

# ÚJ BLOKKOK A PAKSI TELEPHELYEN – 2. RÉSZ

Aszódi Attila

A Paksi Atomerőmű kapacitás-fenntartásáért  
felelős kormánybiztos, Miniszterelnökség

BME Nukleáris Technikai Intézet

Boros Ildikó

BME Nukleáris Technikai Intézet

A 2014. január 14-én aláírt magyar–orosz államközi egyezmény értelmében [5] hazánk két új, egyenként 1200 MW-os atomerőművi blokk építésére kötött szerződést Oroszországgal. Az új paksi blokkok referenciatechnológiája a VVER-1200 reaktortípus V491-es altípusa. Ez a reaktortípus a jelenlegi nemzetközi elvárásoknak megfelelő modern atomerőművi egység, amelynek biztonsági rendszereit is jelentősen továbbfejlesztették a korábbi orosz nyomottvízes típusokhoz képest. A jelen cikk előzményeként szolgáló első részben a projekt energiapolitikai környezetét tekintettük át, míg a második rész e reaktortípus fő technológiai jellemzőit és speciális biztonsági rendszereit mutatja be. Ezt követően az írás ismerteti az engedélyezési folyamat fő fázisait, és a környezetvédelmi engedélyezési folyamat eddigi eseményeit.

## A Paksra tervezett új blokkok fő jellemzői

A Szovjetunió a nyugati reaktorfejlesztőkhöz képest néhány év késéssel, az ötvenes évek közepén kezdte a nyomottvízes reaktorok (PWR – Pressurized Water Reactor) kifejlesztésébe. Ezen reaktoroknál a reaktoron átáramló könnyűvíz hűtőközeg nyomása igen magas, 100 bar fölötti – így a hűtőközeg magas hőmérsékleten is folyadékfázisban marad. A magas hő-

mérsékletű (300 °C körüli), úgynevezett primer közeget a gőzfejlesztőben adja át a nukleáris láncreakcióból származó hőt a szekunder körnek, ahol az alacsonyabb nyomás következtében a szekunder közeget elforr, az így keletkezett gőz pedig a turbinát meghajtva áramot termel. A szovjet tervezők által VVER-nek keresztelt sorozat (amely a könnyűvíz hűtőközegű és könnyűvíz moderátorú energetikai célú reaktorra utal) népszerű, megbízható reaktortípusokat foglal magába.

Az első VVER-440 típusjelű reaktor (440 MW bruttó teljesítménnyel) 1971-ben indult Novovoronyezsben. Ebből a sorozatból összesen csaknem 40 blokkot helyeztek üzembe. Ezek közül mostanra számos reaktort leállítottak, a VVER-440 korábbi verziója, a V230 altípusú reaktor biztonsági rendszerei ugyanis még jócskán hagytak kívánnivalót maguk után, a jelenlegi biztonsági követelményeknek ez a típus már nem felel meg. Az egykori VVER-440/V230 reaktort nem méretezték nagyméretű primerköri cső törésére, ami a nyugati PWR-ek esetén a hetvenes években már alapkövetelmény volt. Az újabb, V213-as altípusú VVER bevezetésének idejére ezt a hiányosságot már pótolták, az ezen csoportba tartozó reaktorok – többek között a paksi atomerőmű jelenlegi blokkjai is – kiváló biztonsági és üzemeltetési mutatókkal rendelkeznek, és biztonsági színvonaluk megfelel a velük azonos korú nyugati nyomottvízes reaktorok biztonságának.

A VVER-440-est a nyolcvanas években az 1000 MW bruttó teljesítményű VVER-1000 követte, amely szintén igen sikeres típusná vált, eddig 30 ilyen blokkot építettek világszerte, ezek a blokkok jelenleg is kivétel nélkül üzemelnek. E típusnak már a nyugati PWR-eknél megszokott nagy térfogatú, hengeres védőépületet (konténmentet) terveztek. A legújabb VVER-1000-es blokkok már a modern, úgynevezett 3. generációs reaktorokhoz tartoznak, ennek megfelelően biztonsági mutatóik még jobbak a korábbi VVER-ekénél, még súlyos balesetek (akár a reaktor zónájának teljes megolvadása) kezelésére is felkészítették őket. A Kínában üzemelő Tianwan atomerőműben (VVER-1000, AES-91) vezették be először a zónaolvadék súlyos baleseti hűtésére és kezelésére szolgáló zónaolvadék-csapdát.

A kétezres években az orosz tervezőirodák az egyre szigorodó nemzetközi elvárásoknak megfelelően továbbfejlesztették a VVER-1000 típust. Így született meg az Atomenergoprojekt 60 éves üzemidőre tervezett VVER-1200 típusú reaktora, melynek fő üzemi paramétereit az 1. táblázat mutatja.

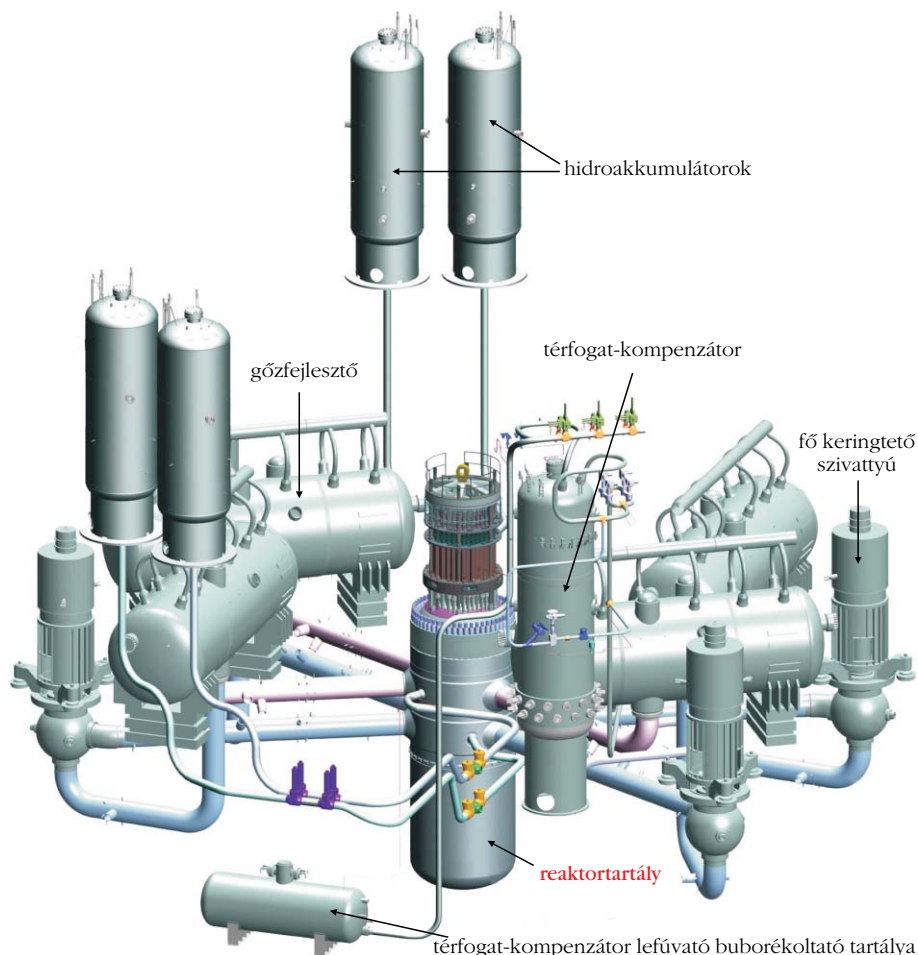
1. táblázat	
A VVER-1200/V491 reaktortípus fő technológiai paramétereit	
Általános	
termikus teljesítmény	3200 MW
bruttó villamos teljesítmény	1198 MW
nettó villamos teljesítmény	1113 MW
nettó hatásfok	34,8 %
önfogyasztás	7,1 %
rendelkezésre állás	>90 %
tervezett élettartam	60 év
Primer kör	
üzemi nyomás	162 bar
zóna belépő hőmérséklete	298,2 °C
zóna kilépő hőmérséklete	328,9 °C
Szekunder kör	
üzemi nyomás	68 bar
frissgőz-hőmérséklet	283,8 °C
gőztömegáram	1780 kg/s

Jelenleg a VVER-1200-nak két altípusa létezik, ezek fő műszaki, üzemi paramétereikben (például a zóna, primer és szekunder körű főberendezések kialakításában) meg-egyeznek, azonban biztonsági rendszereik kialakítása jelentősen eltér. Az Atomenergo-projekt moszkvai tervezőirodájában készült a V392M altípus, a szentpéterváriban pedig a Paksra is tervezett reaktorok referenciájaként szolgáló V491 jelű. A Novovoronyezs atomerőműben jelenleg V392M reaktorok épülnek, V491 pedig a Leningrád-II atomerőműben és Fehéroroszországban az Asztravec telephelyen, de ilyen tervezése és engedélyezése zajlik Finnországban is, és ezt a típust ajánlotta az orosz szállító például Vietnámnak, Jordániának is. Ugyanakkor hozzá kell tenni, hogy mind Finnországban, mind Magyarországon speciális európai követelményeknek kell a blokkokat megfeleltetni. A magyar fél mintegy 11 600 követelményt fogalmazott meg a vonatkozó magyar és nemzetközi jogszabályok és ajánlások figyelembe vételével. A követelményeknek való megfelelés számos rendszer és komponens áttervezését teszi majd szükségessé.

A reaktor primerkörű főberendezései a 7. ábrán láthatók. A primer hűtőrendszer a VVER-1000-hez hasonlóan négyhurkos, azaz négy gőzfejlesztőt tartalmaz, amelyek a több évtizedes orosz tervezői hagyománynak megfelelően vízszintes elrendezésűek. (Érdekesség, hogy ezt a koncepciót kizárólag a VVER-ekben alkalmazzák, a nyugati nyomottvízes reaktorok gőzfejlesztői vertikális elrendezésűek. Az eltérő gőzfejlesztő-elrendezés bizonyos eltérő tulajdonságokat eredményez az üzemeltetés, karbantartás és az üzemzavari viselkedés tekintetében is.)

A reaktor üzemanyagát a VVER-1000 már bevált fűtőelemkötegei alapján fejlesztették (8. ábra). A VVER-1200 reaktorzónája 163 üzemanyag-kazettát tartalmaz, magassága 4,57 m, külső átmérője 3,16 m. A reaktor teljesítményének szabályozására (és a láncreakció szükség szerinti leállítására) úgynevezett fésűs szabályozó elemek szolgálnak, amelyek szerkezete a modern nyugati PWR-ek szabályzóelemeiéhez hasonlít.

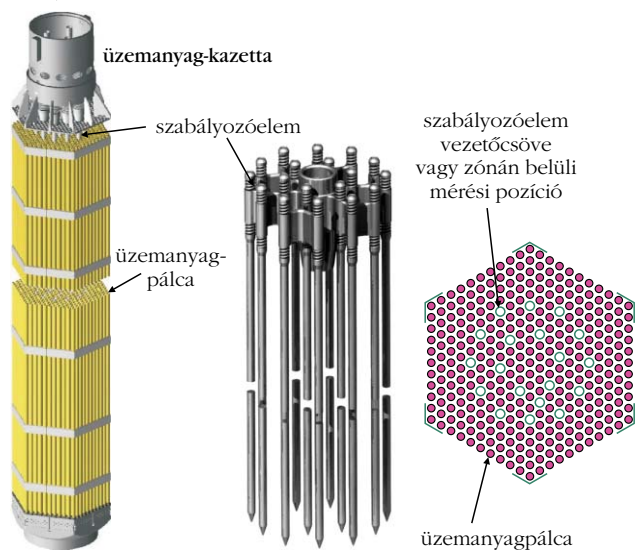
Az üzemanyag maximális kezdeti dúsítása 4,79%, amellyel 12 hónapos üzemelési kampány mellett 68 MWnap/kg urán kiegészi szintet lehet elérni. Jelenleg



7. ábra. A VVER-1200 primer köre (Forrás: Roszatom).

tesztelés alatt áll az az üzemanyag, amellyel 18 hónapos kampányok is megvalósíthatók. Az üzemanyagban gadolinium kiegészítő mérget alkalmaznak a kezdeti reaktivástartalék lekötésére.

8. ábra. A VVER-1200-ban alkalmazott TVS üzemanyag-kazetta (balra), a szabályzó elem (középen), a kazettán belüli pálcakiosztás (jobbra – a teli körök az üzemanyagpálcákat, az üres körök a szabályzóelemek vezetőcsöveit vagy a zónán belüli mérések pozícióit jelölik) [6].

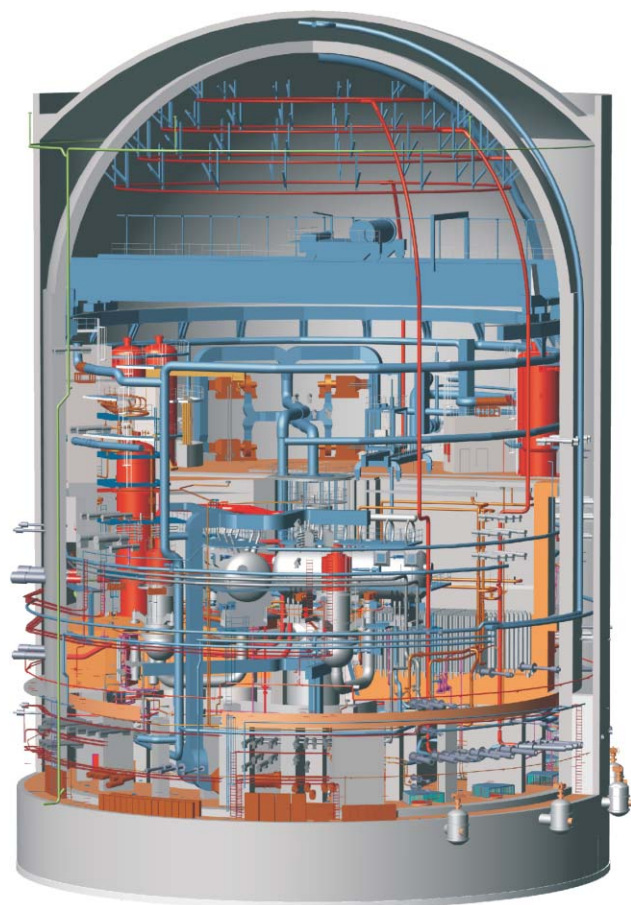


Az üzemanyag a 20 cm-es falvastagságú szénacélból készült, belső ausztenites acél burkolattal (plattírozással) ellátott reaktortartályban helyezkedik el, amelynek magassága az osztósíkgig 11,2 méter, tömege 330 tonna. A reaktortartályokat az Izsorszkije Zavod üzemben kovácsolással gyártják.

A reaktorból elszállítandó hőt a gőzfejlesztőként 11 000 darab hőcserélő cső adja át a primer körtől a szekunder körnek. Ez a fekvő elrendezésű gőzfejlesztő szintén a VVER-1000 berendezésének továbbfejlesztésével készült, hossza 14 m, a hőátadó felület nagysága 6100 m<sup>2</sup>.

A VVER-1200/V491 típusnál a reaktort és a teljes primer kört – a gőzfejlesztőkkel együtt – egy kettős falú vasbeton védőépület, a konténment (9. ábra) foglalja magába, amely egy 2,4 m vastag, 51,6 m átmérőjű vasbeton alaplemezen nyugszik. A belső konténmentfal előfeszített vasbeton szerkezetű, belülről 6 mm vastag hegesztett korrózióálló acél burkolattal van ellátva. A belső konténmentfal egyik fő feladata üzemzavarok során a reaktorból esetlegesen kikerülő radioaktív anyagok visszatartása. A külső konténment vasbetonból készült, feladata a reaktor és a belső konténmentfal megóvása a külső – emberi vagy természeti eredetű veszélyekből származó – hatásoktól. A konténmentépület belső átmérője 44 m, belső falának vastagsága 120 cm.

9. ábra. A reaktort és a teljes primer kört magába foglaló kettős falú vasbeton védőépület, a konténment.



## Az új paksi blokkok biztonsága

A jelenleg üzemelő paksi blokkok indulása óta sokat változtak a nukleáris biztonsággal kapcsolatos elvárások. Az eltelt évtizedekben rengeteg üzemeltetési tapasztalat gyűlt össze, és a nukleáris ipar sokat tanult a bekövetkezett atomerőművi balesetekből (Three Miles Island, Csernobil, Fukushima). Ezen tapasztalatok hatására a már üzemelő blokkok biztonságát is tovább javították, hiszen számos utólagos biztonság-növelő intézkedést hajtottak végre a meglévő erőművekben. A biztonsági követelmények szigorodása a hazai szabályozásban is megjelenik: a hatósági követelményrendszert tartalmazó Nukleáris Biztonsági Szabályzat (NBSZ, [7]) külön, szigorúbb határértékeket ír elő az újonnan épülő atomerőművek számára. Eszerint csak olyan atomerőművi blokk építhető, amelyre igazolni lehet, hogy a súlyosabb zónasérüléshez vezető események várható összesített gyakorisága alacsonyabb, mint 10<sup>-5</sup>/év. A szabályozás szerint azonban még a zóna sérülése, akár megolvadása sem vezethet automatikusan jelentős környezeti kibocsátáshoz. Az NBSZ szerint azt is igazolni kell, hogy az új blokkok esetén a jelentős radioaktív kibocsátás várható gyakorisága kisebb, mint 10<sup>-6</sup>/év. Ezek a követelmények azt is jelentik, hogy az új reaktorok tervezési alapját jelentősen ki kell terjeszteni, ma már elvárás, hogy akár a fukushimaihoz hasonló kezdeti események se okozhassanak a megengedettnél nagyobb környezeti terhelést. Ehhez az kell, hogy például a teljes feszültségvesztést, vagy a végső hőnyelő teljes elvesztését is kezelő biztonsági rendszerek legyenek beépítve az atomerőműbe. Emellett arra is fel kell készíteni a reaktorokat, hogy – amennyiben mégis bekövetkezne egy igen kis valószínűségű súlyos esemény – a mérnöki rendszerek képesek legyenek a súlyos balesetek kezelésére is.

Ezen követelmények figyelembevételével tervezték meg a V491 biztonsági rendszereit, amelyek között „hagyományos”, aktív rendszereket és újszerű, passzív biztonsági rendszereket is találunk.

Az aktív rendszerek alapvetően a tervezési üzemzavarok kezelésére szolgálnak, ezek között üzemzavari zónahűtő-rendszerek, vészborozó rendszer és üzemzavari tápvíz-rendszer található (színes ábra a hátsó fedélen). A nagy- és kisnyomású üzemzavari hűtő-rendszer 4×100% redundanciájú, és segítségével a csőtöréses üzemzavarok teljes spektruma kezelhető a legnagyobb átmérőjű, 850 mm-es primer körű csővezeték 200%-os csőtöréséig. A vészborozó rendszer 4×50% redundanciával rendelkezik, üzemelése esetén magas bórsav-koncentrációjú (40 g/kg) hűtőközeget fecskendez a térfogat-kompenzátorba és a főkeringtető vezetékbe, egyrészt gyors nyomáscsökkentést téve lehetővé (például primer-szekunder átfolyás esetén), másrészt biztosítva a reaktor leállítását abban az esetben, ha a normál leállító rendszer nem érhető el. A tervezési üzemzavarok kezelésére szolgáló passzív rendszer az úgynevezett hidroakkumulátor, amely az üzemzavari hűtőrendszerek része.

Fontos új filozófiai elem az új, 3+ generációs blokkok tervezésénél, hogy a tervezési alapon túli balesetek egy széles körénél is további biztonsági megfontolásokat kell tenni, azaz a tervezési alapot ki kell terjeszteni. Ez azt jelenti, hogy bizonyos üzemzavari szekvenciák, amelyek egy 2. generációs reaktornál a zóna sérüléséhez és nagyobb mennyiségű radioaktív anyag környezetbe kerüléséhez vezethetnek, a 3+ generációs reaktoroknál mérnöki rendszerek segítségével már kizártak, így a nagy kibocsátás elkerülhető.

Ezen tervezési alap kiterjesztésébe tartozó események kezelésére számos passzív biztonsági rendszer szolgál. A V-491 típus számára tervezett passzív hőelvonó rendszer a gőzfejlesztőkön keresztül képes a remanens hő elvonására olyan esetekben, amikor az aktív üzemzavari hűtőrendszerek valamilyen okból kifolyólag nem állnak rendelkezésre (színes *ábra* a hátsó fedélen). A négy párhuzamos ágból álló rendszer (PHRS-SG) áganként 18-18 vízhűtésű hőcserélőn keresztül adja át a primer kör hőjét a végső hőnyelőnek, ami ebben az esetben az atmoszféra. Ehhez egy-egy 450 m<sup>3</sup> térfogatú víztartály szolgál hűtőközegként. A víztartályok a légkörre nyitottak, a párolgás szállítja el belőlük a hőt a végső hőnyelőbe, az atmoszférába. A rendszer összesen 200 MW hőteljesítményt képes elszállítani a négy gőzfejlesztőn keresztül. Ezek a víztartályok a passzív konténmenthűtés (PHRS-C) során is használhatók, amikor a konténmentépületen belül elhelyezett hőcserélők segítségével, szintén természetes áramlással lehetséges a konténmentből a hőelvitel. Ezek a rendszerek 4×33%-os kapacitással kerülnek beépítésre.

A VVER-1200 mindkét altípusánál alkalmazzák a Tianwanban bevezetett zónaolvadék-csapdát. Amennyiben a fent ismertetett aktív és passzív biztonsági rendszerek nem lennének képesek a hűtést biztosítani a reaktorzónának, és bekövetkezne egy zónaolvadással járó súlyos baleset, a rendszer képes a reaktortartályt átolvasztó zónaolvadék felfogására, lehűtésére, megszilárdítására és biztonságos visszatartására. A 150 tonna tömegű berendezés Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> keveréket tartalmaz olvadó töltéként, amely „felhígítja” a csapdába érkező zónaolvadékot, növelve a hűthető felületet, visszatartva a hasadási termékek jelentős részét, és csökkentve a folyamatban keletkező hidrogén mennyiségét is.

A biztonsági rendszereknek köszönhetően az orosz szállító előzetes számításai szerint a VVER-1200/V491 várható zónasérülési gyakorisága körülbelül  $6 \times 10^{-7}$ /év, ami jelentősen a magyar Nukleáris Biztonsági Szabályzatok által meghatározott korlát alatt marad. A jelentős korai radioaktív kibocsátás számított gyakorisága  $2 \times 10^{-8}$ /év, ami szintén több, mint egy nagyságrenddel a korlát alatt van.

## Az új blokkok engedélyezésének folyamata

Az atomerőművek létesítése a világon mindenhol hosszadalmas folyamat. Ez többek között a komplikált engedélyezési eljárásnak köszönhető, ami alól a

Paks II. projekt sem kivétel. A Parlament által elfogadott 40/2008-as Országgyűlési Határozat az energiapolitikáról felhívta a Kormányt, hogy kezdje meg az új atomerőművi kapacitásokra vonatkozó döntéselőkészítő munkát.

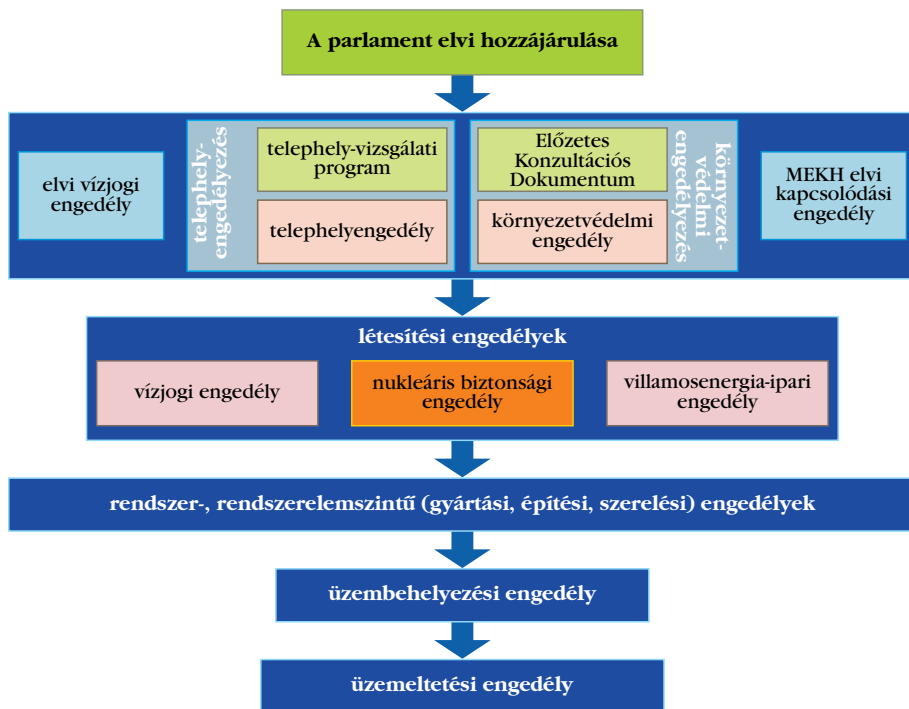
Az 1996. évi CXVI. törvény (Atomtörvény) 7. §-ának (2) bekezdése szerint Magyarországon minden új nukleáris létesítmény létesítését előkészítő tevékenység megkezdéséhez, illetve meglévő atomerőmű további atomreaktorot tartalmazó egységgel való bővítéséhez az Országgyűlés előzetes, elvi hozzájárulása szükséges. Ezt az Országgyűlés 2009. március 30-án 330 igen szavazattal, 6 nem és 10 tartózkodás mellett szavazta meg, így megkezdődhetett a paksi telephelyen új energiatermelő blokkok létesítésének előkészítése.

A fenti döntésre tekintettel az állami tulajdonban lévő MVM cégcsoport elindította a Lévai-projektet, amelynek célja már az új blokkok létesítésének előkészítése volt. A projekt keretein belül 2012-ben készült el a környezetvédelmi engedélyezési eljárás részét képező Előzetes Konzultációs Dokumentum is, ami bemutatja a piacon akkor rendelkezésre álló nyomottvizes atomerőművi technológiákat, valamint azok várható környezeti hatásainak fajtáit. A műszaki vizsgálatok megmutatták, hogy biztonsági szempontból több, egymáshoz hasonló nyomottvizes, 3. generációs technológia van a piacon. Ezt követően a fő kérdéssé az vált, hogyan lehet az építkezéshez finanszírozást biztosítani.

Így értünk el a 2014. január 14-én bejelentett orosz–magyar kormányközi egyezményhez, ahol a felek az alábbiakról állapodtak meg: „Felek együttműködnek a Magyarország területén lévő Paksi Atomerőmű teljesítményének fenntartásában és fejlesztésében, beleértve két új 5–6. blokk tervezését, megépítését, üzembe helyezését és üzemben kívül helyezését, VVER (vízhűtéses vízmoderátoros) típusú reaktoral, mindkét blokkra vonatkozóan legalább 1000 MW beépített kapacitással, amint arról jelen Egyezmény a későbbiekben rendelkezik, a jövőben leállításra kerülő 1–4. blokk teljesítményének kiváltására.” [5].

A kormányközi egyezményt kihirdetők 2014. évi II. törvény információt ad a paksi bővítési projektről, így például rendelkezik arról, hogy Oroszország hitelt fog nyújtani a blokkok felépítéséhez, rögzíti, hogy a felek mindent megtesznek annak érdekében, hogy 40%-os lokalizációs szint legyen elérhető, kimondja, hogy a felek megállapodnak a nukleáris fűtőelem-ellátásról, illetve arról, hogy a kiegészítő kazetták esetében lehetőség van az oroszországi átmeneti tárolásra és/vagy újrafeldolgozásra (reprocessálásra) is.

Az államközi egyezményt egy finanszírozási államközi megállapodás követte, amelyet 2014. március 28-án jelentettek be, majd Magyarországon 2014. június 23-án törvény formájában hirdették ki a nyilvánosság számára (2014. évi XXIV. törvény). A törvényben többek között szerepel, hogy az orosz fél maximum 10 milliárd euró összegű állami hitelt nyújt a magyar fél részére, ami kizárólag a paksi atomerőmű 5. és 6. blokkjának tervezéséhez, megépítéséhez és üzembe



10. ábra. Az engedélyezési folyamat főbb lépései.

helyezéséhez szükséges munkálatokra használható fel. A magyar fél a finanszírozás 80%-át fedezheti ebből a hitelből, a fennmaradó 20%-ot saját, egyéb forrásokból kell előteremtenie. A hitelt a magyar fél 2014 és 2025 között használhatja fel, ezen időszak alatt a kamatozása 3,95%. A törlesztés 3, egyenként hét éves periódusban történik, ekkor a kamatláb rendre 4,5%, 4,8% és 4,95% lesz. A magyar félnek lehetősége van az előtörlesztésre.

Az államközi egyezmények aláírását követően, azok bázisán elkezdődtek a konkrét megvalósítási megállapodások kidolgozására irányuló tárgyalások az orosz féllel. A szerződéseket végül 2014. december 9-én írta alá a magyar fél részéről a Beruházó, vagyis az MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő Zrt. és orosz oldalról pedig a JSC NIAEP. Az aláírt szerződés-csomag három szerződésből állt: az erőmű tervezésére, megépítésére és üzembe helyezésére vonatkozó fővállalkozói (EPC) szerződésből, az üzemeltetés és karbantartás támogatásáról szóló megállapodásból, valamint az üzemanyag-ellátási szerződésből.

Időközben elkezdődött a létesítés majdani megkezdéséhez szükséges engedélyk beszerzése, illetve az engedélyk megszerzéséhez szükséges háttér-munkálatok. Az új blokkok kereskedelmi üzeméhez nagyszámú engedély megszerzésére lesz szükség, ezeket természetesen nem részletezzük a cikk terjedelmi korlátai miatt. A legfőbb engedélyk, engedélycsoportok viszont jól bemutatathatók, ezekre épül fel a blokkok létesítésének menetrendje is. Ezeket az engedélyeket mutatja be a 10. ábra.

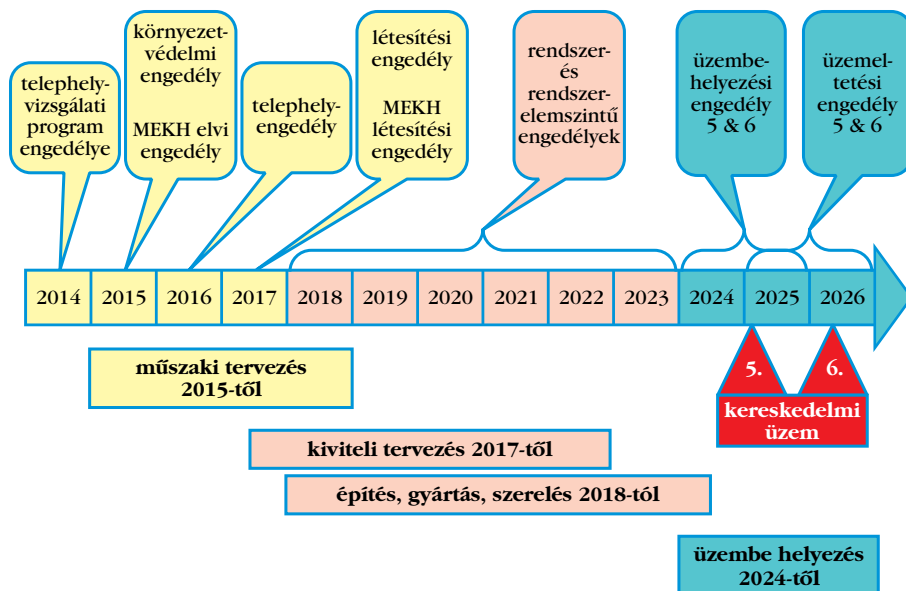
Látható, hogy a létesítési engedély megszerzése előtt négy nagy engedélycsoportot kell megszerezni: az elvi vízjogi engedélyt, a blokkok villamosenergia-rendszerbe való integrálásához szükséges engedélyt,

a telephelyengedélyt és a környezetvédelmi engedélyt. A telephelyengedély megszerzéséhez a projektársaság 2015 tavaszán Földtani Kutatási Program néven telephelyvizsgálatot indított el. Bár a telephely Magyarország legjobban megkutatott és legjobban ismert területe (hiszen 30 éve itt működik a Paksi Atomerőmű), de a szakma szükségesnek tartotta, hogy a jelenleg rendelkezésre álló legmodernebb berendezésekkel és legújabb kutatási módszerekkel elvégzett elemzések révén még jobban megismerhesse a területet. A kutatási program eredményei alapján, az ütemterv szerint várhatóan 2016-ban lesz megszerzhető a telephelyengedély.

A környezetvédelmi engedély megszerzése szintén kiemelkedően fontos az engedélyezési eljárásban. A környezetvédelmi engedélyezés az engedélyezési szakasz azon része, ahol a létesítendő erőmű környezeti hatásait kell bemutatni a környezetvédelmi hatóság, valamint a hazai és a nemzetközi nyilvánosság számára. A környezetvédelmi eljárás a Paks II. projekt esetében kétféle, elsőként az MVM Paks II. projektársaság 2012-ben elkészítette az Előzetes Konzultációs Dokumentációt, ahol elemezte a szóba jöhető alternatív atomerőművi technológiákat és azok várható környezeti hatás-típusait. Bár a környezeti hatás-tanulmány készítése során elvégzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a projektnek nincsenek jelentős határon átnyúló hatásai, az esoo-i egyezmény kiterjesztő értelmezése alapján a projektársaság 30 országot értesített az atomerőmű-beruházásról. Ebből 11 ország jelzett vissza, hogy érdeklődik a projekt környezeti hatásai iránt és részt kíván venni az eljárásban. 2014. december 19-én az MVM Paks II. benyújtotta a VVER-1200 reaktortípusra elkészített Környezeti Hatástanulmányt az illetékes hatóságnak, majd törvényi kötelezettségeinek eleget téve informálta – és informálja továbbra is – Magyarország és a nemzetközi eljárásban részt vevő országok lakosságát és közvéleményét a projekt várható hatásairól. A környezetvédelmi engedélyezési eljárás 2015-ben a végéhez közeledik.

A telephelyengedély és a környezetvédelmi engedély megszerzése után van lehetőség megszerezni a létesítési engedélyt. Ebben az engedélyezési eljárásban az eljáró hatóság az Országos Atomenergia Hivatal, ennek során meggyőződik többek között a blokkok biztonsági aspektusairól és a tervdokumentáció megfelelőségéről. A létesítési engedélyt a projektársaságnak 2017 végéig kell megszereznie ahhoz, hogy

az atomerőmű építését el lehet kezdeni a 2018-as év során. Az ütemtervek alapján a blokkok építése 2018-ban kezdődik, a próbaüzemi időszak 2024-ben, illetve 2025-ben indul, majd a blokkok kereskedelmi üzeme a 2025-ös és 2026-os években kezdődhet meg (11. ábra).



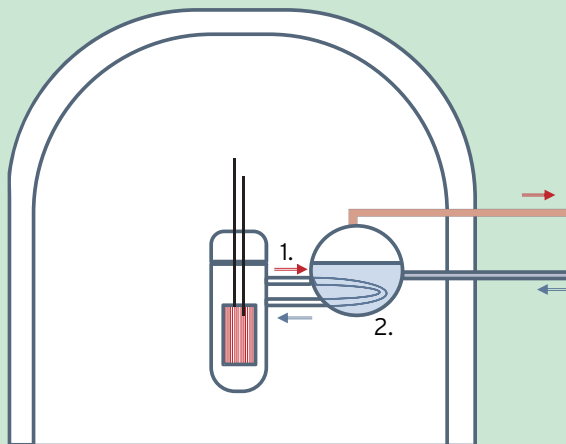
11. ábra. A Paks II. projekt tervezett ütemezése.

#### Irodalom

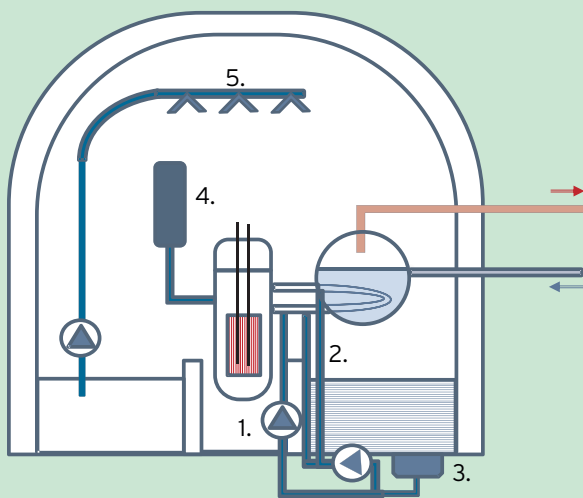
5. 2014. évi II. törvény
6. N. Fil, OKB Hidropress: VVER Design Overview. IAEA Safety Assessment Education and Training Program, Essential Knowledge Workshop on Safety Analysis Report, Malaysia, Putra Jaya, 1–5 July 2013
7. Nukleáris Biztonsági Szabályzatok, www.oah.hu

# A VVER-1200/V491 biztonsági rendszerei

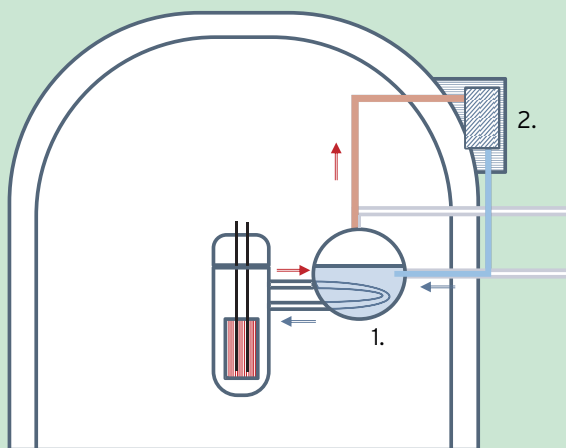
**A reaktor normál üzemi hűtése.**  
A hasadásokból termelődő hőt a primer körű közeg (1) a gőzfejlesztőbe (2) szállítja, ahol az elforralja a szekunder körű közegget, az így termelődő gőz hajtja a turbinát.



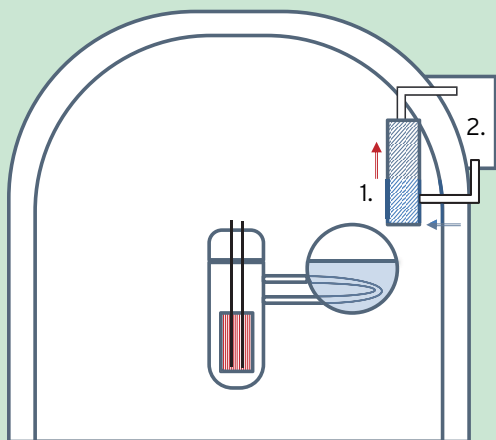
ISSN 0015326-7  
9 770 015 325 009 15 0 1 1



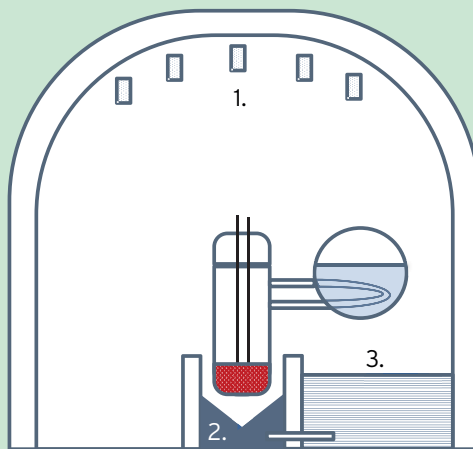
**Az üzemzavari hűtőrendszerek.** A nagy- (1) és kisnyomású (2) üzemzavari hűtőrendszerek - amelyek a konténmentzompokról (3) is működtethetők -, valamint a passzív hidrakkumulátor (4) a zóna hűtését látják el üzemzavari helyzetben, míg a konténment sprinklerrendszere (5) a védőépület nyomáscsökkentését és hőelvonását szolgálja.



**Passzív gőzfejlesztő (GF) hűtés (PHRS-SG) a tervezési alap kiterjesztésébe tartozó eseményre.** A végső hőnyelő (Duna-víz) elvesztése vagy teljes feszültségkiesés esetén a GF-ben (1) termelődő gőz természetes áramlással a konténment külső falán elhelyezkedő víztartályhoz (2) jut, és az abban alámerülő hőcserélőn átáramolva a hőt a tartályban lévő víznek adja át.



**Passzív konténmenthűtés (PHRS-C) a tervezési alap kiterjesztésébe tartozó események kezelésére.** Súlyos balesetek esetén a konténmentépületben felhalmozódó magasnyomású és -hőmérsékletű gőz-gáz keverék hűtése szintén természetes áramlás segítségével történhet, a konténment belső felületén elhelyezett hőcserélőkön (1) keresztül. A hőcserélők szintén a külső víztartályokba (2) juttatják a hőt, ahonnan az a környezetbe (légkörbe) távozhat.



**Hidrogén-rekombinátorok (1) és zónaolvadék-csapda (2).** Súlyos zónasérülés esetén nagy mennyiségű hidrogén keletkezhet a fűtőelemek cirkónium-burkolatának vízgőzzel történő oxidációjából. A hidrogénrobbanás megelőzésére passzív katalitikus hidrogén-rekombinátorokat helyeznek el a konténmentben. A zónaolvadék összegyűjtésére és hűtésére a reaktortartály alatti zónaolvadék-csapda szolgál, ami passzív módon hűthető (3).