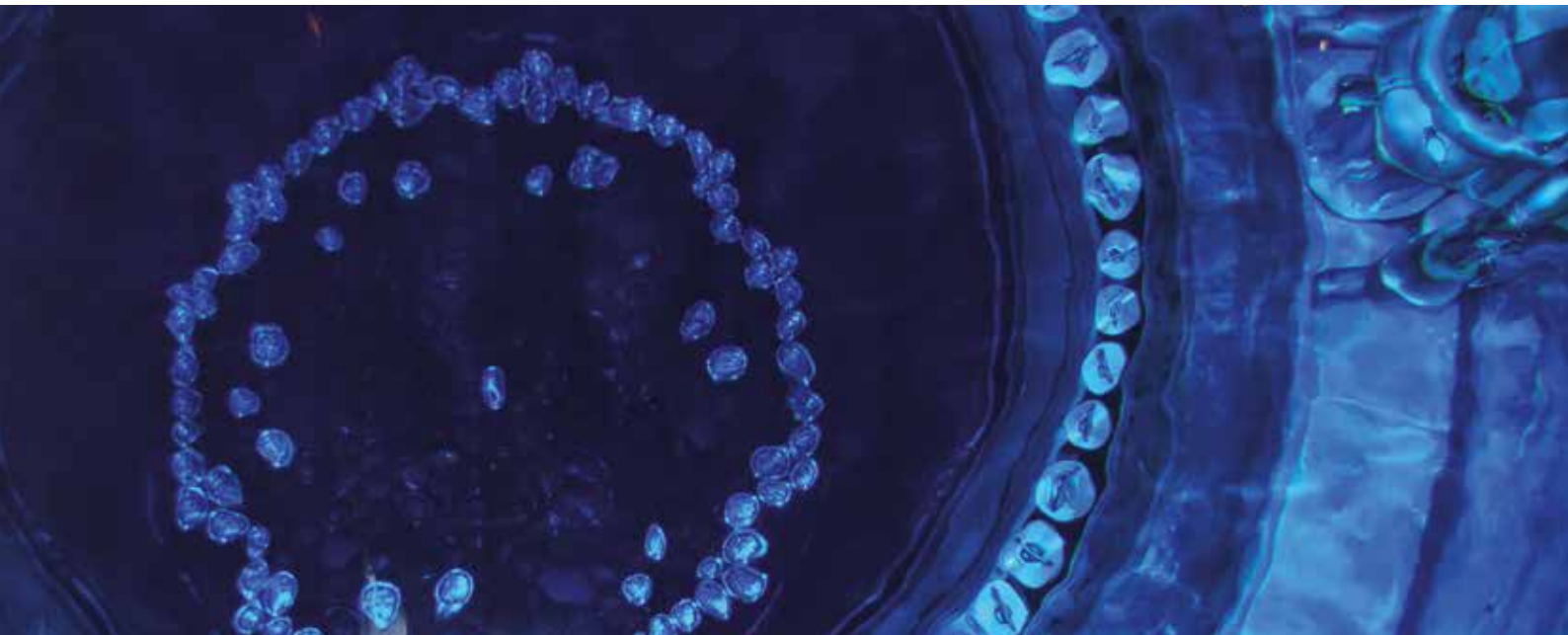


15 hónapos üzemeltetési ciklus

bevezetésének tapasztalatai
a Paksi Atomerőmű 1-4 blokkján



közérthető összefoglaló
2019. február





TARTALOM

Bevezetés	4
A MVM Paksi Atomerőmű Zrt. nemzetgazdasági szerepe	5
Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. stratégiája	5
Az új típusú üzemanyag	6
A 15 hónapos üzemeltetési ciklus	7
A ciklushosszabbítás bevezetésének megalapozása	8
A 15 hónapos üzemeltetési ciklus bevezetésének engedélyeztetése	8
I. Környezetvédelmi engedélyeztetés	9
II. Nukleáris biztonsági engedélyeztetés	9
A C15 bevezetése	10
A 15 hónapos üzemeltetési ciklus előnyei	11
Nemzetközi tapasztalatok	12
Hazai és nemzetközi szakmai háttér	13
Összefoglalás	14

Bevezetés

A Paksi Atomerőmű Magyarország egyetlen atomerőműve. Üzemeltetője az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. (MVM PA Zrt.), amely az MVM cégcsoport tagjaként állami tulajdonban van.

A négy reaktorblokkal üzemelő erőmű első, eredetileg 440 MW-os egységét 1982-ben kapcsolták a magyar villamosenergia-hálózatra. Ezt követően 1984-ben elindult a 2. blokk, majd 1986-ban a 3., és végül 1987-ben a 4. blokk is megszerezte 30 évre szóló üzemelési engedélyt. Az 1. és 2. blokkok 2012-ben, illetve 2014-ben az üzemidőszababítási eljárások során megkapták a további 20 évre szóló üzemeltetési engedélyt. A 3. és 4. blokkok élettartam-növelését célzó engedélyezési eljárásai 2016-ban, illetve 2017-ben zárultak.

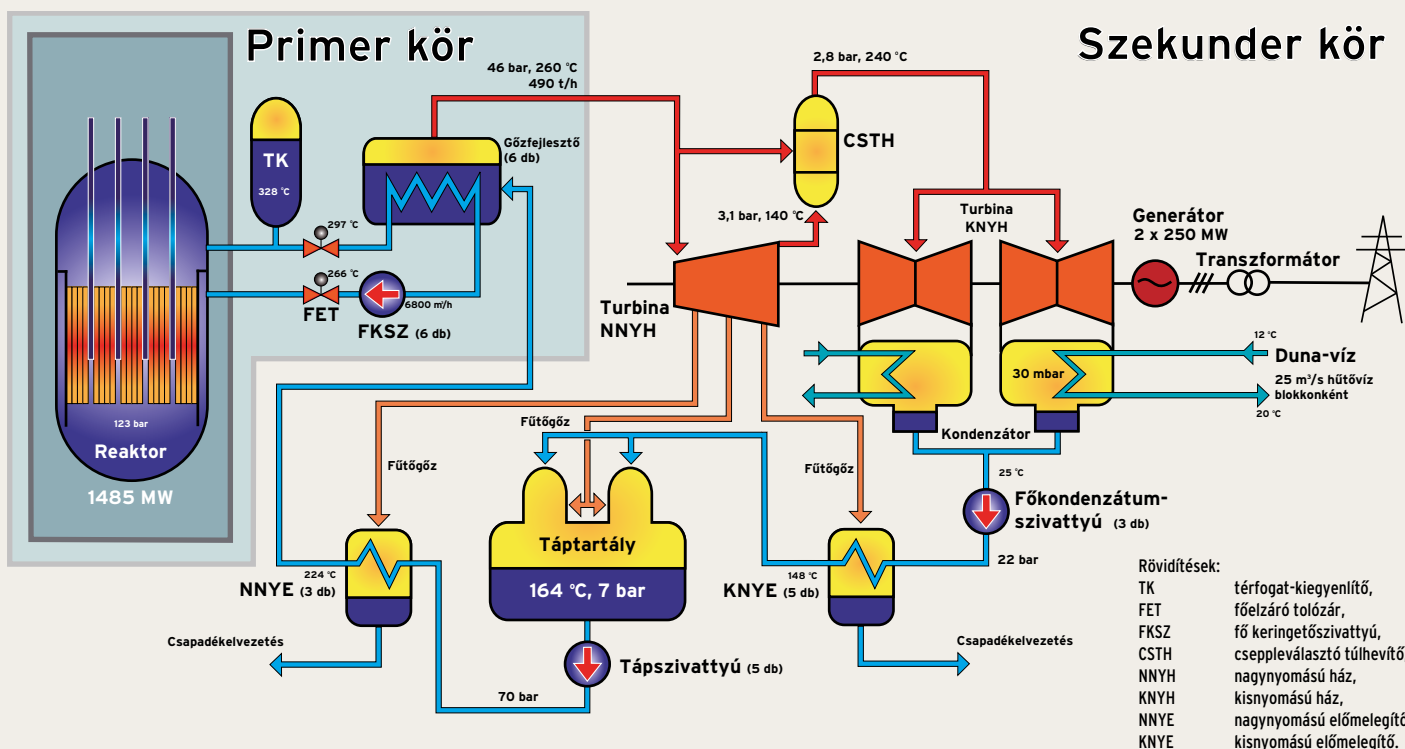
Az atomerőmű indulása óta a biztonságot, a versenyképességet és a fenntarthatóságot célzó fejlesztéseket valósít meg. A kétezres évek elejére megtörténtek a biztonsági rendszerek rekonstrukciói, befejeződött a blokkok földrengésvédelmi megerősítése. 2003-ra a turbinát érintő műszaki átalakítások következtében a blokkok villamos teljesítménye 470 MW-ra emelkedett.

Azeurópai uniós csatlakozáskor a paksi blokkok átestek a WENRA (Nyugat-európai Nukleáris Hatóságok Szövetsége) által lefolytatott biztonsági szempontú felülvizsgálaton. A 2001-ben kiadott WENRA-jelentés a paksi blokkok biztonságát világszínvonalúnak találta, Magyarország megkapta a hozzájárulást a 2004. május 1-i EU-csatlakozás utáni továbbüzemeltethetőséghez. 2002-2009 között a Paksi Atomerőmű megvalósította a teljesítménynövelés 2. fázisát, 500 MW-ra növelve a blokkok névleges villamos teljesítményét, és előkészítette az üzemidő 20 éves meghosszabbítását.

A Paksi Atomerőmű már a tervezés kezdeti szakasza óta foglalkoztatja a hazai tudományos kutatóintézeteket, egyetemeket innovációt célzó projekteiben, a fejlesztések finanszírozásán, valamint az eredmények alkalmazásán keresztül hozzájárulva a magyarországi természettudományos képzés magas szinten tartásához. A Paksi Atomerőmű körül tudásalapú közösség, tudományos műhely szerveződött. Ez a műszaki tudományos háttér garantálja a magyar nukleáris ipar jelenlegi és jövőbeli biztonságos működését.

Az atomerőmű fejlesztése, működésének modernizációja folyamatos. A közérthető összefoglaló célja az üzemeltetési ciklus módosítás bevezetésének bemutatása és az alkalmazás eredményeinek összefoglalása.

A Paksi Atomerőmű energiatermelésben részt vevő főberendezések sematikus ábrája



A Paksi Atomerőmű nemzetgazdasági szerepe

A Paksi Atomerőműben termelt villamosenergia értékesítési ára a hazai nagyerőművek közül a legalacsonyabb. A blokkok rendelkezésre állási mutatója 90% körüli, 2018-ban a blokkok villamos energia termelése a magyarországi termelés 50,6%-a, azaz 15 733 GWh volt.

Az atomerőmű az egyéb villamos erőművekkel összehasonlítva kevésbé környezetszennyező, nem bocsát ki szén-dioxidot, ezzel a fosszilis üzemanyaggal működő erőművekhez képest évente kétfélmillió ember oxigénszükségletét takarítja meg. Ez a szám megegyezik a magyar erdők évi oxigéntermelésével. A Paksi Atomerőmű az ország számára mind energetikai, mind környezetvédelmi, mind gazdasági szempontból nélkülözhetetlen.

A Nemzeti Energiestratégia három fő célkitűzése szerint a villamos energia:

- legyen olcsó
- folyamatosan álljon rendelkezésre
- termelése legyen környezetkímélő.

A Paksi Atomerőmű tevékenysége mindezen kívánalomnak megfelel, rendelkezésre állásának növelése nemzetgazdasági, környezetvédelmi és társadalmi szempontból is közérdek.

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. stratégiája

A Paksi Atomerőművet vezető szakembergárda már a tervezés és kivitelezés kezdete óta a gazdaságosság szempontjai fölé helyezi a nukleáris biztonsági kérdéseket, stratégiai programokba rendezve a hosszú távú biztonságos létesítmény-üzemeltetés akcióit. A beruházások végrehajtásának elsődleges szempontja minden esetben a biztonság növelését célzó fejlesztések megvalósítása.

A nukleáris biztonság mindenkori elsődlegessége mellett az MVM PA Zrt. célja a villamosenergia-termelés maximalizálása. Ennek érdekében a Paksi Atomerőmű a nukleáris biztonságot az élenjáró nemzetközi gyakorlatnak és az elvárásoknak megfelelően szinten tartja, a fejlődési tendenciákat nyomon követi, a szükséges fejlesztéseket megvalósítja. Üzleti tevékenysége során a biztonságos villamosenergia-termelés maximalizálására összpontosít. Az üzemidő meghosszabbításával alaperőműként kívánja megtartani piaci pozícióját a lehető legtöbb olcsó energiát termelve. A tulajdonosi elvárásoknak megfelelően hosszú távon eredményes gazdálkodást valósít meg, értékesítési árának versenyképességét megőrzi, költségeit optimalisan alacsony szinten tartja.

Az MVM PA Zrt. tevékenységének része a stratégiai célok szerinti hatékonyabb működés folyamatos vizsgálata, azon fejlesztési irányok keresése, amelyek pozitív hatással vannak a biztonság fenntartására és fejlesztésére, a termelés-maximalizálásra, a költségszint optimalizálásra, a környezet védelmére, valamint a nukleáris bázisú termelés hosszú távú fenntartására.



VVER-440 típusú atomreaktor

A név a „víz-vizes energetikai reaktor” orosz megfelelőjének rövidítéséből adódik, a „440” szám pedig arra utal, hogy egy ilyen atomerőművi blokk eredeti névleges villamos teljesítménye 440 MW volt. A nyomott-vizes atomreaktor a könnyűvízes típushoz tartozik: moderátora és hűtőközege egyaránt könnyűvíz (H₂O). (A láncreakcióhoz le kell lassítani a gyors hasadási neutronokat, erre a célra szolgál a moderátor.) A primer hűtőkörben a vizet nagyon nagy nyomáson tartják (123 bar), emiatt az még a magas üzemi hőmérsékleten (298 °C) sem forr fel. A primer köri víz az ún. gőzfejlesztő kis átmérőjű csöveiben átadja hőjét a szekunder kör vizének, azaz lehűl, majd alacsonyabb hőmérsékleten jut vissza a reaktorba. A szekunder hűtőkörben levő víz nyomása sokkal alacsonyabb (46 bar), mint a primer körben lévőé, emiatt a gőzfejlesztőben a felmelegedett víz felforr. Innen kerül a gőz a nagynyomású, majd (cseppleválasztás után) a kisnyomású turbinára. A turbinák által meghajtott generátorok termelik a villamos energiát, a 2. ütemű teljesítménynövelés eredményeképpen atomerőművi blokkonként 500 MW-ot. A turbinából kilépő gőz a kondenzátorban cseppfolyósodik, ahonnan előmelegítés után újra a gőzfejlesztőbe kerül. A primer és a szekunder kör vize nem keveredik egymással. A gőzfejlesztőben is csöveken keresztül adódik át a primer oldal hője. Így elérhető, hogy a hűtőközegbe került radioaktív anyagok a primer körben maradjanak, és ne kerülhessenek a turbinába és a kondenzátorba. Az atomerőmű főberendezéseinek sematikus ábrája a 4. oldalon található.

Az új típusú üzemanyag

Nukleáris üzemanyag

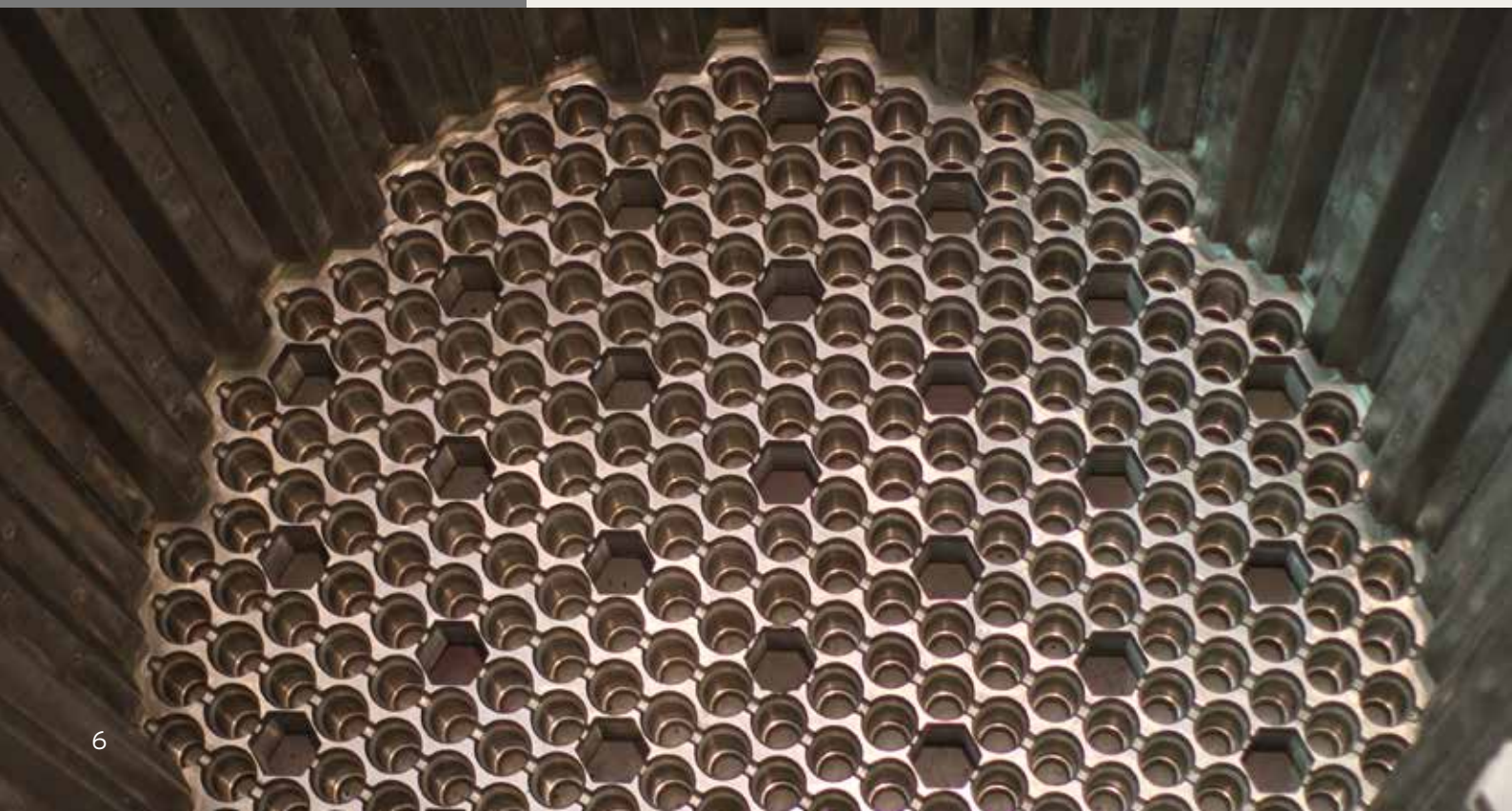
A reaktor üzemanyaga urán-dioxid (UO₂), amit 9 mm magas, 7,6 mm átmérőjű hengeres pasztillákká préselnek. Az uránpasztillákat egy cirkónium-nióbium ötvözetből készült, 2,5 m hosszú csőbe (a burkolatba) helyezik, amit feltöltenek hélium-gázzal, és ezután hermetikusan lezárnak. A burkolat megakadályozza a hasadványok kikerülését a hűtővízbe. Az üzemanyag-pasztilla és a burkolat együtt jelentik a fűtőelem pálcát. A paksi VVER-440 típusú reaktorokban használt fűtőelem kötegek (kazetták) hatszög keresztmetszetűek, és egyenként 126 fűtőelem pálcát tartalmaznak. A fűtőelem kötegekből épül fel a reaktor aktív zónája, ahol a láncreakció zajlik.

Az aktív zónát a 312 db üzemanyag kazetta, a 37 db szabályozórúd és a moderátor szerepét is betöltő hűtővíz alkotja. Az elhasznált - ún. kiegészítő - üzemanyagot meghatározott időközönként kivesszük a reaktorból, helyette pedig újat tesznek be. A behelyezés-kivétel közötti időszakot nevezzük kampánynak, illetve üzemeltetési ciklusnak.

Az 1990-es években, a fosszilis energiahordozók árának drasztikus csökkenését követően az USA-ban kérdésessé vált az atomerőművek versenyképességének fenntarthatósága. Reagálva a változásokra az amerikai nukleáris műszaki-tudományos háttér kutatási projekteket indított az üzemanyag-fejlesztés és üzemeltetési ciklus meghosszabbítás lehetőségeinek feltárására.

A Paksot ellátó orosz üzemanyaggyártó ugyancsak komoly innovációt kezdett, főleg a 90-es évek végétől kezdődően. Erre alapozva Pakson is folyamatos, az üzemanyag-felhasználás gazdaságosságának javítását célzó fejlesztések zajlottak. E folyamatba illeszkedett a blokkok villamos teljesítményének 500 MW-ra történő növelése, ezt követően megtörtént az ún. 2. generációs gadólnium (Gd)-tartalmú kazetták bevezetése.

A gadólniumos kazetták alkalmazása kapcsán felhalmozódott pozitív tapasztalatok értékelését követően az MVM PA Zrt. tovább kereste a fűtőelem fejlesztésében rejlő lehetőségeket. 2009-ben az orosz üzemanyag gyártó (TVEL) kínálatában megjelentek az 5%-hoz közeli U-235 dúsítású pálcákat tartalmazó, a VVER-440 reaktortípushoz készített üzemanyag kazetták. Az új üzemanyagot bevezették és sikerrel alkalmazzák a szlovákiai bochunicei erőmű 3. és 4. számú, valamint a mochovcei erőmű 1. és 2. számú blokkjain. Az alkalmazott gyártási technológia, a fejlett módszerekre alapozott elemzések, valamint a kedvező üzemeltetési tapasztalatok a nagy kiegészítő értékekig terjedő biztonságos, gazdaságos és megbízható üzemeltetést támasztották alá, ezért az üzemanyag alkalmazásának lehetőségét a Paks Atomerőmű is vizsgálni kezdte. Mivel azonban azt találta, hogy az orosz gyártó által ajánlott 4,87% átlagdúsítású üzemanyag paksi blokkokon történő alkalmazása nem lenne optimális, ezért az orosz partnerrel, valamint a Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Központtal történt kon-



zultációk mellett az atomerőmű szakemberei maguk határozták meg az alkalmazandó kazetta dúsítás-eloszlását a paksi üzemeltetési körülményekhez igazítva.

A Paksi Atomerőmű Reaktorfizikai Osztályának szakemberei számos opciót megvizsgálva a 4,7%-os átlagdúsítású, 6 db gadólium pálcát tartalmazó üzemanyag-kazetta terv megvalósítását találták célszerűnek (típusazonosító: Gd-2_4.7), amelynek anyagi-mechanikai-geometriai jellemzői meggyeznek a korábban alkalmazott 4,2% átlagdúsítású második generációs üzemanyaggal (típusazonosító: Gd-2n). Az előzetes elemzések során elsődleges szempont volt, hogy az üzemanyag geometria ne változzon, valamint a reaktortartály falát érő neutronfluxus ne legyen magasabb, mint a korábbi Gd-2n kazetta alkalmazása során mért érték.

A Gd-2_4.7 kazettákra alapozott reaktor töltetben kampányonként 102 db friss üzemanyag kazetta szükséges, vegyesen 4,7% és 4,2%-os dúsítású. Hosszabb kampányok esetén magasabb, rövidebbek esetén alacsonyabb a 4,7% dúsítású kazetták aránya – ez a rugalmasság az egyik előnye a kazetták vegyes alkalmazásának. Másik előnye, ami egyben szükségszerűség is, hogy lehetővé teszi az atomerőműben tartalékként rendelkezésre álló nagy mennyiségű, 4,2% dúsítású üzemanyag elhasználását.

A Gd-2_4.7 üzemanyag-kazetta magyar innováció, dr. Nemes Imre és az általa vezetett MVM PA Zrt. Reaktorfizikai Osztály terve.

A 15 hónapos üzemeltetési ciklus

A jelenleg használt fűtőelemek néhány kampány alatt teljesen „kiégnek”, hasadóanyag-tartalmuk lecsökken és felszaporodnak bennük a különböző magreakciók során keletkező hasadási termékek és az uránnál nehezebb atomok. Ezért meghatározott időnként ki kell venni a kiégett üzemanyagot és friss fűtőelemmel kell feltölteni a reaktort.

A fűtőelem-átrakás a reaktor szétszerelésével jár. Bár az elsődleges cél a friss kazetták berakása, valamint a kiégett üzemanyag kirakása a reaktorból, ilyenkor nyílik lehetőség az ellenőrző vizsgálatok végrehajtására és a berendezések karbantartására is. A korábbi üzemelés 12 hónapos ciklusokban történt, azaz nagyjából 11 hónapnyi üzem után szétszerelték a reaktort és a berendezések egy részét.

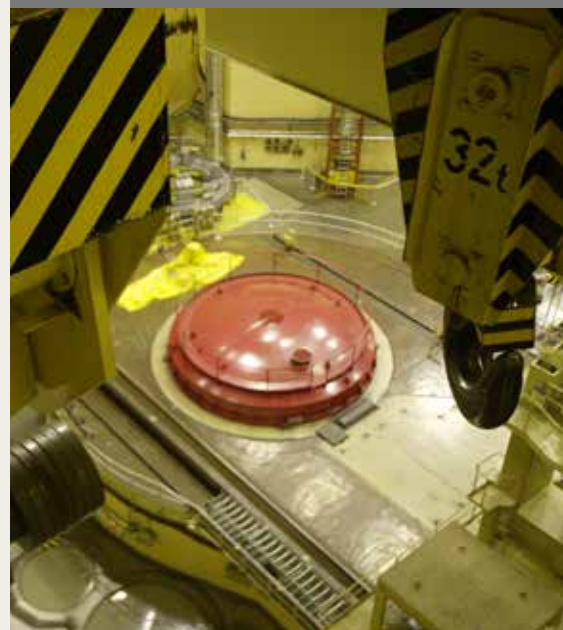
A Gd-2_4.7 üzemanyag-kazetta magasabb hasadóanyag tartalma lehetőséget biztosít az atomerőművi blokkok maximum 425-428 napos kampányainak megvalósításához. A fenntarthatósági és gazdaságossági szempontokat is figyelembe véve ezért a Paksi Atomerőmű a 15 hónapos üzemeltetési ciklusok bevezetése mellett döntött. A 15 hónapos ciklus bevezetése azt jelenti, hogy reaktor szétszerelése 14 hónapnyi üzem után történik az eddigi 11 hónap helyett, majd ezt követi egy átlagosan 1 hónapig tartó üzemanyag-átrakási, karbantartási időszak.

Neutronfluxus

A neutronfluxus fizikai mennyiség. Az egységnyi felületen egységnyi idő alatt átáramló szabad neutronok számát jelöli. Jele: Φ (nagy fí). Kiszámítható a neutronszűrűség és a neutronok átlagos sebességének szorzataként. A neutronok a szerkezeti anyag atomjaival rugalmas, illetve rugalmatlan kölcsönhatásba kerülnek: a rugalmas ütközés atomi elmozdulásokat, a rugalmatlan ütközés nukleáris reakciókat hoz létre. A besugárzás komplex változásokat idéz elő a reaktortartály acélfalának mechanikai tulajdonságaiban. Ezen változások közül a legalapvetőbb a folyáshatár (és természetesen a szakítószilárdság) növekedése, a szívósság csökkenése és a képlékeny-rideg átmeneti hőmérséklet növekedése. Ez az együttes hatás a reaktor falának öregedése, ami kapcsán az atomerőművek esetében élettartamról beszélünk.

Üzemanyag-tartalék

A Paksi Atomerőmű szerepe a hazai villamosenergia-ellátásban nem csak a megtermelt villamosenergia-részarány miatt kimagasló. Az energiaellátás biztonsága szempontjából stratégiai jelentőségű, hogy a 44/2002. (XII. 28.) GKM rendeletben szabályozottak szerint az atomerőmű 2 évre elegendő tartalék fűtőelemmel rendelkezik. Ezért volt tervezési szempont a C15 kiszolgálását lehetővé tevő fűtőelemnél, hogy a zónakonfigurációban felhasználható legyen az alacsonyabb dúsítású tartalék fűtőelem is.



A ciklushosszabbítás bevezetésének megalapozása

A 15 hónapos ciklus komplex bevezetése három alapvető műszaki változással járt:

- változtak az üzemanyag-kazetta reaktorfizikai jellemzői
- a rendszerek és rendszerelemek folyamatos üzeme 3 hónappal megnőtt
- az állapotfenntartási rendszer időszakos ellenőrzéseinek, karbantartásainak ciklusideje megváltozott.

Minden olyan elemzést, amelyben paraméterként szerepelt bármilyen műszaki adat, ami az új fűtőelem alkalmazásával, valamint az üzemelési ciklus módosítással a ritkább végrehajtás irányába változik, újra kellett igazolni annak érdekében, hogy fenntartható legyen a blokkok üzemeltetési engedélye. A hosszabbított ciklus bevezetésének megalapozását tehát az elemzési dokumentáció módosítása jelentette, az erőmű berendezéseinek fizikai átalakítására nem volt szükség.

A megvalósíthatósági elemzéseket követően – a megalapozó feladatok koordinálására, az engedélyezés lefolytatására – a Paksi Atomerőmű 2013 júniusában létrehozta a C15 Kiemelt Projektet (C15P). A „C” a ciklus szóra, a „15” a 15 hónapra utal. A C15P feladatai az atomerőmű műszaki szakterületei szerint tagolódtak. Az egyik legfontosabb feladatcsoport az üzemidőhosszabbítási eljárások során a Paksi Atomerőmű által a hatóság felé benyújtott, a tervezési alap megfelelőségét igazoló számítások érintettségével foglalkozott. A C15 bevezetésével érintett minden olyan dokumentum esetében megtörtént az üzemidő-hosszabbítás alapját képező biztonsági elemzések és igazolások újraszámítása, amely a 15 hónapos üzemeltetési ciklust és a Gd-2_4.7 fűtőelemet érinti.

Az elemzések az ötvenéves meghosszabbított üzemidőre, valamint még további 10 év biztonsági tartalék figyelembevételével készültek, és a C15 bevezetésével is igazolták a meghosszabbított üzemidő fenntarthatóságát.

A 15 hónapos üzemeltetési ciklus bevezetésének engedélyeztetése

A 15 hónapos ciklusok komplex bevezetése – mint bármilyen atomerőművi műszaki változás – hatósági engedélyköteles. Az Atomtörvény és a 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet szerint lefolytatásra kerülő engedélyezési eljárásban a Paksi Atomerőmű bemutatta az Országos Atomenergia Hivatalnak (OAH) a megváltozó komplex műszaki rendszert, valamint a változások megengedhetőségének igazolásait.

A nukleáris engedély kiadásának előfeltétele volt, hogy az erőmű rendelkezzen a módosított üzemanyag alkalmazására vonatkozó környezetvédelmi

engedéllyel, valamint igazolni kellett a kiégett fűtőelemeket tároló létesítmény megfelelőségét a magasabb átlagdúsítású üzemanyagra vonatkozóan, ami a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója (KKÁT) környezetvédelmi működési és nukleáris engedélyének módosításával volt biztosítható.

I. Környezetvédelmi engedélyeztetés

A Paksi Atomerőmű a blokkok üzemidőhosszabbítási eljárásainak előzményeként 2003-2006-ban elkészítette az üzemidő-hosszabbítás környezeti hatástanulmányát. Az Espoo-i Egyezmény alapján Ausztria, Románia és Horvátország részvételével folyt az engedélyezési folyamat, aminek eredményeképpen az illetékes környezetvédelmi felügyelőség kiadta az erőmű 20 évvel történő továbbüzemelésére vonatkozó K6K8324/06 iktatószámú környezetvédelmi engedélyt.

A 4,7% átlagdúsítású fűtőelem alkalmazásának engedélyezése kapcsán a Paksi Atomerőmű elkészítette a fűtőelem módosításoknál szokásos fűtőelem elemzéseket, igazolta, hogy az átalakítás a környezeti hatásvizsgálati eljárás szempontjából nem minősül jelentős módosításnak, aminek eredményeképpen az illetékes környezetvédelmi felügyelőség 2014. október 31-én 9510-15/2014. iktatószámon kiadta az erőmű módosított környezetvédelmi engedélyét, amely lehetővé tette a Gd-2_4.7 típusú kazetták alkalmazását.

II. Nukleáris biztonsági engedélyeztetés

Az atomerőmű állapotfenntartási rendszerét szabályozó dokumentumok módosítása hatósági eljárás során történik, ahol a nukleáris engedélyesnek (vagyis a Paksi Atomerőműnek) be kell mutatni a módosítások megalapozásait. Az átalakítást az Országos Atomenergia Hivatal a legszigorúbb eljárási kategóriába sorolta, amelyet a változás összetettsége indokolt.

A felülvizsgálatok lezárását, majd a kétszintű független műszaki szakértői elemzéseket követően került átadásra az átalakítást megalapozó dokumentáció az Országos Atomenergia Hivatal részére. 2014. november 26-án megindult az 1. kategóriába sorolt, a 15 hónapos üzemeltetési ciklus bevezetését célzó hatósági engedélyezési eljárás.

Az engedélyezési eljárások eredményeképpen 2015. december 1-jén az Országos Atomenergia Hivatal kiadta a 15 hónapos üzemeltetési ciklusok bevezetését engedélyező HA6080 hatósági határozatot a Paksi Atomerőmű számára. A határozatban előírta, hogy 6 kampányt követően értékelni kell az átalakítás eredményeit és az állapot értékelési jelentés benyújtásával egyidejűleg kezdeményezni kell a blokkok üzemeltetési engedélyének módosítását. A Paksi Atomerőmű 2015 év vége óta a hazai tervezésű 4,7%-os átlagdúsítású üzemanyagkazettákkal és 15 hónapos kampányokkal üzemel.

Az átalakításértékelő jelentés benyújtására 2018 nyarán került sor. A Paksi Atomerőmű az Országos Atomenergia Hivatal HA6080 határozatában előírtaknak megfelelően igazolta a blokkok biztonságos üzemelését. Az értékelés 6 teljes kampányra terjedt ki.

A Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójának engedélyezési eljárása

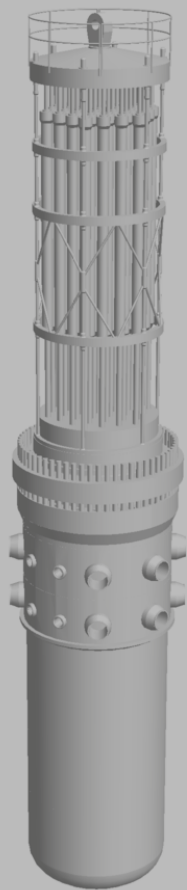
A reaktorból történő kivételük után a kiégett kazetták aktivitási szintje szükségessé teszi további hűtésüket, illetve azt, hogy elszigeteljék őket a környezettől. A két feladatot egyszerre oldja meg a reaktor mellett található pihentető medence. Pakson az elhasznált üzemanyag kazettákat 3-5 évig tárolják biztonságos körülmények között, víz alatt a pihentető medencében. Ezt követően az elhasznált üzemanyagot a kifejezetten erre a célra kialakított konténerekben átszállítják a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójába (KKÁT), ahol elhelyezésük 2047-ig biztosítva van.

Az új kazetta-típus atomerőművi használatának bevezetéséhez az Atomtörvény 38. §-a értelmében be kellett mutatni, hogy a kiégett üzemanyag átmeneti tárolása biztosított. A KKÁT engedélyei tartalmazzák a tárolható üzemanyag-kazetták pontos típusát és a tárolás szempontjából fontos fizikai paramétereit. Ezért az új kazetta-típus tárolhatóságának engedélyezéséhez módosítani kellett a KKÁT környezetvédelmi működési és üzemeltetési engedélyeit. A kiégett üzemanyag-tároló létesítmény 2014-ben közmeghallgatást követően megszerezte a Gd-2_4.7 típusú üzemanyag-kazetta tárolására vonatkozó engedélyét.

A Paksi Atomerőmű biztonságának felügyelete

A hazai és nemzetközi felügyeleti szervek a Paksi Atomerőmű működését folyamatosan kontroll alatt tartják. A magyarországi nukleáris hatóság szerepét az Országos Atomenergia Hivatal tölti be. Környezetterhelési érintettség esetén a Baranya Megyei Kormányhivatal Pécsi Járási Hivatal Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főosztály az eljáró/hatáskörrel rendelkező felügyeleti szerv. A nemzetközi szervezetek – vagyis a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA), a Nyugat-európai Nukleáris Hatóságok Szövetsége (WENRA), valamint a világ nukleáris létesítmény üzemeltetőinek szövetsége (WANO) – időszakosan ellenőrzik a működést, helyszíni átfogó felülvizsgálatokat folytatva, valamint online monitoring és üzemi eseményeket érintő információ-megosztási rendszert alkalmazva.

2014-ben négy nemzetközi felülvizsgálaton esett át az atomerőmű. A létesítményben a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA) üzemelési biztonságot felülvizsgáló csoportjának (OSART), továbbá a hosszabbított üzemidőt vizsgáló (SALTO) csoportjának, valamint a nukleáris létesítmény üzemeltetők szervezetének (WANO) két ellenőrzése zajlott le.



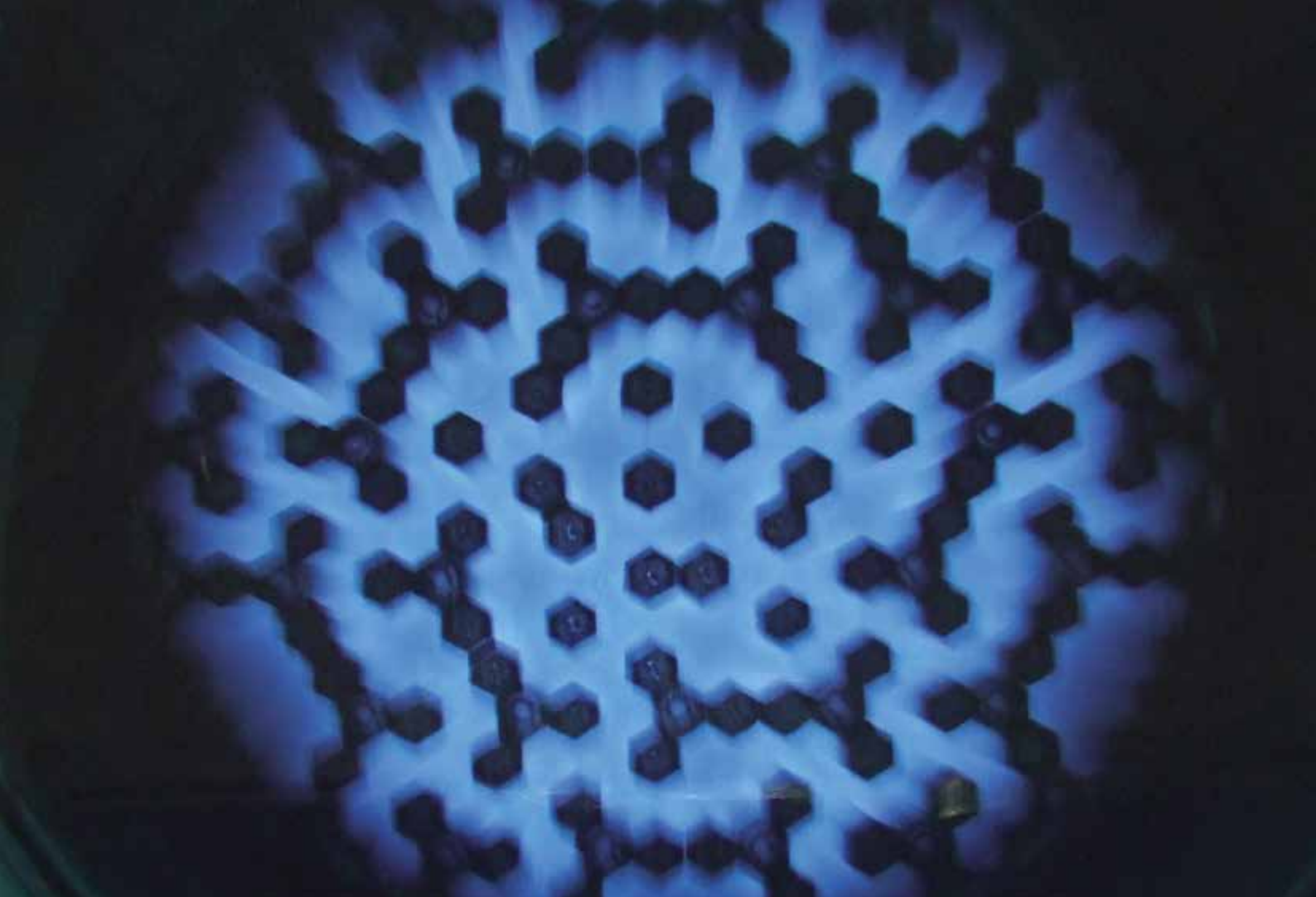
A C15 bevezetése

A 15 hónapos üzem bevezetése két fázisban történt. A környezetvédelmi engedély (9510-15/2014) és a tesztüzem megkezdésére vonatkozó Országos Atomenergia Hivatal által kiadott engedély (HA5840) megszerzését követően a 3. blokkon 2014. novemberében megkezdődött a Gd-2_4.7 üzemanyag tesztüzeme 12 db új típusú kazettával, 365 napos kampányban.

A tesztüzem célja az üzemanyag viselkedésének értékelése, a módosított reaktorfizikai kódok vizsgálata volt. A tesztüzem során a mért adatok egyezést mutattak a várt számított értékekkel. Ezt követően beadásra került az üzemanyag és a 15 hónapos üzemeltetési ciklus módosítás engedélyezési dokumentációja. A közel 1200 biztonsági elemzésből, értékelésből, módosított üzemeltetési dokumentumból, programból álló engedélyezési dokumentációt közel 12 hónap alatt értékelte ki az Országos Atomenergia Hivatal. A 15 hónapos üzemeltetési ciklust megalapozó műszaki dokumentációt a 247/2011 (XI. 25.) Korm. rendeletnek megfelelő független műszaki szakértők is ellenőrizték és szakmailag megalapozottnak találták.

A blokkok módosított üzeme 2015 végétől kezdődött meg. Mára minden blokk legalább két teljes 15 hónapos kampányt futott. Az üzem során az új típusú üzemanyaggal vagy a meghosszabbított kampányokkal kapcsolatos rendellenesség nem fordult elő.





A 15 hónapos üzemeltetési ciklus eredményei

A C15 bevezetése miatt az eddigi blokkonkénti évi egy üzemanyag átrakás helyett 4 éven keresztül csak évente három átrakásra, minden 5. évben négy átrakásra van szükség. Ez jelentős munkamennyiség és költség megtakarítással jár. Ennek eredményeképpen 2016-ban a kollektív dózis a 12 hónapos ciklusok rekordévéhez (1766 mSv) képest 24%-kal mérséklődött (1345 mSv), majd 2017-ben (1323 mSv) és 2018-ban is (1139,6 mSv) további csökkenést értünk el.

A C15-höz tartozó üzemanyag program kedvezőbb üzemanyag felhasználást tesz lehetővé. A teljes üzemidőre vonatkoztatottan ez 3%-kal kevesebb kiégett fűtőelemet jelent. A kevesebb üzemanyag átrakás miatt csökken a hulladékképződéssel járó munkamennyiség, ezáltal a kis és közepes aktivitású hulladékok mennyisége is.

A hosszabbított ciklusok bevezetésének eredményeképpen a Paksi Atomerőmű 2016-ban és 2017-ben is rekord termelést ért el. A 12 hónapos ciklusok rekordévéhez (15834 GWh) képest 2016-ban 1,4%-kal (16054 GWh), majd 2017-ben 1,6%-kal nőtt (16098 GWh) a megtermelt villamos energia mennyisége. Ez a villamos energia többlet több mint 100 000 átlagos magyar háztartás éves villamos energia szükségletét fedezte.



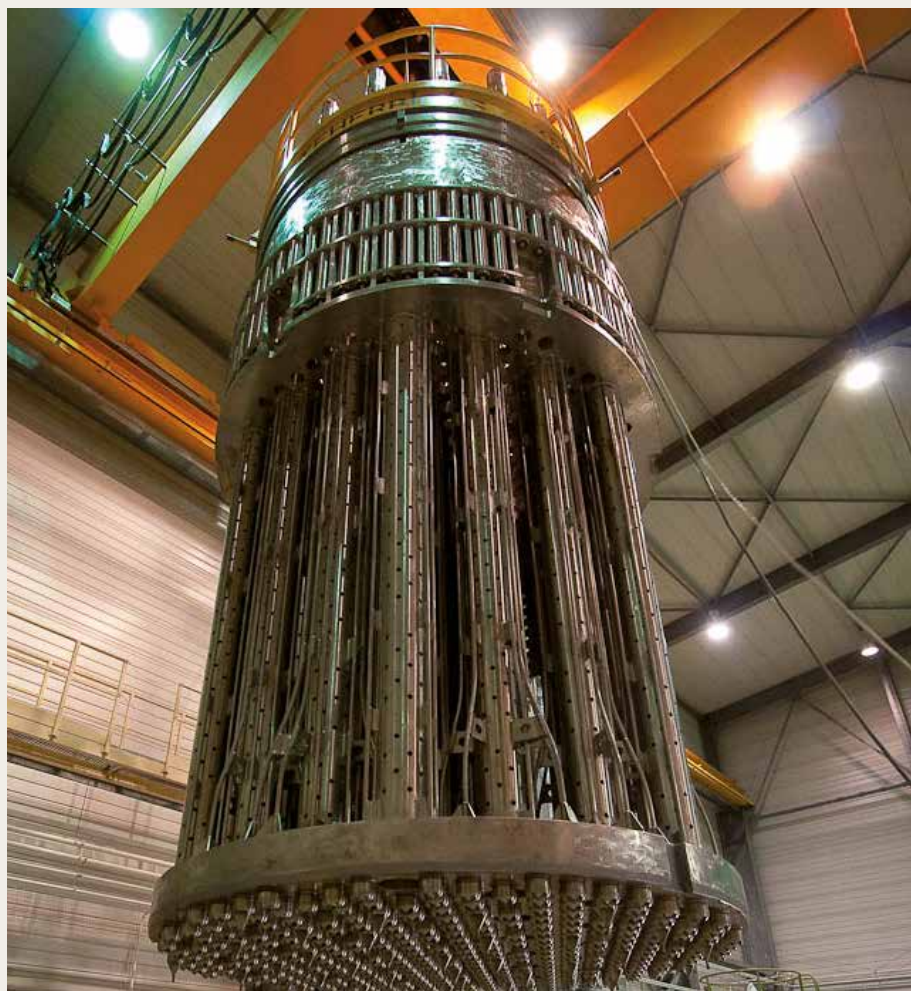
Nemzetközi tapasztalatok

A hosszabb üzemanyag- és főjavítási ciklusok gazdasági előnye miatt a nukleáris ipar vezető országai közül az USA-ban és Franciaországban már a 90-es években általános tendenciaként bontakozott ki a hosszabb üzemanyag-ciklusok alkalmazása. Az USA-ban az üzemeltetési ciklusok átlagos hossza a 80-as években 12 hónap, 1995-ben 15 hónap volt, 2000 után pedig 18 hónapra nőtt. Franciaországban a blokkok többsége 15, 17 vagy 18 hónapos üzemanyag-ciklussal üzemel.

A legközelebbi példa a Pakstól mindössze 300 km-re található szlovéniai Krsko atomerőmű, amely 1983-ban kezdte meg működését 12 hónapos ciklusokkal, majd 2004-ben – üzemanyag módosítással párhuzamosan – 18 hónapos üzemelésre váltott.

Az oroszországi atomerőműveket üzemeltető ROSZENERGOATOM 2008-ban kezdte meg azokat a munkálatokat, amelyek a VVER 1000 MW-os blokkok üzemanyag ciklusának meghosszabbítását célozták 12 hónapról 18 hónapra. 2013. áprilisban már 8 blokk üzemelt 12 hónapnál hosszabb átmeneti üzemanyag-ciklussal, a végleges átállás folyamatos. Az új tervezésű orosz atomerőművek, így Paks II. VVER 1200-as blokkjai is tervezetten 18 hónapos ciklussal üzemelnek majd.

A Pakson is használt VVER-440 típusú blokkok között egyelőre még nincs példa a ciklushosszabbításra: jelenleg valamennyi (23 db) ilyen blokk 12 hónapos üzemenben működik. Ezért is vagyunk különösen büszkék arra a műszaki teljesítményre, amellyel a Paksi Atomerőmű és a magyar kutatóintézeti háttér kidolgozta az áttérés műszaki-tudományos alapjait.





Hazai és nemzetközi szakmai háttér

Az atomerőmű üzemeltetését, az üzemidő-hosszabbítást és a 15 hónapos üzemeltetési ciklus bevezetésének előkészítését kiterjedt és jól szervezett külső kapcsolatrendszer segítette és segíti: közel 30 minősített hazai és külföldi szolgáltató, beszállító cég, beleértve az atomerőmű egykori szállítóit, tervező és tudományos intézeteit, főkonstruktőrét, az üzemanyaggyártó és -tervező létesítményeket és kutatóintézetet. Meghatározó szerepet játszott a műszaki-tudományos előkészítésben a Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpontja (MTA EK), a Pöry ERŐTERV Zrt., a Nukleáris Biztonsági Kutató Intézet Kft. (NUBIKI Kft.), a VEIKI Energia+ Kft., a VEIKI VNL Kft., az Országos Sugárbiológiai és Sugár-egészségügyi Kutató Intézet, a Budapesti Műszaki Egyetem, a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Intézet és más nemzetközileg elismert intézmények. A nemzetközi intézetek közül az OKB „Gidropress” (Oroszország), mint főkonstruktőr, a SKODA JS AS (Csehország), mint a reaktortartály és komponenseinek gyártója, az LPI Inc. (USA), mint ASME akkreditált műszaki konzulens, a TVEL (Oroszország), mint üzemanyag-gyártó és -szállító, valamint az oroszországi Kurcsatov Intézet és Bocsvar Intézet (AO VNIINM) elemzései képezik részét a megalapozó anyagnak.

Főkonzulensként az MTA EK és a NUBIKI Kft. egymást kiegészítve, közösen végezte – többek között – az üzemanyag elemzéseket, a valószínűségi biztonsági elemzéseket, az elemzésekhez szükséges modell- és szoftverfrissítéseket, szakmai megalapozottságot. A C15 program kidolgozásával kapcsolatos előkészítő munka műszaki-tudományos támogatását a Trampus és Társa Kft. által vezetett független tanácsadó és műszaki szakértői testület segítette.

Összefoglalás

A hazai villamosenergia-termelés jelenleg több mint ötven százalékát adó Paksi Atomerőmű biztonságos, versenyképes és fenntartható üzemeltetése kiemelt jelentőségű a nemzetgazdaság számára. Az atomerőmű megfelel a Nemzeti Energiastratégiában megfogalmazott célkitűzéseknek: olcsón, folyamatosan és nagy mennyiségben, környezetkímélő módon termel villamos energiát.

A C15 műszaki megvalósítása kihívás volt minden – az előkészítésben, megvalósításban, részfeladatok végrehajtásában – résztvevő számára. Mindenként az a tudat és cél vezérelt, hogy tovább erősítsék a magyar emberek bizalmát az atomenergia békés célú felhasználásának biztonsága iránt, versenyképesebb áron, kisebb környezetterheléssel legyen előállítható a villamos energia. A munkában érintett szakterületeket kétszáznál is jóval több szakember, tudós képviselte. A C15 bevezetése a hazai szaktudás rendkívül összetett gyakorlati alkalmazásának példája, s nemcsak a nukleáris és villamosenergia-iparág, hanem a magyar tudomány kiemelkedő jelentőségű vállalkozása is.

A Paksi Atomerőmű 1-4 blokkjain bevezetendő 15 hónapos üzemeltetési ciklus, valamint a Gd-2_4.7 típusazonosítójú üzemanyag-kazetta magyar innováció. Erre különösen büszkék vagyunk.

Az innováció jelentőségét hazai és nemzetközi szinten is elismerték. 2017. március 29-én az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. nyerte el a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium 2016. évi Fejlesztési Innovációs Díját. 2017. november 7-én a Paksi Atomerőmű 15 hónapos üzemeltetési ciklus innovációja a „Minőség-Innováció 2017” elnevezésű pályázaton a nagyvállalat kategóriában nemzeti díjnyertes, majd a nemzetközi Quality Innovation Award 2017 pályázaton a nagyvállalati kategória díjgyőztese lett. A bilbaoi díjátadón a zsűri döntését indokolva kiemelte, hogy az üzemeltetési ciklus megnövelése elősegítette az atomerőmű hatékonyságának növekedését az üzemeltetés biztonsági követelményeinek maximális teljesítésével.

A C15 átalakítás megtervezése kapcsán a Paksi Atomerőmű és a műszaki-tudományos háttér is mindvégig a biztonságot tekintették elsődleges szempontnak.





Kiadta: MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

Felelős kiadó: Pekárik Géza vezérigazgató

Felelős szerkesztő: Cibula Mihály, kiemeltprojekt-vezető – C15 Kiemelt Projekt

A kiadvány létrehozásában közreműködtek:

Cserháti András műszaki főszakértő – Műszaki Igazgatóság

Iványi Krisztina kommunikációs főszakértő – Tájékoztató és Látogatóközpont

Horváth László osztályvezető – Minőségfelügyeleti Osztály

Dr. Nemes Imre osztályvezető – Reaktorfizikai Osztály

Pécsi Zsolt osztályvezető – Környezetvédelmi Osztály

Rátkai Sándor osztályvezető – Öregedéskezelési Osztály

Bernhardt Krisztián főosztályvezető – Műszaki Főosztály

Buránszky István főosztályvezető – Rendszertechnikai Főosztály

Tóth Pál igazgató – Műszaki Igazgatóság

Nős Bálint stratégiai és műszaki igazgató – Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft.

Dr. Elter József műszaki vezérigazgató-helyettes

Grafika, tipográfia: Vincze Bálint

Nyomdai kivitelezés: ATOMIX Kft. Nyomdaüzem

A kézirat lezárva: 2019. 02. 27.



MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

cím: 7031 Paks, Pf. 71, hrsz. 8803/17

központi telefon és fax: 06-75-505-000; 1/355-1332

www.atomeromu.hu

www.facebook.com/paksiatomeromu