

# HAKSER '99

## A HATÓSÁGI KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI ELLENŐRZŐ RENDSZER (HAKSER)

1999. évi jelentése

### *ANNUAL REVIEW OF THE HUNGARIAN ENVIRONMENTAL RADIATION MONITORING SYSTEM AROUND THE NUCLEAR POWER PLANT PAKS, 1999*

Készítették (*Authors*)

HAKSER Adatgyűjtő-, Feldolgozó

és Értékelő Központ részéről:

Kerekes Andor (OKK-OSSKI)

Egészségügyi Minisztérium

szakintézményei részéről:

Déri Zsolt (OKK-OSSKI)

Guczi Judit (OKK-OSSKI)

Kelemen Mária (ÁNTSZ Tolna M. Int.)

Földművelésügyi és Vidékfejlesztési

Minisztérium szakintézményei részéről:

Tarján Sándor (OÉVI)

Környezetvédelmi Minisztérium

szakintézményei részéről:

Ivó Mária (ADV KVF)

Paksi Atomerőmű részéről:

Feil Ferenc (PA Rt)

Germán Endre (PA Rt)

Volent Gábor (PA Rt)

Szerkesztette (*Compiled by*):

Kerekes Andor

OKK-OSSKI, Budapest, 2000. június

**TARTALOMJEGYZÉK**  
(*CONTENTS*)

1. Bevezetés ( <i>Introduction</i> ) .....	3
<i>Introduction (in English)</i> .....	8
2. Kibocsátási eredmények ( <i>Releases</i> ).....	10
2.1. Légköri kibocsátás ( <i>Airborne releases</i> ).....	10
2.2. Folyékony kibocsátás ( <i>Liquid releases</i> ) .....	15
3. Radioaktív hulladékok az atomerőműben ( <i>Radioactive wastes</i> ).....	22
3.1. Üzemviteli kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok ( <i>Operational waste of low and intermediate activities</i> ).....	22
3.2. Feldolgozási eljárások ( <i>Waste treatment</i> ).....	23
3.3. A radioaktív hulladékok átmeneti tárolása ( <i>Interim storage of waste</i> ).....	24
3.4. Végleges elhelyezés ( <i>Disposal of waste</i> ).....	24
4. Környezeti sugárvédelmi mérési eredmények ( <i>Radioactivity of environmental samples</i> ) .....	26
4.1. A légköri radioaktív koncentrációk ( <i>Radioactive concentrations in air</i> ) .....	26
4.2. A vízi környezetben mért radioaktív koncentrációk ( <i>Radioactive concentrations in the aquatic environment</i> ).....	27
4.3. A szárazföldi környezetben mért radioaktív koncentrációk ( <i>Radioactive concentrations in the terrestrial environment</i> ).....	33
4.4. Ivóvíz és állati eredetű élelmiszerek radioaktivitása ( <i>Radioactivity in drinking water and foods</i> ) .....	38
4.5. Szabadban mért dózisteljesítmények az erőmű környezetében ( <i>Outdoor dose rates in the environment</i> ).....	41
5. Lakossági sugárterhelés járulékok ( <i>Radiation impact of the population</i> ) .....	42
5.1. Légköri kibocsátásból származó sugárterhelés ( <i>Dose contribution from airborne releases</i> ) .....	42
5.2. Vízi kibocsátásból származó sugárterhelés ( <i>Dose contribution from liquid releases</i> ) .....	44
6. Összefoglalás, hatósági megállapítások ( <i>Summary with the conclusions of the authorities</i> ) .....	45
<i>Summary (in English)</i> .....	50
7. Hivatkozások ( <i>References</i> ) .....	53
Melléklet ( <i>Annex</i> ):	
A hatósági ellenőrzésben résztvevő laboratóriumok.....	54
( <i>List of the governmental laboratories taking part in the monitoring</i> ).....	55

## 1. BEVEZETÉS

A paksi atomerőmű környezetének sugárvédelmi ellenőrzését végző hatósági szervek, radiológiai laboratóriumok az előző évekhez hasonlóan közös jelentésben számolnak be az 1999. évi eredményekről, megállapításokról. Az ellenőrzésben érdekelt főhatóságok - az Egészségügyi Minisztérium (EüM), a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium (FVM), és a Környezetvédelmi Minisztérium (KöM) - tevékenysége, együttműködése egymással és az atomerőmű üzemi környezeti ellenőrző rendszerével, az Országos Atomenergia Hivatal koordinálása mellett kialakított Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (HAKSER) feladatai alapján folyik.

A hatósági laboratóriumok kibocsátási és környezeti mérési eredményei, valamint a Paksi Atomerőmű Részvénytársaság (PA Rt.) néhány fontos üzemi, meteorológiai és környezeti kibocsátásra vonatkozó adata rendszeresen, off-line 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 saját méréseit és éves sugárvédelmi jelentését is. Ezért vesznek részt a hatósági jelentés összeállításában az atomerőmű szakemberei is.

Egyes környezeti elemeknél az 1999. évi eredmények értékelésénél is még kismértékben számolnunk kellett a csernobili reaktorbaleset hazai hatásával.

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

A jelentésben közöltek megértését szolgálja az erőmű földrajzi elhelyezkedését és a monitorozó állomásokat, valamint mintavételi helyeket szemléltető 1.1.a és 1.1.b ábra, az erőmű környezeti hatásának elemzéséhez a mért eredményeket ugyanis 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.  $4 \cdot 10^5$  m<sup>3</sup>/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<sup>3</sup>, V3 mintavételi pont) tisztítás után kerül a melegvíz csatorna torkolatába, s onnan a Dunába.

A légnemű radioaktív anyagok kibocsátása 2 db 100 m magas kéményen történik, ezek légforgalma egyenként 500-600 ezer m<sup>3</sup>/óra.

A blokkok karbantartási ideje 1999-ben a következő volt:

1. blokk: jún. 5. - aug. 6.

3. blokk: aug. 14. – szept. 10.

2. blokk: már. 13. - ápr. 21.

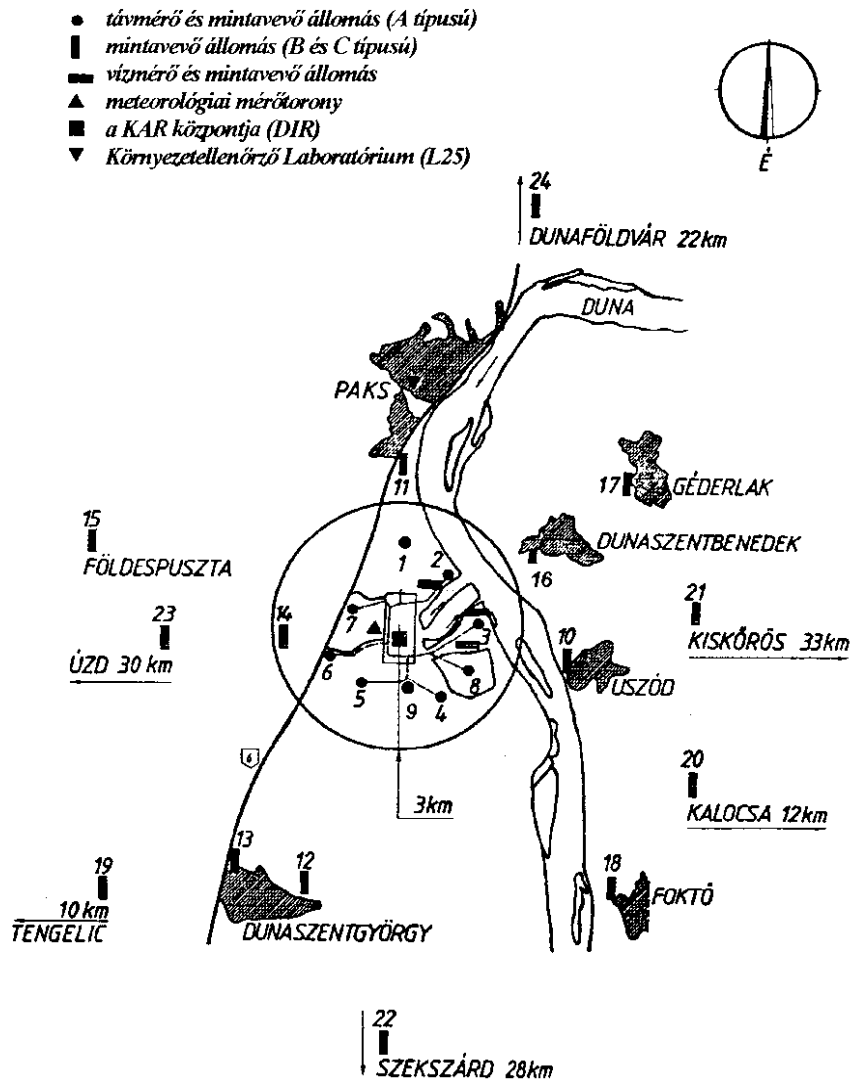
4. blokk: máj. 1. - máj. 25.

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*

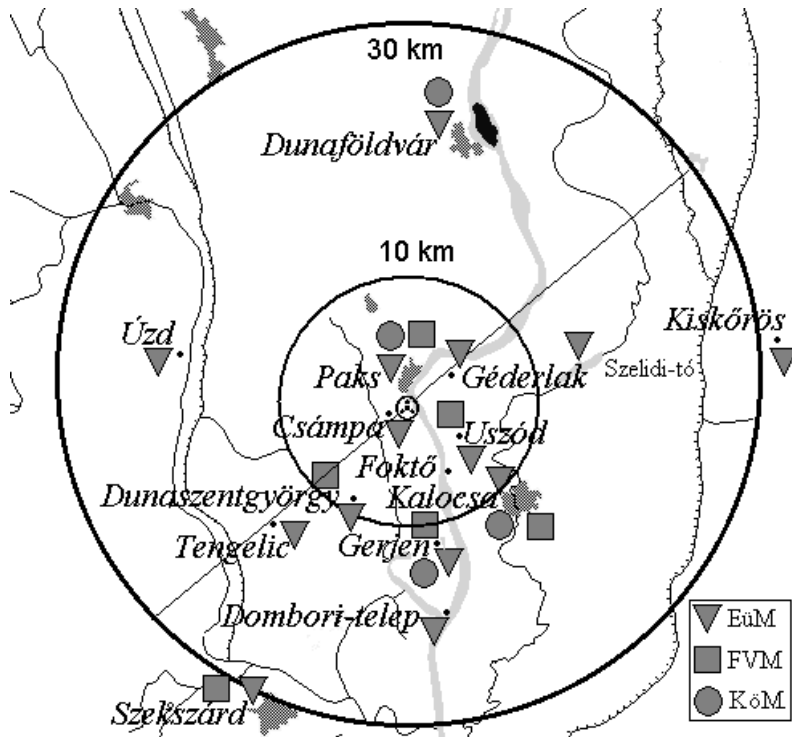
Év (y)	Energiatermelés [GWh]	Év (y)	Energiatermelés [GWh]
1983	2473	1992	13964
1984	3766	1993	13796
1985	6479	1994	14049
1986	7425	1995	14026
1987	10985	1996	14181
1988	13445	1997	13968
1989	13891	1998	13949
1990	13731	1999	14096
1991	13726		

Az erőműben a többéves szekunderkörü teljesítményjavító fejlesztések eredményeképpen 1992 óta a blokkok névleges elektromos teljesítménye 460 MW.



**A MINTAVEVŐ ÉS MÉRŐÁLLOMÁSOK ELHELYEZKEDÉSE  
A PAKSI ATOMERŐMŰ KÖRNYEZETÉBEN**

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 hatósági környezetellenőrző rendszer mérési és mintavételi helyei  
 Figure 1.1.b The measurement and sampling places of the authorities

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,  $^{40}\text{K}$  stb. aktivitását is mérhetik, az ott feltüntetett összes mérés 2 - 3 ezer mintából származik.

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

1.2. táblázat. A hatósági meghatározások száma (N) és a százalékos megoszlás a fontosabb vizsgálati irányok szerint 1999-ben

*Table 1.2. The number (N) and percentages of the different types of determinations of authorities in 1999*

Vizsgálati irány (types of determinations)	Meghatározások száma (no. of determ.)	[%]
Összes-béta aktivitás (gross-beta)	1442	22
K-40	81	1
I-131	128	2
HpGe det. gamma-spektrometria	4089	60
Alfa-spektrometria	8	0,1
NaI (Tl) gamma-spektrometria	-	-
Trícium	318	5
Sr-89* + Sr-90*	414	6
Cs-137*	128	2
egyéb vizsgálatok (others)	150	2
összesen (sum):	6758	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 1999. According to the organization the main authorities involved are: Ministry of Health (MH), Ministry of Agriculture and Regional Development (MARD) and Ministry of Environment (MOE). Their collaboration with each other and with the supervising service of the Plant itself is on the prescriptions of the "Established Environmental Monitoring System for Radioprotection" 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 stored and processed by computer in off-line form.*

*Data processing is performed in the Computer Center of the Established Environmental Monitoring System for Radioprotection in the OKK "Frédéric Joliot-Curie" National Research Institute for Radiobiology and Radiohygiene.*

*It may also happen that the measured values are lower than the detection limit of the method. 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 1999 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 m<sup>3</sup>/h, the waste water outflow (channel V3) is 1500 m<sup>3</sup>/d. The airborne radioactivity is released by two stacks with airthroughput of 0.5-0.6 million m<sup>3</sup>/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 (aeroszol, jód és nemesgáz gamma-spektrometriai) aktivitásértékek is hasznosak, mivel

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

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

### 2.1. Léggöri kibocsátás

Az atomerőmű léggöri kibocsátásaival kapcsolatos szabályozást az 1/1980.(II. 6.) OKTH sz. rendelkezés tartalmazza, melyből a határértékeket a 2.1. táblázat foglalja össze. A hatóság alapvetően e kibocsátási határértékek betartását ellenőrzi, az üzem két kéményén külön-külön ( 2 blokkhoz tartozik 1 kémény). A PA Rt és az ADV KVF között időszakosan megújított vonatkozó "Hatósági Felülvizsgálati Rend " az alábbiakat tartalmazza:

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

#### 2.1.1 A mérési eredmények

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

Az üzem 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 heti gyűjtésű mintákat méri. A két független adatsor az aeroszol összes-béta méréseknél jól egyezik. Azonban a <sup>131</sup>I egyenértéknél a kimutatási határ alatti méréseknél a kimutatási határ különbözősége, valamint a PA Rt. által vizsgált napi mintavételezési ág nagyobb aktivitás adatai és az üzem rövidebb időn belül történő mérései miatt az eltérés kb. 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 (kivonat az 1/1980. (II.6.) OKTH sz. rendelkezéséből)

*Table 2.1. The authorized limits of airborne effluents*

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

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  $^{131}\text{I}$  egyenérték a kibocsátott radioaktív jódizotópok keverékével azonos pajzsmirigy dózist adó  $^{131}\text{I}$  aktivitást jelenti.

Két reaktor egyidejű bóros szabályozása esetén a nemesgáz kibocsátás hetenként egyszeri gyakorisággal maximálisan  $6,5 \cdot 10^{13}$  Bq/nap lehet.

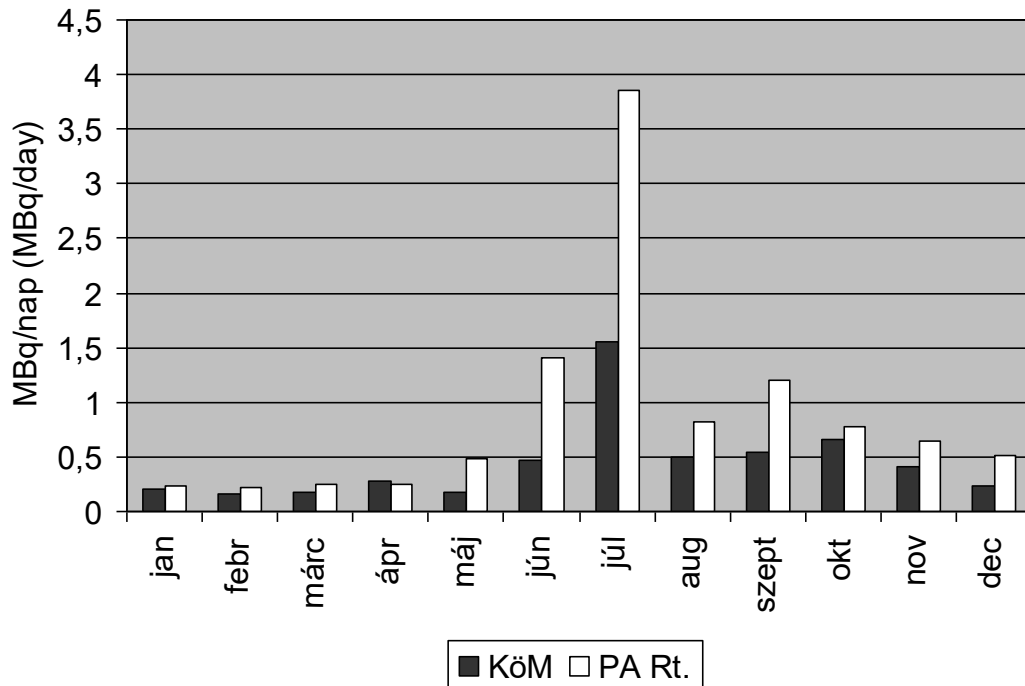
2.2. táblázat A sugárterhelés becslésére felhasznált nuklidspecifikus kibocsátások az üzemi mérések alapján

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

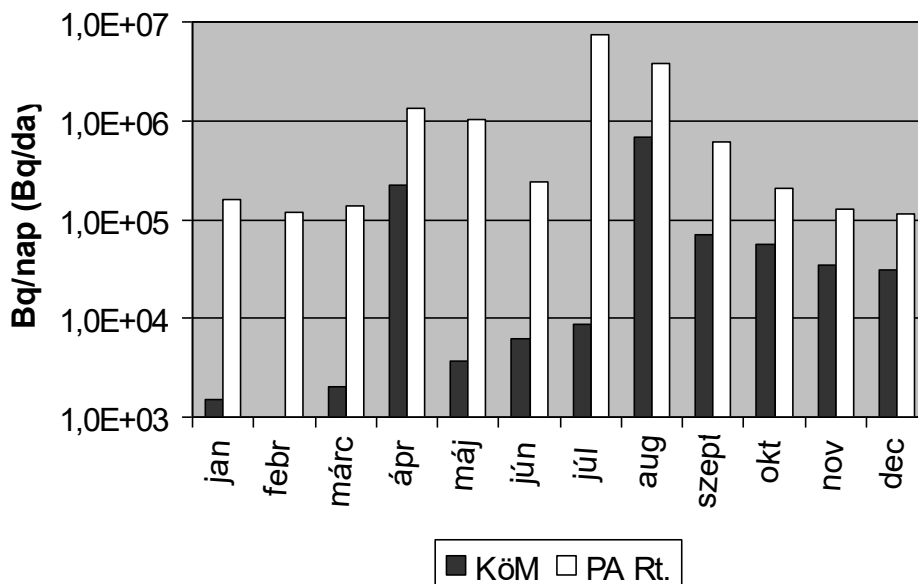
Komponens (Components)	Éves légtörési kibocsátás (Annual airborne releases)
Nemesgázok* (Noble gases) (TBq)	
Ar-41	17,6
Kr-85	0,18
Kr-85m	5,8
Kr-88	2,6
Xe-133	2,3
Xe-135	4,3
Aeroszolok (Aerosols) (MBq)	
Cr-51	12,6
Mn-54	46,9
Fe-59	2,0
Co-58	50,6
Co-60	84,0
Se-75	1,5
As-76	152
Sr-89 + Sr-90	0,74
Zr-95	1,2
Nb-95	1,0
Ag-110m	241
Sb-124	13,6
Cs-134	13,8
Cs-137	40,4
Ce-144	1,0
Jódok (Iodines) (MBq)	
I-131 egyenérték	470
Egyéb (Others) (TBq)	
H-3	5,54
C-14	0,95

\* a félvezető detektoros mérőrendszer rendelkezésre állásának (1-2. bloknál 99 %, a 3-4. bloknál a kémény rekonstrukció miatti kitéleptetés miatt 53 %) megfelelő időarányos korrekció után

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



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



**2.2. ábra** A radioaktív jódkibocsátás átlagértékei <sup>131</sup>I-egyenértékben  
**Figure 2.2.** The releases of radioiodine transformed to <sup>131</sup>I equivalent

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

1999-ben az 1998. évi alacsony szinthez nem változott jelentősen a radioaktív aeroszolok kibocsátása. A kibocsátás 85 % -a az 1.-2. blokk szellőzőkéményén keresztül történt. A július

hónapban mért nagyobb érték az 1. blokk főjavítási időszakához kapcsolódik, a kibocsátott aktivitás döntő hányadát (90 %) az  $^{110m}\text{Ag}$  jelentette. A teljes éves kibocsátásban legnagyobb arányban a  $^{110m}\text{Ag}$ ,  $^{76}\text{As}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{54}\text{Mn}$  és  $^{137}\text{Cs}$  radioizotópok szerepeltek (2.2. táblázat).

A nemesgáz kibocsátás tovább mérséklődött, a két kéménynél közel azonos mértékű volt. A nemesgázok izotóp összetételében továbbra is az aktivációs termék  $^{41}\text{Ar}$  a legjelentősebb.

### 2.1.2. A hatósági korlátozás alá eső komponensek

A hatóságilag szabályozott komponensekre az 1999-ben elfogadott kibocsátások a 2.3. táblázatban szerepelnek.

2.3. táblázat A hatóság által elfogadott 1999. évi légtérbeli kibocsátások és a korlát % -ában kifejezett értékei a korlátozás alá eső komponensekre

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

Korlátozás alá eső komponensek (components)	1-2.blokk [MBq/év] [MBq/y]	3-4. blokk [MBq/év] [MBq/y]	Összesen	
			[ MBq/év] [MBq/y]	[%]
Sr-89 + Sr-90	0,711	0,028	0,74	2,0
Radioaktív jódizotópok, I-131 egyenérték (I-131 equivalents)	372	98	470	< 0,1
Radioaktív aeroszolok (aerosols) *	278	48	330	< 0,1
Radioaktív nemesgázok (noble gases) *	$2,7 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^7$	$5,3 \cdot 10^7$	0,4

\* összes-béta aktivitás, aeroszol méréseknél  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ , nemesgázoknál  $^{85}\text{Kr}$  hitelesítő forrással kalibrálva  
(gross beta activity, calibration made with  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  and  $^{85}\text{Kr}$  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 még így is általában 1 % alatt van, az előző évekhez hasonlóan. A paksi atomerőmű (PAE) 1999-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 a KöM területi szerve, az Alsó-Duna-völgyi Környezetvédelmi Felügyelőség (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 kb. 1300 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 (gamma-spektrometriai,  $^3\text{H}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , alfa-spektrometriai) vizsgálatokhoz.

A befolyó és elvezető csatornák (V1, V2 és V3 jelű) vizének mérése elsősorban az esetleg nem üzemszerűen távozó szennyeződések ellenőrzése céljából történik.

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 1999-ben az ellenőrző tartályokból összesen 60391 m<sup>3</sup> vizet bocsátott a Dunába. Az összes-béta mérések szerint a hasadási és a korróziós termékek éves aktivitása 3,6:1 arányban oszlik meg a mérleg feletti (TM-jelű) és a kommunális és laboratóriumi eredetű vizek (XZ-jelű) között. A TM:XZ térfogatok aránya 2,3:1 .

A sugárterhelés becslésekhez felhasznált éves kibocsátási értékek a 2.4. táblázatban találhatóak. A kibocsátási értékek pontosabban határozhatók meg a tartályokból kiengedett víz térfogatának és aktivitás koncentrációjának segítségével.

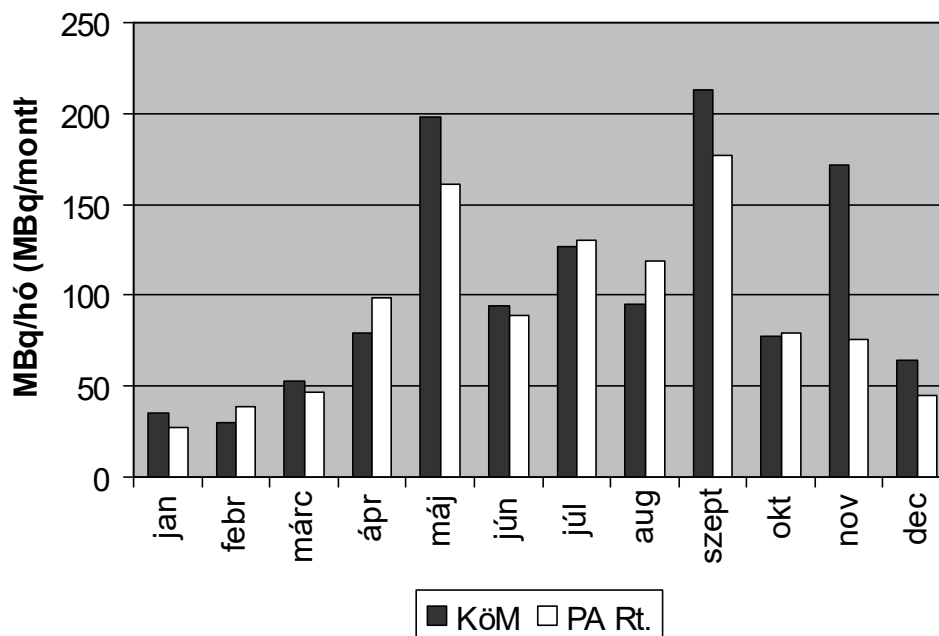
A kibocsátások évközbéli ingadozásaira jellemzőek a 2.3. és a 2.4. ábrákon bemutatott összes-béta aktivitás és a trícium havi átlagértékek.

A trícium mérések jó egyezést mutatnak az üzem és a hatóság között. Az összes-béta aktivitás tekintetében a hatósági értékek általában magasabbak voltak, mint az üzemié. Mivel az ADV KVF havi egyesített mintákat mér, ezért hatósági kibocsátási értéként az egyedi tartálymérések összegzésén alapuló PA Rt adatot fogadta el.

**2.4. táblázat** A sugárterhelés becslésekhez felhasznált, tartálmérések (PA Rt) alapján meghatározott éves kibocsátások

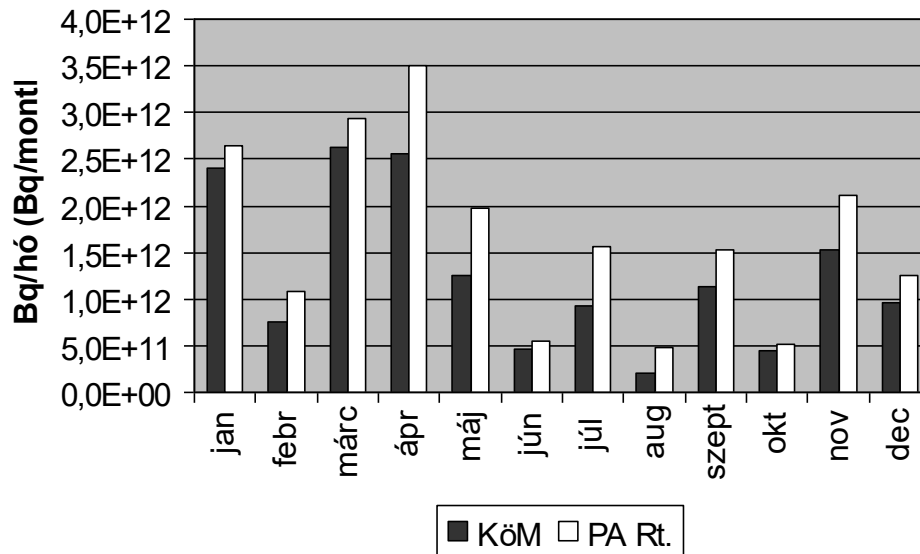
*Table 2.4. The annual liquid releases used for the dose assessments, determined by the control tank measurements of the NPP*

Meghatározás	Kibocsátás (MBq/év)
Ag-110m	57
Co-58	43
Co-60	655
Cr-51	19
Cs-134	257
Cs-137	812
Fe-59	1,6
I-131	2,8
Mn-54	142
Nb-95	3
Sb-124	39
Zn-65	0,61
Zr-95	1,4
H-3	$2,01 \cdot 10^7$
Sr-90	7,0



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

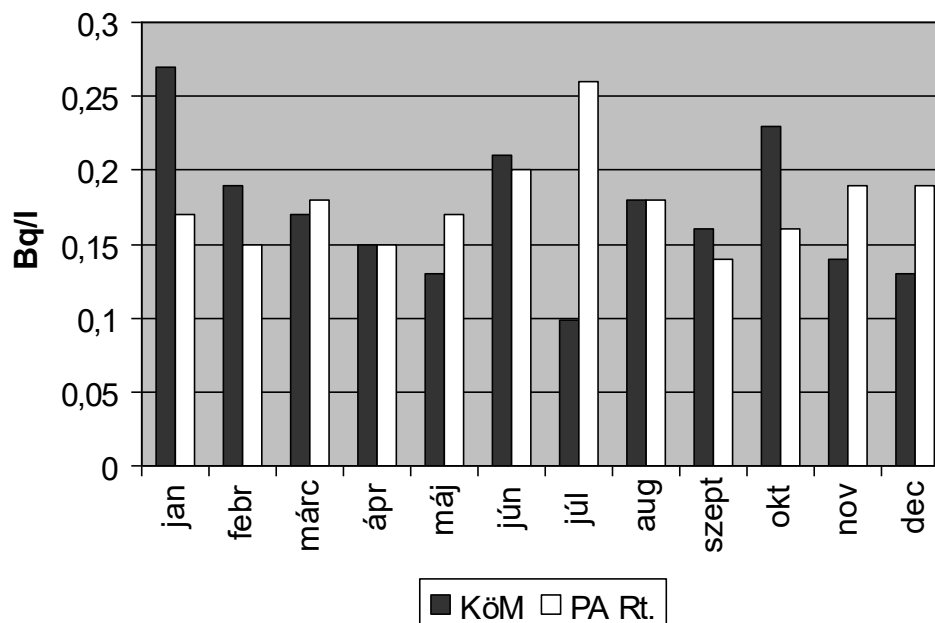
*Figure 2.3.. Monthly gross beta-activities in the effluent water from the control tanks*



2.4. ábra Havi trícium kibocsátások a tartálymérések alapján  
 Figure 2.4. Monthly tritium activities in the effluent water from the control tanks

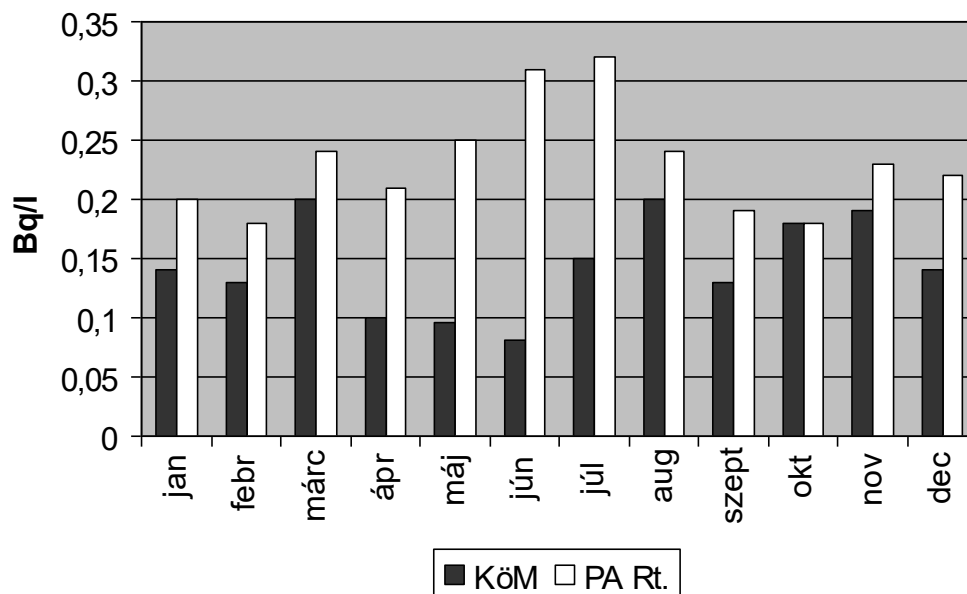
### 2.2.3. A vízelvezető csatornában mért koncentrációk

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.

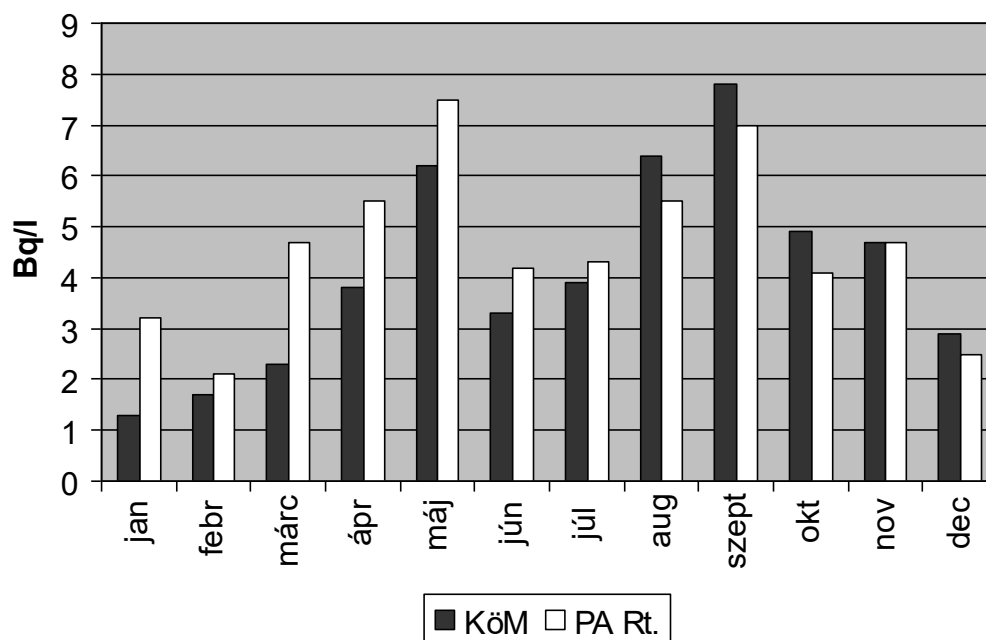


2.5.a. ábra A hidegvíz csatorna (V1) összes-béta aktivitás koncentrációjának havi átlagértékei  
 Figure 2.5.a. Monthly gross beta activity concentration in the inflow water channel

A szennyvíz csatorna (V3) aktivitás koncentrációja 10-30 -szor nagyobb a V1 és V2 összes-béta aktivitás koncentrációjánál.



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*

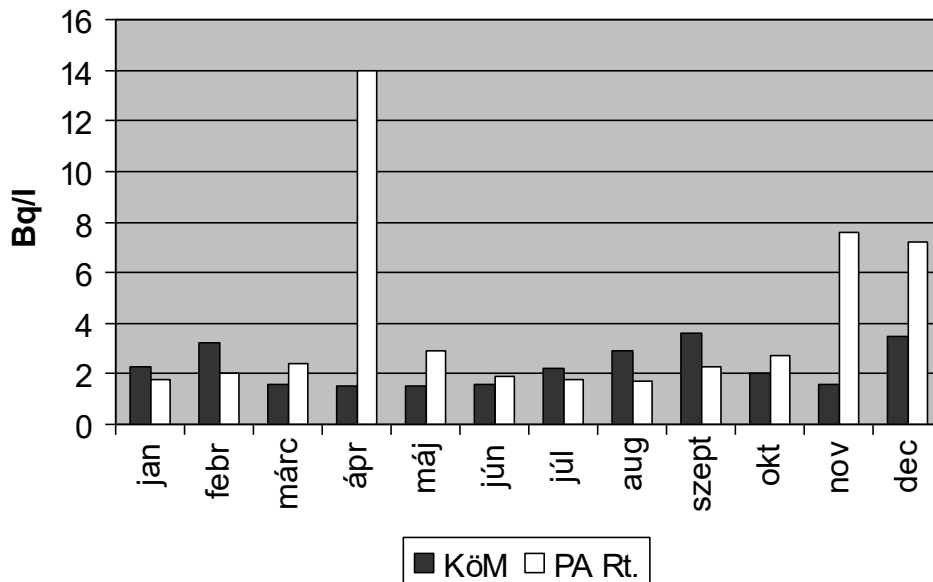


2.5.c. ábra A szennyvíz csatorna (V3) összes-béta aktivitás koncentrációjának havi átlagértékei  
*Figure 2.5.c. Monthly gross beta activity concentration in the waste water channel*

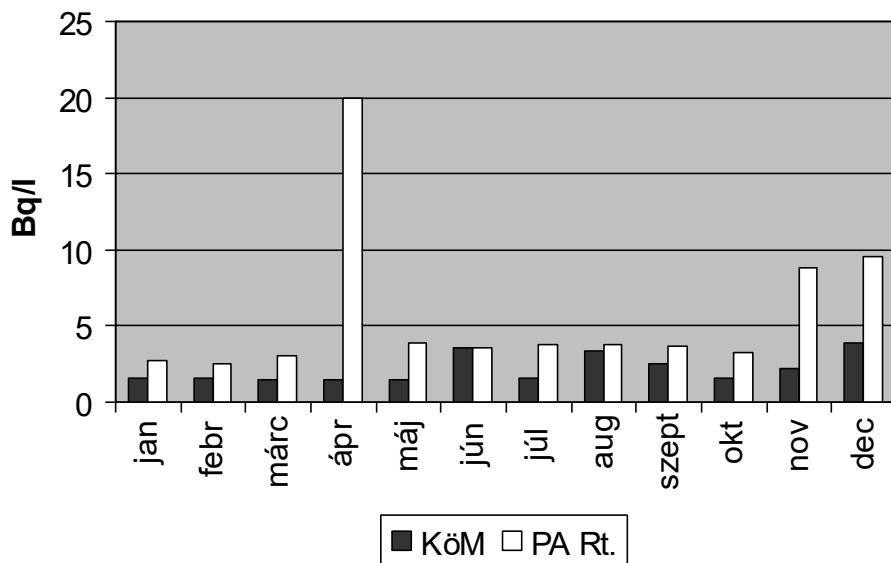
A 2.6.a, 2.6.b. és 2.6.c. ábrák az egyes csatornák trícium koncentrációjának havi átlagait mutatják.

A hidegvíz és melegvíz csatorna trícium koncentrációjának elvileg a dunai értékkel (2-4 Bq/l) kellene megegyeznie, a mérési adatok kb. ilyen tartományban is mozognak (1-4 Bq/l), bár nem olyan kiegyenlített, mint a Duna esetében és időnként 1,5-2 -szeres az eltérés az üzemi és hatósági adatok között is. Ez a kis koncentrációkat tekintve elfogadható. A hideg és melegvíz csatornában áprilisban, novemberben és decemberben mért kiugró üzemi érték nem tekinthető reálisnak. különösen a párhuzamos hatósági adatokat figyelembe véve, azonban okát nem sikerült kideríteni.

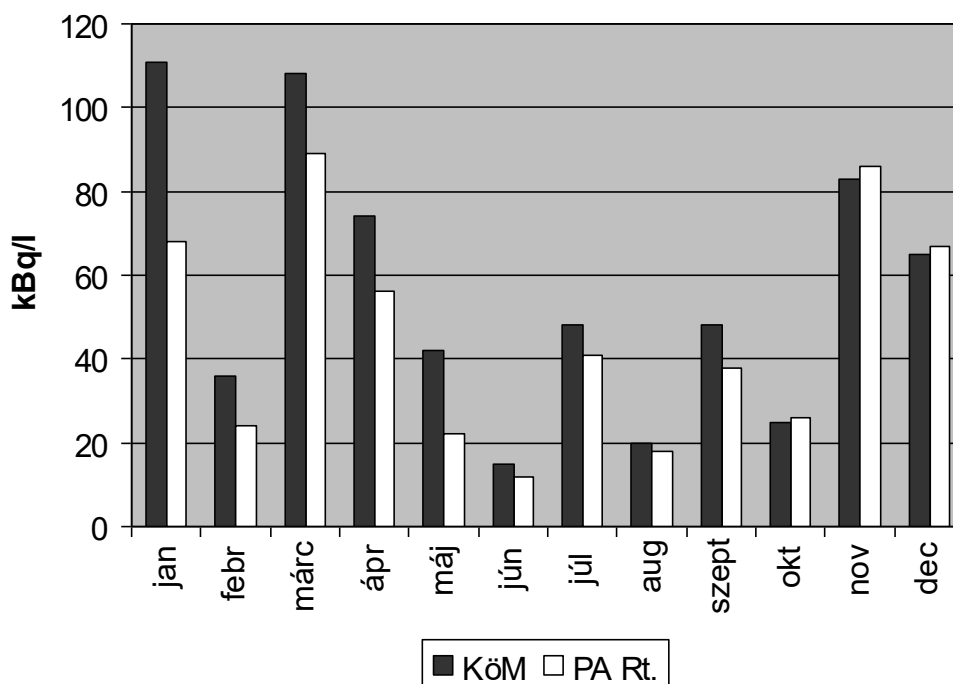
A ténylegesen kibocsátott trícium megbízhatóan a szennyvíz csatorna mintavételi pontján mérhető, havi értéke 10-110 kBq/l között változott. A hatósági adatok néhány esetben legfeljebb 1,5 -ször nagyobbak voltak, mint az üzemié. A szisztematikus eltérés okának kiderítésére az üzemi és a hatósági laboratóriumok 1999. december 31 -ig vizsgálatokat végeztek. Ennek eredményeképpen az utolsó 3 hónap vizsgálatai már azonos mérési feltételek mellett folytak és az egyezés is javult.



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.*



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 gamma-spektrometriával általában nem lehetett kimutatni az atomerőműtől származó izotópokat, csupán néhány esetben a  $^{137}\text{Cs}$  izotópot igen kis koncentrációban (0,2-3,5 mBq/l). A V3-ban jól mérhető az atomerőmű járuléka ( $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  és  $^{137}\text{Cs}$  radioizotópok), amelyek havi átlagos aktivitás koncentrációi 1 mBq/l-től néhány Bq/l értékig terjedtek, mind az üzemi jelentés, mind a hatósági adatok alapján.

#### 2.2.4. A hatósági korlátozás alá eső vízi kibocsátások

A 2.5. táblázat a vízi kibocsátások hatósági korlátozás alá eső komponenseinek értékeit tartalmazza. A hatóság a kibocsátások értékére minden komponensnél a PA Rt által mért adatokat fogadta el, kivéve a <sup>90</sup>Sr izotópot, amelyre a párhuzamos üzemi és hatósági adatok közül a nagyobb, ténylegesen mért értéket. Ezen elfogadott eredmények szerint a trícium kivételével az összes mennyiség alig haladja meg a korlát 5 % -át. Az ésszerű módon nem mérsékelhető trícium kibocsátás a korábbi évek eredményeihez hasonlóan a hatósági korlát %-ában viszonylag magas, de ennek sugárterhelés járuléka kicsi (lásd 5. fejezet).

2.5.táblázat A hatóság által elfogadott vízi kibocsátások 1999-ben  
*Table 2.5. The accepted releases by water in 1999*

Komponensek ( <i>components</i> )	Éves kibocsátás ( <i>annual releases</i> )	Éves kibocsátási korlát blokkonként ( <i>annual limit of releases per units</i> )	Korlát kihasználás ( <i>proportion of limit</i> ) [ % ]
összes-béta ( <i>gross beta</i> )	1,1 GBq	3,7 GBq	7,4
trícium	20,1 TBq	7,5 TBq	67
Sr-90	7,04 MBq	37 MBq	4,8
összes-alfa ( <i>gross alpha</i> )	*	**	-

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

\*\* A hatósági engedély (20199/1989. sz. Vízjogi üzemeltetési engedély. KDT KÖVIZIG, Székesfehérvár) megfogalmazása szerint az érték "0" kibocsátásnak minősül ("0" kibocsátás: 0,011 Bq/l alatti összes-alfa aktivitáskoncentráció az ellenőrző tartályokban)  
 ( *No releases for alpha is accepted by the concentration in tanks should be less than 0,011 Bq/l as the detection limit* )

### 3. RADIOAKTÍV HULLADÉKOK

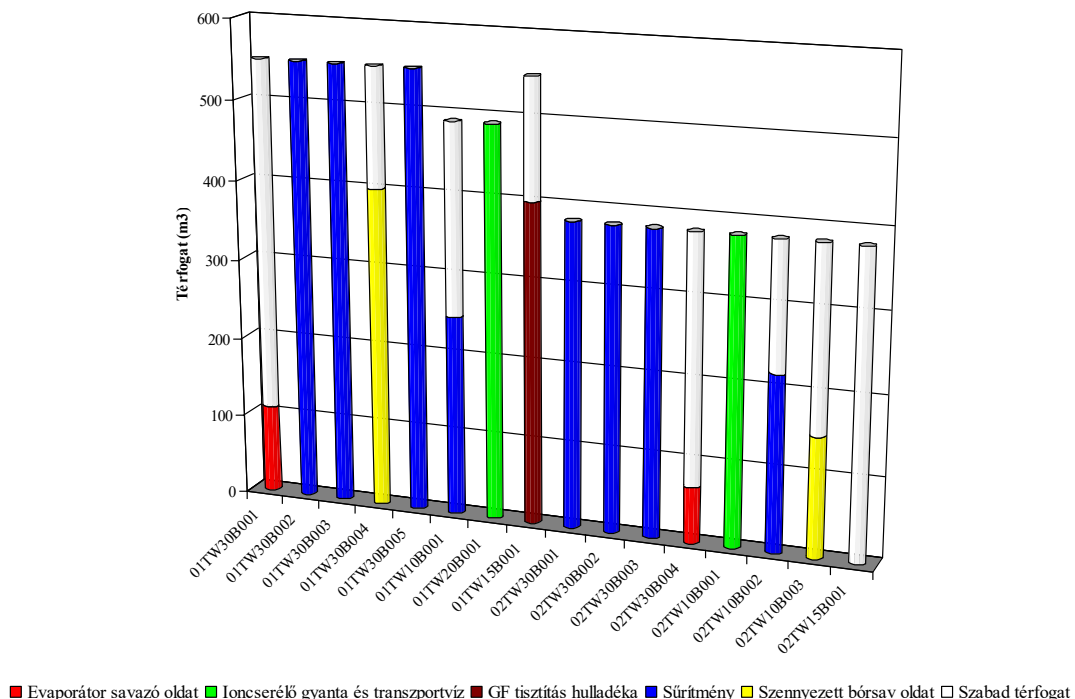
A radioaktív hulladékok biztonságos kezelése és elhelyezése a hulladéktermelő, azaz a PA Rt. felelőssége. A hulladékok gyűjtése, feldolgozása és átmeneti tárolása az üzemeltetési feladatok részeként valósul meg. A biztonságos végleges elhelyezés előkészítésével 1998. június 2-től a Radioaktív Hulladékokat 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 3434 m<sup>3</sup> bepárlási maradék keletkezett, amelyből 1999-ben a két kiépítésen összesen 255 m<sup>3</sup> képződött. A bepárlási maradékok átlagos keletkezési mennyisége az eltelt 60 reaktorév alatt 260 m<sup>3</sup>/év a négy blokkra. A sűrítmények összszótartalma kb. 400 g/l, amelynek fele alkáli-borát. A víztisztító rendszerekből kikerülő elhasznált ioncserélő gyanták mennyisége az eddigi üzemeltetés során a két segédépületben összesen közel 36,7 m<sup>3</sup>. Ebből 2,7 m<sup>3</sup> keletkezett 1999-ben. A 3.1. ábra a folyékony hulladék tároló tartályok telítettsége vonatkozó információkat foglalja össze:



3.1. ábra: A folyékony hulladék tároló tartályok töltöttsége (2000.01.05-i állapot)

*Figure 3.1. The used volumes of the liquid waste storage tanks on 5.1.2000*

### 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 1974 m<sup>3</sup> feldolgozott (tömörített, szilárdított) hulladék keletkezett, melyből 1580 m<sup>3</sup> 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 60 reaktorév alatt 115 -120 m<sup>3</sup>/év a négy blokkra.

Az 1999-ben keletkezett kis és közepes aktivitású szilárd radioaktív hulladékok adatait a 3.1. táblázat tartalmazza:

3.1. táblázat Az 1999-ben keletkezett szilárd radioaktív hulladékok mennyisége

Table 3.1. The volume of solid radioactive waste treated in 1999

Keletkezett radioaktív hulladékok Típusa	Mennyisége		Feldolgozást követő mennyiségek	
		[m <sup>3</sup> ]	[db hordó]	[m <sup>3</sup> ]
Zsákos gyűjtésű	9600 db	480,0	331	66,2
Hordós gyűjtésű	240 db	48,0	121	24,2
Iszap	3800 l	3,8	38	7,6
Aeroszolszűrő	-	22,0	20	4,0
Tűzveszélyes folyadék*	1000 l	1,0	---	---
<b>Összesen:</b>		<b>554,8</b>	<b>510</b>	<b>102</b>

### 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 µGy/h-nál kisebb felületi dózisteljesítményű hulladékos zsák tartalmát átválogatják azért, hogy az 1 µGy/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 a teljes hulladékmennyiségnek) mintegy 50 %-al sikerült csökkenteni,

- **tömörítés:** A tömöríthető radioaktív hulladék térfogatsökkentése 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 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 tárolása

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.

1999. december 31-én az atomerőműben tárolt szilárd radioaktív hulladék mennyisége 1813 db hordó volt.

A bepárlási 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 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 telephelykutatással.

Az 1999-es esztendő folyamán sajnos elbizonytalanodott a végleges tároló megépítésének időpontja, mert részben politikai, részben pedig szakmai irányból különböző kifogások merültek fel.

A szakmai kifogások szeizmológiai, illetve a kutatások teljeskörűségét kétségbevonó jellegűek voltak. Ezért ezeket a kifogásokat egy független NAÜ vizsgálat keretében felül kell vizsgálni, amely megkezdődött.

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

#### 4. KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI MÉRÉSI EREDMÉNYEK

##### 4.1. A légköri radioaktív koncentrációk

A légkör radioaktív szennyezettségének ellenőrzésére a hatósági laboratórium (ÁNTSZ Tolna megyei Intézete, Szekszárd) négy ponton (Kalocsa, Csámpa, Szekszárd, Dunaföldvár) tart üzemben folyamatos mintavevő berendezést. 1999. évben 399 db légköri aeroszol mintavételre került sor. Az aeroszol szűrőket Szekszárdon 24 órás, a többi állomáson heti gyűjtéssel veszik, majd 72 órás pihentetés után mérik.

Az összesített mérési eredményeket a 4.1 táblázat tartalmazza. Az aeroszol szűrőkben mért összes-béta aktivitás 0,33 - 7,6 mBq/m<sup>3</sup> között változott. A tapadó hálóval gyűjtött 48 db mintából meghatározott összes-béta aktivitás 1,4 – 6,5 Bq/m<sup>2</sup>/hó között változott az egyes mintavételi pontokon. A teljes kihullást reprezentáló 48 fall-out mintában mért összes-béta aktivitás 0,83 - 78 Bq/m<sup>2</sup>/hó értékhatárok között (a 78 Bq/m<sup>2</sup>/hó aktivitás döntő részben a <sup>40</sup>K izotóptól származik).

4.1. táblázat A levegőkörnyezetben mért radioaktív koncentrációk (aeroszol, tapadóháló és teljes kihullás) a hatósági mérésekből (EüM)

*Table 4.1. The radioactive concentrations in aerosols, in fall-outs type of "taking shade collector" and "total" ones, measured by the authority of MH*

Meghatározás	Terület	Átlag min.-max.; esetszám*
Aeroszol összes-béta [mBq/m <sup>3</sup> ]	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,74 0,33 - 2,4; 50(30)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,95 0,53 - 2,9; 49(32)
	DK-i félkör, R≥10 km	1,9 0,6 - 7,6; 300(136)
Tapadóháló összes-béta [Bq/m <sup>2</sup> /hó] [Bq/m <sup>2</sup> /month]	ÉNY-i félkör, R<10 km	2,2 1,4- 3,8; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	3,4 2,1 - 6,5; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	2,7 1,6 - 4,3; 24
Teljes kihullás összes-béta [Bq/m <sup>2</sup> /hó] [Bq/m <sup>2</sup> /month]	ÉNY-i félkör, R<10 km	7,5 2,5 - 14,3; 12
	ÉNY-i félkör, R≥ 10 km	8,8 0,83 - 19,5; 12
	DK-i félkör, R≥ 10 km	17,9 2,3 - 77,6; 24

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

Az üzemi méréseket (4.2. táblázat) az üzem ún. A-típusú ellenőrző állomásain végezték. Az aeroszol mintákban jól mérhető volt a kozmogén eredetű <sup>7</sup>Be. A csernobili eredetű <sup>137</sup>Cs már csak néhány μBq/m<sup>3</sup> koncentrációban volt jelen. A minták kb. egyharmadában az eróművi eredetű <sup>60</sup>Co és <sup>110m</sup>Ag kimutatható volt, mindkettő néhány μBq/m<sup>3</sup> körüli értékben [3].

4.2 táblázat A levegőkörnyezetben mért radioaktív koncentrációk 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-58	Cs-137	Ag-110m
Aeroszol [mBq/m <sup>3</sup> ] (A1-A9 állomások, heti mérések) ( <i>sampling stations A-type, weekly</i> )	1 – 9	0,001 – 0,013	0,001 – 0,013	0,001 – 0,012
Fall-out [Bq/m <sup>2</sup> /hó], (havi mérések) ( <i>fall-out, monthly</i> ) [Bq/m <sup>2</sup> /month]	6 – 280	0,1 – 0,5	0,1 – 1,0	0,1 – 0,4

#### 4.2. A vízi környezetben mért radioaktív koncentrációk

A hatósági laboratóriumok különös figyelmet fordítanak a Duna radioaktív szennyezettségének rendszeres ellenőrzésére. A KöM bajai és az EüM 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 EüM laboratóriuma végzi. A vizsgálatok elsősorban a víz, szedimentum, alga és hal minták radioaktív koncentrációinak mérésére irányulnak.

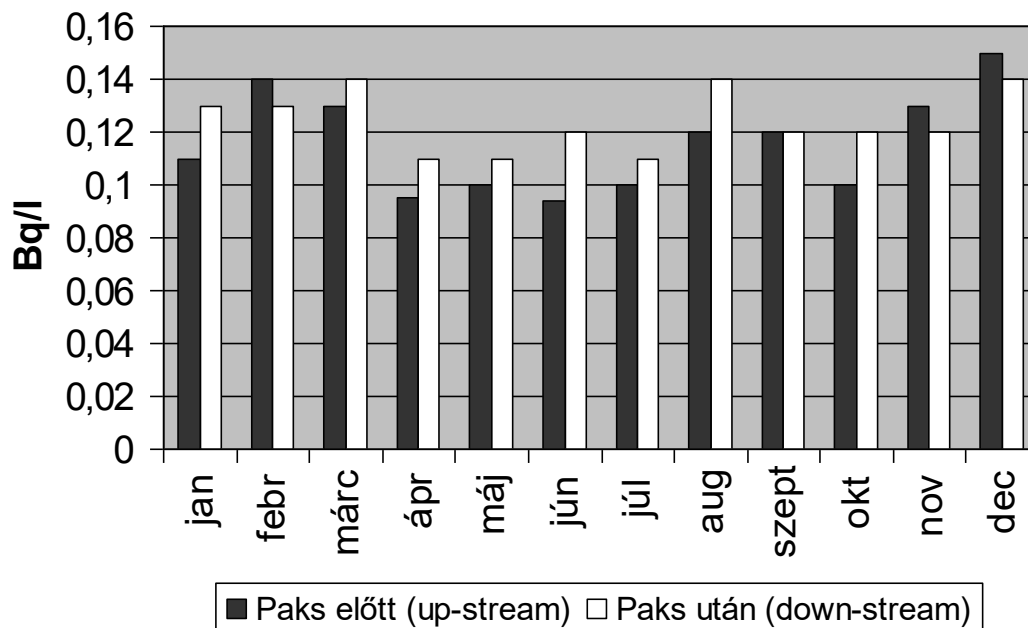
A heti-havi gyakorisággal vett Duna-víz mintákban meghatározott összes-béta aktivitás koncentrációkat a 4.1. ábra, a havonta mért trícium koncentráció értékeket pedig a 4.2. ábra szemlélteti a környezetvédelmi és az egészségügyi hatóság mérései alapján. A nagyszámú vízmintából meghatározott összes-béta aktivitások éves átlaga 0,12 Bq/l volt Paks előtt és Paks után is.

A trícium koncentráció értékeket tartalmazó 4.2. ábra és 4.3. táblázat szerint a Paks előtt, illetve után vett vízmintákban mért <sup>3</sup>H aktivitás koncentrációja általában közel azonos: a vizsgálati pontokon a Duna szakasz trícium koncentrációja Paks előtt átlagosan 1,6 Bq/l, Paks után 2,2 Bq/l körüli.

A már említett összes-béta aktivitás és trícium koncentráció mellett a 4.3. táblázat tartalmazza a Duna-víz <sup>90</sup>Sr és <sup>137</sup>Cs, valamint a KöM laboratóriumában, gamma-spektrometriával mért radionuklidok átlagos aktivitáskoncentrációit is.

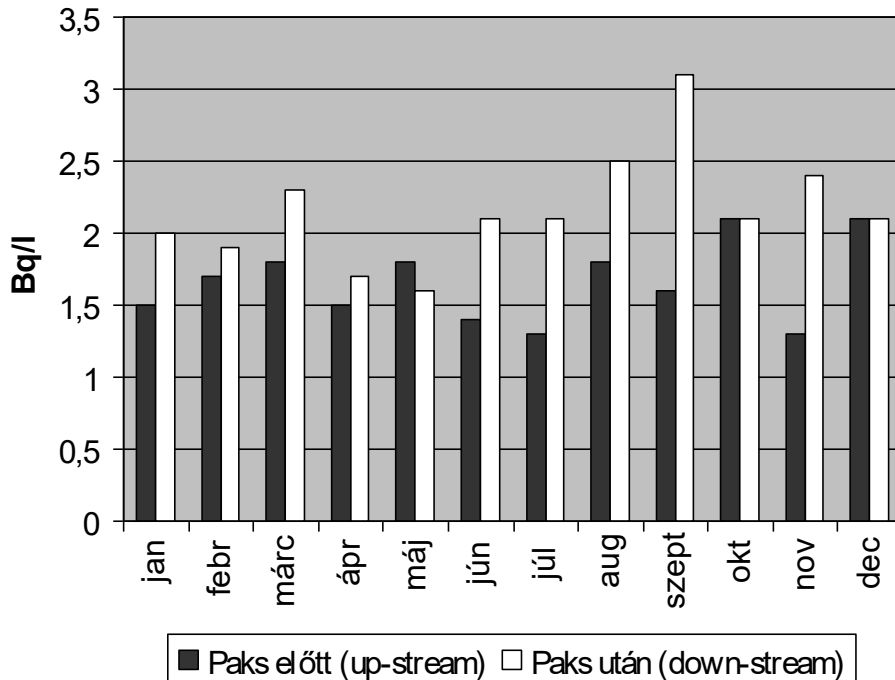
A Duna-vízben a <sup>137</sup>Cs kémiai szeparáció után és gamma-spektrometriával meghatározott értékei, valamint a <sup>90</sup>Sr éves átlagos aktivitáskoncentrációja már nem haladja meg az alapszint értékeket.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a Duna vízében az erőmű utáni szakaszon erőművi eredetű radioaktív szennyeződés nem mutatható ki.



4.1. ábra A dunavíz havi átlagos összes-béta aktivitás koncentrációja 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 átlagos trícium koncentrációja 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 radioaktív koncentráció 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 0,06 - 0,2; 50	0,2
	Paks után	0,12 0,01 - 0,33; 129	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,0015 0,0001 - 0,0026; 4	
	Paks után	0,0028 0,0016 - 0,0061; 9	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,091 0,013 - 0,15; 4(1)	
	Paks után	0,12 0,013 - 0,17; 10(1)	
Pb-214 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,036 0,0027 - 0,13; 4(1)	
	Paks után	0,039 0,0024 - 0,14; 10(2)	
Tl-208 (gamma-spektr.)	Paks előtt	0,34 0,0016 - 1,35; 4(3)	
	Paks után	0,094 0,001 - 0,57; 10(8)	
H-3	Paks előtt	1,7 1,1 - 2,4; 24(1)	7,00
	Paks után	2,2 1,2 - 7,3; 74(15)	
Sr-90	Paks előtt	0,003 0,0017 - 0,0046; 12	0,005
	Paks után	0,0035 0,0013 - 0,0075; 18	
Cs-137 (kémai szeperáció)	Paks előtt	0,001 0,0008 - 0,0012; 8(5)	0,002
	Paks után	0,001 0,00072 - 0,0012; 8(6)	

\* 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 aktivitás koncentrációja hasonló a Duna-vízben mért értékekhez, havi átlagértékei a 0,09 - 4,1 Bq/l határok között voltak. Az előző évhez hasonlóan a Duna-víznél nagyobbak az ezen vizekben mért trícium koncentrációk is (1,3 - 6,7 Bq/l).

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

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

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/l] min.-max.; esetszám*
Összes-béta	DK-i félkör, R<10 km	0,55 0,09 - 4,1; 9
	DK-i félkör, R≥10 km	0,15 0,1 - 0,22; 32
H-3	DK-i félkör, R<10 km	3,3 3,1 - 4,7; 10 (8)
	DK-i félkör, R≥10 km	2,9 1,3 - 6,7; 14 (9)
Sr-90	DK-i félkör, R<10 km	0,0033 0,0031 - 0,0037; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	0,0065 0,0038 - 0,01; 7
Cs-137 (kémiai szep.)	DK-i félkör, R<10 km	0,0012 0,0009 - 0,0015; 4 (3)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,0013 0,0009 - 0,0023; 8 (4)

\* 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 tartalmazza a 4.5. táblázat a KöM és EüM adatai alapján.

A Duna-iszap összes-béta aktivitása a mintázott helyeken 236 - 1360 Bq/kg közötti érték volt (száraz tömegre vonatkoztatva). A <sup>90</sup>Sr átlagos aktivitás koncentrációja a mérések alapján Paks előtt 2,4 , Paks után 3,8 Bq/kg volt, a korábbi éveknél jóval kisebb szóródással.

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 <sup>137</sup>Cs. Ebben az évben 0,69 - 75 Bq/kg közötti volt a vizsgált szedimentum mintákban a <sup>137</sup>Cs koncentráció, ez valamivel kisebb, mint az előző évben mért értékek, azonban a mért koncentrációk közel két nagyságrenden belüli változása ugyancsak a mintavétel bizonytalanságát mutatja.

A 4.6. táblázat a hatósági laboratórium (EüM) által vizsgált állóvizek szedimentumában meghatározott aktivitás koncentráció értékeket tartalmazza. A Szelidi tóból és a Fadd-Dombori Holt-Duna ágból mintázott üledékben a <sup>90</sup>Sr koncentrációja 0,35 - 2,2 Bq/kg között változott, ezek az értékek jóval kisebbek a dunai szedimentumban mért koncentrációknál. A dombori minták szennyezettségét gamma-spektrometriával is mérték, a <sup>137</sup>Cs koncentrációjának átlagértéke az előző évinél nagyobb értékű, 9,7 Bq/kg volt.

**4.5. táblázat** A dunai üledék radioaktív koncentrációinak éves átlagai, hatósági mérésekből (EüM és KöM)

*Table 4.5. Radionuclide concentrations in sediment of Danube up-stream and down-stream the Plant, measured by the authorities (labs of MH and MOE)*

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/kg] min.-max.; esetszám*	alapszint (1981)
Összes-béta	Paks előtt	605 236 - 1270; 36	
	Paks után	812 174 - 1360; 72	
Cs-134 (gamma-spektr.)	Paks előtt	1,1 0,3 - 5,6; 26(25)	
	Paks után	1,3 0,2 - 4,1; 59(45)	
Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	18,9 0,93 - 75,0; 46(3)	10,0
	Paks után	32,0 0,69 - 75,0; 83(10)	
K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	380 195 - 649; 46	
	Paks után	440 34 - 659; 83(2)	
Pb-214 (gamma-spektr.)	Paks előtt	38,5 24,0 - 47,0; 16	
	Paks után	41,2 28 - 52; 48	
Tl-208 (gamma-spektr.)	Paks előtt	33,1 18 - 40; 16	
	Paks után	38 23 - 52; 48	
Sr-90	Paks előtt	2,4 0,24 - 6,9; 16(3)	2,00
	Paks után	3,8 0,23 - 12; 40 (5)	

\* 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 radioaktív koncentrációinak 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	383 221- 568; 19
Cs-134 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	1,1 0,7 - 1,3; 4(4)
Cs-137(gamma-spektr.)	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	9,7 0,98 -22,1; 23
K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	287 222 - 407; 23
Sr-90	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	0,89 0,35 - 2,2; 8(1)

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

4.7. táblázat Dunai alga- és halminták radioaktív koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (KÖM)

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

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/kg] min.-max.; esetszám
Alga, összes-béta	Paks előtt	1040 855 - 1170; 3
	Paks után	1090 715 - 1300; 6
Alga, K-40 (gamma-spektr.)	Paks előtt	653 77 - 1770; 3(2)
	Paks után	1520 1190 - 1730; 6
Alga, Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks előtt	8,7 3,5 - 18; 3(2)
	Paks után	11 2,0 – 23; 6(1)
Hal, összes-béta	Paks után	83 66 – 97; 8
Hal, K-40 (gamma-spektr.)	Paks után	87 77 – 100; 8
Hal, Cs-137 (gamma-spektr.)	Paks után	0,18 0,1 – 0,4; 8(3)
Hal, Sr-90	Paks után	0,4 0,2 – 0,62; 8(2)

\* 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 radioaktív koncentrációk

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 aktivitás koncentráció értékeit tartalmazza a 4.8. táblázat.

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

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

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/kg] min.-max.; esetszám*	alapszint [Bq/kg] 1981
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	395 248 - 575; 21	400
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	543 454 - 607; 11	
	DK-i félkör, R<10 km	644; 1	
	DK-i félkör, R≥10 km	551 417 - 756; 25	
Cs-134(gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,18 – 1,4; 2(1)	
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	1,2 – 1,5; 2(2)	
	DK-i félkör, R≥10 km	0,96 0,6 - 1,9; 5(4)	
Cs-137(gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	12 3,1 - 20; 21	
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	9,5 5,9 - 16,0; 12	
	DK-i félkör, R≥10 km	8,1 0,22 - 14,2; 25(2)	
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	264 214 - 366; 21	
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	420 347 - 530; 12	
	DK-i félkör, R≥10 km	405 327 – 565; 25	
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,15 0,38 - 2,24; 8	6,0
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	1,9 1,3 - 2,8; 4	
	DK-i félkör, R<10 km	1,1; 1(1)	
	DK-i félkör, R≥10 km	1,8 0,13 - 6,6; 13(3)	

\* 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 250 - 760 Bq/kg tartományba esett, ami kb. ugyanakkora, mint az elmúlt években mért érték. A hatósági laboratóriumi-mok által ellenőrzött, fent felsorolt településeken a vizsgált talajok  $^{90}\text{Sr}$  aktivitás koncentrációja 0,13 - 6,6 Bq/kg között volt, a tavalyi értékekhez hasonlóan.

Az ugyanezen mintákból gamma-spektrometriával mért  $^{137}\text{Cs}$  koncentrációja 0,22 - 20 Bq/kg között változott, az értékek az előző évihez képest alig csökkentek.

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

Az FVM REH (Földművelésügyi Minisztérium Radiológiai Ellenőrző Hálózat) laboratóriumi a takarmány mintákat havonkénti gyakorisággal vették. A mintavételi helyek évről-évre állandóak: Dunaszentgyörgyi, Paksi, és Kalocsai Állami Gazdaság.

A mérési eredményeket a 4.9. táblázat tartalmazza. Az utóbbi évek adatait figyelembe véve elmondható, hogy a takarmányok  $^{137}\text{Cs}$  aktivitása alig csökkent, 1999-ben 0,04 – 0,95 Bq/kg közötti volt.

1999-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.

Az eredményeket Bq/kg egységben, száraz anyagra vonatkoztatva a 4.10.a., 4.10.b. és 4.11. táblázatok foglalják össze. A közreműködő laboratóriumok összes-béta és  $^{90}\text{Sr}$  vizsgálatokat, gamma-spektrometriai elemzéseket, esetenként pedig trícium mérést végeztek. Az emberi fogyasztásra kerülő konyhakerti növények  $^{137}\text{Cs}$  koncentrációja 0,01 - 0,16 Bq/kg között volt, ami megfelel az ország más tájain hasonló zöldségfélékben mért  $^{137}\text{Cs}$  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 radioaktív koncentrációinak 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	462 81 - 795; 13
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	216 87 - 470; 12
	DK-i félkör, R<10 km	197; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	552 136 - 887; 14
K-40 (béta-mérés)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	209 81 - 477; 12
	DK-i félkör, R<10 km	220; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	217; 1
Be-7 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	16,5; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	33,8 1,32 - 168; 11(3)
Cs-134 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,15 0,036 - 0,22; 7(7)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,18 0,03 - 0,41; 13(13)
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,37 0,037 - 0,95; 13
	DK-i félkör, R≥10 km	0,31 0,045 - 0,69; 13(2)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	480 65 - 789; 13
	DK-i félkör, R≥10 km	460 110 - 674; 13
H-3	DK-i félkör, R<10 km	2,7 2,5 - 3,2; 5(5)
	DK-i félkör, R≥10 km	2,7 2,6 - 2,8; 3(2)
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	2,7 0,74 - 5,4; 13(1)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	1,2 0,13- 3,8; 12(2)
	DK-i félkör, R<10 km	0,48; 1
	DK-i félkör, R≥10 km	3,0 0,48 - 5,6; 14(1)

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

4.10. a. táblázat Legelői fűminták radioaktív koncentrációinak 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	DK-i félkör, R<10 km	236 189 - 316; 10
	DK-i félkör, R≥10 km	284 200 - 359; 9
K-40 (béta)	DK-i félkör, R<10 km	227 166 - 296; 10
	DK-i félkör, R≥10 km	244 180 - 346; 5
Be-7 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	103 31 - 271; 4
Cs-134 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,12 0,079 - 0,2; 4(4)
Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	0,14 0,089 - 0,26; 4(1)
K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, R≥10 km	230 170 - 281; 4
H-3	DK-i félkör, R<10 km	2,8 2,1 - 3,9; 19(16)
	DK-i félkör, R≥10 km	2,5 2,1 - 2,6; 9(9)
Sr-90	DK-i félkör, R<10 km	0,3 0,13 - 0,43; 10(6)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,56 0,23 - 1,5; 9(7)

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

4.10.b. táblázat Gyomnövény minták radioaktív koncentrációinak 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	ÉNY-i félkör, R $\geq$ 10 km	543; 1
	DK-i félkör, R<10 km	278 144 - 349; 3
	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	324 295 - 338; 4
K-40 (béta)	ÉNY-i félkör, R $\geq$ 10 km	540; 1
	DK-i félkör, R<10 km	266 135 - 331; 3
	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	328 289 - 368; 4
Sr-90	ÉNY-i félkör, R $\geq$ 10 km	1,1; 1(1)
	DK-i félkör, R<10 km	2,7 0,65 - 4,2; 3
	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	1,5 0,93 - 1,9; 4
Cs-137 (kémiai szep.)	ÉNY-i félkör, R $\geq$ 10 km	0,45; 1
	DK-i félkör, R<10 km	0,18 0,055 - 0,25; 3
	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	0,18 0,16 - 0,21; 4(4)

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

4.11. táblázat Nyers konyhakerti növények radioaktív koncentrációinak 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	204 54 - 459; 7
	ÉNY-i félkör, R $\geq$ 10 km	186 116 - 295; 5
	DK-i félkör, R<10 km	96 72 - 117; 3
	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	142 46 - 286; 20
K-40 (béta)	ÉNY-i félkör, R<10 km	135 56 - 193; 3
	DK-i félkör, R<10 km	101 75 - 126; 3
	DK-i félkör, R $\geq$ 10 km	195 59 - 726; 9

(4.11. táblázat folytatás)

(Table 4.11 continuation)

Be-7 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,5 0,39 - 4,5; 4(3)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	12,4 3,9 - 23,3; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	9,5 0,37 - 2,8; 9(1)
Cs-134 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,042 0,028 - 0,075; 4(4)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,042 0,025 - 0,065; 5(5)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,057 0,017 - 0,16; 11(11)
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,044 0,026 - 0,081; 4(3)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,038 0,026 - 0,055; 5(2)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,061 0,021 - 0,16; 12(8)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	90 48 - 182; 4
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	156 99 - 263; 5
	DK-i félkör, R≥10 km	136 39 - 259; 11
H-3	ÉNY-i félkör, R<10 km	2,2 - 2,7; 2(2)
	DK-i félkör, R<10 km	2,6 - 2,8; 2(2)
	DK-i félkör, R≥10 km	2,8 2,7 - 2,8; 3(2)
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,5 0,32 - 2,5; 4(4)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,29 0,18 - 0,50; 5(2)
	DK-i félkör, R<10 km	0,073 0,05 - 0,09; 3(3)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,3 0,013 - 0,88; 18(5)

\* 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 50 - 310 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 <sup>90</sup>Sr ill. <sup>137</sup>Cs koncentráció is kimutatási határ alatti értéket mutatott. A trícium koncentrációja maximálisan 0,86 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 tehenészetből, valamint a kalocsai (az év

második felében fajszi) és szekszárdi tejüzemből származtak. A mérési eredményeket a 4.13. táblázat foglalja össze. Látható, hogy a gamma-spektrometriai méréseknél a  $^{134}\text{Cs}$  és  $^{137}\text{Cs}$  értékek a kimutatási határral szerepelnek, így az ebből képzett átlagérték felülbecsült. Eszerint a  $^{137}\text{Cs}$  koncentrációk 4 – 480 mBq/l értékeknél kisebbek voltak. Ez jól egyezik az ország más tájain a tejben meghatározott  $^{137}\text{Cs}$  koncentrációval. A tejben mérhető összes-béta aktivitás gyakorlatilag teljes egészében a természetes  $^{40}\text{K}$  izotópból származik.

4.12. táblázat Az ivóvíz radionuklid koncentrációinak éves átlagai, hatósági mérésekből (EüM)  
*Table 4.12. Radionuclide concentrations in drinkwater in different geographical sectors, measured by the authorities (labs of MH)*

Meghatározás	Terület	Átlag [mBq/l] min.-max.; esetszám*
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	73 50 - 100; 24
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	78 50 - 100; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	89 20 – 310; 24(1)
Cs-134 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	200 80 - 480; 24(24)
	DK-i félkör, R≥10 km	260 80 - 500; 12(12)
Cs-137(gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	200 90 – 470; 24(24)
	DK-i félkör, R≥10 km	260 90- 500; 12(12)
H-3	ÉNY-i félkör, R<10 km	230 80 – 790; 24(9)
	DK-i félkör, R≥10 km	780 170 – 2240; 12
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,81 0,50 - 1,9; 8(7)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,66 0,5 - 0,76; 4(3)
	DK-i félkör, R≥10 km	1,2 0,51 - 1,7; 8(1)
Cs-137 (kémiai szep.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	1,1 0,78 - 1,7; 8(6)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,96 0,79 - 1,1; 4(3)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,8 0,83 - 6,9; 8(4)

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

4.13. táblázat Tejminták radioaktív koncentrációinak éves átlagai a hatósági mérésekből (FVM és EüM)

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

Meghatározás	Terület	Átlag [Bq/l] min.-max.; esetszám*
Összes-béta	ÉNY-i félkör, R<10 km	43 37 - 48; 12
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	50 48 - 53; 12
	DK-i félkör, R<10 km	40 33 - 43; 12
	DK-i félkör, R≥10 km	41 31 - 47; 29
Cs-134 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,017 0,012 - 0,024; 6(6)
	DK-i félkör, R<10 km	0,40 0,20 - 0,48; 5(5)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,089 0,005 - 0,49; 18(18)
Cs-137 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,027 0,017 - 0,043; 12(1)
	DK-i félkör, R<10 km	0,27 0,01 - 0,48; 11(11)
	DK-i félkör, R≥10 km	0,080 0,004 - 0,48; 24(19)
K-40 (gamma-spektr.)	ÉNY-i félkör, R<10 km	48 43 - 51; 12
	DK-i félkör, R<10 km	47 41 - 55; 10
	DK-i félkör, R≥10 km	43 22 - 137; 24
Sr-90	ÉNY-i félkör, R<10 km	0,048 0,004 - 0,14; 12(9)
	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,041 0,007 - 0,076; 12(11)
	DK-i félkör, R<10 km	0,013 0,01 - 0,02; 4
	DK-i félkör, R≥10 km	0,031 0,01 - 0,12; 18(8)
Cs-137 (kémiai szep.)	ÉNY-i félkör, R≥10 km	0,12 0,019 - 1,0; 12(4)

\* 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 laboratóriumaiban vizsgálták.

4.14. táblázat Nyers húsminták és feldolgozott húskészítmények radioaktiv koncentrációinak 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, $R \geq 10$ km	49; 1
Sertés, Cs-134 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,023; 1(1)
Sertés, Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,038; 1
Sertés K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	34; 1
Baromfi, összes-béta	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	17 - 44; 2
Baromfi, Cs-134 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,021 - 0,028; 2(2)
Baromfi, Cs-137 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	0,019 - 0,03; 2(1)
Baromfi, K-40 (gamma-spektr.)	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	17 - 28; 2

\* 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 dózismérővel (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 - megegyeznek 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 (EüM)

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

Meghatározás	Terület	Átlag [nGy/h] min.-max.; esetszám*	alapszint 1981
Dózisteljesítmény	ÉNY-i félkör, $R < 10$ km	70,7 62,9 – 82,7; 12	80,0
	ÉNY-i félkör, $R \geq 10$ km	75,7 64,7 – 84,5; 12	
	DK-i félkör, $R < 10$ km	76,2 69,2 – 88,0; 12	
	DK-i félkör, $R \geq 10$ km	78,4 64,0 – 88,7; 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 használt - állandósult állapotra vonatkozó - eljárások és paraméterek az 1993. évi jelentés 2. mellékletében megtalálhatók.

### 5.1. A légköri kibocsátásból származó sugárterhelés

A számítások szerint a jelentősebb radionuklid kibocsátások eredményeként az erőműtől 3 km távolságban a talajfelszíni levegőben a szektorokra átlagolva  $15 \text{ mBq/m}^3$   $^{41}\text{Ar}$  -koncentráció;  $0,09 \text{ } \mu\text{Bq/m}^3$   $^{60}\text{Co}$ ,  $0,25 \text{ } \mu\text{Bq/m}^3$   $^{110\text{m}}\text{Ag}$  és  $0,04 \text{ } \mu\text{Bq/m}^3$   $^{137}\text{Cs}$  koncentráció, valamint  $6 \text{ mBq/m}^3$   $^3\text{H}$  és  $1,0 \text{ mBq/m}^3$   $^{14}\text{C}$  -koncentráció alakul ki. A légköri depozíció következtében a radioezüst talajfelszíni kiülepedése átlagosan  $0,05 \text{ Bq/m}^2$ , a leveles zöldség aktivitás koncentrációja (nedves tömegre)  $0,3 \text{ mBq/kg}$ , a tehéntejé  $1,7 \text{ mBq/l}$ , a húsa  $0,2 \text{ mBq/kg}$ , a gabonáé pedig  $0,9 \text{ mBq/kg}$  értékre becsülhető. Az üzem a  $^3\text{H}$  és  $^{14}\text{C}$  radionuklidok és a radiojódok kémiai formáját is meghatározta, ezeket a számításokban figyelembe vettük. Így pl. az erőmű  $^{14}\text{C}$  kibocsátásának kb. 4 %-a széndioxid formájú, a többi szerves vegyület, azonban az ételmiszerfogyasztásból eredő belső sugárterhelés kialakulásában csupán az előbbi játszik szerepet.

A kibocsátásokból a felnőttekre számított egyéni effektív dózis - a szóbjáható radionuklidok és fizikiai, kémiai formák esetén - az egyes besugárzási útvonalak szerinti bontásban az 5.1 táblázatban látható. Az eredmények 3 km-es távolságban a szektorokra átlagolt dózisosokra vonatkoznak, egyes irányokban az átlagértéktől 2-3-szoros eltérés tapasztalható. 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).

Az 1999-re becsült  $26 \text{ nSv}$  egyéni sugárterhelés 1998-hoz hasonlóan lényegesen kisebb, mint a megelőző évek  $56 - 135 \text{ nSv}$  közötti értékei. Az eredmények értékelésénél - elsősorban az 1997-es nagyobb eredményekkel összevetve - a következőket kívánjuk kiemelni:

- az aeroszol kibocsátások a jelentősebb, hosszabb felezési idejű nuklidokat tekintve általában kisebbek (jelentősen a  $^{58}\text{Co}$ , de pl. az  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{134,137}\text{Cs}$  is), így a talajfelszíni külső, valamint a belégzési és lenyelési dózisosok is kisebbek, mint 1997-ben,
- 1998 és 1999-re az előző évektől eltérően már a szélesség eloszlásra is az üzemtől kapott teljes, aktuális meteorológiai adatsorral számoltunk, amely azonos kibocsátás esetén 1,5 - 2 -szer kisebb szektorátlagolt aktivitás koncentrációkat eredményezett az aeroszokok esetében.

Megjegyezzük még, hogy az általunk becsült egyéni átlagdózisok jó egyezésben vannak az üzem által számoltakkal.

5.1.táblázat A légköri kibocsátásokból számolt átlagos egyéni effektív sugárterhelés, az erőműtől 3 km távolságban tartózkodó felnőttek esetén

Table 5.1. The assessed average doses in 3 km distance of the NPP from the exposure pathways of cloud, deposition, inhalation and ingestion.

Izotóp	Évi effektív sugárterhelés (annual effective dose) [nSv]			
	Külső (external)		Belső (internal)	
	felhőből (cloud)	talajfelszín (surface)	belégzés (inhalation)	élelmiszer- fogyasztás (ingestion)
nemesgázok:				
Ar-41	10	0	0	0
Kr-85	< 0,01	0	0	0
Kr-85m	0,4	0	0	0
Kr-88	2,6	0	0	0
Xe-133	0,04	0	0	0
Xe-135	0,5	0	0	0
aeroszol:				
Mn-54	< 0,01	0,06	< 0,01	0,02
Co-58	< 0,01	0,03	< 0,01	0,01
Co-60	< 0,01	0,4	0,01	0,3
Sr-90	< 0,01	0	< 0,01	0,02
Zr-95	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ag-110m	< 0,01	0,9	< 0,01	1,0
Cs-134	< 0,01	0,04	< 0,01	0,5
Cs-137	< 0,01	0,06	< 0,01	1,2
egyéb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
radiojódok:				
I-131 (elemi)	< 0,01	0,01	< 0,01	0,02
I-131 (szerves)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
globális:				
C-14	< 0,01	0	1,9	4,0
H-3	< 0,01	0	0,3	0,6
<b>Összesen:</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
<b>Teljes járuléka a légköri kibocsátásból: 26 nSv</b>				
<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 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. halászsok), 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 üzeme során a Dunába kibocsátott radioaktív izotópoktól (2.fejezet) származó egyéni sugárterheléseket - a csatlakozó 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 dózisosok a népesség átlagos felnőtt csoportjára, 1999

*Table 5.2. External and internal doses due to liquid effluents for the average adults living nearby the Danube, 1999*

Radionuklid	Dózis [nSv/év] (dose, [nSv/y])	
	külső (external)	belső (internal)
H-3	*	16
Mn-54	0,01	0,01
Co-58	0,02	0,01
Co-60	0,71	0,62
Sr-90	*	0,03
Ag-110m	0,01	0,02
Cs-134	0,06	2,2
Cs-137	0,13	5,0
egyéb	0,04	0,04
Összesen:	1,0	24
<b>Teljes járulék a vízi kibocsátásból: 25 nSv</b> (total dose contribution from liquid releases)		

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

Az 1999. évi sugárterhelés (25 nSv) gyakorlatilag megegyezik az 1998. évre becsülttel. A táblázat adataiból látható, hogy a sugárterhelés döntő hányada - közel kétharmada - a <sup>3</sup>H izotópból

(kritikus radionuklid) származik, a maradékban a radiocéziumok és a  $^{60}\text{Co}$  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 1999-ben összesen 6750 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 %-os volt.

### 6.1. Az eredmények összefoglalása

A Paksi Atomerőmű légnemű radioaktív kibocsátása 1999-ben is kismértékű volt. Az atomerőmű 1999. évi légekori kibocsátásainak elfogadott értékei a következők:

nemesgáz összes-béta aktivitás :	53 TBq,
aeroszol összes-béta aktivitás :	330 MBq,
összes jód ( $^{131}\text{I}$ -egyenérték) :	470 MBq,
$^{89}\text{Sr} + ^{90}\text{Sr}$ :	0,74 MBq.

A nemesgáz kibocsátás - a mérőrendszer rendelkezésre állásával időarányosan korigált - nuklidspecifikus éves értékei a következők:  $^{41}\text{Ar}$ : 17,6 TBq,  $^{85}\text{Kr}$ : 0,184 TBq,  $^{85\text{m}}\text{Kr}$ : 5,8 TBq,  $^{88}\text{Kr}$ : 2,6 TBq,  $^{133}\text{Xe}$ : 2,3 TBq és  $^{135}\text{Xe}$ : 4,3 TBq.

Az aeroszol kibocsátás jelentős részét a  $^{60}\text{Co}$  (84 MBq), valamint az  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  (241 MBq) és a  $^{137}\text{Cs}$  (40,4 MBq) adta. Az aeroszolhoz kötött aktivitás kibocsátása a régebbi blokkokhoz tartozó 1. sz. kéményen nagyobb, közel 6 -szorososa 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, **max. 2,0 %-os kihasználással** betartotta a légnemű kibocsátásokra előírt hatósági korlátokat.

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

A Paksi Atomerőmű az 1999. 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 szennyvízcsatornákat (V1, V2 és V3 jelű mintavételi helyek) az üzemi és a hatósági laboratóriumok egyaránt.

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 nagyjából üzem, kisebb részben hatósági mérésekre alapozott, hatóságilag elfogadott, vízzel kibocsátott aktivitások a következők voltak:

összes-béta aktivitás:	1,1 GBq,
trícium:	20,1 TBq,
<sup>90</sup> Sr:	7,0 MBq .

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

Megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű 1999. 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 - <sup>60</sup>Co, <sup>110m</sup>Ag, <sup>137</sup>Cs, valamint <sup>14</sup>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 nem volt kimutatható.

A felszíni vizek üledék mintáiban, ill. a talajban a csernobili eredetű <sup>137</sup>Cs-koncentrációja az alapszintet még valamelyest meghaladja.

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

A folyékony és légköri kibocsátásból néhányszoros bizonytalansággal becsült **évi effektív dózis** összege, a 6.1. táblázat szerint, az erőmű közelében (3 km) **51 nSv**, miközben a természetes háttér éves hazai értéke 3 mSv felett van [5] és az erőműre vonatkozó hatósági dóziskorlát 0,46 mSv .

Az 1999-re becsült dózis az előző évinél (56 nSv) kisebb értékű.

A vízi kibocsátásból származó sugárterhelés (25 nSv) gyakorlatilag megegyezik az előző évben becsült értékkel (24 nSv). Aránya a korábbi évektől eltérően a teljes dózisban már közel 50 %, ennek oka azonban a légköri kibocsátásból származó sugárterhelésben csökkenésében 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 1,3 személy · mSv**.

A kibocsátásra vonatkozó hatósági korlátok kihasználtsága látható a 6.2. táblázatban. Ezek az értékek igen hasonlóak az előző években kapott százalékokhoz. Feltűnő, hogy az üzem a trícium kibocsátással kétharmad részben kihasználja a kibocsátási lehetőséget, ez azonban a dóziskorlát kihasználásában csak mintegy század százalékot képvisel a sugárterhelésnél. A trícium érdemi kiszűrése, visszatartása a jelenlegi körülmények között nem lehetséges, a reaktorvízben megjelenő mennyiség gyakorlatilag mind el is távozik.

Az erőmű 1999. 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
	[ $\mu\text{Sv}$ ]	
Léggöri kibocsátás		
külső sugárterhelés:		
nemesgáz izotópok	0,014	
radiokobalt aeroszol	0,0005	
radioezüst aeroszol	0,001	
egyéb izotóp	0,0002	
belső sugárterhelés:		
inhaláció	0,0022	
radiocézium (élelm.)	0,0017	
radioezüst (élelm.)	0,001	
globális szennyezők (H-3, C-14) (élelm.)	0,0046	
egyéb izotóp	0,0004	
<b>Összes léggöri:</b>	<b>0,026</b>	<b>300</b>
Folyékony kibocsátás		
külső sugárterhelés:	0,001	
belső sugárterhelés:		
trícium	0,016	
egyéb izotóp	0,008	
<b>Összes folyékony:</b>	<b>0,025</b>	<b>160</b>
<b>Mindösszesen:</b>	<b>0,051</b>	<b>460</b>

6.2. táblázat Az üzem által mért és a hatóság által elfogadott tényleges kibocsátási értékek a hatósági kibocsátási korlátok %-ában, 1999 -ben.

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

Kibocsátás	[%]
Légnemű: aeroszol, összes-béta aktivitás	< 0,1
nemesgáz, összes-béta aktivitás	0,4
jód (I-131-egyenérték)	< 0,1
Sr-89 + Sr-90 aktivitás	2,0
Folyékony: hulladékvíz, összes-béta aktivitás	7,4
hulladékvíz, Sr-90 aktivitás	4,8
hulladékvíz, trícium-aktivitás	67

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 világszerte alattiak, míg a légnemű kibocsátások komponensei megegyezők, vagy kissé meghaladják azokat.

6.3. táblázat A villamosenergia termelésre (1 GW·év egységre) normált radioaktív kibocsátások 1999-ben, nemzetközi összehasonlításban [6] (Az erőmű 1999-ben kerekén 1,6 GW·év elektromos energiát termelt.)

Table 6.3. see: Summary

Kibocsátás	Mennyiség	Hatóságilag elfogadott	UNSCEAR (1990-1994)
légköri	nemesgáz, összes-béta [TBq]	33	28
	aeroszol, összes-béta [GBq]	0,21	0,17
	H-3 (HT + HTO) [TBq]	3,4	2,2
	C-14 (CO <sub>2</sub> +szerves) [TBq]	0,59	0,22
	jódok (I-131 egyenérték) [GBq]	0,29	0,29
folyékony	összes-béta [GBq]	0,68	20
	H-3 [TBq]	13	22

## 6.2. Hatósági megállapítások

### 6.2.1. A légköri kibocsátásokról

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

b./ Az üzem 1999. évi légköri kibocsátásai azt mutatták, hogy az erőmű - a korábbi évekhez hasonlóan - igen 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 izotópszétételét 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, 67 %-os volt. A nagy trícium-koncentrációjú mérlegen felüli vizek 1999-ben is a szennyvíz (V3) csatornán kerültek kibocsátásra, ahol a Duna vizénél 4-5 nagyságrenddel nagyobb <sup>3</sup>H koncentrációk alakultak ki.

### 6.2.3. A környezeti radioaktivitásról

a./ A normál környezeti ellenőrzések során csupán a levegőben sikerült atomerőművi eredetű  $^{110m}\text{Ag}$ ,  $^{60}\text{Co}$  és  $^{137}\text{Cs}$  szennyeződést kimutatni, nagytérfogatú aeroszol mintavétellel. A többi vizsgált környezeti komponensben az ellenőrző mérések nem mutattak ki atomerőműből származó radionuklidot.

b./ Az üzemi és a hatósági környezetellenőrzés mérési programja, adatgyűjtése és az eredmények értékelése a 16 éves együttműködés alatt folyamatosan módosult, általában javult.

### 6.2.4. A lakossági sugárterhelésről

Az erőműből eredő külső sugárterhelést közvetlen dózisméréssel nem lehet kimutatni. A kibocsátásból számított átlagos éves effektív dóziszárulék (külső és belső együtt) - a lakosság kritikus csoportjának egyedeire 51 nSv, amely 1998-hoz hasonlóan a korábbi évek dózisaival (74 - 152 nSv) kisebb értékű.

## SUMMARY

The total number of the environmental control measurements carried out in 1999 around the Nuclear Power Plant (NPP) by the authorities was altogether 6750. The distribution of the various types of measurements has not changed last year and the percentage of gamma-spectrometric determinations was similar as in 1998.

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 53 TBq (gross beta), of gross beta aerosols was 330 MBq, of iodine was 470 MBq and of  $^{89}\text{Sr} + ^{90}\text{Sr}$  was 0.74 MBq. Large components of the aerosol activity were the  $^{60}\text{Co}$  (84 MBq),  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  (241 MBq) and  $^{137}\text{Cs}$  (40.4 MBq) nuclides. The distribution of the noble gases was the following:  $^{41}\text{Ar}$ : 17.6 TBq,  $^{85}\text{Kr}$ : 0.184 TBq,  $^{85\text{m}}\text{Kr}$ : 5.8 TBq,  $^{88}\text{Kr}$ : 2.6 TBq,  $^{133}\text{Xe}$ : 2.3 TBq and  $^{135}\text{Xe}$ : 4.3 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 1.1 GBq, the  $^{90}\text{Sr}$  was 7.0 MBq and the tritium release was 20.1 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  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{14}\text{C}$  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 the sediment of surface waters and soil of the area the  $^{137}\text{Cs}$  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 51 nSv/y, while the natural background value is somewhat above than 3 mSv/y [5] and the authorised limit is 0.46 mSv/y. The dose contribution from the aquatic releases of mainly tritium origin due to the drinking water was near to 50 %.

The inhabitants living in the 30 km environment of the NPP are 210 thousands. The collective dose assessed from the individual ones takes about 1.3 man · mSv.

*Table 6.1E. The annual individual effective dose contribution of the different pathways for adults, in 1999, near to the NPP and the dose limits*

<i>Pathway</i>	<i>Assessed dose</i>	<i>Limits</i>
	<i>[ μSv ]</i>	
<i>Airborne releases</i>		
<i>external radiation</i>		
<i>noble gases</i>	<i>0.014</i>	
<i>radiocobalt (aerosol)</i>	<i>0.0005</i>	
<i>radiosilver (aerosol)</i>	<i>0.001</i>	
<i>others</i>	<i>0.0002</i>	
<i>internal radiation</i>		
<i>inhalation</i>	<i>0.0022</i>	
<i>radiocesium (ingestion)</i>	<i>0.0017</i>	
<i>radiosilver (ingestion)</i>	<i>0.001</i>	
<i>global pollutants (H-3, C-14)</i> <i>(ingestion)</i>	<i>0.0046</i>	
<i>others</i>	<i>0.0004</i>	
<i>Sum from airborne releases</i>	<i>0.026</i>	<i>300</i>
<i>Liquid releases</i>		
<i>external radiation</i>	<i>0.001</i>	
<i>internal radiation</i>		
<i>tritium</i>	<i>0.016</i>	
<i>others</i>	<i>0.008</i>	
<i>Sum from liquid releases</i>	<i>0.025</i>	<i>160</i>
<b><i>Total</i></b>	<b><i>0.051</i></b>	<b><i>460</i></b>

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 7.4 % and the tritium release was 67 % 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, 1997.

*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>&lt; 0.1</i>
<i>noble gases, gross beta</i>	<i>0.4</i>
<i>I-131 equivalent</i>	<i>&lt; 0.1</i>
<i>Sr-89 + Sr-90 activity</i>	<i>2.0</i>
<i>Liquid: waste water, gross beta activity</i>	<i>7.4</i>
<i>waste water, Sr-90 activity</i>	<i>4.8</i>
<i>waste water, tritium activity</i>	<i>67</i>

*Table 6.3E. Isotopic composition of the radioactive effluents normalized to the yearly electrical energy production (to 1 GW·year) in 1999, 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 (1990-1994)</i>
<i>airborne</i>	<i>noble gases, gross beta [TBq]</i>	<i>33</i>	<i>28</i>
	<i>aerosol, gross beta [GBq]</i>	<i>0.21</i>	<i>0.17</i>
	<i>H-3 (HT + HTO) [TBq]</i>	<i>3.4</i>	<i>2.2</i>
	<i>C-14 (CO<sub>2</sub>+organic) [TBq]</i>	<i>0.59</i>	<i>0.22</i>
	<i>I-131-equivalent [GBq]</i>	<i>0.29</i>	<i>0.29</i>
<i>liquid</i>	<i>gross beta [GBq]</i>	<i>0.68</i>	<i>20</i>
	<i>H-3 [TBq]</i>	<i>13</i>	<i>22</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 1999. évi jelentése.  
(Szerk.: Volent Gábor) Paks, 2000. április
- [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, 1997)*

**Melléklet**

Az ellenőrzésben résztvevő laboratóriumok:

A Környezetvédelmi Minisztérium (KöM) 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 Intézet, Budapest
- Tolna megyei Gabonaforgalmi és Malomipari Vállalat, Szekszárd
- Szerencsi Cukorgyár, Szerencs
- HUMIL Húsipari Minőségügyi Leányvállalat, Budapest

Az Egészségügyi Minisztérium (EüM) részéről:

- OKK - Országos Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet (OKK-OSSKI), Budapest (bázisintézet):
  - Környezeti Sugáregészségügyi Osztály,
  - Számítás- és Méréstechnikai Osztály
- Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat
  - 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 (MOE):*

- *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*
- *Corn Trade Co., County Tolna, Szekszárd*
- *Sugar-Factory, Szerencs*
- *Meat Qualifying Co., Budapest*

*Ministry of Health (MH):*

- *Natl. Res. Inst. Radiobiol. Radiohyg., Budapest (basic institute)*
  - Environmental Radiohygiene,*
  - Computing and Measuring Methods*
- *County Institute of National Public Health and Officer Service, Szekszárd*

*Nuclear Power Plant (NPP), Paks*

- *Radiation Protection*