üzembe helyezésének bizonytalansága miatt több átmeneti tárolóhely kialakításának lehetőségét is vizsgálják a PA Rt. telephelyén.

A bepárlási maradékok és egyéb folyékony radioaktív hulladékok tárolása az I. és a II. segédépületi beépített tároló tartályokban történik.

3.3. táblázat Átmeneti tárolók és ideiglenes gyűjtőhelyek töltöttsége

Table 3.3. The used volumes of the temporary storage capacity

Helyiség	Kapacitás (db hordó)	2003-ban betárolt mennyiség (db hordó)	Tárolt mennyiség (db hordó)	Szabad kapacitás (db hordó)
A410/1	248	0	0	248
A410/2	228	0	228	0
A410/3	230	0	230	0
A410/4	273	90	267	6
A0059/II	555	0	555	0
VK302/I	5600	1003	2871	2729
VK302/II	914	0	914	0
Összesen:	8048	1093	5065	2983

3.4. Végleges elhelyezés

Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény rendelkezett a radioaktív hulladékok végleges elhelyezésével, valamint a kiégett fűtőanyagok átmeneti tárolásával, végleges elhelyezésével, továbbá az atomerőmű leszerelésével foglalkozó közhasznú társaság létrehozásáról.

A megalakítását követően az RHK KhT foglalkozik a radioaktív hulladékok végleges elhelyezéséhez kapcsolódó telephelykutatással.

A nagy aktivitású hulladékok végleges elhelyezésével kapcsolatos telephelykutatás, majd a végleges tároló kialakításával és üzemeltetésével kapcsolatos feladatok szintén az RHK KhT feladatai közé tartoznak.

4. KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI MÉRÉSI EREDMÉNYEK

4.1. A léghőri aktivitáskoncentrációk

A léghőri radioaktív szennyezettségének ellenőrzésére a hatósági laboratórium (ÁNTSZ Tolna megyei Intézete, Szekszárd) négy ponton (Kalocsa, Csámpa, Szekszárd, Dunaföldvár) tart üzemben folyamatos mintavevő berendezést. 2003. évben 351 db léghőri aeroszol mintavételre került sor. Az aeroszol szűrőket Szekszárdon 24 órás és 1-2 hetes (összes-béta, ill. gamma-spektrometriai mérésekhez), a többi állomáson heti gyűjtéssel veszik, majd 72 órás pihentetés után mérik.

A 2003. áprilisi üzemzavar miatt a szekszárdi állomáson a közepes légtérfogatú mintavevő szűrőjét átmenetileg napi gyakorisággal cserélték. A tapadóhálókat és fall-out mintákat minden mérőállomáson egy hétig gyűjtötték. A minták számának növekedése miatt a gamma-spektrometriai mérések mérési idejét is csökkentették. Mindez a kimutatási határok növekedéséhez vezetett.

Az összesített mérési eredményeket a 4.1.a és 4.1.b táblázatok tartalmazzák.

Az aeroszol szűrőkben mért összes-béta aktivitás 0,42 - 10 mBq/m³ között változott (4.1.a táblázat). A tapadóhálával gyűjtött 48 db mintából meghatározott összes-béta aktivitás 0,71 – 12,9 Bq/m²/hó között változott az egyes mintavételi pontokon. A teljes kihullást reprezentáló 48 fall-out mintában mért összes-béta aktivitás 0,86 – 88 Bq/m²/hó értékhatárok között volt. A magasabb értékek döntő részben a ⁴⁰K izotóptól származnak.

4.1.a táblázat A levegőkörnyezetben mért radioaktív koncentrációk (aeroszol, tapadóháló és teljes kihullás) a hatósági mérésekből (ESzCsM, összes-béta mérések)

Table 4.1.a The radioactive concentrations in aerosols, in fall-outs type of "taking shade collector" and "total" ones, measured by the authority of MHSFA (gross-beta measurements)

Meghatározás	Terület	Átlag min.-max.; esetszám*
Aeroszol összes-béta (mBq/m ³)	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,52 0,42 – 4,1; 47(1)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	1,95 0,86 -9,2; 47(13)
	DK-i félkör, R≥10 km	3,62 0,61 – 10,0; 257(18)
Tapadóháló összes-béta (Bq/m ² /hó) (Bq/m ² /month)	ÉNY-i félkör, R<10 km	2,53 0,71 – 12,9; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	4,13 1,3 – 9,62; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	2,32 0,97 – 4,89; 24
Teljes kihullás összes-béta (Bq/m ² /hó) (Bq/m ² /month)	ÉNY-i félkör, R<10 km	6,13 1,9 – 12,7; 12
	ÉNy-i félkör, R≥ 10 km	5,61 0,86 – 16,7; 12
	DK-i félkör, R≥ 10 km	12,0 1,4 – 88; 24

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

Gamma-spektrometriai mérésekkel a közepes légtérfogatú aeroszol-mintavevő szűrőin néhány alkalommal kimutatható volt a - minden bizonnyal csernobili eredetű - ^{137}Cs radionuklid. (A legnagyobb, $69 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ koncentráció egy rövid idejű mintavételhez és méréshez tartozó kimutatási határ.) Egy mintában mértek kimutatási határ feletti ^{131}I aktivitáskoncentrációt ($13 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$). (A legnagyobb, $180 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ –es érték itt is kimutatási határnak felel meg.) A teljes kihullás és tapadóháló mintákban – 1-2 mintát kivéve - a ^{137}Cs gyakorlatilag nem volt mérhető (4.1.b táblázat).

4.1.b táblázat A levegőkörnyezetben mért radioaktív koncentrációk (aeroszol, tapadóháló és teljes kihullás) a hatósági mérésekből (ESzCsM, gamma-spektrometria)

Table 4.1.b The radioactive concentrations in aerosols, in fall-outs type of “taking shade collector” and “total” ones, measured by the authority of MHSFA (gamma-spectrometry)

Meghatározás	Terület	Átlag min.-max.; esetszám*
Aeroszol Be-7 (Gamma spektr.) (mBq/m^3)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	4,05 0,26 – 9,26; 65(1)
Aeroszol Cs-137 (Gamma spektr.) (mBq/m^3)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,0088 0,0006 – 0,069; 66(59)
Aeroszol I-131 (Gamma spektr.) (mBq/m^3)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,017 0,00048 – 0,180; 66(65)
Teljes kihullás Be-7 (Gamma spektr.) ($\text{Bq}/\text{m}^2/\text{hó}$)	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	32,8 7,46 – 65,0; 12
	ÉNy-i félkör, $R \geq 10$ km	32,3 7,38 – 98,1; 12
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	37,1 8,65 – 105; 24
Teljes kihullás Cs-137 (Gamma spektr.) ($\text{Bq}/\text{m}^2/\text{hó}$)	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	0,40 0,18 – 0,50; 12(11)
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	0,39 0,18 – 0,58; 12(12)
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,39 0,20 – 0,60; 24(23)
Tapadóháló Be-7 (Gamma spektr.) ($\text{Bq}/\text{m}^2/\text{hó}$)	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	8,02 2,26 – 25,6; 12
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	15,1 2,41 – 35,7; 12
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	8,7 2,24 – 20,7; 24(1)
Tapadóháló Cs-137 (Gamma spektr.) ($\text{Bq}/\text{m}^2/\text{hó}$)	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	0,30 0,27 – 0,36; 12(12)
	ÉNy-i félkör, $R \geq 10$ km	0,30 0,16 – 0,48; 12(11)
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,28 0,10 – 0,50; 24(24)

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

Az üzemi méréseket az ún. A-típusú ellenőrző állomásokon végezték. Az aeroszol mintákban jól mérhető volt a kozmogén eredetű ^7Be . Az üzemzavari kibocsátás ellenére feltételezhetően nagyrészt csernobili eredetű ^{137}Cs már csak néhány mintában, 3-10 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ koncentrációban volt jelen. A mintákban - 2002-től eltérően – csak két esetben volt kimutatható az erőművi eredetű ^{60}Co , néhány $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ körüli értékben (4.2. táblázat) [4].

4.2 táblázat A levegőkörnyezetben mért aktivitáskonzentrációk jellemző értéktartománya, üzemi mérésekből [4]

Table 4.2. The radioactive concentrations in aerosol and fall-out, measured by the NPP [4]

	Aktivitáskonzentráció				
	Be-7	Co-60	I-131	Cs-137	Ag-110m
Aeroszol (mBq/m^3) (A1-A9 állomások, heti mérések) (<i>sampling stations A-type, weekly</i>)	0,7-8,2	<0,001- 0,007	0,2-280	<0,001- 13	<0,001
Fall-out ($\text{Bq}/\text{m}^2/\text{hó}$), (havi mérések) (<i>fall-out, monthly</i>) ($\text{Bq}/\text{m}^2/\text{month}$)	5-209	<0,1-1,9	<0,1-235	<0,1-0,8	<0,1

4.2. A vízi környezetben mért aktivitáskonzentrációk

A hatósági laboratóriumok különös figyelmet fordítanak a Duna radioaktív szennyezettségének rendszeres ellenőrzésére. A KvVM bajai és az ESzCsM szekszárdi laboratóriuma a folyó Dunaföldvártól Mohácsig terjedő szakaszán több ponton - Dunaföldvár, Paks, Gerjen, Kalocsa, Baja, Mohács - végez rendszeres mintavételt és mérést.

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

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

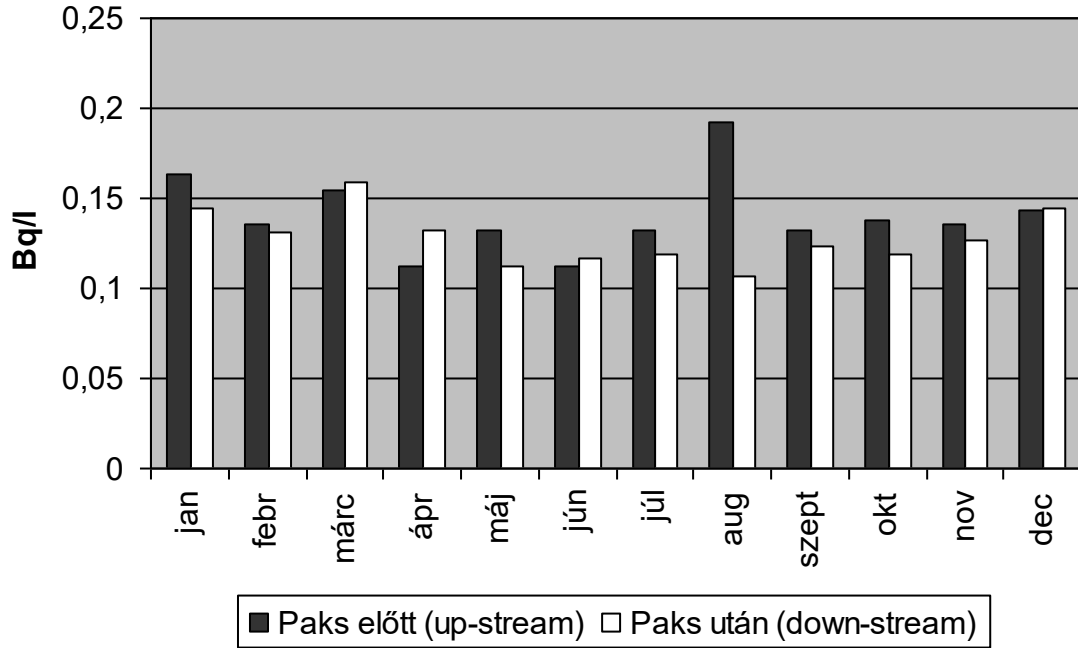
A heti-havi gyakorisággal vett Duna-víz mintákban meghatározott összes-béta aktivitáskonzentrációkat a 4.1. ábra, a hetente-havonta mért tríciumkoncentráció értékeket pedig a 4.2. ábra szemlélteti a környezetvédelmi és az egészségügyi hatóság mérései alapján. A nagyszámú vízmintából meghatározott összes-béta aktivitások éves átlaga 0,14 és 0,13 Bq/l volt Paks előtt és Paks után.

A tríciumkoncentráció értékeket tartalmazó 4.2. ábra és 4.3. táblázat szerint a Paks előtt és után vett vízmintákban mért ^3H aktivitáskonzentrációk a 2002. évihez hasonlóak, a kettő közötti különbség nem tekinthető szignifikánsnak. A vizsgálati pontokon a Duna szakasz tríciumkoncentrációja Paks előtt átlagosan 2,1 Bq/l, Paks után 2,6 Bq/l volt.

A már említett összes-béta aktivitás és tríciumkoncentráció mellett a 4.3. táblázat tartalmazza a Duna-víz ^{90}Sr és ^{137}Cs , valamint a KvVM laboratóriumában, gamma-spektrometriával mért radionuklidok átlagos aktivitáskonzentrációit is.

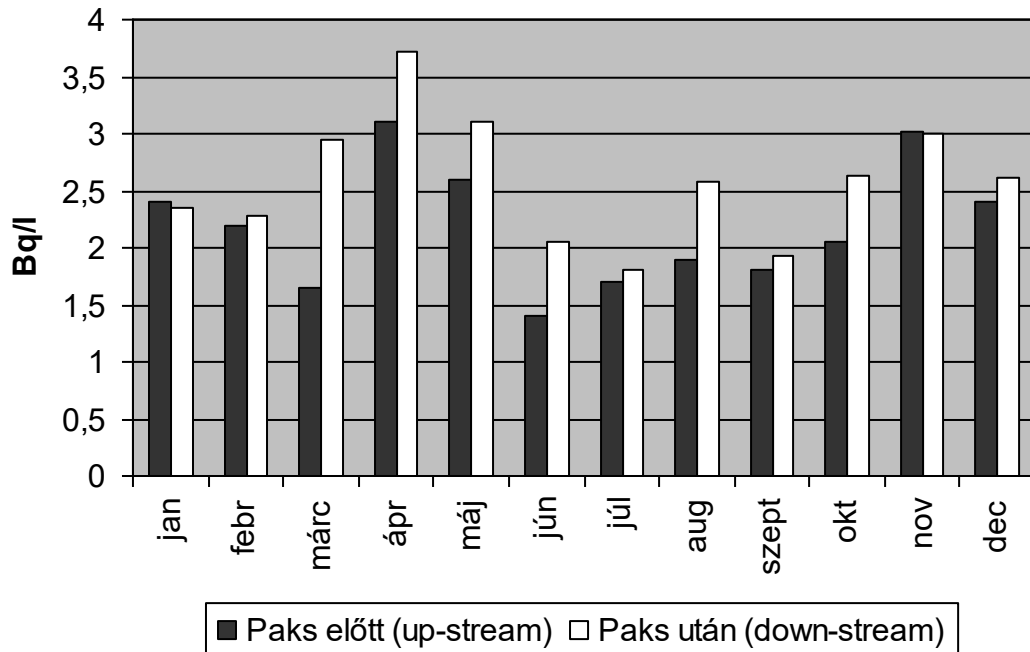
A Duna-vízben a ^{137}Cs kémiai szeparációval meghatározott értékei, valamint a ^{90}Sr éves átlagos aktivitáskonzentrációja nem haladja meg az alapszint értékeket.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a Duna vízében az erőmű utáni szakaszon erőművi eredetű radioaktív szennyeződés 2003-ban sem volt kimutatható.



4.1. ábra A dunavíz havi összes-béta aktivitáskonzentrációja Paks előtt és után mérve (hatóságimérések)

Figure 4.1. Gross beta monthly activity concentration in Danube water, measured up- and down-stream the Plant (by the authorities)



4.2. ábra A dunavíz havi tríciumkoncentrációja Paks előtt és után mérve (hatósági mérések)

Figure 4.2. Monthly tritium concentration in Danube water, measured up- and down-stream the Plant (by the authorities)

4.3. táblázat A Duna-vízben mért éves aktivitáskonzentráció értékek, hatósági mérések alapján
 Table 4.3. Radionuclide concentrations in Danube water, measured by the authorities

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/l) min.-max.; esetszám*	alapszint (Bq/l) (1981)
Összes-béta	Paks előtt	0,14 0,070 - 0,25; 49	0,2
	Paks után	0,13 0,060 - 0,30; 134	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,0018 0,0011 - 0,0034; 4(4)	
	Paks után	0,0018 0,0010 - 0,0059; 16(13)	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,035 0,030 - 0,040; 4	
	Paks után	0,051 0,020 - 0,070; 16	
Pb-214 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,0055 0,0032 - 0,0074; 4(1)	
	Paks után	0,0059 0,0027 - 0,010; 16(3)	
H-3	Paks előtt	2,2 0,9 - 4,4; 22(5)	7,00
	Paks után	2,6 1,51 - 4,6; 87(39)	
Sr-90	Paks előtt	0,0066 0,0020 - 0,0030; 12(1)	0,005
	Paks után	0,0034 0,0012 - 0,010; 24(5)	
Cs-137 (kémai szeparáció)	Paks előtt	0,00052 0,00042 - 0,00078; 8(7)	0,002
	Paks után	0,00054 0,00044 - 0,0010; 8(7)	

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

A 4.4. táblázat az erőmű környezetében fekvő felszíni vizek (kivéve a Dunát) mérési eredményeit tartalmazza. A vizsgálati eredmények azt mutatják, hogy a vizek összes-béta aktivitáskonzentrációja hasonló a Duna-vízben mért értékekhez, havi átlagértékei a 0,09 - 0,34 Bq/l határok között voltak. A trícium értékek kissé nagyobbak a Duna-vízben mért koncentrációknál (1,24 - 5,3 Bq/l).

4.4. táblázat Felszíni vízminták (kivéve Duna) radioaktív koncentrációinak éves átlagai, hatósági mérések alapján (ESzCsM és KvVM)

Table 4.4 Annual averages of radionuclide concentrations in surface waters (except Danube) in different geographical sectors, measured by the authorities (labs of MHSFA and MEW)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/l) min.-max.; esetszám*
Összes-béta	DK-i félkör, R<10 km	0,16 0,12 - 0,34; 9
	DK-i félkör, R≥10 km	0,17 0,09 - 0,33; 37
H-3	DK-i félkör, R<10 km	3,72 2,7 - 5,3; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	3,23 1,24 - 4,4; 13
Sr-90	DK-i félkör, R<10 km	0,012 0,0036 - 0,030; 4(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,071 0,0037 - 0,29; 6(1)
Cs-137 (kémiai szep.)	DK-i félkör, R<10 km	0,0018 0,00048 - 0,0049; 4 (4)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,00076 0,00044 - 0,0014; 6 (5)

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

A Duna üledékéből Paks előtt és Paks után havonta-negyedévente gyűjtött minták átlagos koncentrációit a KvVM és ESzCsM adatai alapján a 4.5. táblázat tartalmazza.

A Duna-iszap összes-béta aktivitása a mintázott helyeken 271 - 1780 Bq/kg közötti érték volt (száraz tömegre vonatkoztatva). A ⁹⁰Sr átlagos aktivitáskoncentrációja a mérések alapján Paks előtt 0,93, Paks után 1,73 Bq/kg volt. Ezek az értékek hasonlóak a 2002. évihez.

A gamma-spektrometriai mérések azt mutatják, hogy a Duna üledékében a 10 Bq/kg alapszintet meghaladó mértékben továbbra is jelen van a csernobili baleset következtében kihullott ¹³⁷Cs. Ebben az évben a ¹³⁷Cs koncentráció 0,70 - 83 Bq/kg közötti volt a vizsgált szedimentummintákban, ez hasonló mint az előző években mért értékek, azonban a mért koncentrációk közel két nagyságrenden belüli változása ugyancsak a mintavétel bizonytalanságát mutatja.

A 4.6. táblázat a hatósági laboratórium (ESzCsM) által vizsgált állóvizek szedimentumában meghatározott aktivitáskoncentráció értékeket tartalmazza. A Szelidi tóból és a Fadd-Dombori Holt-Duna ágból mintázott üledékben a ⁹⁰Sr koncentrációja 0,010 - 0,11 Bq/kg között változott, ezek az értékek jóval kisebbek a dunai szedimentumban mért koncentrációknál. A dombori minták szennyezettségét gamma-spektrometriával is mérték, a ¹³⁷Cs koncentrációjának átlagértéke az előző évékéhez hasonló, 2,9 Bq/kg volt.

4.5. táblázat A dunai üledék éves mérési eredményei hatósági mérésekből (ESzCsM és KvVM)
 Table 4.5. Radionuclide concentrations in sediment of Danube up-stream and down-stream the Plant, measured by the authorities (labs of MHSFA and MEW)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*	alapszint (1981)
Összes-béta	Paks előtt	604 284 - 974; 39	
	Paks után	740 271 - 1780; 72	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	26,9 0,70 – 82,8; 39(9)	10,0
	Paks után	28,9 0,90 – 67,0; 72(6)	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	446 285 - 596; 38	
	Paks után	460 267 - 650; 72	
Pb-214 (gamma-spektr.)	Paks előtt	39,8 33 - 52; 16	
	Paks után	39,9 28 - 60; 48	
U-235 (gamma-spektr.)	Paks előtt	2,64 1,80 – 5,10; 16	
	Paks után	2,77 1,60 – 5,30; 48	
Sr-90	Paks előtt	0,93 0,02 – 2,5; 15(8)	2,0
	Paks után	1,73 0,02 – 4,8; 40(9)	

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

4.6. táblázat Felszíni vizek (a Duna kivételével) üledékének aktivitáskoncentrációinak éves átlagai a hatósági mérések alapján

Table 4.6. Radionuclide concentrations in sediment of surface waters (except Danube) in different geographical sectors, measured by the authorities

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg sz.a.) min.-max.; esetszám*
Összes-béta	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	378 305- 470; 20
Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	2,9 0,79 – 6,09 20(7)
K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	332 256 - 414; 20
Sr-90	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,06 0,010 - 0,11; 6(2)

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

A vízi környezetre jellemző halak és algák aktivitáskoncentrációját a 4.7. táblázat tartalmazza, ezek az értékek az elmúlt évhez hasonlóak.

4.7. táblázat Dunai alga- és halminták aktivitáskoncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (KvVM)

Table 4.7. Radionuclide concentrations in alga and fish of Danube measured by the authority (lab of MEW)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám
Alga, összes-béta	Paks előtt	1066 589 - 1320; 3
	Paks után	889 392 - 1340; 10
Alga, K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	-
	Paks után	851 680 - 1000; 4
Alga, Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	-
	Paks után	9,03 2,6 – 16; 4(3)
Hal, összes-béta	Paks után	72,9 0,3- 92; 10(1)
Hal, K-40 (gamma-spektr.)	Paks után	88,1 71 – 98; 8
Hal, Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks után	0,4 0,2 - 0,6; 8(6)
Hal, Sr-90	Paks után	0,31 0,20 - 0,50; 7(4)

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

4.3. A szárazföldi környezetben mért aktivitáskoncentrációk

A talaj mintavételezése a felső 0 - 5 cm-es rétegből történt. A Tolna-megyei laboratórium Kalocsán, Dunaföldváron, Pakson, Fadd-Domboriban és Csámpán havonta méri a talaj radioaktív szennyezettségét. Az FVM mintavételi helyei a 4-11. közötti szektorokban (déli irányban) helyezkednek el. A vizsgált talajok aktivitáskoncentráció értékeit tartalmazza a 4.8. táblázat.

A vizsgált talajok összes-béta aktivitásának átlagos koncentrációja a 270–960 Bq/kg tartományba esett, ami megegyezik az elmúlt években mért értékekkel. A hatósági laboratóriumok által ellenőrzött, fent felsorolt településeken a vizsgált talajok ⁹⁰Sr aktivitáskoncentrációja 0,01–1,37 Bq/kg között volt, az átlagok az elmúlt évek értékeinél kisebbek.

Az ugyanezen mintákból gamma-spektrometriával mért ¹³⁷Cs koncentrációja 4,3–32 Bq/kg között változott, az átlagértékek az előző éveikkel megegyezők.

A PAE 30 km-es körzetében a talajmintákban mért aktivitáskoncentráció értékek alapján friss kibocsátásból származó, atomerőművi eredetű szennyeződés nem volt kimutatható.

4.8. táblázat Talajminták radioaktív koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FVM és ESzCsM)

Table 4.8. Radionuclide concentrations in soil in different regions, measured by the authorities (labs of MHSFA and MARD)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*	alapszint (Bq/kg) 1981
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	414 270- 964; 29	400
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	588 430 - 795; 14	
	DK-i félkör, R<10 km	579 563 - 609; 4	
	DK-i félkör, R≥10 km	579 343 - 823; 40	
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	13 4,3 – 22,8; 30(4)	
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	7,51 1,08 – 16,5; 11(2)	
	DK-i félkör, R≥10 km	8,13 0,74 - 31,6; 30(7)	
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	302 194 - 413; 29	
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	466 273 - 562; 11	
	DK-i félkör, R≥10 km	435 316 – 512; 30	
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,39 0,01 – 1,36; 12(6)	6,0
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,17 0,02 – 0,3; 4(1)	
	DK-i félkör, R<10 km	0,55 – 0,55; 2	
	DK-i félkör, R≥10 km	0,48 0,01 – 1,37; 14(4)	

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

Az FVM REH (Földművelésügyi Minisztérium Radiológiai Ellenőrző Hálózat) laboratóriumai havonkénti gyakorisággal vették a takarmány mintákat. A mintavételi helyek évről-évre állandóak: Solt, Paks és Gerjen.

A mérési eredményeket a 4.9. táblázat tartalmazza. Az utóbbi évek adatait figyelembe véve elmondható, hogy a takarmányok ¹³⁷Cs aktivitása nem csökkent, 2003-ben 0,06–0,74 Bq/kg közötti volt.

4.9. táblázat Takarmányminták aktivitáskoncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FVM)
 Table 4.9. Radionuclide concentrations in animal feed in different geographical sectors, measured by the authorities (labs of MARD)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	428 183 – 749; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	245 103 - 724; 17
	DK-i félkör, R<10 km	256 63,5 - 778; 21
	DK-i félkör, R≥10 km	406 109 - 746; 21
K-40 (béta-mérés)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	248 91 - 728; 17
	DK-i félkör, R<10 km	233 52,7 - 476; 21
	DK-i félkör, R≥10 km	177 104 - 227; 4
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,32 0,060 – 0,51; 11(7)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,30 0,11 – 0,74; 17(6)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	419 148 - 688; 11
	DK-i félkör, R≥10 km	384 144 - 690; 17
H-3	DK-i félkör, R<10 km	2,54 1,76 - 4,6; 8
	DK-i félkör, R≥10 km	2,29 1,53 – 2,67; 4
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	2,09 0,26 – 4,27; 11
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,85 0,18 – 2,08; 14(2)
	DK-i félkör, R<10 km	0,70 0,082 – 1,50; 10(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	1,70 0,074 – 3,61; 21(1)

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

2003-ben is folytatódott az erőmű 30 km-es körzetéből származó vadontermő és termesztett növények vizsgálata. A mintafajták: legelői fű, csalán, üröm, ill. az emberi fogyasztásra kerülő sóska, paraj, konyhakerti zöldségek. A mintavételi helyek a korábbi évek gyakorlatának megfelelően: Uszód, Foktő, Gerjen, Kalocsa, Dunaszentbenedek.

Az eredményeket Bq/kg egységben a 4.10.a., 4.10.b. és 4.11. táblázatok foglalják össze. A közreműködő laboratóriumok összes-béta és ⁹⁰Sr vizsgálatokat, gamma-spektrometriai elemzéseket, esetenként pedig trícium mérést végeztek.

Az emberi fogyasztásra kerülő konyhakerti növények ¹³⁷Cs koncentrációja általában kimutatási határ alatti, vagy azt kissé meghaladó (<0,01–0,26 Bq/kg) volt (ez megfelel az ország más tájain hasonló zöldségfélékben mért ¹³⁷Cs koncentráció értékeknek).

4.10. a. táblázat Legelői fűminták aktivitáskoncentrációinak éves átlagai a hatósági mérések alapján (FVM)

Table 4.10.a. Radionuclide concentrations in grass in different geographical sectors, measured by the authorities (labs of MARD)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	249 124 - 378; 6
	DK-i félkör, R<10 km	231 136 - 328; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	279 205 - 394; 12
K-40 (béta)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	317 - 417; 2
	DK-i félkör, R<10 km	234 131 - 386; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	246 165 - 336; 7
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,24 0,11 - 0,71; 6(3)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,14 0,10 - 0,16; 5(4)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	208 103 - 262; 6
	DK-i félkör, R≥10 km	259 202 - 372; 5
H-3	DK-i félkör, R<10 km	3,00 1,50 – 9,44; 14
	DK-i félkör, R≥10 km	2,17 1,69 – 2,85; 5
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,52 0,094 – 1,19; 6(2)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,098 – 0,10; 2(2)
	DK-i félkör, R<10 km	0,62 0,29 – 1,20; 3
	DK-i félkör, R≥10 km	0,20 0,066 - 0,64; 12(7)

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

4.10.b. táblázat Gyomnövény minták aktivitáskoncentrációinak éves átlagai a hatósági mérések alapján (FVM)

Table 4.10.b. Radionuclide concentrations in weeds in different geographical sectors, measured by the authorities (labs of MARD)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
összes-béta	DK-i félkör, R<10 km	263 237 - 295; 3
	DK-i félkör, R≥10 km	244 218 - 278; 3
K-40 (béta)	DK-i félkör, R<10 km	259 217 - 284; 3
	DK-i félkör, R≥10 km	255 185 - 347; 3
Sr-90	DK-i félkör, R<10 km	0,35 – 2,82; 2
	DK-i félkör, R≥10 km	1,31 0,065 – 3,53; 3(1)
Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R<10 km	0,15 0,080 - 0,22; 3(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,12 0,10 - 0,14; 3(2)

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

Összefoglalva elmondható, hogy a paksi erőműből származó radioaktív izotóp az atomerőmű 30 km-es körzetében termelt élelmiszerekben, a környezetellenőrzés céljára gyűjtött mintákban nem volt kimutatható. Az átlagértékek - a mintavételi és mérési hibát figyelembe véve - nem mutatnak eltérést az ESzCsM és FVM országos hálózataiban mért minták eredményeitől.

4.11. táblázat Nyers konyhakerti növények aktivitáskoncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FVM)

Table 4.11 Radionuclide concentrations in vegetables in different geographical sectors, measured by the authorities (labs of MARD)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	212 55,6 - 947; 8
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	82,4 49,2 - 121; 9
	DK-i félkör, R<10 km	162 40,1 - 1070; 72
	DK-i félkör, R≥10 km	151 51,3 - 950; 65
K-40 (béta)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	110 82,2 - 134; 3
	DK-i félkör, R<10 km	185 30,6 - 1350; 67
	DK-i félkör, R≥10 km	164 47,6 - 957; 46
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,074 0,02 - 0,26; 9(7)
	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,04 0,01 - 0,07; 6(3)
	DK-i félkör, R<10 km	0,044 0,02 - 0,13; 7(6)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,065 0,01 - 0,17; 19(13)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	208 51,5 - 919; 9(1)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	78,6 54,4 - 113; 6
	DK-i félkör, R<10 km	131 41,4 - 325; 7
	DK-i félkör, R≥10 km	131 45,1 - 278; 19
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,33 - 0,47; 2(1)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,094 0,029 - 0,22; 3(1)
	DK-i félkör, R<10 km	0,24 0,021 - 0,65; 32(8)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,23 0,020 - 0,99; 32(6)

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

4.4. Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása

Az ÁNTSZ Tolna Megyei Intézetének laboratóriuma öt helyen, havonta vizsgálja az ivóvizet. A mérési eredményeket a 4.12. táblázat összesíti. A vizsgált vizek összes-béta aktivitása a kutak jellegétől függően 60 - 140 mBq/l volt. A gamma-spektrometriai elemzések során a vizsgált radionuklidok koncentrációja minden esetben a kimutatási határ alatt volt, ezért az átlagérték, valamint a minimum és maximum erősen felülbecsültek (akár két-három nagyságrenddel is). A minták nagy részében a kémiai elválasztás után meghatározott ¹³⁷Cs koncentráció is kimutatási határ alatti értéket mutatott. A trícium koncentrációja a 2002. évihez hasonló, maximálisan 1,18 Bq/l értékű volt és a mélyfúrású kutakból származó mintáknál szintén a kimutatási határ alatt maradt.

4.12. táblázat Az ivóvíz aktivitáskoncentrációinak éves átlagai, hatósági mérésekből (ESzCsM)

Table 4.12. Radionuclide concentrations in drinkwater in different geographical sectors, measured by the authorities (labs of MHSFA)

Meghatározás	Terület	Átlag (mBq/l) min.-max.; esetszám*
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	104 80 - 120; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	89,2 70 - 130; 24
	DK-i félkör, R≥10 km	94,6 60 - 140; 24
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	182 90 - 220; 12(12)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	199 190 - 230; 12(12)
	DK-i félkör, R≥10 km	213 190 - 370; 12(12)
H-3	ÉNY-i félkör, R≥10 km	273 220 - 380; 12(7)
	DK-i félkör, R≥10 km	675 220 - 1180; 12(4)
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	2,38 0,82 - 3,64; 4(1)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	2,48 1,20 - 3,99; 8(3)
	DK-i félkör, R≥10 km	2,22 1,03 - 3,36; 8
Cs-137 (kémiai szep.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,50 0,47 - 0,56; 4(4)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,47 0,31 - 0,58; 8(8)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,45 0,26 - 0,52; 8(8)

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

A tejminták begyűjtésére havonként, az FVM esetében a takarmány minták vételével egyidőben került sor. A minták a dunaszentgyörgyi, solti, paksi és gerjéni tehenészetből, valamint a fajszi és székszárdi tejüzemből származtak. A mérési eredményeket a 4.13. táblázat foglalja össze.

4.13. táblázat Tejminták aktivitáskoncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FVM és ESzCsM)

Table 4.13. Radionuclide concentrations in milk in different geographical sectors, measured by the authorities (labs of MARD and MHSFA)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/l) min.-max.; esetszám*
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	47,5 10,7 – 70,2; 10
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	50,2 43,7 – 54,9; 17
	DK-i félkör, R<10 km	49,8 43,6 – 61,2; 28
	DK-i félkör, R≥10 km	46,2 35,7 – 58,3; 44
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,027 0,015 - 0,035; 10(5)
	DK-i félkör, R<10 km	0,19 0,02 - 0,36; 16(16)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,12 0,01 - 0,26; 57(52)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	50,5 35 – 68,3; 10
	DK-i félkör, R<10 km	49,6 37,4 – 56,1; 16
	DK-i félkör, R≥10 km	49,0 33,0 – 59,6; 57
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,048 0,022 - 0,083; 9(4)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,022 0,019 - 0,04; 14(2)
	DK-i félkör, R<10 km	0,056 0,020- 0,17; 11(7)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,052 0,02 - 0,19; 27(20)
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,036 0,020 - 0,051; 17(4)
	DK-i félkör, R<10 km	0,030 0,01 – 0,06; 16(9)

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

Látható, hogy a gamma-spektrometriai méréseknél a ¹³⁷Cs értékek nagyrészt a kimutatási határral szerepelnek, így az ebből képzett átlagértékek felülbecsültek. Eszerint a ¹³⁷Cs koncentrációk 10 – 360 mBq/l értékek közöttiek voltak. Ez jól egyezik az ország más tájain a

tejben meghatározott ^{137}Cs koncentrációval. A tejben mérhető összes-béta aktivitás gyakorlatilag teljes egészében a természetes ^{40}K izotópból származik.

Az FVM REH laboratóriumai által vizsgált húsminták mérési eredményeit a 4.14. táblázat tartalmazza.

4.14. táblázat Nyers húsminták aktivitáskoncentrációi a hatósági mérésekből (FVM)

Table 4.14. Radionuclide concentrations in meat, measured by the authorities (labs of MARD)

Meghatározás	Terület	Átlag (Bq/kg) min.-max.; esetszám*
Sertés, összes-béta	ENY-i félkör, R<10 km	65,3; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	121; 1
Sertés, K-40 (béta)	DK-i félkör, R≥10 km	113; 1
Sertés, Cs-137 (gamma-spektr.)	ENY-i félkör, R<10 km	0,16; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	0,12; 1
Sertés, K-40 (gamma-spektr.)	ENY-i félkör, R<10 km	72,7; 1
Szarvasmarha, összes-béta	ENY-i félkör, R<10 km	101 - 104; 2
	DK-i félkör, R≥10 km	110 – 116; 2
Szarvasmarha, K-40 (béta)	DK-i félkör, R≥10 km	110; 1
Szarvasmarha, Cs-137 (gamma-spektr.)	ENY-i félkör, R<10 km	0,07 – 0,07; 2
	DK-i félkör, R≥10 km	0,08; 1(1)
Szarvasmarha, K-40 (gamma-spektr.)	ENY-i félkör, R<10 km	104 - 118; 2
	DK-i félkör, R≥10 km	117;1
Szarvasmarha, Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,32; 1
Juh, összes-béta	DK-i félkör, R≥10 km	87,5 – 95,5; 2
Juh, K-40 (béta)	DK-i félkör, R≥10 km	78,5; 1
Juh, Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,12; 1(1)
Juh, K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	99,6; 1
Juh, Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,055; 1(1)
Baromfi, összes-béta	DK-i félkör, R≥10 km	52 - 111; 2
Baromfi, Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,064 – 0,1; 2(1)
Baromfi, K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	55,9 – 76,4; 2

* az esetszámok után zárójelben a kimutatási határ alatti értékek száma szerepel

4.5. Szabadban mért dózisteljesítmények az erőmű környezetében

Az erőmű 30 km sugarú környezetében az OKK-OSSKI 45 szabad helyszínen termolumineszcens dózismérőkkel (TLD) mérte a negyedévi integrált dózist. A 45 -ből kiválasztott 12 helyszínen TLD-vel nyert eredményeket foglalja össze a 4.15. táblázat. Az átlagértékek - a természetes ingadozásokat figyelembe véve - jól egyeznek az elmúlt évekkel. (Az erőmű által vélhetően okozott igen kis dózisteljesítmény növekmény ezzel a módszerrel nem mutatható ki.)

4.15. táblázat A környezeti dózisteljesítmény negyedéves átlagai szabadban, TLD-vel végzett hatósági mérések alapján (ESzCsM)

Table 4.15. The quarterly outdoor dose rates measured by TLD's, (laboratory of MHSFA)

Meghatározás	Terület	Átlag (nGy/h) min.-max.; esetszám*	Alapszint 1981
Dózisteljesítmény	ÉNY-i félkör, R<10 km	71 61 – 85; 12	80,0
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	77 65 – 87; 11	
	DK-i félkör, R<10 km	80 69 – 91; 12	
	DK-i félkör, R≥10 km	82 67 – 95; 12	

5. LAKOSSÁGI SUGÁRTERHELÉS JÁRULÉKOK

Az OKK-OSSKI a hatóság által elfogadott légköri és folyékony kibocsátások (2. fejezet), az időjárási viszonyok, a fogyasztási szokások stb. alapján számítással határozza meg az erőmű környezetében élő lakosság sugárterhelés járulékát. Az évek óta, kis változtatásokkal használt - állandósult állapotra vonatkozó - eljárások és paraméterek az 1993. évi jelentés 2. mellékletében található meg. Tekintettel arra, hogy ez a modell az üzemzavari, rövid idejű kibocsátások hatásának leírására nem alkalmas, a 2. fejezetben közölt légköri kibocsátási értékeket külön választottuk a normál időszaki és üzemzavari időszakokra. Az üzemzavari időszak kibocsátásaiból származó sugárterhelések meghatározására a HAKSER 2003-K jelentésben leírt modellt használtuk [1].

A 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet előírta, hogy a kiemelt létesítmények esetén a közelben élő lakosságra - az 1 mSv éves lakossági dóziskorláton belül - dózismegszorítást kell érvényesíteni. Ennek értékét az Országos Tisztifőorvosi Hivatal (OTH) határozza meg. A PAE telephelyére az OTH a 40-6/1998. sz. állásfoglalásában 100 $\mu\text{Sv}/\text{év}$ dózismegszorítást állapított meg, amelyből 90 μSv vonatkozik az erőműre. (Megjegyezzük, hogy a korábban már említett 15/2001. (VI. 6.) 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 gerjени lakóhellyel. Tekintettel arra, hogy a dózistényezőket stb. tekintve ez az életkori csoport túl tágnak mutatkozott, a számításokat az 1 éves korcsoportra végeztük el. (Ez általában és összességében konzervatív megközelítést jelent.)

5.1. A légköri kibocsátásból származó sugárterhelés

A fentiek szerint külön választott normál üzemi kibocsátásokra vonatkozó számítások szerint a jelentősebb radionuklidra a vonatkoztatási csoport lakóhelyén (Csámpa, 1200 m, NY-DNY irány) a talajfelszíni levegőben 15,2 mBq/m^3 ^{41}Ar -koncentráció; 0,43 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ^{60}Co , valamint 13,4 mBq/m^3 ^3H és 0,16 mBq/m^3 ^{14}C -koncentráció alakul ki. A légköri depozíció következtében a ^{60}Co talajfelszíni kiülepedése 0,085 Bq/m^2 , a leveles zöldség aktivitáskoncentrációja (nedves tömegrre) 0,51 mBq/kg , a tehéntejé 0,25 mBq/l , a húsé 2,8 mBq/kg , a gabonáé pedig 1,7 mBq/kg értékre becsülhető. Az üzem a ^3H és ^{14}C radionuklidok és a radiojódok kémiai formáját is meghatározta, ezeket a számításokban figyelembe vettük. Így pl. az erőmű ^{14}C kibocsátásának 7,4 %-a széndioxid formájú, a többi szerves vegyület, azonban az élelmiszerfogyasztásból eredő belső sugárterhelés kialakulásában csupán az előbbi játszik szerepet.

A kibocsátásokból a vonatkoztatási csoportra számított egyéni effektív dózisek - a szóbjöhető radionuklidok és fizikai, kémiai formák esetén - az egyes besugárzási útvonalak szerinti bontásban az 5.1.a táblázatban láthatóak. Az eredmények Csámpára (1,2 km-es távolság, NY-DNY irány) vonatkoznak. A normál viszonyok között nemesgázokból származó sugárterhelés értékeit a tavalyi évhez hasonlóan a nuklidspecifikus kibocsátási adatok alapján számítottuk. A mérőberendezések korlátozott rendelkezésre állása miatt időarányos korrekciót végeztünk (2.2. táblázat).

A normál időszaki légköri kibocsátásokból származó lekött dózis a lakosság kritikus csoportjára 116 nSv, amely egyértelműen a ^{131}I -kibocsátás következtében nagyobb a 2002. évinél. (Emlékeztetőül: a normál üzemi kibocsátásokat a teljes és üzemzavari kibocsátások különbségként képeztük, és ez a különbség lényegesen meghaladta a tavalyi év kibocsátását.)

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

Table 5.1.a The assessed doses of 1 yr old children in 1.2 km distance of the NPP from the exposure pathways of cloud, deposition, inhalation and ingestion from the releases due to normal operation

Izotóp	Éves sugárterhelés (Annual dose) (nSv)			
	Külső (external)		Belső (internal)	
	felhőből (cloud)	talajfelszín (surface)	belégzés (inhalation)	élelmiszer- fogyasztás (ingestion)
nemesgázok:				
Ar-41	11,6	0	0	0
Kr-85	0,027	0	0	0
Kr-85m	0,27	0	0	0
Kr-88	2,8	0,0115	0,024	< 0,01
Xe-133	0,096	0	0	0
Xe-135	0,61	0	0	0
aeroszol:				
Mn-54	< 0,01	0,35	< 0,01	0,34
Fe-59	< 0,01	0,001	< 0,01	0,052
Co-58	< 0,01	0,074	< 0,01	0,130
Co-60	< 0,01	2,3	0,028	4,1
Sr-90	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,0127
Ag-110m	< 0,01	0,78	< 0,01	3,0
Cs-134	< 0,01	3,3	< 0,01	15,1
Cs-137	< 0,01	0,32	< 0,01	2,7
egyéb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
radiojódok:				
I-131 (elemi)	< 0,01	0,127	0,090	38
I-131 (szerves)	< 0,01	< 0,01	0,022	0,060
globális:				
C-14	< 0,01	0	2,6	24
H-3	< 0,01	0	0,92	3,0
Összesen:	15,5	7,3	2,7	91
Teljes járulék a légköri kibocsátásból:			116 nSv	
<i>(Total dose contribution from airborne releases)</i>				

Az üzemzavari légköri kibocsátásokból számolt csámpai dózist a HAKSER 2003-K jelentésben ismertetett modellel számoltuk, ezúttal azonban figyelembe vettük a nemesgáz és ¹³¹I izotópokon kívül a többi, jelentősebb radionuklidot is (pl. ⁹⁰Sr, ¹³⁴,¹³⁷Cs). Hangsúlyozzuk azonban, hogy ezek járuléka a teljes dózisban – a ¹³¹I meghatározó súlya miatt – elhanyagolható. A csámpai gyermekekre kapott dózis az üzemzavari kibocsátásokból 195 nSv, amely nagyobb mint a HAKSER 2003-K kiadványban közölt legnagyobb, a dél-paksi felnőttek 120 nSv értékű sugárterhelése. A mintegy másfélszer nagyobb sugárterhelés a gyermekek jóval nagyobb lenyelési dózistényezői, kisebb fogyasztási adatai és a meteorológiai viszonyokból adódó kisebb koncentrációk, kiülepedés együttes eredménye.

A lakosság kritikus csoportjának – csámpai egyéves gyermekek – az egyes besugárzási útvonalak szerint részletezett teljes, a normál időszaki és üzemzavari légköri kibocsátásokból

származó, sugárterhelését az 5.1.b táblázatban foglaltuk össze. A teljes, kerekén 310 nSv nagyságú dózis közel négyszerese a 2002. évinek, azonban még így is több mint két nagyságrenddel kisebb, mint a lakossági dózismegszorítás.

Megjegyezzük még, hogy az általunk becsült egyéni dózisok elfogadható egyezésben vannak az üzem által számoltakkal (az általuk számított érték 271 nSv).

5.1.b táblázat A légköri kibocsátásokból számolt teljes egyéni sugárterhelés a vonatkoztatási csoportra (Csámpa, 1 éves korcsoport, 1200 m, NY-DNY irány)

Table 5.1. The assessed doses of 1 yr old children in 1.2 km distance of the NPP from the exposure pathways of cloud, deposition, inhalation and ingestion due to the total airborne releases

Izotóp	Éves sugárterhelés (Annual dose) (nSv)			
	Külső (external)		Belső (internal)	
	felhőből (cloud)	talajfelszín (surface)	belégzés (inhalation)	élelmiszer- fogyasztás (ingestion)
nemesgázok:				
Ar-41	11,6	0	0	0
Kr-85	0,029	0	0	0
Kr-85m	0,27	0	0	0
Kr-88	2,8	0,0115	0,024	< 0,01
Xe-133	0,93	0	0	0
Xe-135	0,61	0	0	0
aeroszol:				
Mn-54	< 0,01	0,35	< 0,01	0,34
Fe-59	< 0,01	0,001	< 0,01	0,052
Co-58	< 0,01	0,074	< 0,01	0,130
Co-60	< 0,01	2,3	0,028	4,1
Sr-90	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,045
Ag-110m	< 0,01	0,78	< 0,01	3,0
Cs-134	< 0,01	3,3	< 0,01	15,1
Cs-137	< 0,01	0,32	< 0,01	2,7
egyéb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
radiojódok:				
I-131 (elemi)	0,023	1,54	13,5	216
I-131 (szerves)	< 0,01	< 0,01	1,71	0,198
globális:				
C-14	< 0,01	0	2,6	24
H-3	< 0,01	0	0,92	3,0
Összesen:	16,4	8,7	17,8	269
Teljes járulék a légköri kibocsátásból:			310 nSv	
<i>(Total dose contribution from airborne releases)</i>				

5.2. A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés

A vízzel kibocsátott radioaktív szennyeződés a Dunába jut. A Duna 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 a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség új ajánlásának megfelelően átdolgoztuk [8,9].

A fenti közelítésekkel és kiinduló adatokkal meghatározott, az atomerőmű által a Dunába kibocsátott radioaktív izotópoktól (2. fejezet) származó egyéni sugárterheléseket a gerjени lakosságra (1 éves gyermekek, mint vonatkoztatási csoport; továbbá felnőttek) az 5.2. táblázat tartalmazza.

Megjegyezzük, hogy a légköri kibocsátásoktól eltérően a folyékony kibocsátásoknál az állandósult állapotokat feltételező modellel történő számítás elfogadható eredményeket ad az üzemzavari esetre is. Ennek oka az, hogy a folyékony kibocsátásokban nem volt számottevő a rövid felezési idejű radionuklidok járuléka, továbbá itt a terjedést meghatározó, alapvetően különböző meteorológiai viszonyok sem játszanak szerepet.

5.2. táblázat Az atomerőmű normál üzemi éves folyékony radioaktív kibocsátásaiból származó belső és külső dózisos a gerjени lakosság 1 éves gyermek és felnőtt csoportjára, 2003

Table 5.2. External and internal doses due to liquid effluents for 1 yr old children and adults living nearby the Danube, 2003

Radionuklid	Dózis (nSv/év) (<i>dose, nSv/y</i>)			
	1 éves gyermek (<i>1 yr old children</i>)		felnőtt (<i>adults</i>)	
	külső (<i>external</i>)	belső (<i>internal</i>)	külső (<i>external</i>)	belső (<i>internal</i>)
H-3	*	19	*	18
Mn-54	0,06	0,14	0,06	0,05
Co-58	0,16	0,13	0,16	0,04
Co-60	1,2	2,8	1,2	0,55
Sr-90	*	0,09	*	0,04
Ag-110m	0,003	0,02	0,004	0,004
I-131	0,001	0,87	0,001	0,16
Cs-134	0,02	0,35	0,02	0,88
Cs-137	0,02	0,38	0,02	0,87
egyéb	0,03	0,2	0,03	0,01
Összesen	1,5	24	1,5	21
Mindösszesen	26		22	

* a becsült dózis < 0,001 nSv (*the estimated dose < 0.001 nSv*)

A 2003. évi sugárterhelés - az üzemzavari kibocsátások hatásával együtt is - gyakorlatilag megegyezik az elmúlt években számoltakkal. Ennek oka - a ¹³¹I kivételével - összességében csökkenő kibocsátásokban kereshető (ugyanakkor a Duna kisebb vízhozama nagyobb vízkoncentrációkat és ennek következtében nagyobb dózisoskat eredményezett).

A táblázat adataiból látható, hogy a sugárterhelés jelentős része – mintegy háromnegyede - a ³H izotópból származik (kritikus radionuklid), a maradékban a ¹³¹I, a radiocéziumok és a ⁶⁰Co járuléka a meghatározó. A belső sugárterhelés járuléka lényegesen nagyobb a külsőnél (több mint 10:1 az arány).

Az eredmények szerint az aktuális kibocsátásösszetétel és modellparaméterek mellett a felnőttek sugárterhelése valamelyest kisebb az 1 éves gyermekekénél (az utóbbi a vonatkoztatási csoport).

6. ÖSSZEFOGLALÁS, HATÓSÁGI MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az atomerőmű környezeti sugárvédelmi ellenőrzése céljából a hatósági intézmények 2003-ben összesen 8535 meghatározásról küldtek eredményt az adatfeldolgozó központba. (Megjegyezzük, hogy nem minden, az áprilisi üzemzavart követően elvégzett mérés eredményét küldték be az adtközpontba, tehát a tényleges mérések száma ennél magasabb volt.) Mivel egy környezeti mintához általában 2-3 meghatározás tartozik, ezért a vizsgált minták száma 3000 körüli volt.

A meghatározások vizsgálati irányonkénti megoszlásában az előző évekhez hasonlóan a nuklidspecifikus mérések együttes részaránya mintegy 70-80 %-os volt.

6.1. Az eredmények összefoglalása

A Paksi Atomerőmű légnemű radioaktív kibocsátása 2003-ban az üzemzavari kibocsátások következtében jelentősen meghaladta a korábbi éveket. Mindamellet az éves kibocsátási korlátokat az erőmű így sem lépte túl. A 2003. évi légköri kibocsátások elfogadott értékei a következők:

nemesgáz összes-béta aktivitás :	519 TBq,
aeroszol összes-béta aktivitás :	6,85 GBq,
összes jód (^{131}I -egyenérték) :	405 GBq,
$^{89}\text{Sr} + ^{90}\text{Sr}$:	6,94 MBq.

A nemesgáz kibocsátás - a mérőrendszer rendelkezésre állásával korrigált - nuklidspecifikus éves értékei a következők: ^{41}Ar : 4,89 TBq, ^{85}Kr : 13,0 TBq, $^{85\text{m}}\text{Kr}$: 1,05 TBq, ^{88}Kr : 0,75 TBq, ^{133}Xe : 452 TBq és ^{135}Xe : 2,36 TBq.

Nagyon jelentős emelkedést mutatott a ^{131}I -kibocsátás is, az üzemzavar során kibocsátott radiojód döntő része (több mint 98 %-a) elemi és szerves formájú volt.

Az aeroszol kibocsátás meghatározó részét a korábbi évektől eltérően a hasadványtermékek - ^{134}Cs (1360 MBq), ^{137}Cs (1099 MBq), ^{140}Ba (550 MBq) jelentették. A korróziós termékek (pl. ^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co és $^{110\text{m}}\text{Ag}$) kibocsátása alig változott. Az aeroszolhoz kötött aktivitás kibocsátása az üzemzavar következtében az 1. sz. kéményen döntően nagyobb, mintegy 150 -szerese a 2. sz. kéményének. Az üzemzavartól eltekintve a kibocsátások időbeli alakulását továbbra is a karbantartások időszakára eső nagyobb aeroszol kibocsátás jellemezte.

A fentiek alapján megállapítható, hogy az üzem a tárgyévben 0,91-54 %-os kihasználással betartotta a légnemű kibocsátásokra előírt hatósági korlátokat.

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

A Paksi Atomerőmű a 2003. évben is maradéktalanul elvégezte az aktivitást hordozó vizek ellenőrzését. A hatóság, az ADV KVF laboratóriuma szűrőpróbaszerűen megismételte az erőmű méréseit, valamint rendszeresen saját mintavételezést és méréseket is végzett az üzemi vizekből és a befogadóból. 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 aktivitáskoncentrációja közel azonos volt a bejövő hűtővíz koncentrációjával, míg a szennyvíz (V3) csatornában - amely az atomerőművi hulladékvizek tényleges kibocsátási útvonala - ezekhez képest kb. 10 - 30 -szoros 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 nagyobbbrészt üzemi, kisebb részben hatósági mérésekre alapozott, hatóságilag elfogadott, vízzel kibocsátott aktivitások a következők voltak:

összes-béta aktivitás:	0,92 GBq,
trícium:	16,4 TBq,
⁹⁰ Sr:	9,5 MBq.

Megállapítható, hogy a vízi kibocsátásokat - a ¹³¹I kivételével – az üzemzavar lényegében nem befolyásolta, bár itt időben elhúzódó hatással továbbra is lehet számolni.

Erőművi eredetű alfa-sugárzó izotóp kibocsátást alfa-spektrometriai meghatározással nem mutattak ki.

Megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű a 2003. évben is betartotta a radioaktív kibocsátásra a vízjogi engedélyben a előírtakat.

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

A minták egy részében (aeroszol, fű, talaj) az erőmű áprilisi üzemzavarát követő napokban kimutatható volt a ¹³¹I radioizotóp, de a mért mennyiség általában csak néhányszorosan haladta meg a kimutatási határt [1].

A légköri aeroszol és fall-out vizsgálatok alapján elmondható, hogy az üzem a levegőben, az üzemzavari ¹³¹I-en kívül, néhány alkalommal ⁶⁰Co izotópot mutatott ki.

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

A felszíni vizek üledék mintáiban, ill. 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 éves folyékony és légköri kibocsátásból néhányszoros bizonytalansággal becsült dózisok összege az erőmű közelében élő lakosság vonatkoztatási csoportjára kerekén **0,34 µSv**, miközben a természetes háttér éves hazai értéke 3 mSv felett van [6] és az erőműre vonatkozó hatósági dóziskorlát 90 µSv .

A 2003-ban a vonatkoztatási csoportra becsült dózis - az üzemzavari légköri kibocsátások következtében - az előző évekhez viszonyítva jelentősen, kb. háromszorosára nőtt.

Az erőmű 30 km sugarú térségében 210 ezer ember él. Az erőmű légnemű és folyékony kibocsátásaiból származó, az átlagos egyéni dózisértékek alapján számított **kollektív dózis az elmúlt évinél szintén nagyobb, 3,0 személy · mSv**. Ez a közel négyszeres emelkedés kissé meghaladja az egyéni dózis növekedését amiatt, hogy az üzemzavari kibocsátásoknál nem a csámpai, hanem a dél-paksi lakosság dózisa volt a legnagyobb.

A kibocsátásra vonatkozó hatósági korlátok kihasználtsága látható a 6.2. táblázatban. Ezek az értékek a légköri kibocsátásoknál az előbb elmondottak szerint jelentősen meghaladják az előző években kapott százalékokat. A folyékony kibocsátások összességében inkább csökkenő tendenciát mutatnak.

Látható, hogy az üzem a trícium kibocsátással több mint felerészben kihasználja a kibocsátási korlátot, ez azonban a dóziskorlát kihasználásában csak mintegy század százalékot képvisel. A trícium érdemi kiszűrése, visszatartása a jelenlegi körülmények között nem lehetséges, a reaktorvízben megjelenő mennyiség gyakorlatilag mind el is távozik.

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

Table 6.1. see: Summary (Table 6.1.E)

Besugárzási útvonal	becsült érték	korlát
	(μSv)	
Légköri kibocsátás		
külső sugárterhelés:		
nemesgáz izotópok	0,016	
radiokobalt aeroszol	0,0024	
radioezüst aeroszol	0,0008	
egyéb izotóp	0,004	
belső sugárterhelés:		
inhaláció	0,018	
radiojód (élelm.)	0,216	
radiocézium (élelm.)	0,018	
radioezüst (élelm.)	0,003	
globális szennyezők (H-3, C-14) (élelm.)	0,027	
egyéb izotóp	0,005	
Összes légköri:	0,31	
Folyékony kibocsátás		
külső sugárterhelés:	0,0015	
belső sugárterhelés:		
trícium	0,019	
egyéb izotóp	0,005	
Összes folyékony:	0,026	
Mindösszesen:	0,34	90

Az erőmű 2003. évi üzemelése során a környezet radioaktív szennyeződése miatt hatósági intézkedésre nem volt szükség.

6.2. táblázat Az üzem által mért és a hatóság által elfogadott tényleges kibocsátási értékek a hatósági kibocsátási korlátok %-ában, 2002 -ben.

Table 6.2. see: Summary (Table 6.2.E.)

Kibocsátás	(%)
Légnemű: aeroszol, összes-béta aktivitás	0,91
nemesgáz, összes-béta aktivitás	4,0
jód (I-131-egyenérték)	54,1
Sr-89 + Sr-90 aktivitás	18,2
Folyékony: hulladékvíz, összes-béta aktivitás	6,2
hulladékvíz, Sr-90 aktivitás	6,4
hulladékvíz, trícium-aktivitás	54,6

A 6.3. táblázat a hatóságilag megállapított radionuklid kibocsátásokat nemzetközi összehasonlításban tartalmazza. Látható, hogy a paksi erőműnél a folyékony kibocsátások tekintetében az adatok a világátlagok alattiak, míg a légnemű kibocsátások komponensei az üzemzavar miatt jelentősen meghaladják azokat.

6.3. táblázat A villamosenergia termelésre (1 GW·év egységre) normált radioaktív kibocsátások 2002-ben, nemzetközi összehasonlításban [7] (Az erőmű 2003-ban 1,26 GW·év elektromos energiát termelt.)

Table 6.3. see: Summary

Kibocsátás	Mennyiség	Hatóságilag elfogadott	UNSCEAR (1995-1997)
légköri	nemesgáz, összes-béta (TBq)	412	13
	aeroszol, összes-béta (GBq)	5,4	0,13
	H-3 (HT + HTO) (TBq)	6,3	2,4
	C-14 (CO ₂ +szerves) (TBq)	0,54	0,22
	jódok (I-131 egyenérték) (GBq)	321	0,17
folyékony	összes-béta (GBq)	0,73	8,1
	H-3 (TBq)	13,0	19

6.2. Hatósági megállapítások

6.2.1. A légköri kibocsátásokról

a./ Az üzem elvégezte a nuklidspecifikus légköri kibocsátás méréseket, továbbá a kibocsátásban jelenleg nem korlátozott, de a lakossági sugárterhelés számításához szükséges komponensek esetén is folyamatos méréseket végez.

b./ Az üzem 2003. évi légköri kibocsátásai azt mutatták, hogy az erőmű az üzemzavari időszakról eltekintve a korábbi évekhez hasonlóan kedvező környezeti sugárvédelmi paraméterekkel üzemelt.

c./ A hatóságilag korlátozott mennyiségek mérésére szolgáló rendszerek az esetek 100 %-ában, az egyedileg nem korlátozott mennyiségek mérése esetében pedig úgyszintén közel 100 %-ban rendelkezésre álltak.

6.2.2. A folyékony kibocsátásokról

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

b./ A trícium-kibocsátás korlát kihasználtsága az előző éveknél kisebb, 55 %-os volt. A nagy tríciumkoncentrációjú mérlegen felüli vizek 2003-ban is a szennyvíz (V3) csatornán kerültek kibocsátásra, amelyben a Duna vizénél 4-5 nagyságrenddel nagyobb ³H koncentrációk alakultak ki.

6.2.3. A környezeti radioaktivitásról

a./ Az áprilisi üzemzavart követő napokban a minták egy részében (aeroszol, fű, talaj) a kimutatási határt néhányszorosan meghaladó mennyiségben mérhető volt a ¹³¹I radioizotóp. A normál időszaki környezeti ellenőrzések során csupán a levegőben sikerült atomerőművi eredetű ⁶⁰Co

szennyeződést kimutatni, nagyterfogatú aeroszol mintavétellel. A többi vizsgált környezeti komponensben az ellenőrző mérések nem mutattak ki bizonyíthatóan az atomerőműből származó radionuklidot.

b./ Az üzemi és a hatósági környezetellenőrzés mérési programja, adatgyűjtése és az eredmények értékelése a 20 éves együttműködés alatt folyamatosan javult.

6.2.4. A lakossági sugárterhelésről

Az erőműből eredő külső sugárterhelést közvetlen dózisméréssel nem lehet kimutatni. Az éves kibocsátásból számított – üzemzavari és normál működésből származó - dóziszárulék (külső és belső együtt) - a lakosság vonatkoztatási csoportjára kereken 340 nSv.

SUMMARY

The total number of the environmental control measurements carried out in 2003 around the Nuclear Power Plant (NPP) by the authorities was altogether 8535. (Note that not all the results of measurements performed following the serious incident in April 2003 were sent to the data center, therefore the actual number is higher by about 15-20 per cent.) The distribution of the various types of measurements has not changed last year and the percentage of gamma-spectrometric determinations was similar as in the previous years.

According to the official regulations the atmospheric monitoring measurements are directed to the radioactive aerosols, iodine and noble gases and to the amounts of $^{89}\text{Sr} + ^{90}\text{Sr}$ released from the stacks of the nuclear plant. Due to the incident the airborne releases were much higher than in the previous years. The release of noble gases was 519 TBq (gross beta), of gross beta aerosols was 6.85 GBq, of iodine was 405 GBq and of $^{89}\text{Sr} + ^{90}\text{Sr}$ was 6.94 MBq. Large components of the aerosol activity were fission products as ^{134}Cs (1360 MBq), ^{137}Cs (1099 MBq) and ^{140}Ba (550 MBq). The radioactive release of corrosion products as ^{54}Mn (84 MBq), ^{58}Co (38 MBq), ^{60}Co (158 MBq) and $^{110\text{m}}\text{Ag}$ (68 MBq) showed only minor changes. The distribution of the noble gases was the following : ^{41}Ar : 4.89 TBq, ^{85}Kr : 13.0 TBq, $^{85\text{m}}\text{Kr}$: 1.05 TBq, ^{88}Kr : 0.75 TBq, ^{133}Xe : 452 TBq and ^{135}Xe : 2.36 TBq.

The hydrospheric monitoring includes the measurement of water samples from inflow (V1) and outflow (V2, V3) water channels, and control tanks of the NPP as well as those of Danube water and sediment together with the living organisms (alga and fish). Radioactivity of the waste water was reliably controlled by the regular analysis of the water of control tanks before each release. The total beta activity of the water released by the NPP was 0.92 GBq, the ^{90}Sr was 9.5 MBq and the tritium release was 16.4 TBq.

The inflow and outflow water channels of the plant had nearly identical gross beta activity concentrations. In the waste water (V3) channel the tritium activity is much higher than in the inflow one and ranged between wide limits.

Regular monitoring of Danube is performed at Dunaföldvár and Paks (up-stream to Paks) and down-stream at Gerjen, Kalocsa, Baja and Mohács.

No radioactive pollution, due to the NPP could be detected in the living water and sediment of Danube.

As concerns the environment of NPP pollution attributable to the accident in Chernobyl could not be detected in the samples any longer. The only exceptions were the soil and sediment samples. Analyses of aerosols, fall-outs and special filters for airborne effluents demonstrated that the atmospheric radioactivity corresponded to the background value prior to the Chernobyl accident.

Apart from the detection of ^{131}I in some environmental samples (aerosol, grass, soil) during the first days following the incident in April, only ^{60}Co was detected with near to the detection limit in a few samples from the air environment of the NPP. Water samples in the environment did not reveal radioactive pollution by the nuclear plant in Danube. In the sediment of surface waters and soil of the area the ^{137}Cs concentration of Chernobyl origin still exceeded the background.

Examination of the grass, fodder plants, milk and meat has not confirmed the presence of radionuclides of NPP origin during the normal operation. The measurement results concerning the environmental effect of the serious incident in April have already been published [1].

The geographical and seasonal variation in dose rate is 20-30 %, enhancing effect on radioactive releases by the NPP was not observed in the environment.

According to the Table 6.1E, the estimated effective dose equivalent due to the airborne and aquatic releases in the direct vicinity of the plant is 340 nSv/y, while the natural background value is somewhat above than 3 mSv/y [6] and the authorised limit is 0.090 mSv/y.

The inhabitants living in the 30 km environment of the NPP are 210 thousands. The collective dose assessed from the individual ones takes about 3 man · mSv.

Table 6.1E. The individual doses to the reference group of population from the annual releases in 2003 and the dose limits

Pathway	Assessed dose	Limits
	(μSv)	
<i>Airborne releases</i>		
<i>external radiation</i>		
<i>noble gases</i>	0.016	
<i>radiocobalt (aerosol)</i>	0.0024	
<i>radiosilver (aerosol)</i>	0.0008	
<i>others</i>	0.004	
<i>internal radiation</i>		
<i>inhalation</i>	0.0018	
<i>radioiodine (ingestion)</i>	0.216	
<i>radiocesium (ingestion)</i>	0.018	
<i>radiosilver (ingestion)</i>	0.003	
<i>global pollutants (H-3, C-14) (ingestion)</i>	0.027	
<i>others</i>	0.005	
<i>Sum from airborne releases</i>	0.31	
<i>Liquid releases</i>		
<i>external radiation</i>	0.0015	
<i>internal radiation</i>		
<i>tritium</i>	0.019	
<i>others</i>	0.005	
<i>Sum from liquid releases</i>	0.026	
Total	0.34	90

The release of radioactive substances from the NPP into the air was still under the authorized limit according to the Table 6.2E. The total beta activity released by the waste water was 6.2 % and the tritium release was 55 % of authorized limits. However the dose contribution from the tritium is small (Table 6.1E).

Table 6.2E. Airborne and liquid releases accepted by the authorities in percentages of the limits

Releases	(%)
<i>Atmospheric: aerosol, gross beta</i>	0.91
<i>noble gases, gross beta</i>	4.0
<i>I-131 equivalent</i>	54.1
<i>Sr-89 + Sr-90 activity</i>	18.2
<i>Liquid: waste water, gross beta activity</i>	6.2
<i>waste water, Sr-90 activity</i>	6.4
<i>waste water, tritium activity</i>	54.6

The radioactive effluents normalised to the yearly electrical energy production can be seen in the Table 6.3E, in comparison with international data from the *UNSCEAR-Report, 2000*.

Table 6.3E. Isotopic composition of the radioactive effluents normalized to the yearly electrical energy production (to 1 GW·year) in 2002, in comparison with the UNSCEAR data of NPP types PWR* [7]. (The total energy generated by the Hungarian NPP was 1.26 GW·y)

<i>Effluents</i>	<i>Nuclides</i>	<i>Accepted by the authority</i>	<i>UNSCEAR Report (1995-1997)</i>
<i>airborne</i>	<i>noble gases, gross beta (TBq)</i>	<i>412</i>	<i>13</i>
	<i>aerosol, gross beta (GBq)</i>	<i>5.4</i>	<i>0.13</i>
	<i>H-3 (HT + HTO) (TBq)</i>	<i>6.3</i>	<i>2.4</i>
	<i>C-14 (CO₂+organic) (TBq)</i>	<i>0.54</i>	<i>0.22</i>
	<i>I-131-equivalent (GBq)</i>	<i>321</i>	<i>0.17</i>
<i>liquid</i>	<i>gross beta (GBq)</i>	<i>0.73</i>	<i>8.1</i>
	<i>H-3 (TBq)</i>	<i>13.0</i>	<i>19</i>

* world average for PWR type detectors

7. HIVATKOZÁSOK (REFERENCES)

- [1] HAKSER 2003-K. A Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (HAKSER) jelentése a Paksi Atomerőmű súlyos üzemzavarának környezeti hatásairól (OKK-OSSKI, Budapest, 2003. december)
- [2] A Paksi Atomerőmű hatása a környezeti sugárzási helyzetre
- I. Sztanyik B. L., Fehér I. és Rósa G. (Szerk.)
(Prodinform Műszaki Tanácsadó Vállalat, Budapest, 1987.)
- II. Sztanyik B. L., Fehér I. és Rósa G. (Szerk.)
(Prodinform Műszaki Tanácsadó Vállalat, Budapest, 1989.)
- [3] A Paksi Atomerőmű radioaktív anyag kibocsátásainak és környezetének üzemi és hatósági sugárvédelmi ellenőrzése, 1983-87 (Szerk.: Germán E.)
(MTA IRPA Nemz. Biz., 1990.)
- [4] A Paksi Atomerőmű Sugárvédelmi Osztálya 2003. évi jelentése.
(Szerk.: Bujtás Tibor) Paks, 2004. március
- [5] Kanyár B., Fülöp N., Ivó M., Kerekes A. és Sági L.: A radioaktív kibocsátások szabályozásának műszaki megalapozása (Tanulmány a KTM megbízásából) Budapest, 1995.
- [6] Nikl I. : A népesség természetes forrásokból eredő sugárterhelése (Egészségtudomány, 63, 29-35, 1999)
- [7] Exposures from Man-made Sources of Radiation (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000)
- [8] Fülöp N., Glavatszkih N., Kerekes A.: A Paksi Atomerőmű kibocsátási határértékeinek meghatározása (Tanulmány a PA Rt. megbízásából) Budapest , 2001
- [9] Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment (Safety Reports Series No. 19, IAEA, Vienna, 2001)

MELLÉKLET

Az ellenőrzésben résztvevő laboratóriumok:

A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KvVM) részéről:

- Alsó-Duna-völgyi (ADV) Környezetvédelmi Felügyelőség (KVF), Baja

A Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium (FVM) részéről:

- Országos Élelmiszervizsgáló Intézet (OÉVI), Budapest (bázisintézet)
- Megyei Állategészségügyi és Élelmiszer Ellenőrző Állomások
 - Baranya megye, Pécs
 - Bács-Kiskun megye, Kecskemét
 - Tolna megye, Szekszárd
- Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet, Budapest
- HUMIL Húsipari Minőségügyi Leányvállalat, Budapest

Az Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium (ESzCsM) részéről:

- OKK Országos Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet (OKK-OSSKI), Budapest (bázisintézet):
 - Lakossági és Környezeti Sugáregészségügyi Osztály,
 - Informatikai és Adatnyilvántartási Osztály
- Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat (ÁNTSZ)
 - ÁNTSZ Tolna Megyei Intézete, Szekszárd

Az Erőmű részéről:

- Paksi Atomerőmű Részvénytársaság (PA Rt.)
 - Sugárvédelmi Osztály, Paks

ANNEX

List of the laboratories taking part in the monitoring:

Ministry of the Environment and Water (MEW):

- *Regional Inspection of Environmental Protection, Baja*

Ministry of Agriculture and Regional Development (MARD):

- *National Institute of Food Control, Budapest (basic institute)*
- *Regional Stations of Food Control:*
 - County Baranya, Pécs*
 - County Bács-Kiskun, Kecskemét*
 - County Tolna, Szekszárd*
- *Hungarian Milk Institute, Budapest*
- *Meat Qualifying Co., Budapest*

Ministry of Health, Social and Family Affairs (MHSFA):

- *Natl. Res. Inst. for Radiobiology and Radiohygiene, Budapest (basic institute)*
 - Public and Environmental Radiohygiene*
 - Informatics and Data Centres*
- *County Institute of National Public Health and Officer Service, Szekszárd*

Nuclear Power Plant (NPP), Paks

- *Radiation Protection*