

A PAKSI ATOMERŐMŰ LESZERELÉSI TERVÉNEK AKTUALIZÁLÁSÁHOZ TARTOZÓ RADIOLÓGIAI FELMÉRÉS ÉRTÉKELÉSE

Nagy Gábor

Somos Kft, 1118 Budapest, Sasadi út 70.
gabor.nagy@somos.hu

A kézirat beérkezett: 2017.05.11.

Közlésre elfogadva: 2017.06.30.

For the NPPs one of the most important document is the decommissioning project prescribed by the international and national rules. The requirements of the disassembling process are contained by Nuclear Security Papers. By the national regulations the actual version of the decommissioning project must be submitted to the authority in 2013.

To refresh the decommissioning project and for the adequate calculations of the disassemble tasks there was essential to carry out radiological survey providing information about the volume of the tasks of the decommissioning, decontamination and about the volume of the radioactive waste during the disassembly activities.

The actual work overviews activities related to sampling and measuring procedures during the survey.

Decommissioning, radiological survey

Az atomerőmű leszerelési tervét az engedélyesnek jogszabály alapján [1], 5 évenként felül kell vizsgálnia, és szükség esetén aktualizálnia kell. A hatályos jogszabályi előírás alapján a jelenleg üzemelő blokkok aktuális felülvizsgált leszerelési tervét 2013-ban kellett benyújtani a hatósághoz.

A leszerelési terv aktualizálásához radiológiai felmérést kellett végezni, amely alapján meghatározhatóak a leszerelés egyes feladatai, az azokhoz szükséges dekontaminálás terjedelme, a keletkező radioaktív hulladékok, illetve a felszabadítható anyagok mennyisége.

Jelen munka áttekinti a radiológiai felmérés során elvégzett feladatokat, azok végrehajtását és az alkalmazott mérési eljárásokat.

Leszerelés, radiológiai felmérés

BEVEZETÉS

Az atomerőmű leszerelési feladatok végrehajtását megelőzően, a leszerelési terv véglegesítéséhez szükséges egy, az atomerőmű végleges leállítását követően elvégzett átfogó és teljes körű radiológiai felmérés. A felméréstől függetlenül, részben a leszerelési tevékenységek tervezésének megfelelő előkészítése, részben a feladatok végrehajtásához szükséges eszközök, berendezések, valamint mindezek költségeinek kellő időben történő meghatározása, aktualizálása céljából az üzemeltetés során időszakosan át kell tekinteni a létesítmény sugárzási helyzetét.

Annak érdekében, hogy a leszerelés költségei megfelelően becsülhetőek legyenek, az üzemeltetés során radiológiai felmérést kell végezni, amely alapján meghatározhatóak a végleges leszerelés egyes feladatai, az azokhoz szükséges dekontaminálás terjedelme, a keletkező radioaktív hulladékok, illetve a felszabadítható anyagok mennyisége. Az üzemeltetés során elvégzett radiológiai felmérések alapján meghatározott feladatokat és költségeket az erőműben a sugárzási helyzet változásának függvényében aktualizálni kell.

MÉRÉSI PROGRAM

Az erőmű üzemideje alatt végzett sugárvédelmi mérések segítséget jelentenek a leszerelést előkészítő radiológiai felméréssel történő sugárzási helyzet meghatározásához. Ezeket a méréseket azonban alapvetően nem a leszereléssel kapcsolatban végzik, így csak kiegészítő információnak tekinthetők.

A leszereléssel kapcsolatos feladatok elvégzéséhez meg kellett határozni azokat a méréseket, amelyeket kifejezetten a leszerelési terv elkészítése és aktualizálása céljából szükséges elvégezni. E mérések körét a továbbiakban kiegészítő radiológiai felmérésnek nevezzem.

A kiegészítő radiológiai felmérés feladatai, egy az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. által korábban elfogadott jelentés alapján lettek meghatározva. A felmérés programját a következők figyelembe vételével kellett kidolgozni:

- Mérési eredmények alapján ismertetni kellett az ellenőrzött zóna helyiségeinek sugárzási helyzetét, a meghatározó radionuklidokat. El kellett készíteni a radioaktív szennyeződések jellemzését (pl. fixált, laza stb.), valamint össze kellett állítani a létesítmény dózistérképét.
- Be kellett mutatni a radioaktív, ill. radioaktív anyagot tartalmazó rendszerek listáját. Ismertetni kellett a rendszerek felületén és belsejében található radionuklidokat, azok mennyiségét és minőségét a maximális és átlagos értékek megadásával.
- A létesítmény környezete sugárvédelmi helyzetének jellemzéséhez mérésekre alapozva ismertetni kellett azon területeket, ahol felszíni talajszennyezettség mutatható ki. A szennyező izotópokat helyszínenként kellett azonosítani, és meg kellett adni azok kémiai formáját, maximális és átlagos aktivitását.
- A környezet sugárvédelmi felmérésének a felszíni és felszín alatti vizek vizsgálatára is ki kellett terjednie.

A mérési program meghatározásánál figyelembe veendő alapvető szempont volt, hogy az üzemvitelt minél kevésbé befolyásolja, a berendezések belsejében történő méréseket csak azok - a karbantartás, főjavítás során történő - megbontásának időszakára lehetett ütemezni.

A helyiségek felületi szennyezettsége

Az ellenőrzött zóna helyiségeiben a következő kiegészítő mérések elvégzése volt szükséges:

- A nem fixált/teljes felületi szennyezettség (FSZ) arányának meghatározása helyiségenként – ahol ezt a gamma-háttér megengedi, legalább két – a legnagyobb és átlagos szennyeződéssel jellemezhető – ponton.
- A fenti pontokon vett dörzsminták - legnagyobb aktivitásúak 20%-ának - gamma-spektrometriai elemzése.
- A gamma-spektrometriai elemzések alapján reprezentatívnak tekinthető mintacsoportokban - csoportonként legalább 3-3 minta - radiostroncium és alfa-sugárzó izotópok kvalitatív és kvantitatív meghatározása.

A mérési programban kötelezően előírt helyiségekből vett dörzsmintákból stroncium és az alfa-spektrometriai méréseket kellett végrehajtani.

Berendezések külső és belső felületi szennyezettsége

A leszerelési terv aktualizálásának megalapozásához a berendezések külső felületeinek szükséges kiegészítő méréseit az érintett berendezéskörre teljes körűen meg kellett határozni az alábbiak figyelembe vételével:

- A berendezések külső felületén a nem fixált/teljes felületi szennyezettség arányának meghatározása berendezésenként – ahol ezt a gamma-háttér megengedi –, legalább két – a legnagyobb és átlagos szennyeződéssel jellemezhető – ponton.
- A fenti pontokon vett dörzsminták - legnagyobb aktivitásúak 20%-ának - gamma-spektrometriai elemzése.
- 24 db a mérési programban előírt berendezésről vett dörzsminta radiostroncium és alfa-sugárzó izotópok, valamint ^{55}Fe és ^{59}Ni izotópok kvalitatív és kvantitatív meghatározása.

Épületszerkezetek vizsgálata

A radiológiai felmérés során, az épületszerkezeteken szükséges kiegészítő méréseket kellett elvégezni:

- A valószínűsíthetően szivárgásoknak kitett, esetlegesen „pangó vizeket” tartalmazó épületrészek (falak, földem, padló) dózisteljesítmény mérése és in-situ gamma-spektrometriai vizsgálat elvégzése.
- A fenti vizsgálatok által igazoltan szennyezett pontokon – ha lehetséges – mintavétel (anyagminta: folyadék, kaparékminta vagy dörzsminta) és a minta gamma-spektrometriai elemzése.
- A gamma-spektrometriai elemzések alapján reprezentatívnak tekinthető mintacsoportokban – csoportonként legalább 2-2 minta - tiszta béta-sugárzó és alfa-sugárzó izotópok kvalitatív és kvantitatív meghatározása.
- A reaktorcsarnok „forró pontjain” – ahol a padló felületi szennyezettsége a megengedett szintnél két nagyságrenddel nagyobb – dörzsmintavétel és gamma-spektrometriai elemzés végrehajtása.

A mérési programban számos kötelezően megmintázandó helyiség szerepelt.

Az üzemi területen végzendő kiegészítő mérések

Felszíni talajvizsgálatok:

- ^{90}Sr vizsgálat a 10 mintavételi ponton.
- Urán aktivitásának meghatározása izotóponként a 10 mintavételi ponton.
- Urán alapszint (vonatkoztatási szint) meghatározása a felszíni (0-3 cm) talajrétegre.
- Vonatkoztatási szint céljára alkalmas mintavételi pont(ok) kijelölése a 10 mintavételi pont közül, vagy azokon kívül.

Talajvízvizsgálatok:

- Alfa-aktivitás mérése uránizotópokra, valamint a plutóniumon kívüli, más transzurán izotópokra (^{241}Am , ^{242}Cm , ^{244}Cm), a 23 db automata mintavevős kútból vett minták közül az 5 legnagyobb szennyezettségűn. A kiválasztás alapja a kutakban mért ^3H szennyezettség.

A telephely környezetében végzendő kiegészítő mérések

- Felszíni talajminták alfa-aktivitásának (uránizotópok, transzuránok) meghatározása 5 mintavételi ponton (4 db A és a B állomásnál).

- Aeroszol ^{90}Sr és alfa-aktivitás (uránizotópok, transzuránok) mérése egyesített mintákból, 4 mintavételi ponton (4 db A állomásnál).
- Aeroszol alfa-aktivitás (uránizotópok, transzuránok) alapszint (vonatkoztatási szint) meghatározása, 1 mintavételi ponton (B állomásnál).
- Felszíni vizek és vízi környezeti minták (iszap) alfa-aktivitás (uránizotópok, transzuránok) meghatározása.
- Alapszint (vonatkoztatási szint) meghatározása Duna-víz és Duna-iszap esetében: részletesebb gamma-spektrometria, továbbá alfa-aktivitás (uránizotópok, transzuránok), 1-1 mintavételi ponton.

AZ ÜZEMVITEL SORÁN VÉGZETT MÉRÉSEK ADATAINAK ÁTVÉTELE TOVÁBBI ÉRTÉKELÉSHEZ

Az atomerőmű üzemeltetése során a Sugár- és Környezetvédelmi Főosztály széleskörű sugárvédelmi ellenőrző programot hajt végre, éves mérési program alapján végzi a méréseket. Még ha az ezen ellenőrző programmal szembeni követelmények, elvárások nem is teljesen azonosak a leszerelést előkészítő sugárvédelmi mérési programéival, az eredmények – itt a normál üzemi ellenőrzési programon kívül az üzemi események, üzemzavarok vizsgálati eredményeit is figyelembe kell venni – mindenképpen értékes információt jelentenek a leszerelés tervezését megalapozó radiológiai mérési programok megalapozásához, kiegészítéséhez.

Ahhoz, hogy teljesebb képet kapjunk az atomerőmű sugárzási helyzetéről a fenti üzemviteli sugárvédelmi ellenőrző programon felül szükség van egy jóval kiterjedtebb felmérésre. Az üzemszerűen végrehajtandó mérési program többek között nem terjed ki teljes körűen a nem kezelhető helyiségekre, valamint a helyiségekben a felületi szennyezettség mérések kéziműszerrel történnek, dörzsmintavétel csak abban az esetben történik, ha az adott ponton mért kéziműszeres érték meghaladja az MSSZ szerinti, a helyiségre vonatkozó ellenőrzési szintet. Továbbá a felmérési program végrehajtása során minden helyiségben legalább 4 ponton mértünk dózisteljesítményt és felületi szennyezettséget. Ennek eredményeképpen jóval nagyobb mennyiségű adat áll rendelkezésre.

ALKALMAZOTT MÉRÉSI ELJÁRÁSOK

A radiológiai felmérés során méréstechnikai oldalról megközelítve, a következő mennyiségek mérésére kellett felkészülni:

- kézi műszeres felületi szennyezettség mérés,
- kézi műszeres gamma-dózisteljesítmény mérés,
- teljes szennyezettség meghatározás (béta-, indokolt esetben alfa-sugárzó radionuklidokra),
- nem fixált szennyeződés meghatározás (nuklidspecifikus meghatározása szükséges),
- aktivitáskoncentráció meghatározás (nuklidspecifikus meghatározás, in-situ méréssel vagy minták analízisével).

HELYISÉGMÉRÉSEK

Az ellenőrzött zóna helyiségeiben a dózisteljesítményt és a felületi szennyezettséget nagyrészt a helyiségekben elhelyezett technológiai rendszerek, berendezések okozzák. Az adott helyiségre jellemző dózisteljesítmény és a felületi szennyezettség a blokk üzeme és karbantartása következtében változhat, hiszen a főjavítások alatt a berendezéseket megbontják, azokon munkát végeznek, ennek következtében az aktívabb, szennyezettebb

belső részek közvetlenül is érintkezhetnek a helyiség levegőjével és felületeivel, ezáltal akár belső sugárterhelés okozhatnak.

1. táblázat Egy helyiségben mért legnagyobb értékek

	Mért érték
Dózisteljesítmény átlag [$\mu\text{Sv/h}$]	2125
Dózisteljesítmény maximum [$\mu\text{Sv/h}$]	4500
Kéziműszeres FSZ mérés átlag [Bq/cm^2]	31
Kéziműszeres FSZ mérés maximum [Bq/cm^2]	75

A mérési eredményeket megvizsgáltam felszabadíthatóság szempontjából is [2]. A kapott eredmények alapján nyilvánvaló, hogy a végleges leszerelés előtt igen alapos és részletes felmérést kell végezni, mivel sok izotóp esetén csak az esetenként kiugró maximum értékeknél állapítható meg felszabadítási szintnél magasabb érték.

2. táblázat Helyiségek dörzsmintáinak gamma-spektrometriai mérés alapján meghatározott felületi szennyezettség

Mért izotóp	Kimutatási határ feletti mintaszám	Átlag [Bq/cm^2]	Maximum [Bq/cm^2]	Felszab. szint RP_113 ⁽¹⁾
⁵¹ Cr	143	0,485	21,6	-
⁵⁴ Mn	301	1,86	344	1,5
⁵⁸ Co	277	0,907	150	3,2
⁵⁹ Fe	174	0,375	30,8	-
⁶⁰ Co	356	4,65	661	0,36
⁶⁵ Zn	166	0,16	3,83	2,3
⁹⁴ Nb	111	0,055	0,404	0,53
⁹⁵ Zr	137	0,229	7,2	1,8
¹⁰³ Ru	110	0,036	0,159	-
¹⁰⁶ Ru	185	0,432	8,04	5,6
^{108m} Ag	86	0,04	0,189	0,51
^{110m} Ag	298	0,663	26,1	0,48
¹²⁴ Sb	135	0,469	12	1,9
¹²⁵ Sb	71	0,149	1,98	2,1
¹³⁴ Cs	130	0,291	28,3	0,63
¹³⁷ Cs	219	4,86	1013	1,5
¹⁴¹ Ce	122	0,041	0,23	-
¹⁴⁴ Ce	108	0,456	12,8	2,6
¹⁵⁴ Eu	105	0,358	22,8	0,69

A felmérés során mért pontok, dózisteljesítmény és felületi szennyezettség mérési pontok rögzítésre kerültek. Ezek alapján a későbbiekben a rögzített pontokon újra elvégezhetjük ugyanezeket a vizsgálatokat, így képet kapunk a helyiségek dózisteljesítmény és felületi szennyezettség állapotának időbeni változásáról.

¹ A 60 napnál rövidebb felezési idejű radioizotópokra nem közölnek felszabadítási szintet a [3] irodalomban, mivel azokról feltételezik, hogy a felszabadítási eljárás kezdetére már lebomlottak.

RENDSZEREK, BERENDEZÉSEK, ALKATRÉSZEK, ANYAGMINTÁK ÉS ÉPÜLETSZERKEZETEK SZENNYEZETTSÉGE

A berendezések külső és belső felületein mért dózisteljesítmény, felületi szennyezettség és aktivitáskoncentráció értékek az adott berendezésre annak adott állapotában jellemzőek, ezen mérések alapján a teljes primerköri rendszerekre vonatkozó következtetéseket nem vonhatunk le.

3. táblázat Berendezés dörzsminták gamma-spektrometriai mérése

Mért izotóp	Berendezés			
	Külső felület [Bq/cm ²]		Belső felület [Bq/cm ²]	
	Átlag	Maximum	Átlag	Maximum
⁵¹ Cr	0,266	0,396	6,17	69,8
⁵⁴ Mn	0,089	0,605	1,15	16,2
⁵⁸ Co	0,082	0,411	7,72	139
⁵⁹ Fe	0,085	0,114	1,26	11,9
⁶⁰ Co	0,176	1,34	9,83	149
⁶⁵ Zn	0,122	0,247	0,449	2,53
⁹⁴ Nb	0,034	0,047	0,128	0,64
⁹⁵ Zr	0,076	0,265	1,42	16,2
¹⁰³ Ru	0,032	0,051	0,128	1,22
¹⁰⁶ Ru	0,329	0,519	13,9	251
^{108m} Ag	0,028	0,059	0,523	10,4
^{110m} Ag	0,135	1,57	35,1	1210
¹²⁴ Sb	-	-	11,7	113
¹²⁵ Sb	0,084	0,129	0,24	0,824
¹³⁴ Cs	0,04	0,095	0,104	0,642
¹³⁷ Cs	0,028	0,05	0,116	0,577
¹⁴¹ Ce	0,038	0,095	0,07	0,486

^{144}Ce	0,19 1	0,53	3,35	49,6
^{154}Eu	0,03 3	0,051	0,21	1,55

Az erőmű épületszerkezetét és épületszerkezeti anyagmintáit vizsgálva megállapítható, hogy a korábban szivárgást mutató helyiségek szivárgás szempontjából nagyobb jelentőséggel bíró része a hermetikus térben található.

Jelen vizsgálatok pontos képet adnak az adott helyek sugárzási paramétereiről, viszont az további vizsgálatot igényel, hogy az épületszerkezet a folyás helyének környezetében milyen mértékben szennyeződött.

Mind a berendezések, mind az épületszerkezeti minták részletes dokumentálásának köszönhetően a későbbiek során, ugyanezen berendezéseken és épületszerkezeti pontokon vett minták kiértékelésével pontos képet kaphatunk a radiológiai állapotok időbeni változásáról.

ÜZEMI ÉS TELEPHELYEN KÍVÜLI TERÜLETEK

Az erőmű igen kiterjedt üzemi mérési programot hajt végre a saját sugárvédelmi ellenőrzési szabályzatainak megfelelően. A kiegészítő radiológiai felmérés során ezeket a méréseket egészítettük ki további vizsgálatokkal, melyek alapján pontosabb képet kaptunk a telephelyen belüli és azon kívüli radiológiai viszonyokról.

A minták kiértékelése után megállapítható, hogy az eredmények összevethetőek a vonatkoztatási szint értékeivel, a transzurán izotópok aktivitása pedig kimutatási határ alattiak voltak.

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen cikkben a paksi atomerőmű leszerelési tervének 2013. évi aktualizálását megalapozó, 2012-ben elvégzett radiológiai felmérés programjának végrehajtását és eredményeit mutattam be.

Az atomerőmű, a működése során maga is végez üzemvitelszerűen radiológiai méréseket. Megállapítható, hogy az atomerőmű saját működési szabályzatában leírt mérések nem nyújtanak teljes képet az atomerőmű aktuális sugárzási viszonyairól, mivel csak korlátozott számú helyiségre terjednek ki, ezért indokolt a kiegészítő radiológiai felmérés elvégzése.

Az elkészült munka végén javaslatokat fogalmaztam meg a jövőben elvégzendő radiológiai felmérésekkel kapcsolatban. Szükségesnek tartom a mostani nagyszámú helyiségmérés megtartását, hogy minél kiterjedtebb és pontosabb képet kapjunk. Javasolom a későbbi programok során a vizsgálandó berendezések számának növelését. Pontosabb képet kapnánk, ha egy-egy rendszer több összefüggő elemét is vizsgálatnak vetnénk alá, nem csak egy-egy kiragadott berendezést.

Összességében elmondható, hogy igen nagy mennyiségű mérési adattal alátámasztott felmérés született, ami az adatok részletes elemzése után megfelelő alapot nyújtott a leszerelési terv aktualizálásához.

IRODALOM

- [1] 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről, 8. számú melléklet, 8.2.3.0600 pontja

- [2] Radiation Protection 122 (EURATOM) Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption Part I. Guidance on General Clearance Levels for Practices (2000)

A pályamű a SOMOS Alapítvány támogatásával készült.