AZ ÚJ ATOMERŐMŰVI BLOKKOK

# LÉTESÍTÉSI ENGEDÉLYEZÉSE

*Közérthető összefoglaló*

PAKS II. ZRT.

# TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS ... 2
1. FEJEZET – BEVEZETÉS ÉS AZ ATOMERŐMŰ ÁLTALÁNOS ÁTTEKINTÉSE ... 29
2. FEJEZET – A TELEPHELY LEÍRÁSA ... 32
3. FEJEZET – RENDSZEREK ÉS RENDSZERELEMEK TERVEZÉSE ... 36
4. FEJEZET – A REAKTOR ... 40
5. FEJEZET – A FŐVÍZKÖR ÉS KAPCSOLÓDÓ RENDSZEREI ... 43
6. FEJEZET – BIZTONSÁGI RENDSZEREK ... 48
7. FEJEZET – IRÁNYÍTÁSTECHNIKA ... 51
8. FEJEZET – A VILLAMOSENERGIA-ELLÁTÁS RENDSZEREI ... 54
9. FEJEZET – SEGÉDRENDSZEREK ÉS ÉPÍTMÉNYEK ... 55
9.A.1.FEJEZET – NUKLEÁRISÜZEMANYAG-TÁROLÁS ÉS -KEZELÉS ... 55
9.A.2. FEJEZET – VÍZRENDSZEREK ... 56
9.A.3. FEJEZET –TECHNOLÓGIAI SEGÉDRENDSZEREK ... 58
9.A.4. FEJEZET – LEVEGŐ- ÉS GÁZRENDSZEREK ... 60
9.A.5. FEJEZET – SZELLŐZŐ- ÉS KLÍMARENDSZEREK ... 61
9.A.6. FEJEZET – TŰZVÉDELMI RENDSZEREK ... 62
9.A.7. FEJEZET – DÍZELGENERÁTOR ÉS SEGÉDRENDSZEREI ... 64
9.A.8. FEJEZET – EGYÉB DÍZELGENERÁTOROK ÉS SEGÉDRENDSZEREIK ... 65
9.A.9. FEJEZET – EGYÉB KISEGÍTŐ RENDSZEREK ... 65
9.A.10. FEJEZET – EMELŐBERENDEZÉSEK ... 66
9.A.11. FEJEZET – VEGYÉSZET ... 66
9.B. FEJEZET – ÉPÍTMÉNYEK ... 67
10. FEJEZET – TÁPVÍZELLÁTÓ, GŐZ- ÉS ENERGIAÁTALAKÍTÓ RENDSZEREK ... 68
11. FEJEZET – RADIOAKTÍVHULLADÉK-KEZELÉS ... 72
12. FEJEZET – SUGÁRVÉDELEM ... 73
13. FEJEZET – AZ ÜZEMELTETÉS IRÁNYÍTÁSA ... 74
14. FEJEZET – ÜZEMBE HELYEZÉS ... 76
15. FEJEZET – BIZTONSÁGI ELEMZÉSEK ... 78
16. FEJEZET – ÜZEMELTETÉSI FELTÉTELEK ÉS KORLÁTOK ... 81
17. FEJEZET – IRÁNYÍTÁSI RENDSZER ... 83
18. FEJEZET – EMBERKÖZPONTÚ TERVEZÉS - ERGONÓMIA ... 84
19. FEJEZET – VALÓSZÍNŰSÉGI BIZTONSÁGI ELEMZÉSEK ... 85
20. FEJEZET – VESZÉLYHELYZET KEZELÉSE ... 88
21. FEJEZET – AZ ATOMERŐMŰ ÉS BLOKKJAI ELŐZETES LESZERELÉSI TERVE ... 90
RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK ... 92
IMPRESSZUM ... 93

# AZ ÚJ ATOMERŐMŰVI BLOKKOK **LÉTESÍTÉSI ENGEDÉLYEZÉSE**

Közérthető összefoglaló

## BEVEZETÉS

A Paks II. Atomerőmű Zártkörűen Működő Részvénytársaság (Paks II. Zrt.) fő célja paksi telephelyen új atomerőművi blokkok létesítésének előkészítése, a szükséges engedélyek beszerzése, a beruházás lebonyolítása, majd az új blokkok üzemeltetése.

A Paks II. projekt jelentősen hozzájárul a nemzetgazdaság növekedéséhez, illetve Magyarország biztonságos, megfizethető árú és klímabarát villamosenergia-ellátásának fenntartásához.

A hazánkban termelt villamos energia felét, a felhasznált áram harmadát a jelenleg működő atomerőmű biztosítja. Ennek üzemideje azonban a 2030-as években lejár. A két új paksi blokk a későbbiekben leállítandó erőmű pótlására hivatott.

Az új atomerőművi blokkok létesítése az évszázad ipari beruházása Magyarországon. Az építkezés időszakában, csúcsidőben mintegy tízezer embernek ad majd munkát, de további 10-15 ezer munkahely létesülhet a kapcsolódó feladatoknak és munkáknak köszönhetően országszerte.

A Paks II. Zrt. célja, hogy egy olyan, a kor legszigorúbb elvárásainak megfelelő, kiváló műszaki színvonalú, biztonságosan működő erőmű épüljön fel, amely évtizedekig hozzá tud járulni Magyarország klímabarát villamosenergia-ellátásához, lendületet adva a magyar ipar, kereskedelem és oktatás fejlődésének.

A 2014. december 9-én aláírt megvalósítási szerződések alapján két VVER-1200 típusú 1200 MW villamos teljesítményű, nyomottvizes atomerőművi blokk létesítésnek előkészítése van folyamatban Pakson. A beruházás megvalósításhoz több mint 6000 engedély megszerzése szükséges, ezek közül jelentőségük miatt kiemelendők az úgynevezett létesítményszintű engedélyek (környezetvédelmi engedély, telephelyengedély, létesítési engedély, üzembe helyezési engedély és üzemeltetési engedély).

A környezetvédelmi engedélyt 2016. szeptember 29-én, a telephelyengedélyt 2017. március 30-án kapta meg a Paks II. projekt. Fontos kiemelni, hogy az ENSZ Espooi Egyezmény titkársága „best practice”-nek, vagyis követendő példának és jó gyakorlatnak minősítette a Paks II. beruházás környezeti hatásvizsgálati eljárását.

A beruházás megvalósításának következő, eddigi legfontosabb mérföldköve az Országos Atomenergia Hivatal által kiadott létesítési engedély lesz. Ennek birtokában kaphatja meg ugyanis a Paks II. projekt azokat a további engedélyeket, amelyek alapján az új blokkok tényleges építési, gyártási, beszerzési és szerelési munkái megkezdhetők.

A Paks II. Zrt. mindig is nagy hangsúlyt helyezett az őszinte és nyílt tájékoztatásra, mivel megítélésünk szerint a projekt hatással van a nemzetgazdaság egészére, különösen a hazai

hosszútávú villamosenergia-termelés és -ellátás vonatkozásában. A jelen kiadvány mindezen szempontok figyelembe vételével készült. A közérthető összefoglaló célja, hogy a műszaki ismeretekkel nem rendelkezők számára is értelmezhető módon mutassa be a Pakson létesíteni tervezett VVER-1200 típusú blokkot és a létesítésiengedély-kérelmet megalapozó Előzetes Biztonsági Jelentést.

## VVER-1200 3+ GENERÁCIÓS BLOKK

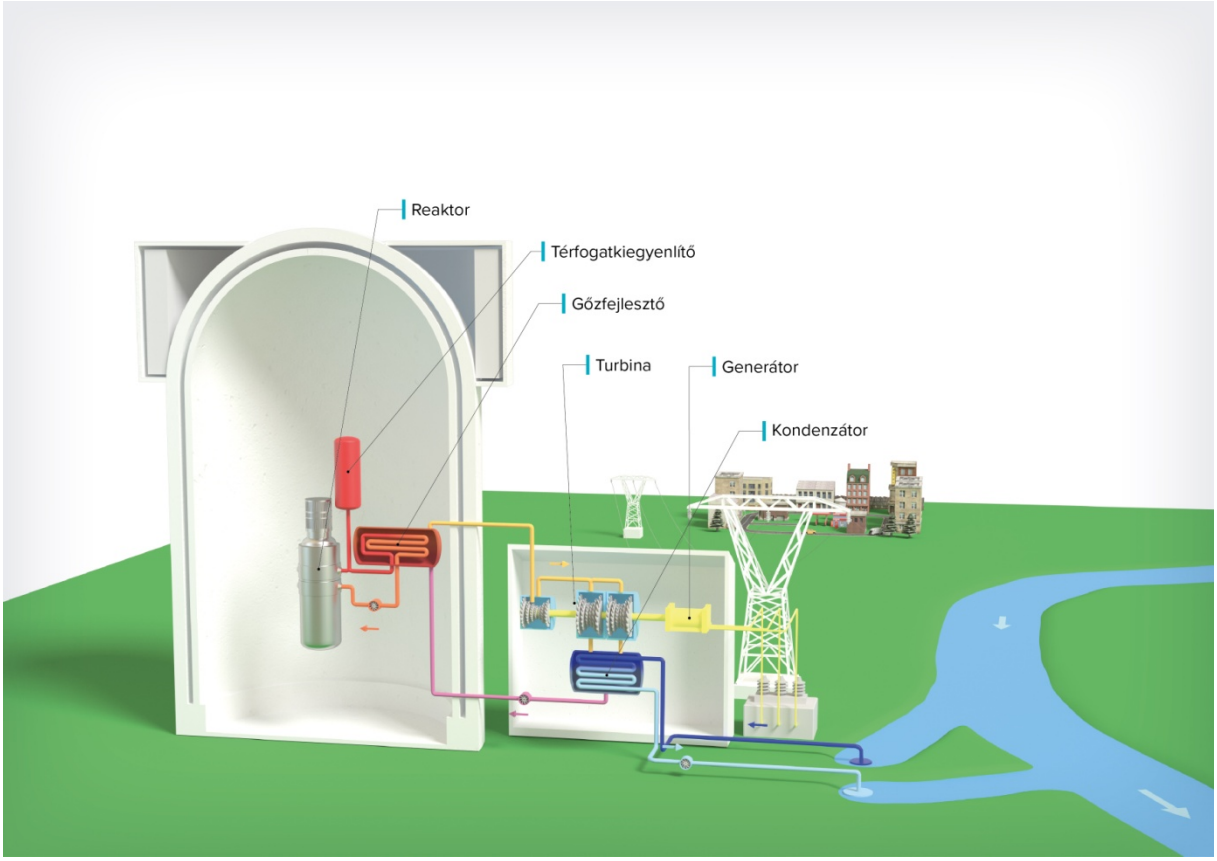
A Roszatom által kifejlesztett VVER-1200 blokk egy továbbfejlesztett harmadik generációs blokktípus, amely a világon legelterjedtebb, úgynevezett nyomottvizes blokktípusba tartozik. A nyomottvizes blokkoknál a reaktortartályban elhelyezett fűtőelemekből származó hőenergiát nagy nyomás alatt lévő víz hűtőközeg alkalmazásával vezetik el.

A nyomottvizes blokkoknál az energia forrása a reaktor aktív zónájában, a fűtőelemekben folyó ellenőrzött láncreakció, amelynek során az U-235 atommagokból lassú (termikus) neutronok hatására hasadványtermékek és gyors hasadási neutronok képződnek. A maghasadáskor felszabaduló energia legnagyobb részét mozgási energia formájában a hasadványok viszik magukkal. A hasadványok az üzemanyag atomjaival ütközve elvesztik energiájukat, ami a közegben hő formájában jelenik meg. A víznek kettős szerepe van, egyrészt ez szolgál moderátorként azzal, hogy a képződött gyors hasadási neutronok a hidrogén atomok atommagjával ütközve elvesztik energiájuk nagy részét és lassú (termikus) neutronok képződnek, másrészt a maghasadás során képződő hőenergia elvezetésével biztosítja a fűtőelemek hűtését és a villamos energia termeléséhez szükséges hőenergia gőzfejlesztőbe történő továbbítását.

A nyomottvizes blokkoknál a villamosenergia-termelés technológiai folyamata biztonsági okból két fő részre, a primer körre és a szekunder körre osztott. A primer köri hűtőközeg a reaktor aktív zónájával és a reaktor szerkezeti elemeivel érintkezve kis mennyiségben radioaktív anyagokat tartalmaz. A primer körtől a szekunder kör fizikailag elhatárolt, a szekunder körbe radioaktív anyagok nem kerülhetnek. A primer kör és a szekunder kör határa a gőzfejlesztő, és azon belül a sokezernyi hőátadó cső fala.

A reaktorban megtermelt és a primer köri víz hűtőközeg által szállított hőenergia a gőzfejlesztő szekunder oldalán gőzt fejleszt. A nagynyomású túlhevített szekunder köri gőz a gőzturbinára kerül, ahol expandálva forgatónyomatékot fejt ki a turbina forgórészére. A gőzturbina forgó részével azonos tengelyen lévő turbógenerátor a forgó mozgás mechanikai energiáját – a mágneses indukció elve alapján – villamos energiává alakítja át.

A turbinán átáramló gőz végül – a paksi új blokkoknál Duna-vízzel hűtött – kondenzátorokba kerül, ahol a gőz lehűl és kondenzálódik, ezzel is javítva a körfolyamat termikus hatásfokát. A kondenzátum a tápvízrendszeren keresztül a gőzfejlesztőkbe kerül, ezzel zárva a szekunderköri körfolyamatot.




*Atomerőmű működésének elvi sémája*

A harmadik generációs blokkok a 2000-es években jelentek meg a kereskedelmi forgalomban, közös jellemzőjük, hogy a biztonság növelését a gazdasági versenyképesség fenntartásával biztosítják. Tervezésüknél – okulva az atomenergetikában bekövetkezett eseményekből – az alapvető cél a biztonság fokozása volt, de a gazdaságos blokkméret kialakítása, a hatékony építési módszerek alkalmazása, a jobb rendelkezésre állás és a hosszabb üzemidő is fontos szempont volt a piacon is versenyképes villamosenergia-termelés érdekében.

## VVER típusú blokkok fejlesztése

A Roszatom több mint 40 éves tapasztalattal rendelkezik a VVER típusú blokkok fejlesztése és üzemeltetése terén. Az évek során 72 VVER típusú blokkot építettek, jelenleg is (2020. június) 62 VVER típusú blokk üzemel a világ különböző országaiban.

Az első VVER típusú blokkot 1964-ben helyezték üzembe Novovoronyezsben. A blokk villamos teljesítménye 210 MW, a szintén Novovoronyezsben üzembe helyezett második VVER típusú blokké 365 MW volt. A novovoronyezsi blokkok szolgáltak alapul a további fejlesztésekhez, az itt szerzett üzemeltetési tapasztalatok fontos szerepet játszottak a VVER-440 blokktípus tervezésében.

A VVER-440 típusú blokkok az 1970-es évektől létesültek. A 440 MW villamos teljesítményű, második generációs blokktípus robusztus biztonsági kialakítása lehetővé tette az eredetileg 30 évre tervezett üzemidő meghosszabbítását, ezzel a lehetőséggel az üzemeltetők többsége élt is. Az üzemidő-hosszabbításnak köszönhetően számos VVER-440 típusú blokk üzemel jelenleg is. A Pakson üzemelő négy blokk ennek a típusnak egy továbbfejlesztett, modernizált változata.

A Paksi Atomerőmű blokkjai 1983-1987 között kezdték meg az energiatermelést, a blokkok biztonsági állapota Pakson is lehetővé tette 20 éves üzemidő-hosszabbítás engedélyezését.

A VVER-ek történetének következő blokktípusa a VVER-1000 volt. A villamos teljesítmény jelentős növelése mellett a tervezésnél kiemelt szempont volt a nukleáris biztonság fokozása, ezért a blokktípusban több innovatív biztonsági megoldást alkalmaztak. A 2007-ben Tianwanban (Kína) üzembe helyezett VVER-1000-es blokk volt az első a világon, amelynek reaktora olvadékcsapdával rendelkezett. A VVER-1000-es típus, amelyből jelenleg (2020. június) 31 üzemel, a legelterjedtebb VVER blokktípus a világon. Az Oroszországban, Ukrajnában, Csehországban, Bulgáriában, Iránban, Indiában és Kínában üzemelő VVER-1000-es blokkok összességében 500 reaktorévnyi üzemeltetési tapasztalata igazolta a blokktípus magas szintű nukleáris biztonságát.

A VVER-1200 blokktípus a VVER család legújabb és természetesen legmodernebb tagja, amelynek konstrukciója a Roszatom több évtizedes fejlesztési és üzemeltetési tapasztalatán alapul. Az első VVER-1200 blokkokat Oroszországban helyezték üzembe: két blokk Novovoronyezsben és egy blokk Szosznovij Borban jelenleg is termel, ez utóbbi telephelyen egy további egységet építenek. Az oroszországi projektek mellett további 11 ilyen típusú blokk épül világszerte Finnországtól Fehéroroszországon át Törökországig.

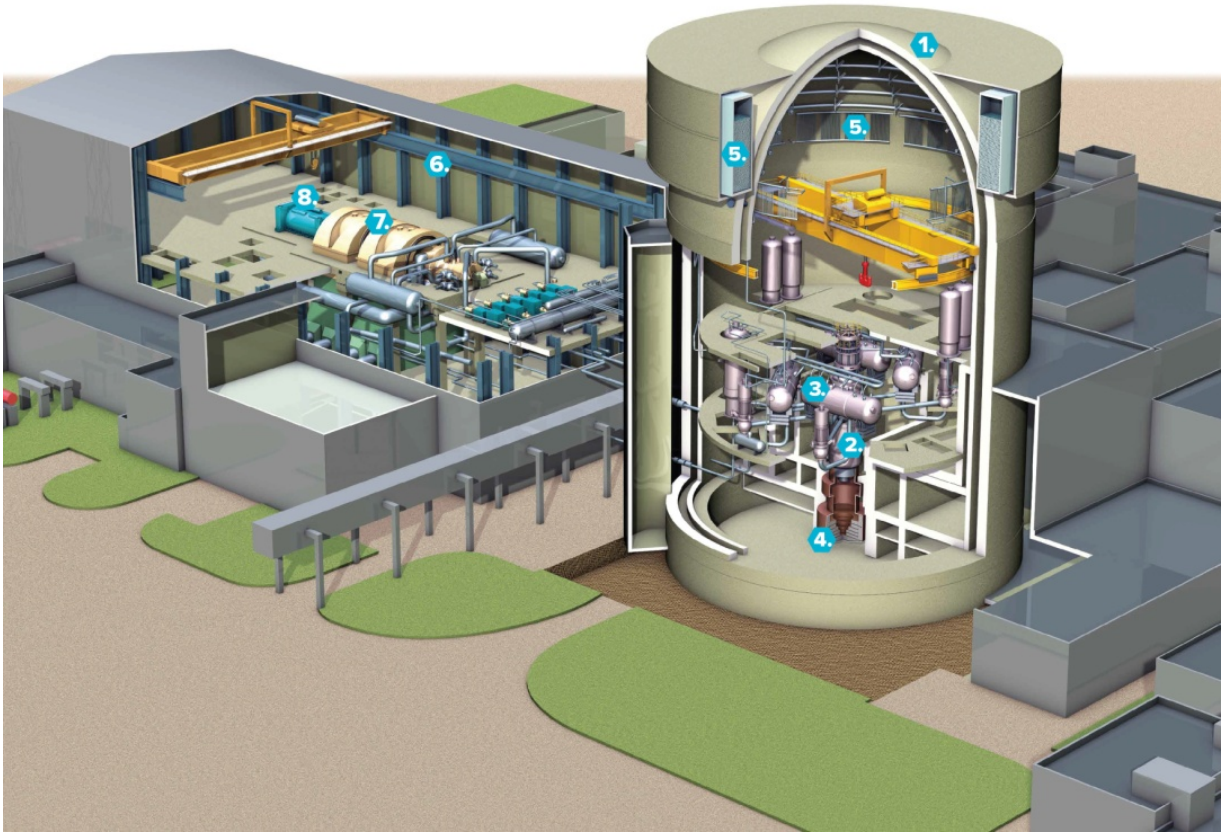
## VVER-1200 3+ generációs blokk fontosabb jellemzői

A Roszatom által kifejlesztett VVER-1200 fontosabb műszaki és biztonsági jellemzői:

| | |
|---|---|
| Reaktor típusa | nyomottvizes |
| Termikus teljesítmény | kb. 3220 MW |
| Villamos teljesítmény | kb. 1200MW* |
| Üzemanyag | U-235, max. 4,95% dúsítással |
| Primerköri hurkok száma | 4 |
| Gőzfejlesztők száma | 4 |
| Reaktor hűtővíz kilépő hőmérséklete | 328,9 °C |
| Reaktor hűtővíz belépő hőmérséklete | 298,2 °C |
| Primerkör nyomása | 16,2 MPa |
| Szekunderkör nyomása | 7 MPa |
| Primerköri térfogatáram | 86000 $m^3$/h |
| Gőzfejlesztőkben termelt gőz mennyisége | 6400 t/h |
| Biztonsági rendszerek | aktív és passzív biztonsági rendszerek |
| Üzemi élettartam | legalább 60 év |
| Rendelkezésre állás | >90% |
| Erőmű hatásfoka | 37% |
| Háziüzemi fogyasztás | 7,1% |
| Karbantartási időigény (7 éves ciklusra) | 4 x 16 nap<br>2 x 24 nap<br>1 x 30 nap |
| Szükséges üzemeltető személyzet (villamos teljesítményre normált) | 0,42 személy/MWe |

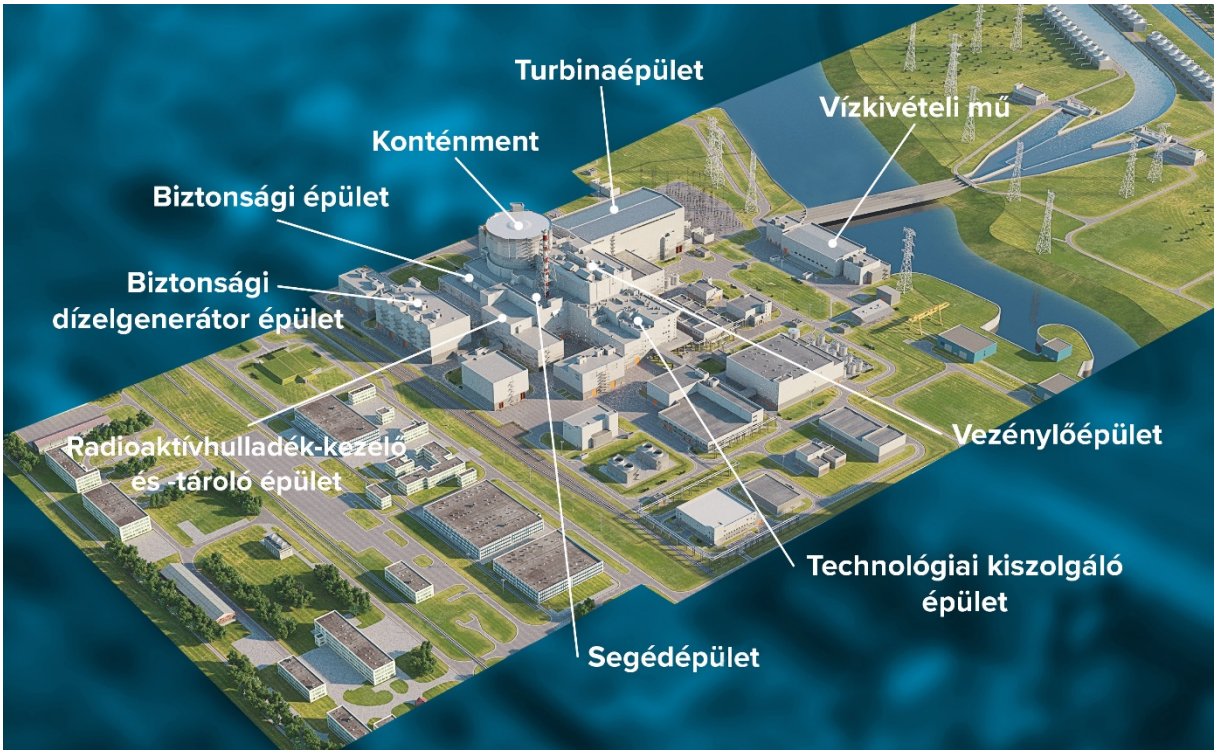
* A paksi új blokkok villamos névleges teljesítménye a tervezett turbógenerátor rendszernek köszönhetően 1262 MW lesz.

A VVER-1200 sematikus kialakítása:




1. Konténment
2. Reaktortartály
3. Gőzfejlesztő
4. Olvadékcsapda
5. Konténment passzív hőelvonó rendszere
6. Turbinaépület
7. Turbina
8. Generátor

## VVER-1200 blokk – fontosabb építmények




A VVER-1200 típusnál a kétblokkos vagy több-blokkos kialakítás az optimális. A blokkok épületei, építményei többségükben az adott blokk üzemeltetéséhez kapcsolódnak, de a kétblokkos kialakítás lehetőséget ad arra, hogy az üzemvitelhez közvetlenül nem kapcsolódó, úgynevezett üzemeltetést támogató tevékenységek kialakítása atomerőmű-szinten történjen meg. Az atomerőmű építményeinek nagyobb része egyik vagy másik blokk kiszolgálását biztosítja, de több épület közös, ami az építési és a későbbi üzemeltetési költségek szempontjából előnyös.

A blokkok és az atomerőmű egészének üzemeltetéséhez számos épületre, építményre van szükség, az alábbiakban ezek közül a biztonság és villamosenergia-termelés szempontjából fontosabbakat mutatjuk be.

*Konténment*

A konténment a blokk főépülete, amely körül az úgynevezett „nukleáris sziget” többi épülete és szerkezete csoportosul. A konténment a sugárvédelmi szempontból ellenőrzött zóna része, a reaktortartály, a fővízkör, a gőzfejlesztők, az elhasznált fűtőelemek pihentetőmedencéje és az üzemzavari hűtést biztosító rendszerek, valamint kiszolgáló, segéd- és ellenőrző rendszerek elhelyezésére szolgál.

A kettősfalú konténment feladata egyrészt a radioaktív anyagokat tartalmazó rendszerek elszigetelése a környezettől, másrészt a konténmentben lévő technológiai rendszerek védelme a külső veszélyeztető tényezőkkel szemben. Az 52,4 méter átmérőjű külső konténment vasbeton szerkezetű, magassága – a tetővel, amelynek védelmi funkciója nincs – 72 m. A külső konténment változó, egyes helyeken több méter falvastagságú. A belső konténment 44 m belső átmérőjű, hengeres alapterületű épület, amelyet kupola zár le. A belső konténment falának

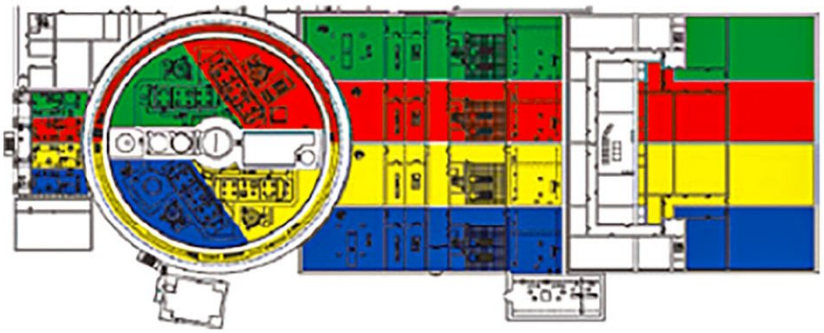
vastagsága a hengeres részen 1,2 m. A belső konténment előfeszített vasbetonból készített falait belülről 6 mm vastagságú szénacél burkolat fedi, amely biztosítja a konténment belső terének környezettől történő hermetikus elzárását.

*Technológiai kiszolgáló épület*

A technológiai kiszolgáló épület a gőzfejlesztők túlnyomás elleni védelmét biztosító rendszerek, a fővízköri armatúrák, a tápvíz- és pótvíz-rendszeri csővezetékek elhelyezésére szolgál. A rendszerek négy redundáns, egymástól fizikailag elválasztott biztonsági ágra osztva lesznek az épületben elhelyezve.

*Biztonsági épület*

A biztonsági épületet a biztonsági rendszerek berendezéseinek és csővezetékeinek befogadására tervezték. A négy redundáns és független biztonsági rendszerág az épületben egymástól fizikailag elválasztva (külön helységben) kerül telepítésre. A biztonsági épületben lesznek elhelyezve azok a közbenső hűtőköri és technológiai hűtőköri berendezések is, amelyek a pihentetőmedence hűtőrendszerét és a maradványhő-elvezető rendszert szolgálják ki.



*A biztonsági rendszerek redundáns ágai*

*Vezénylőépület*

A vezénylőépületben kap elhelyezést a blokkvezénylő, ahonnan a blokk üzemeltetésének irányítását és felügyeletét fogja a személyzet végezni. Szintén a vezénylőépületben alakítják ki a tartalékvezénylőt, ami a blokk felügyeletére szolgál abban az esetben, ha a blokkvezénylőből ez bármilyen okból nem biztosítható. Az épület szolgál továbbá a blokkvezénylő és tartalékvezénylő működéséhez szükséges irányítástechnikai rendszerek, kommunikációs rendszerek, valamint ezek segédrendszerei elhelyezésére is.

*Segédépület*

A segédépület a sugárvédelmi szempontból ellenőrzött zóna része, itt helyezkednek el a víz- és gáztisztító rendszerek, a radioaktívhulladék-kezelő rendszer és az ellenőrzött zóna szellőzőrendszereinek egyes berendezései.

*Biztonsági dízelgenerátor épület*

Az épületet a biztonsági dízelgenerátorok befogadására és külső veszélyeztető tényezőkkel szembeni védelmére szolgál. A dízelgenerátorok biztosítják az üzemzavari villamosenergia-ellátást a blokk biztonságos leállításához, lehűtéséhez és lehűtött állapotban tartásához, amikor a normál villamosenergia-ellátás bármilyen okból megszűnik. A négy dízelgenerátor és segédrendszerei független elhelyezése érdekében az épület négy egymástól fizikailag elválasztott részre lesz osztva. Az épülethez kapcsolódik a dízelgenerátorok üzemanyagellátó- és -tároló rendszere, amely utántöltés nélkül 72 órán keresztül képes biztosítani a dízelgenerátorok üzemanyagellátását.

*Friss nukleáris üzemanyagot tároló épület*

A frissüzemanyag-tároló az atomerőmű mindkét blokkját kiszolgálja, így közös épületben alakítják ki. Az épület biztosítja a blokkok üzemeltetéséhez szükséges friss fűtőelemkötegek és abszorber-rudak védett és biztonságos tárolását. Az épületben helyezik el továbbá a friss fűtőelemkötegek és az abszorber-rudak mozgatásához és telephelyen belüli szállításának előkészítéséhez szükséges berendezéseket.

*Radioaktívhulladék-kezelő és -tároló épület*

A radioaktívhulladék-kezelő és -tároló épület szintén mindkét blokkot kiszolgálja. Az épület a blokkok üzemeltetése alatt képződő szilárd radioaktív hulladékok feldolgozását, valamint a szilárd és szilárdított radioaktív hulladékok átmeneti tárolását biztosítja. Az épület két részre osztott: a szilárd radioaktív hulladékok feldolgozására szolgáló épületrészre és a szilárdradioaktívhulladék-tárolóra. A tárolót úgy tervezték, hogy elegendő tárolóhely álljon rendelkezésre a kis és közepes aktivitású szilárd és szilárdított radioaktív hulladék átmeneti tárolására a hulladékok a bátaapáti Nemzeti Radioaktívhulladék-tárolóba történő elszállításig. Az üzemeltetés alatt kis mennyiségben keletkező nagy aktivitású szilárd radioaktív hulladékok tárolása is az épületben fog történni a blokkok leszereléséig.

*Turbinaépület*

A turbinaépületben kerül elhelyezésre a gőzturbina és a turbógenerátor, valamint az ezek üzemeltetéséhez szükséges olyan kiszolgáló- és segédrendszerek, mint például a kondenzátumtisztító rendszer, a gőzturbina és a turbógenerátor olajrendszerei, vagy a tápvízrendszer egyes berendezései.

*Turbina gépházi fogyasztók hűtővíz-szivattyúállomása (vízkivételi mű)*

A vízkivételi mű épülete azokat a berendezéseket, illetve a vízkivétel üzemirányítását és felügyeletét biztosító rendszerek elhelyezését szolgája, amelyek frissvizet biztosítanak a blokk gőzturbinájának kondenzátorai és a turbinaépületben lévő egyéb berendezések hűtéséhez, valamint a vízveszteségek pótlásához. A frissvizet a hidegvíz-csatornán keresztül a Duna biztosítja.

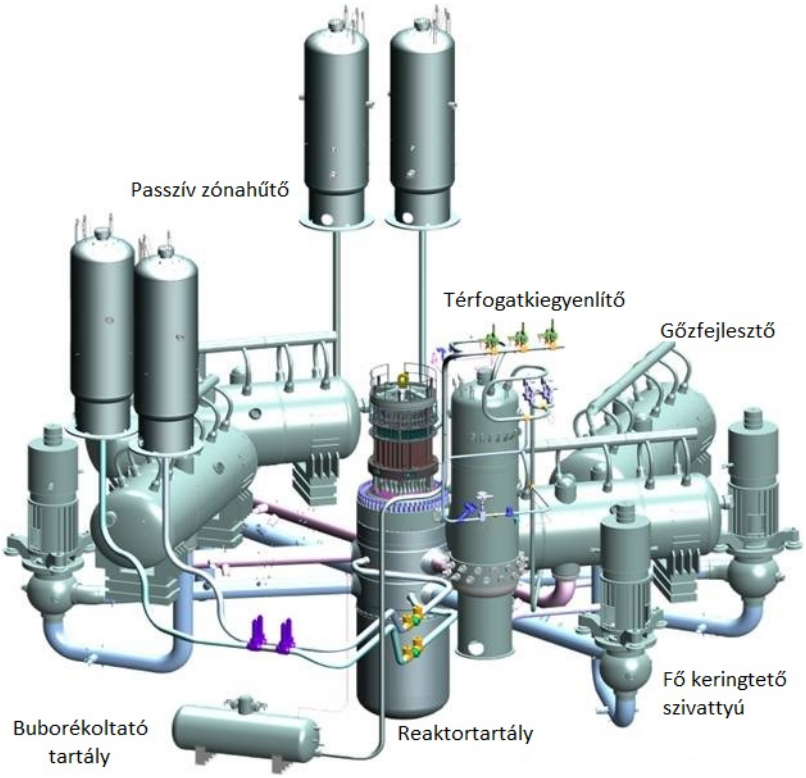
## VVER-1200 blokk – fontosabb rendszerek

A blokkok üzemeltetéséhez, az üzemeltetés ellenőrzéséhez és felügyeletéhez, a védelmi beavatkozások végrehajtásához nagyszámú rendszer és berendezés szükséges. Ezek egy jelentős része speciális, csak az atomenergetikában kerül alkalmazásra, más részük a hagyományos erőművi technológiában is ismert, de az atomerőművi alkalmazásuk miatt tervezésük szigorú nukleáris biztonsági és környezetállósági követelmények szerint történik. A harmadik csoportjába tartoznak azok a rendszerek, berendezések, amelyek más ipari vagy erőművi alkalmazásokban is megjennek (például a gőzturbina és a turbógenerátor), de ezeknél is sok esetben figyelembe kell venni a méretekből adódó különbségeket.

A következőkben a VVER-1200 blokk fontosabb rendszereit, berendezéseit mutatjuk be.

### Fővízkör

A fővízkör a konténmentben kerül elhelyezésre. A fővízkör főbb berendezései a reaktor, a gőzfejlesztők, a fő keringtetőszivattyúk, a fő kerintetőhurkok és a térfogatkiegyenlítő rendszer. A VVER-1200 blokknál a fővízkör négyhurkos elrendezésű, a négy fő keringtetőág a reaktort szimmetrikusan veszi körbe. A fővízkör biztosítja a hőenergiát a szekunderkörben elhelyezkedő gőzturbina-turbógenerátor rendszernek. A fővízkör és a szekunder kör határa a gőzfejlesztők hőátadó csöveinek felülete. A fővízkör további alapvető biztonsági funkciókat is ellát. A fővízkör biztosítja a reaktor aktív zónájában végbemenő láncreakció kontrolálását (kritikusság kontrol biztonsági funkció), fenntartja az aktív zóna megfelelő és folyamatos hűtését (aktív zóna hűtése biztonsági funkció) és fizikai határt képez a fővízkörben jelenlévő radioaktív anyagok kikerülésének megakadályozására (radioaktív anyagok visszatartása biztonsági funkció). A VVER-1200 blokk fővízkörében a nyomás 16,2 MPa, a hűtőközeg térfogatárama 86000 $m^3$/h a reaktor 3200 MW-os névleges termikus teljesítménye mellett.




*A fővízkör*

*Reaktor*

A reaktor a fővízkör, de az egész blokk nukleáris biztonság szempontjából is legfontosabb berendezése. A reaktor tervezésére, gyártására és későbbi üzemeltetésére ennek megfelelően rendkívül szigorú előírások vonatkoznak. A reaktor főbb részei: a felsőblokk, a nyomástartó reaktortartály, a tartályon belüli berendezések (pl. reaktorakna) és az aktív zóna. A reaktor magassága 14100 mm, tömege 876 tonna hűtőközeg nélkül.

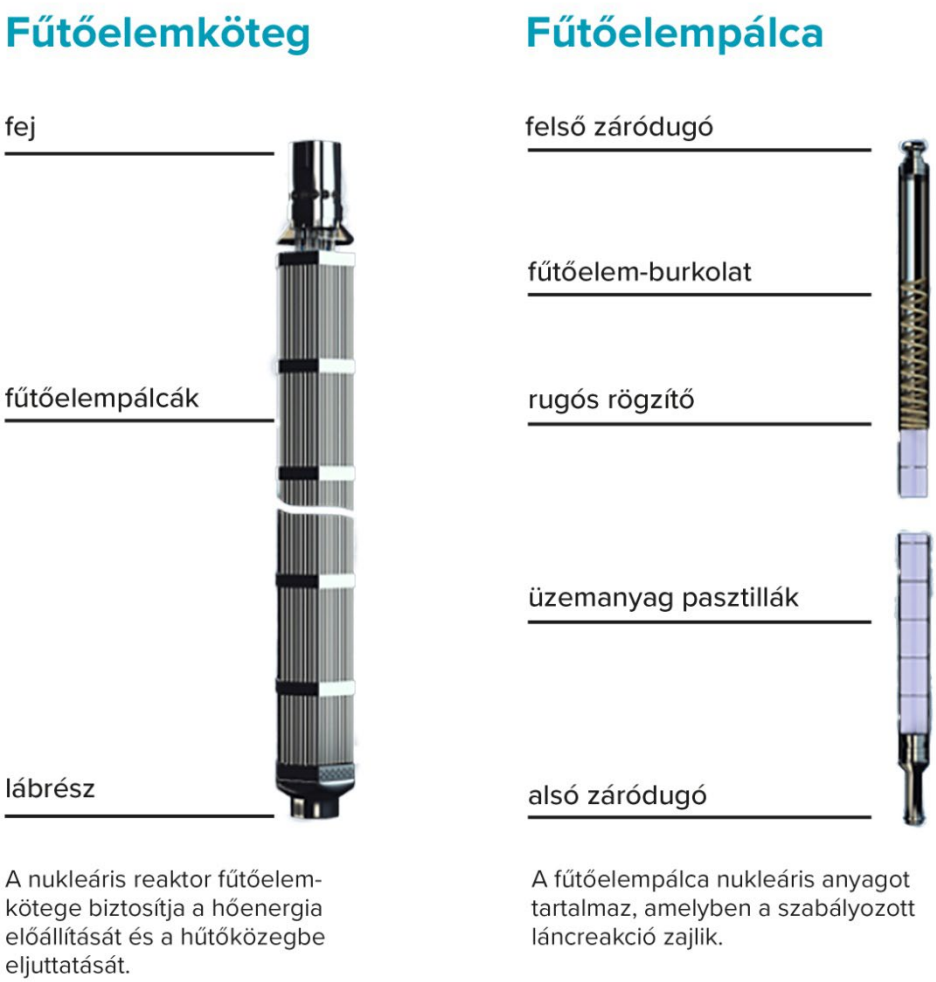
A VVER-1200 blokk reaktorának aktív zónájában 163 db hatszög keresztmetszetű fűtőelemköteg van. A fűtőelemköteget 312 db fűtőelempálca alkotja. A zárt, cirkóniumötvözetből készült fűtőelempálcák belsejében helyezkednek el a 7,6 mm átmérőjű, max. 4,95% (U-235-re) dúsítású urán-dioxid üzemanyag pasztillák. Az urán-dioxid keramikus szerkezetének és a fűtőelempálca hermetikus zártságának meghatározó szerepe van az üzemeltetés során az üzemanyag pasztillákban képződő radioaktív anyagok visszatartásában.

A reaktor teljesítményének finomszabályozása a hűtőközegbe adagolt bórsav koncentrációjának változtatásával történik, a bór neutronelnyelő tulajdonságát alkalmazva. A gyorsabb teljesítményszabályozásra vagy a reaktor gyors leállítására 121 (szintén jó neutronelnyelő tulajdonságú) bór- és diszprózium ötvözetet tartalmazó szabályozórúd (abszorber) áll rendelkezésre.

A reaktort – a kiemelten fontos nukleáris biztonsági szerepe miatt – a blokk üzemeltetése alatt rendszeresen ellenőrizni kell (pl. roncsolásmentes anyagvizsgálatokkal).

A reaktor

1. Felsőblokk
2. Reaktortartály-kupola
3. Melegági csonk
4. Hidegági csonk
5. Reaktorakna
6. Fűtőelem-kazetták




*Nukleáris üzemanyag*

*Fő keringtetőhurkok*

A 4 fő keringtetőhurok a reaktort, a gőzfejlesztőket és a fő keringtetőszivattyúkat köti össze, biztosítva a hűtőközeg áramlását. A fő keringtetőhurok névleges külső átmérője 990 mm, falvastagság 70 mm, teljes hossza pedig 146 m.

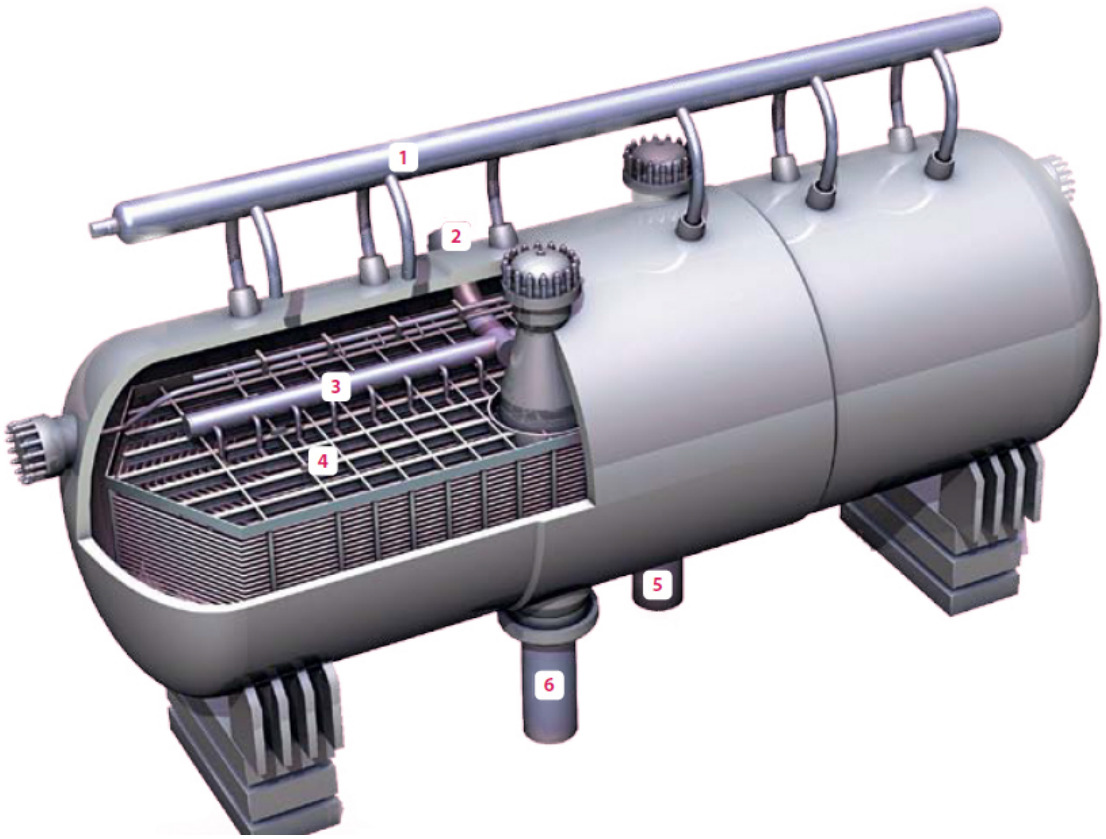
*Gőzfejlesztő*

A VVER blokkokban hagyományosan vízszintes elrendezésű gőzfejlesztőket alkalmaznak, a más nyomottvizes blokktípusok függőleges elrendezésű gőzfejlesztőivel szemben. A vízszintes elrendezés nagy előnye, hogy jelentősen csökkenti a korróziós folyamatokat, amit a VVER blokkok több évtizedes üzemeltetési tapasztalata igazol.

A gőzfejlesztő a reaktor aktív zónájában képződő hőenergia felhasználásával túlhevített szárazgőzt termel. A hőátadás a gőzfejlesztőben az U-alakban vízszintesen elhelyezett 10858 db 16 mm átmérőjű és 1,5 mm falvastagságú acél hőátadó csövek felületén keresztül történik. A csövek végét a gőzfejlesztő bemeneti és kimeneti kollektorának belső felületéhez hegesztéssel rögzítik. A fővízköri hűtőközeg a hőátadó csövek belsejében áramlik, radioaktív anyagok a gőzfejlesztő szekunder terébe és ezáltal a szekunder körbe nem juthatnak.

A gőzfejlesztőnek az aktív zóna hűtésében is van szerepe, ezért a gőzfejlesztő tápvízellátása a normál betáplálási útvonal mellett, üzemzavari tápvízrendszerrel is biztosított. A VVER-1200 blokkok gőzfejlesztőit – a blokk áramellátásának teljes kiesése vagy a gőzfejlesztők tápvízellátásnak megszűnése esetére – passzív hőeltávolító rendszerrel is felszerelik.

A gőzfejlesztő

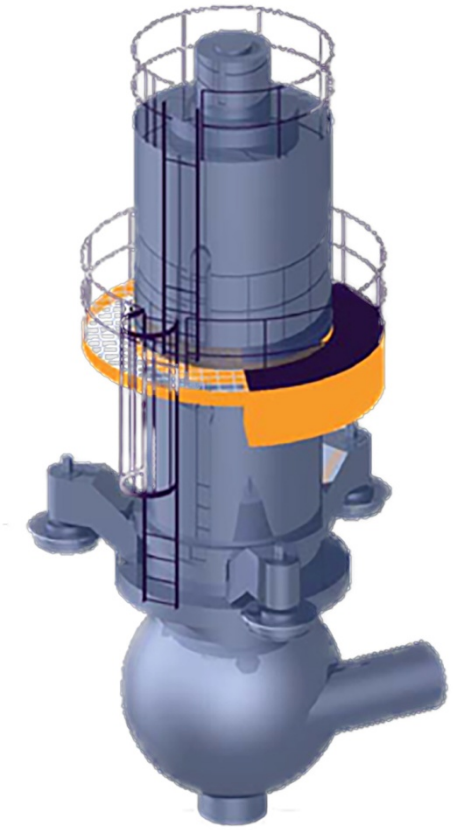



1. Gőzfejlesztő gőzkollektor
2. Tápvízmegtáplálás
3. Tápvízelosztó kollektor
4. Hőátadócsövek
5. Melegági kollektor
6. Hidegági kollektor

*Fő keringtetőszivattyú*

A hűtőközeg a reaktor és a gőzfejlesztők közötti áramoltatását a fő keringtetőhurkonként egy-egy függőleges elrendezésű centrifugál-szivattyú biztosítja. A reaktor névleges teljesítménye mellett a szivattyú 21500 $m^3$/ h térfogatáramot biztosít.

A szivattyúmotor hűtésére és az összes csapágy kenésére vizet alkalmaznak, ezzel jelentősen csökkentve a tűz kockázatát.

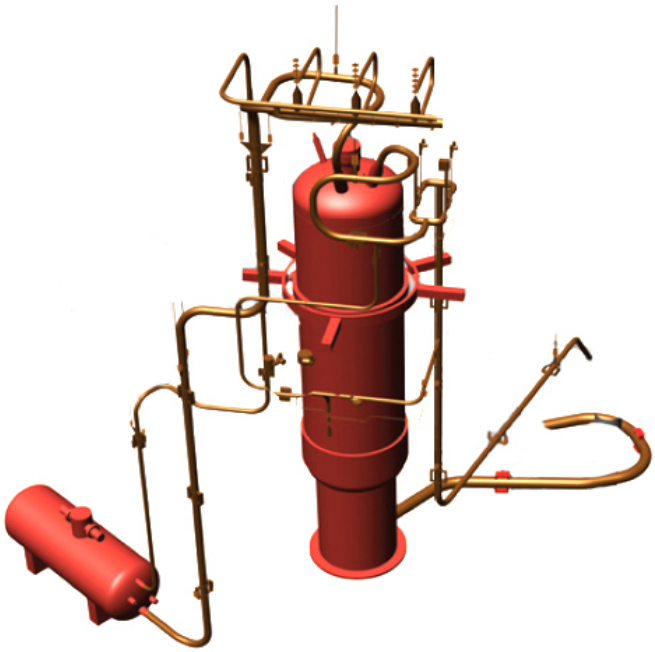


*Fő keringtetőszivattyú*

*Térfogatkiegyenlítő rendszer*

A fővízkör további eleme a térfogatkiegyenlítő rendszer, amely nem kizárható módon csatlakozik a fővízkörhöz. A térfogatkiegyenlítő rendszer biztosítja a fővízköri nyomás szabályozását, a fővízkör túlnyomásvédelmét, valamint kompenzálja a hőhordozó térfogatváltozásait. A térfogatkiegyenlítő rendszer a blokk indításakor biztosítja a fővízköri nyomás létrehozását, a fővízkör lehűtésekor pedig a nyomáscsökkentést.

A térfogatkiegyenlítő fő berendezése az 55 $m^3$-es nyomásszabályozó-tartály, amely a blokk üzeme alatt víztérre és gőztérre oszlik. A víztér feletti gőztér nyomása megegyezik a fővízköri nyomással. A gőztérhez befecskendezővezeték csatlakozik, amelyen keresztül szükség esetén víz fecskendezhető be – a fővízköri berendezések túlnyomásvédelme érdekében – ezzel csökkentve a gőztér és ezáltal a fővízkör nyomását.



*Térfogatkiegyenlítő rendszer*

*Passzív üzemzavari zónahűtő rendszer (hidroakkumulátorok)*

Fővízköri hűtőközegvesztéssel és ennek következtében fővízköri nyomáscsökkenéssel járó üzemzavarok esetén az aktív zóna átmeneti hűtését – amíg az aktív üzemzavari zónahűtő rendszerek üzembe nem lépnek – hidroakkumulátorok biztosítják. A VVER-1200 blokk fővízköréhez 4 hidroakkumulátor-tartály csatlakozik. A tartályban a belső nyomást a vízszint feletti $N_2$ párna tartja fenn. Ha a fővízkör nyomása 5,9 MPa alá csökken, a hidroakkumulátorokban tárolt bórsavas víz passzív módon, a $N_2$ párna fővízkörinél nagyobb nyomása miatt a reaktortartályba áramlik, biztosítva az aktív zóna hűtését.

*Hidroakkumulátor*

**Főgőzrendszer**

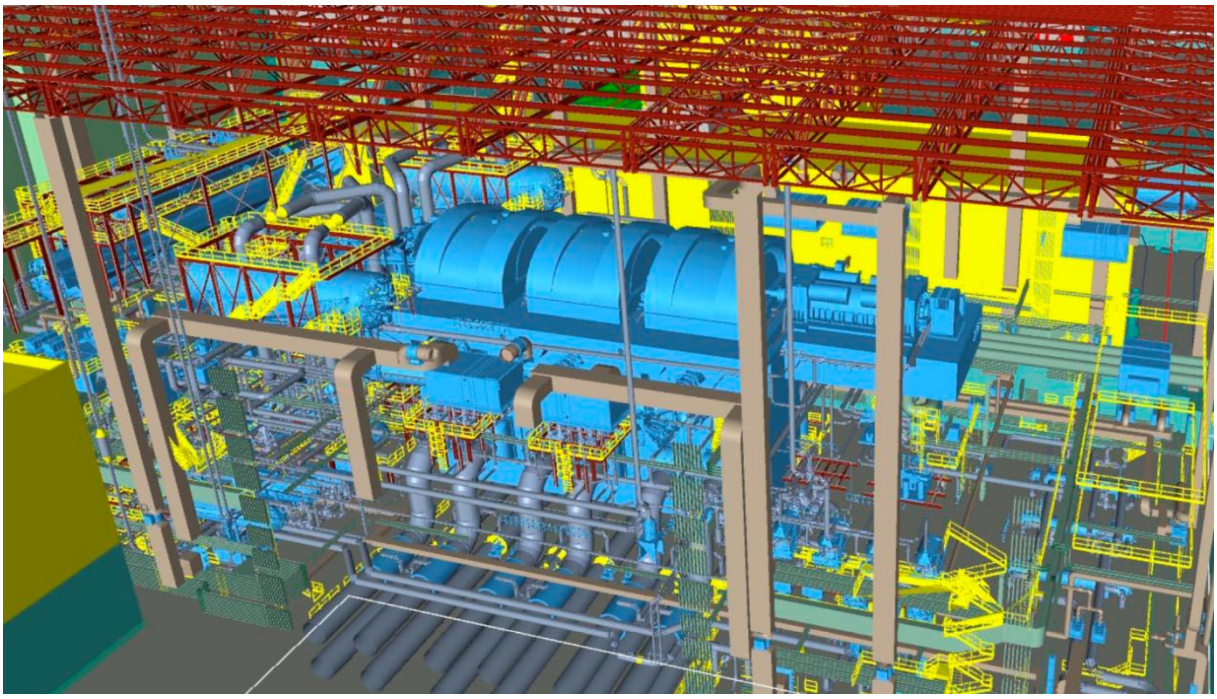
A főgőzrendszer feladata a gőzfejlesztőkben termelt 6400 t/h, 6,9 MPa nyomású és 286 °C hőmérsékletű túlhevített gőz gőzturbinára történő továbbítása.

A rendszer izoláló armatúrákkal van felszerelve, amely alkalmas a gőzfejlesztők főgőzrendszerből történő gyors kizárására, amikor gőzvezetéktörés, tápvízvezeték-törés vagy gőzfejlesztő hőátadócső sérülése következik be. A főgőzrendszer atmoszférába redukálókkal is rendelkezik a gőz atmoszférába történő kibocsátására, a blokk normálüzemi vagy üzemzavari lehűtése érdekében.

**Gőzturbina**

A gőzturbina a gőzfejlesztőkből érkező nagynyomású és túlhevített gőz energiatartalmát alakítja át mechanikai energiává. A gőz a gőzturbinán expandálva áramlik át, eközben valósul meg az energiaátalakulás. A mechanikai energia a gőzturbina forgó tengelyén jelenik meg, ez hajtja meg a tubógenerátort.

A VVER-1200 típusú blokkhoz a Roszatom a Power Mechanics cég MLZ típusú vagy a General Electric ARABELLE típus gőzturbinát ajánlja. Pakson ez utóbbi valósul meg. A lassúfordulatú (1500 1/perc) ARABELLE gőzturbina egy nagy-közép nyomású és három kisnyomású turbinaházból áll.



*Turbógenerátor gépegység*

**Turbógenerátor**

A turbógenerátor, amelynek forgórésze a gőzturbina forgórészével azonos tengelyen van, alakítja át a mechanikai energiát villamos energiává.

A turbógenerátor négypólusú, lassúfordulatú (1500 1/perc), háromfázisú szinkrongép (1270 MW névleges hatásos teljesítmény és 24 kV névleges kapocsfeszültség), melynek forgórésze és az állórész lemezteste közvetlen hidrogénhűtésű, az állórész tekercselése pedig vízhűtésű.

A turbógenerátorhoz forgódiódás gerjesztő kapcsolódik, továbbá 24 kV-os sínhíd biztosítja a villamos kapcsolatot a turbógenerátor és a generátor transzformátor között.

## VVER-1200 blokk nukleáris biztonsági jellemzői

A VVER-1200 blokktípus fejlesztése során a Roszatom figyelembe vette a Nemzetközi Atomenergia-ügynökség nukleáris biztonsági előírásait és az atomenergetikában bekövetkezett üzemzavarok, balesetek olyan tanulságait, mint:

- az aktív zóna hűtésének hosszú idejű fenntartása szükséges a blokkok áramellátásának teljes kiesésekor;
- a maradványhő hosszú idejű elvezetésére az elsődleges végső hőelnyelő mellett alternatív végső hőelnyelőt is biztosítani kell;
- műszaki és technológia megoldásokkal fel kell készülni a rendkívül alacsony valószínűséggel bekövetkező zónaolvadás kezelésére.

A VVER-1200 blokktípusnál alkalmazott biztonsági filozófia – összhangban a nemzetközi nukleáris biztonsági ajánlásokkal – a mélységben tagolt védelem elvén alapul, azaz egymástól független védelmi szintek biztosítják, hogy a lehetséges meghibásodások, a normálüzemtől való eltérések észlelhetők, ellensúlyozhatók és kezelhetők legyenek. Az alkalmazott biztonsági

filozófia további meghatározó jellemzője az inherens biztonság, ami azt jelenti, hogy a reaktor nem megengedett teljesítménynövekedése esetén – emberi beavatkozás nélkül – a fizika törvényei szerint a láncreakció egy bizonyos teljesítmény elérésekor „magától” csökkenni kezd és a reaktor szubkritikus állapotba kerül.

A biztonságra történő tervezés szigorúságát mutatja, hogy a paksi telephelyre jellemző $10^{-5}$/évnél nagyobb (100 000 év visszatérési gyakoriság) gyakoriságú természeti eredetű (pl. nagy földrengés) és $10^{-7}$/évnél nagyobb (10 000 000 év visszatérési gyakoriság) gyakoriságú külső emberi tevékenységből származó veszélyeztető tényezőkre (pl. repülőgép-rázuhanás) igazolni kellett, hogy azok bekövetkezése esetén a blokk biztonságos állapota fenntartható. A technológia meghibásodására vagy üzemeltetői hibákra az igazolást $10^{-6}$/évnél (1 000 000 év visszatérési gyakoriság) gyakrabban előforduló kezdeti eseményekre kellett elvégezni.

*Biztonsági elemzések eredménye*

A paksi telephelyre jellemző veszélyeztető tényezők és gyakoriságok, valamint a paksi telephelyen létesülő blokkok kialakítása és üzemeltetési jellemzői alapján, a nemzetközi ajánlásoknak és a hazai jogszabályi előírásoknak megfelelően biztonsági elemzésekkel kell igazolni a nukleáris biztonsági követelmények teljesülését.

Az elvégzett biztonsági elemzések eredményei azt mutatták, hogy mind a környezeti kibocsátásokra és azzal összefüggésben a lakossági többlet sugárterhelésre, mind a baleseti helyzetek bekövetkezési valószínűségére vonatkozó, a Nukleáris Biztonsági Szabályzatokban előírt követelmények maradéktalanul teljesülnek.

*Sugárterhelés, radioaktív anyagok kibocsátása*

A kis valószínűséggel bekövetkező üzemzavari és még ezeknél is jóval kisebb valószínűségű baleseti állapotok elemzése mellett megtörtént a blokkok normál üzemeltetése alatt várható, munkavállalói dózisok és a környezeti kibocsátásból származó lakossági dózisok elemzése és értékelése. A blokkok sugárvédelmi tervezésénél alapvető tervezési elv az ALARA-elv volt (az észszerűen elérhető legalacsonyabb sugárterhelésre való törekvés).

A blokkok kis karbantartási igénye miatt a külső sugárterhelésből származó becsült dózisok alacsonyak. A fővízkörben képződő radioaktív anyagok hatékony visszatartását fizikai gátak biztosítják. A radioaktív szennyeződés terjedését hatékony víztisztító és gáztisztító rendszerek, valamint a szellőzőrendszerek aeroszol- és jódszűrői korlátozzák, ennek köszönhetően a belső sugárterhelésből származó dózisok is alacsony szintűek lesznek. Összességében a munkavállalók sugárterhelése – még a leginkább érintett munkavállalók esetében is – jelentősen az éves dóziskorlát (20 mSv) alatt fog maradni.

A környezeti radioaktív kibocsátások nagysága – a munkavállalói sugárterhelésnél már ismertetett, a radioaktív anyagok visszatartását és szennyeződés terjedését korlátozó műszaki és technológiai megoldások eredményeként – normál üzemeltetés alatt jelentősen a környezetvédelmi engedélyben előírt kibocsátási korlátok alatt marad. Így a radioaktív kibocsátásokból származó, a leginkább érintett lakossági csoport többlet sugárterhelésének éves értéke is 100 nSv alatt lesz. Ez sugárvédelmi szempontból gyakorlatilag elhanyagolható dózist jelent, értéke nagyjából egy órányi természetes háttérsugárzásból származó sugárterheléssel egyezik meg.

## VVER-1200 blokk biztonsági rendszerei

A VVER-1200 blokk nukleáris biztonsága a mélységben tagolt védelmi filozófiával összhangban, a védelmi szintekhez rendelt, a szükséges beavatkozásokat időben és hatékonyan

végrehajtani képes biztonsági rendszereken alapul. A VVER-1200 blokk biztonsági rendszerei az alábbi elvek mentén lettek kialakítva:

**Passzív biztonsági rendszerek** (funkciójukat energiabetáplálás és emberi beavatkozás nélkül ellátni képes rendszerek) állnak rendelkezésre a tervezési alap kiterjesztésébe tartozó, rendkívül alacsony valószínűséggel bekövetkező üzemzavarok, balesetek kezelésére.

**A redundancia elve** érvényesül az aktív biztonsági rendszerek (működésükhöz energiabetáplálást igénylő) kialakításánál. Az aktív biztonsági rendszerek általában négy párhuzamos ágból épülnek fel, amelyek közül már egy működése is elegendő az elvárt biztonsági beavatkozás teljes körű végrehajtásához.

A biztonsági rendszerek redundáns ágai térbeli, **fizikai elválasztása** biztosítja, hogy a rendszerek közös okú meghibásodás (pl. tűz) ellen védettek legyenek.

A redundancia mellett fontos a **diverzitás elve**, tehát a biztonsági beavatkozás végrehajtására különböző berendezésekből álló és lehetőleg szerint különböző működési elvű (pl. passzív és aktív) biztonsági rendszerek álljanak rendelkezésre.

A VVER-1200 blokk fontosabb biztonsági rendszerei:

| **Fontosabb aktív biztonsági rendszerek** | |
|---|---|
| Nagynyomású biztonsági befecskendező rendszer | 4 x100% |
| Kisnyomású biztonsági befecskendező rendszer | 4 x 100% |
| Üzemzavari bórbefecskendező rendszer | 4 x 50% |
| Üzemzavari tápvízrendszer | 4 x 100% |
| Konténment sprinkler rendszer | 4 x 50% |
| Üzemzavari lehűtőrendszer | 4 x 100% |
| Közbensőköri hűtővízrendszer | 4 x 100% |
| Biztonsági hűtővízrendszer | 4 x 100% |
| Biztonság szempontjából fontos fűtő-, szellőző- és légkondicionáló rendszerek | 4 x 100% |
| Konténment izolálórendszer | 4 x 100% |
| Bórosvíz tárolórendszer | 2 x 100% |
| Üzemzavari gázeltávolító rendszer | 2 x 100% |
| Fővízkör túlnyomásvédelmi rendszer | 3 x 50% |
| Szekunderkör túlnyomásvédelmi rendszer | 2 x 100% |
| Biztonsági dízelgenerátorok | 4 x 100% |
| Reaktorvédelmi rendszer | 4 független ág |

| Passzív biztonsági rendszerek – tervezési alapba tartozó üzemzavarok | |
|---|---|
| Passzív üzemzavari zónahűtő rendszer (hidroakkumulátorok) | 4 x 33% |
| Konténment hidrogénkezelő rendszer (üzemzavari) | 1 x 100% |
| Konténment | ✓ |

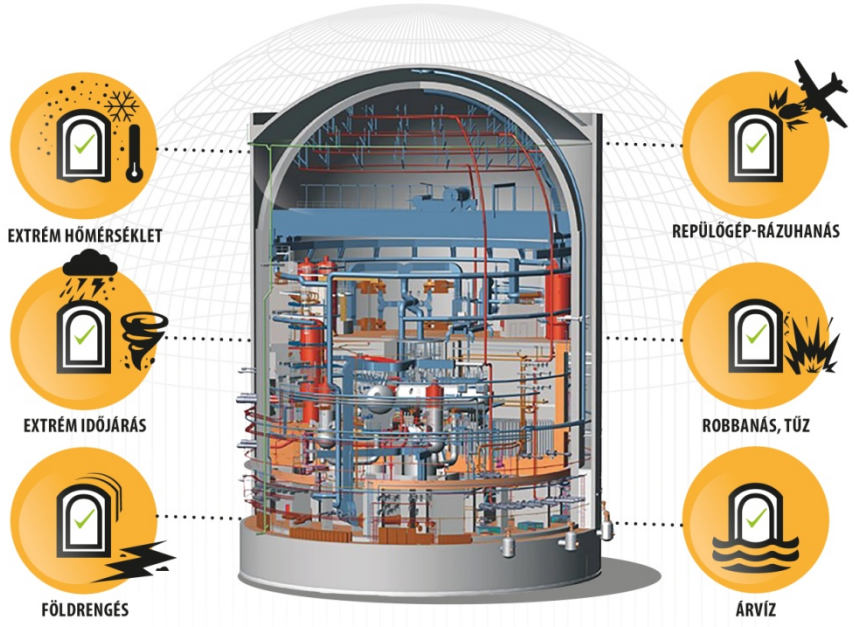
| Fontosabb rendszerek – baleseti helyezetek | |
|---|---|
| Gőzfejlesztők passzív hőelvonó rendszere | 4 x 33% |
| Konténment passzív hőelvonó rendszere | 4 x 33% |
| Olvadékcsapda | ✓ |
| Konténment hidrogénkezelő rendszer (baleseti) | ✓ |

A VVER-1200 blokk több olyan biztonsági rendszerrel is rendelkezik, amelyeket indokolt részletesebben is bemutatni:

*Kettősfalú konténment*

A reaktort, a hozzá kapcsolódó technológiai- és segédrendszereket, valamint a kiégett fűtőelemkötegek átmeneti tárolására szolgáló pihentetőmedencét kettősfalú konténment védi. A konténment belső fala előfeszített vasbeton szerkezetű, belül acél burkolatú. A belső konténment – az aktív vagy passzív hőelvonó rendszer működése mellett – üzemzavari és baleseti helyzetben is biztosítja a radioaktív anyagok visszatartását, környezeti kibocsátásuk megakadályozását.

A külső vasbeton konténment egy utasszállító repülőgép rázuhanása esetén is képes ellátni a belső konténment védelmét. A konténmentet 0,34 g vízszintes gyorsulású földrengés, jelentős szélterhelés (pl. tornádó), hő és jégterhelés, valamint külső robbanásból származó légnyomás elviselésére is méretezték.

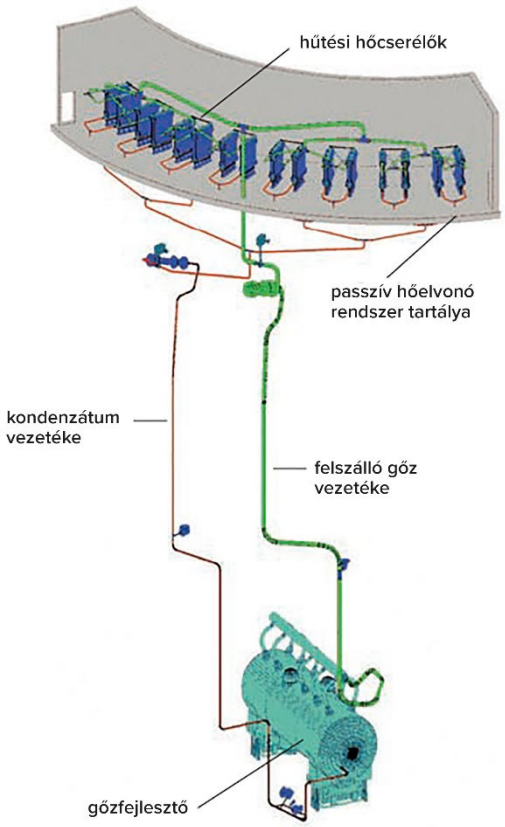



*Kettősfalú konténment*

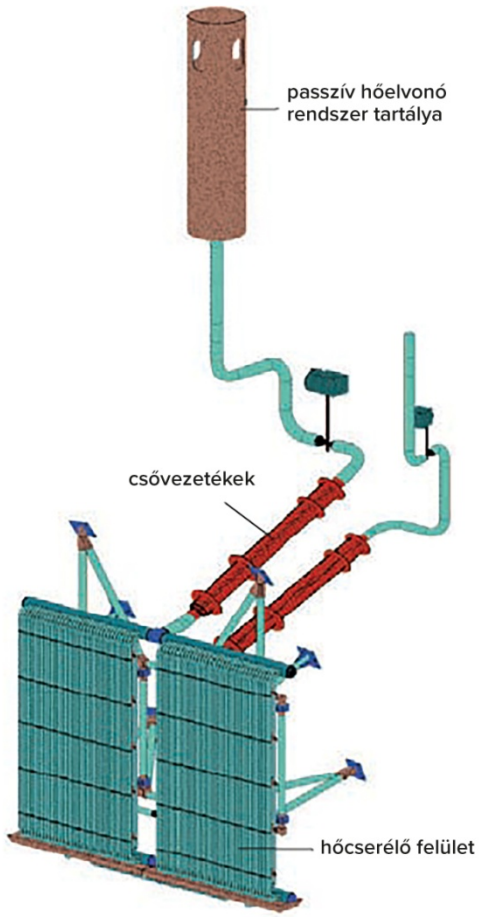
*Maradványhő elvezetése*

A reaktorban a leállítás után még bizonyos ideig nagy mennyiségű energia (ún. maradványhő) szabadul fel, mert a radioaktív izotópok bomlása a fűtőelemekben tovább folytatódik. Az aktív zónában képződő maradványhő elvezetésére a blokkot passzív rendszerrel is ellátják. A blokk áramellátásának teljes kiesése vagy a gőzfejlesztők tápvízellátásnak megszűnése esetén – amikor a maradványhő elvezetése a Dunába (elsődleges végső hőelvonó) az aktív hőelvezető rendszerekkel nem biztosított – a maradványhő elvezetése a passzív hőelvezető rendszerrel az atmoszférába is történhet. Ez egy hőcserélőn keresztül történik, így radioaktív anyagok ebben az esetben sem kerülhetnek a környezetbe.

A konténment is rendelkezik passzív hőelvonó rendszerrel, amely képes a baleseti helyzetben kialakuló hőmérséklet- és nyomásnövekedés korlátozásra, ha a konténment légterének hűtésére tervezett aktív szórtvizes (sprinkler) rendszer nem működik.




*A gőzfejlesztő passzív hőelvonó rendszere*




*A konténment passzív hőelvonó rendszere*

*Hidrogénkezelés*

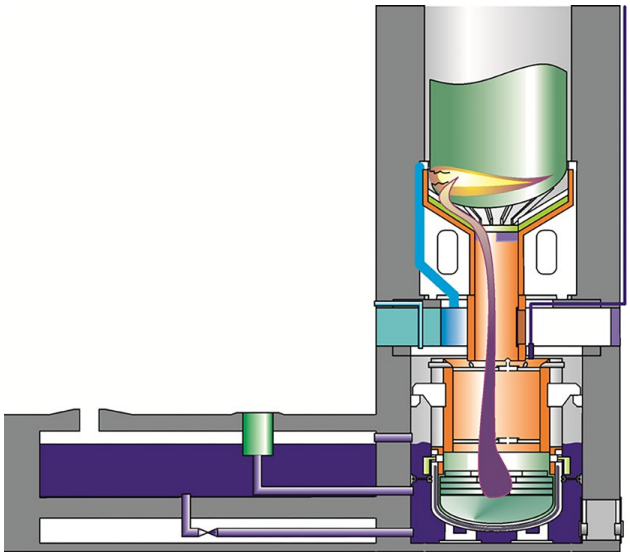
A fűtőelemek cirkóniumburkolata és a vízgőz kémiai reakciójából baleseti helyzetben képződő hidrogén tűz- és robbanásveszélyt jelent. A hidrogén katalitikus oxidációját és ezáltal a hidrogénkoncentráció alacsony szinten tartását passzív autokatalitikus baleseti hidrogén-rekombinátorok biztosítják. A rekombinátorok a konténment minden olyan térrészébe elhelyezésre kerülnek, ahol az elemzések alapján baleseti helyzetben hidrogénkoncentráció növekedésre lehet számítani.

*Hidrogénrekombinátor*

*Olvadékcsapda*

A nagyon alacsony valószínűséggel fellépő súlyos baleseti helyzetekre is megtörténik a felkészülés. A reaktor aktív zónájának megolvadása következményeinek csökkentésére tervezték az olvadékcsapdát. Segítségével megakadályozható, hogy a zónaolvadék az alaplemez betonjával kölcsönhatásba lépjen, csökkenthető a hidrogénfejlődés és a radioaktív anyagok környezeti kibocsátása.

Az olvadékcsapda egy olyan speciális tartály, amely a reaktortartály alatt helyezkedik el, és képes annak sérülése esetén a zónaolvadék befogadására. A tartályban alumínium-oxid és vas-oxid tartalmú olvadótöltet van, amely a zónaolvadékkal elkeveredve csökkenti az olvadék fajlagos hőjét. Az olvadótöltetbe gadolíniumot is adagolnak, amely a neutronelnyelő tulajdonsága okán megakadályozza a nukleáris láncreakció kialakulását az olvadékban. Az olvadékcsapda acéltartálya súlyos baleset esetén kívülről bóros vízzel hűthető.



*Olvadékcsapda*

## Új blokkok elhelyezése

A két új atomerőművi blokk a paksi atomerőmű blokkjaitól északra, az úgynevezett bővítési területén létesül. Itt kapnak helyet a blokkok későbbi üzemeltetéséhez szükséges egyéb rendszerek és építmények, valamint a létesítés időszakában a szükséges felvonulási épületek és területek is.

*Az új atomerőmű látványterve*

## Létesítési engedélyezés

Magyarországon az atomenergia alkalmazásának szabályait az 1996. évi CXVI. törvény, az Atomtörvény rögzíti. A törvényhez kapcsolódó 118/2011. (VII.11.) Kormányrendelet és ennek mellékleteiként kiadott Nukleáris Biztonsági Szabályzatok tartalmazzák az egyes hatósági engedélyeztetési szabályokat és követelményeket, amelyek a hatósági engedélyek megszerzéséhez elengedhetetlenek. A nukleáris létesítmények meghatározó kérdéseiben az engedélyező hatóság az Országos Atomenergia Hivatal (OAH), de a munkájába számos témában szakhatóságokat is bevon.

A létesítési engedélyezés eljárása az engedélykérelem OAH-nak történő benyújtásával indul. Az engedélykérelem tartalmára vonatkozó előírásokat a 118/2011. (VII.11.) Kormányrendelet, a részletesebb formai és tartalmi elvárásokat OAH útmutató tartalmazza. Az engedélykérelem megalapozó és kiegészítő dokumentációkból áll.

| MEGALAPOZÓ DOKUMENTUMOK | |
|---|---|
| 1. | Előzetes Biztonsági Jelentés |
| 2. | Létesítménymodell |
| 3. | Előzetes Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv |
| 4. | Az új paksi blokkok üzemeltetése során keletkező radioaktív hulladék és a kiégett üzemanyag hosszú távú tárolása és elhelyezése |
| 5. | Irányítástechnikai rendszerek felújítási stratégiája |
| 6. | A biztonsági övezet meghatározása |
| 7. | A létesítési tevékenységek ütemezésének és a generálorganizációs terv előzetes változatának bemutatása |
| 8. | A nukleáris létesítmény biztonsági övezetébe tartozó ingatlan tulajdoni vagy vagyonkezelői jogának igazolása |
| 9. | A telephelyre vonatkozó hatályos helyi építési szabályzat és szabályozási terv |
| 10. | Független biztonsági elemzések |
| 11. | A független műszaki szakértői felülvizsgálat dokumentumai |
| **KIEGÉSZÍTŐ DOKUMENTUMOK** | |
| 12. | Determinisztikus biztonsági elemzések |
| 13. | Valószínűségi biztonsági elemzések |
| 14. | A tervezett létesítmény és tevékenység lehetséges hatása a meglévő, nukleáris létesítmény biztonságára |
| 15. | Számítási és elemzési eredmények |

A létesítési engedélyezési eljárás hatósági ügyintézési határideje 12 hónap, amit a hatóság indokolt esetben legfeljebb 3 hónappal meghosszabbíthat. Az Atomtörvény egyes szakkérdések elbírálásához szakhatóságok bevonását is előírja:

- környezetvédelmi, természetvédelmi és bányafelügyeleti hatáskörben: Baranya Megyei Kormányhivatal
- tűzvédelmi és katasztrófavédelmi hatáskörben: Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatósága

Az OAH a létesítésiengedély-kérelemmel kapcsolatos hatósági döntés meghozásához szakértői támogatást is igénybe vesz. A hivatal az Előzetes Biztonsági Jelentés véleményezéséről megállapodást kötött a Nemzetközi Atomenergia-ügynökséggel (NAÜ).

A létesítési engedélyezési eljárás során az Atomtörvény 11/A. § (4) bekezdése értelmében az OAH közmeghallgatást tart, amelynek helyéről és idejéről az érintetteket legalább 15 nappal korábban hirdetményi úton értesíti. A közmeghallgatás során az érdekeltek megismerhetik az eljárás tárgyát és menetét, kifejthetik álláspontjukat, felvethetik kérdéseiket.

A létesítésiengedély-kérelem alapdokumentuma az Előzetes Biztonsági Jelentés, amelyben igazolni kell, hogy a létesíteni tervezett atomerőmű a tervekben bemutatott műszaki kialakítással, technológiai megoldásokkal és üzemeltetési módszerekkel teljesíti a nukleáris biztonsági követelményeket, biztonságosan megépíthető és üzemeltethető.

Az Előzetes Biztonsági Jelentés többéves összetett munka eredménye. Az első lépésben a tervezési alapot kellett kidolgozni, amely az atomerőműre és annak rendszereire, rendszerelemeire meghatározta azokat a nukleáris biztonsági és egyéb előírásokat, tervezési szempontokat, amelyeket a tervezés során figyelembe kell venni. A tervezési alap véglegesítése után az előkészítő munka az atomerőmű műszaki terveinek kidolgozásával folytatódott. Az atomerőmű építményeinek, rendszereinek és rendszerelemeinek műszaki tervei mellett elkészültek azok az elemzések, értékelések, amelyek alátámasztják a tervekben bemutatott műszaki kialakítások megfelelőségét. Az Előzetes Biztonsági Jelentés a műszaki terv és a kapcsolódó értékelések alapján ismerteti a tervezett atomerőmű nukleáris biztonsági jellemzőit és tételesen igazolja a releváns nukleáris biztonsági követelmények teljesülését.

A közérthető összefoglaló további részében az Előzetes Biztonsági Jelentés fejezeteit ismertetjük.

# ELŐZETES BIZTONSÁGI JELENTÉS

## 1. FEJEZET – BEVEZETÉS ÉS AZ ATOMERŐMŰ ÁLTALÁNOS ÁTTEKINTÉSE

### Bevezetés

Az alfejezet az atomerőműre vonatkozó jellemzők általános ismertetését tartalmazza.

Az alfejezet ezen túlmenően összefoglalja az Előzetes Biztonsági Jelentés teljes tartalmát, fejezeteinek, alfejezeteinek címeivel, valamint tartalmaz egy teljes körű rövidítéslistát. Emellett meghivatkozza azokat a dokumentumokat, amelyekben az Előzetes Biztonsági Jelentés formai és tartalmi követelményei találhatók.

### Az atomerőmű általános leírása

*A létesítés feltételei*

A létesítési engedély iránti kérelem benyújtása előtt az engedélyesnek rendelkeznie kell:

- a környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény szabályozása értelmében környezetvédelmi engedéllyel
- az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény és 118/2011. (VII.11.) Kormányrendelet előírásai szerint telephelyengedéllyel
- a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény előírása szerint erőmű elvi engedéllyel

Ebben az alfejezetben a fenti engedélyek bemutatását tartalmazó egyéb fejezetekre való hivatkozások igazolják, hogy a létesítés feltételei fennállnak, azaz a létesítés minden tekintetben megfelel a magyar jogi szabályozásnak és a hatósági előírásoknak.

*Az atomerőmű csatlakozása az országos villamosenergia-rendszerhez*

Az atomerőművek üzembiztonságának egyik alappillére az országos villamosenergia-rendszerrel való kapcsolatot biztosító hálózati csatlakozás kialakítása. Szerepe nemcsak az erőmű által termelt villamos energia megbízható kiszállításában van, hanem bizonyos esetekben a háziüzemi rendszerek külső villamosenergia-ellátását is ezeken a hálózati kapcsolatokon keresztül lehet biztosítani. Ez az alfejezet mutatja be az atomerőmű nagyfeszültségű (400 és 132 kV-os) villamos hálózati csatlakozásának rendszereit, valamint áttekintést ad a Paks (meglévő) és a Biritó (újonnan létesülő) 400/132 kV-os átviteli hálózati alállomásokról, amelyekhez az erőmű nagyfeszültségű rendszerei csatlakozni fognak.

*Az atomerőmű üzemmódjai*

Az atomerőmű alapvetően folyamatos villamosenergia-termelésre tervezett, de illeszkedve a fogyasztói igényekhez, alkalmazkodva a villamosenergia-ellátásban részt vevő megújuló energiaforrások teljesítményéhez, terheléskövető üzemmódban is képes működni.

*Az atomerőmű átfogó védelmi koncepciója*

A blokkok tervezésének jelenlegi fázisában az alfejezet koncepciószinten bemutatja a természeti veszélyeztető tényezőkkel szembeni átfogó védelmi tervet. A koncepcióhoz tartozó egyes intézkedések részletes leírását az Előzetes Biztonsági Jelentés más fejezetei mutatják be.

*Az atomerőmű környezeti hatásai*

Az atomerőmű környezeti hatásait táblázatos formában mutatja be az alfejezet, figyelembe véve a környezetvédelmi engedélyben előírtakat is.

## Összehasonlítás más hasonló létesítményekkel

A paksi új blokkok főbb műszaki jellemzőinek más blokktípusokkal való összehasonlítását mutatja be az alfejezet.

## A létesítéssel kapcsolatos információk

*A létesítés szervezeti megvalósítása meghatározott hatáskörökkel és feladatokkal*

Az alfejezet bemutatja a projekt megvalósításának szervezeteit, ismerteti az Engedélyes (Megrendelő), a Fővállalkozó és a Generáltervező projektirányítási rendszerét. Bemutatja a projekt megvalósításának szervezeti struktúráit, a főbb osztályok funkciói és az azonosított kulcspozíciók leírását, ami a projekt előrehaladtával változni fog és átalakul.

Az alfejezet ismerteti az Engedélyes projekt létesítési fázisához tartozó előzetes szervezeti felépítését és működési folyamatait. A főbb működési folyamatok: engedélyeztetés, minőségfelügyelet, műszaki tervezés felügyelete, létesítési felügyelet, munka- és tűzvédelem, minőségellenőrzés, programtámogatás, üzemeltetésre való előzetes felkészülés, humánpolitika, jogi támogatás, gazdasági ügyek, vagyon- és adatbiztonság, fizikai védelem és kommunikáció. Az alfejezet tartalmazza továbbá az Engedélyes létesítési szervezetének a megvalósításához kapcsolódó Előzetes Biztonsági Jelentés dokumentumaival való kapcsolatokat és hivatkozásokat.

A Fővállalkozó és a Generáltervező tekintetében az alfejezet a projekt megvalósításához kapcsolódó projektirányítási rendszert, szervezeti felépítést, munkaköri leírásokat, szervezet-változáskezelési programját és az ezekhez kapcsolódó Előzetes Biztonsági Jelentés és Project Management Manual dokumentumokat ismerteti.

*A létesítési tevékenység hatása már üzemelő nukleáris létesítménnyel rendelkező telephely esetén*

A blokkok tervezésének jelenlegi fázisában bemutatásra kerülnek az új blokkok lehetséges hatásai a meglévő nukleáris létesítményekre: Paksi Atomerőmű és Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója. Az alfejezet bemutatja és értékeli a meglévő nukleáris létesítményeket potenciálisan érő hatásokat és veszélyeztető tényezőket (pl. tovaterjedő por, vibráció, talajvízsüllyedés, veszélyes kémiai anyagok kezelésének hatásai), az egyes veszélyeztető tényezők tervezési paramétereit, a vonatkozó tervezési kritériumokat, szabványokat és az elemzések során használt számítógépes kódokat, illetve a vizsgálat és az értékelés módszertanát.

Bemutatja továbbá azon általános tervezési intézkedéseket és megoldásokat, amelyekkel a veszélyeztető tényezők kedvezőtlen hatásai az elfogadási kritériumokon belül tarthatók,

meggátolva, hogy bármely, az új blokkok létesítéséből és üzemeltetéséből származó hatás elérje a meglévő nukleáris létesítmények telephelyeit.

*Korábbi létesítési tevékenységek során szerzett tapasztalatok, valamint a biztonság szempontjából releváns nem-megfelelőségek bemutatása*

Az alfejezet ismerteti az atomerőművek tervezése, létesítése és üzemeltetése során összegyűjtött tapasztalatok felhasználásának módszereit, valamint az atomerőmű terveinek kidolgozása szempontjából fontos üzemeltetési tapasztalatok gyűjtésére és felhasználására szolgáló információs rendszer általános felépítését és működését. A nukleáris biztonságot befolyásoló, a korábbi projektek építése és üzembe helyezése során észlelt események, illetve a korábbi atomerőmű-építési projektek során szerzett helyi együttműködési tapasztalatok mellett az alfejezet a paksi telephelyen jelenleg működő blokkok építésével és üzembe helyezésével kapcsolatos tapasztalatokat is taglalja.

### A létesítésben részt vevő szervezetek bemutatása

Az alfejezet felsorolja azoknak a cégeknek a feladatait és felelősségi körét, amelyek egyrészt a tervezési folyamat részei voltak és ebben a feladatkörükben tervezési dokumentumokat állítottak elő, másrészt előzetesen bemutatja azokat a cégeket, melyek a későbbi – gyártási, építési, szerelési, üzembe helyezési – fázisokban részt fognak venni. Az alfejezet tartalmaz egy kapcsolati térképet, amely szemlélteti, hogy egyes cégek tevékenysége hogyan kapcsolódik egymáshoz.

### Felhasznált és meghivatkozott dokumentumok jegyzéke

Az alfejezet tartalmazza mindazon dokumentumok felsorolását, melyek figyelembe lettek véve az Előzetes Biztonsági Jelentés elkészítése során, és amelyekre a jelentés hivatkozást tartalmaz.

### Egységes jelölési rendszer

A fejezet bemutatja a német Kraftwerk-Kennzeichen System (KKS) című szabványon alapuló, az atomerőművi blokkokra vonatkozó rendszer- és rendszerelem-kódolási szisztémát. Megadja a kódolás struktúráját és a főbb elveket, miközben meghivatkozza az ezt részleteiben kifejtő eljárási dokumentumot, annak vonatkozó mellékleteivel.

### Rajzok és egyéb grafikus információ

Az alfejezet felsorolásszerűen tartalmazza az Előzetes Biztonsági Jelentésben bemutatott rajzokat, beleértve a rajzszámot, a megnevezést, a verziószámot és a dátumot. Az alfejezet továbbá grafikus módon bemutatja a telephely-elrendezést.

### Kapcsolódó dokumentumok

Az alfejezet rövid áttekintést ad azokról a dokumentumokról, melyek az Előzetes Biztonsági Jelentés vonatkozásában releváns információval bírnak, de nem képezik részét a létesítésiengedély-kérelemnek, attól függetlenül készültek és fogadták el őket. Ezek a környezetvédelmi engedély, az Előzetes Biztonsági Tájékoztató, a telephelyengedély és a műszaki terv.

### Hosszú gyártási idejű berendezések és a kiemelt fontosságú épületek engedélyezésének bemutatása

Az erőmű egyes berendezései bonyolult gyártástechnológiát, speciális alapanyagokat igényelnek. A több évig tartó gyártási folyamat speciális engedélyezési eljárást igényel, melyre az eljáró hatóságnak is fel kell készülni. Az alfejezet felsorolásszinten bemutatja a hatósággal előzetesen egyeztetett hosszú gyártás idejű berendezéseket.

Az alfejezet továbbá – szintén felsorolásszerűen – tartalmazza azoknak az építményeknek a listáját, amelyeket a hatósággal szintén egyeztetnek, és építési engedélyezésük, majd tényleges építésük a létesítési engedély megszerzését követően először megkezdhető.

## 2. FEJEZET – A TELEPHELY LEÍRÁSA

A telephely leírása során a szakemberek figyelembe vették, hogy a telephelyvizsgálat és telephely-engedélyezési eljárás már lezárult. Ennek részeként úgynevezett Telephely Biztonsági Jelentés (TBJ) készült. A telephelyvizsgálat és -értékelés eredményei alapján a TBJ egyrészt igazolta a telephely alkalmasságát, amelyet a telephelyengedély kiadásával az OAH elfogadott. Másrészt bemutatta az atomerőmű külső veszélyek elleni megfelelő védelmének tervezéséhez szükséges telephelyjellemzőket.

A TBJ összeállításával a telephely alkalmasságának komplex vizsgálata lezárult. A telephelyengedély kiadását követően az atomerőmű tervezése szempontjából meghatározó külső veszélyek néhány elemében további pontosítás és módosítás történt, részint a tervezés speciális, a telephelyvizsgálatnál nagyobb felbontású adatigényének kielégítésére, részint azért, mert a veszély hatásait a műszaki tervvel összefüggésben lehet véglegesen értelmezni.

A fejezet összeállításának részeként megtörtént annak vizsgálata és értékelése is, hogy a TBJ-ben figyelembe vett mely adatok esetében volt szükség azok frissítésére. Általában kijelenthető, hogy a TBJ szerinti adatok frissítésére csak korlátozott számú esetben volt szükség. Ez elsősorban azzal indokolható, hogy a tervezési alap terjedelmébe tartozó, a 100 000 éves visszatérési gyakoriságú események statisztikájában néhány év új adatsora nem eredményezhet szignifikáns eltérést. Vannak azonban olyan jellemzők is, mint például a környező ipari létesítmények, amelyek esetében a változások üteme a gyakori felülvizsgálatot is indokolhatja.

A fejezet összeállításnál – a fentiekben említett szempontok mellett – a telephelyengedélyben meghatározott feltételek teljesítése során nyert ismereteket is figyelembe vették azokban az esetekben, amelyek a fejezetek tartalmát érintették.

Ezek közül lényeges kiemelni, hogy a TBJ készítésének fázisában voltak olyan követelmények is, amelyek teljesítésének értékelésére csak részben vagy korlátozottan került sor, mert a követelmény teljesítéséhez szükség lett volna a kiválasztott technológia ismeretére is, ami akkor a szükséges mértékben még nem állt rendelkezésre (pl. a biztonsági rendszerek redundáns ágainak térbeli szétválasztása). Az EBJ készítése során is, de meghatározó részben a műszaki terv készítése során, a TBJ-ben meghatározott és a tervező által végzett vizsgálatok alapján megtörtént az erőművi rendszerek megfelelő védelmének értékelése. Az ilyen esetekre vonatkozó, a lehetséges külső veszélyek elleni védelem megfelelő biztosítását a 3. fejezet mutatja be. A telephelyvizsgálat és -értékelés terjedelmébe tartozó, a létesítési engedély

megalapozásának fázisában is releváns követelmények igazolását megosztva tartalmazza a 2. fejezet és a 3. fejezet.

*Földrajzi fekvés, a lakosság száma és eloszlása*

Az alfejezet bemutatja a telephely elhelyezkedését, beleértve az Engedélyes kezelésében álló területet és a környező területeket is. Az erőmű környezetében végzett tevékenységekről beszerzett információk tartalmazzák a lakosság eloszlására és sűrűségére vonatkozó adatokat, a közösségi és magántulajdonú létesítmények elhelyezkedését. Az alfejezet ismerteti a jogszabálynak megfelelő, veszélyhelyzeti tervek elkészítéséhez szükséges 30 km-es sugarú körben a demográfiai jellemzőket.

*A telephelyre jellemző, emberi tevékenységből eredő külső veszélyek*

Az alfejezet az új blokkok biztonsága szempontjából releváns, az emberi tevékenységekből eredő külső veszélyeket foglalja össze, a külső emberi tevékenységhez kapcsolódó telephelyjellemzők bemutatásához felhasznált alapadatok, feltételezések, módszerek és az értékelések eredményeinek összefoglaló ismertetésével.

A veszélyeztető tényezők vizsgálata kiterjedt az ipari, katonai, bányászati, közlekedési és szállítási tevékenységekre, a légiközlekedésre, valamint az olyan egyéb veszélyeztető tényezőkre, mint a fel- és alvízi létesítmények, a szél által mozgatott tárgyak, az esetleges tüzek hatásai és elektromágneses interferencia által okozott zavarok. Az alfejezetben bemutatja továbbá az egyes külső veszélyeztető tényezők együttes előfordulásának értékelését. A 10 km-es körzeten belül a TBJ-ben szereplő adatokhoz képest nem azonosítottak olyan új létesítményt, amelyet mint lehetséges veszélyeztető tényezőt figyelembe kellene venni.

*Meteorológia*

A telephelyet jellemző meteorológiai paramétereket, a klímamodellezés leírását és eredményeinek ismertetését, valamint a telehelyi regionális mérési programot és eredményeit a TBJ-re alapozva foglalja össze az alfejezet, amely egyben összegezi a biztonsági elemzéseket befolyásoló meteorológiai jellemzőket, beleértve a szélsőséges időjárási viszonyok ismertetését. Ezek az adatok szolgálnak alapul a radioaktív anyagok terjedését leíró számításokhoz is. Az éghajlati elemzésekhez szükséges adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat elektronikus adatbázisában tárolt hiteles adatsorok biztosították.

*Hidrológia*

A telephely hidrológiai jellemzőinek meghatározása a TBJ-ben tárgyalt telephelyjellemzők terjedelmében kibővített információk figyelembe vételével és TBJ-ben még szükségesnek ítélt további vizsgálatok, értékelések végrehajtásával és lezárásával történt. A Duna magas vízszintjének meghatározásakor a szakemberek figyelembe vették a TBJ-ben felhasznált adatokon túl a Duna vízszintjére vonatkozó információkat 2018-ig bezárólag. Lezárult a TBJ-ben megkezdett extrém intenzitású csapadék által kiváltott villámárvíz hatásaira vonatkozó értékelés. Az értékelés meghatározza a feltételezések alapján kialakuló maximális vízszintet. A Duna alacsony vízszintjének meghatározásánál szintén figyelembe vették a TBJ-ben felhasznált adatokon túl a Duna vízszintre vonatkozó információkat 2018-ig bezárólag.

A Duna-víz extrém hőmérsékleti értékeinek meghatározásakor a TBJ-ben szereplő információk továbbfejlesztéseként megállapították a különböző tartósságokhoz kapcsolódó 100 000 éves visszatérési gyakoriságú extrém magas Duna-víz hőmérsékleti értékek. Az értékek

véglegesítése a TBJ-ben meghatározott prognózisok figyelembe vételével történt. Az alfejezet bemutatja a Duna felvízi szakaszán feltételezetten bekövetkező partfalomlások és partfalcsuszamlások által kiváltott, potenciálisan eltömődést okozó szemcsés anyagok Dunába kerülését is.

*Földtani felépítés*

A felépítés leírása fejlődéstörténeti sorrendben, az idősebb képződményektől a fiatalabbak felé halad, s három nagyobb képződménycsoportra (paleo-mezozoos alaphegység; neogén képződmények; negyedidőszaki képződmények) bontva ismerteti azt. A földtani leírás esetében a telephely tágabb környezete a 30 km-es sugarú kört foglalja magába, ahol már célzott vizsgálatok készültek a geológiai viszonyok pontosítására.

*Szeizmológiai jellemzés*

A Pannon-medence regionális szeizmicitása, valamint a paksi telephely lokális szeizmicitása a történelmi földrengések és a jelenkori méréseken alapuló adatok alapján került meghatározásra, archív források, valamint a Paksi Atomerőmű és Paks II. Atomerőmű Zrt. által üzemeltetett mikroszeizmikus monitoringhálózatok segítségével. Megállapítható, hogy Paks környezetének szeizmikus aktivitása határozottan alacsonyabb, mint a magyarországi átlag.

A legkorszerűbb tudományos módszerekkel, három lépésben határozták meg a szakemberek a telephely földrengés-veszélyeztetettségét:

1. a földrengésveszély meghatározása az alapkőzeten
2. helyi módosító hatás meghatározása; a földrengésveszély meghatározása a felszínen
3. a földrengések következtében kialakuló másodlagos hatások, ez esetben a talajfolyósodás veszélyének meghatározása

*Geotechnikai jellemzés*

Korábban a szakemberek feltárták és meghatározták a terület általános geotechnikai viszonyait, valamint az ott található talajrétegek fő geotechnikai jellemzőit a TBJ alapját képező Földtani Kutatási Program (FKP) keretében. Az FKP eltérő céljából fakadóan azonban több kérdés is tisztázatlanul maradt (pl. pannon rétegek előterheltsége, pannon rétegek elhelyezkedése a terület déli részén). A talajrétegződés, valamint a tervezéshez szükséges talajjellemzők pontosítása érdekében a területen számos további fúrást, helyszíni geotechnikai és geofizikai vizsgálatot, valamint laboratóriumi kísérletet végeztek el. A feltárásokra és vizsgálatokra több ütemben került sor. Meghatározták a földtani eredetű veszélyforrásokat, ez alapján kijelenthető, hogy:

- rézsűvel kapcsolatos problémák nem mutathatók ki – a telephely 97 m-es tengerszint feletti magasságra van tervezve és a terep felszíne sík
- karszt előfordulása nem mutatható ki, felszín alatti természetes vagy mesterséges eredetű üregek, barlangok, bányák, pincék vagy más rekultiválatlan műtárgyak sem találhatók a területen
- a Duna partjai erdővel borítottak és stabil állapotúak, a hidegvizes csatorna partjai tervezettek, ellenőrzésük és karbantartásuk folyamatos
- természetes képződmények és ember által létrehozott objektumok, amelyek a felszín beomlását, süllyedését vagy megemelkedését okozhatják a telephelyen, nincsenek

- a talajvízszint emelkedése miatt magas vízállás esetén műszaki védelmet kell biztosítani a mélyített alapozásoknak
- a területen nem fordul elő roskadékony, duzzadásra hajlamos, szikes, illetve eluviális talaj
- a telephelyen talajfolyósodással kapcsolatos veszélyek állnak fenn, a folyósodásra hajlamos talajok egyenletesen előfordulnak a telephely teljes területén 6–16,8 m mélységben – a talajfolyósodás hatása bevált geotechnikai módszerekkel, például megfelelő épületalapozással vagy talajstabilizációval kiküszöbölhető

*Egyéb veszélyeztető tényezők*

Ide tartoznak mindazon hatások, amelyek az új blokkok telephelyét vízi, légköri vagy szárazföldi hatásvonalon keresztül képesek veszélyeztetni (rágcsálók, rovarok, falevelek stb.) vagy hatásuk a tartós hűtés fenntarthatóságának akadályozásában, szélsőséges esetben ellehetetlenülésében jelentkezhet (kagylók, csigák, algásodás, mikroorganizmusok). A légköri vagy szárazföldi hatásvonalon nem azonosítottak olyan populációt vagy természeti körülményt, amely a létesítményt bármi módon veszélyeztetné. A tartós hűtés fenntarthatóságát akadályozó biológiai tényezők (pl. tömeges halpusztulás a Dunán vagy potenciálisan eltömődést okozó vízi növények bekerülése a Dunába, illetve a hidegvíz-csatornába és a vízkivételi műbe) által jelentett kockázat nem befolyásolja az új blokkok létesítését, mert a figyelembe vett veszélyeztető tényező megfelelő kezelése biztosítható.

*Radiológiai jellemzők*

A TBJ alapján összefoglalásra kerültek a paksi telephelyet és környezetét jellemző háttérsugárzásra vonatkozó adatok, melyek ki lettek egészítve a 2012–2018 közötti időszakra a Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Rendszer (HAKSER) és az Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (OKSER), valamint az Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Rendszer (ÜKSER) eredményeivel a következő környezeti komponensekre:

- a gamma-sugárzás dózisteljesítménye
- aeroszol és kihullás
- felszíni vizek (Duna, halastavak, övcsatorna) és üledékeik
- halak
- talajvíz
- talaj, fű- és takarmányminták
- tehéntej

A TBJ-ben szereplő háttérsugárzás-adatok kiegészültek a 2015-ben elvégzett, a telephely részletesebb felbontású, speciális vizsgálatának eredményeivel is, az alábbi környezeti jellemzőkre, komponensekre:

- radon exhaláció
- gamma-dózisteljesítmény
- talaj mélységi mintái
- a tervezett hideg- és melegvíz-csatorna

Összefoglalásra kerültek a radioaktív kibocsátások terjedését és a lakosság sugárterhelését befolyásoló jellemzők is.

*Monitoringprogram*

Az Országos Atomenergia Hivatal N3a.34 Útmutatójában szereplő ajánlásoknak megfelelően az alfejezet bemutatja a telephelyi monitoring megvalósítására tett intézkedéseket. A monitoringprogram kitér azon telephelyhez kapcsolódó paraméterek rögzítésére és vizsgálatára, amelyekre befolyással lehetnek a szeizmikus, légköri, víz és talajvíz által előidézett, valamint az ipari létesítmények és a közlekedés által okozott hatások. Az összegyűjtött adatok alapul szolgálnak a nukleárisbaleset-elhárítási terv összeállításához, az időszakos biztonsági felülvizsgálat megállapításainak alátámasztásához, a radioaktív szennyezőanyag terjedési modelljének kidolgozásához és a telephely-specifikus vészhelyzetek listája teljességének megállapításához. A hosszútávú monitoringprogram magába foglalja, mind a telephelyi műszerek által mért és rögzített, mind pedig a szakosodott nemzeti intézmények által szolgáltatott adatok gyűjtését annak érdekében, hogy a tervezési alaptól történő lényeges eltérések megállapíthatók legyenek. A monitoringtevékenységek során keletkezett adatok dokumentálásának és tárolásának módjára vonatkozó információkat is tartalmazza az alfejezet.

# 3. FEJEZET – RENDSZEREK ÉS RENDSZERELEMEK TERVEZÉSE

A fejezet összegezi, hogy az erőmű tervezésénél milyen lehetséges hatásokat és igénybevételeket vettek figyelembe, és kitér arra is, hogy a műszaki terv hogyan kezeli ezeket. A műszaki tervezés alapját képező, különböző mértékű és gyakoriságú statikus és dinamikus terhelések összessége együttesen a tervezési alap része. Ezen hatások származhatnak az atomerőmű normál körülmények közötti üzemeléséből, az egyes konstrukciós elemek meghibásodásaiból vagy akár természeti eredetű veszélyeztető tényezőkből, mint például a földrengés.

Az atomerőmű tervezési elvei közül az egyik legalapvetőbb a mélységi védelem elve. A mélységi védelem elve az intézkedések és műszaki megoldások olyan egymást követő, többszintű rendszere, amelyek az üzemzavari helyzetek megelőzésére, kezelésére és következményeinek minimalizálására szolgálnak. Az erőmű élettartama során valószínűsíthető külső, belső veszélyeztető tényezők által kiváltott vagy rendszerek, rendszerelemek meghibásodása, esetleg emberi hiba okán bekövetkezett eseményeket, azok következményeinek súlyossága és bekövetkezésük gyakorisága alapján kategóriákba soroljuk, melyek a mélységi védelem szintjeihez hozzárendelhetők. A szükséges cselekvéseket, beavatkozásokat ezen szintek alapján határozzuk meg. Ez egy iterációs folyamat eredményeként áll elő, melynek során a terveket addig finomítják, ameddig a biztonsági elemzések eredményei nem igazolják teljeskörűen a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok által előírt megfelelőségi kritériumok betartását.

A 3. fejezet szerepe a fentiek figyelembevételével, hogy bemutassa az erőmű tervezési alapját, azonosítsa az egyes események kezelésére tervezett rendszereket, valamint a biztonsági elemzések alapján igazolja az adott rendszer által betöltött funkció teljesülését úgy, hogy bemutatja a jogszabályok által előírt kritériumok betarthatóságát, kiemelten a lakosság és a

környezet sugárterhelésére. Mindez az Előzetes Biztonsági Jelentés többi fejezetében van részletesen kifejtve. A telephelyjellemzőket a 2. fejezet mutatja be, ezek a külső veszélyek forrásait jelentik. A technológia részletes ismertetése a 4–10. fejezetekben található. A 15. fejezet a determinisztikus, a 19. fejezet pedig a valószínűségi biztonsági elemzések eredményeit tartalmazza. Mégis a 3. fejezet ad lehetőséget arra, hogy az erőmű tervezési folyamatát átlássuk és a tervek megfelelősségét globálisan belássuk.

### Követelmények teljesülése

Az OAH N3a.34. sz. Új atomerőművek biztonsági jelentései útmutató szerint meghatározott, a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok létesítési engedély iránti kérelem szempontjából releváns követelményeihez tartozó teljesítésértékeléseket tartalmazza a fejezet, a jelen tervezési fázisban rendelkezésre álló információknak megfelelő részletezettséggel.

### Tervező- és elemzőeszközök

Az alfejezet feladata, hogy bemutassa az alkalmazott tervező- és elemzőeszközök, valamint a számítások során használt bemenő adatok megfelelőségét. Ezt a megfelelőséget két különböző szempontból vizsgáljuk: validáltság és verifikáltság. A validáció egy program vagy modell esetében azt jelenti, hogy a program által kiszámított fizikai mennyiségek adott bizonytalanságon belül egyeznek a mért eredményekkel. A kísérleti eredményekkel való összevetés lehet közvetlen, de történhet közvetett módon is, például egy olyan program eredményeivel való összevetéssel, amely már kísérleti adatokra van validálva. A verifikáció azt igazolja, hogy az egyes modellek úgy működnek, és az adatszervezési modulok valóban azt a feladatot látják el, amelyet a kódleírás tartalmaz. Minden biztonsági elemzéshez használt szoftvert már a beszerzés vagy az új verzió beérkezésének pillanatában verifikálnak. A megfelelő ellenőrzést egy erre szakosodott, független csoport vagy szakértő is elvégzi, a jogszabályi előírásoknak megfelelően.

A jelen alfejezet mellett a megfelelő háttérdokumentumok hivatottak arra, hogy bizonyítsák az alkalmazott tervező- és elemzőeszközök fenti szempontok szerinti megfelelőségét.

### Az erőművi üzemállapotok és események kategorizálása

A nukleáris biztonság szempontjából, a normál üzemtől eltérő állapotok bírnak kiemelt jelentőséggel, melyek az úgynevezett feltételezett kezdeti események során állnak elő és az erőmű valamilyen meghibásodását, abnormális működését reprezentálják. Az atomerőmű tervezési alapjának részét képezi a feltételezett kezdeti események azonosítása, ezeket az eseményeket előfordulási gyakoriságuk alapján kategorizáljuk. Az alfejezet a feltételezett kezdeti események listáját tartalmazza az előfordulási gyakoriságukkal, az azonosított kezdeti események összhangban vannak a 15. fejezettel. Továbbá ebben az alfejezetben található a külső és belső veszélyeztető tényezők összefoglaló értékelése.

### Biztonsági funkciók

Az alfejezetben szerepel a biztonsági funkciók azonosítása és általános bemutatása, ezen funkciók mélységben tagolt védelmi szintekhez rendelése is megjelenik. Minden biztonsági funkció esetében tartalmaz egy összefoglalást arról, hogy mely rendszerek látják el az adott biztonsági funkciót és milyen módon.

## Biztonsági rendszerek

Az alfejezet egy rövid, általános leírás a feltételezett kezdeti események kezelésére szolgáló technológiai biztonsági rendszerekről, a biztonsági rendszerek részletes bemutatása az Előzetes Biztonsági Jelentés rendszerleíró fejezeteiben található.

## Osztályba sorolás

A nukleáris biztonság szavatolásának egyik legfontosabb eszköze a biztonsági és környezetállósági osztályba sorolások rendszere. Az alkalmazott besorolási filozófia biztosítja, hogy az atomerőmű rendszereinek, rendszerelemeinek, építményeinek nukleáris biztonsági fontossága szisztematikus módon megállapításra kerüljön. Ezen eljárás gyakorlati célja, hogy az így besorolt berendezések, szerkezetek tervezése, gyártása, valamint a majdani üzembe helyezése, üzemeltetése és karbantartása egyenszilárdságú, a biztonságra való hatásukhoz mérten differenciált műszaki követelmények szerint történjen. A blokkok tervezésének jelenlegi fázisát illetően e fejezet mutatja be az alkalmazott besorolási módszertant, valamint az atomerőmű főbb rendszereinek, rendszerelemeinek, építményeinek biztonsági és környezetállósági osztályait.

## Külső-belső veszélyeztető tényezők

A blokkok tervezésének jelenlegi fázisában összefoglalásra kerülnek a tervezés során figyelembe vett külső (pl. földrengés, repülőgép-becsapódás stb.) és belső (pl. belső tűz, robbanás, elárasztás stb.) veszélyeztető tényezők, az egyes veszélyeztető tényezők tervezési paraméterei, a vonatkozó tervezési kritériumok, szabványok, az elemzések során használt számítógépes kódok, illetve a vizsgálat és értékelés módszertana.

Bemutatásra kerülnek továbbá azon általános tervezési intézkedések, megoldások, amelyek a nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerek és rendszerelemek tervezése során figyelembe vett külső és belső veszélyeztető tényezők esetleges káros hatásai ellen megfelelő védelmet biztosítanak.

## Szilárdsági számítások

A blokkok tervezésének jelenlegi fázisában általános bemutatásra kerülnek a rendszerelemekre, tartókra és támaszokra vonatkozó előírásokat, számítási és elfogadási kritériumokat tartalmazó kódok és szabványok, a tervezési tranziensek és az azok által képviselt terhelések és terhelés-kombinációk, a statikus és dinamikus igénybevételek és a szerkezetintegritás elemzése, valamint az elemzésekhez használt szoftverek és kódok. Itt kerül általános ismertetésre a törés előtti szivárgás koncepció alkalmazása is.

## Anyagok

A blokkok tervezésének jelenlegi fázisában általánosan bemutatásra kerülnek a rendszerelemek szerkezeti anyagai, a kiválasztásuk általános módszertana, az alkalmazott szabványok, a fémes, nemfémes, beton szerkezeti anyagok. Általános bemutatásra kerülnek a tervezéshez szükséges legfontosabb fizikai-, kémiai-, korróziós-, mechanikai-, valamint egyéb anyagtulajdonságok, továbbá az öregedéssel és degradációval kapcsolatos jellemzők. Általános bemutatásra kerülnek a szerkezeti anyagokkal kapcsolatos gyártási és ellenőrzési folyamatok, a hegesztés, hőkezelés, anyagvizsgálat és a kapcsolódó tanúsítások.

## Karbantartás, tesztelés, vizsgálatok és öregedéskezelés

A blokkok tervezésének jelenlegi fázisában bemutatásra kerülnek az alkalmazandó karbantartási stratégiai elemek, melyek alapvetően a megelőző karbantartás és a javító karbantartás. A megelőző karbantartás időalapú és állapotfüggő karbantartásból áll. Minden rendszerelem, függetlenül a biztonsági osztályba sorolástól, egy megbízhatóság központú karbantartási (RCM) elemzésen megy keresztül a következő fázisban, és annak eredményeként kerül egy adott karbantartási stratégiai elem részévé.

Leírásra kerültek az általános tesztelési és vizsgálati módszerek is, listázva a jelen fázisban előzetesen kalkulált teszteket. Ezek véglegesítésére szintén az RCM elemzés alapján kerül sor.

Bemutatásra kerülnek a folyamatos és időszakos monitoringrendszerek is, melyeknek részben az állapotfüggő karbantartás során lesz szerepük.

Előzetesen kidolgozásra került egy öregedéskezelési metodika a passzív rendszerelemek vonatkozásában. Ez tartalmazza azokat a degradációkat, amelyek várhatóan az egyes elemeket érik a különböző üzemállapotokban, és azokat a jelenségeket, melyeket ezek a degradációk okozhatnak. Az alfejezet meghatározza azokat az alap tervezési elveket, melyeket ezen jelenségek elkerülése megkíván. Mindemellett a dokumentum kitekint a következő fázisok – gyártás, szerelés, üzemeltetés – öregedéskezelési követelményeire is.

## Villamos rendszerek, rendszerelemek

Az alfejezet összefoglalóan bemutatja az erőmű villamos háziüzemi rendszerének felépítését, működését. Ezen kívül a villamos háziüzemi rendszerrel szemben támasztott, a Nukleáris Biztonsági Szabályzatokban meghatározott követelmények és az azoknak való megfelelés bemutatása is megtalálható az alfejezetben. Az egyes villamos rendszerekre vonatkozó további részletes leírások a 8. fejezetben találhatók.

## Irányítástechnikai rendszerek, rendszerelemek

A fejezetben megtalálhatóak az általános irányítástechnikai tervezési alapelvek, többek között, mélységben tagolt védelem, ember-gép kapcsolat, egyszeres hibatűrés, redundancia, diverzitás, elszeparálás, tesztelhetőség és computerbiztonsági alapelvek. Ezen tervezési alapelveket követve készültek a 7. fejezet rendszerleíró fejezetei.

## Épületek és épületszerkezetek

A fejezetben megtalálhatóak az általános építészeti tervezési alapelvek, amelyek elsősorban a hazai előírásokon alapulnak. Továbbiakban megismerhetők még az alapozáshoz kapcsolódó, a konténmenttel (azaz az atomreaktort és annak közvetlenül kapcsolódó rendszereit magába záró nyomásálló, kéthéjú vasbeton épületszerkezet) kapcsolatos és a konténment körüli építményekre vonatkozó specifikus információk és tervezési alapelvek.

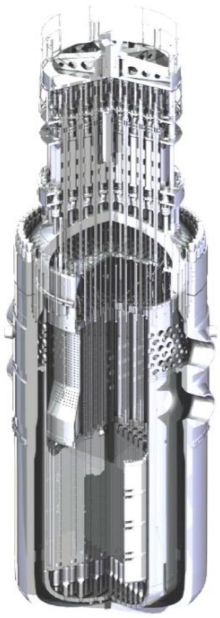
# 4. FEJEZET – A REAKTOR

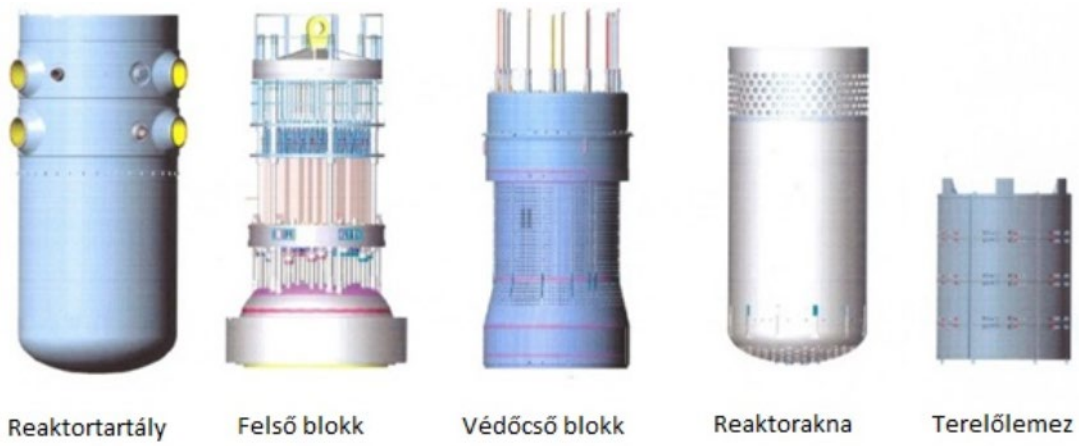
## Általános ismertető

Az atomerőműben a hőtermelő egység a reaktor aktív zónája, amelyben a nukleáris láncreakció végbemegy. A folyamat lényege, hogy a nehéz urán atommagok elhasításával energia szabadul fel. A hasításhoz neutronokat használunk, amelyek a hasadás során keletkeznek. Ezt a hőt el kell szállítani a keletkezés helyéről, amihez a víz adja a közvetítő közeget. Fontos eleme még a folyamatnak a szabályozás, amit neutronelnyelő rudak mozgatásával és szintén neutronelnyelő tulajdonsággal bíró bórsav vízben oldásával lehet megvalósítani.

Az energiaforrásul szolgáló urán tartalmú üzemanyag, a szabályozásban részt vevő rudak és a keletkező energia elszállítására átáramoltatott víz együttesének konstrukciós megoldását mutatja be a 4. fejezet. A modern kor egy tudományos vívmányának mondható, hogy az atommagokban rejlő hatalmas energia a lakosság szolgálatába állítható. Az üzemanyagot tartalmazó fűtőelemek, az azokat magukban foglaló fűtőelemkötegek, valamint a fűtőelemkötegeket tartó belső szerkezeti elemek ismertetése ebben a fejezetben valósul meg. A konstrukció elemeinek bemutatásán túl a zóna neutronfizikai és termohidraulikai jellemzőit is értékelik, demonstrálva a tervek megfelelőségét.

Bemutatásra kerül az aktív zónát magába foglaló reaktortartály és belső szerkezeti elemei, melyek biztosítják a fűtőelemkötegekből felépülő aktív zóna elhelyezését és irányítják a hűtőközeg reaktortartályon belüli áramlását. Erről az 5. fejezet részletesebben is beszámol.






*A reaktor*

## Az üzemanyagrendszer

Az üzemanyagrendszer biztonságos működésének demonstrálása szintén a fejezet egyik fontos célja. Az üzemanyagrendszer magába foglalja a fűtőelemkötegeket, a fűtőelemköteget alkotó fűtőelempálcát és az abszorberrudakat és ezek szerkezeti elemeit.

A fűtőelempálcák üzemanyag-pasztillákból és burkolatból állnak. A pálcák kétféle pasztillát tartalmaznak. Az egyik típus az urán-dioxid pasztilla, míg a másik az urán-dioxid és gadolínium keverékét tartalmazó pasztilla. A fűtőelempálcák szabályos hatszög alakú fűtőelemkötegekben helyezkednek el. A fűtőelemeken kívül vannak úgynevezett abszorberrudak is. Az abszorberek feladata a hasadási láncreakció szabályozása. Ezek anyaga jó neutronelnyelő tulajdonságú bórkarbid és diszprózium-titanát.

Az aktív zóna biztonságát az úgynevezett fizikai gátak épsége biztosítja. A fizikai gátak korlátozzák az üzemanyagból a hasadási termékek kikerülését. Ilyen gátak az üzemanyagmátrix

(pasztilla), a fűtőelempálca burkolata, a fővízkör határa és a konténment. Az üzemanyagrendszerhez az első két gát tartozik.

A fejezet bemutatja, hogy a fűtőelemkötegek, az aktív zóna és azok elemei megfelelnek a Nukleáris Biztonsági Szabályzatokban előírt követelményeknek. Az üzemanyagrendszer tervezése validált és verifikált tervezőeszközökkel, szoftverkódokkal történt. Az üzemanyagrendszerben alkalmazott szerkezeti anyagok tulajdonságait kísérleti reaktorban vizsgálták, az ott elvégzett tesztekkel alapozták meg, ezen túlmenően a VVER reaktorok több évtizedes üzemeltetési tapasztalatait is felhasználták a tervezés során.

## Nukleáris jellemzők

Az aktív zónába adott elrendezés szerint elhelyezett fűtőelemkötegeket együttesen üzemanyagtöltetnek hívjuk. A fűtőelemkötegek következő átrendezéséig – a kiégett fűtőelemkötegek eltávolítása és friss fűtőelemkötegek aktív zónába helyezéséig – terjedő időszak a blokk kampánya. A kampány során az aktív zóna izotóp-összetétele módosul, ezáltal viselkedése is folyamatosan változik. Az aktív zóna adott üzemanyagtöltetének egy adott kampányra vonatkozó nukleáris jellemzőit és teljesítményeloszlását, valamint időbeli változását a töltettervezés során számításba kell venni.

Az üzemanyagtöltetek neutronfizikai jellemzőinek különböző szempontoknak kell megfelelniük. Számításba kell venni a reaktortartály és belső szerkezeti elemei terhelhetőségét, de az aktív zónában végbemenő csatolt neutronfizikai, termohidraulikai és üzemanyag-viselkedési folyamatok szabályozhatóságát is.

Az aktív zónában és a reaktorban az üzemeltetés során fellépő hatásokat elemzésekkel vizsgálják, amelynek célja a reaktorfizikai keretparaméterek, azaz az elemzések eredményeit érdemileg meghatározó mennyiségek minimális és/vagy maximális kezdeti értékeinek meghatározása. A reaktorfizikai keretparaméterek meghatározásának a célja az, hogy ne kelljen minden kampány előtt megismételni a számításokat, hanem azok a jövőbeli kampányok egy egész sorozatára érvényesek maradjanak. Az adott kampány előtt, az új, átrendezett aktív zóna reaktorfizikai keretparamétereknek való megfelelőségét a zónatervezési számítások során ellenőrzik.

A fentiekkel tehát nemcsak azokra a töltetekre látjuk be, hogy megfelelőek az üzemelés szempontjából, amelyek az atomerőmű üzemidejének kezdetén betöltésre fognak kerülni, hanem azokat a határokat is kijelöljük, amely betartása mellett az üzemanyag nagy szabadsági fokkal felhasználható.

## Termohidraulika

Az urán 235-ös tömegszámú atommagjának hasadásakor felszabaduló energia az üzemanyagmátrixot melegíti. Az üzemanyagból ez az energia hővezetés útján jut el az üzemanyagot magába záró burkolatba. A burkolatból pedig hőátadással kerül a fűtőelemet körülvevő hűtőközegbe. A hűtőközeg – jelen esetben víz – szállítja el az üzemanyagban felszabadult hőenergiát a reaktorból a gőzfejlesztőbe, ahol a hőenergia a gőzfejlesztő szekunder terében gőzt fejleszt. A reaktoron átáramló víz keringtetéséről négy nagy teljesítményű szivattyú gondoskodik. A reaktor, a gőzfejlesztő, valamint az őket összekötő csőhálózat alkotja

a fővízkört. A fővízkörben áramló víz nagy nyomás alatt van, így annak ellenére, hogy több mint 300 ºC-ra melegszik, nem forr fel.

Az alfejezet a reaktor termohidraulikai, azaz hő- és áramlástani leírását tartalmazza a reaktor normál üzemeltetési állapotára. Bemutatja, hogy a reaktor biztonságosan és megbízhatóan hűthető, azaz az üzemanyagot tartalmazó fűtőelemkötegek nem sérülnek meg, belőlük radioaktív anyag nem jut ki. Az alfejezet ismerteti, hogy a hő a reaktorból biztonságosan elvihető és átadható a szekunder körnek normálüzemi körülmények között.

### Reaktivitás szabályozás

Az alfejezetben bemutatásra kerül a reaktivitás szabályzás. Az atomreaktorok tervezésének alapja a három alapvető biztonsági funkció biztosítása:

a) a reaktivitás szabályozása
b) hőeltávolítás a besugárzott fűtőelemekből
c) a radioaktív anyagok visszatartása

A reaktivitás szabályzási funkció biztosítja a reaktorban a szabályozott láncreakciót és a reaktor teljesítményének felügyelet alatt tartását. A VVER-1200 reaktor aktív zónájának reaktivitás szabályzását alapvetően két diverz – azaz különböző működési elven alapuló – módszerrel lehet végrehajtani. Az aktív zóna felett elhelyezett, neutronelnyelő anyagokat (bór és diszprózium) tartalmazó abszorber-rudak aktív zónába eresztésével, valamint bórsav tömény oldat formájában a hűtőközegbe történő juttatásával. Az előbbi funkciókat ellátó rendszerekkel a reaktor hatékonyan szabályozható és biztonságosan leállítható.

A reaktivitás szabályzás fontos része továbbá a reaktivitás visszacsatolások felhasználása (hűtőközeg-, moderátor-, üzemanyag-hőmérsékleti visszacsatolások), melyek a reaktor kialakításától és a zóna összetételétől függő paraméterek. A VVER-1200 reaktor inherensen biztonságos, ami azt jelenti, hogy a felsorolt visszacsatolások a biztonság irányába hatnak, azaz teljesítménynövekedésre negatívan (a növekedés ütemét csökkentően) hatnak vissza.

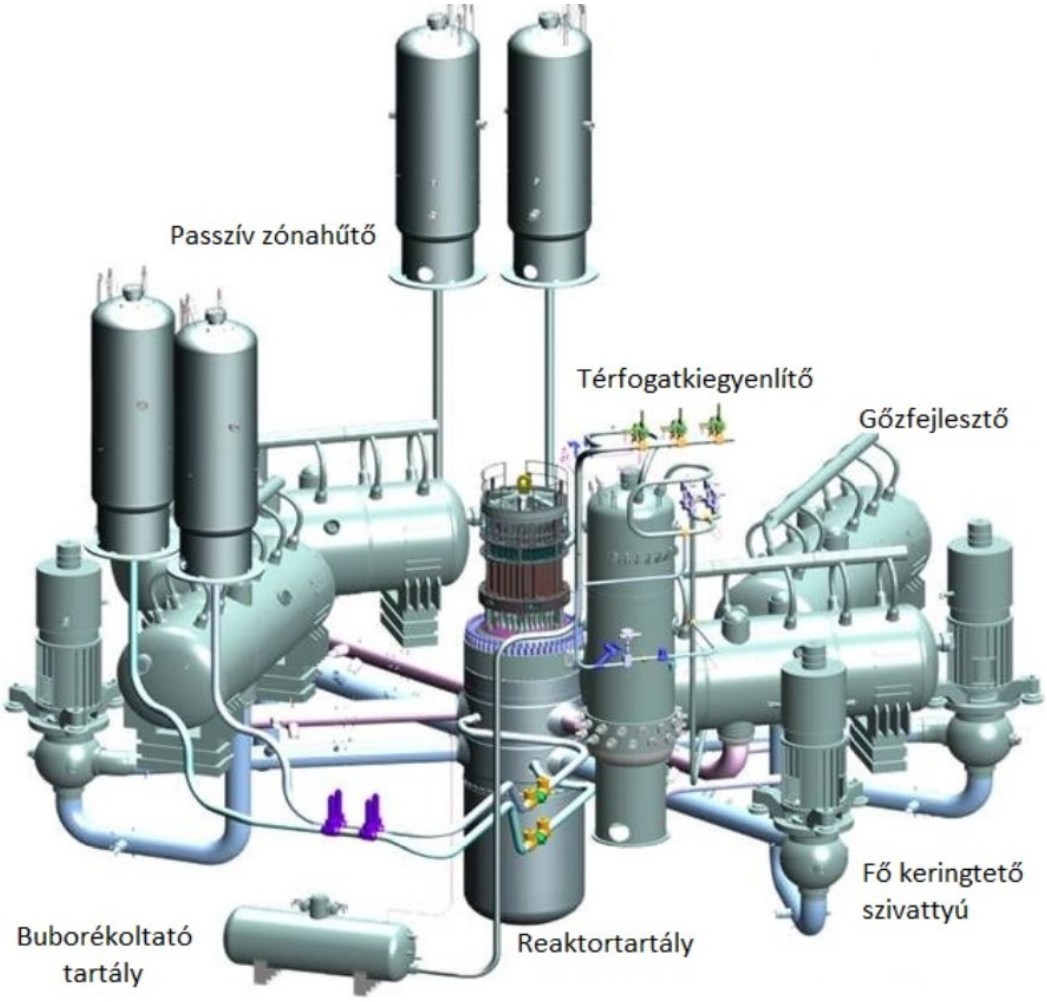
Az alfejezet bemutatja továbbá a reaktivitás szabályozásban részt vevő rendszereket, azok tervezési alapját, jellemzőit és működését.

## 5. FEJEZET – A FŐVÍZKÖR ÉS KAPCSOLÓDÓ RENDSZEREI

A fővízkör legfőbb feladata a reaktorban végbemenő maghasadásból származó hő elszállítása és átadása a szekunder körbe, az üzemi nyomás és hőmérsékleti viszonyok fenntartása, valamint annak megakadályozása, hogy a hőhordozó kijusson a konténmentbe. A VVER-1200 esetében a fővízkör a következő fő berendezéseket foglalja magában:

- reaktor
- 4 keringtetőkör, ún. hurok
- 4 gőzfejlesztő
- 4 fő keringtetőszivattyú
- a hurok berendezéseit a reaktorral összekötő csővezeték

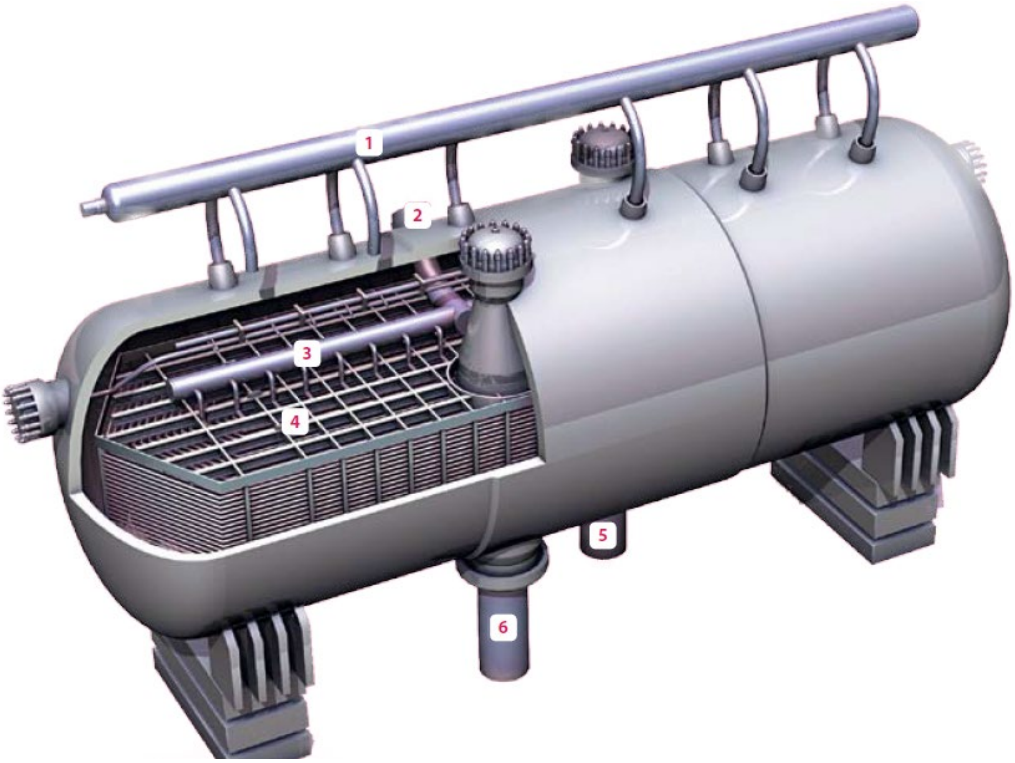
- térfogatkiegyenlítő rendszer
- az aktív zóna reaktivitás szabályozását végző szabályozó rudak




*A fővízkör és kapcsolódó rendszerei*

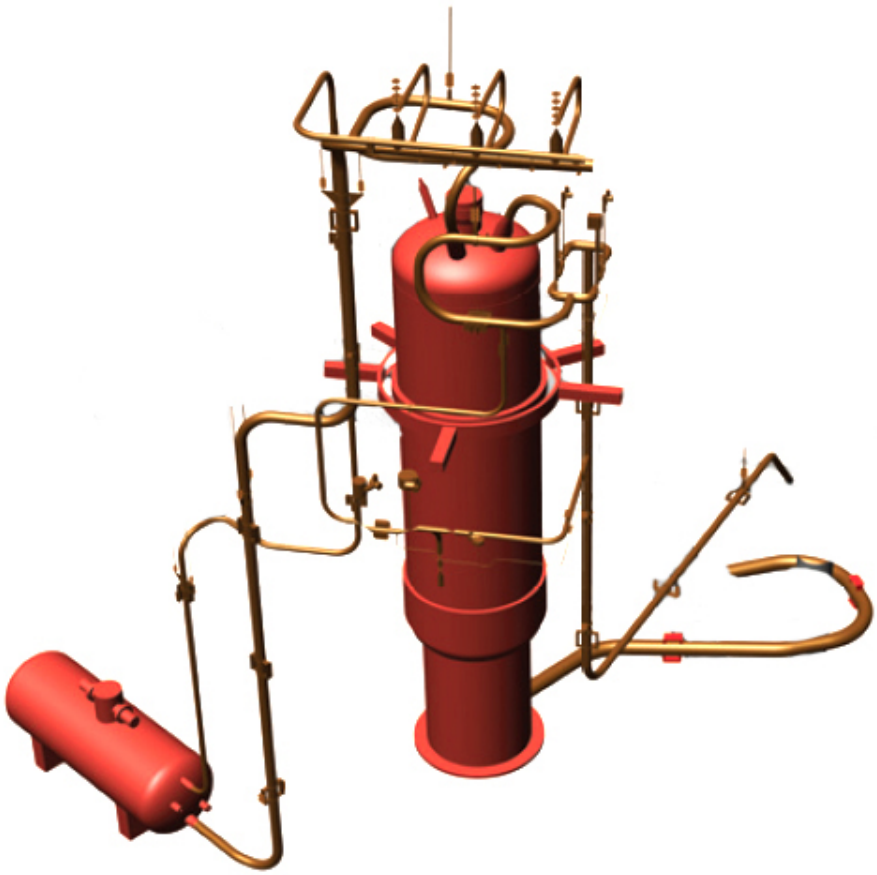
A reaktor a hideg- és melegági csővezetékeken keresztül hurkonként egy-egy vízszintes elrendezésű gőzfejlesztő primer oldalához csatlakozik, ahol 10858 db vízszintes csőben adja át a reaktorból szállított hőt a szekunder oldali hűtőközegnek. A gőzfejlesztő szekunder oldalára betáplált hűtővíz felmelegszik és gőz képződik, majd a magas hőmérsékletű és nyomású gőz gőzkollektoron távozik a turbinák felé. A blokk üzeme mellett gőzfejlesztőnként óránként 1600 tonna gőz távozik.

A gőzfejlesztő




1. Gőzfejlesztő gőzkollektor
2. Tápvízmegtáplálás
3. Tápvízelosztó kollektor
4. Hőátadócsövek
5. Melegági kollektor
6. Hidegági kollektor

A fővízkör fontos eleme egy 55 $m^3$-es nyomásszabályozó berendezés, az ún. térfogatkiegyenlítő, amely a fővízköri nyomás szabályozásának elengedhetetlen eszköze a nyomottvizes reaktorokban.

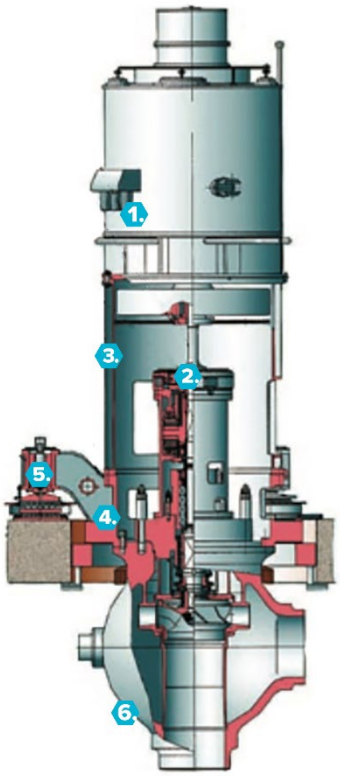


*Térfogatkiegyenlítő*

A négy hurokban a hőhordozó áramoltatását egy-egy fő keringtetőszivattyú biztosítja. A VVER-1200 fő keringtetőszivattyúinak működtetéséhez nincs szükség olajra, kenésük és hűtésük vízzel biztosított.

A fő keringtetőszivattyú

1. elektromotor
2. szivattyútengely-átvezetés
3. felső betét
4. alsó betét
5. alátámasztás
6. szivattyútest




A VVER-1200 blokkokban a fővízkör egy kettősfalú védőépületen (konténmenten) belül helyezkedik el. A fővízkör berendezései és csővezetékei a belső veszélyek által okozott károsodások minimalizálása, illetve megelőzése érdekében fizikailag egymástól elkülönítettek.

A fővízkört alkotó berendezéseket normálüzemi körülmények közötti működésre tervezték, beleértve a különböző teljesítményszinteket, terhelésváltozásokat, üzemanyag-átrakásokat, karbantartási leállásokat, valamint a rendszer és a berendezések teszteléséhez kapcsolódó tranzienseket.

Rendellenes vagy üzemzavari helyzetben a rendszer a szabályozórudak közreműködésével – a kialakult helyzet súlyosságától függően – korlátozza vagy teljesen leállítja a reaktor működését.

A fővízkör által betöltött alapvető biztonsági funkciók:

- az aktív zóna reaktivitásának szabályozása
- hőelvonás a nukleáris üzemanyagokból
- a radioaktív anyagok lokalizálása

A fővízkör által betöltött nem biztonsági funkciók:

- a reaktorberendezés indítása, felfűtése
- folyamatos üzemelés adott teljesítményszinten, teljesítményváltoztatáshoz szükséges tranziensek kezelése
- a reaktorberendezés leállítása javítási vagy üzemanyag-átrakási célból

### A fővízkörhöz csatlakozó üzemi rendszerek

Az alfejezetben kerülnek részletes bemutatásra a fővízkört alkotó berendezések, mint a reaktor és szerkezeti elemei, a fő keringtetőszivattyú, a gőzfejlesztő, a fővízköri csővezeték, a térfogat- és nyomástartó rendszer mellett azok a segédrendszerek is, amelyek a fővízkörhöz kapcsolódva szükségesek annak üzemeléséhez.

Ezek közül a legfontosabbak:

- pótvíz és bóros szabályozás rendszerei
- lehűtőrendszer
- fővízköri víztisztító rendszer
- primer köri szervezett szivárgások rendszere

A pótvíz- és bóros szabályozás rendszer feladata a fővízköri hűtővízmérleg egyensúlyban tartása a fővízkör minden üzemállapotában, a szükséges bórsav-koncentráció fenntartása és változtatása, valamint a hűtőközeg előírt vízkémiai paramétereinek szabályozása.

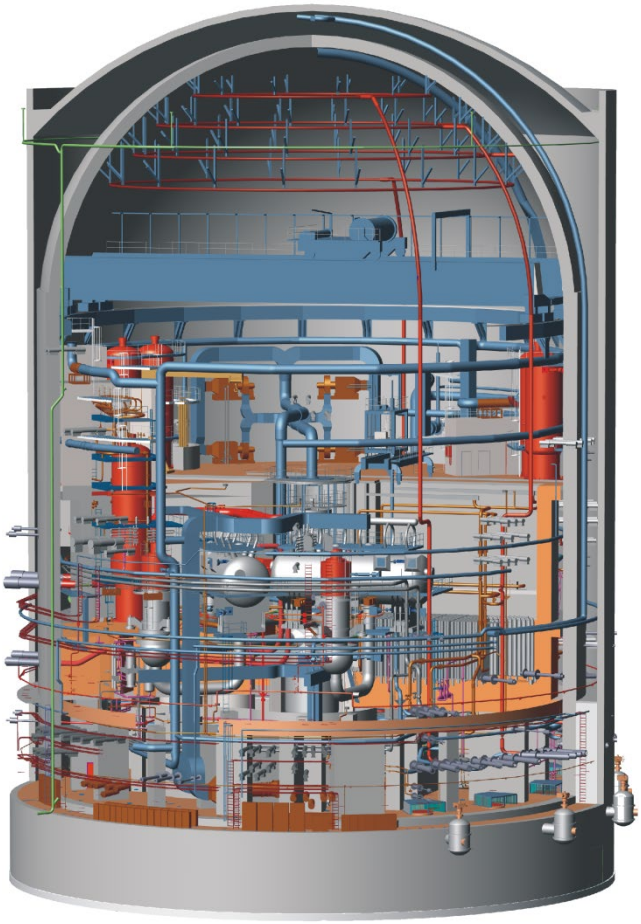
A lehűtőrendszer fő feladata a reaktorblokk lehűtése, az aktív zónában keletkező maradványhő elszállítása a blokk leállítása során.

A fővízköri víztisztító rendszer a fővízköri hűtőközegből vonja ki az oldott adalékanyagokat, valamint korróziós és hasadási termékeket, ezzel biztosítva a hűtőközeg tisztaságát.

A primer köri szervezett szivárgások rendszerének feladata folyamatosan ellenőrizni a fontosabb berendezések osztósík tömítéseinek épségét, a biztonság szempontjából kiemelten fontos szelepek tömörségét. Az ezekből származó szivárgások és ürítések összegyűjtése, majd ezek elvezetése egy ellenőrzőtartályba, ahonnan az összegyűjtött csurgalékvíz ismét felhasználásra kerül.

## 6. FEJEZET – BIZTONSÁGI RENDSZEREK

A VVER-1200 blokkokban a reaktort is magában foglaló fővízkör egy kettősfalú beton védőépületen (konténmenten) belül helyezkedik el. Az 50 méter átmérőjű külső konténment védi a berendezéseket a külső veszélyekkel szemben, a belső konténment egy 44 m belső átmérőjű, hengeres alapterületű épület, amelyet felül egy kupola zár le. A hengeres rész magassága 44,6 m. A fal vastagsága a hengeres részen 1,2 m, míg a felső kupola 1 m vastagságú. Az előfeszített betonból készített falakat belülről 6 mm vastag acél burkolat fedi.



*Kettősfalú konténment*

A belső konténment hermetikusan elzárja a környezettől a radioaktív anyagokat tartalmazó primer kört, a külső és belső fal közötti légtérből folyamatos légelszívás történik szűrőkön keresztül. A konténmentbe vezető ajtók zsilipszerűen működnek és hermetikusan záródnak.

A konténmenten kívül, a biztonsági épületben kaptak helyet azok a biztonsági rendszerek, amelyek bizonyos üzemzavarok esetén lépnek működésbe, és elsődleges feladatuk a reaktor aktív zónájának hűtése. A VVER-1200 típusú blokkokba több aktív, működéséhez villamos betáplálást igénylő biztonsági rendszert terveztek be. Ezeknek a rendszereknek a többsége négy, egymástól fizikailag elkülönített, független rendszerággal rendelkezik. Kiemelendő, hogy a legtöbb esetben a négy rendszerág közül már egy is képes a rendszer védelmi funkciójának teljes körű ellátására.

A fontosabb aktív biztonsági rendszerek:

- nagynyomású biztonsági befecskendező rendszer
- kisnyomású biztonsági befecskendező rendszer
- bórosvíz tároló rendszer
- üzemzavari tápvízrendszer
- üzemzavari bórbefecskendező rendszer
- üzemzavari gázeltávolító rendszer
- sprinkler rendszer
- üzemzavari nyomáscsökkentő rendszer
- üzemzavari lehűtőrendszer

Az aktív biztonsági rendszerek villamos betáplálása üzemzavar során dízelgenerátorok által biztosított, ezekből ugyancsak négy áll rendelkezésre, minden rendszerághoz kapcsolódik egy.

Az aktív rendszerek mellett a VVER-1200 több passzív biztonsági rendszert is tartalmaz. Ezek közös jellemzője, hogy működésükhöz nem igényelnek emberi beavatkozást és külső energiaforrást, funkciójuk teljesítését egyszerű fizikai folyamatok biztosítják. Ezek az aktív biztonsági rendszerek meghibásodása esetén, azok helyébe lépve biztosítják az aktív zóna hűtését, illetve a konténment integritását. Az aktív zóna maradványhőjének elszállítása a passzív üzemzavari zónahűtő rendszer feladata. A rendszer 4 hidroakkumulátorában tárolt bóros víz a fölötte elhelyezkedő nitrogénpárna nyomása és a gravitáció hatására beáramlik a reaktorba, amint annak nyomása kisebb lesz, mint a hidroakkumulátorokban.

A fontosabb passzív biztonsági rendszerek:

- passzív üzemzavari zónahűtő rendszer
- gőzfejlesztők passzív hőelvonó rendszere
- konténment passzív hőelvonó rendszere
- konténment hidrogéneltávolító rendszere
- zónaolvadék-lokalizáló rendszer

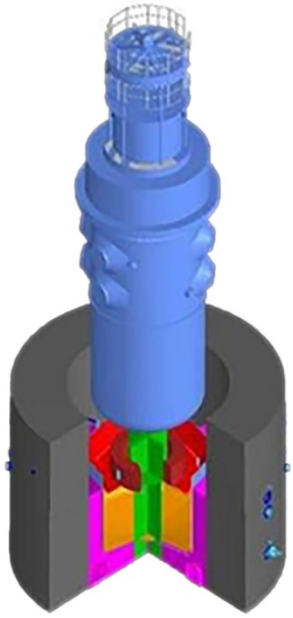
A maradványhő elvitelére két olyan passzív rendszer is rendelkezésre áll, amelyeket súlyos balesetek kezelésére terveztek. Az egyik a gőzfejlesztőkből, a másik a konténmentből szállítja el a hőt, működésük során természetes cirkuláció biztosítja az áramlást. A gőzfejlesztők passzív hűtésére az aktív hűtőrendszerek üzemképtelensége esetén lehet szükség. Ha a konténment légterének hűtésére tervezett aktív sprinkler (szórt vizes) rendszer nem működik, akkor a passzív hőelvitel gondoskodik arról, hogy a védőépület belső nyomása ne érje el azt az értéket, ami az épület épségét veszélyeztethetné.

Ezek a passzív rendszerek bizonyítottan legalább 72 órán keresztül képesek minden külső beavatkozás nélkül is megakadályozni a zónasérülést.

Egy esetleges zónasérülést követően, a cirkónium–vízgőz reakció következtében keletkező hidrogén veszélyeztetheti a konténment épségét. A VVER-1200 atomerőműben a belső konténmentben elhelyezett passzív autokatalitikus rekombinátorok akadályozzák meg a robbanásveszélyes állapot kialakulását.

A zónaolvadás következményeinek csökkentésére tervezték a zónaolvadék-lokalizáló rendszert. Ez egy olyan speciális tartály, amely a reaktortartály alatt helyezkedik el és

amennyiben az aktív zóna sérülése, majd megolvadása után a reaktortartály is megsérülne, akkor a zónaolvadék ebbe az ún. olvadékcsapdába jut. A tartályban alumínium- és vas-oxid tartalmú olvadó töltet van, ami alkalmas arra, hogy a zónaolvadékkal elkeveredjen. Ennek eredményeként az olvadék anyagi jellemzői megváltoznak, az olvadék felhígul, csökken az egységnyi térfogatban fejlődő maradványhő. Az olvadótöltetbe gadolíniumot is adagolnak, ami elnyeli a neutronokat és ezzel biztosítja az olvadék szubkritikusságát. Az olvadékcsapda acéltartályát kívülről vízzel hűtik. Ezzel az ún. száraz csapda megoldással megakadályozható, hogy az olvadék az alaplemez betonjával kölcsönhatásba lépjen. Az olvadékcsapda alkalmazásával csökkenthető a hidrogénfejlődés és a radioaktív hasadási termékek kikerülése a zónatörmelékből.



*Reaktor és olvadékcsapda*

# 7. FEJEZET – IRÁNYÍTÁSTECHNIKA

Az irányítástechnika ismertetése a 7. fejezetben található, de szorosan ide kapcsolódik a 3. fejezet is. A 3. fejezet egyik alfejezete ugyanis az irányítástechnika tervezési alapelveit foglalja össze szinte katalógus formájában. Ez lehetőséget ad arra, hogy a 7. fejezet rendszerleíró részeiben az éppen alkalmazott tervezési alapelv a 3. fejezetből – ahol annak részletei bemutatásra kerülnek – kerüljön behívásra.

## A rendszer felépítése, funkcionális elosztás

Ez az alfejezet mutatja be az átfogó architektúrát, az egyes irányítástechnikai alrendszerek biztonsági osztályainak összefoglalását, valamint az irányítástechnikai funkciók és az egyes irányítástechnikai alrendszerek összerendelését.

Ez a rész tartalmazza az alrendszerekben alkalmazott típusmegoldások összefoglaló bemutatását is az alábbi bontásban:

- méréstechnikai típusmegoldások
- típusmegoldások hajtásvezérlésre
- típusmegoldások berendezésvédelemre
- külső és belső interfészek kialakítása típusmegoldások jelzésekre
- típusmegoldások az irányítástechnikai rendszerek villamosenergia-ellátására, földelésére és elektromágneses zavar elleni védelem

### Biztonsági irányítástechnikai rendszerek

Az alfejezet az irányítástechnikai rendszerek esetében a legmagasabb, 2. biztonsági osztályba sorolt alrendszereket mutatja be az alábbi bontásban:

- reaktorvédelmi rendszer
- reaktorvédelmi megszakítók
- prioritásképző
- neutronfluxus-ellenőrző rendszer
- szeizmikus védelmi rendszer
- biztonsági villamosenergiaellátó-rendszer
- dízelgenerátorok irányítástechnikai rendszere
- frissüzemanyag-tároló létesítmény szállítórendszerének irányítástechnikai rendszere

### Biztonsággal kapcsolatos irányítástechnikai rendszerek

Az alfejezet a 3. biztonsági osztályba sorolt irányítástechnikai rendszereket mutatja be az alábbi bontásban:

- Reaktorteljesítmény-korlátozó rendszer
- Szabályzórúd-hajtások vezérlőrendszere
- Biztonság szempontjából fontos folyamatirányító rendszer
- In-core mérések rendszere
- Szeizmikus mérőrendszer
- Diverz védelmi rendszer
- Súlyosbaleset-kezelő rendszer
- Reaktortartály szintjelző rendszere
- Primer köri integrált diagnosztikai rendszer
- Primer köri szivárgásérzékelő rendszer
- Bórsavkoncentráció-ellenőrző rendszer
- Hidrogénellenőrző rendszer
- Tűzvédelmi irányítástechnikai rendszer
- Üzemanyag-szállító rendszer irányítástechnikai rendszere
- Személyzeti zsilip irányítástechnikai rendszere
- Reaktorcsarnoki daru irányítástechnikai rendszere
- Beemelő állványzati daru irányítástechnikai rendszere
- Biztonsági vonatkozású fogyasztókat ellátó létfontos villamosenergiaellátó-rendszer dízelgenerátorának irányítástechnikai rendszere
- Teljes feszültségvesztés esetén használandó villamosenergiaellátó-rendszer dízelgenerátorának irányítástechnikai rendszere

- Súlyos baleset kezelése során használandó villamosenergiaellátó-rendszer dízelgenerátorának irányítástechnikai rendszere
- Biztonság szempontjából fontos fűtő-, szellőző- és légkondicionáló rendszerek irányítástechnikai rendszere
- Átrakógép irányítástechnikai rendszere
- Szabadtéri átrakóállomási daru irányítástechnikai rendszere
- Friss- és kiégettüzemanyag-tároló, valamint a radioaktívhulladék-tároló elektromos daruinak irányítástechnikai rendszere

## A biztonság szempontjából nem fontos irányítástechnikai rendszerek

Az alfejezet a biztonság szempontjából nem fontos rendszereket mutatja be. Ezek a rendszerek ugyan nem engedélykötelesek, de annak igazolása, hogy nincsenek negatív hatással a magasabb biztonsági osztályba sorolt rendszerek tervezett működésére, mégis szükséges. Az alfejezet ezeket a rendszereket az alábbi bontásban ismerteti:

- Reaktorteljesítmény-szabályzó rendszer
- Nem biztonsági folyamatirányító rendszer
- Turbina irányítástechnikai rendszer
- Blokki villamos irányítástechnikai rendszer
- Reaktor rezgésellenőrző rendszer
- Idegentest-ellenőrző rendszer
- Anyagfáradás-ellenőrző rendszer
- Forgógép-rezgésdiagnosztikai rendszer
- Vízkémiai irányítástechnikai rendszer
- Generátor segédüzemi irányítástechnikai rendszer
- A turbinaépület, a friss- és kiégettüzemanyag-tároló, valamint a radioaktívhulladék-tároló elektromos daruinak irányítástechnikai rendszere
- Szilárdradioaktívhulladék-kezelő és -tároló irányítástechnikai rendszere
- Sérültüzemanyag-ellenőrző rendszer
- Üzemanyag-vizsgáló és -javító próbapad irányítástechnikai rendszere
- Turbina-felügyeleti rendszer

Az alfejezet azt igazolja, hogy a nem biztonsági rendszereknek nincs a biztonságot csökkentő hatása a biztonsági rendszerekre.

## Felügyeleti rendszerek

Az alfejezet a felügyeleti rendszereket mutatja be az alábbi bontásban:

- Blokki felügyeleti rendszer
- Mozaik panelek és pultok
- Nagyképernyő
- Operátori támogató rendszer

### Szakaszvezérlőhelyek

Az alfejezet az erőmű különböző vezénylőit mutatja be az alábbi bontásban:

- blokkvezénylő
- tartalékvezénylő
- műszaki támogató helyiség
- helyi kezelőfelületek

## 8. FEJEZET – A VILLAMOSENERGIA-ELLÁTÁS RENDSZEREI

A fejezetben részletesen bemutatásra kerülnek az erőmű villamos berendezései. A berendezések két nagy csoportba oszthatók: normál működéshez szükséges berendezések és üzemzavarok következményeinek csökkentésére szolgáló berendezések.

A normálüzemi berendezések biztosítják az erőmű normál működéséhez szükséges fogyasztók (pl.: szivattyúk, speciális erőművi berendezések, számítógépek, világítás stb.) áramellátását és a megtermelt áram hálózatba juttatását.

Az üzemzavarok kezelésére szolgáló (biztonsági) villamos berendezések célja azon fogyasztók (pl.: üzemzavari szivattyúk) áramellátása, amelyek ahhoz szükségesek, hogy az atomerőmű üzemzavarok esetén is biztonságosan leállítható legyen. Ezen biztonsági áramellátó berendezések közé tartoznak például a dízelgenerátorok és az akkumulátorok, amelyek lehetővé teszik, hogy üzemzavarok esetén a szükséges fogyasztók a külső, országos hálózat nélkül is működni tudjanak. Egyfajta biztonsági berendezésből több is betervezésre került, amelyek egymástól teljesen elválasztva épülnek majd meg. Így biztosítható, hogy akár több biztonsági berendezés működésképtelensége esetén egy másik, hasonló berendezés ellássa energiával a szükséges fogyasztókat. A legfontosabb technológiai berendezéseknek összesen 10 db dízelgenerátor került betervezésre erőművi blokkonként. Ezen berendezésekre az általános ipari gyakorlatnál sokkal szigorúbb műszaki és minőségi követelmények teljesítését írtuk elő. Ilyenek például a jelentős mértékű biztonsági tartalékok, robusztusság (pl.: időjárás- és földrengésállóság), a speciális, nukleáris iparban elfogadott nemzetközi előírások és szabványok által meghatározott többletkövetelmények (például csak olyan, nemzetközi atomerőműves tapasztalattal, speciális minősítésekkel rendelkező beszállítók termékei kerülnek majd beszerzésre, amelyek a nukleáris ipar elismert szereplői). Ezen követelményekkel biztosítjuk, hogy a nagyon ritkán előforduló üzemzavarok esetén is megbízható áramellátást kapjanak a szükséges fogyasztók.

A kábelek kiemelten fontosak az áramellátás szempontjából, mert ezek meghibásodása esetén a berendezések is működésképtelenné válnak. A kábelhibák elkerülésére ezért a berendezésekhez hasonló szigorú követelmények vonatkoznak rájuk is. A fejezet külön bemutatja a berendezéseket összekötő kábeleket, és azok biztonságos elrendezésére vonatkozó speciális szabályokat. A kábelek között szintén megkülönböztetünk normál, állandó működéshez és üzemzavarok kezelésére szolgálókat.

Ezen felül a fejezet bemutatja a teljes erőmű villám- és túlfeszültségvédelmét, amelyek szintén az általános ipari gyakorlatnál szigorúbb műszaki és minőségi követelmények szerint készülnek

majd el. Ezen villám- és túlfeszültségvédelmi berendezések azt a célt szolgálják, hogy a légköri és egyéb eredetű túlfeszültségek, illetve elektromágneses zavarok ne tehessenek kárt a berendezésekben.

# 9. FEJEZET – SEGÉDRENDSZEREK ÉS ÉPÍTMÉNYEK

## 9.A.1.FEJEZET – NUKLEÁRISÜZEMANYAG-TÁROLÁS ÉS -KEZELÉS

A rendszer rendeltetése a kiégett fűtőelemkötegek és az SZBV (szabályozó és biztonságvédelmi) rendszer abszorber-rúdjainak kicserélése újakkal.

A nukleárisüzemanyag-átrakó rendszer az alábbi funkciókat teljesíti normálüzemi működési állapotban:

- friss fűtőelemköteg és az abszorber berakása a reaktorba vagy a pihentetőmedencébe, az átrakó aknába elhelyezett szállítókonténerből
- hermetikus tokok szállítása és berakása (az inhermetikus üzemanyagpálcák számára biztosított tokok) a pihentetőmedencébe az átrakóaknába beépített hermetikus tokból
- a friss fűtőelemköteg és az abszorber kirakása a reaktorból a pihentetőmedencébe
- a fűtőelemköteg és SZBV abszorber átrakása a reaktorzónában
- friss fűtőelemköteg, SZBV abszorber betöltése a reaktorba a pihentetőmedencéből
- a kiégett fűtőelemköteg inhermetikusság ellenőrzése átrakás alatt, először a kazetta átrakó gép oszlopában, majd pedig a hibás fűtőelemköteg ellenőrző rendszerben
- szivárgó fűtőelemköteg javítása az üzemanyag-vizsgáló és -javító berendezésben
- a kiégett fűtőelemköteg átrakása a pihentetőmedencéből a szállítótokba

### Pihentetőmedence szivárgásellenőrző rendszere

A rendszer rendeltetése a pihentetőmedence, az átrakómedence és a reaktortartály belső szerkezeti elemek ellenőrzésére szolgáló akna burkolatának tömörségellenőrzése. A rendszer észleli a szivárgásokat, ellenőrzi azok mennyiségét és a burkolat alá jutott vizet eltávolítja a víztisztító rendszer felé.

### Kazetta inhermetikusságát vizsgáló rendszer

A rendszer a feltehetően inhermetikus fűtőelempálcák kiszűrésére használják (leállított reaktoron) és magában foglalja a következő típusú ellenőrzéseket:

- az fűtőelempálcák inhermetikusságának ellenőrzése az átrakógép teleszkópos munkarúdjának használatával
- a szivárgókazetta-detektáló rendszer használatával
- az inhermetikus kazetták ellenőrzése és javítása

### Üzemanyag-szállító rendszer az atomerőmű telephelyén

A telephelyi nukleárisüzemanyag-szállító rendszer rendeltetése a nukleáris üzemanyag szállítása az atomerőmű telephelyén belül. A nukleáris üzemanyag fogadására és szállításának biztosítására az atomerőmű tervében szerepel egy szabadtéri átrakó egység a szükséges berendezésekkel ellátva.

# 9.A.2. FEJEZET – VÍZRENDSZEREK

## Biztonsági hűtővízrendszer

A biztonsági hűtővízrendszer (BHV rendszer) feladata a primer köri és egyéb kiemelt technológiák hűtővízellátása és hulladékhőjük végső hőelnyelőbe történő juttatása. Az új blokkok BHV rendszere a jelenleg üzemelő blokkokéhoz hasonlóan alapvetően frissvizes technológia, azonban a Duna mint elsődleges végső hőelnyelő vagy ugyanezen alrendszer villamos betáplálásának elvesztése esetén lehetőség van egy alternatív villamos megtáplálású, hűtőcellás tartalék alrendszer használatára.

A biztonsági hűtővízrendszer a primer köri fogyasztóktól a kiemelt fogyasztók közbenső hűtőkörén keresztül vonja el a hőt. A rendszerek között olyan, az erőmű üzemállapotától függő nyomásviszonyok uralkodnak, melyek fizikai gátként akadályozzák meg mind a technológiai hűtőkörök nyersvízzel való elszennyezését, mind az esetleges radioaktív szennyeződések környezetbe jutását. A 3+ generációs, nyomottvizes atomerőművekkel szemben támasztott elvárásoknak megfelelően a BHV rendszer N+2 redundanciaszintje illeszkedik az új blokkok, 4x50%-os, tervezési alapra értelmezett biztonságirendszer-konfigurációjához. Ez azt jelenti, hogy a biztonsági rendszerek akkor is képesek lennének ellátni a feladatukat, ha azok egy biztonsági ága karbantartás miatt nem állna rendelkezésre és egy másik ág ezzel egy időben meghibásodna.

## Kiemelt fogyasztók közbenső hűtőköre

A fejezetben bemutatott rendszerek elsődleges feladata a primer körben működő fogyasztók hűtésének biztosítása. Ezek a rendszerek közbenső szerepet töltenek be a biztonsági hűtővíz-rendszer és primer köri fogyasztók között, ami által fizikai gátként funkcionálnak a feltételezhetően radioaktív közegek és a biztonsági hűtővíz között, így megakadályozva a radioaktív közeg kijutását a biztonsági hűtővíz-rendszerbe.

## Primer köri sótalanvíz-ellátó rendszer

A rendszer feladata a primer köri fogyasztók és a dízelgenerátor rendszerek sótalanvízzel történő ellátása a reaktorépületben, a biztonsági épületben, a nukleáris kiszolgáló épületben, a dízelgenerátorok épületeiben és a segédépületben.

## Végső hőelnyelő

Az atomerőmű végső hőelnyelője alatt értendő minden olyan közeg és ehhez kapcsolódó technológiai rendszer, amely a számos forrásból származó hulladékhő (nukleáris biztonság szempontjából elsősorban a bomlási maradványhő) elnyelésére szolgál. A 3+ generációs, nyomottvizes atomerőművek esetén elvárás, hogy ilyen célra az elsődleges végső hőelnyelő mellett alternatív megoldás is rendelkezésre álljon.

A VVER-1200 blokkok esetén az elsődleges hőelnyelő – a Paksi Atomerőmű VVER-440 típusú blokkjaihoz hasonlóan – a Duna, azonban ennek elvesztése esetén számos egyéb technológia biztosíthatja az atomerőmű biztonságos leállítását, ellenőrzött állapotba hozását és ott tartását. A teljesség igénye nélkül az alábbi táblázat tartalmazza összefoglalva a legszükségesebb rendszereket, funkcióikat és működésük szükségességét az atomerőmű különböző

üzemállapotaiban. A táblázatból látható, hogy a különböző erőművi üzemállapotok esetén több, működésben is diverz hűtési megoldás áll rendelkezésre a maradványhő-elvonásra és ezáltal a zónaolvadás megakadályozására.

| **Rendszer** | **Funkció** | **Végső hőelnyelő** | **Atomerőmű üzemállapota** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Normál üzem | Várható üzemi események | Tervezési üzemzavarok | Komplex üzemzavarok | Súlyos baleset |
| Kondenzátor-hűtővízrendszer | kondenzátor hűtése: normál termelés támogatása | Duna (elsődleges) | X | | | | |
| Technológiai hűtővízrendszer | szekunderköri technológiai fogyasztók hűtése: normál termelés támogatása | Duna (elsődleges) | X | | | | |
| Biztonsági hűtővízrendszer (elsődleges) | primerköri és kiemelt fogyasztók üzemi hűtése / remanenshő elvonás normál útvonalon: normál üzem és üzemzavar | Duna (elsődleges) | X | X | X | | |
| Biztonsági hűtővízrendszer (tartalék) | remanenshő elvonás normál útvonalon: bizonyos komplex üzemzavarok | levegő (alternatív) | | | | X | |
| Biztonsági hűtővízrendszer (tartalék) | remanenshő elvonás tartalék útvonalon: bizonyos komplex üzemzavarok | levegő (alternatív) | | | | X | |
| Gőzfejlesztő passzív hőelvonó rendszer | remanenshő elvonás passzív módon: bizonyos komplex üzemzavarok | levegő (alternatív) | | | | X | |
| Konténment passzív hőelvonó rendszer | remanenshő elvonás passzív módon: súlyos balesetek | levegő (alternatív) | | | | | X |

### Pótvízrendszer

A pótvízrendszer feladata, hogy sótalanvizet tároljon és biztosítson a primer köri és szekunder köri rendszerek és segédberendezéseinek üzeméhez, feltöltéséhez és szükség esetén pótlásához. A pótvízrendszer a technológia kiszolgálóépületben helyezkedik el. A rendszer 5 db különálló 1000 $m^3$ térfogatú sótalanvíztartályt, két darab normálüzemi és két darab üzemzavari sótalanvíz-szivattyúból áll.

### Ivóvíz-ellátó rendszer

A rendszer feladata az erőmű létesítményeiben jelentkező ivóvízigények kielégítése. Kiszolgálja a kommunális, a technológiai igényeket egyaránt. Az ivóvízhálózat előre definiált csatlakozási ponttól kerül kiépítésre.

### Kommunálisszennyvíz-gyűjtő és -elvezető rendszer

A rendszer feladata az erőmű létesítményeiben keletkező kommunális szennyvizek összegyűjtése és elvezetése. Az ellenőrzött zónából származó szennyvizek kezelése alrendszerek útján elválasztva történik.

## 9.A.3. FEJEZET –TECHNOLÓGIAI SEGÉDRENDSZEREK

### Technológiai és baleset utáni mintavételi rendszer

A vízkémia optimális szabályozásához a vegyészeti paraméterek monitorozó jellegű, reális idő alatt történő megbízható, és pontos mérésére van szükség. Minden üzemállapotban törekedni kell on-line információk szerzésére, amivel ellenőrizhető a blokk műszaki előírásoknak megfelelő üzemelése. Fontos feladat továbbá az, hogy a blokk üzemvitele az átmeneti üzemmódok idején megfeleljen a műveleti utasításoknak, valamint lehetővé tegye a működési zavarokat okozó, hosszabb idejű rendellenes trendek lehető legkorábbi felismerését. Tranziens üzemmódok idején tehát különösen fontosak a primer kör viszonyairól szóló információk, ezért a paramétereket nagy gyakorisággal, gyorsan, pontosan és megbízhatóan kell mérni.

Ezen feladat biztosítására négy primer köri mintavételi és mérőrendszer áll rendelkezésre:

1. Primer köri automatizált vízkémiai monitoringrendszer

   Feladata a primer köri hőhordozó vízkémiai paraméterinek automatikus ellenőrzése.

2. A speciális vízkezelő üzemegységek, valamint a reaktorüzemi segédrendszerek mintavételi rendszer

   Feladata az időszakos kézi mintavétel az atomerőmű segédrendszerei primer hűtőközege és a vizes közegei minőségi mutatóinak laboratóriumi elemzéseihez.

3. Üzemzavar utáni mintavételi rendszer

   Feladata a tervezési alapba tartozó üzemzavarok után az aktív zóna hűtővizének mintázása a kémiai és radiokémiai paraméterek laboratóriumi elemzéséhez, továbbá az üzemzavari bórosvíz-tárolótartályok mintázása tervezési alapba tartozó üzemzavarok esetén.

4. Súlyosbaleseti üzemállapotok mintavételi rendszere

   Feladata a súlyosbaleseti állapotokban történő mintavétel, hogy a közeg kémiai és radiológia mutatóit laboratóriumban elemezzék a baleseti állapot értelmezéséhez, és a helyes stratégiai döntések meghozatala érdekében.

### Csurgalékvízgyűjtő rendszerek

A fejezet bemutatja a reaktorépületben, a biztonsági épületben, a segédépületben és a nukleáris kiszolgáló épületben keletkező, radioaktívan szennyezett és feltételezhetően inaktív csurgalékvíz-kezelő rendszereket. Feladatuk a csurgalékvizek szabályozott körülmények közötti szeparált gyűjtése a közeg feltételezhető radioaktív szennyezettsége alapján és a csurgalékvizek továbbítása további feldolgozásra. A fent említett csurgalékvizek keletkezhetnek leürítésekből, szivárgásokból, tűzoltás során keletkező vizekből és egyéb technológigai folyamatok során.

### Gőzfejlesztő leiszapoló rendszer

A gőzfejlesztő leiszapoló rendszer biztosítja a szekunder kör vízkémiai paraméterei előírt normák közötti tartását. A rendszer biztosítja a szekunder köri közeg folyamatos és periodikus elvételét, továbbítását tisztításra és tisztítást követő visszajuttatását a szekunder körbe.

### Bórsav tartalmú leürítések gyűjtőrendszere

A rendszer biztosítja a bór tartalmú leürítések gyűjtését abból a célból, hogy a bórsavas közegek és a tisztakondenzátum visszajuttathatók legyenek a technológiai folyamatokba.

### Primer köri hűtővíz-tisztító rendszer

A rendszer feladata, hogy az összegyűjtött bórsav tartalmú primer köri hűtőközeg-leürítéseket feldolgozza olyan formába, hogy a keletkezett közegek újra felhasználhatók legyenek a technológiai folyamatok során. A feldolgozás magába foglalja a felhígult bóros közegek besűrítését az előírt bórsavkoncentrációra, a besűrítés során keletkező tisztakondenzátum kezelését, illetve az előírt koncentrációjú bóros közegek tisztítását.

### Dekontamináló rendszer

A dekontamináló rendszer rendeltetése a berendezések és a helyiségek dekontaminálása a tervszerű megelőző karbantartás és vizsgálatok előtt, a karbantartó személyzet sugárterhelésének csökkentése érdekében.

A primer kör egyes rendszerei és rendszerelemei, az ellenőrzött zónai helyiségek felületei radioaktív szennyeződésének normálüzem alatti eltávolítására, csökkentésére dekontaminálási eljárások és eszközök állnak rendelkezésre. A rendszer továbbá alkalmas üzemzavari, baleseti állapotokat követően is a radioaktív szennyeződés csökkentésére.

A szabályzó- és biztonságvédelmi rendszer meghajtásainak dekontaminálására külön dekontamináló rendszer áll rendelkezésre, az azokon végzett karbantartási és ellenőrzési feladatok végrehajtásából származó sugárterhelés csökkentésére.

### Berendezéscsoport a speciális mosodai víz gyűjtésére

A berendezéscsoport feladata a primer köri védőfelszerelések mosása alatt keletkező közegek szervezett formában történő gyűjtése, paramétereinek ellenőrzése, majd továbbítása feldolgozásra.

### Lefúvató rendszer a primer kör méréstechnikai vezetékeihez

A rendszer feladata primer köri irányítástechnikai mérésekhez tartozó impulzus vezetékek feltöltése a technológiai paraméterekkel megegyező közeggel, nem valós mérési eredmények esetén azok lefúvatása, illetve a kiváló bórsav kristályok eltávolítása az impulzusvezetékekről, irányítástechnikai távadókról.

### Segédépület gőzellátó rendszere

A rendszer háziüzemi gőzt biztosít a fogyasztók részére. Ilyen fogyasztók például a bepárló berendezések, a pótvíz-gáztalanító tartály és a folyékonyradioaktívhulladék-szilárdító rendszer berendezései. A kondenzálódó víz radioaktív szennyezettsége alapján visszavezetésre kerül a szekunder körbe vagy feldolgozásra kerül a primer körben.

## 9.A.4. FEJEZET – LEVEGŐ- ÉS GÁZRENDSZEREK

### Sűrítettlevegő-rendszer

A legtöbb ipari létesítményhez hasonlóan az atomerőműben is nagy szerepet játszik a sűrítettlevegő-ellátás, mely jelen esetben a szervizlevegő-rendszerre, a műszerlevegő-rendszerre és az ezeket megtápláló kompresszorállomásra tagolható.

A szervizlevegő-rendszer és az ehhez tartozó kompresszorállomás látja el 8±0,5 bar nyomású, standard ipari tisztaságú levegővel az üzemvitel és karbantartás során használt, pneumatikus szerszámokat, egyes technológiákat (pl. nitrogénrendszer öblítőlevegő, ioncserélő gyantaoszlopok töltetének lazítása stb.) és időszakosan a konténment-nyomáspróba rendszerét. A rendszer térfogatárama normálüzemben 500-6000 $m^3$/h között változik, tervezett leállások alatt kb. 2000-8000 $m^3$/h, míg konténment-nyomáspróbához 12000 $m^3$/h térfogatáramra van szükség.

A magasabb tisztaságú levegőt igénylő fogyasztókat (pl. pneumatikus szelepek, egyes vegyészeti technológiák stb.) a műszerlevegő-rendszer táplálja meg. Az erőmű üzemállapotától függően a rendszer 20-500 $m^3$/h térfogatáram-tartományban szolgáltat sűrített levegőt a fogyasztók részére.

### Szervizgázrendszer

Bizonyos technológiák és felhasználási módok esetén az adott körülmények között kémiailag semleges (inert) gázok alkalmazása szükséges. Az új blokkok esetében ilyen felhasználási körülmények a gázpárnák létrehozása és fenntartása (pl. hidroakkumulátorok) vagy öblítőgázként való alkalmazása (pl. hidrogént használó rendszerek esetén a robbanásveszélyes közeg kiszorítása az olyan technológiából, mint a generátor gázhűtő rendszer, a primer köri buborékoltató tartály), mely célra nitrogént alkalmaznak. A gáz a nitrogénállomáson 17,9 bar nyomású, cseppfolyós nitrogénből kerül előállításra, két nyomásfokozaton.

Az 58 bar nyomású nitrogént a nagynyomású nitrogénrendszer szállítja a konténment fogyasztóihoz. A folyékony nitrogént dugattyús kriogén szivattyúk juttatják 200 bar nyomáson az elpárologtatókba, a rendszer maximális folyamatos kapacitása 400 $m^3$/h. A fogyasztás egyenetlenségének kiegyenlítésére 4 db 200 bar nyomású, egyenként 7,2 $m^3$ térfogatú palackcsoport került gázpufferként betervezésre. Az üzemi nyomás beállítása a pufferek után nyomáscsökkentő szelepcsoportokon történik.

A kisnyomású nitrogénrendszer 9,8 bar nyomáson látja el a fogyasztókat, maximum 100 $m^3$/h térfogatárammal. A folyékony nitrogén a kriogén tartályokból az elvétel arányában közvetlenül áramlik az elpárologtatókra. Az üzemi nyomás beállítása a nagynyomású nitrogénrendszerhez hasonlóan nyomáscsökkentő szelepcsoportokon történik, azonban a kisnyomású rendszerben nincs pufferelés.

### Egyéb gázrendszerek

Ebben a fejezetben a fentiekben nem tárgyalt gázrendszereket kell bemutatni, melyeknek nukleáris biztonsági vonatkozása lehet. Az eddig nem tárgyalt rendszerek közül az egyedüli ilyen az oxigénellátó rendszer, melynek feladata a primer körhöz kapcsolódó, hidrogénégető rendszer oxigénnel való ellátása. Ezen rendszerek együttesen felelnek a fővízköri hűtőközegben radiolízis útján felszabaduló hidrogén ellenőrzött elégetéséért, megakadályozva a robbanásveszélyes koncentrációk és nagy gázmennyiségek kialakulását.

Az oxigénellátó rendszer két gázpalackcsoportban 150 bar nyomáson tárolt oxigént, nyomáscsökkentéssel 0,13 $m^3$/h és 1,6 $m^3$/h térfogatáram-tartományban szolgáltatja a hidrogénégető részére.

## 9.A.5. FEJEZET – SZELLŐZŐ- ÉS KLÍMARENDSZEREK

### Blokkvezénylő és tartalékvezénylő szellőzőrendszerei

Ezek a rendszerek izoláló és szűrőkomponensekkel vannak ellátva, amelyek lehetővé teszik, hogy várható üzemi események, üzemzavarok és a tervezési alap kiterjesztésébe tartozó események során a személyzet egyéni védőfelszerelés nélkül tudjon dolgozni a blokk- és tartalékvezénylőkben. A blokk- és tartalékvezénylő helyiségeit kiszolgáló szellőző- és légkondicionáló rendszerek észszerűen megvalósítható mértékben függetlennek egymástól és egyszeres meghibásodás ellen védettek.

### Reaktorépület szellőzőrendszerei

Ezek a rendszerek biztosítják normál üzemeltetés alatt a sugárvédelmi szempontból kiszolgálható helyiségekben a munkára alkalmas környezetet az üzemeltető személyzet számára. A reaktorépület szellőztetőrendszerei tartják fent a helyiségekben elhelyezkedő rendszerek, rendszerelemek környezetállósági minősítésével összhangban lévő körülményeket, továbbá korlátozzák a légnemű radioaktív anyagok terjedését és biztosítják a levegő aktivitáskoncentrációra vonatkozó korlátok betartását. Mivel a konténment funkciót két különálló konténmentszerkezet biztosítja, ezért a két szerkezet közötti zárt térrész el lett látva olyan szellőzőrendszerrel, amely biztosítja a légkörinél alacsonyabb nyomást, továbbá megfelelő szűrőket tartalmaz a konténmentből esetlegesen szivárgó radioaktív anyagok eltávolítására.

### Ellenőrzött és felügyelt zónához tartozó szellőzőrendszerek

Az ellenőrzött zóna szellőzőrendszerei biztosítják a légnemű radioaktív anyagok szétterjedésének és ellenőrizetlen környezetbe jutásának megakadályozását. A radioaktív anyagok szétterjedését korlátozó szellőző- és klímarendszerekkel biztosított, hogy az adott helyiségben a légcsere mértéke arányos a levegővel mozgó radioaktív anyagok koncentrációjának mértékével, továbbá a légáramlatok iránya a kevésbé szennyezett helyiségekből a potenciálisan szennyezettebb helyiségek felé irányul. A rendszerek száma és elrendezése biztosítja a potenciálisan jobban és kevésbé szennyezett helyiségek szellőzésének szétválasztását.

Mivel a szellőző- és klímarendszerek kiesése hatással van a biztonsági funkciót ellátó rendszerek, rendszerelemek működésére, ezért a szellőző- és légkondicionáló rendszerek biztonsági osztályba lettek sorolva, és a megfelelő redundanciával, megbízhatósági elvárásoknak megfelelő differenciált követelmények szerint lettek megtervezve.

### Turbinagépház szellőzőrendszerei

A turbinagépház fűtő-, szellőző- és légkondicionáló rendszereit a berendezések működéséhez és a személyzet komfortérzetéhez szükséges légparaméterek fenntartására tervezték. A turbinagépház szellőzőrendszerek működése kizárólag normálüzemi körülmények alatt elvárt.

## 9.A.6. FEJEZET – TŰZVÉDELMI RENDSZEREK

### Tűzivízellátó rendszer

Az atomerőmű tűzivízellátó rendszere biztosítja a tűz eloltásához szükséges vízmennyiséget:

- a telephelyen létesített kültéri föld feletti tűzcsapok részére
- atomerőmű telephelyén található épületek belső terében telepített fali tűzcsapok részére
- beépített vizes bázisú automata oltórendszerek részére
- a tűzoltóság mobil eszközeinek részére oltóvíz biztosítása

### Főépületek beépített vizes bázisú automata tűzoltórendszerei

Az atomerőmű telephelyén található fő technológiai építmények helyiségeibe telepített, automatikus működésű tűzoltórendszerek, melyek emberi beavatkozás nélkül képesek az észlelt tüzek eloltására.

### Kiszolgáló- (segéd-) épületek beépített vizes bázisú automata tűzoltó rendszerei

Az atomerőmű telephelyén található kiszolgáló- és segédépületek helyiségeibe telepített, automatikus működésű tűzoltórendszerek, melyek emberi beavatkozás nélkül képesek az észlelt tüzek eloltására.

### Beépített gázzal oltó tűzoltó rendszerek

Az atomerőmű telephelyén található épületek helyiségeibe telepített, automatikus működésű tűzoltórendszerek, melyek emberi beavatkozás nélkül képesek az észlelt tüzek eloltására gáznemű oltóanyag használatával.

### Beépített vízköddel oltó tűzoltó rendszerek

Az atomerőmű telephelyén található épületek helyiségeibe telepített, automatikus működésű tűzoltórendszerek, melyek emberi beavatkozás nélkül képesek az észlelt tüzek eloltására vízköd alkalmazásával.

### Passzív tűzvédelmi rendszerek

Az atomerőmű építész tűzvédelmi megoldásainak összessége, amelyek megakadályozzák a kialakult tűz terjedését a szomszédos épületek, kockázati egységek, tűzszakaszok között megfelelő tűztávolság tartásával, illetve tűzgátló épületszerkezetek (tűzgátak) beépítésével. Az előírásoknak megfelelő tűzvédelmi teljesítmény paraméterekkel rendelkező épületszerkezetek, valamint tűzgátló bevonatok (festékek) alkalmazásával biztosítható az építmények tűzzel szembeni állékonysága. A nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerek, rendszerelemek passzív tűzvédelme biztosítja, hogy a tűz gyakorisága és hatásai minimálisak legyenek, valamint az atomerőmű a tűz során és utána egyaránt leállítható, a maradványhő eltávolítható, a radioaktív anyagok környezetbe történő kikerülése megakadályozható legyen.

### Tűzjelző- és riasztórendszerek

Az atomerőmű telephelyén található építmények helyiségeibe telepített automatikus működésű tűzjelző- és riasztórendszerek. Feladatuk a tűz korai fázisában történő észlelése, valamint a helyszínen tartózkodó munkavállalók és a beavatkozásra kijelölt személyzet riasztása. Minden tűzjelzés megjelenik az atomerőmű blokkvezénylőjében és tartalék blokkvezénylőjében.

### Tűzvédelmi irányítástechnikai rendszer

A rendszer az erőművi blokkok technológiai helyiségeiben és vezénylőiben tűzdetektálásra, tűzjelzésre és automatikus tűzoltásra szolgál úgy, hogy ne zavarja a biztonsági rendszerek működését se normál, se szándékolatlan működtetés mellett. A rendszer úgy van megtervezve, hogy az integritás és a működés fenntartható legyen az atomerőmű minden üzemállapotában. A tűzvédelmi irányítástechnikai rendszer a blokki technológiákhoz, úgymint a szellőzési rendszerekhez, a tűzoltóvíz-ellátó rendszerekhez, a blokki tűzoltórendszerekhez, valamint a tűzoltó- és balesetelhárítási szervezetekkel össze van kapcsolva, így biztosítva a blokk minden üzemállapotában üzemképes tűzoltási és jelzési feltételeket.

### Hő- és füstelvezető rendszerek, valamint túlnyomásos füstgátló rendszerek

Feladatuk az atomerőmű épületeiben keletkezett tüzek füstjének és hőjének épületen kívülre vezetése, valamint egyes – a menekülésre kijelölt – épületrészek légterébe az égéstermékek bejutásának megakadályozása. Hő- és füstelvezető rendszer a technológiai létesítmények helyiségeiben csak olyan helyen kerül kialakításra, ahol radioaktív anyagok környezetbe történő kikerülése nem lehetséges.

### Tűzvédelmi helyszínrajz

Az atomerőmű telephelyén létesítendő építmények közötti elhelyezési távolságok, valamint a főbb közlekedési, megközelítési útvonalak bemutatása.

### Éghető gázokat és folyadékokat tartalmazó berendezések tűzvédelme

A technológiai épületek területén alkalmazott éghető folyadékok és gázok tűzvédelmének bemutatása.

## 9.A.7. FEJEZET – DÍZELGENERÁTOR ÉS SEGÉDRENDSZEREI

A fejezet bemutatja az új blokkok biztonsági villamosenergia-ellátó rendszerének dízelgenerátorait, melyek automatikusan biztosítják az üzemzavari villamosenergia-ellátást a blokkok biztonságos leállításához, lehűtéséhez és lehűtött állapotban tartásához, ha az erőmű elveszíti a külső villamosenergia-ellátását vagy megszűnik a villamosenergia-ellátás a biztonsági villamosenergiaellátó-rendszerben. A blokkonként 4 független biztonsági villamosenergia-ellátó rendszer mindegyikéhez egy darab biztonsági dízelgenerátor tartozik.

A biztonsági dízelgenerátorokat és azok segédüzemi rendszereit mutatják be az alábbi alfejezetek:

- Az első alfejezet mutatja be a biztonsági dízelgenerátorok dízelmotorjait és az arról hajtott generátorokat.
- A második alfejezetben bemutatásra kerülnek a biztonsági dízelgenerátorok egymástól függetlenített üzemanyag ellátó és tároló rendszerei, melyek 72 órán keresztül képesek üzemanyaggal ellátni a dízelmotorokat utántöltés nélkül.
- A harmadik alfejezet tartalmazza a dízelmotorok hűtési rendszereinek bemutatását. Mindegyik dízelmotor saját hűtési rendszerrel rendelkezik, ennek funkciója kettős: készenléti állapotban kellő hőmérsékleten tartja a dízelmotort és a kenőolajrendszert, hogy az képes legyen a gyors elindulásra, a dízel üzeme közben pedig a motor által termelt hőt szállítja el egy hűtővízkör segítségével, és adja le a környezeti levegőnek a víz-levegő hőcserélőin keresztül.
- A dízelgenerátorok gyors, 15 másodpercen belüli elindításához szükséges sűrítettlevegő-rendszereket mutatja be a negyedik alfejezet. Mindegyik dízelmotor saját indító- és vezérlőlevegő-rendszerrel rendelkezik, melyek elegendő mennyiségű sűrített levegőt biztosítanak a dízelgenerátorok egymást követő öt alkalommal történő sikeres indításához, valamint a pneumatikus vezérlőszelepek működtetéséhez.
- Az ötödik alfejezetben a biztonsági dízelgenerátorok saját, egymástól független kenőolajrendszerei kerülnek bemutatásra. Azonfelül, hogy induláskor, üzem közben és leálláskor biztosítják a csapágyak, valamint a súrlódó alkatrészek kenését, nagy szerepük van a súrlódás során keletkezett hő elszállításában és átadásában a hűtési rendszereknek.
- A hatodik alfejezet foglalkozik a dízelmotorok égési levegővel történő ellátását, valamint a keletkező égéstermékek elszállítását végző rendszerek bemutatásával. Ezek a rendszerek tartalmazzák a dízelmotorok turbófeltöltőinek ismertetését is, melyek növelik a dízelmotorok teljesítményét és javítják hatásfokukat.

# 9.A.8. FEJEZET – EGYÉB DÍZELGENERÁTOROK ÉS SEGÉDRENDSZEREIK

A fejezetben bemutatásra kerülnek az új blokkok primer köri dízelgenerátorai, a komplex üzemzavar- valamint a súlyosbaleset-kezelésre szolgáló dízelgenerátorok is. A primer köri és a komplex üzemzavar kezelésére szolgáló dízelgenerátorok automatikusan biztosítják a villamos energia ellátását a blokkok primer köri létfontos preventív villamosenergiaellátó-rendszereknek, valamint a súlyosbaleseti létfontos villamosenergiaellátó-rendszereknek, amennyiben ezeken a rendszereken megszűnne a villamosenergia-ellátás. A blokkonként két független primer köri létfontos preventív villamosenergiaellátó-rendszer és két súlyosbaleseti létfontos villamosenergiaellátó-rendszer kerül kiépítésre, melyek mindegyikéhez saját, egymástól független dízelgenerátor tartozik. Ezenfelül minden blokk rendelkezik egy mobil, súlyosbaleset-kezelési dízelgenerátorral is, melyek szükség esetén üzembe vehetők.

A primer köri és a komplex üzemzavar kezelésére szolgáló dízelgenerátorokat és azok segédüzemi rendszereit bemutatása a biztonsági dízelgenerátorokkal azonos alfejezet struktúrában történik.

# 9.A.9. FEJEZET – EGYÉB KISEGÍTŐ RENDSZEREK

## Kommunikációs rendszerek

Az atomerőmű kommunikációs és figyelmeztető hardverkomplexuma két összekapcsolt részből áll: belső kommunikációs komplexumból és külső kommunikációs komplexumból.

A belső kommunikációs komplexum olyan egyedi rendszerek összessége, amelyek mindegyike lehetővé teszi az üzemviteli és karbantartási funkciókat a blokkok normál üzemállapota alatt, valamint bekövetkező üzemzavar, baleset esetén is rendelkezésre áll. A belső kommunikációs hálózaton belül hat beszédkommunikációs rendszer van.

A külső kommunikációs komplexum az atomerőmű normál üzemeltetése és karbantartása, valamint üzemzavar, baleset esetén biztosítja a külső kommunikációs hálózatokhoz való hozzáférését.

## Világítási rendszerek

A világítási rendszerek (normál és tartalékvilágítás) feladata, hogy hatásos világítást biztosítsanak az atomerőmű helyiségeiben és kültéri területein munkát végző személyzet részére, a helyiség funkciójának és az atomerőmű üzemállapotának függvényében, továbbá megfelelő világítással lássák el a menekülési útvonalakat.

## Konténment szeparációs rendszer

A konténment szeparációs rendszert a reaktorépület szellőztetőrendszerei működésének biztosítására tervezték, a reaktorépület belső terének két térrészre (zónára) történő elválasztásával.

## 9.A.10. FEJEZET – EMELŐBERENDEZÉSEK

A fejezet az új blokkok emelőgépeit mutatja be. A nukleáris biztonság szempontjából fontos a nukleáris üzemanyag (friss és a kiégett fűtőelemkötegek) szállításával kapcsolatos tevékenység. Az emelőgépek gépészeti, villamos és irányítástechnikai konstrukciójának olyan magas megbízhatósággal kell rendelkeznie, hogy az kizárja az üzemanyag sérülését.

Az első fejezetben a reaktorcsarnoki daru (ismertebb nevén a polárdaru) kerül bemutatásra. A daru feladata a reaktorépületbe szükséges minden tehermozgatási feladat: a blokk építési munkáinak kiszolgálása; üzemeltetés alatt az üzemanyagszállítás és a reaktorkarbantartás támogatása.

A második fejezetben a frissüzemanyag-tárolói daru található. A daru a frissüzemanyag-tároló és -kezelő rendszer egyik eleme, rendeltetése a friss nukleáris üzemanyag fogadásával, előkészítésével kapcsolatos tehermozgatási műveletek végrehajtása.

A villamosenergia-termelés biztonságának oldaláról fontos szerepe van a harmadik fejezetben lévő turbinacsarnoki darunak. A turbina és generátor, valamint azok segédrendszereinek karbantartása során nagy tömegű alkatrészek emelése szükséges. A daru a blokk legnagyobb emelőgépe a maga 350 tonnás teherbírásával és 56 méteres fesztávjával.

A konténmentbe be és abból ki történő anyagmozgatás egy teherzsilipen keresztül valósul meg. A konténment külső oldalához egy darut telepítenek, melyet a negyedik fejezet mutat be. A daru feladata minden kívülről érkező és a konténmentből kiszállítandó üzemanyag, segédanyag, alkatrész és hulladék zsilip- és talajszint közötti szállítása.

Az ötödik fejezet mutatja be a darut, amely a telephelyre beérkező friss fűtőelemkötegek fogadása és a kiégett fűtőelemkötegek elszállítása kapcsán szükséges.

## 9.A.11. FEJEZET – VEGYÉSZET

Az atomerőmű primer és szekunder köri vízüzemének kialakítása az alábbi követelmények figyelembe vételével történt:

- a nukleáris biztonság
- a sugárbiztonsági normák
- az üzembiztonság

A primer és szekunder köri hőhordozóba az üzemeltetés során szennyező anyagok juthatnak, amelyek káros folyamatokat indíthatnak el.

A hőhordozó szennyeződéseinek csökkentése szempontjából az egyik legfontosabb feladat a külső szennyeződések minimális értéken tartása. A hőhordozóba jutó külső szennyeződések a fizikai és kémiai jellemzőiktől és a technológiai rendszertől függően széterjedhetnek. A szennyeződések lerakódhatnak a berendezések egyes részeiben, ezáltal csökkenthetik az üzembiztonságot és a hatásfokot, a primer körben növelik a dózisteljesítményt, azaz lerontják az üzemeltetési jellemzőket és megnehezítik a karbantartást. Különösen veszélyesek a lerakódások a fűtőelemeken, mert nemcsak a hőátadást csökkentik, de a fűtőelem sérülését is okozhatják.

A másik legfontosabb feladat a szerkezeti anyagok korróziósebességének korlátozása, amelyet a víznormák helyes kialakításával, a fém és a hőhordozó kölcsönhatásának optimalizálásával lehet biztosítani.

A szekunder kör vízüzemének, vízkémiájának feladata a gőzfejlesztők feszültségkorróziós kockázatának minimalizálása. Ehhez biztosítani kell a szekunder köri munkaközeg műszakilag elérhető minimális szennyező anyag koncentrációját.

## 9.B. FEJEZET – ÉPÍTMÉNYEK

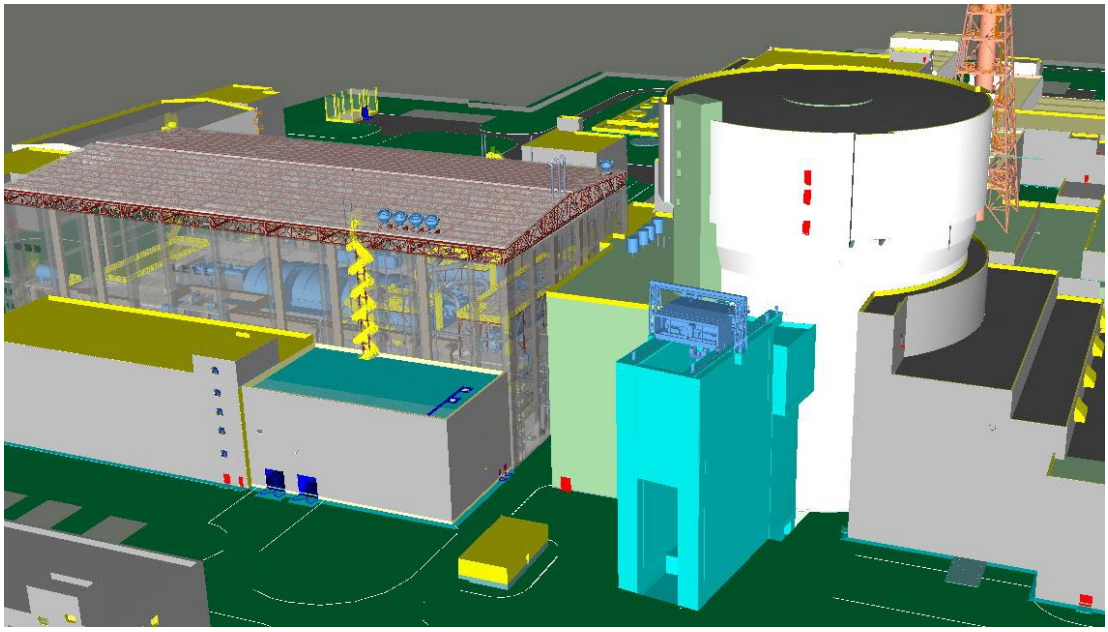
A fejezet bemutatja a nukleáris létesítményben lévő építményeket és mérnöki szerkezeteket, amelyek szükségesek az atomerőmű működéséhez és üzemeltetéséhez. Ezek az építmények és mérnöki szerkezetek elsősorban hazai, másodsorban nemzetközi előírások szerint kerültek megtervezésre, amelyek az 3. fejezetében kerülnek ismertetésre.

A fejezet tartalmaz egy általános leírást a nukleáris létesítményről, amely bemutatja az összes építményt felsorolásszerűen. Bemutatásra kerül az úgynevezett nukleáris sziget és annak a működése. A nukleáris szigethez tartozik a reaktorépület és az azt közvetlen körülvevő építmények csoportja.

Az atomerőmű üzemeltetéséhez szükséges építményeket és mérnöki szerkezeteket két csoportban ismerteti a fejezet:

1) nukleáris technológiához közvetlen vagy közvetve kapcsolódók,
2) egyéb építmények és mérnöki szerkezetek, amelyek nem kapcsolódnak közvetlenül a nukleáris technológiához, de szükségesek az atomerőmű működéséhez.

Az alfejezetekben megismerhető az építmények funkciója és kapcsolata egyéb építményekkel, az építmények különböző osztályba sorolása, a tervezési alapadatok, melyekre az adott építmény megtervezésre került, továbbá a szerkezeti- és alkalmazott anyagok leírásai, az alaprajzok és metszetek.



*Konténment és kapcsolódó építmények*

Az 1) csoportba tartozó építmények esetében ismertetésre kerülnek még specifikusan a vonatkozó monitoring, teszt és karbantartási tevékenységek. Továbbá áttekintésre kerülnek az élettartamra való tervezés sajátosságai – köztük az öregedéskezelés, a sugárvédelmi előírások – és végül, de nem utolsósorban a biztonságra való tervezés (külső és belső veszélyekre való tervezés) kiértékelésével zárul az adott alfejezet. Ennek keretében megtörténik a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok adott építményre vonatkozó követelményeinek értékelése.

Az 5. és a 6. blokki építmények számos helyen azonosak, ugyanakkor néhol eltérés mutatkozik. A jelentés részleteiben az 5. blokki építményekre vonatkozik, de tartalmazza a 6. blokki eltérések bemutatását is. Ezenkívül a blokkok tervezésének jelenlegi fázisában bemutatásra kerülnek az 1., 2. és 3. biztonsági osztályokba sorolt építményekhez háttérdokumentumként kapcsolódó tartószerkezeti számítások.

Az 1) csoporthoz tartoznak többek között: a reaktorépület, segédépület, vezénylőépület, frissüzemanyag-tároló, biztonsági hűtővízhez kapcsolódó építmények. A 2) csoportba pedig többek között: a turbinagépház, egyéb a turbinagépházi fogyasztók hűtővízrendszeréhez kapcsolódó építmények, villamos hálózathoz szükséges építmények, közösüzemi építmények, vízelőkészítő építmények, különböző olajtárolók, további infrastruktúrák (közművek, utak, vasút).

# 10. FEJEZET – TÁPVÍZELLÁTÓ, GŐZ- ÉS ENERGIAÁTALAKÍTÓ RENDSZEREK

## Rendszerek feladata és általános leírásuk

A gőz- és energiaátalakító rendszert a főgőzrendszer, a turbina, kiegészítő berendezések és segédrendszerek, a főkondenzátum-rendszer és a tápvízrendszer alkotja. A turbógépcsoport a fővízköri gőzfejlesztőkből érkező magas hőmérsékletű és nyomású gőz hőenergiáját elektromos energiává alakítja.

## Főgőzrendszer

A főgőzrendszer feladata a gőzfejlesztőkben termelt (4x1600 t/h) 6,9 MPa nyomású, 286 °C hőmérsékletű túlhevített gőz turbinákra történő továbbítása. Minden gőzfejlesztő saját gőzkollektorral rendelkezik.

A rendszer izoláló armatúrákkal van felszerelve a gőzfejlesztő gyors kizárása érdekében, gőz- és/vagy tápvíz-csővezetékek törése vagy a fővízkörből a szekunder körbe történő átfolyás esetén.

A főgőzrendszer atmoszférába redukálókkal van felszerelve a gőzfejlesztőkből érkező frissgőz atmoszférába történő kibocsátására a blokk normálüzemi lehűtése érdekében, ha a kondenzátorba redukáló üzeme tiltva van vagy a blokk üzemzavari lehűtése szükséges.

## Tápvízrendszerek

Feladata tápvizet tárolni, gáztalanítani, szállítani (nyomás 8 MPa, hőmérséklet 225 °C, térfogatáram 6400 t/h) a gőzfejlesztőkbe a nagynyomású előmelegítőkön keresztül. A rendszer egy táptartályból, a hozzáépített gáztalanítóból, négy darab booster szivattyúval kapcsolt tápszivattyúból és azok segédrendszereiből áll.

Minden gőzfejlesztő saját tápvízkollektorral rendelkezik.

*Nagynyomású tápvízelőmelegítő-rendszer*
A rendszer feladata a tápvíz előmelegítése, ami a blokk villamos hatásfokának javítását szolgálja. A tápvíz előmelegítése két fokozatban és két párhuzamos sorban történik, a kilépő tápvíz hőmérséklete 225 °C.

*Kiegészítő tápvízrendszer*
A segédüzemi tápvízrendszer a főtápvízrendszer üzemét egészíti ki. A rendszer indító, kiegészítő funkciókat lát el (feltöltés, felfűtés, gáztalanítás), tápvizet szállít a gáztalanítóból a gőzfejlesztőbe a blokk indításának kezdeti szakaszában és a blokkleállás alatt. A rendszer két segédtápszivattyúból és azok segédrendszereiből áll.

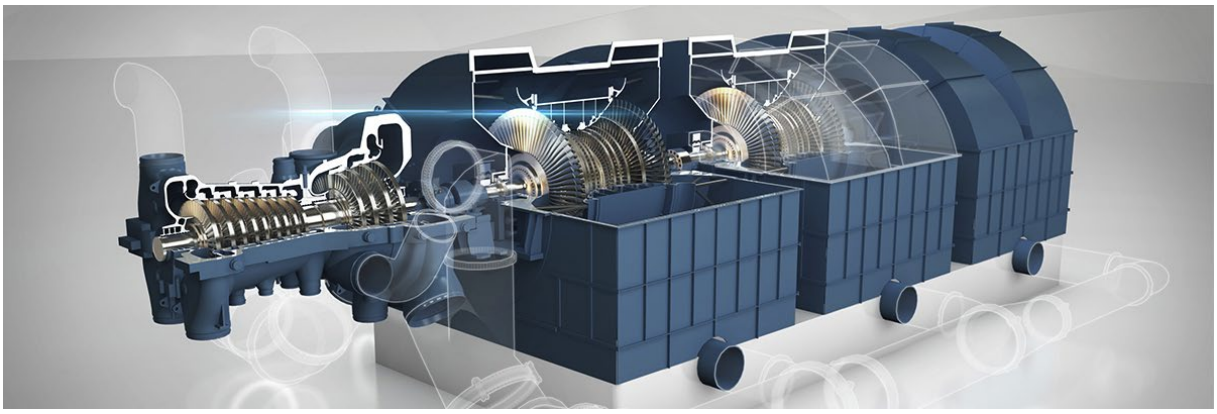
## Turbinagenerátor gépegység

A turbina feladata a gőzfejlesztőkből érkező, a főgőzrendszer által szállított gőz hőenergiájának átalakítása a generátor forgási energiájává és végül villamos energiává.

A turbina egy lassúfordulatú (1500 1/min) ARABELLE™ gőzturbina, amely egy nagy-közép nyomású turbinaházból és három ikeráramú kisnyomású turbinaházból áll.

A turbógenerátor egy négypólusú, 1500 1/perc lassúfordulatú, háromfázisú szinkrongép (1270 MW névleges hatásos teljesítmény, 24 kV névleges kapocsfeszültség), amelynek forgórésze és állórész-lemezteste közvetlen hidrogénhűtésű, az állórész tekercselése pedig közvetlen vízhűtésű. A turbógenerátor alapvető feladata, hogy a villamos hálózattal párhuzamosan üzemelve, a turbinától merev tengelykapcsolaton keresztül érkező mechanikai energiát villamos energiává alakítsa át.

A turbógenerátorhoz forgódiódás gerjesztőrendszer kapcsolódik, feladata a turbógenerátor fel-, illetve legerjesztése, továbbá a gerjesztésszabályozók segítségével a turbógenerátor kapocsfeszültségének és meddőteljesítményének a szabályozása.



*ARABELLE™ gőzturbina*

## Turbina segédrendszerei

*Cseppleválasztó és túlhevítőrendszer*

A rendszer feladata a nagynyomású turbinából kilépő gőz nedvességtartalmának csökkentése (cseppleválasztás), újrahevítése (két fokozatban), majd a túlhevített gőz középnyomású turbinába vezetése a blokk hatásfokának javítása érdekében.

*Kondenzátor*

A kondenzátor funkciója a turbinából kibocsátott, valamint a kondenzátorba redukáló rendszer által kibocsátott gőz fogadása, lehűtése és kondenzálása, valamint a turbinaépületben található több rendszer kondenzátumának és csurgalékának a fogadása a turbina maximális hatásfokának biztosítása érdekében.

*Kondenzátor-vákuumrendszer*

A feladata vákuum kialakítása és fenntartása a kondenzátorban.

*Kondenzátor-hűtővízrendszer*

A kondenzátor-hűtővízrendszer feladata a gőzturbina generátorának hűtővízzel való ellátása és a hulladékhő elvonása a körfolyamatból. A blokkok kondenzátor-hűtővízrendszere frissvízüzemű, a hűtővizet a hidegvíz-csatornán keresztül a Duna biztosítja, és a hűtővíz visszavezetése is – a melegvíz-csatornán keresztül – a Dunába történik. A frissvízhűtés előnye, hogy a blokkok mindenkor a legmagasabb hatásfokkal üzemelnek, hiszen a frissvízhűtés alkalmazása a hűtőtornyos megoldásokhoz képest 15-20 MW többlet villamos teljesítményt eredményez.

A Dunából kivett hűtővíz blokkonként hozzávetőlegesen 43 és 61 $m^3/s$ között változtatható, a névlegesvízkivétel 58 m3/s. Annak érdekében, hogy az erőmű működése extrém meleg napokon se legyen korlátozva, a Duna-víz hőmérsékletére vonatkozó határérték betartása érdekében kiegészítő hűtőrendszer kerül kialakításra, amely kisméretű, kényszerhuzatú hűtőcellák segítségével adja át a kondenzátoroktól elvont hő egy részét a légkörnek.

*Főkondenzátum-rendszer*

A főkondenzátum-rendszer feladata a főkondenzátum szállítása a kondenzátortól a gáztalanítóval felszerelt táptartályhoz.

*Kisnyomású tápvízelőmelegítő-rendszer*

Kisnyomású tápvízelőmelegítő-rendszer feladata a főkondenzátum melegítése a kisnyomású tápvízelőmelegítőben a rendszer hatásfokának növelése céljából.

## Turbina segédüzemi rendszerek

*Turbina kenőolajrendszer*

A rendszer a turbina és a generátor csapágyainak olajozását látja el és egyben elvezeti a csapágyakból a súrlódás miatt keletkezett hőt. A kenőolajtartály feltöltéséhez szükséges olajmennyiség 141 $m^3$. A főolajszivattyú a turbinatengelyről áthajtómű segítségével kerül meghajtásra. A turbina indításakor és leállításakor az olajat a segédüzemi olajszivattyúk szállítják. A vészolajszivattyú biztosítja a megfelelő olajellátást a segédüzemi olajszivattyúk

meghibásodása esetén. Az olajnyomóvezeték védőcsővel (cső a csőben kialakítás) van ellátva, ami megakadályozza az olaj turbinagépházba való kijutását.

*Turbina szabályozóolaj-rendszer*

A rendszer feladata nagy nyomású szabályozóolaj biztosítása a turbina gyorszár és szabályozó szelepei szervomotorjainak, valamint a turbina védelmi blokk elektrohidraulikus egységének működtetéséhez. A rendszer 1400 liter szabályozóolajjal üzemel, amihez évente kb. 10-12 liter utántöltés szükséges.

*Turbina tömszelencegőz-rendszer*

A turbina tömszelencegőz-rendszer feladata a gőz kifújásának megakadályozása a turbinából (a turbinagépházba), valamint levegő beszívásának megakadályozása a turbina vákuum alatti berendezéseibe normál üzemállapotban.

## Generátor segédüzemi rendszerek

A turbógenerátornak nagy üzembiztonsággal és magas rendelkezésre állással kell működnie. Ehhez segédrendszerekre van szüksége, amelyek biztosítják számára a megfelelő hűtést és a kenőolajellátást.

*Generátor tengelytömítések olajellátórendszere*

Hidrogénhűtésű turbógenerátoroknál a csapágy kenőolajrendszeréhez csatlakozva a tengelyzárak olajellátását külön rendszer biztosítja. Ennek az olajellátórendszernek a feladata a turbógenerátor mindkét végén kialakított tengelyzár olajjal való ellátása, a hidrogén generátorházból való szivárgásának megakadályozása és az olaj hűtése és gáztalanítása.

*Generátor gázellátórendszer*

A turbógenerátor gázellátórendszer feladata a generátornak üzemmódtól függően gázzal (hidrogén, nitrogén vagy levegő) való feltöltése, a gáz előírt nyomásának tartása (megfelelő tisztaság és páratartalom mellett), a feltöltés utáni ellenőrzések és beavatkozások lehetővé tétele, valamint a gáz hűtése és a generátor gáztöltetének leürítése. A gázellátórendszer részét képezi a hidrogén vészleürítő-rendszer, amely a turbinacsarnok tetején kivezetett csővezetéken keresztül képes biztosítani a hidrogénnyomás gyors csökkentését.

*Generátor állórész-tekercselés hűtővízrendszere*

A tekercshűtővíz-rendszer feladata a turbógenerátor állórész-tekercselés hűtése, az abban folyó sótalan víz keringtetése révén, valamint biztosítja a sótalan víz hőmérsékletének és vezetőképeségének folyamatos ellenőrzését.

## Kondenzátorba redukáló rendszer

A turbinát és a generátort érintő üzemzavarok esetén a főgőzrendszerből a turbina megkerülésével a gőzt a kondenzátorba vezeti.

## Háziüzemi gőzrendszer

A rendszer magába foglalja a segédgőzkollektort, a segédgőzrendszeri redukáló szelepet, a biztonsági szelepeket, csővezetékeket és szelepeket. A háziüzemi gőzrendszer feladata a turbinagépház fogyasztóinak gőzellátása, a távhőrendszer, a létesítményfűtési rendszer, az

üzemi gőzfogyasztók és szükség estén a szomszédos blokk gőzellátása. Normál üzemben a háziüzemi gőzrendszer betáplálása a turbina 5-ös megcsapolásáról (10,3 bar) érkezik, de két redukáló szeleppel frissgőzről történő ellátás is megoldható. A blokkokat összekötő segédgőzvezetéken keresztül lehetséges a szomszédos blokk indítása során szükséges gőzmennyiség biztosítása, amire a villamosfűtésű segédkazán is képes gőzt betáplálni.

# 11. FEJEZET – RADIOAKTÍVHULLADÉK-KEZELÉS

A fejezet ismerteti a normálüzemre vonatkozó és az attól eltérő üzemállapotokban keletkező radioaktív hulladékok kezelésére, elhelyezésére vonatkozó műszaki megoldásokat, figyelembe véve Magyarország érvényes nemzeti politikájában és nemzeti programjában foglaltakat is.

Bemutatja a fejezet az erőmű élettartama alatt keletkező radioaktív hulladékok biztonságos kezelését szolgáló megoldások és intézkedések megfelelőségét. A tervezési követelményeknek megfelelően meghatározásra kerülnek a szilárd, folyékony és gáz halmazállapotú hulladékok forrásai, mennyisége, illetve keletkezésük üteme. A fejezet minden erőművi üzemállapotot figyelembe véve kitér továbbá a különböző aktivitású radioaktív hulladékok minőségére, formájára, a hulladékok feldolgozási, tárolási és szállítási módszereire. Megadja azokat a megoldásokat is, amelyekkel minimalizálható az erőmű élettartama alatt keletkező radioaktív hulladékok összmennyisége.

Az üzemidő során keletkező szilárd radioaktív hulladékok tervezett feldolgozásának folyamata és lépései a következők:

- Már a keletkezés helyén szétválasztásra kerülnek a radioaktív és nem radioaktív hulladékok, hogy csak a speciális kezelést igénylő hulladékáramok kerüljenek kezelésre a feldolgozó technológiában.
- A radioaktív hulladékokat két csoportba sorolják aszerint, hogy tömöríthetők (pl. szennyezett munkaruhák, egyéni védőeszközök, szellőzőrendszerek kimerült szűrőbetétjei) vagy nem tömöríthetők (pl. felületükön radioaktív anyagokkal szennyezett, nem javítandó, szétszerelt berendezések).
- A tömöríthető radioaktív hulladék térfogatcsökkentése 20000 kN nyomóerejű nagynyomású préssel fog történni, amely tizedrészére csökkenti a hulladékok térfogatát. Ez azt jelenti, hogy 10 hordónyi keletkező hulladékból a préselést követően egy hordónyi, a végleges radioaktív hulladéktárolóban elhelyezhető radioaktív hulladék jön létre. Fontos tény továbbá, hogy a keletkező szilárd radioaktív hulladékok 80-85%-a tömöríthető lesz, így a fentieket figyelembe véve jelentősen csökkenthető a végleges tárolóban elhelyezendő hulladék mennyisége.
- A nem tömöríthető hulladékok acél konténerekbe kerülnek. A konténerben rendelkezésre álló tárolótérfogat lehető legnagyobb arányban történő kihasználása érdekében a hulladékdarabok közti „üres” helyeket cementezett folyékony radioaktív hulladék hozzáadásával töltik ki.

A folyékony radioaktív hulladékokat kezelő rendszerek feladata az erőmű üzemeltetése során keletkező radioaktívan szennyezett hulladékvizek, valamint kis mennyiségű szennyezett szerves oldószerek és olajok szelektív gyűjtése, tárolása és kezelése. Ennek az összetett műszaki

kihívásnak a tervek az alábbi folyékony radioaktív hulladékot kezelő funkciók betervezésével tesznek eleget:

- hulladékvizek szelektív gyűjtése,
- folyékony radioaktív hulladék tárolása,
- folyékony radioaktív hulladékok kezelése térfogatcsökkentő bepárlással és ioncserés tisztítással,
- folyékony radioaktív hulladék szilárdítása vasbeton konténerekben történő cementezéssel.

Az évente keletkező több ezer köbméter híg, folyékony radioaktív hulladék a korszerű és hatékony technológiával történő kezelés eredményeként mindösszesen 25 db 1,5 $m^3$-es konténerben kerül elhelyezésre a bátaapáti Nemzeti Radioaktívhulladék-tárolóba.

A feldolgozott kis és közepes aktivitású szilárd radioaktív hulladék – amely szintén a Nemzeti Radioaktívhulladék-tárolóba kerül – éves mennyisége nem több mint 60 $m^3$ blokkonként.

# 12. FEJEZET – SUGÁRVÉDELEM

A fejezet a sugárvédelem tervezési kérdéseivel foglalkozik. Az atomerőművek üzemeltetése során radioaktív anyagok keletkeznek, amelyek ionizáló sugárzás kibocsátásával a személyzet sugárterhelését okozzák. Az ionizáló sugárzás elleni védelem a biztonságos üzemeltetés egyik alappillére, így a munkavállalók és a lakosság védelmére is nagy hangsúlyt fektetünk.

A blokkokban alkalmazott műszaki intézkedések eredményeként a munkavállalók és a lakosság sugárterhelése messze a hatósági korlátok alatt marad. Az atomerőmű normálüzemi működéséből prognosztizált, lakosságot érintő 60 nSv/év dózisjárulék rendkívül alacsony, nagysága átlagosan egy órányi szabadban tartózkodás természetes eredetű dózisjárulékával összemérhető, tehát egészségügyi kockázatok tekintetében elhanyagolhatónak tekinthető.

A fejezet a sugárvédelem általános alapelveit, a sugárvédelem politikáját, stratégiáját, módszereit és technológiai megoldásait ismerteti. A fejezet bemutatja mind a munkavállalói, mind pedig a lakossági sugárvédelmi intézkedéseket, az erőmű különböző üzemállapotaihoz rendelve azokat.

A fejezetben található leírások tartalmazzák az erőmű tervezése során figyelembe vett sugárvédelmi megoldások rövid leírását, és bemutatják, hogy miként vettük figyelembe a sugárzások elleni alapvető védelmi intézkedéseket az üzemeltetésre való felkészülés jelenlegi tervezési szakaszában. Ebben a dokumentumban igazoljuk azt is, hogy a radioaktív források folyamatos ellenőrzés alatt tartásával olyan üzemviteli és adminisztratív megoldásokat dolgozunk ki, amelyek garantálják a munkavállalói és lakossági sugárterhelés korlátokon belüli észszerűen elérhető legalacsonyabb szinten tartását (ALARA-elv).

A fejezet több alfejezetből áll. Az első alfejezet az észszerűen elérhető legalacsonyabb sugárterhelési szint biztosításával foglalkozik, bemutatva:

- az általános sugárvédelmi irányelveket
- a vezetői elkötelezettséget
- a tervezési megoldásokat
- az üzemviteli megoldásokat

A következő alfejezet az ionizáló sugárzás forrásaival foglalkozik. Itt mutatjuk be a sugárforrásokat, úgy a hordozható, mint a helyhez kötött forrásokat, valamint a potenciális jelenlévő légnemű radioaktív anyagok okozta ionizáló sugárzást. Itt kell bemutatni a lehetséges besugárzási útvonalakat is. Külön alfejezetekben foglalkozunk:

- a szilárd és folyékony radioaktív anyagok által okozott ionizáló sugárzással,
- a légnemű radioaktív anyagok okozta ionizáló sugárzással

A sugárvédelem tervezési részleteit is bemutatja egy alfejezet különös tekintettel:

- a létesítménytervezési tulajdonságokra
- az árnyékolás kialakításra
- a szellőzésre
- a telepített sugárzás- és aeroszolfigyelő rendszerre
- a szervezeti és adminisztratív sugárvédelmi intézkedésekre.

Ugyancsak külön alfejezetet kapott a dózisszámítások bemutatása, amely részletekbe menően tárgyalja az atomerőmű üzemállapotaiban kialakuló sugárzási tereket és a munkavállalókat, valamint a lakosság tagjait potenciálisan érintő dózisok mértékét. A hatósági dóziskorlátok, valamint az üzemi dózisszabályozó adminisztratív és gyakorlati intézkedések bemutatása is ennek az alfejezetnek a feladata.

Az atomerőmű sugárvédelmi programját megvalósító adminisztratív szervezetet, a berendezéseket, mérőműszereket és létesítményeket, valamint az ehhez kapcsolódó eljárásokat bemutató alfejezet részletesen az alábbi témákkal foglalkozik:

- a programot megvalósító szervezet felépítése és kialakítása
- telepített sugárvédelmi ellenőrző rendszer létesítése
- mintavételes sugárvédelmi ellenőrző rendszer üzemeltetése
- sugárvédelmi eljárások, módszerek megvalósítása

A fejezet záró alfejezete olyan elemzéseket és értékeléseket mutat be, amelyek igazolják, hogy a fejezetben leírt rendszerekkel, valamint a műszaki és adminisztratív megoldásokkal a sugárvédelemmel kapcsolatos tervezési célok és hatósági követelmények teljesülnek.

# 13. FEJEZET – AZ ÜZEMELTETÉS IRÁNYÍTÁSA

Ez a fejezet mutatja be, hogy a Paks II. Zrt. jelenlegi szervezeti felépítése hogyan alakul át irányított módon, a nukleáris biztonsági előírásokat a létesítési fázisokhoz igazodva teljesítő atomerőmű-üzemeltető szervezetté. A kiinduló állapot a jelenlegi szervezeti struktúra, míg a végpont az, amikor már mindkét blokk üzemel és a szervezet a Szabványos Nukleáris Működési Modell (SNPM) szerint látja el fő feladatát.

Az irányítási rendszer felépítése, a szervezet létszáma és az üzemeltetői képességek aszerint változnak, hogy a projekt melyik szakaszában mi a feladat. A projekt jelenlegi szakaszában – a létesítésiengedély-kérelem beadása – a létszám és a képességek az engedélyezési, felkészülési és előkészítési feladatokhoz illeszkednek. A projekt előre haladásával ez változik, és végül eléri a blokkok biztonságos és gazdaságos üzemeltetéséhez tervezett 1060 fős (0,42 MW/fő), az üzemeltetési feladatokra felkészült üzemeltetői létszámot. A projekt az üzemeltető létszám és

képességek tekintetében jól elkülöníthető szakaszokra tagolódik. Az egymást követő projektszakaszoknál a szervezetek megnevezése helyett azok funkcionális feladatait célszerű bemutatni. A bemutatott szakaszok és a szükséges létszámok a következők:

- *Létesítésiengedély-kérelem előkészítése* (előző szakasz)
  Jelenleg adott a projekt létszáma, a feladat pedig a létesítési engedély határidőre történő benyújtása, melyhez minden szervezetnek a maga területén hatékony együttműködést kell kialakítania a Fővállalkozóval.

- *A létesítésiengedély-kérelem beadása utáni időszak* (jelenlegi időszak)
  Fel kell készülni a megfelelő létszám biztosítására, figyelembe véve azon potenciális fiatal munkavállalókat, akik megfelelő végzettségűek és ezt a munkát szívesen végzik. A munkavállalói korfa alakulását is szem előtt kell tartani az elkövetkező minimum 10 évre vonatkozóan. A már itt dolgozók feladatai a gyártási, beszerzési, építési és vízjogi engedélyek megszerzése, átadott dokumentumok egyeztetése, illetve a betanulás, az alap- és speciális ismeretek megszerzése.

- *Építkezés, szerelés* (közbenső szakasz)
  A főbb feladatok a helyszíni átvétel és minőségellenőrzés, valamint az alvállalkozói tevékenységek felügyelete. A létszámra nincs pontos meghatározás, a WANO ajánlását vettük figyelembe egy közbenső állapotot véve viszonyítási pontnak – ez a rektorépület alapjának „első beton”-ja –, így határoztunk meg a létszámot. Az építkezés alatt a majdani üzemviteli, karbantartó és műszaki támogató személyzet betanítása történik mind elméleti, mind gyakorlati téren, utóbbi egy része például a szimulátorépületben.

- *Üzembe helyezés előkészítése* (kezdeti felkészülési szakasz)
  Ebben az időszakban az 5-ös blokk teljes üzemviteli és karbantartó személyzetének befejeződik a képzése. A műszaki terület végzi a berendezések helyszíni átvételét.

- *Inaktív üzembe helyezés* (egyéni próbák, mosatások, kifúvatások szakasza)
  A berendezések és rendszerek egyéni lepróbálása történik az üzembe helyezési munkaprogram és az előzetes kezelési utasítások szerint. Ezalatt történik a személyzet gyakorlati tapasztalatának megszerzése, a berendezések indulása, leállítása, egyéni tesztek végzése, előkészítés a karbantartásra, valamint annak végzése. A fázis végére meg kell szerezni minden, biztonság szempontjából kiemelt munkakörnek a szükséges jogosítványokat.

- *Aktív üzembe helyezés* (üzemi tesztek, melegjáratás, MET, azaz minimálisan ellenőrizhető teljesítmény, terhelések szakasza)
  Ebben az időszakban történik az első aktív zóna berakása és annak ellenőrzése, a kritikusság elérése, az elvégzett üzemi tesztek alapján a blokk felterhelése és közben egyes szinteken az előírt próbák végzése.

- *5. blokk üzemel, 6. blokk üzembe helyezés* (üzemeltetés mellett üzembe helyezés végzése szakasz)
  Ebben az időben, az egyik blokk teljesítményen üzemel, míg a 6-os blokk személyzete végzi a gyakorlati betanulást, a korábban említett fázisokban. Ebben a szakaszban a

létszám közel hasonló, mint az utolsó szakaszban, annyi különbséggel, hogy itt a műszaki támogató szervezet egy része már az üzemvitelhez tartozik, míg másik része folytatja az üzembe helyezést.

- *Mindkét blokk üzemel* (üzemeltetés szakasz)
  Mint minden atomerőműben, az ún. INPO-(Institute of Nuclear Power Operations) modell szerinti működés folyik, ehhez van igazítva a szervezeti felépítés.

Az Előzetes Biztonsági Jelentés jelen fejezete még a következőket tárgyalja a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok előírásainak megfelelően:

- Személyzet képzése, annak formái. A tudásszint ellenőrzésére, fejlesztésére használt módszerek és ajánlások. Ezek kidolgozásának célja, hogy a Paks II. Zrt. rendelkezzen megfelelő létszámú, magasan képzett szakemberrel.
- Az oktatóközpont, azon belül a teljes léptékű szimulátor kialakítása, követelményei, validálásának és verifikálásának menete, az alkalmazott gyakorlatok kidolgozása. Az üzemviteli szokványos és eltérő műveletek gyakorlása.
- Karbantartás és javítás kialakítása. A berendezésmegbízhatóság és állapotorientált karbantartástervezés, azok előnyei, hátrányai és alkalmazásának területei.
- Öregedéskezelés, a rendszerek- és rendszerelemek élettartam alatti változáskezelése. A berendezések cseréjére, készletfelhalmozására tett programok készítése.
- A friss fűtőelemkötegek és a kiégett fűtőelemkötegek tárolása, kezelése, szállítása és elhelyezése.
- A zóna átrakására, kirakására és berakására vonatkozó előírások, a biztonsági fegyelem betartása, belső és külső munkavállalók előírásai, valamint a tisztaszerelés követelményei.
- Külső és belső üzemviteli tapasztalatok hasznosítása, az események dokumentálása és a javító intézkedések visszaellenőrzése.
- Az Engedélyes biztonság felügyeletére kijelölt független szervezetének felülvizsgálatai, auditálások. A kijelölt szervezet jogai, kötelességei, valamint a vizsgált, auditált terület feladatai.
- A személyzetre vonatkozó munka- és foglalkozásegészségügyi eljárások, valamint egyéb előírások (sugárvédelmi, dokumentációs igazgatási eljárások).
- Üzemi eljárások. A normál üzemállapotok, várható üzemi események, tervezési üzemzavarok és tervezésen túli (nagyon kis valószínűségű) üzemzavarok kezelésének ismertetése. Ezekben az üzemi eljárásokban a blokkvezénylői személyzet, támogató személyzet és a balesetelhárító szervezet feladatainak részletes ismertetése, valamint az alkalmazott dokumentációk és a rendelkezésükre álló ellenőrző rendszerek.

# 14. FEJEZET – ÜZEMBE HELYEZÉS

Az új blokkokhoz készült jelen fejezet a VVER-1000-es típusú erőművek és a referenciaerőműként szolgáló VVER-1200-es típusú Leningrád II. Atomerőmű üzembe helyezése során szerzett tapasztalatokra épül.

A fejezet bemutatja a teljes üzembe helyezési folyamatot a fő üzembe helyezési szakaszokon és alszakaszokon keresztül. Minden szakaszban és alszakaszban megjelenik a Fővállalkozó és a Paks II. Atomerőmű Zrt. szerepe és kötelezettsége a teljes üzembe helyezés alatt.

Az új blokkok üzembe helyezési időszakában először az üzemanyag nélküli vizsgálatokat kell elvégezni a blokki rendszereken és berendezéseken.

A nukleáris üzemanyagot nem tartalmazó reaktor mellett végzett üzembe helyezés során, az elvégzendő üzembe helyezési munkák egymást követő szakaszokra lettek osztva:

- „A” szakasz Előkészítési szakasz (üzembe helyezés előtti munka);
- „B” szakasz Berendezések és rendszerek egyedi funkciópróbája;
- „C” szakasz Üzemeltetés előtti tesztek.

Az üzemanyaggal végzett vizsgálatokra való áttérés csak az üzemanyag nélküli vizsgálatok elvégzése és a blokki rendszerek, berendezések üzemkészségének, valamint a tervekben megadott jellemzők szerinti megfelelőségének igazolása után lesz megengedhető.

Azokban a szakaszokban, amelyek végrehajtásakor nukleáris üzemanyagot tartalmaz a reaktor, már a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok üzemeltetésre vonatkozó követelményei érvényesek, tehát a Paks II. Atomerőmű Zrt. személyzete, folyamatai, eljárásai és a támogató infrastruktúra az erőmű biztonságos üzemeltetéséhez szükséges állapotban vannak:

A fizikai indítás szakaszai a következők:

- „D” szakasz: Üzemanyag-berakás és szubkritikus tesztek
- „E” szakasz: Fizikai indítás és alacsony teljesítményű tesztek

Az energetikai indítás, ideértve a következő szakaszt:

- „F” szakasz: Teljesítménytesztek

Az erőművi blokk üzemeltetése alapüzemmódban névleges teljesítményen:

- „G” szakasz: Próbaüzem
- „H” szakasz: Garanciális tesztek

A fejezetek bemutatják az üzembe helyezéshez szükséges szabályzatokat, eljárásrendeket, tesztelési és vizsgálati programokat, beleértve a folyamatban résztvevők felelősségének és szerepének megjelenítését is. Ismertetik a munkavégzéshez szükséges ideiglenes anyagokat és felszereléseket, mint pl. vakperemek, provizóriumok, szűrők, mérőműszerek és szerkezetek.

A fejezetben megjelenik a tesztelési folyamathoz tartozó dokumentációk elkészítésének és jóváhagyásának, továbbá a tesztelés során szükséges eltéréskezelési és javítási folyamatoknak a leírása, kiegészítve az adott folyamathoz tartozó szervezet kötelezettségeivel.

Bemutatásra kerülnek a Fővállalkozó más erőművek létesítése és üzembe helyezése során szerzett tapasztalatai, és azok hasznosításának módja is az 5. és 6. blokk üzembe helyezésében.

A fejezet tartalmazza az üzembe helyezés folyamatát irányító szervezet és a folyamatban részt vevő csoportok, bizottságok, hatóságok és azok felelősségi köreinek ismertetését. A Fővállalkozó irányítása, felügyelete és felelőssége mellett az Engedélyes üzemviteli – és részben a karbantartó – személyzete végzi a berendezések és rendszerek üzemviteli és karbantartási műveleteit, így megszerzi a blokkok későbbi üzemeltetéséhez szükséges készségeket és gyakorlati tapasztalatokat.

# 15. FEJEZET – BIZTONSÁGI ELEMZÉSEK

## A biztonsági elemzések célja

A fejezet elsődleges célja az atomerőmű biztonságos üzemeltethetőségének, továbbá az erőmű rendszerei és rendszerelemei megfelelőségének igazolása determinisztikus biztonsági elemzésekkel. Ennek eszközei az atomerőművet, illetve annak egyes részeit modellezni képes számítógépes kódokkal végzett modellszámítások. Ezen erőművi modellekkel szemben alapvető elvárás, hogy a megalkotásukhoz használt bemenő adatok összhangban legyenek az erőmű terveivel, ugyanis az elemzéseknek ezek megfelelőségéről kell információt szolgáltatniuk. A tervekkel való összhang azt jelenti, hogy az erőmű rendszereinek és rendszerelemeinek fizikai jellemzőit, továbbá ezek működési módozatait és a működésükre jellemző paramétereket az elemzési modellek a lehető legpontosabban reprodukálják. Fontos továbbá, hogy az elvégzett modellszámítások akár független módszerekkel, alternatív számítógépes kódokkal is megismételhetők. Erre azért van szükség, mert – bár az elemzésekhez használt szoftverek verifikáltak és validáltak, azaz biztosított, hogy az elemzési célok szempontjából megbízható és a valóságot kellő mértékben reprodukáló eredményt szolgáltatnak – az atomerőmű és az ott lejátszódó folyamatok bonyolultságából adódóan az elemzések minden esetben bizonyos közelítéseket, a modellek pedig egyedi elemzői megfontolásokat tartalmaznak. Az elemzések független elvégzése, a tervezői elemzések engedélyesi és független szakértői felülvizsgálata mellett további biztosítékot szolgáltat az eredmények megfelelőségére. Ennek biztosítása érdekében a fejezet a tervezői elemzések és azok eredményeinek ismertetése mellett közvetlenül tartalmazza vagy meghivatkozza mindazon információkat, amelyek az elemzések független megismétléséhez, továbbá az erőművi tervekkel való összhang ellenőrzéséhez szükségesek.

## A biztonsági elemzések terjedelme

Az atomerőmű a normálüzemi működés során is keresztülmegy olyan állapotváltozásokon, amelyek során a nukleáris biztonság megfelelő szintjének fenntartását biztosítani szükséges. Ilyen állapotváltozások lehetnek pl. az erőmű fel- és leterhelési folyamatai, amelyek során a már említett modellszámításokkal szükséges igazolni, hogy az erőmű az előírt üzemeltetési feltételek és korlátok által meghatározott viselkedéssel jellemezhető. Ezek a normálüzemi elemzések a fejezet önálló alfejezetét alkotják. A nukleáris biztonság szempontjából ugyanakkor az olyan – normálüzemtől eltérő – állapotok bírnak kiemelt jelentőséggel, melyek az úgynevezett feltételezett kezdeti események során állnak elő és az erőmű valamilyen meghibásodását, abnormális működését reprezentálják. Ezen állapotok jelentősége, hogy az erőmű nem megfelelő válaszreakciója esetén a megengedettnél nagyobb radioaktív kibocsátáshoz vezethetnek. A fejezet túlnyomórészt ezen feltételezett kezdeti események elemzésével, illetve a már említett elemzési adatok, megfontolások bemutatásával foglalkozik.

Amikor az atomerőmű a kezdeti esemény hatására a normálüzemitől eltérő állapotba kerül, továbbra is szükséges az alapvető biztonsági funkciók, azaz a reaktivitásszabályozás, a hőelvitel és a radioaktív anyagok visszatartásának megfelelő biztosítása. A kezdeti esemény jellegétől és súlyosságától függően az atomerőmű bizonyos jellemzői olyan irányban változnak meg, ami a nukleáris biztonságot sértő folyamatot indít el, ezért azt hatékonyan és a lehető legyorsabban kezelni szükséges és az erőművet ellenőrzött állapotba szükséges hozni. Egy kezdeti eseményt követően ez akkor teljesül, ha biztosított a reaktivitás szabályozása, az aktív zónából és a kiégett

fűtőelemeket tároló pihentetőmedencéből a hőelvonás, továbbá a radioaktív kibocsátási határértékek betartása. Amennyiben ezt követően nem lehetséges az erőmű normálüzemi állapotba történő visszatérése, az erőművet biztonságos leállított állapotba kell hozni és a szükséges ideig ott kell tudni tartani.

A fejezetben bemutatott elemzések demonstrálják, hogy az erőmű minden egyes kezdeti esemény során képes a kialakult kiinduló állapotot követően az említett ellenőrzött állapot, majd ezt követően a biztonságos leállított állapot elérésére a megfelelő szubkritikusság és a maradványhő stabil és hosszan tartó elvitelének biztosítása mellett úgy, hogy a radioaktív kibocsátás nem haladja meg a hatóság által megszabott értéket. Az erőmű kezdeti eseményre adott reakcióját a betervezett passzív és aktív biztonsági rendszerek tulajdonságai, működésbe lépésük feltételei, illetve szükség esetén kezelői beavatkozások határozzák meg. Utóbbiak vonatkozásában fontos követelmény, hogy a biztonsági elemzések elvégzése során kezelői beavatkozást csak megfelelő idő eltelte után szabad figyelembe venni. Többek között a kezdeti eseményt követő 30 percben a blokkvezénylőben lévő személyzet semmiféle beavatkozása sem vehető figyelembe. A kezdeti esemény kezelésének enélkül kell megtörténnie, ezzel csökkentve az emberi hiba lehetőségét és igazolva, hogy az erőmű autonóm módon, az alkalmazott tervezési megoldások révén képes a megfelelő válaszreakcióra.

A fejezet véges számú feltételezett kezdeti eseményt vizsgál. Ezek listájának meghatározása a hazai jogszabályi előírásokon, a nemzetközi ajánlásokon, illetve a hasonló erőművek kapcsán szerzett tervezői és üzemeltetési tapasztalatokon alapul. A feltételezett kezdeti eseményeknek számos kiváltó oka lehet, származhatnak az atomerőmű területén vagy annak környezetében jelentkező, akár emberi, akár természeti eredetű veszélyeztető tényezőkből, az atomerőmű emberi hibából eredő nem megfelelő üzemeltetéséből vagy akár rendszerek és rendszerelemek spontán meghibásodásából. A gyakorlatban az egyes kiváltó okok ugyanarra a kiinduló állapotra is vezethetnek, egy adott rendszer meghibásodása példának okáért ugyanúgy bekövetkezhet egy belső tűzeset vagy hibás karbantartás eredményeként, így amennyiben ezeknek az erőműre gyakorolt hatása megegyezik, a fejezet az úgynevezett burkolóelv alkalmazásával nem kezeli ezeket különálló kezdeti eseményként. A fejezet ugyanakkor így is több mint száz kezdeti esemény elemzését tartalmazza, közel ötezer oldal terjedelemben.

Az elemzések szempontjából a kezdeti események meghatározó jellemzője, hogy várhatóan milyen gyakorisággal következnek be, ez határozza meg ugyanis, hogy milyen szigorú tervezési és elemzési megfontolásokat kell alkalmazni rájuk. Amennyiben egy kezdeti esemény bekövetkezési gyakorisága $10^{-6}$/év értéknél gyakoribb, azaz a visszatérési gyakorisága legalább egymillió év, a tervezési alap részeként kell kezelni. A bekövetkezési gyakoriság növekedésével az elemzésekben egyre szigorodó előírások mellett történik meg a nukleáris biztonság igazolása. Az ennél kisebb gyakoriságú kezdeti események a tervezési alap kiterjesztésébe tartoznak, melyekre már kevésbé szigorú követelmények és ennek megfelelően eltérő elemzési módszerek is alkalmazhatók, de az erőmű ellenőrzött és biztonságos leállított állapotba kerülése ezekben az esetekben is biztosított és számításokkal igazolt. Utóbbi tekintetében kivételt képeznek a súlyosbaleseti elemzések, amelyek olyan nagyon kis valószínűséggel bekövetkező speciális állapotokat vizsgálnak, amelyek az alapvető biztonsági funkciók sérülése miatt mindenképpen az üzemanyag megolvadásával járnak. Ebben az esetben is fontos és igazolt, hogy az olvadt nukleáris üzemanyag és egyéb keletkező radioaktív anyagok a konténment belsejében maradnak, valamint a környezeti hatások nem haladják meg az előírt

mértéket. Fontos megjegyezni, hogy a fejezet több kezdeti esemény esetén is szigorúbb követelményeket alkalmaz a biztonság igazolásakor, mint ami a számított bekövetkezési gyakoriságából következne.

Az egyes kezdeti események az erőműre gyakorolt hatásuk jellegét tekintve is csoportosíthatók, úgynevezett reprezentatív csoportokba sorolhatók, bár ezek a korábban említett burkolóelv miatt esetenként átfedésben vannak egymással. A fejezet az egyes elemzéseket az előzőekben említett tervezési alapba és tervezési alap kiterjesztésébe eső kategóriák, illetve az egyes reprezentatív csoportok (pl. reaktivitás üzemzavarok, a fővízköri hűtőközeg mennyiségének csökkenésével járó események, fűtőelemkötegek kezelése és szállítása során bekövetkező üzemzavarok) szerinti struktúrában mutatja be.

## A biztonsági elemzések megfelelősége

A biztonsági elemzések fontos célja és kézzelfogható végeredménye az ún. elfogadási kritériumoknak való megfelelés igazolása. Utóbbiak olyan jól meghatározott fizikai jellemzőkhöz köthető határértékek, amelyek betartása esetén biztosított az adott üzemállapot során elvárható biztonságos erőművi válasz és a környezeti hatások korlátok alatt tartása. Az elfogadási kritériumok elsősorban a fizikai gátak védelméhez kötődnek, biztosítandó ezek épségének megőrzését elsősorban a maximális nyomás korlátozása és a hűthetőség fenntartása révén, hiszen a mélységben tagolt védelem elvét is figyelembe véve ezek felelnek a radioaktív anyagok környezetbe való kikerülésének korlátozásáért. A legszigorúbb elfogadási kritériumokat a várhatóan leggyakrabban bekövetkező események esetén szükséges alkalmazni, de minden üzemállapotban fontos szerepet kap a radioaktív kibocsátás korlátozása, illetve az ezekhez rendelt elfogadási kritériumok betartása, amelyek mellett a lakosság biztonsága garantálható. Az egyes kezdeti események esetén a lakosságot várhatóan érő sugárterhelés specifikus terjedési modellek segítségével kerül meghatározásra, amelyek az erőmű konténmentjén belül, illetve a potenciális kibocsátási pontokat követően a környezetben történő terjedést is figyelembe veszik. A lakossági dózisok számításával egy önálló alfejezet foglalkozik, az egyes erőművi üzemállapotokra külön-külön igazolva, hogy a lakosság sugárterhelése a megengedett határértékeken belül marad.

Az elfogadási kritériumoknak való megfelelőség igazolása során hangsúlyos szerepet kapnak a konzervatív elemzési megfontolások, amelyek célja, hogy az elemzéseket terhelő esetleges bizonytalanságokat kompenzálják, továbbá a potenciálisan előforduló legkedvezőtlenebb kezdeti és peremfeltételek esetére is igazolják a biztonságot, az észszerűen elérhető legnagyobb tartalékok biztosítása mellett. Ilyen elemzési megfontolások lehetnek az erőmű normálüzemi állapotában megengedett erőművi paraméterek közül a legkedvezőtlenebb kiválasztása vagy a kezdeti események kezeléséhez szükséges rendszerek további, a kezdeti eseményből nem következő meghibásodásainak feltételezése. Ezek a megfontolások lehetnek minden kezdeti esemény elemzésénél azonosak, pl. a számítógépes modellbe beépített konzervativizmus révén, de az egyes kezdeti események, sőt az egyes elfogadási kritériumok esetén egyedi megfontolásokra is szükség van, hiszen ami az egyik esetben konzervatív, az más esetben enyhébb feltételt jelenthet. A fejezet az alkalmazott konzervativizmusokat az általános elemzési megfontolásokat leíró alfejezeteiben, illetve a kezdeti események elemzési alfejezeteiben mutatja be.

A tervezési alap kiterjesztésébe tartozó, igen kis gyakorisággal bekövetkező kezdeti események elemzése során a hazai és nemzetközi gyakorlatnak megfelelően már a legjobb becslés módszere is alkalmazható, ez esetben az elemzések kezdeti és peremfeltételei, illetve a rendszerek rendelkezésre állása is realisztikusabb megközelítéssel veendő figyelembe. A tervezési alap kiterjesztésébe tartozó elemzések bemutatják, hogy a reaktorban elhelyezett fűtőelemek megolvadása elkerülhető a komplex üzemzavarokra dedikált biztonsági rendszerek működése révén, illetve szükség esetén kezelői beavatkozásokkal. Ennek ellenére fel kell készülni az üzemanyag megolvadásával és ennek következtében a reaktor súlyos károsodásával járó súlyos balesetek kezelésére is, amelyek vizsgálata a fejezet önálló alfejezetében történik. A szintén a tervezési alap kiterjesztéséhez tartozó súlyosbaleseti elemzések igazolják, hogy még az atomreaktor aktív zónájának megolvadása is legfeljebb korlátozott lakossági óvintézkedések meghozatalát igényli, köszönhetően az olvadt üzemanyag lokalizálását és hűtését, illetve a radioaktív kibocsátást korlátozó utolsó fizikai gát, a konténment épségének megőrzését biztosító tervezési megoldásoknak, továbbá, hogy az erőmű a súlyos baleset utáni biztonságos leállított állapotba vihető, biztosítva a zónaolvadék hosszú távú hűtését és a további kibocsátások megakadályozását.

Az egyes, a tervezési alapba vagy a tervezési alap kiterjesztésébe tartozó, akár súlyosbaleseti üzemállapotokhoz rendelt elfogadási kritériumok teljesülésének igazolásával a biztonsági elemzésekből az erőmű egészére vonatkozóan fontos megállapítás vonható le. A vonatkozó elemzési előírások betartásával készült biztonsági elemzések határértékeket meg nem haladó eredményei az erőmű biztonsági rendszereinek megfelelőségéről, és általában véve a mélységben tagolt védelem megfelelő alkalmazásáról szolgáltatnak bizonyítékot.

# 16. FEJEZET – ÜZEMELTETÉSI FELTÉTELEK ÉS KORLÁTOK

A Nukleáris Biztonsági Szabályzatok alapján a tervezési folyamat során meg kell határozni a rendszerek és rendszerelemek üzemeltetésének azon feltételeit és korlátait, amelyek betartása mellett igazolt, hogy az atomerőmű a tervezői célkitűzéseknek megfelelően és a nukleáris biztonsági követelményekkel összhangban üzemeltethető.

Az üzemeltetési feltételeket és korlátokat úgy kell meghatározni, hogy azok betartása mellett a tervezési üzemzavarokra vagy a komplex üzemzavarra vezető helyzetek megelőzhetők, a lehetséges üzemzavarok esetén a következmények enyhíthetők legyenek. A biztonsági korlátok meghatározásánál konzervatív megközelítést kell alkalmazni a biztonsági elemzések bizonytalanságainak figyelembevétele miatt.

A fenti követelményeknek megfelelően, az Üzemeltetési Feltételek és Korlátok (ÜFK) fejezet a rendszerek és rendszerelemek üzemeltetésének azon feltételeit és korlátait gyűjti össze, amelyek betartása mellett igazolt, hogy az atomerőmű a tervezői célkitűzések szerint és a nukleáris biztonsági követelményekkel összhangban üzemeltethető.

A fejezet öt alfejezetből áll:

*1. Alkalmazás*

Ez a rész bemutatja az üzemeltetési feltételek és korlátok kidolgozásának módját, azok hatályát, a módosítás szabályait és alkalmazhatóságának tartományát. Mindezen túl, röviden áttekintést ad arról a módszerről is, amelynek használatával meghatározták, mely rendszerek, rendszerelemek korlátozásait kell tartalmaznia az ÜFK-nak. Ebben az alfejezetben található az ÜFK-ban alkalmazott rövidítések és definíciók listája, valamint a dokumentum használatának, alkalmazásának szabályai.

Mivel az ÜFK-nak világos és egyértelmű utasításokat kell tartalmaznia a kezelők számára, ezt elősegítve, speciális formátumban készült. Ennek bemutatása ugyancsak ebben az alfejezetben található.

*2. Biztonsági korlátok*

Ez az alfejezet számszerűen tartalmazza a korlátozó paraméterek legfelső szintjét képviselő biztonsági korlátok értékeit.

*3. Az üzemeltetés korlátozó feltételei, védelmi határértékek, beavatkozások és ellenőrzési követelmények*

Az alfejezet számszerűen tartalmazza a korlátozó paraméterek értékeit és a rendszerek, komponensek üzemeltetési feltételeit. Meghatározza az ellenőrzés, karbantartás és javítás azon vonatkozó követelményeit, amelyek biztosítják, hogy ezek a paraméterek az elfogadható korlátok között maradnak és a rendszerek, komponensek biztonsággal üzemeltethetők.

Egyértelműen megfogalmazza azokat az intézkedéseket, amelyeket abban az esetben kell megtenni, ha az üzemeltetési feltételek és korlátok nem teljesülnének. Ugyancsak meghatározza a szükséges intézkedések megkezdésének idejét, valamint azok elvégzésére rendelkezésre álló időt.

*4. Adminisztratív követelmények*

Az ÜFK használatával kapcsolatos adminisztratív követelményeket tartalmazza ez az alfejezet. Megnevezi a blokkvezénylői személyzetet, mint az ÜFK elsődleges használóit, kiemelve a biztonsági kultúra iránti elkötelezettségük fontosságát a blokk üzemeltetése során.

Ugyancsak kiemeli, hogy az ÜFK biztonságos használatának érdekében biztosítani kell, hogy a személyzet minden olyan tagja, akinek feladata, hogy biztonságos üzemeltetési feltételeket és korlátokat használja, megfelelően legyen felkészítve az alkalmazásukra.

*5. Megalapozások*

Ebben az alfejezet bemutatja, hogy az üzemeltetési feltételek és korlátok milyen megalapozások, milyen biztonsági elemzések alapján lettek összeállítva. Minden egyes üzemeltetési feltételt és korlátot, valamint operátori beavatkozás megalapozását igazolni kell a vonatkozó háttérinformációk bemutatásával. Be kell mutatni azt is, mely üzemállapotokban alkalmazható az adott üzemeltetési feltétel vagy korlát. A megalapozások és igazolások köre

ebben a tervezési fázisban még nem lehet teljes, a jelen fázisban még hiányzó részek az ÜFK készítésének második szakaszában – az üzembe helyezési engedély iránti kérelem fázisában – lesznek majd teljes körűek.

Az ÜFK érvényessége az atomerőmű normálüzemi állapotára vonatkozik:

- teljesítményüzem,
- felterhelési folyamat,
- meleg készenléti állapot,
- meleg leállított állapot,
- hideg leállított állapot,
- átrakási állapot,
- próba és teszt állapotok.

Az ÜFK kialakítása három lépcsőben történik, az egyes lépcsők az úgynevezett létesítményszintű nukleáris biztonsági engedélyezésekhez kötődnek:

1. *Létesítési engedély – Előzetes Biztonsági Jelentés*
   Az üzemeltetési feltételek és korlátok előzetes bemutatása a műszaki terv és az Előzetes Biztonsági Jelentés figyelembe vételével.
2. *Üzembe helyezési engedély – Előzetes Végleges Biztonsági Jelentés*
   Az üzemeltetési feltételek és korlátok bemutatása és meghatározása (aktualizálva a megvalósítás során végrehajtott módosításokkal) figyelembe véve a kiviteli terveket, valamint az Előzetes Végleges Biztonsági Jelentéshez elkészült elemzéseket.
   Az üzembe helyezés megkezdésére készül el az üzemviteli személyzet részére közvetlenül biztosítandó Üzemeltetési Feltételek és Korlátok dokumentum.
3. *Üzemelési engedély – Végleges Biztonsági Jelentés*
   Az üzemeltetési feltételek és korlátok ellenőrzött/aktualizált bemutatása és részletes leírása az üzembe helyezési tapasztalatok alapján.

# 17. FEJEZET – IRÁNYÍTÁSI RENDSZER

A nukleáris létesítmény teljes életciklusa alatt (ami az épülő új atomerőművi blokkok esetében a telephelykutatás és -értékelés, tervezés, építés-szerelés, üzemeltetés, leszerelés) biztosítani kell, hogy a tevékenységek elvégzésére megfelelően kialakított, ellenőrzött és jóváhagyott, az adott életciklusban megvalósítandó tevékenységet megfelelő módon leíró irányítási rendszer álljon rendelkezésre.

Az irányítási rendszer kidolgozása, működtetése és fejlesztése során figyelembe kell venni a vonatkozó jogszabályi előírásokat, különösen az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény és a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 118/2011. (VII.11.) Kormányrendelet (továbbiakban Nukleáris Biztonsági Szabályzatok) előírásait.

A különböző életciklusokba való átlépést megelőzően az Engedélyesnek a következő engedély megszerzéséhez engedélykérelem formájában kell bemutatnia, hogy a következő életciklusra

vonatkozó követelményeket megismerte, valamint azok teljesítéséhez a szükséges intézkedéseket megtette.

A létesítési engedély megszerzése érdekében az irányítási rendszer bemutatása során a projekt sajátosságaihoz igazodóan kell bemutatni a projekt irányítási rendszerét. Ez egyaránt magába foglalja a Paks II. Atomerőmű Zrt. irányítási rendszerét és a Fővállalkozó által közösen kialakított irányítási rendszert.

A fejezetben be kell mutatni a kialakított szabályozási struktúrát, illetve hozzá kapcsolódva azt, hogy ezeken az előírásokon keresztül miként teljesülnek a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok vonatkozó követelményei.

Az irányítási rendszer bemutatásakor a különböző életciklus szakaszok mindegyikére ki kell térni:

- a tervezési szakaszra – mint a létesítési időszakot közvetlenül megelőző és megalapozó tevékenységeket – bemutatva a vonatkozó előírásokat, valamint ezek teljesülését,
- a létesítési időszakra – mint az engedély megszerzése szempontjából leginkább meghatározó tevékenységeket – itt is bemutatva a vonatkozó előírásokat és feladatokat, az azokkal kapcsolatos felkészültséget.

# 18. FEJEZET – EMBERKÖZPONTÚ TERVEZÉS - ERGONÓMIA

## Az ergonómiai tervezési program céljai és terjedelme

Az alfejezet ismerteti az ergonómiai tervezési program (Human Factors Engineering – HFE) célját és terjedelmét, valamint a program végrehajtásáért felelős HFE csoport felépítését, a programot végrehajtó szervezet tagjainak feladatait, felelősségét, az HFE program folyamatait és eljárásait.

## Az erőmű üzemeltetési tapasztalatainak felülvizsgálata

Az alfejezet bemutatja, hogy a paksi épülő atomerőműhöz hasonló erőművek és a referenciaerőművek üzemeltetése során azonosított HFE vonatkozású eltérések, események rendszeres elemzése és hasznosítása hogyan járul hozzá a létesítmény biztonsági színvonalának növeléséhez és az emberi hibák kockázatának minimalizálásához. Az alfejezet bemutatja, hogy a hazai és külföldi üzemeltetési tapasztalatokból miként kerülnek hasznosításra ergonómiával kapcsolatos biztonsági kérdések. Az alfejezetnek a meglévő üzemeltetési tapasztalatok felülvizsgálata mellett foglalkozik a jövőbeli üzemeltetési saját üzemviteli tapasztalatainak szisztematikus felülvizsgálatára való felkészüléssel is.

## Funkcionális követelmények elemzése és funkcionális hozzárendelés

A funkcionális elemzés az erőmű biztonsági céljainak teljesülése és az energiatermelési célok megfelelő teljesülése érdekében kerül végrehajtásra. A funkcionális követelmények elemzése során megvizsgálják az atomerőmű működési funkcióit, illetve azokat a lehetséges és szükséges automatikus vezérlési funkciókat, amelyeknek teljesülniük kell az üzemi funkciók megfelelő elvégzéséhez. Az automatikus vezérlési funkciók hozzárendelésre kerülnek a vezérlő funkciók

„ember” (a vezénylő operátorai) és „rendszer” (irányítástechnikai rendszer) között. A funkcióelemzés és hozzárendelés az atomerőmű minden üzemállapotára elvégzésre kerül.

### Feladatanalízis

A feladatelemzés célja a blokkvezénylői személyzet munkaterhelésének értékelése és az összetett emberi hibák magas kockázatával járó feladatok azonosítása, valamint a személyzet feladatainak végrehajtásához szükséges vezérlő berendezések, információk és támogatások meghatározása.

A feladatanalízis során meghatározták a funkció megvalósításhoz szükséges teendőket, továbbá az információs, ellenőrzési és feladattámogatási követelményeket. Az elemzés kiterjedt a reprezentatív és a fontos üzemeltetési, karbantartási, teszt-, felügyeleti és kommunikációs feladatokra, valamint a támogatási követelményeire, illetve az elemzésekben vizsgált üzemállapotokra. A feladatelemzés azonosítja azon tevékenységeket, amelyeket a személyzetnek el kell végeznie a feladataik végrehajtása során. A feladatelemzés eredménye biztosítja az ember-gép kapcsolat tervezésére vonatkozó követelmények alapjait és meghatározza a blokkvezénylői személyzet teljesítményére vonatkozó követelményeket, figyelemmel az emberi képességekre.

## 19. FEJEZET – VALÓSZÍNŰSÉGI BIZTONSÁGI ELEMZÉSEK

A Nukleáris Biztonsági Szabályzatok a lakosságra és az erőművi személyzetre vonatkozó sugárvédelmi korlátok mindenkori teljesülése érdekében más elvek és elemzések mellett előírja a biztonság valószínűségi alapú értékelését (PSA – Probabilistic Safety Assessment).

### A valószínűségi biztonsági elemzések ismertetése

A Nukleáris Biztonsági Szabályzatok a PSA elemzések eredményét képező különböző paraméterekre számszerű határértékeket tartalmaz. Így a PSA fő feladata, hogy a műszaki terv alapján ezeknek a kritériumoknak a teljesülését/nem teljesülését vizsgálja, az eredményekből következtetéseket vonjon le és visszacsatolást adjon a tervezési folyamathoz. A PSA elemzés ennek során:

- Megfogalmazza, hogy a nukleáris biztonság szempontjából egy üzemzavari folyamat aktuális fázisában mit tekintünk elkerülendő kedvezőtlen végállapotoknak. A végállapotok a sugárvédelmi céloknak megfelelően a radioaktív anyagokat a személyzettől, lakosságtól visszatartó utolsó gátak sérülése, így elsősorban a fűtőelempálca burkolatának sérülése, másodsorban a külvilágot a már bekövetkezett fűtőelemburkolat-sérülés radioaktív következményeitől védő konténment vagy funkciójának sérülése (az ezzel kapcsolatos kibocsátások).
- Feltárja, hogy melyek azok az események, amelyek a végeseményekhez vezetnének, ha az ilyen események kivédésére tervezett rendszerek, berendezések nem látnák el a funkciójukat vagy a szükséges emberi beavatkozások nem következnének be. Ilyen események lehetnek magában a technológiában bekövetkezők (pl. egy tartály kilyukadása), vagy bármilyen telephelyi, vagy telephelyen kívüli, emberi eredetű vagy természeti veszélyeztető tényező (pl. motorüzemanyagot szállító tartálykocsi

felrobbanása a telephely területén vagy egy tornádó erősségű forgószél). Amennyiben a technológián belüli, úgynevezett belső kezdeti eseménnyel van dolgunk, úgy ennek elemzése önmagában történik, amennyiben azonban veszélyeztető tényezőt azonosítunk (pl. egy reaktorépületi tüzet), akkor meg kell vizsgálni, hogy ez a primer esemény milyen önmagukban is értelmezhető kezdeti események együttes fellépését és az elhárítórendszerek milyen degradációját jelenti. Ez utóbbi esetben tehát nem egy önálló kezdeti eseménnyel van dolgunk, hanem egy kezdeti eseménycsomaggal.

- A ténylegesen lejátszódó fizikai folyamatok időbeli lefutását modellező, úgynevezett determinisztikus elemzések alapján meghatározza, hogy a végeseményeket kiváltani képes kezdeti események bekövetkezésekor az üzemzavari események milyen láncolata következhet be (eseményfák). Ezzel együtt meghatározza azt is, hogy ezeknek az eseményláncolatoknak az elágazásánál milyen feltételektől függ (sikerkritériumok), hogy az események láncolata egy kedvezőbb, vagy kedvezőtlenebb irányba fordul (pl. egy üzemzavari helyzetben a három betervezett szivattyúból mindháromnak kell-e üzemelni, vagy a sikerhez elegendő egy is közülük).
- Létrehozza a fenti sikerkritériumok teljesüléséhez szükséges berendezések meghibásodásait, a szükséges emberi tevékenységek elmaradását és ezek logikai kapcsolatait tartalmazó, úgynevezett meghibásodáslogikai modellt (hibafák), amelynek segítségével a megfelelő bemenő meghibásodási adatok rendelkezésre állása esetén kiszámolható, hogy egy-egy sikerkritérium milyen valószínűséggel nem teljesül. A meghibásodások modellezése az elvárt rendszerfunkciók elmaradásából visszafejtett kiterjedt komponens meghibásodási módok és következmények elemzésén alapulnak.
- Létrehozza a számszerű értékeléshez szükséges bemenő adatbázist (kezdeti esemény gyakoriságok, meghibásodási adatok, közös okú meghibásodások paraméterei, determinisztikus rendszer információk stb.).
- A minden üzemállapotra és a kezdeti események (veszélyeztető tényezőkhöz tartozó kezdetiesemény-csomagok) teljes körére elvégzi a számítást, számszerűsíti az eredményeket, majd azokat érzékenység és fontosság szempontból is vizsgálatnak veti alá.
- A kapott eredményeket összehasonlítja a Nukleáris Biztonsági Szabályzatokban található korlátokkal, értékeli a követelmények teljesülését, visszacsatolást ad a tervezésnek a kockázat csökkentésére, a kiegyensúlyozottság biztosítására.

## A PSA-val végzett elemzéstípusok

*1. szintű PSA elemzés*, amelynek során azt tekintjük sikernek, ha az üzemzavari eseménylánc végeredményeként a blokkot stabil ellenőrzött állapotba hoztuk és a fűtőelempálcák burkolatára érvényes konzervatív kritériumok eközben nem sérültek. Amennyiben a pálcákra vonatkozó kritériumok akár rövid időre is sérülnek, akkor úgynevezett fűtőelem-sérülésről, fűtőelemköteg-sérülésről, zónasérülésről, zónaolvadásról beszélünk. Ezek gyakoriságának számszerűsítése az 1. szintű PSA egyik fő feladata.

*2. szintű PSA elemzés*, amelynek során azokat az eseményláncokat elemeztük tovább, amelyek fűtőelem-sérüléssel végződtek az első szintű PSA eseményláncban. Ezeket a fűtőelem-sérüléssel járó eseményláncokat súlyos üzemzavarnak nevezzük és elemzésük célja a blokk biztonsági szintjének számszerűsítése (egyebek mellett a telephelyen kívüli súlyosbaleseti radioaktív kibocsátások gyakoriságának becslése). Ez a számítás a fűtőelem-sérülésből és ezzel egyidőben fennálló erőműsérültségi fokból indul ki. Az elemzés a különböző időbeli lefutású

és mértékű kibocsátások gyakorisági értékeinek meghatározásával zárul, kiegészítve a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok valószínűségi biztonsági kritériumaival történő összevetéssel, a következtetések levonásával és a tervezéshez szolgáltatott visszacsatolásokkal.

*Funkciók ellátása megbízhatóságának,* rendszerek megbízhatóságának elemzése. Ebbe a kategóriába tartozik például a maradványhő végső hőelnyelőbe vitele meghiúsulásának elemzése, amelynek gyakorisága nem haladhatja meg a Nukleáris Biztonsági Szabályzatokban megadott értéket, vagy azon villamos és irányítástechnikai rendszerek megbízhatósági elemzése, amelyekre ilyen elemzést a szabályozás előír.

## A PSA elemzések eredményeiből levonható következtetések és a kritériumok teljesítésére vonatkozó megállapítások

Az 5. és 6. blokkok Előzetes Biztonsági Jelentés keretében értékelt biztonságával kapcsolatban az alábbi – nemzetközi összehasonlításra is lehetőséget adó – megállapításokat lehet tenni:

1. Az atomerőmű jelentette teljes kockázat meghatározására, a vonatkozó kockázati célok és elfogadási kritériumok teljesülésének igazolására, a terv kiegyensúlyozottságának, egyenszilárdságának értékelésére, valamint a tervezési alap kiterjesztése megfelelőségének megítélésére a Nukleáris Biztonsági Szabályzatokban meghatározott módszerek és adatok alkalmazásával valószínűségi biztonsági elemzés készült. A valószínűségi biztonsági elemzés igazolta, hogy:

    a. nincs olyan egyetlen tényező, olyan kezdeti esemény, olyan potenciális nagykibocsátás-forrás, olyan baleseti folyamat, erőművi rendszer, berendezés vagy emberi beavatkozás, amely aránytalanul nagy mértékben járulna hozzá a teljes kockázathoz;

    b. a szakadékszél-effektus elkerülésére kellő tartalékok állnak rendelkezésre, azaz nincs a biztonságnak olyan összetevője, amelynek kismértékű változása a biztonság színvonalának rohamos romlásához vezetne.

2. Valamennyi feltételezett kezdeti eseményből kiinduló eseményláncra a zóna részleges vagy teljes megolvadásával járó esetek összegzett gyakorisága nem haladja meg a szabályozásban kritériumként előírt $10^{-5}$/reaktorév értéket, sőt annak csak mintegy 2 %-a körüli értékű.

3. A maradványhő végső hőelnyelőbe való elvitele funkció elvesztésének gyakorisága kisebb, mint $10^{-7}$/reaktorév. Ebből következően a maradványhő végső hőelnyelőbe való elvitele biztosított.
4. A nagy vagy korai radioaktív kibocsátással járó eseményeket gyakorlatilag ki lehet zárni. Ez azt jelenti, hogy nincs egyetlen olyan kezdeti eseményhez (kezdetiesemény-csomaghoz) tartozó nagy vagy korai kibocsátást eredményező eseménylánc sem, amely gyakoribb lenne, mint egy 60 millió évenként egyszer előforduló esemény, ami jócskán meghaladja a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok követelményét, ami 10 millió évnél ritkább átlagos előfordulást irányoz elő.
5. A korlátozott környezeti hatás kritérium túllépésének összesített gyakorisága valamennyi kezdeti esemény és üzemállapot figyelembe vételével:

$$2.20 \times 10^{-7}\ 1/\text{reaktorév}$$

Az érték maga azt jelenti, hogy üzemzavar következtében a környezeti hatását tekintve nem megengedhető mértékű radioaktív kibocsátás olyan gyakoriságú (ritka), mint bármilyen más, 4,5 millió évenként bekövetkező esemény. Ez a gyakoriságérték kisebb, mint a Nukleáris Biztonsági Szabályzatokban megfogalmazott $10^{-6}$ 1/reaktorév.

Összefoglalóan, a PSA elemzésekkel az Előzetes Biztonsági Jelentés fázisában alátámasztható volt, a biztonsági célok teljesülése, helyenként jelentős tartalékokkal.

# 20. FEJEZET – VESZÉLYHELYZET KEZELÉSE

A fejezet azon nukleáris biztonsági követelményeknek való megfelelést írja le, amelyek az atomerőműben fellépő nukleáris veszélyhelyzet kezelésére vonatkoznak. Paks II. Atomerőmű Zrt. veszélyhelyzeti készültségét a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok követelményei szerint, de az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszer előírásait is kielégítve kell kialakítani.

A fejezet részletes információt ad a hatóság számára annak elbírálására, hogy az atomerőmű kellően felkészült-e a veszélyhelyzetek kezelésére. A létesítés előrehaladtával természetesen ezek az információk és a veszélyhelyzetek kezelésére történő felkészül részletei tovább pontosodnak, mind az eszközök és eljárások, mind a nukleárisbaleset-elhárítási szervezet vonatkozásában.

A nukleárisbaleset-elhárítási szervezet kialakítása az egyik alapvető nukleáris biztonsági követelmény a nukleáris létesítményekkel szemben. A baleset-elhárítási szervezet feladata a veszélyhelyzetre történő felkészülés szervezése és koordinálása, biztosítja továbbá azon védelmi létesítmények és eszközök rendelkezésre állását, amelyek veszélyhelyzetekben a védekezés irányítását, valamint az üzemeltető személyzet védelmét biztosítják. Veszélyhelyzetben a baleset-elhárítási szervezet feladata a védekezés irányítása és a telephelyi veszélyhelyzeti feladatok végrehajtása.

A nukleárisbaleset-elhárítási felkészülés célja, hogy a rendkívül kis valószínűséggel fellépő veszélyhelyzetekben, mind az üzemeltető személyzet, mind a lakosság vonatkozásában biztosítsa, hogy az ionizáló sugárzás okozta determinisztikus egészségügyi hatások megelőzhetők, a sztochasztikus egészségügyi hatások pedig az észszerűen elérhető legalacsonyabb szinten tarthatók legyenek. A felkészülés további célja a társadalmi és gazdasági hatások minimalizálása. E célkitűzések elérése érdekében a következő főbb feladatok elvégzésére kell felkészülni:

- veszélyhelyzeti riasztás és értesítés;
- az ionizáló sugárzásból származó káros hatások megelőzése és enyhítése;
- a determinisztikus hatások megelőzése, a sztochasztikus hatások az észszerűen elérhető legalacsonyabb szintre történő korlátozása;
- személyek és a telephely sugárvédelmi ellenőrzése, a radioaktív szennyezettség mentesítése;
- a telephelyi óvintézkedések időben történő végrehajtása (elzárkózás, jód-profilaxis, kimenekítés, védőeszközök alkalmazása), eltűnt személyek felkutatása;
- műszaki beavatkozások a biztonságos állapot helyreállítására;
- környezet és az anyagi javak védelme;
- elsősegélynyújtás, a sugársérültek ellátása;
- a helyreállítási munkálatok irányítása.

A fenti feladatokat ellátó baleset-elhárítási szervezetet tervezetten a szomszédos nukleáris létesítmények (Paks II. Atomerőmű, Paksi Atomerőmű és a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója) közösen hozzák létre és működtetik.

A baleset-elhárítási szervezet irányítása veszélyhelyzetben a veszélyhelyzeti irányítóközpontból történik. A veszélyhelyzeti irányítóközpont fel lesz szerelve számítógépes eszközökkel, kommunikációs eszközökkel, jelentőrendszerekkel, továbbá a meteorológiai, sugárzási és radioaktív szennyezettségi viszonyok távméréseinek adatgyűjtőjével.

A veszélyhelyzeti irányítóközpont veszélyhelyzetben gyülekezési pontként is szolgál a baleset-elhárítási szervezetbe beosztott munkavállalók számára. A veszélyhelyzeti irányítóközpont telephelyen belüli elhelyezése biztosítja, hogy bármely veszélyhelyzetben könnyen megközelíthető legyen. A veszélyhelyzeti irányítóközpont veszélyhelyzeti működésének bármely okból történő ellehetetlenülése esetén, funkcióját a telephelytől távol, Paks városban kialakított tartalék veszélyhelyzeti irányítóközpont veszi át.

A veszélyhelyzeti irányítóközpontnak és a tartalék veszélyhelyzeti irányítóközpontnak egyaránt el kell látni az alábbi funkciókat:

- információt adni az atomerőmű blokkjainak biztonsági paramétereiről;
- kellő információt adni ahhoz, hogy a veszélyhelyzetet be lehessen azonosítani és osztályozni;
- lehetővé tenni a veszélyhelyzet lehetséges kialakulásának és továbbfejlődésének forgatókönyvei elemzését, és a lehetséges elhárítási tevékenységekre vonatkozó ajánlások kidolgozását;
- lehetővé tenni az erőművi blokk biztonsági szempontból fontos paramétereit tartalmazó hosszútávú archívumok és a sugárzási adatokat tartalmazó archívumok elemzését;
- információt biztosítani a sugárzási helyzet monitorozásához, az atomerőmű telephelyén belüli sugárzás és radioaktív anyagok emberekre és környezetre gyakorolt aktuális és várható hatásainak értékeléséről;
- információt adni az erőművi blokk ellenőrzött állapotba való visszaállítását célzó előkészítő és megalapozó megoldásokról, a veszélyhelyzet következményeinek csökkentésére, lokalizálására és enyhítésére;
- információt adni a személyzetnek az atomerőmű telephelyéről történő veszélyhelyzeti kimenekítést célzó tevékenységek végrehajtásáról;
- monitorozni a baleset-elhárítási tevékenységet;
- regisztrálni a fontos működési paramétereket.

Az atomerőműben bekövetkező veszélyhelyzetek következményeként fellépő sugárzási viszonyok nyomon követésére sugárzás-ellenőrzési rendszer, súlyosbaleseti állapotban a fontos technológiai paraméterek nyomon követésre súlyosbaleset-kezelési mérőrendszer kerül telepítésre. A sugárzási és a súlyosbaleseti paraméterek nyomon követhetők az erőmű operatív irányítóközpontjaiban, illetve a veszélyhelyzeti irányítóközpontban.

A veszélyhelyzeti felkészülés és működés alapdokumentuma a létesítési engedélyezés fázisában az előzetes Nukleárisbaleset-elhárítási és Intézkedési Terv (NBEIT). Az NBEIT határozza meg a baleset-elhárítási szervezet működési rendjét, tartalmazza a riasztás és értesítés eszközeit, követelményeit, az előkészített óvintézkedéseket, a baleset-elhárítási szervezet

felépítését és feladatait, a veszélyhelyzet-kezelésben résztvevők védelmét szolgáló intézkedéseket, valamint a veszélyhelyzeti felkészülés feladatait.

A baleset-elhárítási szervezetbe beosztott dolgozóknak rendszeresen oktatásokon, szakterületüknek megfelelő szakképzésen és veszélyhelyzet-kezelési gyakorlatokon kell részt venni. Az atomerőműben dolgozó – a baleset-elhárítási szervezetbe nem beosztott – munkavállalók is részesülnek oktatásban, hogy veszélyhelyzetben tisztában legyenek saját védelmüket szolgáló óvintézkedésekkel, veszélyhelyzeti kötelezettségeikkel és a veszélyhelyzetben követendő szabályokkal.

# 21. FEJEZET – AZ ATOMERŐMŰ ÉS BLOKKJAI ELŐZETES LESZERELÉSI TERVE

A fejezet az atomerőmű üzemeltetésének befejezését követően a létesítmény megszüntetésével, leszerelésével kapcsolatos nukleáris biztonsági követelményeknek való előzetes megfelelést mutatja be. Rögzíti a leszereléssel kapcsolatos alapelveket és meghatározza, hogy azok miként kerülnek átültetésre az előzetes leszerelési tervbe, amelyet már az erőmű tervezési időszakában el kell készíteni és a létesítésiengedély-kérelem részeként be kell nyújtani. Az előzetes leszerelési tervet a későbbiekben ötévente kötelező felülvizsgálni és újraértékelni annak érdekében, hogy a kor technikai, tudományos vívmányait és a leszerelési stratégiában történt esetleges változásokat figyelembe véve a lehető legkorszerűbb módon történhessen meg a nukleáris létesítmény elbontása.

A leszerelés fő célja a létesítmény lebontása, a radioaktív anyagok, hulladékok, alkotóelemek és szerkezetek eltávolítása annak érdekében, hogy a telephely beruházás előtti állapotának helyreállítása („zöldmezős” leszerelés), vagy ipari célú hasznosításra alkalmassá tétele („barnamezős” leszerelés) megtörténhessen.

A leszerelési tervet az Engedélyes készíti el és nyújtja be az engedélyező hatóságnak. A tényleges bontási munkálatokat egy öt évig tartó előkészítési szakasz előzi meg, amely alatt még üzemben kell tartani minden olyan berendezést és segédüzemi rendszert, amelyekre a folyamatos felügyelet miatt szükség van, illetve amelyek a reaktor és a fővízköri berendezések bontásához szükséges feltételeket biztosítják (pl. áramellátás, szellőztetés, levegőszűrés).

Ezzel párhuzamosan megkezdődik a nem nukleáris területek és létesítmények (pl. turbinacsarnok és egyéb segédrendszerek) bontása, melynek során a betonelemek bezúzásával keletkező törmelék újrahasznosítható (pl. útalapként).

Ezt követően történik meg a konténmenten belüli és az egyéb nukleáris technológiai épületekben található, felületén radioaktívan nem szennyezett, vagy térfogatában nem felaktiválódott berendezések (csövek, tartályok, szerelvények) elbontása, darabolása, beolvasztása és újrahasznosítása.

A következő lépés a felületükön radioaktívan szennyezett berendezések leszerelése, amelyhez különleges felkészülést és technológiát igénylő műveletek elvégzése szükséges. A radioaktív szennyeződés eltávolítása/szintjének csökkentése (dekontaminálása) távirányítású eszközök használatával fog történni.

Utoljára kerül sor a neutronsugárzás hatásának kitett, felaktiválódott és erősen szennyezett berendezések (pl. a reaktortartály és a reaktort körülvevő vasbeton akna) eltávolítására.

A leszerelési folyamatban keletkező hulladékok jelentős része nem radioaktív hulladék, kezelésük a normál ipari hulladékokkal azonos módon történik. A kis, közepes és nagy aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezése az erre a célra rendelkezésre álló vagy megépítésre kerülő végleges radioaktívhulladék-tárolókban lehetséges.

A leszerelés folyamata az eredeti környezeti állapot helyreállításával, vagy ipari célú hasznosítási körülmények kialakításával és a környezeti paraméterek megfelelőségének ellenőrzése után a terület felszabadításával zárul.

# RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK

ALARA – As Low As Reasonably Achievable (észszerűen elérhető legalacsonyabb szint)

ÁVIT – Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv

BHV – biztonsági hűtővízrendszer

EBJ – Előzetes Biztonsági Jelentés

FKP – Földtani Kutatási Program

HAKSER – Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Rendszer

HFE – Human Factors Engineering (ergonómiai tervezés)

INPO – Institute of Nuclear Power Operations

KKS – Kraftwerk-Kennzeichen System

kV – kilovolt

NAÜ – Nemzetközi Atomenergia-ügynökség

NBSZ – Nukleáris Biztonsági Szabályzatok

OAH – Országos Atomenergia Hivatal

OKSER – Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer

PSA – Probabilistic Safety Assessment (valószínűségi biztonsági elemzések)

RCM – Reliability Centered Maintenance (megbízhatóság alapú karbantartás)

SZBV – szabályozó és biztonságvédelmi

TBJ – Telephely Biztonsági Jelentés

ÜFK – Üzemeltetési feltételek és korlátok

ÜKSER – Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Rendszer

VVER – vízzel moderált, vízhűtésű energetikai reaktor

# IMPRESSZUM

**Felelős kiadó:**
Mittler István kommunikációs igazgató, igazgatósági tag, Paks II. Zrt.

**Felelős szerkesztő:**
Volent Gábor vezető engedélyezési szakértő, Paks II. Zrt.

**Fotók/ábrák:**
Paks II. Zrt. archívuma, Roszatom

**Kézirat lezárva:**
2020. június 23.

www.paks2.hu

PAKS II. ZRT.

## Elérhetőség

Paks II. Atomerőmű Zrt.
7030 Paks, Gagarin utca 1. 3. emelet 302/B

Telefon: +36 75 999 200
E-mail: info@paks2.hu
Web: www.paks2.hu

Paks II. Atomerőmű Zrt. | Paks II. Nuclear Power Plant Ltd.