

# Folyékony radioaktív hulladékok térfogatcsökkentése az MVM Paksi Atomerőműben

*Feil Ferenc, Elter Enikő, Otterbein János, Nényei Árpád*

MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

7031 Paks, Pf.71

## Bevezetés

A nukleáris alapú villamos energia-termelés elkerülhetetlen melléktermékei a radioaktív hulladékok, amelyek kezeléséről, átmeneti és végleges tárolásáról gondoskodni kell.

Az atomerőmű ellenőrzött zónájában különböző forrásokból, radioaktív izotópokat tartalmazó vegyszeres hulladékvizek keletkeznek. Ezekben a kis szárazanyag tartalmú (3-5 g/dm<sup>3</sup>) oldatokban a primerkör vízüzeméhez, dekontaminálási célokra, a víztisztítók regenerálására, és a reaktorteljesítmény finomszabályozására használt oldott vegyszerek találhatóak meg. Az összegyűjtött hulladékvizek vegyszeres kezelés után bepárlásra kerülnek kb. 200 g/dm<sup>3</sup> bórsav koncentrációjú sűrítménnyé. Ezek a sűrítmények adják az erőmű folyékony radioaktív hulladékainak nagy részét.

A hatályos előírások és követelmények szerint a folyékony radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére csak szilárdított formában kerülhet sor. A kilencvenes években az erőmű üzemeltetése során a folyékony radioaktív hulladékok mennyiségének növekedése, a hazai végleges tárolási lehetőség hiánya, illetve a végleges tárolás költségeinek várható értéke arra ösztönözte az erőművet, hogy térfogat csökkentő technológia fejlesztésével csökkentse a végleges elhelyezésre kerülő radioaktív hulladékok térfogatát, illetve a végleges elhelyezés költségeit.

Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény [1] (atomtörvény) 40. §-a szerint a radioaktív hulladék végleges elhelyezésével összefüggő feladatok elvégzéséről a Kormány által kijelölt szerv, a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (RHK Kft.) gondoskodik.

Az atomtörvény 62. §-ának (1) bekezdése szerint a Központi Nukleáris Pénzügyi Alap (KNPA) elkülönített állami pénzalapként finanszírozza a feladatok végrehajtását. A szilárdított hulladékok mennyisége közvetlen hatással van a végleges tároló kamrák számára, amelyet az erőmű éves KNPA befizetés során vesz figyelembe.

## A térfogatcsökkentő technológia létesítésének előkészítése

A radioaktív hulladékok mennyiségének csökkentése, megfelelő kezelése, kondicionálása az erőmű üzemeltetésének kezdetétől célja volt az üzemeltetőnek.

Az atomerőmű megrendelésére 1994-ben az ETV-ERŐTERV Rt. végezte el a nemzetközi radioaktív hulladékkezelési gyakorlat, a paksi folyékony radioaktív hulladékok térfogatcsökkentő feldolgozásának összes lehetséges módjának

áttekintését. A feldolgozással kapcsolatos műszaki elvárások a „Komplex Stratégia az atomerőművi radioaktív hulladékok kezelésének és végleges elhelyezésének megoldására” [2] címet viselő dokumentumban jelentek meg. A megfogalmazott célkitűzések ma is alapját képezik az erőmű hulladékkezelési koncepciójának:

- a fejlesztések tegyék lehetővé a hulladékok telephelyen belüli biztonságos tárolását, azaz a beépített átmeneti tárolókapacitás legyen elegendő az üzemidő végéig,
- a folyékony hulladékok kondicionálása optimális térfogatba, és a végleges elhelyezés követelményeit kielégítő módon történjen.

Már ebben a dokumentumban megjelentek azok a szempontok, amelyek a megvalósított térfogatcsökkentő technológia alapját jelentik:

- a domináns radioizotópok szelektív eltávolítása,
- a kémiai ballaszt fő tömegét jelentő bórsav visszanyerése,
- a feldolgozási termékek kibocsátása, felszabadítása.

Fenti célok és elvárások alapján nemzetközi tendereztetés keretében került kiválasztásra a finn IVO cég (jelenleg FORTUM) által ajánlott technológia. A kiválasztást követően hosszú tervezési, honosítási, engedélyeztetési, létesítési folyamat kezdődött.

A projekt céljának megvalósítása, az átalakítások végrehajtása az atomenergiáról szóló törvény, illetve a hatályos Nukleáris Biztonsági Szabályzatok [3] által szigorúan meghatározott engedélyezési eljárás lefolytatása után volt lehetséges. Az engedélyeztetésben az Országos Atomenergia Hivatal mellett több szakhatóság is közreműködött, akik megítélték az átalakítás engedélyezhetőségét környezetvédelmi, nukleáris biztonsági, sugárvédelmi és egyéb szempontokból. Az Országos Atomenergia Hivatal Nukleáris Biztonsági Igazgatósága 1996. 11. 27-én adta ki az erőmű számára a folyékony radioaktív hulladék térfogat csökkentési technológia átalakítás elvi engedélyét, tehát annak létesítését, üzemeltetését a biztonsági, valamint a szakhatósági hozzájárulások révén környezetvédelmi és sugár-egészségügyi szempontból is megengedhetőnek ítélte.

A hulladék térfogat csökkentési technológia egészére vonatkozó elvi engedély birtokában, az átalakítás technológiai alrendszerként történő megvalósításához az erőműnek hasonló engedélyeztetési eljárásokat kellett lefolytatni és minden egyes átalakítást külön-külön is engedélyeztetni.

Az engedélyezés előkészítésében, a tervek honosításában a nagy tapasztalatokkal rendelkező ETV-ERŐTERV Zrt. vett részt. A térfogat csökkentési technológia működési hatékonyságának növelésére az erőmű szakemberei további lépéseket tettek, és már kivitelezés alatt lévő finn tervezésű és gyártású technológiai sorba illeszthető, komplex bontó, kobalt eltávolító technológiai alrendszer tervezésére, üzembe helyezésére kérték fel a magyar G.I.C. Kft-t. A komplex bontó rendszer működési elve, az alkalmazott geometria szabadalmaztatott.

## A térfogatcsökkentés alapja, a technológia üzembe helyezése

Az atomerőműben a folyékony radioaktív hulladékkezelés alapját az eredeti orosz tervek jelentették, de az üzemeltetés kezdetétől fogva történtek engedélyezett átalakítások a mennyiségi képződés csökkentése érdekében.

Az üzemeltetés során képződő folyékony hulladékok átmeneti tárolására erőmű segédépületében található tartálpark szolgál. A hulladék feldolgozására alkalmazott technológia alapvetően a hulladék kémiai és radiokémiai összetételének függvénye. A sűrítményekre a bepárlás miatt a magas sótartalom a jellemző (kb. 300-400 g/l összes sótartalom), a bórsav koncentráció 150-200 g/l érték körül van. A bórsav oldhatósága ennél jóval kisebb, azonban a bepárlást megelőző "metaborátos" kezelés hatására a bórsav oldhatósága megnő. A sűrítmények pH-ja jellemzően 12-13 között van. Ez a pH tartomány teszi lehetővé a nátrium-metaborát oldott állapotban tartását. A pH 11 alá csökkentése a borátok kikristályosodásával jár együtt. A sűrítmények korróziós termékeket, dekontamináló vegyszerek maradványait, regenerálásból származó vegyszerek maradványait és bizonyos mértékben szerves anyagokat is tartalmaznak.

A folyékony radioaktív hulladékok nagy részét adó bepárlási maradványok térfogatának csökkentésére négy technológiai lépésben kerül sor. A térfogatcsökkentés célja, hogy a feldolgozás után, az erőmű vízkibocsátási rendjében és a technológia engedélyeiben előírt normák mellett a megtisztított hulladékvizek kibocsáthatóak legyenek.

Ezen technológia alkalmazása a hulladékok mennyiségét tekintve összességében kisebb térfogatú, a Nemzeti Radioaktív Hulladék Tárolóban elhelyezendő szilárd radioaktív hulladékot eredményez, mint ha csak szilárdítási technológiát alkalmazna az erőmű.

A Folyékony Hulladék Feldolgozó Technológiai (FHFT) alrendszerei:

- 1.) kobalt- komplexbontó, kobalt izotóp elválasztó rendszer,
- 2.) ultraszűrő rendszer,
- 3.) cézium izotóp szelektív eltávolító, szűrő rendszer,
- 4.) bórsav kristályosító és eltávolító rendszer.

### Kobalt izotópok eltávolítása

Feladata a bepárlási maradványokban jelenlévő komplexképzőkhöz stabil kémiai kötással kapcsolódó kobaltizotópok ionos formára hozása a komplexképzők elroncsolásával. Erre azért van szükség, mert a komplex vegyületek a beépített víztisztító rendszerekkel nem távolíthatók el megfelelő hatásfokkal, illetve az azokban alkalmazott ioncserélő gyanták működési idejét lerövidítik.

A komplexképzők bontása három darab reaktorban történik a folyadék és a reaktorokban található elektródák között kialakuló ív segítségével. A kezelendő oldathoz hidrogénperoxidot adagolnak, amely a kialakult ívvel együtt elroncsolja a komplexképzőket, és csapadékot képez a kobalttal, amelyet a berendezés után található mechanikus szűrők távolítanak el. A rendszer kapacitása 75-100 l/h.

### Ultraszűrés

Az ultraszűrő feladata a mikron és szubmikron méretű kolloid diszperz szennyezők kiszűrése (97-99%-os hatásfokkal), illetve a cézium-szelektív szűrő védelme.

Az ultraszűrő mindenkori üzemét a cézium-szűrő rendszer üzemállapotához kell igazítani. Ha a cézium-szűrő oszlopok párhuzamosan üzemelnek, akkor 240 l/h térfogatáramot; soros, vagy egy ág üzeme esetén pedig 120 l/h mennyiséget képesek feldolgozni. Az ultraszűrőre feladott folyadék két irányban távozik a szűrőről. A fő áram (szűrlet) az ultraszűrő membránon áthaladva jut a cézium-szűrő rendszer felé. Az ultraszűrő koncentrátuma tartalmazza a kiszűrt, kolloid állapotú szennyezőket.

### Cézium eltávolítás

A cézium-szűrő rendszer két független ágból áll, amely egy-egy darab ólomárnyékolással ellátott, 12 literes cézium-szelektív ioncserélő oszlopot tartalmaz. Az oszlopokat soros, vagy párhuzamos üzemen, illetve egyedileg is lehet üzemeltetni. Egy oszlop teljesítménye 120 l/h, így a rendszer üzem módtól függően 120 vagy 240 l/h feldolgozására képes.

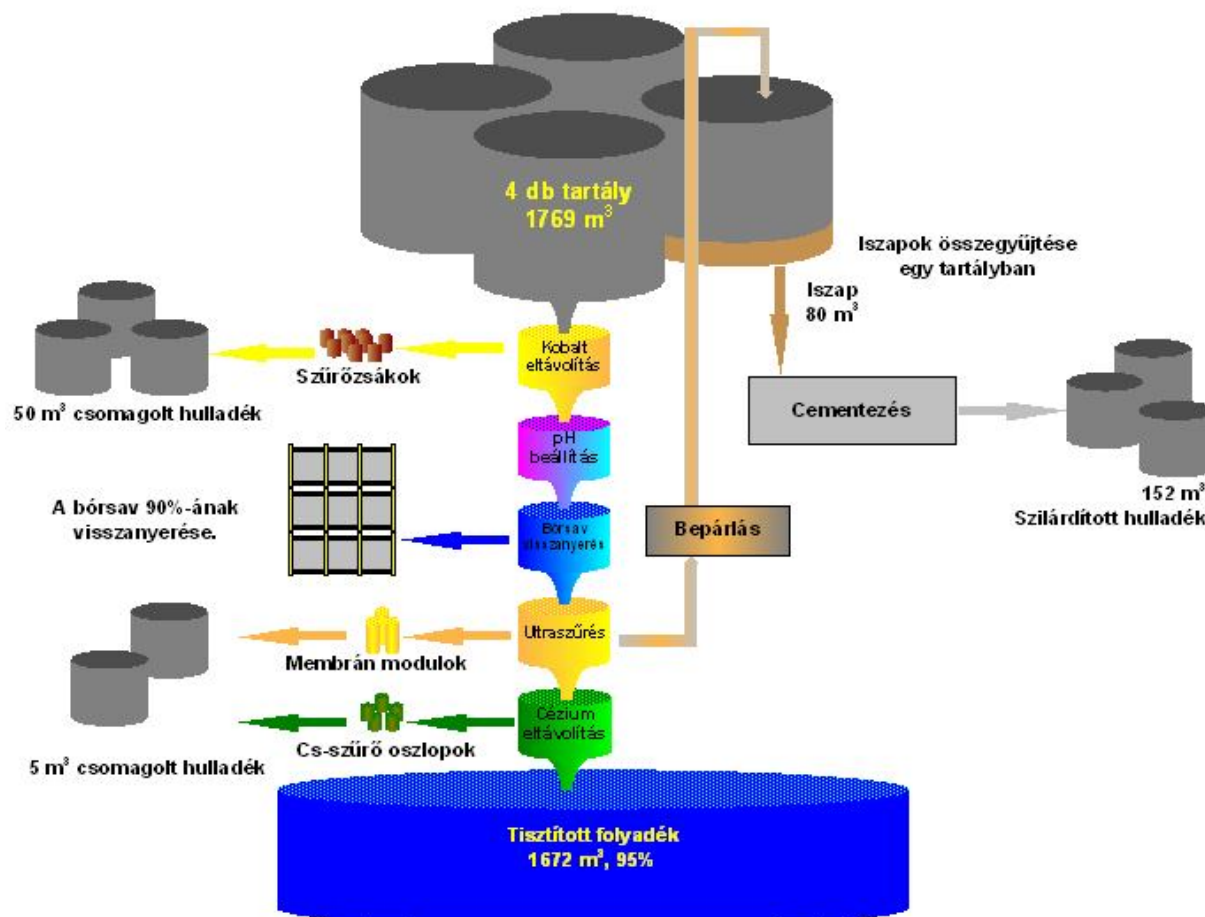
### Bórsav visszanyerés

Az eljárás az oldatban lévő bórsav kristályosításával folytatódik. A kristályosító tartályban a 9-9,5 pH eléréséig salétromsavat adagolnak, eközben az oldatban bóraxkristályok képződnek. A tartályban folyamatos keringtetésre és keverésre van szükség, hogy a kristályok ne álljanak össze, erre a célra speciális centrifugál szivattyúk szolgálnak. A bóraxkristályosodás kihozatali értéke alacsony hőmérsékleten nagyobb, ezért a keringtető körbe egy hőcserélő van beépítve.

A következő technológiai lépésben egy szalagos présszűrő (LAROX) választja le a savazóban képződött kristályokat. A berendezés a kristályokat kiszűrve, összehűsítve és szárítva, lepényeket készít. A megszárt folyadék (anyalúg) valamelyik kiürített tartályba, míg a bórax big-bag zsákba kerül, amelyek átmeneti tárolása az erőmű segédépületében, az erre kijelölt átmeneti tároló helyiségben történik a felszabadítási eljárás lefolytatásáig.

A hatósági felügyelet alól (16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet [4] 23. § alapján) felszabadított bórax további kezelése veszélyes hulladékként történik.

A térfogat csökkentési technológia üzembe helyezése alrendszerenként történt, ezért időigényes folyamat volt. Az időbeli eltolódáshoz hozzájárult, hogy az erőmű hulladékkezeléssel foglalkozó szakemberei 2003-2006 között a 2. blokki üzemzavar helyreállítási munkáiban működtek közre, s ezen idő alatt az FHFT üzembe helyezésében nem történt jelentős előrelépés. Az üzemzavart követően az OAH előírásainak megfelelően az erőmű újra gondolta a hulladékkezelési koncepcióját, s a közép- és hosszútávú feladatai között szerepeltette a folyékony hulladékok térfogatcsökkentésére indított technológia alrendszereinek mielőbbi üzembe helyezését, a teljes rendszer üzemeltetését.



1. ábra: Az FHF technológia lépései

A koncepcióban leírt ütemezést az OAH elfogadta, s 2006-tól kezdődően az üzembe helyezési munkák előrehaladásáról, az alrendszeres próbaüzemének eredményeiről az erőmű folyamatosan beszámolt.

A teljes technológia üzembe helyezése, az engedélyekben szereplő feltételek teljesítése 2012 decemberében zárult.

A térfogatsökkentő technológia alkalmazásával, szakaszos ütemben 2010-2013. között 530 m<sup>3</sup> bepárlási maradék komplex-képző tartalmát bontottuk el.

A technológia következő nuklid eltávolító (cézium- és ultraszűrő) alrendszerének üzembe helyezésére 2011-2012-ben került sor. Ezen alrendszeren keresztül 2013 végéig 450 m<sup>3</sup> folyadék feldolgozása történt meg.

Az üzembe helyezési folyamat 2012-ben a bórsav eltávolító alrendszerrel folytatódott, s a nuklidmentesített folyadékból 1,2 t kristályos bórsavat nyertünk ki. A bórsav és nuklid kinyerések eredményeként teljes technológiai sor végén a kibocsátási előírásoknak megfelelő, 3,6 m<sup>3</sup> tisztított folyadék kibocsátására került sor. 2013 végéig 50 m<sup>3</sup> bepárlási

maradékból végeztük el a bórsav visszanyerését, 7 tonna bórsav került felszabadításra és ártalmatlanításra. Ezzel párhuzamosan 40 m<sup>3</sup> tisztított folyadék kibocsátására került sor.

## Összefoglalás

Hosszan tartó előkészítési, engedélyeztetési, kivitelezési és üzembe helyezési folyamat eredményeképpen 2012 végére lezárult a paksi atomerőmű bepárlási maradékainak térfogatsökkentését szolgáló technológia létesítése. A technológia lényege a radioizotópok jelentős részét adó kobalt és cézium ionok eltávolítása, majd a hulladék bórsav tartalmának visszanyerése. A technológia végén kapott tisztított folyékony hulladék kibocsátható az erőmű egyéb mérlegen felüli vízeivel együtt, valamint a visszanyert bórsav felszabadítható a hatósági felügyelet alól és veszélyes hulladékként ártalmatlanítható.

A technológia üzemeltetésével jelentősen csökkenthető a végleges elhelyezésre kerülő radioaktív hulladékok térfogata, illetve az elhelyezés költsége.

## Irodalomjegyzék

- [1] 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról
- [2] ETV-ERŐTERV Rt.: Komplex Stratégia az atomerőművi radioaktív hulladékok kezelésének és végleges elhelyezésének megoldására, 1999.
- [3] 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről
- [4] 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról