

Sugárvédelmi mérések a Gamma új izotóp laboratóriumában

Reinhardt Anikó*, Bäumler Ede, Sarkadi András, Illés Gyula
Gamma Műszaki zRt. 1097 Budapest, Illatos út 9.
*reinhardt@gammatech.hu

A kézirat beérkezett: 2010.04.15

Közlésre elfogadva: 2010.07.15

Radiation protection measurements in the new isotope laboratory of Gamma Co.

In 2009 our firm moved to another location, therefore the establishment of a new isotope laboratory was necessary at the new site. According to the preliminary calculations we expected that the dose rate would not exceed 2 $\mu\text{Gy/h}$ in front of the door of the irradiating room while the new ^{137}Cs source is being used. Since the measurements did not confirm the preliminary values due to considerable scattering in the room itself, we could not use the irradiating room for generating the desirable 1 Gy/h dose rate. Therefore we had to examine the possible ways to reduce the scattered radiation. Our primary aims were to compare the different methods of radiation protection and to reduce the radiation level in the most economical way. The measurements showed that the installation of two lead doors and a lead collimator is the most appropriate solution.

gamma radiation, Compton-scattering, shielding of scattered radiation

2009-ben a cégünk új telephelyre költözött, így ki kellett alakítanunk egy új izotóp laboratóriumot. Az előzetes számítások alapján azt vártuk, hogy az új ^{137}Cs forrás használatakor a besugárzó ajtaja előtt a dózisteljesítmény nem haladja majd meg a 2 $\mu\text{Gy/h}$ értéket. A mért értékek azonban nem egyeztek a vártakkal, melynek oka a besugárzóban fellépő jelentős szórás volt. Emiatt nem tudtuk használni a besugárzót a kívánt 1 Gy/h dózisteljesítmény létrehozására. Ezután megvizsgáltuk a szórt sugárzás csökkentésének lehetőségeit. A mérések célja a különböző sugárvédelmi módszerek összehasonlítása és a sugárszint gazdaságos csökkentése volt. A mérési eredmények alapján két ólomajtó és egy ólom kollimátor beépítése mellett döntöttünk.

gamma-sugárzás, Compton-szóródás, szórt sugárzás árnyékolása

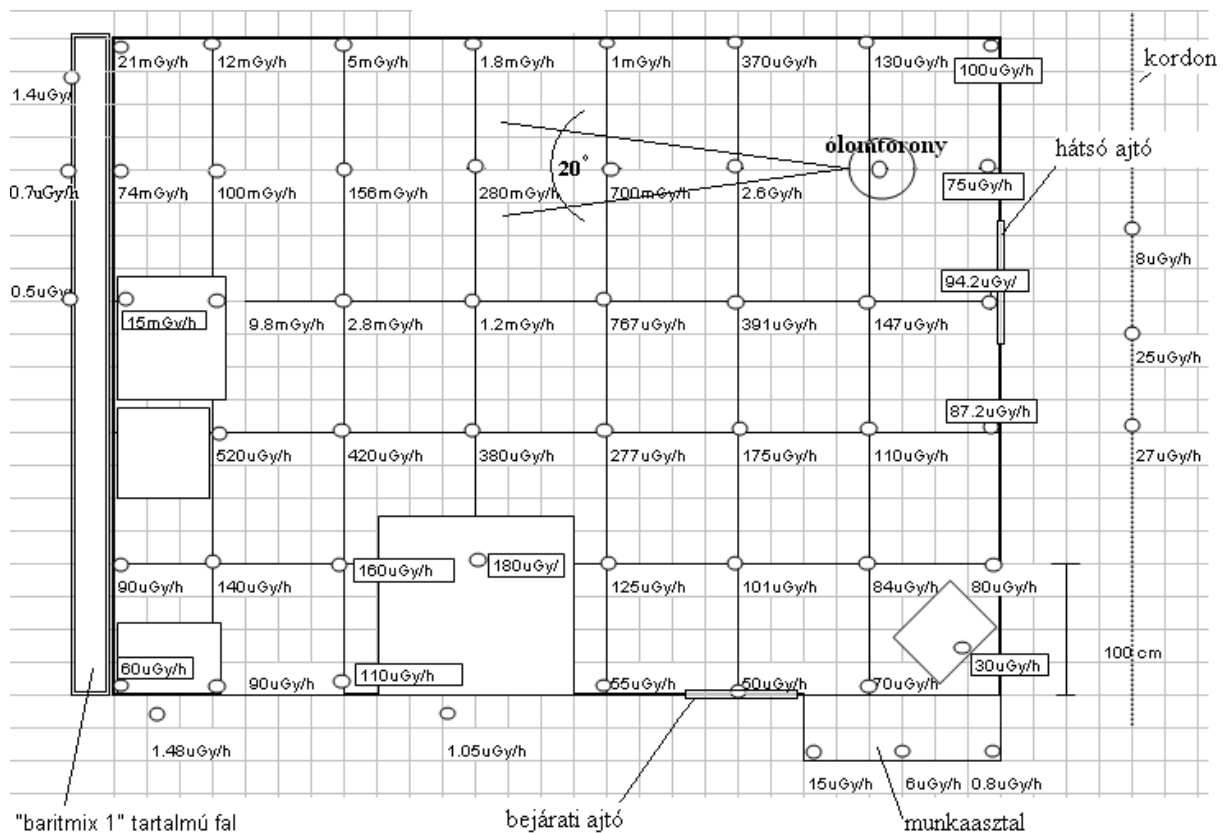
BEVEZETÉS

Az új izotóp laboratórium kialakítása után azt tapasztaltuk, hogy a besugárzás alatt a laboratóriumban mért értékek többszöröse annak, amit korábban vártunk. Ennek legfőbb oka, hogy nagyobb aktivitású sugárforrást sikerült beszerezni, mint amire eredetileg számítottunk. Emiatt a besugárzó helyiségben a direkt sugárkúpot elnyelő hátsó falat jól árnyékoló anyaggal kellett kiegészíteni. Erre a célra vastartalmú „baritmix 1” elnevezésű anyagból készült betont használtunk. A fellépő szórt sugárzás azért is nagy, mert a besugárzó helyiség csak ~7 méter hosszú. A műszerek szabályzásához 20 mGy/h és 1 Gy/h közötti dózisteljesítmény értékekre van szükségünk. Úgy terveztük, hogy a besugárzó bejárati ajtaja előtt a dózisteljesítmény ne legyen nagyobb 2 $\mu\text{Gy/h}$ -nál, mivel itt dolgozik a kezelőszemélyzet.

A BESUGÁRZÓBAN MÉRT KEZDETI ÉRTÉKEK

A méréseket a 29,2 TBq aktivitású ^{137}Cs forrás besugárzási helyzetében végeztük különböző átmérőjű (38 mm és 138 mm) ionizációs kamrákkal és IH-95 típusú műszerrel. A műszerekkel a levegőben elnyelt dózisteljesítményt mértük. A direkt nyalábban a kisebb (típusa 8106/ND1001), a direkt nyalábon kívül eső területeken a nagyobb átmérőjű (típusa 8117/ND1000) ionizációs kamrát, a besugárzó helyiségen kívül az IH-95 típusú műszert használtuk.

A helyiségben és környékén egy 1m×1m-es képzeletbeli rácsháló metszéspontjaiban megmértük a dózisteljesítményt, és felülnézetben ábrázoltuk (1. ábra). Kollimátor nélkül a sugárnyaláb kúpszöge 20° , melyet az 1. ábrán is jelöltünk.

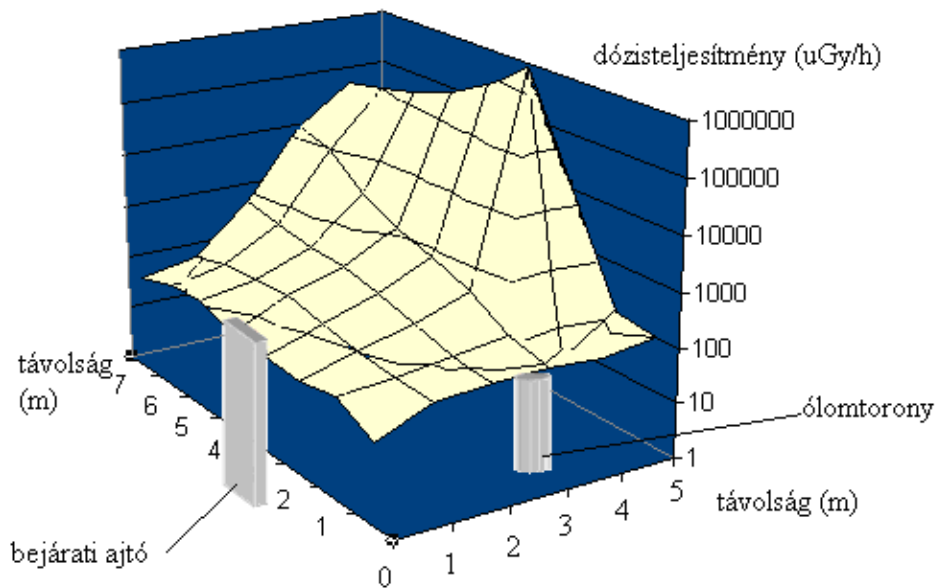


1. ábra. A besugárzó alaprajza és a kezdeti dózisteljesítmény értékek felülnézetben

Az ajtó külső felületén $\sim 50 \mu\text{Gy/h}$, az asztal bal oldalánál $\sim 15 \mu\text{Gy/h}$ volt a dózisteljesítmény, melyek nagyobbak a kívánt értéknél. A baritmix 1 tartalmú fal túloldalán, a laborokban a dózisteljesítmény nem érte el a $2 \mu\text{Gy/h}$ -t.

A besugárzóban mért kezdeti értékeket három dimenzióban is ábrázoltuk (2. ábra), hogy szemléletesebb képet kapjunk. A rácshálós alaprajzot megtartottuk, a függőleges tengelyre a dózisteljesítményt vettük fel $\mu\text{Gy/h}$ egységben logaritmikus skálán. A besugárzónak van egy hátsó ajtaja is, amely az udvarra nyílik. Az ajtó előtt kordonnal elkerítettünk egy 1 m széles sávot, de a kordon vonalánál is közel $30 \mu\text{Gy/h}$ volt a dózisteljesítmény. Így nemcsak a munkaasztalnál, hanem az itt mért értéket is csökkenteni szeretnénk volna. Először megvizsgáltuk, hogy a nagy dózisteljesítmény nem közvetlenül a toronyból származik-e. Az ólomtorony és a hátsó ajtó közé szabványos, 50 mm vastag ólomtéglából épített ólomvértet

tettünk, és azt tapasztaltuk, hogy hátul a mért értékek nem csökkennek. Ezért a szórt sugárzás elemzésébe kezdtünk.

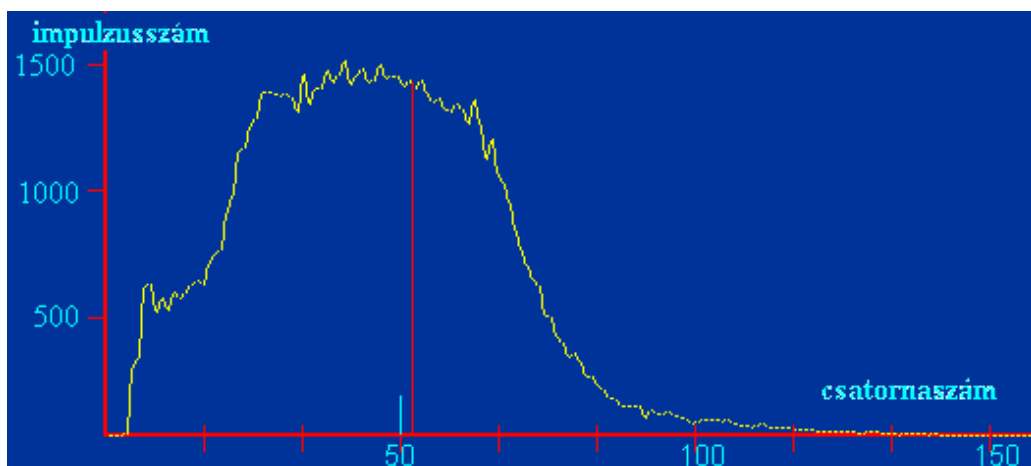


2. ábra. A besugárzóban mért kezdeti dózisteljesítmény értékek (3D)

A SZÓRT SUGÁRZÁS VIZSGÁLATA

A sugárzás energiája

A besugárzó ajtaja előtt szcintillációs detektorral felvettük a sugárzás spektrumát. Az impulzusszám a függőleges tengelyen, a csatornaszám a vízszintes tengelyen szerepel. A 3. ábrán láthatjuk, hogy a szórt sugárzás a 0–130. csatornaszám tartományban van, ezen belül a műszer a legtöbb impulzust a 20–70. csatornában regisztrálta. A nagyfeszültség úgy van beállítva, hogy a ^{137}Cs 662 keV-os vonala a 200. csatornába essen. Eszerint a 20–70. csatornaszám tartomány a 66–230 keV energiatartománynak, a 130. csatorna pedig 430 keV-nak felel meg. Tehát a szórt sugárzás energiája alacsonyabb, mint 430 keV, jelentős része pedig a 66–230 keV energiatartományba esik.



3. ábra. A szórt sugárzás spektruma

Arra is választ szeretnénk volna kapni, hogy a ^{137}Cs 662 keV energiájú vonalán kívül jön-e ki számottevő szórt sugárzás közvetlenül a toronyból. A kísérlethez egy rézből készült 20 mm vastag, 70 mm átmérőjű korongot használtunk, amelyet az ólomtorony furatába helyeztünk. A feltételezés szerint a szórt sugárzás energiája ~80 keV, ezt a torony anyagának, tehát az ólomnak a $K\alpha$ vonala határozza meg elsősorban. A kis energiájú sugárzást a réz olyan alacsony szintre csökkenti, hogy az a háttérsugárzás mellett elhanyagolható. A méréseket az ajtó közepén és a munkaasztalnál végeztük, kb. 140 cm magasan tartva a dózisteljesítményt mérő műszert. A rézkorongot az ólomtorony furatába helyezve az ajtónál 41 $\mu\text{Gy/h}$ -t mértünk a korábbi 50 $\mu\text{Gy/h}$ helyett, tehát a dózisteljesítmény az ajtó előtt ~20%-kal csökkent. Ez igazolja, hogy a toronyból valóban jön ki alacsony energiás sugárzás. A sugárkúpban ugyanakkor csak alig 1%-kal csökkent a mért dózisteljesítmény. Ez azzal magyarázható, hogy ugyan a szórt sugárzás a teljes sugárzásnak csak 1 %-a, de a kis energiája miatt nagyobb valószínűséggel szóródik, mert a Compton-effektus hatáskeresztmetszete alacsony energiákra nagyobb. Így ez az 1 %-nyi sugárzás okozza az ajtó előtt mérhető dózisteljesítmény ~20%-át.

A sugárzás iránya

Ahhoz, hogy megtudjuk, melyik irányból érkezik az ajtóhoz a sugárzás, egy gurulós állványt toltunk az ajtó elé, és felépítettünk rá egy ólomtéglát „kalitkát”. Ebben helyeztük el a dózisteljesítményt mérő műszert. Az ólomtéglát mindig úgy helyeztük el, hogy felül, alul vagy oldalt legyen egy kis rés, amin akadálytalanul bejuthat a sugárzás. Amikor a rés lent vagy jobb oldalon volt, nem nőtt a mért érték akkora mértékben, mint amikor fentről vagy balról engedték be a sugárzást. Ennek alapján megállapítottuk, hogy a sugárzás legerősebben a baritbeton falról és a plafonról szóródik

A DÓZISTELJESÍTMÉNY CSÖKKENTÉSE

Ólomvért építése


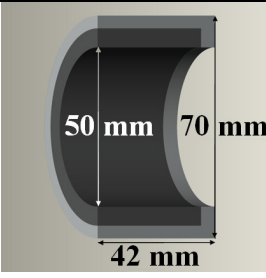

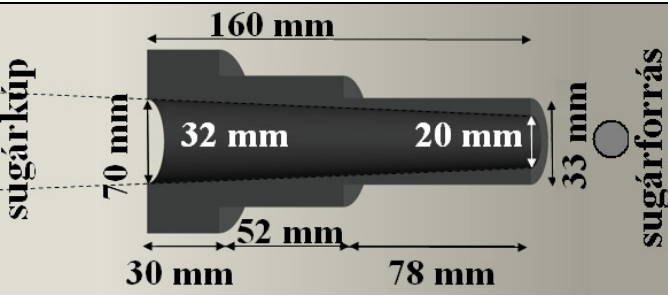
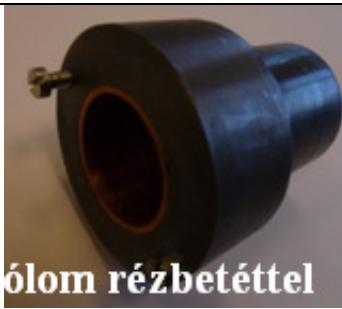
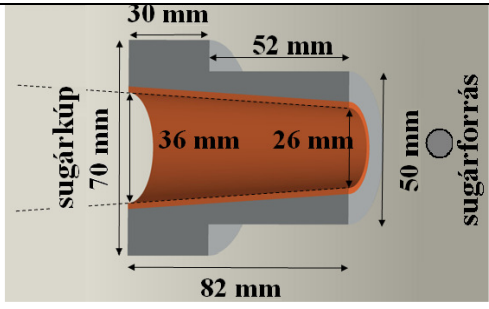
A sugárzás szórt jellegének felismerése előtt először az ólomtorony mellé épített ólomvérttel próbáltuk csökkenteni az ajtó előtt mérhető dózisteljesítményt. A vért ólomtéglából állt, kezdetben egy- majd kétrétegű téglafalat építettünk. Ez nem csökkentette a dózisteljesítményt, sőt, a sugárzás a vért is szóródott, így a besugárzó helyiség bejárati ajtaja előtt mért érték nőtt.

Kollimátorok használata

Következő lépésként kipróbáltunk háromféle, A, B és C jelű kollimátort (1. táblázat), és összehasonlítottuk őket aszerint, hogy a műszerek beállításához szükséges dózisteljesítmény tereknél milyen széles sugárkúpot hoznak létre. Ez azért lényeges, mert a műszereinkben 80 mm széles, téglalap keresztmetszetű GM cső van, így a mérésekhez legalább ekkora átmérőjű sugárkúpra van szükség. A sugárkúp átmérőjének határára az a megkötésünk, hogy a maximális dózisteljesítménytől való eltérés ne legyen nagyobb, mint 3%. A mérések célja annak az optimumnak a megtalálása, ahol a sugárkúp még kellő átmérőjű, és az ajtó előtti dózisteljesítmény a lehető legalacsonyabb.

A 2. táblázat a kollimátor nélkül és a különböző kollimátorokkal mért értékeket hasonlítja össze. A méréseket a műszerek beállításához szükséges dózisteljesítmény terekben végeztük.

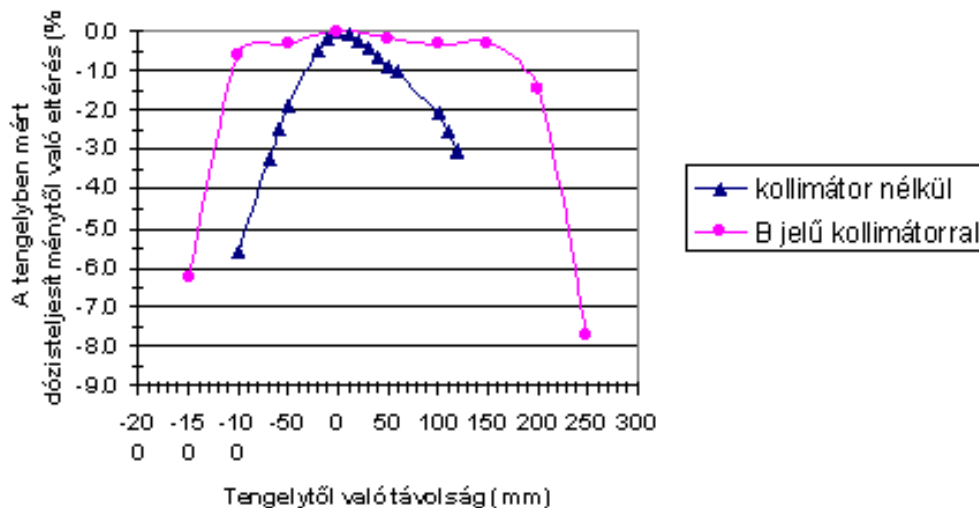
1. táblázat. A kollimátorok tulajdonságai

A	 <p>rozsdamentes acél ólom betéttel</p>	
B	 <p>ólom</p>	
C	 <p>ólom rézbetéttel</p>	

2. táblázat. A különböző kollimátorokkal létrejött sugárkúpok átmérője

kollimátor	a sugárkúp átmérője 1 Gy/h-nál	a sugárforrástól való távolság (mm)	a sugárkúp 700 mGy/h-nál	a sugárforrástól való távolság (mm)
nélkül	9 cm	1600	10 cm	1900
A jelű	9 cm	1600	10 cm	1900
B jelű	9 cm	1100	10.5 cm	1300
C jelű	5 cm	1480	6 cm	1750

A táblázatból is látszik, hogy az A jelű egyáltalán nem változtatott a sugárkúpon, a C jelű pedig túlságosan leszűkítette azt (az így létrejött sugárkúp átmérője nem éri el a műszerekhez szükséges minimumot). A B jelűvel a sugárkúp átmérője nem csökkent, a 700 mGy/h-s térben való mérés szerint nőtt is, viszont nagymértékben csökkentette a sugárkúpban mérhető dózisteljesítményt. Ez nem akadályozza a szabályzást, csak a műszer és a sugárforrás közti távolságot kellett csökkenteni. A B jelű kollimátor hatására a sugárkúp közepe szinte kiegyenesedett, ami a mérés szempontjából előnyös. A jobb összehasonlíthatóság miatt azonos skálán ábráztuk a kollimátor nélkül és a B jelű kollimátorral (4. ábra) mért sugárkúpot 4000 mm távolságra a sugárforrástól. Az ábrán látszik, hogy a kollimátorral a sugárkúp nemcsak szélesebb, hanem homogénebb is.



4. ábra. A sugárkúp kollimátor nélkül és a B jelű kollimátorral 4000 mm távolságra a sugárforrástól

A munkahely különböző pontjain mért dózisteljesítmény értékek alapján szintén a B jelű kollimátor bizonyult a legjobbnak, mivel az ajtó és a munkaasztal környékén ~80%-kal csökkentette a dózisteljesítményt ahhoz az értékhez képest, amit kollimátor használata nélkül mértünk (3. táblázat).

3. táblázat. A különböző kollimátorok dózisteljesítmény csökkentő hatása

kollimátor	ajtón mérve ($\mu\text{Gy/h}$)	a kollimátor nélkül mért értéktől való eltérés (%)	munkaasztalon mérve ($\mu\text{Gy/h}$)	a kollimátor nélkül mért értéktől való eltérés (%)
nélkül	50	-	15	-
A jelű	30	-40	10	-33
B jelű	8	-84	3	-80
C jelű	17	-66	6	-60

Ólomajtó beépítése

A B jelű kollimátor nagymértékben csökkentette az ajtónál mérhető dózisteljesítményt, azonban az így mért érték még mindig nagyobb volt a kívánt szintnél. Ezért a hátsó ajtót 5 mm vastag ólomlemez borítottuk, így a kordonnál a 25–30 $\mu\text{Gy/h}$ helyett 1–2 $\mu\text{Gy/h}$ -ra csökkent a dózisteljesítmény. A műszert közvetlenül az ajtóra helyezve is csak 2–3 $\mu\text{Gy/h}$ -t mértünk, tehát itt elértük a kívánt szintet. A bejárati ajtót 2*5 mm vastag ólomlemez borítással terveztük, mivel az ajtó közelében munkavégzés folyik. Ez viszont újabb problémát vet fel, az ajtó kerete nem bírná ki a megnövekedett terhelést. Így a régi ajtó ólomlemezrel való burkolása helyett új ólomajtó készül.

ÉRTÉKELÉS

Az új izotóp laboratórium tervezésekor a legfontosabb szempont a sugárvédelem volt, ezért a besugárzó helyiség egyik fala jól árnyékoló anyagból, baritbetonból készült. Mivel azonban a Compton-szóródás valószínűsége arányos a szóró anyagban lévő gyengén kötött elektronok számával, így a rendszámmal és a sűrűséggel is, a vastartalmú „baritmix 1” anyagú fal miatt

megnőtt a helyiségben fellépő szórás, ennek következtében pedig a munkavégzés helyén a dózisteljesítmény. A nagy munkahelyi dózisteljesítményt több módszerrel próbáltuk csökkenteni, végül egy ólom kollimátor ólomtoronyba szerelésével együtt az egyik ajtó ólomlemezzel való burkolása, illetve a másik ajtó kicserélése mellett döntöttünk.

A pályamű a SOMOS Alapítvány támogatásával készült