

# A paksi 4. blokk átrakása közben végrehajtott fűtőelem vizsgálatok

dr. Pintér Tamás

Paksi Atomerőmű Zrt.

7031 Paks Pf. 71., +36 20 930 9549, +3675 508 756

A 4. blokk 22. kampánya során mért aktivitás-koncentrációk trendje alapján kezdetben több, később csak egy-két szivárgó fűtőelemet lehetett valószínűsíteni. A hiba jellegére vonatkozó becslések szerint a burkolaton olyan méretű lyuk volt, hogy a hűtőközeg közvetlenül érintkezhetett az üzemanyaggal. A valószínűleg gyári hibás tömörtelen kazetta kiválasztása a teleszkópos sipping berendezéssel sikeresen megtörtént a blokk főjavítása alatt. Az előzetes számításoknak, becsléseknek megfelelően egy egyéves szabályozó kazetta bizonyult tömörtelennek. A kampány alatt mért adatokból készült becslés jó egyezést mutat a talált tömörtelen kazettára vonatkozó adatokkal. A 22. kampányban aktivitásnövekedést okozó tömörtelen kazetta kiválasztás helyességét a visszainduló kampányok aktivitásmenete igazolja.

## Előzmények

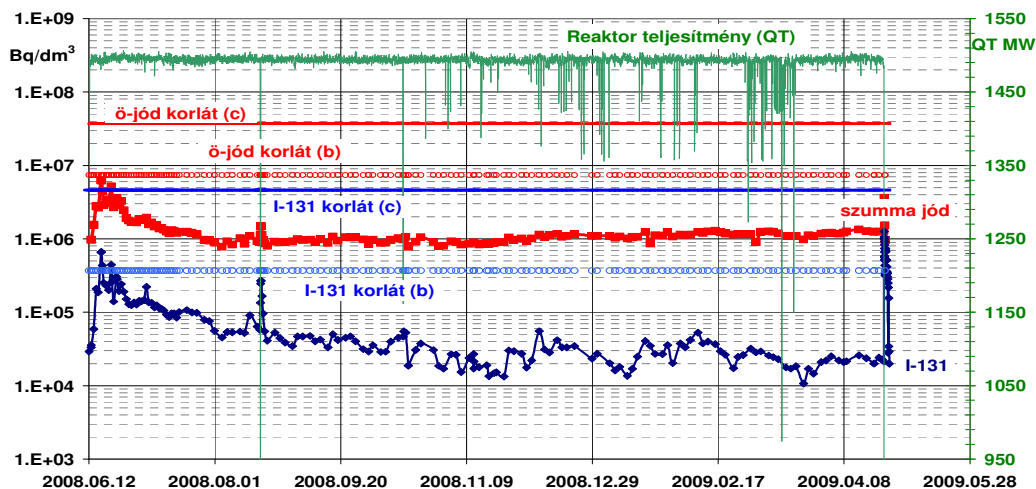
Röviddel a 4. blokk 2008. évi visszaindulása után erőteljes jódt aktivitásnövekedést észleltünk. A  $^{131}\text{I}$ -aktivitás értéke átlépte a MŰSZ (Műszaki Üzemeltetési Szabályzat) első akciószintjéhez tartozó értéket, az összes jódt-aktivitás pedig megközelítette a rá vonatkozó első akciószintet. (1. ábra) Ez a magas érték néhány napig állt fenn, tovább nem emelkedett. A kampány során lassú csökkenés után stabilizálódott, de magasabb értéken, mint a korábbi kampányok alatt, vagy a többi blokk értékei. Az aktivitás növekedése, jellege tömörtelen kazetta jelenlétét feltételezte. Az aktivitás nagysága nem tette indokolttá a blokk azonnali leállítását, de döntés született a tömörtelen kazetta megkeresésére a blokk 2009. évi főjavítása alatt.

Az 1. ábrán látható, hogy az öt jódtizotóp ( $^{131}\text{I}$  –  $^{135}\text{I}$ ) összegét jelentő szumma jódt-aktivitás koncentrációja csak megkö-

zelítette az alsó beavatkozási szintet (össz-jódt korlát (b)), míg a  $^{131}\text{I}$  aktivitáskoncentrációja rövid ideig valamivel túllépte az alsó korlátot (I-131 korlát (b)).

Annak ellenére, hogy a kampány alatt az aktivitás értékek nem értek el MŰSZ beavatkozási szinteket, a döntés továbbra is a tömörtelen kazetta kiválasztása volt. Az előzetes számítások alapján egy darab egyéves fűtőelem-pálca tömörtelensége volt valószínűsíthető, ami egy szabályozó kazettában lehet. A hiba jellege makro hibára utalt, vagyis a víz és a fűtőelem-pasztilla közvetlenül érintkezett.

A reaktor aktív zónájában 349 db kazetta található, amiből 312 munkakazetta és 37 db szabályozó kazetta. Egy kazettában 126 fűtőelem pálca van, ami közel 44000 db fűtőelem pálcát jelent. Ebből a 44 ezerből vált egy tömörtelenné, és ennek a megkeresése volt a feladat. Egy tömörtelen pálcáért egy egész kazettát ki kell selejtezni.



1. ábra: A kazetta tömörtelenségét jelző jódt izotópok aktivitásváltozása a 4. blokk 22. kampánya alatt

A blokk leállítása során jelentkező spiking-effektus megerősítette a tömörtelen kazetta jelenlétét. A 2. ábrán jól látszik a leterhelés és a nyomásmentesítés hatására jelentkező spiking-csúcs.

## Sipping vizsgálati előkészületek

A 2. blokki pihentető medencében sikeresen kipróbálásra került egy új beszerzésű teleszkóp sipping berendezés, és a tömörtelen kazetta kiválasztását ezzel a berendezéssel kívántuk elvégezni a 4. blokk átrakása alatt. A teleszkóp sipping berendezés előnye a többi rendelkezésre álló vizsgáló eszközeinkhez képest, hogy normál átrakási műveletek közben, azt csak elviselhető mértékben meghosszabbítva elvégezhető a fűtőelemek vizsgálata. A használathoz több átalakítást kellett elvégezni az átrakógépen és egyes berendezésein, mindet hatósági engedély birtokában.

A leglényegesebb az átrakógép kazettamegfogó munkarúdjának az átalakítása volt, amikor is biztosítani kellett a kazettán átszívott víz bejutását a vizsgáló berendezésbe. További, nem elhanyagolható átalakítások voltak az átrakógép szoftverének módosítása és a biztonságos mozgást lehetővé tevő tömlőfeszítő kialakítása, valamint az átrakógéppel megegyező biztonságú villamos betáplálás.

A szükséges átalakítások és engedélyezések a 4. blokk karbantartásra történő leállításig elkészültek, a megfelelő kartogram alapján indulhatott a zóna vizsgálata és átrakása.

## Sipping vizsgálati eredmények

A 4. blokk leállása után minden kazettát sipping vizsgálatnak vetettünk alá. A vizsgálat során a kazettákat az átrakógép egyesével megemelte, a rajta átszívott vízből gázszeparátorban kinyert nemesgáz-aktivitást szcintillációs detektorral folyamatosan regisztráltuk, a kazettán átszívott víz összetételét mintavétel után laboratóriumban elemeztük. A fűtőelem átrakó medencéből naponta egyszer mintát vettünk laboratóriumi elemzésre a vizsgálati háttér nyomon követésére.)

A sipping program 2009. május 2-án 2:50-kor elkezdődött. A sipping eredmények megbízhatóságát nem befolyásoló

kisebb problémáktól eltekintve az átrakás és a sipping vizsgálat zavartalanul lezajlott.

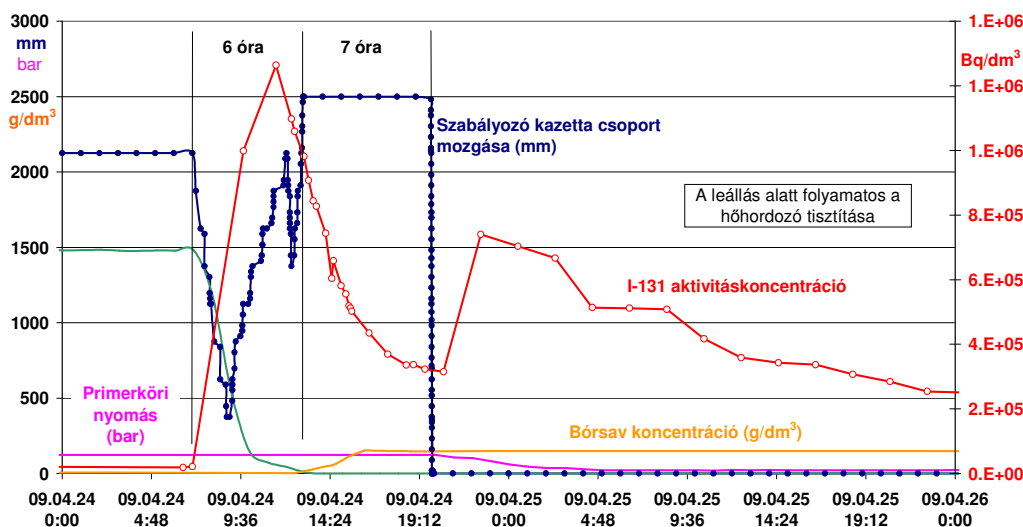
Az üzembe helyezési próbák során megtörtént a sipping háttér felvétele. A detektor helyén a gamma háttér kb. 3 cps volt, ami megegyezett a 2. blokkon 2008. novemberében végzett mérések során kapott értékkel. Az először – a reaktorból származó sipping vízzel – mért sipping háttér értéke 4000 cps tartományban volt.

A sipping vizsgálat során a jel detektálását akkor indítottuk (ekkor indult a sipping protokoll), amikor a megfogó szerkezet a fűtőelemhez kapcsolódott. Ezt követően a kazettát az átrakógép felemelte a szállítási magasság alatti 500 mm-es magasságba. A mérést követően a kazettát a szállítási magasságra emelték, és a kartogram szerinti következő pozícióba mozgatták. Ott letették, és miután a helyére került, kioldották a megfogó szerkezetet. Az átrakógépet a következő pozícióra mozgatták, majd előlről kezdték az eljárást.

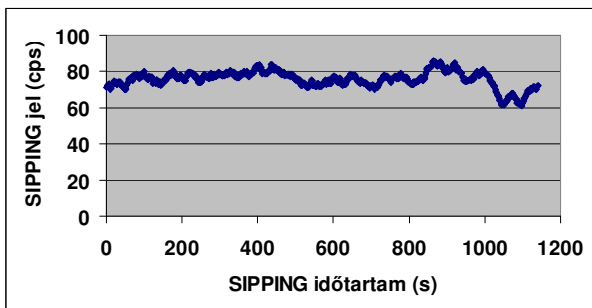
A sipping vizsgálati protokoll közvetlenül a következő kazetta sipping vizsgálat céljából történő megfogása előtt került leállításra.

A sipping jelre a figyelmeztetési és riasztási küszöbértékeket a háttérszámlálási sebesség többszöröseként állítottuk be (1,5-szeres háttér = figyelmeztetés, 3-szoros háttér = riasztás). A háttérszámlálási sebességet a sipping kezelő személyzete folyamatosan ellenőrizte, és a háttér változása esetén átállította.

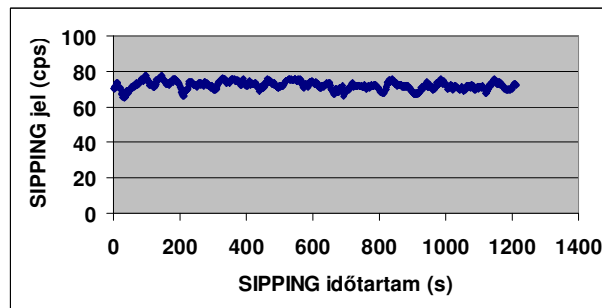
A szabályzó kazetták vizsgálatának megkezdéséig nem detektáltunk tömörtelen kazettára utaló sipping jelet. A vizsgálatokat tovább folytatva 2009. május 9-én 22:33-kor a sipping kezelője erőteljes sipping-jelnövekedést észlelt. A többeszeres jelenővekedésnél a sipping mérés leállításra került a vízminta megvétele után a detektor és a berendezés elszennyeződésének elkerülése érdekében. A jel alapján a 3. csoportba tartozó 6. szabályzó kazetta volt tömörtelen (az átrakás 351. lépésében). A sipping berendezésnél a maximális jelenagság 132600 cps volt 100 cps alatti háttér beütésszám mellett. A kazetta tömörtelenségét a vízminta laboratóriumi eredménye is igazolta.



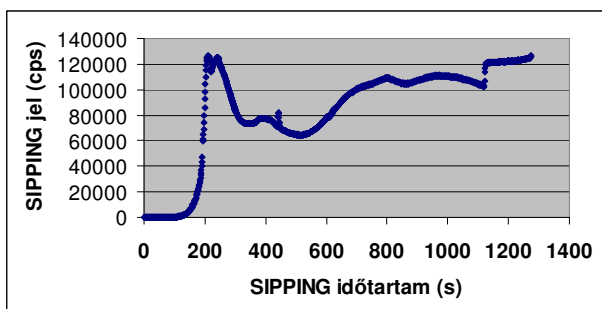
2. ábra: A 4. blokk 22. kampányának leállásakor mért  $^{131}\text{I}$  spiking adatok



3. ábra: A tömörtelen kazetta előtti mérés sipping jele



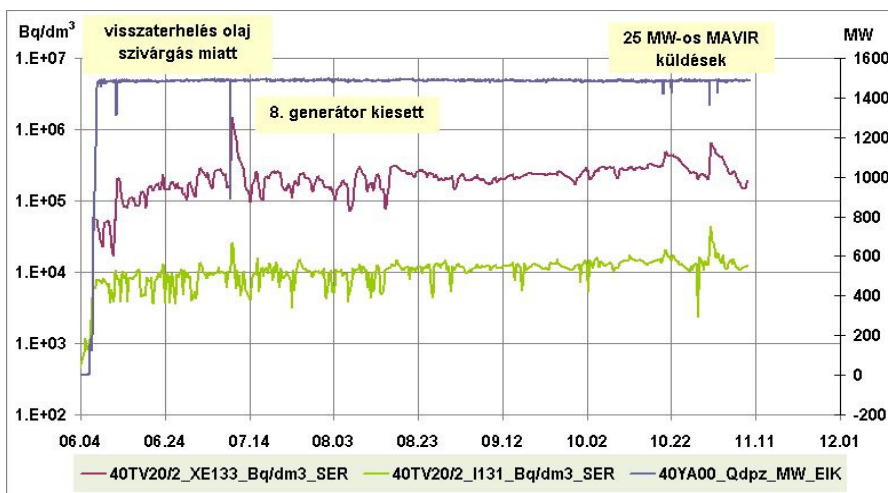
5. ábra: A tömörtelen kazetta utáni mérés sipping jele



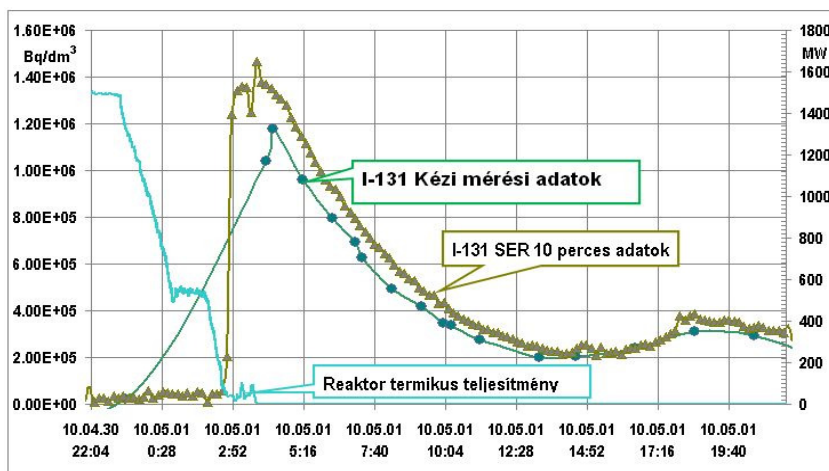
4. ábra: A tömörtelen kazetta sipping jele

Az 3., 4. és 5. ábra a tömörtelen kazetta, valamint az előtte és utána mért kazetták sipping jelének lefutását mutatja. A tömörtelennek minősített kazettát eltávolítottuk a zónából.

Az átrakás és a sipping vizsgálat további lépései alatt egy gyanús kazettát találtunk, amelynek jel nagysága nem lépte túl a háttér háromszorosát, ezért nem tekintettük tömörtelennek, és további üzemelésre a reaktorban maradt.



6. ábra: A 4. blokk visszaindulásakor mért <sup>131</sup>I- és <sup>133</sup>Xe-aktivitáskonzentrációk



7. ábra: A 4. blokk 2010. évi leállásakor mért <sup>131</sup>I-aktivitáskonzentrációk (SER = Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer)

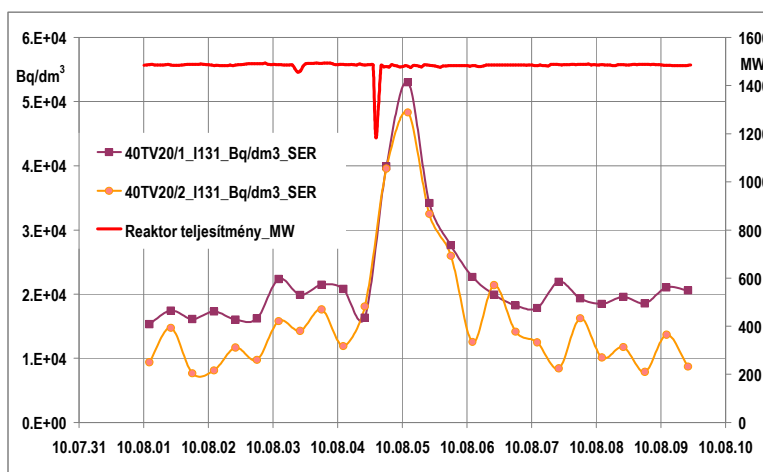
## Összefoglalás

A 4. blokk 22. kampányában jelentős aktivitásnövekedést okozó – valószínűleg gyári hibás – tömörtelen kazetta kiválasztása a teleszkópos sipping berendezéssel sikeresen megtörtént. A kampány alatt mért adatokból készült becslés jó egyezést mutat a talált tömörtelen kazettára vonatkozó adatokkal.

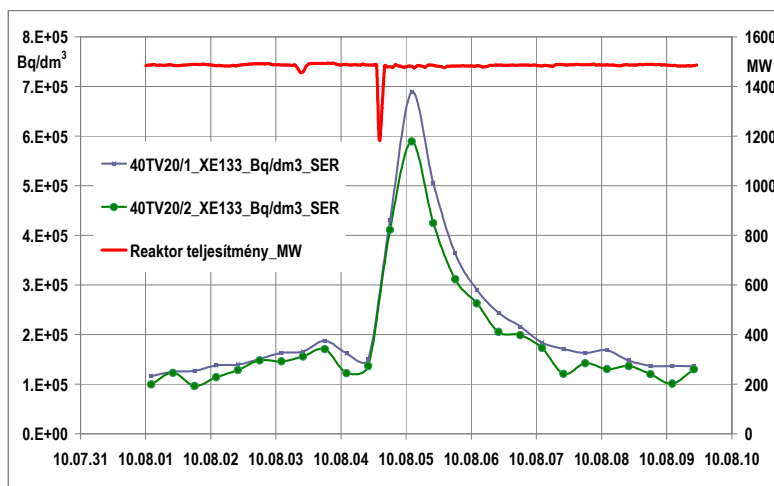
A 22. kampányban aktivitásnövekedést okozó tömörtelen kazetta kiválasztásának helyességét a visszainduló kampány aktivitásmenete igazolja. A jódizotópok aktivitásadatai alapján látszik, hogy a zóna kis mértékben elszennyeződött hasadóképes magokkal. Ez okozza a magasabb aktivitás értékeket.

A 6. ábrán látható, hogy teljesítményváltozáskor kismértékű aktivitástranziens jelentkezik. Ez a bent maradt „tömörtelen-gyanús” kazettának valószínűsíthető, amelynek jelenlétét a 2010. évi leálláskor észlelt spiking is igazolt. (7. ábra)

A 2009-2010. évi üzemelési adatokból számolva a zónában egy darab kis mértékben tömörtelen, mikrohibás (gáz-inhermetikus) fűtőelem-pálca volt. A szakmai szervezetek döntése értelmében nem került sor a tömörtelen kazetta kiválasztására, hanem az további üzemeltetésre visszakerült a zónába. Jelenleg a feltételezeten tömörtelen kazetta a harmadik üzemévet tölti a zónában nem veszélyeztetve a blokk biztonságos üzemeltetését. A tömörtelen pálca jelenlétét a teljesítmény változáskor észlelt spiking igazolja. (8. és 9. ábra)



8. ábra: A 2010. évben indult 24. kampányban észlelt  $^{131}\text{I}$ -spiking



9. ábra: A 2010. évben indult 24. kampányban észlelt  $^{133}\text{Xe}$ -spiking

A mérési adatokból számolt tömörtelen fűtőelem-pálca száma változatlanul egy darab a 44 ezerből, és a tömörtelenség jellege mikrohiba.

A sipping vizsgálatnál észlelt tömörtelen gyanús kazettával kapcsolatban felmerült, hogy az érzékeny, nagy mérési pontosságú eszköznek köszönhetően olyan tömörtelen-

ségeket is ki tudunk mutatni, amire korábban lehetőségünk sem volt. Ez az üzemanyag-kezelési stratégia továbbgondolását igényli, mivel el kell dönteni, hogy mi még a tömör állapot, és mit kezdünk a már tömörtelenség nyilvánított kazettákkal. Ehhez további vizsgálatokra és elemzésekre van szükség.