

HAKSER 2002

A HATÓSÁGI KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI ELLENŐRZŐ RENDSZER
(HAKSER)
2002. évi jelentése

*ANNUAL REVIEW OF THE JOINT ENVIRONMENTAL
RADIATION MONITORING SYSTEM (JERMS) AROUND THE NUCLEAR
POWER PLANT PAKS, 2002*

Készítették (*Authors*)

HAKSER Adatgyűjtő-, Feldolgozó
és Értékelő Központ

Kerekes Andor (OKK-OSSKI)

Egészségügyi, Szociális és
Családügyi Minisztérium
szakintézményei

Déri Zsolt (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)

Környezetvédelmi és Vízügyi
Minisztérium szakintézményei

Ivó Mária (ADV KVF)

Paksi Atomerőmű Rt.

Bujtás Tibor (PA Rt)

Feil Ferenc (PA Rt)

Germán Endre (PA Rt)

~~Volent Gábor (PA Rt)~~

Szerkesztette (*Compiled by*):

Kerekes Andor (OKK-OSSKI)

OKK-OSSKI, Budapest, 2003¹. augusztus

TARTALOMJEGYZÉK
(CONTENTS)

1. Bevezetés (<i>Introduction</i>)	3
<i>Introduction (in English)</i>	7
2. Kibocsátási eredmények (<i>Releases</i>)	8
2.1. Légköri kibocsátás (<i>Airborne releases</i>)	8
2.2. Folyékony kibocsátás (<i>Liquid releases</i>)	13
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>)	23
3.4. Végleges elhelyezés (<i>Disposal of waste</i>)	23
4. Környezeti sugárvédelmi mérési eredmények (<i>Radioactivity of environmental samples</i>)	24
4.1. A légköri 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>)	39
5. Lakossági sugárterhelés járulékok (<i>Radiation impact of the population</i>)	41
5.1. Légköri kibocsátásból származó sugárterhelés (<i>Dose contribution from airborne releases</i>)	41
5.2. Vízi kibocsátásból származó sugárterhelés (<i>Dose contribution from liquid releases</i>)	43
6. Összefoglalás, hatósági megállapítások (<i>Summary with the conclusions of the authorities</i>)	44
<i>Summary (in English)</i>	49
7. Hivatkozások (<i>References</i>)	52
Melléklet (<i>Annex</i>):	
A hatósági ellenőrzésben résztvevő laboratóriumok	53
(<i>List of the governmental laboratories taking part in the monitoring</i>)	54

1. BEVEZETÉS

A paksi atomerőmű környezetének sugárvédelmi ellenőrzését végző hatósági szervek, radiológiai laboratóriumok az előző évekhez hasonlóan közös jelentésben számolnak be a 2002~~0~~. évi eredményekről, megállapításairól. 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, kisebbrészben on-line módon formában 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.

Egyes környezeti elemeknél a 2002~~0~~. évi eredmények értékelésénél is még kis mértékben számolnunk kellett a csernobili reaktorbaleset hazai hatásával.

Az 1984-től megjelenő éves jelentések eredménytáblázatai csupán a tárgyvekre vonatkoznak, nem tartalmazznak több évet átfogó elemzéseket, trend vizsgálatot. Az elmúlt időszakban készültek több éves eredményeket összefoglaló és értékelő kiadványok is [1, 2].

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. $4 \cdot 10^5 \text{ m}^3/\text{óra}$). 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 m^3 , 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 $500\text{-}600 \text{ ezer m}^3/\text{óra}$.

A blokkok karbantartási ideje 2002~~0~~-ben a következő volt:

1. blokk: jún. 29. – aug. 03.

3. blokk: aug. 18. – szept. 20.

2. blokk: már. 15. – ápr. 29.

4. blokk: ápr. 27. – jún. 24.

Az éves villamosenergia termelés az indulástól kezdve az 1.1. táblázatban található, GWh egységben.

1.1. táblázat Az éves elektromosenergia termelés

Table 1.1. *The annual electrical production*

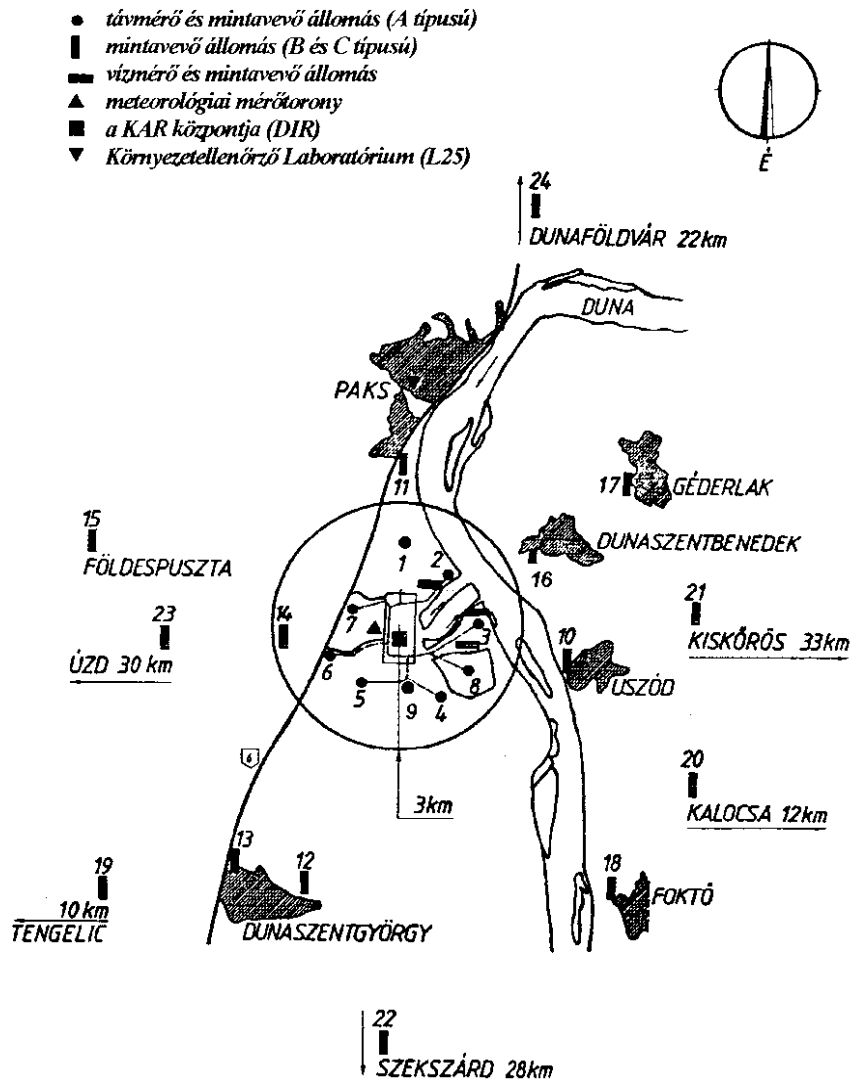
Év (y)	Energiatermelés [GWh]	Év (y)	Energiatermelés [GWh]
1983	2473	1993	13796
1984	3766	1994	14049
1985	6479	1995	14026
1986	7425	1996	14181
1987	10985	1997	13968
1988	13445	1998	13949
1989	13891	1999	14096
1990	13731	2000	14179
1991	13726	2001	<u>14126???</u>
1992	13964	2002	13953

Az erőműben a többéves szekunderkörü teljesítményjavító fejlesztések eredményeképpen a blokkok névleges elektromos teljesítménye jelenleg összesen ~~18665~~ 18654 MW.

A számítógépben tárolt hatósági mérési adatok, pontosabban a meghatározások száma az utóbbi években 5-6 ezer körül volt, a tervezett érték 3500.

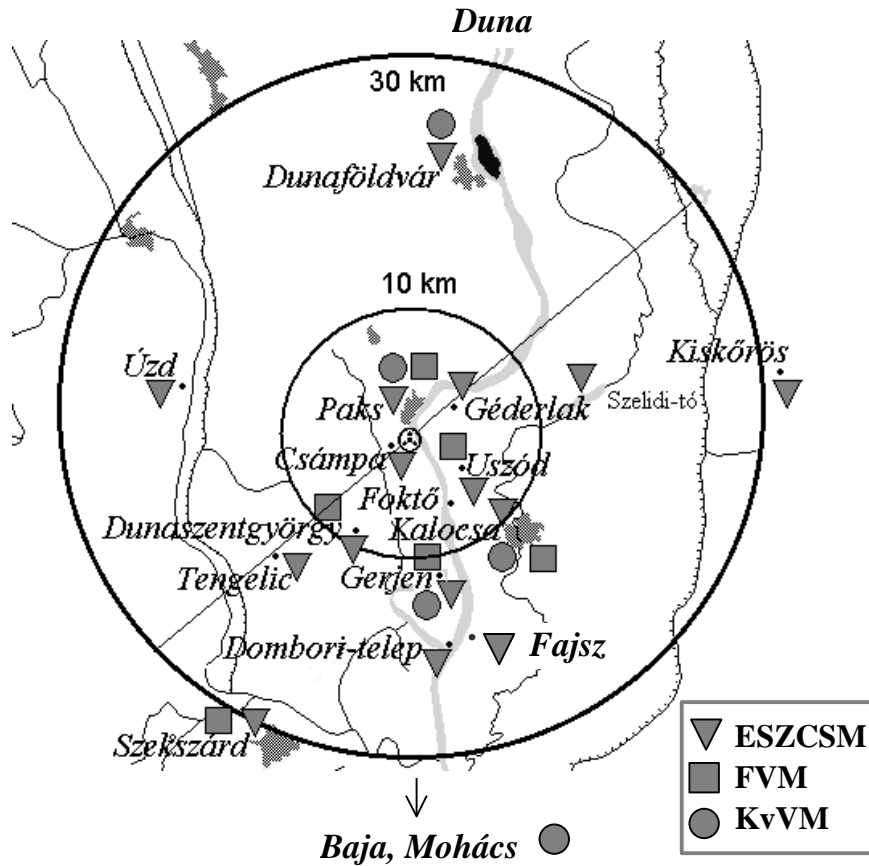
A meghatározások számának vizsgálati irányok szerinti megoszlását az 1.2. táblázat mutatja. Mivel gamma-spektrometria esetén minden egyes nuklid külön meghatározásnak számít és egy mintának az összes-béta, ⁴⁰K stb. aktivitását is mérhetik, az ott feltüntetett összes mérés 2 - 3 ezer mintából származik.

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



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.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 2002 θ -ben

Table 1.2. The number (N) and percentages of the different types of determinations of authorities in 2002 θ

Vizsgálati irány (types of determinations)	Meghatározások száma (no. of determ.)	[%]
Összes-béta aktivitás (gross-beta)	1429	20
K-40	68	1
I-131	129	2
HPGe det. gamma-spektrometria	4323	61
Trícium	457	6
Sr-89* + Sr-90*	404	6
Cs-137*	116	2
egyéb vizsgálatok (others)	183	2
összesen (total):	7109	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 ~~2000~~2002. 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 mainly in off-line form.

It may also happen that the measured values are lower than the detection limit of the method. In such cases the data obtained cannot directly be used for the appraisal of the environmental effect of the power plant. 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.

In the evaluation of the data in ~~2000~~2002 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. They do not give a comprehensive picture over several years and do not analyse the trends, either. Volumes entitled "Effect of the Nuclear Power Plant of Paks on the Environmental Radiation Level" ("Prodinform" Műszaki Tanácsadó Vállalat, Budapest, Vol. I.:1987 and Vol. II.: 1989) and the Special issue of the Natl.Hungarian Committee of IRPA (Budapest, 1990) have analysed the cross-year tendencies [1, 2].

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 airthrough put 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 5000-6000, usually, the planned one is 3500. 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. Légtéri kibocsátás

Az atomerőmű légtéri 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 2002-ben nem történt meg. Emiatt a környezetvédelmi hatóság 2002-re az üzem hatályos Műszaki Üzemeltetési Szabályzatába (MÜSz) beépített, korábbi kibocsátásszabályozást érvényesíttette. A MÜSz-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 légtéri kibocsátás radioizotópjainak aktivitása a 2.2. táblázatban látható. Az értékek az üzemi mérések eredményei, amelyeket a sugárterhelés becsüléséhez 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 ^{131}I 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 (MÜSZ)

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 jódiszotópok, 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 jódiszotópok 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.

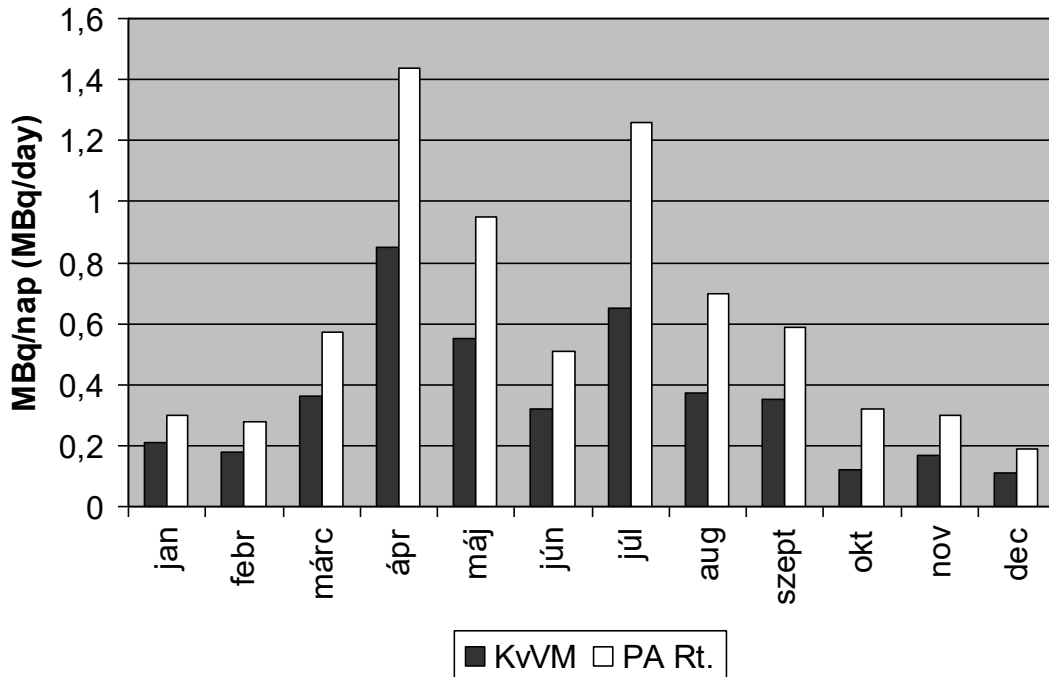
2.2. táblázat A sugárterhelés becslésére felhasznált nuklidspecifikus kibocsátások a hatóság által jóváhagyott üzemi mérések alapján

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

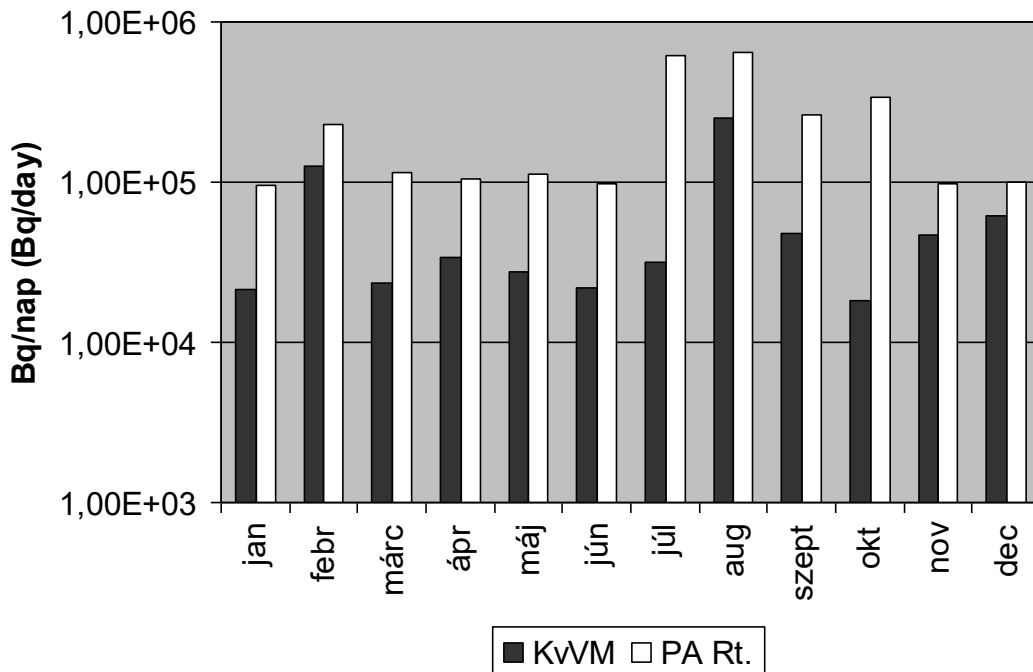
Komponens (Components)	Éves légköri kibocsátás (Annual airborne releases)
Nemesgázok* (Noble gases) (TBq)	
Ar-41	12,4
Kr-85	0,145
Kr-85m	3,44
Kr-88	1,40
Xe-133	1,34
Xe-135	1,13
Aeroszolok (Aerosols) (MBq)	
Cr-51	67,2
Mn-54	132
Fe-59	23,7
Co-58	125
Co-60	127
Se-75	0,14
Sr-89 + Sr-90	0,097
Nb-95	2,8
Zr-95	1,5
Ag-110m	47,2
Sb-124	0,36
Cs-134	2,23
Cs-137	14,4
Jódok (Iodines) (MBq)	
I-131 egyenérték	85,5
Egyéb (Others) (TBq)	
H-3	6,3
C-14	0,73

* a félvezető detektoros mérőrendszer rendelkezésre állásának megfelelő korrekció után

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



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 ¹³¹I-egyenértékben
Figure 2.2. The releases of radioiodine transformed to ¹³¹I 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

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.

~~2000~~2002-ben az legtöbb radioizotópot tekintve a 2001. évinél kisebb esőkkenta radioaktív aeroszolak kibocsátása. (ok: 1. blokk ????). A kibocsátás mintegy 90 % -a az 1.-2. blokk szellőzőkéményén keresztül történt. Az áprilisi és júliusi nagyobb értékeket az éves főjavítások eredményezték. A teljes éves kibocsátásban legnagyobb arányban a ^{51}Cr , ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{58}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{59}Fe , ^{76}As és ^{137}Cs radioizotópok szerepeltek (2.2. táblázat).

A nemesgáz kibocsátás illeszkedik az 1996. óta jellemző alacsonyabb szintekhez. A kibocsátás az 1.-2. blokkok két—kéményénél közel másfélszerese a 3.-4. blokkok kéményének azonos mértékű volt. A nemesgázok izotóp összetételében továbbra is az aktivációs termék ^{41}Ar a legjelentősebb, ennek értéke a 2001. évi emelkedés után visszaállt a korábbi alacsony szintre.

2.1.2. A hatósági korlátozás alá eső komponensek

A hatóságilag szabályozott komponensekre a ~~2000~~2002-ben elfogadott kibocsátások a 2.3. táblázatban szerepelnek.

2.3. táblázat A hatóság által elfogadott 2002. 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 seperately 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	0,070	0,027	0,097	0,25
Radioaktív jódizotópok, I-131 egyenérték (I-131 equivalents)	37,6	48,2	85,8	< 0,1
Radioaktív aeroszolak (aerosols) *	198	28,2	227	< 0,1
Radioaktív nemesgázok (noble gases) *	$3,3 \cdot 10^7$	$2,3 \cdot 10^7$	$5,6 \cdot 10^7$	0,43

* 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 korlát kihasználása minden összetevőre még így is 1 % alatt van, az előző évekhez hasonlóan. A paksi atomerőmű ~~2000~~2002-ben is a hatósági korlátokhoz viszonyítva igen kismértékű légnemű kibocsátás mellett üzemelt.

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~~ 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 aktivitás-koncentrációjának segítségével határozhatók meg pontosan.

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 napon, a tartálymintáknál pedig további 0-8 nap késéssel végzi el.

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 mintavételek és mérések leírását a 1991. évi jelentés tartalmazza.

2.2.1. A kibocsátott radioaktív mennyiségek a tartálymérések alapján

Az atomerőmű ~~2000~~2002-ben az ellenőrző tartályokból összesen 57110 m³ vizet bocsátott a Dunába. Az összes-béta mérések szerint a hasadási és a korróziós termékek éves aktivitása 1,5:1 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 korábbi években volt (elsősorban az XZ-jelű vizek aktivitásának emelkedése miatt). A TM:XZ térfogatok aránya 2,2:1. (Ez azt jelenti, hogy a mérleg feletti vizek aktivitás koncentrációja alig kétszerese a többinek... meglepő???)

A sugárterhelés becslésekhez felhasznált éves kibocsátási értékek a 2.4. táblázatban találhatóak. A korróziós termékek kibocsátása a 2001-. évihez viszonyítva általában csökkent (közel felére), kivéve a változatlan szintű ⁵⁴Mn és ⁶⁰Co izotópokat.

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

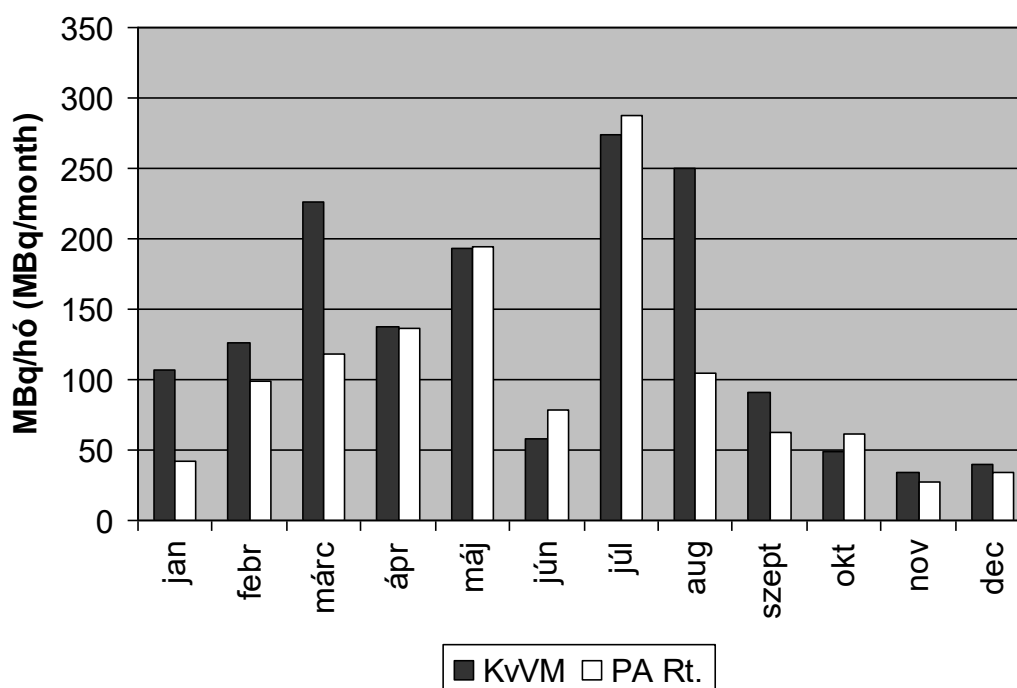
A trícium mérések általában jó egyezést mutatnak az üzem és a hatóság között, jórészt a 2000-ben 2. félévtől elvégzett metodikai egyeztetésnek köszönhetően. Az összes-béta aktivitás tekintetében a korábbi évekhez hasonlóan a hatósági értékek általában magasabbak voltak mint az üzemié. Mivel az ADV KVF 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 2003. I. félévében módszeregyeztetést végeztek.

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

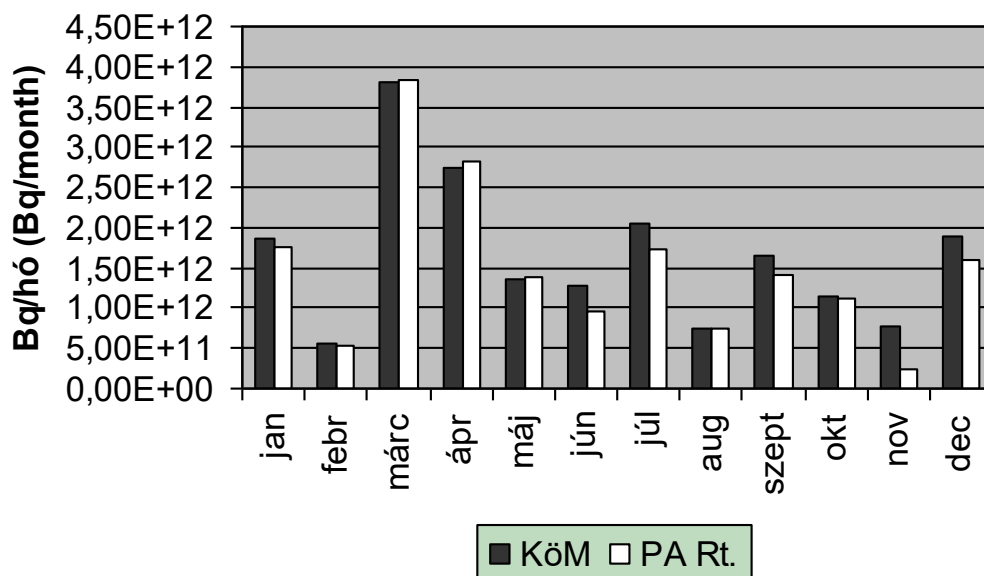
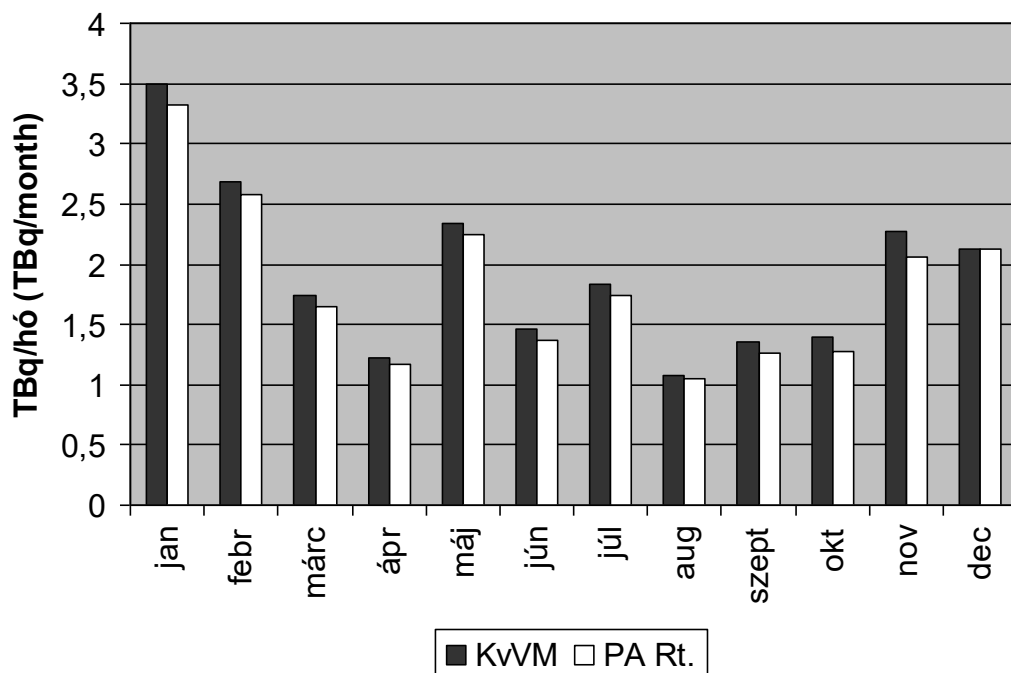
Table 2.4. The annual liquid releases used for the dose assessments, determined by the control tank measurements of the NPP approved by the authority

Meghatározás	Kibocsátás (MBq/év)
Ag-110m	61,9
Co-58	281
Co-60	1116
Cr-51	47,2
Cs-134	99,8
Cs-137	220
Fe-59	39,7
I-131	8,0
Mn-54	417
Nb-95	4,36
Sb-124	1,89
Zr-95	0,92
H-3	$2,19 \cdot 10^7$
Sr-90	1,96



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

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

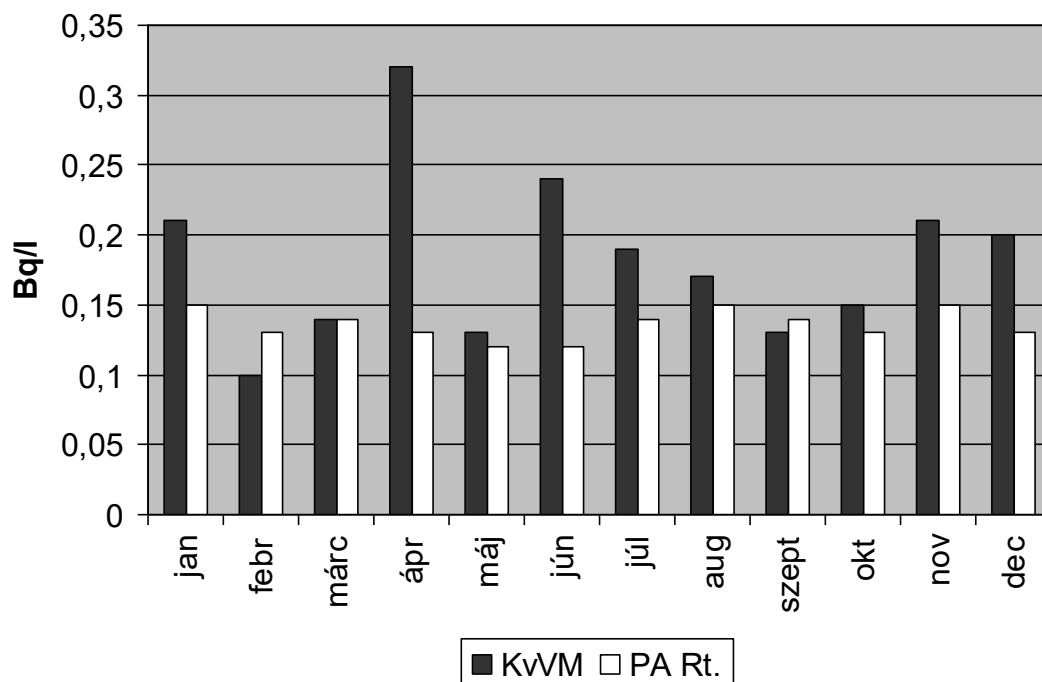


2.4. ábra Havi trícium kibocsátások a tartálymérések alapján

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

2.2.3. A vízelvezető csatornában mért koncentrációk

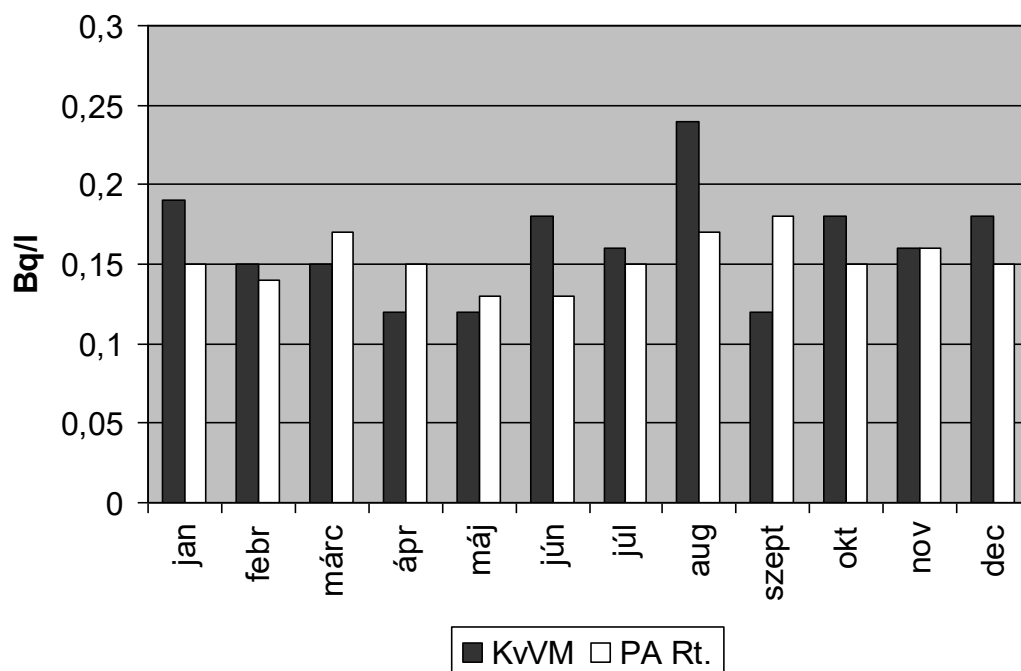
A 2.5.a, 2.5.b és 2.5.c ábrák a V1, V2 és V3 jelű helyen vett vízmintákban a hatóság, ill. az üzem által mért összes-béta aktivitás-koncentrációk havi átlagértékeit mutatják. ~~(a V1-ben mért augusztusi magasabb üzemi értéket keresztszennyeződés okozta~~



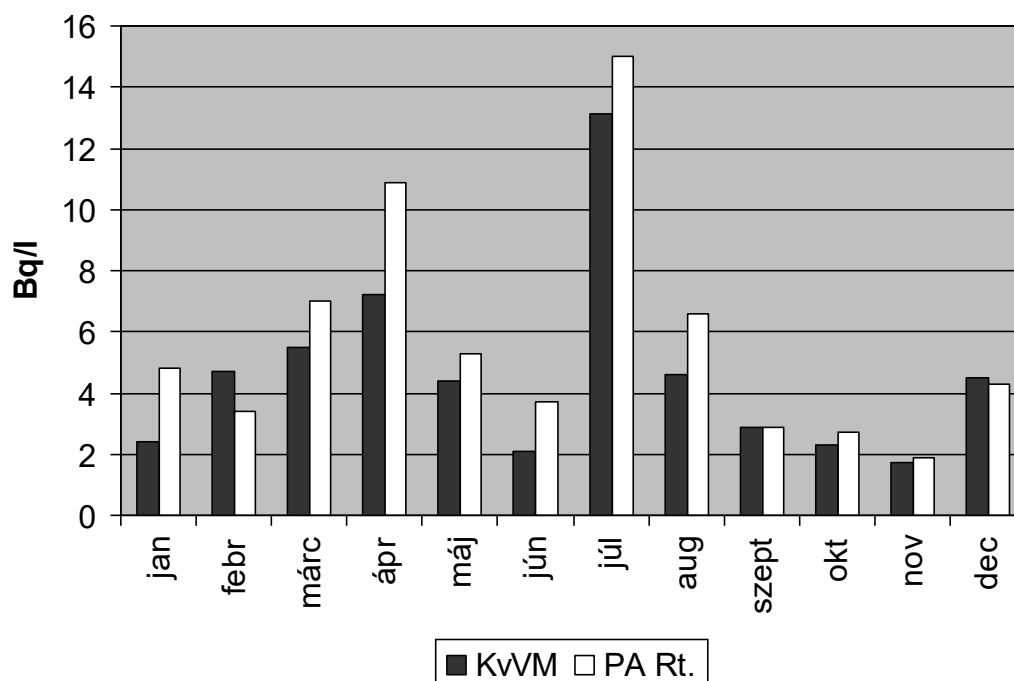
2.5.a. ábra A hidegvíz csatorna (V1) összes-béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei
Figure 2.5.a. Monthly gross beta activity concentration in the inflow water channel

A hatósági adatok és az üzemi adatok általában a mérések hibáján ($\pm 30-40\%$) belül, ill. a minták inhomogenitásának megfelelően egyeznek.

A szennyvíz csatorna (V3) aktivitás-koncentrációja 10-50 -szer nagyobb a V1 és V2 összes-béta aktivitás-koncentrációjánál. [Az áprilisi és júliusi kiugró értékek az éves főjavításhoz kapcsolódnak.](#)



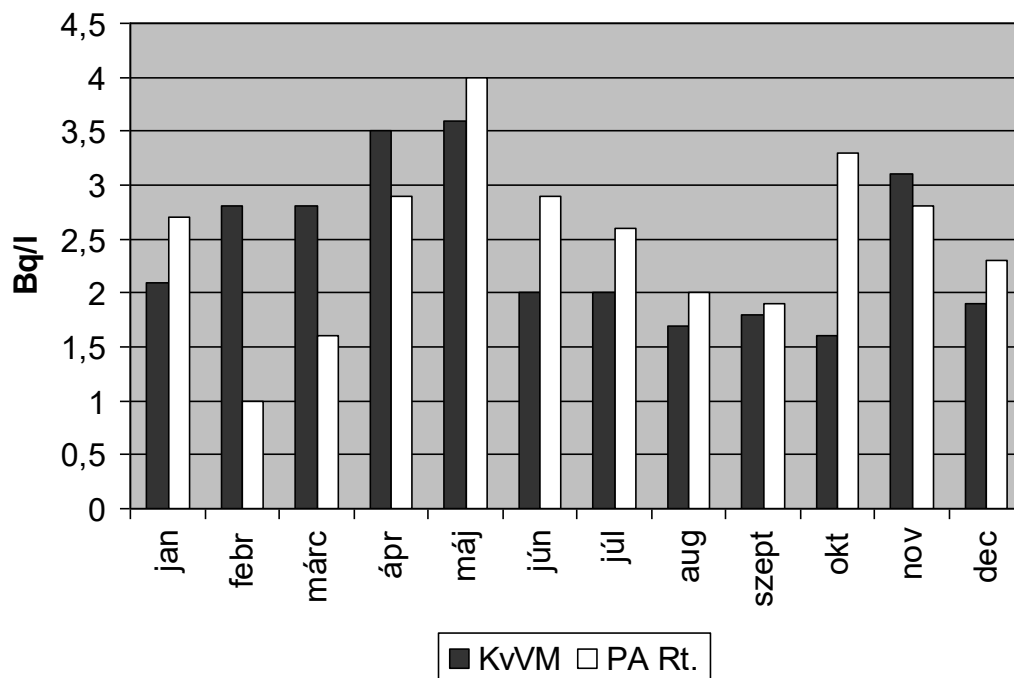
2.5.b. ábra A melegvíz csatorna (V2) összes-béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei
Figure 2.5.b. Monthly gross beta activity concentration in the hot water (discharge) channel



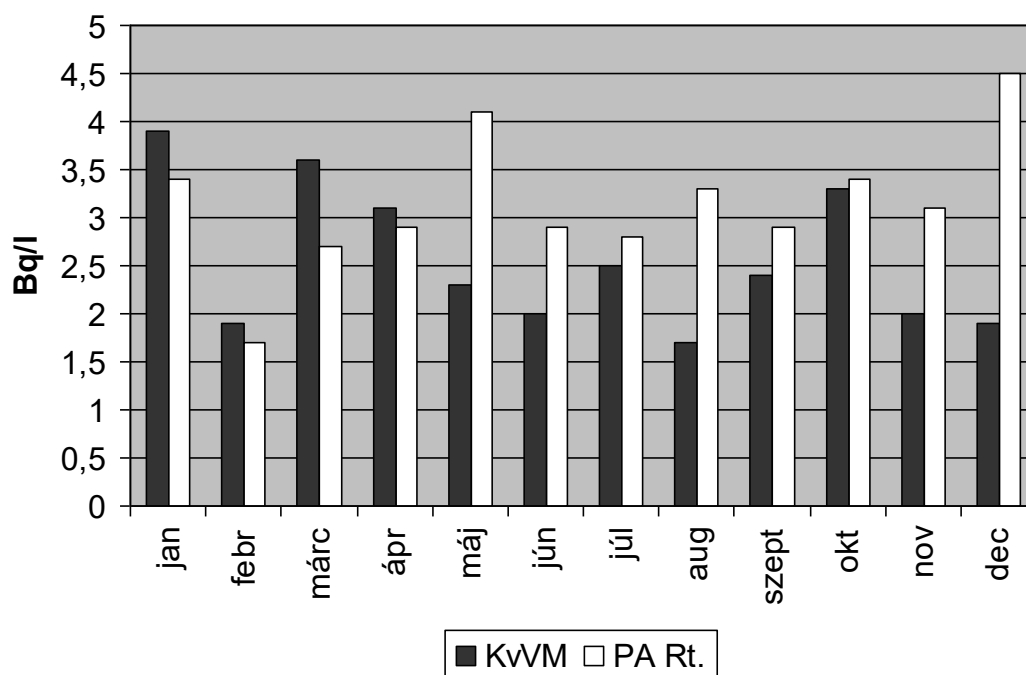
2.5.c. ábra A szennyvíz csatorna (V3) összes-béta aktivitás-koncentrációjának havi átlagértékei
Figure 2.5.c. Monthly gross beta activity concentration in the waste water channel

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

A hidegvíz és melegvíz csatorna trícium koncentrációjának elvileg a dunai értékkel (12-54 Bq/l) kellene megegyeznie, a mérési adatok hasonló tartományban is mozognak, bár nem olyan kiegyenlítetten, mint a Duna esetében és időnként 1,5-3 -szoros az eltérés az üzemi és hatósági adatok között, is. Ez a kis koncentrációkat tekintve, valamint az eltérések nem szisztematikus jellegét tekintve elfogadható. általában föléért (vagy a hatóság alá) kivéve márciust mindkét ágban, oka???

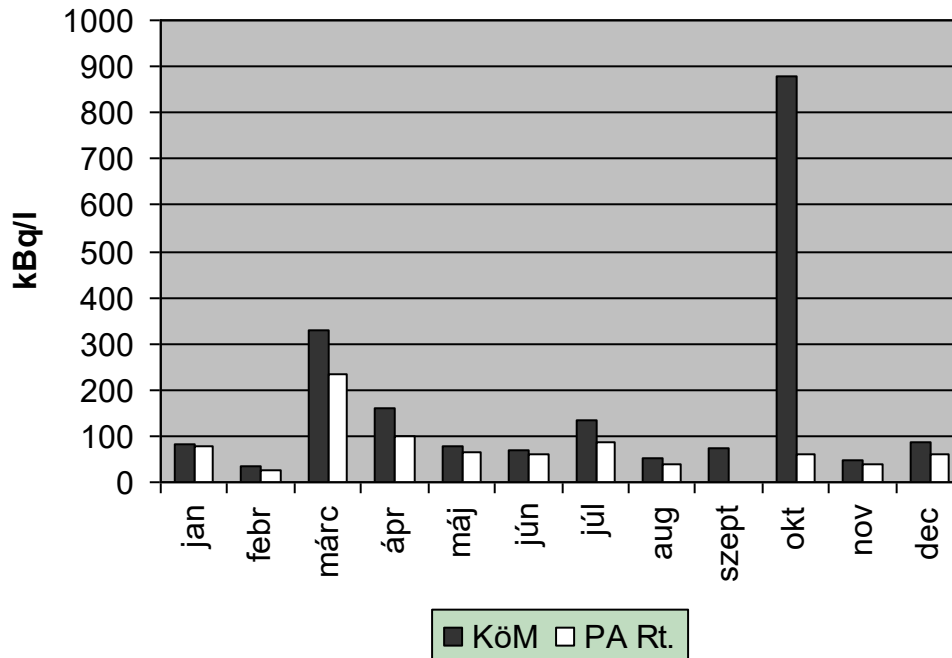
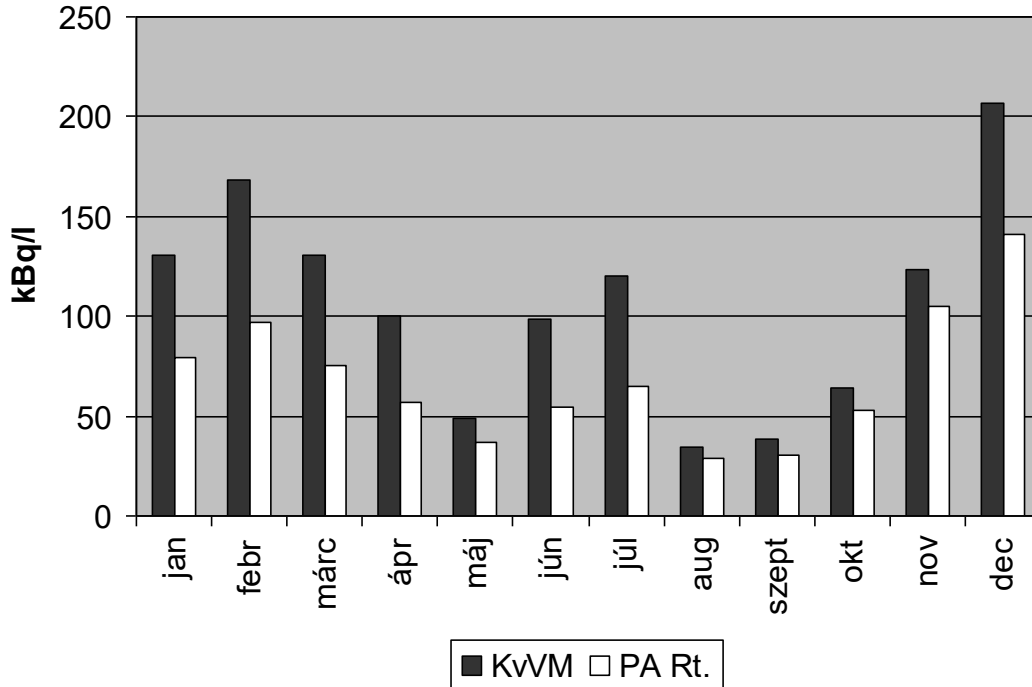


2.6.a. ábra A hidegvíz csatorna (V1) trícium koncentrációjának havi átlagértékei.
Figure 2.6.a. Monthly tritium concentrations in the inflow water channel.



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 ténylegesen kibocsátott trícium koncentrációja megbízhatóan a szennyvíz csatorna mintavételi pontján mérhető, havi értéke 30-200 kBq/l között változott. A hatósági adatok rendszeresen nagyobbak voltak. Az elvégzett módszeregyeztetés eredményeként az eltérések a második féltől csökkentek.



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 eltérően gamma-spektrometriával gyakorlatilag nem lehetett kimutatni az atomerőműtől származó izotópokat (< 1-3 mBq/l).

A V3-ban azonban jól mérhető az atomerőmű járuléka (^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{134}Cs és ^{137}Cs radioizotópok), amelyek havi átlagos aktivitás-koncentrációi ~~310~~ mBq/l-től néhány Bq/l értékig terjedtek, mind az üzemi jelentés, mind a hatósági adatok alapján (egy kiugró, 17,6 Bq/l értékű üzemi eredmény kivételével). ~~(ADV)~~

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. MÜSZ tartalmazza a korábbi vízi szabályozást is). A hatóság a kibocsátások értékére minden komponensnél a PAE által mért adatokat fogadta el, kivéve a ^{90}Sr izotópot, amelynél a párhuzamos üzemi és hatósági adatok közül a nagyobb mért, illetve kisebb kimutatási határ értéket.

értéket(???).—Ezen elfogadott eredmények szerint a trícium kivételével az összes mennyiség csupán ~~alig haladja meg~~ a korlát néhány 5 % -át éri el. Az ésszerű módon nem méréselkelhető 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 2002-ben

Table 2.5. The accepted releases by water in ~~2000~~2002

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)	1,25 GBq	3,7 GBq	8,5
trícium	121,9 TBq ???	7,5 TBq	73
Sr-90	1,96 MBq ???	37 MBq	1,3
összes-alfa (gross alpha)	*	**	-

* Bár néhány mintában kimutatási határ feletti összes-alfa aktivitás-koncentrációt mért az üzem, azonban a hatóság által jóváhagyott üzemi alfa-spektrometriai eredmények azt mutatták, hogy ez nem atomerőművi eredetű, hanem természetes alfa-sugárzó izotóptól származott.

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

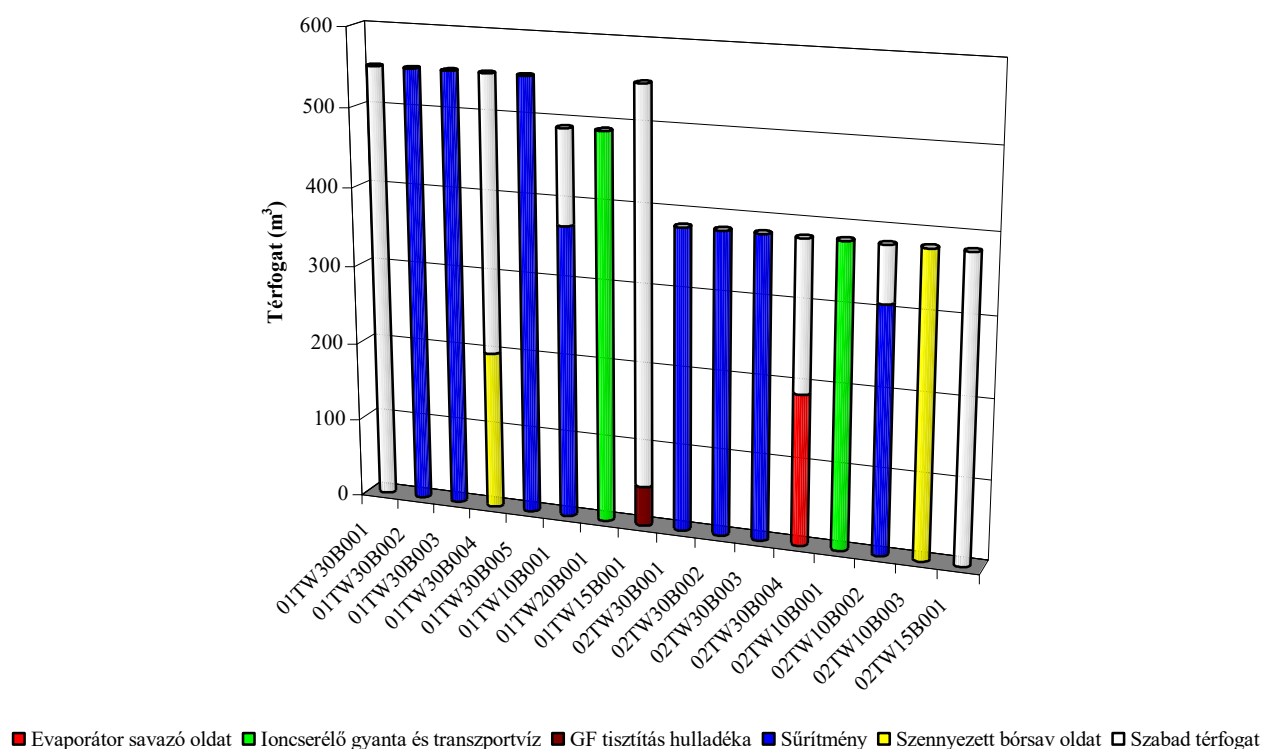
A radioaktív hulladékok biztonságos kezelése és elhelyezése a hulladéktermelő, azaz a PA Rt. felelőssége. A hulladékok gyűjtése, feldolgozása és átmeneti tárolása az üzemeltetési feladatok részeként valósul meg. A biztonságos végleges elhelyezés előkészítésével 1998. június 2-től a Radioaktív Hulladékokat 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 a környezetbe, minden radioaktív anyaggal szennyezett hulladékáramot ellenőrizni és szükség esetén tisztítani kell. A tisztítás során felhasznált légszűrők, ioncserélő gyanták és a technológiai vizek bepárlásával képződő koncentrátumok képezik az üzemi kis és közepes aktivitású hulladékok jelentős részét.

3.1.1. Folyékony radioaktív hulladékok

Az eddigi üzemeltetés során 3644 m³ bepárlási maradék keletkezett, amelyből 2000-ben a két kiépítésen összesen 210 m³ képződött. A bepárlási maradékok átlagos keletkezési mennyisége az eltelt 60 reaktorév alatt 260 m³/év a négy blokkra. A sűrítmények összst tartalma 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 39,1 m³. Ebből 2,4 m³ keletkezett 2000-ben. A 3.1. ábra a folyékony hulladék tároló tartályok telítettségére vonatkozó információkat foglalja össze:



3.1. ábra: A folyékony hulladék tároló tartályok töltöttsége (2001. januári állapot)

Figure 3.1. The used volumes of the liquid waste storage tanks on January 2001

3.1.2. Szilárd radioaktív hulladékok

Az üzemi területen képződő és radioaktívan szennyezett elhasznált védőeszközök, szerszámok, alkatrészek, tisztítóeszközök, átalakításokból származó építési anyagok, valamint a karbantartó műhelyekben képződő fémhulladékok, forgácsok alkotják a kis és közepes aktivitású hulladékok további hányadát.

Az eddigi üzemeltetés során 2103 m³ feldolgozott (tömörített, szilárdított) hulladék keletkezett, melyből 1580 m³ hulladékot szállítottak el végleges elhelyezésre, a Püspökszilágyban lévő Radioaktív Hulladék Feldolgozó Tároló Telephelyre. Az erőművi kis és közepes aktivitású szilárd hordós hulladékok RHFT-ba történő kiszállításának utolsó dátuma 1996. november 17-e volt. Püspökszilágyba ezután atomerőművi eredetű szilárd hulladék nem szállítható.

A feldolgozott szilárd radioaktív hulladékok átlagos keletkezési mennyisége az eltelt több mint 60 reaktorév alatt 115–120 m³/év a négy blokkra.

A 2000-ben keletkezett kis és közepes aktivitású szilárd radioaktív hulladékok adatait a 3.1. táblázat tartalmazza:

— 3.1. táblázat: A 2000-ben keletkezett szilárd radioaktív hulladékok mennyisége

— Table 3.1. The volume of solid radioactive waste treated in 2000

Típusa	Keletkezett radioaktív hulladékok		Feldolgozást követő mennyiségek	
	Mennyisége	[m ³]	[db-hordó]	[m ³]
Zsákos gyűjtésű	9700 db	485,0	348	69,6
Hordós gyűjtésű	420 db	84,0	205	41,0
Iszap	4400 t	4,4	44	8,8
Aeroszűrő	-	60,0	47	9,4
Tűzveszélyes folyadék	200 t	0,2	—	—
Összesen:		633,6	644	128,8

3. RADIOAKTÍV HULLADÉKOK

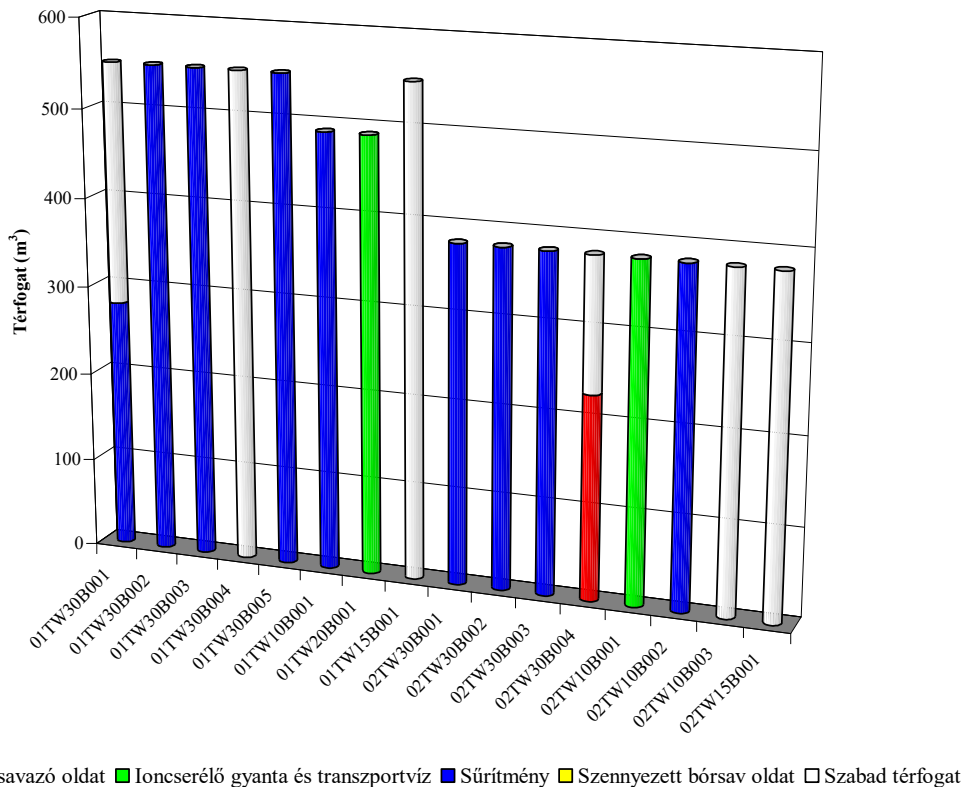
A radioaktív hulladékok biztonságos kezelése a hulladéktermelő, azaz a PA Rt. felelőssége. A hulladékok gyűjtése, feldolgozása és átmeneti tárolása az üzemeltetési feladatok részeként valósul meg. A biztonságos végleges elhelyezés előkészítésével 1998. június 2-től a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú 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 hulladékaromat 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 4069 m³ bepárlási maradék keletkezett, amelyből 2002-ben a két kiépítésen összesen 260 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 75,6 m³. Ebből 26,5 m³ keletkezett 2002-ben. A 3.1. ábra a folyékony hulladéktároló tartályok telítettségre vonatkozó információkat foglalja össze:



3.1. ábra A folyékony hulladék tároló tartályok töltöttsége (2003. januári állapot)

Figure 3.1 The used volumes of the liquid waste storage tanks on January 2003

3.1.2. Szilárd radioaktív hulladékok

Az atomerőmű 2002. évi üzemeltetése során a keletkező szilárd radioaktív hulladékok forrásai és egymáshoz viszonyított mennyiségei részben változtak a korábbi évekhez képest:

- Elhasználódott és felaktiválódott, 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 2002-ben is a megelőző évekhez hasonló mennyiségű került felhasználásra (3.1. táblázat).

3.1. táblázat. Felhasznált kiegészítő védőfelszerelések mennyisége

Table 3.1 The annual volume of used protective clothes and tools

	2000	2001	2002
Műanyag cipővédő	<i>330000 pár</i>	<i>360000 pár</i>	<i>390000 pár</i>
Gumikesztyű	<i>160000 pár</i>	<i>160000 pár</i>	<i>170000 pár</i>
Légzésvédő	<i>55000 db</i>	<i>20000 db</i>	<i>20000 db</i>
Műanyag kötény	<i>1800 db</i>	<i>2000 db</i>	<i>2000 db</i>

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

Az aktív iszapokból mintegy 5,8 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).

A szilárd radioaktív hulladékmennyiségek markáns növekedése 2002-ben a következő okokra vezethető vissza:

- Főjavítások alatt keletkezett hulladékok
- Rekonstrukciós munkák hulladékai

Az eddigi üzemeltetés során 4220 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. táblázat. A 2002-ben keletkezett szilárd radioaktív hulladékok mennyisége

Table 3.2 The volume of solid radioactive waste in 2002

Keletkezett radioaktív hulladékok			Feldolgozást követő mennyiségek	
Típusa	Mennyisége		mennyiségek	
	egység	[m ³]	[db hordó]	[m ³]
Zsákos gyűjtésű	14000 db	520,0	383	76,6
Hordós gyűjtésű	290 db	58,0	199	39,8
Iszap	5800 l	5,8	58	11,6
Aeroszolszűrő	---	20,0	20	4,0
Tűzveszélyes folyadék *	300 l	0,3	---	---
Összesen:		604,1	660	132

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 µGy/h-nál kisebb felületi dózisteljesítményű hulladékos zsák tartalmát átválogatjuk azért, hogy az 1 µGy/h felületi dózisteljesítmény alatti egyedi hulladékokat elkülönítsük a radioaktív hulladékoktól. Ebben az évben ezzel a technológiával a válogatható szilárd radioaktív hulladékok mennyiségét (ami kb. 10%-a a teljes hulladékmennyiségnek) mintegy 50 %-al sikerült csökkenteni.
- **Tömörítés:** A tömöríthető radioaktív hulladék térfogatcsökkentése az 500 kN-os préssel történik, átlagosan 5-ös redukciós tényezővel. A keletkezett 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 folyékony tűz- és robbanásveszélyes radioaktív hulladékok szűrése gyöngykovafölddel történik.

A szilárd hulladékok, beleértve az aeroszolszűrőket és a szilárdított iszapokat is, egységesen speciális (belül 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. 2002-ben folytatódott az 1994-ben megkezdett, a

folyékony hulladék mennyiségének térfogatát csökkentő technológiák megvalósítása (FORTUM -, cementezési -, ultraszűrési technológia, stb.).

3.3. A radioaktív hulladékok átmeneti tárolás

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.

3.3. táblázat. Átmeneti tárolók és ideiglenes gyűjtőhelyek töltöttsége

Table 3.3 The used volume of the temporary storage capacity

Helyiség	Kapacitás	2002-ben betárolt mennyiség	Tárolt mennyiség	Szabad kapacitás
A410/1	248 db	-	248 db	0 db
A410/2	228 db	-	228 db	0 db
A410/3	230 db	-	230 db	0 db
A410/4	228 db	58 db	177 db	60 db
A0059/II	555 db	-	555 db	0 db
VK302/I	5600 db	602 db	1868 db	3732 db
VK302/II	914 db	-	914 db	0 db

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

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

3.4. Végleges elhelyezés

Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény rendelkezett a radioaktív hulladékok végleges elhelyezésével, valamint a kiegészítő 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.

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 válogatóberendezéssel az összes 30 $\mu\text{Gy/h}$ nál kisebb felületi dózisteljesítményű hulladékos zsák tartalmát átválogatják azért, hogy az 1 $\mu\text{Gy/h}$ felületi dózisteljesítmény alatti egyedi hulladékokat elkülönítsék a radioaktív hulladékoktól. Ebben az évben ezzel a technológiával a válogatható szilárd radioaktív hulladékok mennyiségét (ami kb. 10% a teljes hulladékmennyiségnek) mintegy 50 % al sikerült csökkenteni.
- **Tömörítés:** A tömöríthető radioaktív hulladék térfogatesökkentése az 500 kN-os présel történik, átlagosan 5-ös redukciós tényezővel. A keletkezett szilárd radioaktív hulladékok az eddigi tapasztalatok alapján 80-85 % a tömöríthető.
- **Szilárdítás:** A keletkezett aktív iszapokat, melyek a primerkörű csurgalékvizeket gyűjtő, vegyszeresen kezelő, ülepítő, vagy átmenetileg tároló berendezésekből kerülnek ki, gyöngykovaföld átlagosan 1:1 arányú hozzákeverésével szilárdítják.
- **Szétszerelés:** Az aeroszol szűrők térfogatának csökkentése a szűrő keretek szétszerelésével, majd tömörítésével történik.
- **Szűrés:** A folyékony tűz- és robbanásveszélyes radioaktív hulladékok szűrése gyöngykovafölddel történik.

A feldolgozott radioaktív hulladékok, beleértve az aeroszolszűrőket és a szilárdított iszapokat is, egységesen 200 l-es 1,2 mm falvastagságú fémhordókba kerülnek.

A folyékony radioaktív hulladékok feldolgozása (szilárdítása) jelenleg még nem kezdődött meg, így ezeket a segédépületi saválló fémtartályokban tárolják.

Az atomerőműben folytatódott az 1994-ben megkezdett, a hulladék mennyiségek térfogatát csökkentő technológiák fejlesztése, illetve elkezdődött azok megvalósítása (FORTUM, cementezési-, ultraszűrési technológia, stb.).

3.3. A radioaktív hulladékok átmeneti tárolás

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

A Paksi Atomerőmű segédépületében korlátozott mennyiségben ugyan, de mód van a szilárd hulladékot tartalmazó hordók végleges elhelyezést megelőző ideiglenes tárolására. Ezen ideiglenes elhelyezés bizonyos építészeti átalakításokat követően korlátozott ideig közel 8 évig kellő kapacitást biztosít a hulladékok üzemi területen történő tárolására a végleges elhelyezésre történő elszállítás előtt.

2000. december 31-én az atomerőműben tárolt szilárd radioaktív hulladék mennyisége 2457 db hordó volt.

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

3.4. Végleges elhelyezés

~~Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény felváltotta az 1980. évi I. törvényt, azaz a régi atomtörvényt és annak végrehajtási rendeleteit. Az új atomtörvény döntött a radioaktív hulladékok végleges elhelyezésével, valamint a kiegészítő fűtőanyagok átmeneti tárolásával, végleges elhelyezésével, továbbá az atomerőmű leszerelésével foglalkozó közhasznú társaság létrehozásának szükségességéről.~~

~~A megalakítását követően az RHK Kht foglalkozik a radioaktív hulladékok végleges elhelyezéséhez kapcsolódó telephelykutatóval.~~

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

4. KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI MÉRÉSI EREDMÉNYEK

4.1. A légköri aktivitáskoncentrációk

A légkör radioaktív szennyezettségének ellenőrzésére a hatósági laboratórium (ÁNTSZ Tolna megyei Intézete, Szekszárd) négy ponton (Kalocsa, Csámpa, Szekszárd, Dunaföldvár) tart üzemben folyamatos mintavevő berendezést. ~~2000~~2002. évben 35793 db légköri 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.

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

Az aeroszol szűrőkben mért összes-béta aktivitás 0,32 - 10 mBq/m³ között változott (4.1.a táblázat). A tapadóhálóval gyűjtött 48 db mintából meghatározott összes-béta aktivitás 1,4 – 9,5 Bq/m²/hó között változott az egyes mintavételi pontokon. A teljes kihullást reprezentáló 48 fall-out mintában mért összes-béta aktivitás 1,6 – 41 Bq/m²/hó értékhatárok között volt. A magasabb értékek döntő részben a ⁴⁰K izotóptól származnak.

4.1.a táblázat A levegőkörnyezetben mért radioaktív-aktív 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	1,2 0,46 - 2,76; 43(2)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	1,2 0,34 - 2,3; 42(7)
	DK-i félkör, R≥10 km	2,8 0,32 - 10; 272(25)
Tapadóháló összes-béta [Bq/m ² /hó] [Bq/m ² /month]	ÉNY-i félkör, R<10 km	2,8 1,4 – 8,3; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	4,1 1,9 – 9,5; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	2,8 1,7 – 4,6; 24
Teljes kihullás összes-béta [Bq/m ² /hó] [Bq/m ² /month]	ÉNY-i félkör, R<10 km	10,4 3,3 – 30,9; 12
	ÉNy-i félkör, R≥ 10 km	8,3 4,0 – 12,4; 12
	DK-i félkör, R≥ 10 km	11,7 1,6 – 41; 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 - ¹³⁷Cs radionuklid, legfeljebb 10 µBq/m³ koncentrációban. A kozmogén eredetű ⁷Be koncentrációi az üzemi

mérésekhez hasonlóak voltak. A teljes kihullás és tapadóháló mintákban 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-spektrometria)

Meghatározás	Terület	Átlag min.-max.; esetszám*
Aeroszol Be-7 (Gamma spektr.) [mBq/m ³]	DK-i félkör, R≥10 km	3,86 1,14 – 6,48; 38
Aeroszol Cs-137 (Gamma spektr.) [mBq/m ³]	DK-i félkör, R≥10 km	0,0037 0,0006 – 0,01; 38(34)
Teljes kihullás Be-7 (Gamma spektr.) [Bq/m ² /hó]	ÉNY-i félkör, R<10 km	51,11 18,6 – 149,6; 12
	ÉNy-i félkör, R≥ 10 km	64,07 18,3 – 122; 12
	DK-i félkör, R≥ 10 km	59,74 13,1 – 144; 24
Teljes kihullás Cs137 (Gamma spektr.) [Bq/m ² /hó]	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,39 0,28 – 0,53; 12(12)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,36 0,2 – 0,47; 12(12)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,37 0,21 – 0,49; 24(23)
Tapadóháló Be-7 (Gamma spektr.) [Bq/m ² /hó]	ÉNY-i félkör, R<10 km	11,35 4,03 – 26,87; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	18,72 6,4 – 28,62; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	14,98 5,47 – 26,37; 24
Tapadóháló Cs-137 (Gamma spektr.) [Bq/m ² /hó]	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,28 0,14 – 0,43; 12(12)
	ÉNy-i félkör, R≥ 10 km	0,31 0,27 – 0,36; 12(12)
	DK-i félkör, R≥ 10 km	0,3 0,26 – 0,65; 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. A csernobili eredetű ¹³⁷Cs már csak μBq/m³ koncentrációban volt jelen. A minták kis hányadában kimutatható volt az erőművi eredetű ⁶⁰Co, néhány μBq/m³ körüli értékben (4.2. táblázat) [3].

4.2 táblázat A levegőkörnyezetben mért aktivitáskoncentrációk jellemző értéktartománya, üzemi mérésekből [3]

Table 4.2. The radioactive concentrations in aerosol and fall-out, measured by the NPP [3]

	Aktivitás-koncentráció			
	Be-7	Co-60	Cs-137	Ag-110m
Aeroszol [mBq/m ³] (A1-A9 állomások, heti mérések) (sampling stations A-type, weekly)	1-8 1-6	<0,001 0,006 <0,001-0,023	<0,001 0,001 <0,001-0,009	<0,001 0,012 <0,001
Fall-out [Bq/m ² /hó], (havi mérések) (fall-out, monthly) [Bq/m ² /month]	<3 218 1-176	<0,1-0,3 <0,1-0,2	<0,1-0,9 <0,1	<0,1-0,7 <0,1

4.2. A vízi környezetben mért aktivitáskoncentrációk

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 aktivitás- koncentrációinak mérésére irányulnak.

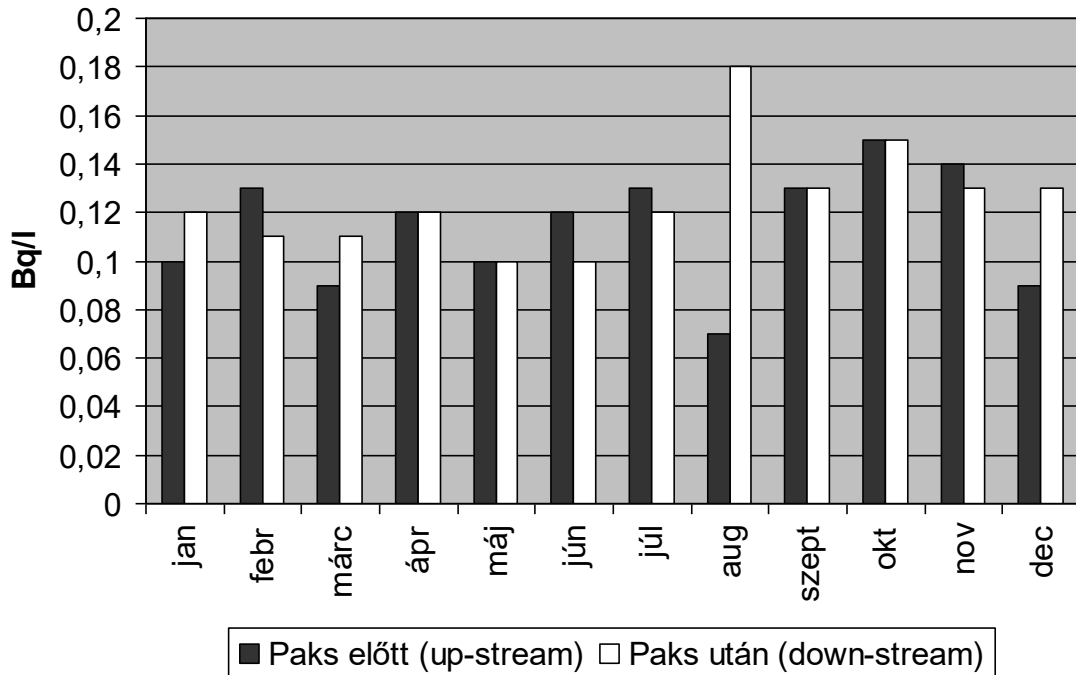
A heti-havi gyakorisággal vett Duna-víz mintákban meghatározott összes-béta aktivitáskoncentrációkat a 4.1. ábra, a hetente-havonta mért tríciumkoncentráció értékeket pedig a 4.2. ábra szemlélteti a környezetvédelmi és az egészségügyi hatóság mérései alapján. A nagyszámú vízmintából meghatározott összes-béta aktivitások éves átlaga 0,12-~~0,12~~ 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 aktivitás-koncentrációja átlagosan kisebb a 2001. évinél, a kettő közötti különbség is csökkent. általában közel 1 Bq/l értékkel magasabb. A vizsgálati pontokon a Duna szakasz tríciumkoncentrációja Paks előtt átlagosan 14,87 Bq/l, Paks után 2,3,5 Bq/l körüli. (Mi a helyzet az áprilisi kiugró értékkel???)

A már említett összes-béta aktivitás és trícium koncentráció mellett a 4.3. táblázat tartalmazza a Duna-víz ⁹⁰Sr és ¹³⁷Cs, valamint a KvVM laboratóriumában, gamma-spektrometriával mért radionuklidok átlagos aktivitás-koncentrációit is.

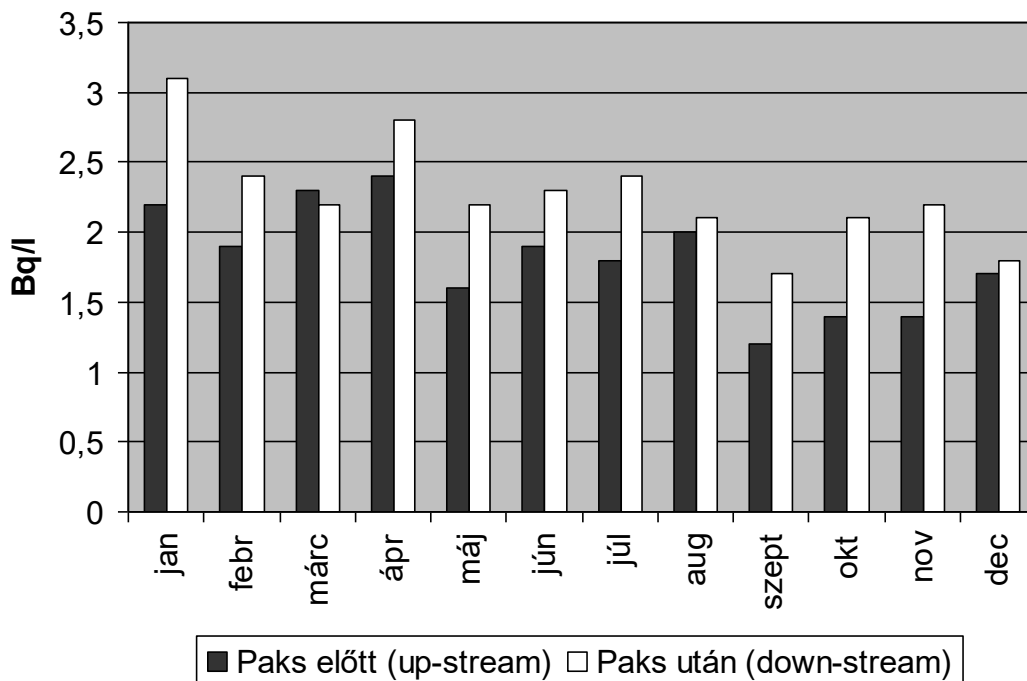
A Duna-vízben a ¹³⁷Cs kémiai szeparációval meghatározott értékei, valamint a ⁹⁰Sr éves átlagos aktivitás-koncentrációja már nem haladja meg az alapszint értékeket.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a Duna vízében az erőmű utáni szakaszon erőművi eredetű radioaktív szennyeződés 2002-ben - az ugyancsak megkérdőjelezhető ³H kivételével - nem volt kimutatható. ki-



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

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 aktivitáskoncentráció 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	0,12 0,050 - 0,34; 49	0,2
	Paks után	0,13 0,060 - 0,38; 130	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,0029 0,0013 - 0,0045; 4	
	Paks után	0,0036 0,0012 - 0,0093; 11	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,045 0,030 - 0,060; 4	
	Paks után	0,061 0,010 - 0,13; 16	
Pb-214 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,0070 0,0041 - 0,0082; 4	
	Paks után	0,0073 0,0026 - 0,020; 15	
H-3	Paks előtt	1,8 0,80 - 3,4; 22(9)	7,00
	Paks után	2,3 1,4 - 5,6; 87(33)	
Sr-90	Paks előtt	0,0028 0,0011 - 0,0044; 12(2)	0,005
	Paks után	0,0027 0,0011 - 0,0046; 24(1)	
Cs-137 (kémai szeparáció)	Paks előtt	0,00063 0,00041 - 0,0010; 8(6)	0,002
	Paks után	0,00071 0,00040 - 0,0011; 8(5)	

* 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 aktivitáskoncentrációja hasonló a Duna-vízben mért értékekhez, havi átlagértékei a 0,0508 - 0,233 Bq/l határok között voltak. A ~~néltrícium~~ Paks-előtti értékeihez hasonlóak a Duna-vízben mért ~~trícium~~ koncentrációkhoz (0,8247 - 43,34 Bq/l)-is.

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	0,13 0,050 - 0,18; 11
	DK-i félkör, R≥10 km	0,15 0,10 - 0,23; 32
H-3	DK-i félkör, R<10 km	2,3 1,6 - 3,6; 11
	DK-i félkör, R≥10 km	1,8 0,82 - 4,4; 16(1)
Sr-90	DK-i félkör, R<10 km	0,0026 0,0014 - 0,0044; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	0,0048 0,0035 - 0,0077; 5(1)
Cs-137 (kémiiai szep.)	DK-i félkör, R<10 km	0,00072 0,00041 - 0,0016; 4 (4)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,00078 0,00034 - 0,0016; 8 (7)

* 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 234~~36~~ - 136230 Bq/kg közötti érték volt (száraz tömegre vonatkoztatva). A ⁹⁰Sr átlagos aktivitás-koncentrációja a mérések alapján Paks előtt 1,22,4, Paks után 1,83,8 Bq/kg volt. ~~a korábbi éveknél jóval kisebb~~

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 0,64 - 91~~5~~ Bq/kg közötti volt a vizsgált szedimentummintákban, ez ~~hasonlóvalamivel kisebb~~ mint az előző években mért értékek, azonban a mért koncentrációk közel két nagyságrenden belüli változása ugyancsak a mintavétel bizonytalanságát mutatja. ~~(Jucika: Paks után szinte minden nagyobb!???)~~

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 0,08~~8~~-0,47 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 éveké~~hez hasonlóvalamivel kisebb értékű~~, 43,8~~3~~ Bq/kg volt.

4.5. táblázat A dunai üledék aktivitáskoncentrációinak éves átlagai, 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	612 234 - 1140; 36	
	Paks után	681 302 - 1230; 69	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	30 0,64 - 87; 36(10)	<u>10,0</u>
	Paks után	31 0,79 - 91; 68(6)	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	444 235 - 753; 36	
	Paks után	510 266 - 950; 69	
Pb-214 (gamma-spektr.)	Paks előtt	44 36 - 53; 16	
	Paks után	39 28 - 54; 48	
U-235 (gamma-spektr.)	Paks előtt	2,9 1,7 - 4,5; 16	
	Paks után	2,7 1,5 - 4,1; 44	
Sr-90	Paks előtt	1,2 0,08 - 5,2; 16(3)	2,0
	Paks után	1,8 0,13 - 4,8; 40(13)	

* 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 radioaktív koncentrációját a 4.7. táblázat tartalmazza.~~

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	399 312- 487; 22
Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R \geq 10 km	3,8 1,1 - 11; 22(7)
K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R \geq 10 km	336 271 - 427; 22
Sr-90	DK-i félkör, R \geq 10 km	0,27 0,080 - 0,47; 8

* 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 aktív-aktívitáskoncentrációinak 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	1060 674 - 1720; 3
	Paks után	1110 712 - 1760; 10
Alga, K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	977 670 - 1450; 3
	Paks után	1210 547 - 1700; 10
Alga, Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	-
	Paks után	5,2; 1
Hal, összes-béta	Paks után	90 57 - 177; 8
Hal, K-40 (gamma-spektr.)	Paks után	99 50 - 200; 8
Hal, Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks után	0,3 - 0,8; 2
Hal, Sr-90	Paks után	0,31 0,20 - 0,50; 8(7) <u>???</u>

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

* 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 aktivitáskonzentrációk

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 aktivitáskonzentráció értékeit tartalmazza a 4.8. táblázat.

A vizsgált talajok összes-béta aktivitásának átlagos koncentrációja a 303–1020 Bq/kg tartományba esett, ami megegyezik az elmúlt években mért értékekkel. A hatósági laboratóriumok által ellenőrzött, fent felsorolt településeken a vizsgált talajok ⁹⁰Sr aktivitás-konzentrációja 0,23–3,5 Bq/kg között volt, az átlagok az elmúlt évek értékeihez hasonlóak.

Az ugyanezen mintákból gamma-spektrometriával mért ¹³⁷Cs koncentrációja 2,3–30 Bq/kg között változott, az átlagértékek az előző évekkel megegyezők.

A PAE 30 km-es körzetében a talajmintákban mért aktivitás-konzentráció 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	430 303 - 565; 24	400
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	531 443 - 602; 12	
	DK-i félkör, R<10 km	535 317 - 676; 4	
	DK-i félkör, R≥10 km	613 399 - 1020; 36	
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	11 3,7 - 20; 24(9)	
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	6,4 3,2 - 11; 12(2)	
	DK-i félkör, R≥10 km	9,0 2,3 - 30; 32(5)	
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	342 282 - 448; 24	
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	470 368 - 539; 12	
	DK-i félkör, R≥10 km	449 216 - 600; 32(1)	
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,1 0,23 - 2,5; 8	6,0
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,90 0,67 - 1,4; 4	
	DK-i félkör, R<10 km	0,64 - 2,14; 2	
	DK-i félkör, R≥10 km	1,2 0,23 - 3,5; 14	

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

A vizsgált talajok összes béta aktivitásának átlagos koncentrációja a 310 – 88200 Bq/kg tartományba esett, ami megegyezik az elmúlt években mért értékekkel. A hatósági laboratóriumok által ellenőrzött, fent felsorolt településeken a vizsgált talajok ⁹⁰Sr aktivitás koncentrációja 0,0812 – 34,8 Bq/kg között volt, a tavalyi értékekhez hasonlóan.

Az ugyanezen mintákból gamma spektrometriával mért ¹³⁷Cs koncentrációja 1,68 – 3320,78 Bq/kg között változott, az átlagértékek az előző évihez képest nem csökkentek jelentősen nőttek(ok???)

A PA Rt 30 km-es körzetében a talajmintákban mért aktivitás koncentráció értékek alapján friss kibocsátásból származó, atomerőművi eredetű szennyeződés nem mutatható ki (vö. cs-137???)

Az FVM REH (Földművelésügyi Minisztérium Radiológiai Ellenőrző Hálózat) laboratóriumi 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 ^{137}Cs aktivitása nemalig csökkent, ~~2000~~2002-ben 0,053–1,478 Bq/kg közötti volt.

~~— 2000~~2001 ~~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, Kaloesa, 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 ^{90}Sr vizsgálatokat, gamma spektrometriai elemzéseket, esetenként pedig trícium mérést végeztek. Az emberi fogyasztásra kerülő konyhakerti növények ^{137}Cs koncentrációja ~~0,008~~22–~~0,56~~14 Bq/kg között volt, ami megfelel az ország más tájain hasonló zöldségfélékben mért ^{137}Cs koncentráció értékeknek~~???~~.~~

~~— 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 EüM és FVM országos hálózataiban mért minták eredményeitől.~~

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	506 109 - 1110; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	99 70 - 140; 11
	DK-i félkör, R<10 km	171; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	491 149 - 828; 14
K-40 (béta-mérés)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	84 23 - 138; 11
	DK-i félkör, R<10 km	148; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	104 - 151; 2
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,42 0,069 - 1,4; 12(2)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,22 0,053 - 0,40; 12(7)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	508 103 - 871; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	469 132 - 673; 12
H-3	DK-i félkör, R<10 km	1,8 1,1 - 4,5; 11
	DK-i félkör, R≥10 km	1,2 0,89 - 1,7; 5
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	2,1 0,51 - 5,4; 8
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,35 0,12- 0,88; 11
	DK-i félkör, R<10 km	0,68; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	2,1 0,30 - 4,1; 14

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

[2002-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 ^{137}Cs koncentrációja igen kimutatási határ alatti ($<0,018-0,079$ Bq/kg) volt (ez megfelel az ország más tájain hasonló zöldségfélékben mért ^{137}Cs 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	236 - 1100; 2
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	182; 1
	DK-i félkör, R<10 km	233 205 - 253; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	236 191 - 302; 7
K-40 (béta)	DK-i félkör, R<10 km	223 196 - 255; 3
	DK-i félkör, R≥10 km	219 180 - 259; 3
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,070 - 0,60; 2(2)
	DK-i félkör, R<10 km	0,11; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	0,13 0,097 - 0,14; 4(4)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	192 - 1170; 2
	DK-i félkör, R<10 km	252; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	213 191 - 247; 4
H-3	DK-i félkör, R<10 km	1,6 0,56 - 3,3; 18
	DK-i félkör, R≥10 km	1,9 1,1 - 4,1; 10
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,15 - 0,20; 2
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,46; 1
	DK-i félkör, R<10 km	0,29 0,14 - 0,44; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	0,29 0,20 - 0,52; 7(1)

* 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	227 198 - 271; 3
	DK-i félkör, R≥10 km	205 147 - 317; 8
K-40 (béta)	DK-i félkör, R<10 km	201 - 261; 2
	DK-i félkör, R≥10 km	230 - 288; 2
Cs-137 (gamma spektr.)	DK-i félkör, R<10 km	0,081; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	0,099 0,071 - 0,11; 6(6)
K-40 (gamma spektr.)	DK-i félkör, R<10 km	189; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	174 153 - 196; 6
Sr-90	DK-i félkör, R<10 km	1,1 0,69 - 1,7; 3
	DK-i félkör, R≥10 km	0,77 0,24 - 2,1; 8(1)
Cs-137 (kémiai szep.)	DK-i félkör, R<10 km	0,10 - 0,12; 2(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,11 - 0,15; 2(2)

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

Összefoglalva elmondható, hogy a paksi 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	142 42 - 196; 4
	DK-i félkör, R<10 km	76 - 160; 2
	DK-i félkör, R≥10 km	108 40 - 220; 25
K-40 (béta)	ÉNY-i félkör, R<10 km	62 46 - 71; 3
	DK-i félkör, R<10 km	73; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	82 39 - 122; 7
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,027; 1(1)
	DK-i félkör, R<10 km	0,045; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	0,040 0,018 - 0,079; 19(18)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	46; 1
	DK-i félkör, R<10 km	178; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	107 48 - 195; 19
H-3	ÉNY-i félkör, R<10 km	2,4; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	1,2 - 1,5; 2
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,2 0,32 - 3,0; 3(2)
	DK-i félkör, R<10 km	0,027 - 0,026; 2(1)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,12 0,019 - 0,42; 18(7)

* 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 hat helyen, havonta vizsgálja az ivóvizet. A mérési eredményeket a 4.12. táblázat összesíti. A vizsgált vizek összes-béta aktivitása a kutak jellegétől függően 330 - 180470 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 ^{90}Sr ill. ^{137}Cs koncentráció is kimutatási határ alatti értéket mutatott. ~~(Mi a helyzet a DK-i Sr mal???)~~. A trícium koncentrációja a 2001. évinél kisebb, maximálisan 0,89,25 Bq/l értékű volt és a mélyfúrású kutakból származó mintáknál szintén a kimutatási határ alatt maradt.

~~— 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 szekszárdi tejüzemből származtak. A mérési eredményeket a 4.13. táblázat foglalja össze. Látható, hogy a gamma-spektrometriai méréseknél a ^{134}Cs és ^{137}Cs értékek a kimutatási határral szerepelnek, így az ebből képzett átlagérték felülbecsült (Táblázatot ellenőrizni! Ennyit javult a kimutatási határ tavaly óta?. Eszerint a ^{137}Cs koncentrációk 0,37 — 5420 mBq/l értékek ~~nél köztiek~~ ~~kisebkek~~ voltak. Ez jól egyezik az ország más tájain a tejben meghatározott ^{137}Cs koncentrációival. A tejben mérhető összes béta aktivitás gyakorlatilag teljes egészében a természetes ^{40}K izotópból származik.~~

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	86 30 - 120; 23
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	90 40 - 120; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	84 30 - 180; 25
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	209 160 - 250; 23(23)
	DK-i félkör, R≥10 km	180 20 - 240; 12(12)
H-3	ÉNY-i félkör, R<10 km	271 120 - 760; 12(9)
	DK-i félkör, R≥10 km	523 220 - 890; 12(3)
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,85 0,34 - 2,3; 8(7)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,58 0,21 - 1,5; 4(4)
	DK-i félkör, R≥10 km	1,0 0,32 - 1,7; 8
Cs-137 (kémiai szep.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,82 0,45 - 2,5; 8(7)

ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	0,82 0,43 - 1,3; 4(3)
DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,89 0,48 - 2,1; 8(4)

* 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 szekszárdi tejüzemből származtak. A mérési eredményeket a 4.13. táblázat foglalja össze. Látható, hogy a gamma-spektrometriai méréseknél a ^{137}Cs értékek nagyrészt a kimutatási határral szerepelnek, így az ebből képzett átlagértékek felülbecsültek. Eszerint a ^{137}Cs koncentrációk 7,1 – 250 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.

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	44 32 - 51; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	49 44 - 54; 11
	DK-i félkör, R<10 km	43 34 - 51; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	45 37 - 54; 35
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,023 0,017 - 0,037; 12(7) ²²²
	DK-i félkör, R<10 km	0,17 0,0088 - 0,25; 16(16)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,13 0,0071 - 0,25; 43(39)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	45 36 - 51; 12
	DK-i félkör, R<10 km	44 24 - 56; 16
	DK-i félkör, R≥10 km	44 13 - 59; 43
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,033 0,024 - 0,061; 9(6)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,047 0,020 - 0,23; 11(8)
	DK-i félkör, R<10 km	0,0080 0,0065 - 0,0095; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	0,019 0,0058 - 0,028; 19(11)
Cs-137 (kémiai szep.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,030 0,022 - 0,049; 11(7)

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

A vizsgált húsminták mérési eredményeit a 4.14. táblázat tartalmazza. A nyers húsminták radioaktivitását az FM REH laboratóriumában vizsgálták.

4.14. táblázat Nyers húsminták aktivitáskoncentrációinak éves átlagai 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	DK-i félkör, R<10 km	102; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	102; 1
Sertés, K-40 (béta)	DK-i félkör, R≥10 km	101; 1
Sertés, Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R<10 km	0,055; 1
Sertés, K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R<10 km	105; 1
Sertés, Cs-137 (kémiai szep.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,082; 1
Szarvasmarha, összes-béta	DK-i félkör, R≥10 km	86; 1
Szarvasmarha, K-40 (béta)	DK-i félkör, R≥10 km	83; 1
Szarvasmarha, Cs-137 (kémiai szep.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,32; 1
Baromfi, összes-béta	DK-i félkör, R≥10 km	98; 1
Baromfi, Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,072; 1
Baromfi, K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	110; 1
Vad, összes-béta	DK-i félkör, R≥10 km	91; 1
Vad, K-40 (béta)	DK-i félkör, R≥10 km	80; 1
Vad, Sr-90	DK-i félkör, R≥10 km	0,94; 1
Vad, Cs-137 (kémiai szep.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,063; 1(1)

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

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	76 63 - 96; 12	80,0
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	82 72 - 92; 12	
	DK-i félkör, R<10 km	81 71 - 96; 12	
	DK-i félkör, R≥10 km	83 64 - 96; 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.

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 számítások szerint a jelentősebb radionuklid kibocsátások eredményeként a vonatkoztatási csoport lakóhelyére (Csámpa, 1200 m, NY-DNY irány) a talajfelszíni levegőben $34,2 \text{ mBq}/\text{m}^3$ ^{41}Ar - koncentráció; $0,37 \text{ } \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ^{60}Co , valamint $17,7 \text{ mBq}/\text{m}^3$ ^3H és $0,15 \text{ mBq}/\text{m}^3$ ^{14}C -koncentráció alakul ki. A légköri depozíció következtében a ^{60}Co talajfelszíni kiülepedése $0,077 \text{ Bq}/\text{m}^2$, a leveles zöldség aktivitáskoncentrációja (nedves tömegre) $0,46 \text{ mBq}/\text{kg}$, a tehéntejé $0,23 \text{ mBq}/\text{l}$, a húsé $2,6 \text{ mBq}/\text{kg}$, a gabonáé pedig $1,5 \text{ mBq}/\text{kg}$ 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 6,9 %-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 dózis - a szóbjöhető radionuklidok és fizikai, kémiai formák esetén - az egyes besugárzási útvonalak szerinti bontásban az 5.1 táblázatban látható. Az eredmények Csámpára (1,2 km-es távolság, NY-DNY irány) vonatkoznak. A 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 lakosság vonatkoztatási csoportjának tekintett csámpai 1 éves gyermekekre becsült sugárterhelés 79 nSv, míg a csámpai felnőtteké 57 nSv.

A korábbi években számolt dózissal való összehasonlítás érdekében meghatároztuk a 3 km-es távolságban, szektorátlagolt, felnőttekre érvényes teljes dózist is, ez 17 nSv-nek adódott. Ez a sugárterhelés 1998-2001-hez hasonlóan lényegesen kisebb, mint a korábbi évek 56 - 135 nSv közötti értékei, a 2001-re becsült 25 nSv-hez képest is jelentősen csökkent, ezt a kibocsátások kedvező alakulása magyarázza.

Megjegyezzük még, hogy az általunk becült egyéni átlagdózisok felnőttekre elfogadható egyezésben vannak az üzem által számoltakkal (felnőttekre a 3 km-es kör maximumára az üzem általt számított érték 33 nSv, az általunk számított pedig 27 nSv).

5.1.táblázat A légköri kibocsátásokból számolt átlagos egyéni effektív 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

Izotóp	Éves sugárterhelés (Annual dose) [nSv]			
	Külső (external)		Belső (internal)	
	felhőből (cloud)	talajfelszín (surface)	belégzés (inhalation)	élelmiszer- fogyasztás (ingestion)
nemesgázok:				
Ar-41	26,0	0	0	0
Kr-85	< 0,01	0	0	0
Kr-85m	0,78	0	0	0
Kr-88	4,51	0,019	0,037	< 0,01
Xe-133	0,060	0	0	0
Xe-135	0,43	0	0	0
aeroszol:				
Mn-54	< 0,01	0,53	< 0,01	0,36
Fe-59	< 0,01	0,033	< 0,01	0,17
Co-58	< 0,01	0,24	< 0,01	0,42
Co-60	< 0,01	2,0	0,024	3,75
Sr-90	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ag-110m	< 0,01	0,57	< 0,01	2,23
Cs-134	< 0,01	0,020	< 0,01	0,094
Cs-137	< 0,01	0,057	< 0,01	0,47
egyéb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
radiojódok:				
I-131 (elemi)	< 0,01	0,026	0,018	7,6
I-131 (szerves)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,025
globális:				
C-14	< 0,01	0	1,56	22,2
H-3	< 0,01	0	0,67	3,93
Összesen:	31,8	3,54	2,30	41,3
Teljes járulék a légköri kibocsátásból:			79 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 [7,8].

A fenti közelítésekkel és kiinduló adatokkal meghatározott, az atomerőmű normál üzeme során 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.

5.2. táblázat Az atomerőmű normál üzemi éves folyékony radioaktív kibocsátásaiból származó belső és külső dózisok a gerjени lakosság 1 éves gyermek és felnőtt csoportjára, 2002
 Table 5.2. External and internal doses due to liquid effluents for 1 yr old children and adults living nearby the Danube, 2002

Radionuklid	Dózis [nSv/év] (dose, [nSv/y])			
	1 éves gyermek (1 yr old children)		felnőtt (adults)	
	külső (external)	belső (internal)	külső (external)	belső (internal)
<u>H-3</u>	*	11	*	15
<u>Mn-54</u>	0,04	0,31	0,06	0,21
<u>Co-58</u>	0,15	0,26	0,23	0,32
<u>Co-60</u>	1,6	7,0	2,4	4,1
<u>Sr-90</u>	*	0,009	*	0,007
<u>Ag-110m</u>	0,006	0,02	0,008	0,02
<u>Cs-134</u>	0,02	1,9	0,03	4,5
<u>Cs-137</u>	0,02	3,1	0,03	6,7
<u>egyéb</u>	0,03	0,6	0,04	0,4
<u>Összesen</u>	1,8	24	2,8	28
Mindösszesen	26		31	

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

A 2002. évi sugárterhelés valamivel nagyobb az elmúlt évekre becsülteknél (felnőttek 24-25 nSv). Az eredőben kis változás több ellenkező irányú hatás eredménye:

- a Duna nagyobb hígulást eredményező nagyobb éves vízhozama csökkentette a dózisokat,
- a dózisokat meghatározó kibocsátások részben nőttek (^3H), részben csökkentek (^{58}Co , ^{134}Cs és ^{137}Cs),
- a modellparaméterek változása összességében inkább növelte a dózisokat.

A táblázat adataiból látható, hogy a sugárterhelés jelentős része – közel fele - a ^3H izotópból származik (kritikus radionuklid), a maradékban a radiocéziumok és a ^{60}Co járuléka a meghatározó. A belső sugárterhelés járuléka lényegesen nagyobb a külsőnél (mintegy 10:1 az arány).

Az eredmények szerint az aktuális kibocsátásösszetétel és modellparaméterek mellett a felnőttek sugárterhelése valamelyest (közel 20 %) meghaladja az 1 éves gyermekekét (vonatkoztatási csoport).

6. ÖSSZEFOGLALÁS, HATÓSÁGI MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az atomerőmű környezeti sugárvédelmi ellenőrzése céljából a hatósági intézmények 2002-ben összesen 7109 meghatározásról küldtek eredményt az adatfeldolgozó központba. Mivel egy környezeti mintához általában 2-3 meghatározás tartozik, ezért a vizsgált minták száma 2000-3000 közötti 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 2002-ben is kismértékű volt. Az atomerőmű 2002. évi légköri kibocsátásainak elfogadott értékei a következők:

	nemesgáz összes-béta aktivitás :	56 TBq,
	aeroszol összes-béta aktivitás :	227 MBq,
	összes jód (^{131}I -egyenérték) :	85,8 MBq,
	$^{89}\text{Sr} + ^{90}\text{Sr}$:	0,097 MBq.

A nemesgáz kibocsátás - a mérőrendszer rendelkezésre állásával korrigált - nuklidspecifikus éves értékei a következők: ^{41}Ar : 12,4 TBq, ^{85}Kr : 0,145 TBq, $^{85\text{m}}\text{Kr}$: 3,44 TBq, ^{88}Kr : 1,40 TBq, ^{133}Xe : 1,34 TBq és ^{135}Xe : 1,13 TBq.

Az aeroszol kibocsátás meghatározó részét a ^{58}Co és ^{60}Co (125 és 127 MBq), a ^{54}Mn (132 MBq), ^{51}Cr (67,2 MBq), az $^{110\text{m}}\text{Ag}$ (47,2 MBq), a ^{59}Fe (23,7 MBq), valamint a ^{137}Cs (14,4 MBq) adta. Az aeroszolhoz kötött aktivitás kibocsátása a régebbi blokkokhoz tartozó 1. sz. kéményen nagyobb, több mint 3-szorosa a 2. sz. kéményének. A kibocsátások időbeli alakulását továbbra is a karbantartások időszakára eső nagyobb aeroszol kibocsátás jellemezte.

A fentiek alapján megállapítható, hogy az üzem a tárgyévben is nagy biztonsággal, 1 %-nál is kisebb 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 2002. 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 aktivitás-koncentrációja közel azonos volt a bejövő hűtővíz koncentrációjával, míg a szennyvíz (V3) csatornában - amely az atomerőművi hulladékvizek tényleges kibocsátási útvonala - ezekhez képest kb. 10 - 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 nagyobbrészt üzemi, kisebb részben hatósági mérésekre alapozott, hatóságilag elfogadott, vízzel kibocsátott aktivitások a következők voltak:

összes-béta aktivitás:	1,25 GBq,
trícium:	21,9 TBq,
⁹⁰ Sr:	1,96 MBq.

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

Megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű 2002. 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 légköri aeroszol és fall-out vizsgálatok alapján elmondható, hogy az üzem a levegőben néhány alkalommal igen kismértékű, - minden bizonnyal paksi atomerőművi eredetű - 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 **0,105 µSv**, miközben a természetes háttér éves hazai értéke 3 mSv felett van [5] és az erőműre vonatkozó hatósági dóziskorlát 90 µSv.

A 2002-ben a vonatkoztatási csoportra becsült dózis az előző években a légköri kibocsátásokat tekintve a 3 km-es távolságra számolt átlagos felnőtt dózisonál (47-50 nSv) természetesen nagyobb értékű.

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 kisebb, 0,8 személy · mSv.**

A kibocsátásra vonatkozó hatósági korlátok kihasználtsága látható a 6.2. táblázatban. Ezek az értékek igen hasonlóak az előző években kapott százalékokhoz. Látható, hogy az üzem a trícium kibocsátással több mint kétharmad részben 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.

Az erőmű 2002. évi üzemelése során a környezet radioaktív szennyeződése miatt hatósági intézkedésre nem volt szükség.

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

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

Besugárzási útvonal	becsült érték	korlát
	[μ Sv]	
<u>Légköri kibocsátás</u>		
<u>külső sugárterhelés:</u>		
<u>nemesgáz izotópok</u>	0,032	
<u>radiokobalt aeroszol</u>	0,0022	
<u>radioezüst aeroszol</u>	0,0006	
<u>egyéb izotóp</u>	0,0005	
<u>belső sugárterhelés:</u>		
<u>inhaláció</u>	0,0023	
<u>radiocézium (élelm.)</u>	0,0006	
<u>radioezüst (élelm.)</u>	0,0022	
<u>globális szennyezők (H-3, C-14) (élelm.)</u>	0,028	
<u>egyéb izotóp</u>	0,011	
<u>Összes légköri:</u>	0,079	
<u>Folyékony kibocsátás</u>		
<u>külső sugárterhelés:</u>	0,0018	
<u>belső sugárterhelés:</u>		
<u>trícium</u>	0,0110	
<u>egyéb izotóp</u>	0,0132	
<u>Összes folyékony:</u>	0,026	
Mindösszesen:	0,105	90

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	[%]
<u>Légnemű: aeroszol, összes-béta aktivitás</u>	< 0,1
<u>nemesgáz, összes-béta aktivitás</u>	0,43
<u>jód (I-131-egyenérték)</u>	≤ 0,1
<u>Sr-89 + Sr-90 aktivitás</u>	0,25
<u>Folyékony: hulladékvíz, összes-béta aktivitás</u>	8,5
<u>hulladékvíz, Sr-90 aktivitás</u>	1,3
<u>hulladékvíz, trícium-aktivitás</u>	73

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

6.3. táblázat A villamosenergia termelésre (1 GW·év egységre) normált radioaktív kibocsátások 2002-ben, nemzetközi összehasonlításban [6] (Az erőmű 2002-ben kereken 1.6 GW·év elektromos energiát termelt.)

Table 6.3. see: Summary

<u>Kibocsátás</u>	<u>Mennyiség</u>	<u>Hatóságilag elfogadott</u>	<u>UNSCEAR (1995-1997)</u>
<u>légtörő</u>	<u>nemesgáz, összes-béta [TBq]</u>	35	13
	<u>aeroszol, összes-béta [GBq]</u>	0,14	<u>0,13</u>
	<u>H-3 (HT + HTO) [TBq]</u>	3,9	<u>2,4</u>
	<u>C-14 (CO₂+szerves) [TBq]</u>	0,46	<u>0,22</u>
	<u>jódok (I-131 egyenérték) [GBq]</u>	0,054	<u>0,17</u>
<u>folyékony</u>	<u>összes-béta [GBq]</u>	0,78	8,1
	<u>H-3 [TBq]</u>	13,7	19

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 fontosabb kiindulási pontjait, közelítéseit, a kiindulási paramétereket az 1993. évi jelentés 2. melléklete tartalmazza, azzal az eltéréssel, hogy a Dunában kialakuló koncentrációk meghatározásánál itt azt feltételeztük, hogy a legközelebbi jobbparti településnél (Gerjen, 10 km) ezek értéke 4,5-ször nagyobb az egyenletes, teljes elkeveredéshez viszonyítva [4].

— A nem teljes elkeveredés feltételezése a jobb parton élő lakosságra ad maximális és minden bizonnyal felülbecsült sugárterhelést. Más jellegű bizonytalanságok — pl. az átlagostól eltérő fogyasztási jellemzők (pl. halászok), vagy a gyermekeknek a felnőtteknél nagyobb ún. lenyelési dózistényezői — miatt előfordulhat, hogy a népesség egyes csoportjainak egyes dózis összetevői az itt becsülnél néhányszor nagyobbak, másrészt azonban a becsült értékek a dunai eredetű ivóvizet fogyasztókra vonatkoznak, az ettől eltérő esetekben a sugárterhelés lényegesen kisebb.

— A fenti közelítésekkel és kiinduló adatokkal meghatározott, az atomerőmű normál üzemében a Dunába kibocsátott radioaktív izotópoktól (2.fejezet) származó egyéni sugárterheléseket — a esatlakozó Duna szakasz mellett élők esetében — az 5.2. táblázat tartalmazza.

5.2. táblázat — Az atomerőmű normál üzemi éves folyékony radioaktív kibocsátásaiból származó belső és külső dózisos a népesség átlagos felnőtt csoportjára, 2000-2001

Table 5.2. External and internal doses due to liquid effluents for the average adults living nearby the Danube, 2000-2001

Radionuklid	Dózis [nSv/év] (dose, [nSv/y])	
	külső (external)	belső (internal)
H-3	*	15
Mn-54	0,03	0,03
Co-58	0,32	0,18
Co-60	1,5	1,2
Sr-90	*	0,01
Ag-110m	0,03	0,05
Cs-134	0,06	1,9
Cs-137	0,09	3,4
egyéb	0,05	0,04
Összesen:	2,0	22
Teljes járulék a vízi kibocsátásból: 24 nSv (total dose contribution from liquid releases)		

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

Az ~~2000~~2001. évi sugárterhelés (24 nSv) gyakorlatilag megegyezik az elmúlt évre becsülttel. A táblázat adataiból látható, hogy a sugárterhelés döntő hányada mintegy kétharmada a ³H izotópból (kritikus radionuklid) származik, a maradékban a radiocéziumok és a ⁶⁰Co járuléka a meghatározó. A kritikus besugárzási útvonal az ivóvízfogyasztás, a teljes dózis mintegy 70 %-ával.

6. ÖSSZEFOGLALÁS, HATÓSÁGI MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az atomerőmű környezeti sugárvédelmi ellenőrzése céljából a hatósági intézmények ~~2000~~2001-ben összesen ~~6921~~873 meghatározásról küldtek eredményt az adatfeldolgozó központba. Mivel egy környezeti mintához általában 2-3 meghatározás tartozik, ezért a vizsgált minták száma ~~2000~~2000-3000 közötti volt.

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

6.1. Az eredmények összefoglalása

A Paksi Atomerőmű légnemű radioaktív kibocsátása ~~2000~~2001-ben is kismértékű volt. Az atomerőmű ~~2000~~2001. évi légtöri kibocsátásainak elfogadott értékei a következők:

nemesgáz összes béta aktivitás : ~~7790~~ TBq,
aeroszol összes béta aktivitás : ~~528261~~ MBq,
összes jód (¹³¹I egyenérték) : ~~384143~~ MBq,
⁸⁹Sr+ ⁹⁰Sr : ~~0,18~~ MBq.

— A nemesgáz kibocsátás — a mérőrendszer rendelkezésre állásával korrigált — nuklidspecifikus éves értékei a következők: ^{41}Ar : 14,311,8??? TBq, ^{85}Kr : 0,1289 TBq, $^{85\text{m}}\text{Kr}$: 4,03,0??? TBq, ^{88}Kr : 1,77??? 4,2 TBq, ^{133}Xe : 4,71,56??? TBq és ^{135}Xe : 1,92??? 4,5 TBq.

— Az aeroszol kibocsátás jelentős részét a ^{58}Co és ^{60}Co (2674 és 29871 MBq), a ^{54}Mn (19146 MBq) valamint az $^{110\text{m}}\text{Ag}$ (1162 MBq) és a ^{137}Cs (26,111 MBq) adta. Az aeroszolhoz kötött aktivitás kibocsátása a régebbi blokkokhoz tartozó 1. sz. kéményen nagyobb, több mint 43 — szereoesae a 2. sz. kéményének. A kibocsátások időbeli alakulását továbbra is a karbantartások időszakára eső nagyobb aeroszol kibocsátás jellemezte.

— A fentiek alapján megállapítható, hogy az üzem a tárgyévben is nagy biztonsággal, 1% nál is kisebb kihasználással betartotta a légnemű kibocsátásokra előírt hatósági korlátokat.

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

— A Paksi Atomerőmű a 20002001. 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 a hideg, meleg és szennyvízesatornákat (V1, V2 és V3 jelű mintavételi helyek) az üzemi és a hatósági laboratóriumok egyaránt.

— A melegvízesatorna (V2) összes béta aktivitás koncentrációja közel azonos volt a bejövő hűtővíz koncentrációjával, míg a szennyvíz (V3) esatornában — amely az atomerőművi hulladékvizek tényleges kibocsátási útvonala — ezekhez képest kb. 10–30 szoros összes béta koncentráció alakult ki. Jólal nagyobb és erősen ingadozó a kikerülő szennyvíz (V3 esatorna) 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:	<u>1,21</u> GBq,
trícium:	<u>18,14</u> TBq,???
^{90}Sr :	<u>2,24</u> MBq.

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

— Megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű 20002001. évben is betartotta a vízjogi engedélyben a radioaktív kibocsátásra előírtakat.

— A környezeti minták többségénél — a talaj, szedimentum minták kivételével — a csernobili eredetű szennyeződés gyakorlatilag már nem mérhető.

— A légköri aeroszol és fall-out vizsgálatok alapján elmondható, hogy a levegőben néhány alkalommal az üzem igen kismértékű, minden bizonnyal paksi atomerőművi eredetű ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{137}Cs , valamint ^{14}C 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 — esetleg a ^3H kivételével — nem volt kimutatható.

— A felszíni vizek üledék mintáiban, ill. a talajban a csernobili eredetű ¹³⁷Cs koncentrációja az alapszintet még valamelyest meghaladja.

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

— A folyékony és légtörő kibocsátásból néhányszoros bizonytalansággal becsült évi effektív dózis összege, a 6.1. táblázat szerint, az erőmű közelében (3 km) **4767 nSv**, miközben a természetes háttér éves hazai értéke 3 mSv felett van [5] és az erőműre vonatkozó hatósági dóziskorlát 0,46 mSv.

— Az ~~2000~~2001-re becsült dózis az előző évivel ~~nél~~ (4751 nSv) ~~valamivel kisebb gyakorlatilag megegyező~~ értékű.

— A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés (24 nSv) ~~gyakorlatilag megegyezik az előző évben becsült értékkel (25 nSv)~~. Aránya a korábbi évektől eltérően a teljes dózisban már ~~valamivel több mint 50 %~~, ennek oka azonban a légtörő kibocsátásból származó sugárterhelés esökkenésében keresendő.

— 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 évhez hasonlóan 1,2-0,31 (csak légtörő) 1,21,2 személy⁻¹mSv**.

— A kibocsátásra vonatkozó hatósági korlátok kihasználtsága látható a 6.2. táblázatban. Ezek az értékek igen hasonlóak az előző években kapott százalékokhoz. Látható, hogy az üzem a trícium kibocsátással kétharmad részben 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.

— Az erőmű ~~2000~~2001. évi üzemelése során a környezet radioaktív szennyeződése miatt hatósági intézkedésre nem volt szükség.

6.1. táblázat A kibocsátásokból becsült évi egyéni effektív dózisegyenérték hozzájárulás az erőmű közelében (3 km) élők esetén, a hatósági dóziskorlátokkal, besugárzási útvonalak szerint
Table 6.1. see: Summary (Table 6.1.E)

Besugárzási útvonal	—becsült érték	korlát
	————— [μSv]	
Légtörő kibocsátás		
—külső sugárterhelés:		
—nemesgáz izotópok	0,00913	
—radiokobalt aeroszol	0,00102	
—radioezüst aeroszol	0,00034	
—egyéb izotóp	0,00025	
—belső sugárterhelés:		
—inhaláció	0,0010114	
—radiocézium (élelm.)	0,002907	

—radioezüst (élelm.)	-0,00054	
—globális szennyezők —(H 3, C 14) (élelm.)	0,0056	
—egyéb izotóp	0,0062	
Összes légtörő:	0,02323	300
Folyékony kibocsátás		
—külső sugárterhelés:	0,002	
—belső sugárterhelés:		
—trícium	0,015	
—egyéb izotóp	0,007	
Összes folyékony:	0,024	160
Mindösszesen:	0,04767	460

6.2. táblázat Az üzem által mért és a hatóság által elfogadott tényleges kibocsátási értékek a hatósági kibocsátási korlátok %-ában, 2000/2001-ben.

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

Kibocsátás	[%]
Légnemű: aeroszol, összes béta aktivitás	<0,13
—nemesgáz, összes béta aktivitás	0,76
—jód (I 131 egyenérték)	<0,1
—Sr 89 + Sr 90 aktivitás	0,5
Folyékony: hulladékvíz, összes béta aktivitás	7,97
—hulladékvíz, Sr 90 aktivitás	1,56
—hulladékvíz, trícium aktivitás	6,21

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

6.3. táblázat A villamosenergia termelésre (1 GW·év egységre) normált radioaktív kibocsátások 2000/2001-ben, nemzetközi összehasonlításban [6] (Az erőmű 2000/2001-ben kerekén 1,6 GW·év elektromos energiát termelt.)

Table 6.3. see: Summary

Kibocsátás	Mennyiség	Hatóságilag elfogadott	UNSCEAR (1990-1994)
-légtörő	nemesgáz, összes béta [TBq]	5648	28
	aeroszol, összes béta [GBq]	0,3316	0,17
	H 3—(HT + HTO) [TBq]	3,71	2,2
	C 14 (CO ₂ +szerves) [TBq]	0,517	0,22

	jódok (I-131 egyenérték) [GBq]	0,2489	0,29
folyékony	összes béta [GBq]	0,7569	20
	H-3 [TBq]	112	22

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 ~~2000~~2002. évi légköri kibocsátásai azt mutatták, hogy az erőmű - 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 a nemesgázok izotópösszetételét mérő rendszer kivételével 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 évekhez hasonló, 77 %-os volt. A nagy trícium-koncentrációjú mérlegben felüli vizek ~~2000~~2002-ben 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./ A normál környezeti ellenőrzések során csupán a levegőben sikerült atomerőművi eredetű ⁶⁰Co szennyeződést kimutatni, nagytérfogatú 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 197 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 dóziszárulék (külső és belső együtt) - a lakosság vonatkoztatási csoportjára 105~~67~~ nSv.

SUMMARY

The total number of the environmental control measurements carried out in ~~2000~~2002 around the Nuclear Power Plant (NPP) by the authorities was altogether 7109. 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. The release of noble gases was 56 TBq (gross beta), of gross beta aerosols was 227 MBq, of iodine was 85.8 MBq and of $^{89}\text{Sr} + ^{90}\text{Sr}$ was 0.097 MBq. Large components of the aerosol activity were the ^{58}Co and ^{60}Co (125 and 127 MBq), ^{54}Mn (132 MBq), ^{51}Cr (67.2 MBq), $^{110\text{m}}\text{Ag}$ (47.2 MBq), ^{59}Fe (23.7 MBq) and ^{137}Cs (14.4 MBq) nuclides. The distribution of the noble gases was the following : ^{41}Ar : 12.4 TBq, ^{85}Kr : 0.145 TBq, $^{85\text{m}}\text{Kr}$: 3.44 TBq, ^{88}Kr : 1.4 TBq, ^{133}Xe : 1.34 TBq and ^{135}Xe : 1.13 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 1.25GBq, the ^{90}Sr was 1.96 MBq and the tritium release was 21.9 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. By special and sensitive investigations the nuclides of ^{60}Co were detected with near to the detection limit in a small number of 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. 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 105 nSv/y, while the natural background value is somewhat above than 3 mSv/y [5] 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 0.8 man · mSv.

Table 6.1E. The individual doses to the reference group of population from the annual releases in ~~2000~~2002 and the dose limits

Pathway	Assessed dose	Limits
	[μSv]	
<i>Airborne releases</i>		
<i>external radiation</i>		
<i>noble gases</i>	0.032	
<i>radiocobalt (aerosol)</i>	0.0022	
<i>radiosilver (aerosol)</i>	0.0006	
<i>others</i>	0.0005	
<i>internal radiation</i>		
<i>inhalation</i>	0,0023	
<i>radiocesium (ingestion)</i>	0,0006	
<i>radiosilver (ingestion)</i>	0,0022	
<i>global pollutants (H-3, C-14)</i> <i>(ingestion)</i>	0,028	
<i>others</i>	0,011	
<i>Sum from airborne releases</i>	0,079	
<i>Liquid releases</i>		
<i>external radiation</i>	0,0018	
<i>internal radiation</i>		
<i>tritium</i>	0,0110	
<i>others</i>	0,0132	
<i>Sum from liquid releases</i>	0,026	
Total	0,105	90

The release of radioactive substances from the NPP into the air was still under the authorized limit by some orders of magnitude according to the Table 6.2E. The total beta activity released by the waste water was 8.5 % and the tritium release was 73 % of authorized limits. However the dose contribution from the tritium is small (Table 6.1E).

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

<i>Releases</i>	<i>[%]</i>
<i>Atmospheric: aerosol, gross beta</i>	<i>< 0.1</i>
<i>noble gases, gross beta</i>	<i>0.43</i>
<i>I-131 equivalent</i>	<i>< 0.1</i>
<i>Sr-89 + Sr-90 activity</i>	<i>0.25</i>
<i>Liquid: waste water, gross beta activity</i>	<i>8.5</i>
<i>waste water, Sr-90 activity</i>	<i>1.3</i>
<i>waste water, tritium activity</i>	<i>73</i>

Table 6.3E. Isotopic composition of the radioactive effluents normalized to the yearly electrical energy production (to 1 GW·year) in ~~2000~~2002, in comparison with the UNSCEAR data of NPP types PWR [6]. (The total energy generated by the Hungarian NPP was 1.6 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>35</i>	<i>13</i>
	<i>aerosol, gross beta [GBq]</i>	<i>0.14</i>	<i>0.13</i>
	<i>H-3 (HT + HTO) [TBq]</i>	<i>3.9</i>	<i>2.4</i>
	<i>C-14 (CO₂+organic) [TBq]</i>	<i>0.46</i>	<i>0.22</i>
	<i>I-131-equivalent [GBq]</i>	<i>0.054</i>	<i>0.17</i>
<i>liquid</i>	<i>gross beta [GBq]</i>	<i>0.78</i>	<i>8.1</i>
	<i>H-3 [TBq]</i>	<i>13.7</i>	<i>19</i>

* world average for PWR type detectors

7. HIVATKOZÁSOK (REFERENCES)

- [1] 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.)
- [2] A Paksi Atomerőmű radioaktív anyag kibocsátásainak és környezetének üzemi és hatósági sugárvédelmi ellenőrzése, 1983-87 (Szerk.: Germán E.)
(MTA IRPA Nemz. Biz., 1990.)
- [3] A Paksi Atomerőmű Sugárvédelmi Osztálya ~~2000~~2002. évi jelentése.
(Szerk.: ~~Bujtás Tibor~~ ~~Volent Gábor~~) Paks, 2003~~4~~. március
- [4] Kanyár B., Fülöp N., Ivó M., Kerekes A. és Sági L.: A radioaktív kibocsátások szabályozásának műszaki megalapozása
(Tanulmány a KTM megbízásából) Budapest, 1995.
- [5] Nikl I. : A népesség természetes forrásokból eredő sugárterhelése (Egészségtudomány, 63, 29-35, 1999)
- [6] Exposures from Man-made Sources of Radiation (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000)
- [7] Fülöp N., Glavatszkij N., Kerekes A.: A Paksi Atomerőmű kibocsátási határértékeinek meghatározása (Tanulmány a PA Rt. megbízásából) Budapest, 2001
- [8] 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*