

## **9. A felhagyás környezeti következményei (Az atomerőmű leszerelése)**

**TARTALOMJEGYZÉK**

<b>9. A FELHAGYÁS KÖRNYEZETI KÖVETKEZMÉNYEI (AZ ATOMERŐMŰ LESZERELÉSE).....</b>	<b>1</b>
<b>9.1. A leszerelés szempontjából mértékadó hazai törvények és rendeletek .....</b>	<b>2</b>
<b>9.2. Az Előzetes Leszerelési Terv alapvető feltételezései és kiindulási alapadatai .....</b>	<b>5</b>
9.2.1. Az Előzetes Leszerelési Terv alapvető feltételezései.....	5
9.2.2. Az Előzetes Leszerelési Terv kiindulási alapadatai .....	6
<b>9.3. A leszerelés végrehajtásnak folyamata és ütemezése az Előzetes Leszerelési Terv alapján.....</b>	<b>14</b>
9.3.1. A kiválasztott leszerelési stratégia jellemzői .....	14
9.3.2. A leszereléshez szükséges berendezések és technológiák .....	17
9.3.3. A leszerelés időszükséglete .....	17
9.3.4. A leszerelési fázisok munkaerő igénye .....	18
9.3.5. A telephely további hasznosítása .....	18
<b>9.4. Sugárvédelmi ellenőrzés a leszerelés során .....</b>	<b>18</b>
9.4.1. Sugárvédelmi rendszerek a leszerelés alatt végzett különböző tevékenységekhez	18
9.4.2. A leszerelési fázisok sugárvédelmi jellemzői .....	20
9.4.3. Aeroszol és folyadék kibocsátások .....	21
<b>9.5. A leszerelésből származó radioaktív és inaktív hulladékok becsült mennyiségei .</b>	<b>22</b>
9.5.1. Radioaktív hulladékok.....	22
9.5.2. Inaktív hulladékok.....	26
<b>9.6. A leszerelés biztonsági elemzése.....</b>	<b>27</b>
9.6.1. Az üzemzavar elhárítási intézkedések alapelvei a leszerelés folyamán.....	27
9.6.2. Tűzvédelem .....	28
9.6.3. Sugárvédelem.....	29
9.6.4. Ipari biztonságtechnika .....	30
9.6.5. Veszélyes anyagok .....	30
9.6.6. A fizikai védelem alapelvei a leszerelés alatt.....	31
<b>9.7. A leszerelés környezeti hatásai.....</b>	<b>31</b>

## 9. A FELHAGYÁS KÖRNYEZETI KÖVETKEZMÉNYEI (AZ ATOMERŐMŰ LESZERELÉSE)

A Paksi Atomerőművet 1982-87 között helyezték üzembe 4 db VVER 440/213 blokk indításával. Az atomerőmű üzemeltetési időszak – üzemidő hosszabbítás nélkül – 2012-17 között lejár. Ekkor az eredeti orosz műszaki tervek szerint a négy blokkot leállítják, majd azok a hatósági és helyi igényeknek megfelelően felhagyásra (leszerelésre) kerülnek. Jelen fejezet alapját az érvényes jogszabályok alapján a már elkészített leszerelési tervek képezik. Ezek a tervek az üzemidő hosszabbítás figyelembe vétele nélkül készültek. Mivel a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (NBSZ) 1. kötet 2.5.1. pontjában leírtak szerint a továbbüzemelés alatt a leszerelési tervet öt évente aktualizálni szükséges, ezért az üzemidő hosszabbítás elfogadása után a terv felülvizsgálatánál figyelembe kell venni a további 20 évet. A tervezett üzemidő hosszabbítás a felhagyásra (leszerelésre) vonatkozó idő ütemezéseket a hosszabbítás időtartamával megnöveli. A továbbiakban a fejezetben az időütemezésnél megadjuk az üzemidő hosszabbításból adódó évszámokat, az egyéb adatok paraméterek pontosítása a felülvizsgált tervek alapján lehetséges, ami várhatóan nagyságrendi változásokat nem fog okozni.

A leszerelés megoldása többféle változatban képzelhető el, a létesítmények azonnali és halasztott leszerelését is beleértve. A változatok időtartamban, ütemezésben és költségigényben térnek el egymástól. Természetesen az, hogy közel 10-30 év múlva melyik változat fog megvalósulni, az ma még nem dönthető el, hiszen addig mind a kapcsolódó gazdaságpolitikai megfontolások, mind a leszerelési technológiák jelentősen változhatnak. A bontási technológiák várhatóan tovább fejlődnek és mind a leszereléshez elkészítendő környezeti hatástanulmányhoz, mind a leszerelési tervhez kapcsolódó műszaki információk, tapasztalatok köre is bővülni fog. Ez azonban nem kérdőjelezi meg jelen környezeti hatástanulmány elkészítését, mert a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet alapján a leszerelési tevékenység önállóan is környezeti hatásvizsgálat köteles és az RHK Kht. feladatkörébe tartozik. A kormányrendelet alapján a leszerelési tevékenységekre előzetes vizsgálatot kell végezni és környezeti hatástanulmányt kell készíteni. A hatástanulmányt már a blokkok leállítása előtt az ún. előkészítő tevékenységek végzése során el kell készíteni, és jóváhagyásra be kell nyújtani a hatóságnak. Ezen kívül a leszerelési tevékenységhez az OAH NBI hatáskörébe tartozó, az NBSZ 1. kötete 2.5.3. pontja szerinti leszerelési engedélyt is be kell szerezni. Az engedélyezési eljárásban a környezetvédelmi hatóság szakhatóságként vesz részt. A leszerelés teljes folyamatában, a munkavégzést, az ellenőrzést és az engedélyeztetést az adott időszakban az adott jogi szabályozás szerint és a mindenkor hatóságok felügyelete mellett kell elvégezni.

A jelenlegi atomerőmű leszerelésével kapcsolatban az rögzíthető, hogy a célkitűzés mindenképp a blokkok leszerelése és a telephely oly mértékű „megtisztítása”, ami a további felhasználását lehetővé teszi. A telephely további – más vagy hasonló célú – felhasználása kérdésében kell a helyi és regionális szempontokat majd külön mérlegelni.

A hatástanulmány jelen fejezete az aktuális VBJ 18. fejezete alapján készült, amely az érvényes Előzetes Leszerelési Tervre, a DECOM Slovakia Ltd. 2003. évi dokumentumára támaszkodik. Az OAH NBI RE-4077 sz. (2005. augusztus 29.) határozatában jóváhagyta a Paksi Atomerőmű 1-4. blokk VBJ 2. verzióját, amely az erőmű 2002. december 31-i állapotára készült. Az aktuális VBJ ezért nem tartalmazza a 2003. áprilisában a 2. blokk 1. sz.

aknájában bekövetkezett esemény hatásait, az NBSZ előírásai szerint az Előzetes Leszerelési Terv következő aktualizált változata ezt a hatást is elemezni fogja.

## **9.1. A leszerelés szempontjából mértékadó hazai törvények és rendeletek**

### **1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról**

A törvény hatálya az atomenergia békés célú alkalmazására, az azzal kapcsolatos jogosultságokra és kötelezettségekre, továbbá az embereknek, valamint az élő és élettelen környezetnek a természetes és mesterséges eredetű ionizáló sugárzás káros hatásai elleni védelmére terjed ki. Nem terjed viszont ki a törvény hatálya a 124/1997. (VII. 18.) Kormányrendelettel leszabályozott olyan radioaktív anyagokkal, valamint berendezésekkel kapcsolatos tevékenységekre, amelyek – a létrehozható ionizáló sugárzás jellege és mértéke folytán – az emberi életre és egészségre, továbbá az élő és élettelen környezetre nem minősülnek veszélyesnek.

A törvény az általános rendelkezéseken túl, meghatározza:

- az atomenergia alkalmazásának általános szabályait;
- a hatósági engedélyezés, ellenőrzés és felügyelet rendszerét;
- a rendkívüli események megelőzésére és következményeinek elhárítására szolgáló intézkedéseket;
- az atomenergia alkalmazásával kapcsolatosan keletkezett károkért való felelősséget és a károk megtérítésének módját;
- a Központi Nukleáris Pénzügyi Alap (KNPA) működési feltételeit.

### **1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól**

A törvény 68. § (1) és (2) bekezdései alapján a Paksi Atomerőmű leszerelési tevékenysége egyértelműen a környezetre jelentős hatást gyakorló tevékenységnek minősül és így környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenység.

A 69. § (1) bekezdése alapján a környezeti hatásvizsgálat eredményeit környezeti hatástanulmányban kell bemutatni. A környezeti hatástanulmány általános tartalmi követelményeit, valamint a környezeti hatásvizsgálati eljárás szabályait a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendeletben határozza meg.

### **2000. évi XLIII. törvény a hulladékgazdálkodásról**

Tekintettel a leszerelés alatt keletkező nagy mennyiségű inaktív hulladéokra, a törvény betartása kötelező, és a leszerelés alatt törekedni kell az adott műszaki és gazdasági követelmények között megvalósítható leghatékonyabb, illetve legkörnyezetkímélőbb hulladékkezelési megoldások alkalmazására.

A törvény II. fejezete hulladékgazdálkodással kapcsolatos követelményeket és a hulladékgazdálkodásban érintett résztvevők kötelezettségeit, a III. fejezet a hulladékkezelés és hulladékhasznosítás kérdéseit, az V. fejezet pedig a veszélyes hulladékok birtokosainak kötelezettségeit ismerteti.

A törvény mellékleteiben meghatározza a:

- hulladékkategóriákat;
- a veszélyességi jellemzők jegyzékét;
- a hulladékártalmatlanításra szolgáló műveleteket, és a
- hulladékhasznosítást szolgáló műveleteket.

### **89/2005. (V. 5.) Kormányrendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről**

A rendelet hatálya a nukleáris létesítményekre, azok építményeire, rendszereire és berendezéseire, a nukleáris létesítménnyel kapcsolatos tevékenységekre és az e tevékenységet végzőkre terjed ki (beleértve a létesítményeken belüli radioaktív anyag szállítást és a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását biztosító rendszereket, berendezéseket, a nukleáris létesítmény nyomástartó edényeit, továbbá a tűzvédelmet, valamint a fizikai védelmet szolgáló rendszereket, berendezéseket, ha azok a nukleáris biztonságra hatást gyakorolnak, kizárólag ezen hatásuk szempontjából), így a leszerelésre és a hozzá kapcsolódó tevékenységekre is.

A nukleáris létesítményekkel kapcsolatos egyes tevékenységek végzéséhez szükséges nukleáris biztonsági engedélyeket, az engedélyezés részletes folyamatát, az engedélykérelem tartalmát, az engedélyes személyének megváltozásával kapcsolatos szabályokat, a hatósági ellenőrzés tartalmát és rendjét, az engedélyes jelentési kötelezettségeit, a hatóság által igénybe vett szakértők tevékenységének feltételeit, a hatósági jóváhagyáshoz kötött munkakörök betöltésének rendjét, a létesítményekkel kapcsolatos minőségirányítási, tervezési és üzemeltetési nukleáris biztonsági követelményeket magukba foglaló Nukleáris Biztonsági Szabályzatokat a rendelet 1-6. számú mellékletei tartalmazzák.

### **16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról**

A rendelet hatálya kiterjed az atomenergia alkalmazása körébe tartozó anyagokra, berendezésekre, létesítményekre, az ezzel kapcsolatos tevékenységekre és a tevékenységet végzőkre. A rendelet általános sugárvédelmi követelményeket határoz meg, amelyeket olyan tevékenységek esetén kell alkalmazni, melyek a nukleáris energia alkalmazásával vannak összefüggésben, vagy ahol ionizáló sugárzás lép fel.

### **47/2003. (VIII. 8.) ESZCSM rendelet a radioaktív hulladékok átmeneti tárolásának és végleges elhelyezésének egyes kérdéseiről, valamint az ipari tevékenységek során bedúsuló, a természetben előforduló radioaktív anyagok sugár-egészségügyi kérdéseiről**

A rendelet az 1. számú mellékletében felsorolt, természetes izotópokat bedúsító, felhalmozó tevékenységekre és tevékenységeket végzőkre, valamint azokra a természetes és gazdálkodó szervezetekre vonatkozik akik átmeneti vagy végleges radioaktív hulladéktárolót létesítenek, átalakítanak, üzemeltetnek, megszüntetnek, illetve lezárnak, továbbá akiknél radioaktív hulladék keletkezik.

A rendelet a következő kérdéseket szabályozza:

- a radioaktív hulladékok átmeneti tárolása és végleges elhelyezése;
- a hulladéktárolók engedélyesei által készítendő jelentések, és a hatósági ellenőrzés rendje;

- a természetes radioaktív izotópok bedúsítása és felhalmozása melléktermékekben.

### **314/2005. (XII. 25.) Kormányrendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról**

A környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenységek körét e rendelet 1. számú melléklete határozza meg. A rendelet 2. számú melléklete az egységes környezethasználati engedélyhez kötött tevékenységeket, a 3. számú melléklete az illetékes környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi felügyelőség döntésétől függően környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenységeket sorolja fel.

A rendeletben egyértelműen be lehet azonosítani a Paksi Atomerőmű leszerelést. (1. számú melléklet 31. pont. "Atomerőmű, atomreaktor, valamint atomerőmű, atomreaktor üzemidejének meghosszabbítása, továbbá atomerőmű, atomreaktor felhagyása...")

A 1. számú mellékletben szereplő tevékenység esetén a környezethasználó előzetes vizsgálatot köteles kezdeményezni a felügyelőségnél, az erre vonatkozó kérelemhez előzetes vizsgálati dokumentációt kell csatolni. A környezeti hatásvizsgálati eljárás az előzetes vizsgálatot lezáró határozat szerint elkészített környezeti hatástanulmánynak a felügyelőséghez való benyújtásával indul.

A rendelet 4. számú melléklete az előzetes vizsgálati dokumentáció, a 6. számú melléklete a környezeti hatástanulmány általános tartalmi követelményeit adja meg.

A rendelet 9. §-a az eljáráshoz tartozó közmeghallgatással kapcsolatos kötelezettségeket és információkat tartalmazza.

### **14/2001. (V. 9.) KöM-EüM-FVM együttes rendelet a légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről**

A rendelet hatálya a légszennyezettségre és annak határértékeire, valamint a helyhez kötött légszennyező pontforrásokra, azok üzemeltetőire, valamint a pontforrások kibocsátásaira terjed ki.

A rendelet 1. számú melléklete a légszennyezettség egészségügyi határértékeit és az egyes légszennyező anyagok tervezési irányértékeit tartalmazza.

Az atomerőmű leszerelése során a rendeletnek a szálló por, a rákkeltő krokidolit (kék azbeszt), és a tervezett öntöde miatt van jelentősége.

### **15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe kerülő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről**

A rendelet hatálya a leszerelési tevékenységekre is kiterjed a radioaktív anyagoknak a levegőbe és vízbe történő kibocsátására, illetve a levegő és a vízi környezet radioaktív szennyeződésének ellenőrzése miatt.

## 9.2. Az Előzetes Leszerelési Terv alapvető feltételezései és kiindulási alapadatai

### 9.2.1. Az Előzetes Leszerelési Terv alapvető feltételezései

Az Előzetes Leszerelési Terv kidolgozásának alapvető információ forrását a tervezési és üzemviteli adatok képezik. A leszerelési folyamat kiindulási feltételei a következők:

- a) A Paksi Atomerőmű üzemeltetése a tervezett élettartam letelte, és normál villamos energiatermelési periódus után fejeződik be. A feltételezések szerint az üzemeltetés során nem alakult ki baleseti helyzet és az üzemeltetés megszűnését kiváltó baleseti esemény.
- b) Az erőmű mind a négy blokkja leszerelésre kerül, és a blokkok leállításának sorrendje megegyezik azok üzembe helyezésének sorrendjével.
- c) Az atomerőmű leszereléséből származó radioaktív hulladékok túlnyomó része feldolgozható lesz, és feldolgozott formájában fogadni tudja végleges elhelyezésre a Bábaapáiban tervezett (felszín alatti típusú) radioaktív hulladéktároló.
- d) A radioaktív hulladékokat, amelyek nem elégítik ki a kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék tárolóban való elhelyezés kritériumait, a nagy aktivitású radioaktív hulladékok tervezett (mélygeológiai típusú) tárolójába fogják szállítani és elhelyezni.
- e) A dekontaminálási folyamatok esetében szakértői értékelések/bebecslések alapján lettek meghatározva a felhasznált közegek, és a keletkező hulladék térfogatok, valamint az ember.óra mértékegységben kifejezett munkaerő igény. Ez a folyamat magába foglalja a meghatározott dekontaminálási tényezők láncolatának és a dekontaminációs ciklusok szükséges számának meghatározását.
- f) A fűtőelemek minden blokkon 3 évig maradnak a pihentető medencében. A kiégett fűtőelemek kezelése az átmeneti kiégett fűtőelem tárolóba való átszállítás után nem képezték az Előzetes Leszerelési Terv tárgyát, valamint szintén nem része jelen KHT-nak.
- g) Az ún. utolsó töltetek kivételével minden üzemeltetés során keletkező radioaktív hulladék feldolgozása a leszerelés terjedelmén kívül történik.
- h) Az épületek inaktív részének lebontására -1 m-es mélységig kerül sor. A -1 m-es szint alatt csak a radioaktívan szennyezett építőanyagok lesznek eltávolítva.
- i) A belső technológiai felületek leszerelés előtti dekontaminálása hagyományos módszerekkel lesz elvégezve, a berendezés jellegének (pl. csövek, tartályok, stb.) megfelelően.
- j) Az Előzetes Leszerelési Terv készítésekor az alábbi felszabadítási kritériumok lettek figyelembe véve:
  - felületi  $\beta$ ,  $\gamma$  – szennyezettség  $< 0,3 \text{ Bq/cm}^2$
  - felületi  $\alpha$  – szennyezettség  $< 0,03 \text{ Bq/cm}^2$
  - fajlagos  $\beta$ ,  $\gamma$  aktivitás  $< 100 \text{ Bq/kg}$
- k) A telephelyen egy öntöde létesítése van figyelembe véve a 75 kBq/kg-nál alacsonyabb fajlagos aktivitású fémek, olvasztással történő dekontaminálása, illetve térfogat csökkentése céljából.
- l) Az ellenőrzött zónában a helyiségek dekontaminálása esetén csak a padló felületek vannak figyelembe véve.

## 9.2.2. Az Előzetes Leszerelési Terv kiindulási alapadatai

### Összegzett mennyiségi adatok

Az Előzetes Leszerelési Terv az egész telephely nemzetközi terminológia szerint „zöld mezős”, azaz a terület eredetihez hasonló állapot visszaállítását célzó leszerelését irányozza elő. Ennek megfelelően a teljes leszerelendő/lebontandó mennyiségi adatok a 9.1. és 9.2. táblázatokban találhatóak.

#### 9.1. táblázat: Technológiai rendszerek anyagmérlege

Technológiai rendszerek	Mennyiség [t]
Gépészeti berendezések – rozsdamentes	18 293
Gépészeti berendezések – szénacél	61 609
Egyéb	30 490

#### 9.2. táblázat: Az épületek anyagmérlege

Épületrész	Mennyiség
Beton	116 973 m <sup>3</sup>
Vasbeton	403 825 m <sup>3</sup>
Betonvas	65 033 t
Acél	24 070 t
Előregyártott vb. elemek	48 770 t
Falazat	55 805 m <sup>3</sup>
Körítőfalak-fém	7 600 m <sup>3</sup>
Körítőfalak-panel	100 260 m <sup>3</sup>
Fémburkolat- szénacél	2 049 t
Fémburkolat- rozsdamentes	1 733 t
Hermetikus sugárvédelmi ajtó	2 001 t
Spec. csatatorna	111 t
Egyéb	36 519 t

### A felaktiválódott anyagok jellemzői

Irodalmi adatok alapján a VVER-440 típusú atomerőművek leszerelése során kezelendő összes aktivitás 99%-a a felaktiválódott reaktorok szerkezeti elemeiből, illetve az aktív zóna körüli biológiai védelmek felaktiválódott különféle beton szerkezeteiből kerül ki.

#### *A reaktorok felaktiválódott szerkezeti elemeinek aktivitása és izotóp összetétele*

Az alábbiak a felaktiválódott reaktorkomponensek 1 db VVER-440/213 típusú reaktorblokkra vonatkoztatott kiinduló mennyiség és aktivitás adatait tartalmazzák. A fajlagos aktivitás értékek a loviisai atomerőmű VVER-440/213 típusú reaktora számára készített ORIGEN-S program alapján végzett aktivitás leltár számításokból származnak. A reaktor komponensek effektív besugárzási ideje a feltevések szerint 30 év. A 9.3. táblázatban felsorolt fajlagos aktivitás (aktivitás/tömeg egység) értékek 30 éves üzemidőre, a reaktor végleges leállításának időpontjában, leürítés utáni (nulla pihentetési idő) állapotra vonatkoznak.



A paksi reaktorok pontos izotóp összetételét meghatározó tanulmány egyelőre nem áll rendelkezésre. Irodalmi adatokra hivatkozva viszont kijelenthető, hogy a reaktorokban megkötött izotópok a  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{59}\text{Ni}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{45}\text{Ca}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{94}\text{Nb}$ ,  $^{93}\text{Mo}$  és az  $^{154}\text{Eu}$ , mely izotópok közül a három domináns izotóp a  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{60}\text{Co}$  és a  $^{63}\text{Ni}$ . A reaktorok leszerelése kapcsán a preferált leszerelési változat dózis számításai során csak a  $^{60}\text{Co}$  izotóp lett figyelembe véve. A nagy mennyiségű  $^{55}\text{Fe}$  izotóppal nem kell számolni annak rövid felezési ideje (2,7 év) és gyenge sugárzása miatt. A  $^{63}\text{Ni}$  izotópnak pedig a rendkívül hosszú felezési ideje (100,1 év) miatt csak a geológiai tároló biztonsági elemzéseinél van jelentősége.

### 9.3. táblázat: Egy VVER-440/213 reaktor becsült fajlagos aktivitása, a reaktor végleges leállításának időpontjában, 30 év üzemidő és a hűtővíz leürítése után

Reaktor részegység	Tömeg [t]	Fajlagos aktivitás [Bq/t]	Aktivitás [Bq]
A szabályozó rudak elnyelő része (183 db)	13,9	7,00E+16	9,73E+17
Közbenső rúd (183 db)	9,5	1,36E+17	1,29E+18
Reaktor aktív zónán belüli mérések (termoelemek, stb.)	2	2,01E+14	4,02E+14
Reaktor kosár az aktív zónában	7,9	8,35E+15	6,60E+16
Reaktor kosár fenék	13,4	1,03E+15	1,38E+16
Reaktor kosár – összesen	21,3	-	-
A reaktorakna aktív zóna körüli része	13	2,64E+15	3,43E+16
Reaktorakna az aktív zónán kívül	24,6	1,00E+13*	2,46E+14
Reaktorakna – összesen	37,9	-	-
Reaktortartály belső plattírozás az aktív zónában	2,4	3,02E+14	7,25E+14
Reaktortartály belső plattírozás az aktív zónán kívül	6,9	1,00E+12*	6,90E+12
Reaktortartály belső plattírozás – összesen	9,3	-	-
Reaktortartály az aktív zónában	34,7	2,35E+13	8,15E+14
Reaktortartály az aktív zónán kívül	180,3	5,00E+11*	9,02E+13
Reaktortartály – összesen	215	-	-
Felső rács	6,7	6,11E+14	4,09E+15
Védőcső blokk (alsó rész)	2,8	7,77E+13	2,18E+14
A védőcső blokk + felső rács	9,5	-	-
A reaktorakna alsó része	5,6	2,54E+13	1,42E+14
Fékezőcső blokk (felső rész)	2,5	4,37E+12	1,09E+13
A reaktorakna alsó részének többi komponense	22,9	1,00E+12*	2,29E+13
A reaktorakna alsó része + fékezőcső blokk + a reaktorakna alsó részének többi komponense – összesen	31	-	-
Reaktortartály hőpajzs az aktív zónában	8,8	2,17E+13	1,91E+14
Reaktortartály hőpajzs az aktív zónán kívül	8,8	1,00E+13*	8,80E+11

Reaktor részegység	Tömeg [t]	Fajlagos aktivitás [Bq/t]	Aktivitás [Bq]
Reaktortartály hópajzs – összesen	17,6	-	-
Reaktor nehézbeton biológiai védelem acélboksza belső fala	3,9	1,00E+13*	1,05E+14
Reaktor nehézbeton biológiai védelem acélboksza fennmaradó része (külső fal)	11,3	1,00E+10*	1,13E+11
Reaktor nehézbeton biológiai védelem acélboksza – összesen	15,2	-	-

\*becsült értékek

#### A biológiai védelmekben alkalmazott különféle betonok aktivitása és izotóp összetétele

A reaktorokat körülvevő biológiai védelmek túlnyomó részben normálbetonból állnak, de a reaktortartályhoz közelebb eső régiókban szerpentinites beton típusokat alkalmaztak, amik sokkal jobban viselik el a nagy hőt. Az egy blokk biológiai védelmének leszereléséből származó betontörmelék mennyiségi, és aktivitási értékei a 9.4. táblázatban láthatók. A paksi reaktorokra vonatkozó konkrét számításokat a BME Nukleáris Technika Intézetében végezték el 1999-ben. A számításoknál a következő sűrűség adatok lettek figyelembe véve:

- normálbeton 2,276 t/m<sup>3</sup>;
- szerpentinit beton 2,156 t/m<sup>3</sup>;
- szerpentinites nehézbeton 3,034 t/m<sup>3</sup>;
- bórkarbidos beton 3,5 t/m<sup>3</sup>.

#### 9.4. táblázat: A reaktorok körüli biológiai védelemben használt egyes betontípusok mennyisége és aktivitása egy blokkra vonatkoztatva, 30 éves üzemidő és a reaktor leállítása után egy hónappal

Beton típusa	Tömeg [t]	Fajlagos aktivitás [Bq/t]	Aktivitás* [Bq]
Normálbeton	1460	5,67E+08	8,28E+11
Szerpentinit beton	67	1,06E+11	7,07E+12
Szerpentinites nehézbeton	30	3,30E+11	9,91E+12
Bórkarbidos keverék	6	2,34E+11	1,38E+12
<b>Összesen:</b>	<b>1563</b>	–	–

\* Megjegyzés: a reaktorok körüli betonszerkezetek aktivitása a végső leállítás időpillanatában 50 TBq nagyságrendű, de ez az érték egy hónap után 20 TBq-re csökken. Erre való tekintettel az aktivitás értékek a végső leállítás után egy hónappal jelenlévő aktivitás értékeknek felelnek meg.

A számítások alapján a betonszerkezetekben a következő izotópok lesznek jelen:

<sup>3</sup>H, <sup>10</sup>Be, <sup>14</sup>C, <sup>27m</sup>Te, <sup>32</sup>P, <sup>32</sup>Si, <sup>33</sup>P, <sup>35</sup>S, <sup>36</sup>Cl, <sup>37</sup>Ar, <sup>39</sup>Ar, <sup>40</sup>K, <sup>41</sup>Ca, <sup>45</sup>Ca, <sup>46</sup>Sc, <sup>47</sup>Ca, <sup>47</sup>Sc, <sup>48</sup>Sc, <sup>51</sup>Cr, <sup>54</sup>Mn, <sup>55</sup>Fe, <sup>59</sup>Fe, <sup>60</sup>Co, <sup>63</sup>Ni, <sup>65</sup>Zn, <sup>76</sup>As, <sup>85</sup>Kr, <sup>86</sup>Rb, <sup>87</sup>Rb, <sup>89</sup>Sr, <sup>90</sup>Sr, <sup>90</sup>Y, <sup>91</sup>Y, <sup>95</sup>Zr, <sup>95m</sup>Nb, <sup>95</sup>Nb, <sup>99</sup>Mo, <sup>99m</sup>Tc, <sup>99</sup>Tc, <sup>103m</sup>Rh, <sup>103</sup>Ru, <sup>105</sup>Rh, <sup>106</sup>Rh, <sup>106</sup>Ru, <sup>111</sup>Ag, <sup>115</sup>Cd, <sup>115m</sup>In, <sup>121</sup>Sn, <sup>122</sup>Sb, <sup>123m</sup>Te, <sup>123</sup>Sn, <sup>124</sup>Sb, <sup>125</sup>Sb, <sup>125m</sup>Te, <sup>125</sup>Sb, <sup>125</sup>Sn, <sup>127</sup>Sb, <sup>127</sup>Te, <sup>129m</sup>Te, <sup>129</sup>Te, <sup>131</sup>Ba, <sup>131</sup>Cs, <sup>131m</sup>Xe, <sup>132</sup>Te, <sup>133</sup>Xe, <sup>133</sup>Ba, <sup>133m</sup>Ba, <sup>133m</sup>Xe, <sup>134</sup>Cs, <sup>135</sup>Cs, <sup>135m</sup>Ba, <sup>136</sup>Cs, <sup>136m</sup>Ba, <sup>137</sup>Ce, <sup>137</sup>Cs,

<sup>137</sup>La, <sup>137m</sup>Ba, <sup>137m</sup>Ce, <sup>138</sup>La, <sup>139</sup>Ce, <sup>140</sup>Ba, <sup>140</sup>La, <sup>141</sup>Ce, <sup>142</sup>Ce, <sup>143</sup>Ce, <sup>143</sup>Pr, <sup>143</sup>Pr, <sup>144</sup>Ce, <sup>144m</sup>Pr, <sup>144</sup>Pr, <sup>145</sup>Pm, <sup>145</sup>Sm, <sup>147</sup>Nd, <sup>147</sup>Pm, <sup>147</sup>Sm, <sup>148</sup>Pm, <sup>148</sup>Sm, <sup>149</sup>Pm, <sup>149</sup>Sm, <sup>151</sup>Sm, <sup>152</sup>Eu, <sup>153</sup>Gd, <sup>153</sup>Sm, <sup>155</sup>Eu, <sup>156</sup>Eu, <sup>169</sup>Er, <sup>169</sup>Yb, <sup>170</sup>Tm, <sup>171</sup>Tm, <sup>172</sup>Tm, <sup>175</sup>Hf, <sup>175</sup>Yb, <sup>176</sup>Lu, <sup>177</sup>Lu, <sup>177m</sup>Lu, <sup>181</sup>Hf, <sup>182</sup>Ta, <sup>207</sup>Tl, <sup>208</sup>Tl, <sup>209</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Pb, <sup>211</sup>Bi, <sup>211</sup>Pb, <sup>212</sup>Bi, <sup>212</sup>Pb, <sup>212</sup>Po, <sup>213</sup>Bi, <sup>213</sup>Po, <sup>214</sup>Bi, <sup>214</sup>Pb, <sup>214</sup>Po, <sup>215</sup>Po, <sup>216</sup>Po, <sup>217</sup>At, <sup>218</sup>Po, <sup>219</sup>Rn, <sup>220</sup>Rn, <sup>221</sup>Fr, <sup>222</sup>Rn, <sup>223</sup>Ra, <sup>224</sup>Ra, <sup>225</sup>Ac, <sup>225</sup>Ra, <sup>226</sup>Ra, <sup>227</sup>Ac, <sup>227</sup>Th, <sup>228</sup>Ac, <sup>228</sup>Ra, <sup>228</sup>Th, <sup>229</sup>Th, <sup>230</sup>Th, <sup>231</sup>Pa, <sup>231</sup>Th, <sup>232</sup>Th, <sup>233</sup>U, <sup>234m</sup>Pa, <sup>234</sup>Pa, <sup>234</sup>Th, <sup>234</sup>U, <sup>235</sup>U, <sup>237</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>239</sup>Np, <sup>239</sup>Pu.

Az aktivitásban a legnagyobb hányadot a <sup>41</sup>Ca, <sup>45</sup>Ca, <sup>55</sup>Fe és a <sup>14</sup>C izotópok képviselik. A leállításkor nem a négy említett izotóp, hanem más rövid felezési idejű izotópok aktivitása dominál, de egy hónap után már a <sup>55</sup>Fe és a <sup>45</sup>Ca aktivitása teszi ki az összaktivitás 90%-át. 1-10 éves időtávlatban egyértelműen az <sup>55</sup>Fe aktivitása a meghatározó, majd 100 év után – aminek szintén csak a tároló biztonsági elemzéseknél van jelentősége – a <sup>41</sup>Ca aktivitása lesz a mérvadó.

### A kontaminálódott anyagok jellemzői

A kontaminálódott technológiai rendszerek, illetve épületszerkezetek felületein megtapadt aktivitás az összaktivitás kb. 1%-át teszi ki.

#### *A reaktorépületek technológiai rendszereinek szennyezettsége*

A reaktorépületek (01a; 201a) radioaktív szennyezettség szempontjából fontos technológiai rendszerei és azok belső felületeinek becsült szennyezettsége a 9.5. táblázatban található.

### 9.5. táblázat: A reaktorépületi (01a; 201a) technológiai rendszerek szennyezettsége

Rendszerek	A belső felületek szennyezettsége [kBq/cm <sup>2</sup> ]
Fővízkör, Reaktoron belüli berendezések	50 - 100
FKSZ-ek autonóm hűtőkörei	20 - 75
Térfogat kiegyenlítő rendszer	50 - 100
FKSZ-ek olajrendszere	20 - 40
Bórsavoldatok kezelése és regenerálása (2. víztisztító)	0 - 200
Pihentető és átrakómedence vizének tisztítása (4. víztisztító)	20 - 200
Primerköri leiszapolt víz folyamatos tisztítása (1. víztisztító)	50 - 200
Közbenső hűtőkörök a reaktorépületben	<0,0003
Pihentető és átrakó medence hűtőköre	20 - 40
Nagynyomású ZÜHR és hidroakkumulátorok Kisnyomású ZÜHR Sprinkler rendszer ZÜHR csepegővíz gyűjtés	20 - 40
Primerköri pótvíz, leürítő és bóros szabályozás rendszere	50 - 100
Sprinkler rendszer	20 - 40
Bórsav bepárló rendszer	50 - 100
Hidrogénégető és speciális gáztisztító rendszer Mintavételi rendszer	20 - 200

Rendszerek	A belső felületek szennyezettsége [kBq/cm <sup>2</sup> ]
Mellék-kondenzátum rendszer Dekontamináló medencék és oldatok rendszere	<0,0003
Szervezett szivárgás rendszere	500 - 1000
Speciális (szennyvíz) csatorna	<20
Acélburkolatok	<0,01
Buborékoltató kondenzátor	<0,0003
Gőzfejlesztő leiszapoló rendszere	<0,0003
Technológiai szállítás és karbantartás	0,5 - 20
Szellőztető rendszerek	0,01 - 1

A leszerelés előtt dekontaminálandó összes felület kb. 9000 m<sup>2</sup>.

A segédépületek (02; 202) szennyeződés szempontjából fontos technológiai rendszerei és azok belső felületeinek becsült szennyezettségi értékei a 9.6. táblázatban találhatóak.

**9.6. táblázat: A segédépületi (02; 202) technológiai rendszerek szennyezettsége**

Rendszer	A belső felületek szennyezettsége [kBq/cm <sup>2</sup> ]
Aktív hulladékvizek kezelése	20 - 200
Tartályok lefűtéséből eredő gázok tisztító rendszere	20 - 200
Folyékony radioaktív hulladékok tárolója*	500 - 1000
Folyékony radioaktív hulladékok tárolója*	20 - 500
Gőzfejlesztők leiszapolása (5. víztisztító)	0,005 - 0,05
Tiszta kondenzátum rendszer a primerkörben	0,01 - 0,02
Mintavételi rendszer	elhanyagolható
Speciális csatornarendszer (szennyvíz)	<20
Acél burkolatok	<0,01
Szellőztető rendszerek	0,01 - 0,1

\* a folyékony radioaktív hulladéktároló felületi szennyezettség szempontjából két részre van felosztva

A leszerelés előtt dekontaminálandó összes belső felület kb. 5000 m<sup>2</sup>.

Az egészségügyi laborépület (07) az erőmű mind a négy blokkját kiszolgálja. Az épületben található technológiai rendszerek szennyezettségi adata a 9.7. táblázatban található.

**9.7. táblázat: Az egészségügyi és laborépület (07) technológiai rendszereinek szennyezettsége**

Rendszer	A belső felületek szennyezettsége [Bq/cm <sup>2</sup> ]
Mosodai és víztisztító rendszerek	1 - 50

A leszerelés előtt dekontaminálandó összes belső felület kb. 70 m<sup>2</sup>.

Mivel a radioaktív hulladék feldolgozó épület technológiai rendszerei még nem készültek el és a hulladékok feldolgozása sem kezdődött meg, ezért az épület input adatai a 9.8. táblázat adatai szerint lettek megbecsülve.

**9.8. táblázat: A radioaktív hulladék feldolgozó épületben található anyagok szennyezettsége**

Rendszer	A belső felületek szennyezettsége [kBq/cm <sup>2</sup> ]
Hulladék feldolgozó rendszer	20 - 200

A leszerelés előtt dekontaminálandó összes belső felület kb. 1520 m<sup>2</sup>.

*A kontaminálódott épületek felületi szennyezettségi adatai*

Az épületek felületeinek (padlók) becsült átlagos szennyezettsége a reaktor leállítása után az egyes aktív épületekben a 9.9. táblázatban, az aktív épületek összes szennyezett felülete pedig a 9.10. táblázatban található.

**9.9. táblázat: A fontosabb épületek felületeinek becsült átlagos szennyezettsége**

Épület	Felületi szennyezettség [Bq/cm <sup>2</sup> ]
Reaktorépületek - 01a, 201a	50
Segédépületek - 02, 202	50
Egészségügyi és labor épület - 07	2
Szellőzőkémények - 100, 200	3
Radioaktív hulladék feldolgozó épület	10

**9.10. táblázat: Az aktív épületek összes szennyezett felülete**

	01a, 01a [m <sup>2</sup> ]	02, 202 [m <sup>2</sup> ]	07 [m <sup>2</sup> ]	RHF épület [m <sup>2</sup> ]	100, 200 [m <sup>2</sup> ]	Összes [m <sup>2</sup> ]
Felületek rozsdamentes burkolattal	49 200	5307	1000	30	-	55 537
Felületek szénacél és epoxi bevonattal	42 000	2570	0	75	-	44 645
Egyéb felületek epoxi bevonattal	6 520	1200	50	1000	-	8770
Egyéb felületek burkolat és bevonat nélkül	-	-	-	-	6400	6400
<b>Összes</b>	<b>97 720</b>	<b>9077</b>	<b>1050</b>	<b>1105</b>	<b>6400</b>	<b>115 352</b>

*A kontaminálódott technológiai rendszerek és épületrészek izotóp összetétele*

A radiokémiai mérések alapján a technológiai rendszerek és épületrészek kontaminálódott felületeinek a várható izotóp összetétele a következő:

$^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{41}\text{Ca}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{59}\text{Ni}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{243}\text{Am}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ .

A kontaminálódott technológiai rendszerek, illetve épületrészek leszerelésének / lebontásának a dózisszámításai során a fenti izotópok közül csak a  $^{60}\text{Co}$  és a  $^{137}\text{Cs}$  izotópok lettek figyelembe véve. A belső sugárterhelés szempontjából fontos alfa-sugárzók az alacsony felületi szennyezettség és fajlagos koncentrációk, valamint az egyéni védő eszközök kötelező használata miatt figyelmen kívül lettek hagyva.

**A telephely egészére vonatkoztatott nuklid vektor**

Mint azt már korábban említettük, a paksi reaktorok pontos izotóp összetételét meghatározó tanulmány még nem áll rendelkezésre, ezért a telephely egészére vonatkozó ún. nuklid vektor várhatóan hasonló lesz a greifswaldi 1-4. blokk primerkörére elvégzett 600 mintavétel kiértékelése után kapott következő értékekhez:

- $^{60}\text{Co}$  – 17%;
- $^{137}\text{Cs}$  – 2%;
- $^{55}\text{Fe}$  – 71%;
- $^{63}\text{Ni}$  – 10%.

**Dózisteljesítmény adatok az egyes helyiségcsoportokban**

A sugárzási szintet a helyiségekben és terekben az alábbi körülmények határozzák meg:

- az adott technológiai rendszerek aktivitása;
- a berendezések tömör zárása, ami befolyásolja a helyiségek felületi szennyezettségét.

A kontaminálódott épületek helyiségeinek osztályozása a jelenlegi sugárzási helyzet felmérése alapján történt. A helyiségek sugárzási szint szerinti osztályozása a 9.11. táblázatban található.

**9.11. táblázat: A helyiségek sugárzási szint szerinti osztályozása az erőmű normál üzeme során**

Kategória	Dózisteljesítmény normál üzemben	
	Átlagos [ $\mu\text{Gy/h}$ ]	Maximális [ $\mu\text{Gy/h}$ ]
1	1	25
2	100	1 000
3	1 000	6 500

Az üzemeltetés befejezésekor, a leszerelés alatt, mind az átlagos, mind pedig a maximális dózisteljesítmény egyaránt csökken.

A segédépület első kategóriájú helyiségeiben, kb. két nagyságrenddel csökken a dózisteljesítmény az üzemeltetés során felhalmozódott hulladékok feldolgozása következtében (az üzemeltetés befejező szakaszában).

A leszerelés kezdetekor a külső felületek szennyezettsége ugyanolyan lesz, mint az üzemeltetés alatt, minden helyiség kategóriában. A dózisszámítások során figyelembe van véve a radioaktív közegek leürítéséből, és a radioaktív anyagok lebomlásából adódó dózisteljesítmény csökkenés. Amennyiben az érték ismeretlen, a számításokban  $20 \mu\text{Gy/h}$  átlagos kiinduló dózisteljesítmény érték került alkalmazásra.

### **A szállításokkal kapcsolatos adatok**

A hulladékkezelés utolsó tevékenysége a kondicionált szennyezett / nem szennyezett hulladékok elszállítása, ami történhet:

- települési hulladéklerakóba, ahová a másodlagos nyersanyagként nem felhasználható inaktív hulladékokat lehet beszállítani;
- a gyűjtőhelyre, ahol csak másodlagos nyersanyagként felhasználható, inaktív hulladékokat fogadnak, valamint veszélyes hulladékokat, amelyek a hulladékgyűjtők közvetítésével más cégekhez jutnak feldolgozásra;
- „külső” öntödébe – ahová kizárólag inaktív fémhulladékokat lehet szállítani, amelyek kielégítik a környezeti kibocsátás feltételeit, és amelyek másodlagos nyersanyagok lehetnek;
- a felszín alatti tárolóba – ahová konténerbe helyezett, végleges formára kondicionált kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékokat szállítanak;
- mélygeológia tárolóba – ahová a felszín alatti tárolóban való elhelyezésre alkalmatlan, konténerbe helyezett, végleges formára kondicionált nagy aktivitású radioaktív hulladékokat szállítanak.

#### *Anyagszállítás a települési hulladéklerakóba*

A feltételezett települési hulladéklerakó távolsága az erőműtől 15 km. A szállítóeszköz 30 t teherbírású nyerges vontató. A tevékenységhez szükséges idő (3,5 óra) a berakodásból (1,25 óra), kirakodásból (1,25 óra) és magából a szállításból (1 óra) áll. A munkaerő szükséglet 2 fő.

#### *Anyagszállítás a telephelyen kívüli színesfém gyűjtőbe / öntödébe*

A színesfémek szállítása 50 t teherbírású vasúti vagonokban fog történni. A feltételezett színesfém gyűjtő / öntöde kb. 45 km távolságra van. A rakodási tevékenység időszükséglete 2,5 óra, munkaerő szükséglete 3 fő.

#### *Anyagszállítás a telephelyen kívüli öntödébe*

A különböző fajta acélok szállítása 50 t teherbírású vasúti vagonokban elkülönítetten fog történni. Az öntöde konzervatívan feltételezett távolsága kb. 300 km. A rakodási tevékenység időszükséglete 2,5 óra, munkaerő szükséglete 3 fő.

#### *Radioaktív hulladékszállítás a felszín alatti tárolóba*

A konténerbe helyezett kondicionált kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékokat a felszín alatti tárolóba kell szállítani. A szállítóeszköz gépjármű, 30 t teherbírású nyerges pótkocsival. A szállítási távolság oda-vissza összesen kb. 120 km. Egy szállítás 2 konténert jelent. A tevékenységhez szükséges idő (4,5 óra) a berakodásból (0,75 óra), kirakodásból

(0,75 óra) és magából a szállításból (3 óra) áll. Az emelő-berendezéseket kezelő munkások száma 5 a be- és kirakodásnál, és 3 a szállítás közben.

#### *Radioaktív hulladékok szállítása a mélygeológiai tárolóba*

A mélygeológiai tárolóba szánt nagy aktivitású hulladékokat konténerbe kondicionálják. A szállítóeszköz gépjármű, 30 t teherbírású nyerges pótkocsival. A szállítási távolság oda-vissza összesen kb. 240 km. Egy szállítás 2 konténert jelent. A tevékenységhez szükséges idő (7,5 óra) a berakodásból (0,75 óra), kirakodásból (0,75 óra) és magából a szállításból (6 óra) áll. Az emelő-berendezéseket kezelő munkások száma 5 a be- és kirakodásnál, és 3 a szállítás közben.

#### *Betontörmelék esetleges telephelyen kívülre történő szállítása*

Az igen nagy mennyiségű betontörmelék keletkezése való tekintettel külön meg kell említeni, hogy az Előzetes Leszerelési Tervben figyelembe van véve az inaktív és megfelelő méretre tört beton esetleges értékesítése. Ebben az esetben a szállítási költségek a vevőket fogják terhelni. Abban az esetben, ha nem lenne igény a betontörmelékre, akkor azzal az inaktív épületek -1,0 m alatti lebontásra nem kerülő részei, a vegyszeres medencék, illetve a hideg és melegvíz csatornák lesznek feltöltve.

#### **A számításokhoz szükséges egyéb adatok**

Átlagos nem termelő munkaidő hányad az ellenőrzött zónában a munkaidő 20 %-a.

Átlagos nem termelő munkaidő hányad a szabad zónában a munkaidő 9 %-a.

A munkaerő ráfordítást növelő tényező dózisteljesítmény függését a 9.12. táblázat szemlélteti.

#### **9.12. táblázat: A munkaerő ráfordítást növelő tényező a dózisteljesítmény függvényében**

Dózisteljesítmény [ $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ]	< 2	2 - 20	20 - 200	200 – 2000	> 2000
Növelő tényező	1,0	1,4	2,0	4,0	6,0

### **9.3. A leszerelés végrehajtásnak folyamata és ütemezése az Előzetes Leszerelési Terv alapján**

#### **9.3.1. A kiválasztott leszerelési stratégia jellemzői**

A leszerelési változatok kiválasztása az alábbi indokok alapján történt:

- A jövőben megvalósításra kerülő változatot, mint a legkedvezőbbet kell kiválasztani néhány lehetséges leszerelési változat közül.
- Az egyes összehasonlítandó változatoknak olyan mértékben kell különbözniük egymástól, hogy meg lehessen becsülni az egyes műveletek és leszerelési időtartamok hatását a leszerelés jellemző adataira, mint amilyen a költségigény, a műszaki szolgáltatások, a biztonsági szempontok, a szükséges végleges tároló létesítmények és azok típusai.
- A kiválasztott változatok különböznek egymástól a megvalósítási időtartamokban, a keletkező radioaktív hulladékok mennyiségében és a szükséges műszaki és pénzügyi eszközökben. Ez lehetővé teszi, hogy a



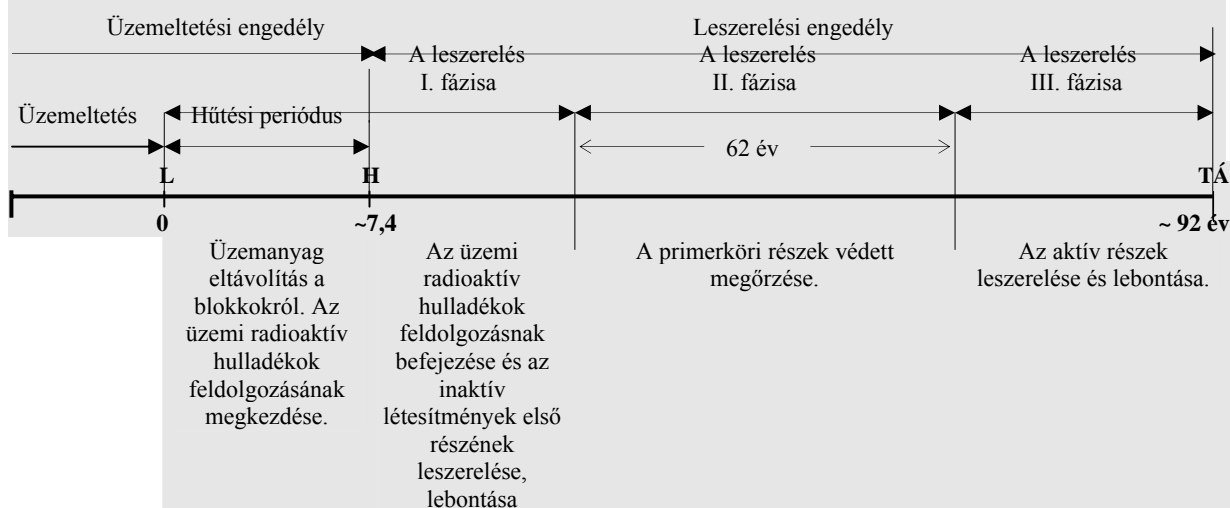
későbbiekben az adott feltételeket (műszaki, pénzügyi, biztonsági) legjobban megközelítő változatot lehessen kiválasztani a további, kiviteli tervezésre.

A három alapvető leszerelési változat a következő:

1. azonnali leszerelés;
2. halasztott leszerelés, a reaktorok 50 (valamint opcionálisan 70 és 100) éves védett megőrzésével;
3. halasztott leszerelés, a primerkörök egészének 70 éves védett megőrzésével.

Kihhasználva a 70 éves védett megőrzési változat esetében a KNP Alapba adódó alacsonyabb befizetés lehetőségét, valamint a radioaktív bomlásból eredő előnyöket, döntés született arról, hogy az erőmű leszerelése a 3. változat szerint valósuljon meg. A kiválasztott leszerelési változat fő folyamatai a 9.1. ábrán láthatók.

**9.1. ábra: A kiválasztott leszerelési változat ismertetése**



A változat alapvető jellemzője a primerkörök védett megőrzése.

A H mérföldkő előtt a kiegészített üzemanyag-kazettákat eltávolítják a blokkból, az üzemi radioaktív hulladékok egy részét feldolgozzák. Ez a változat bizonyos szempontokból különbözik a többitől. A leszerelés I. fázisban nem kerül sor a primerkörök belső dekontaminálására, és nem szerelnek le aktív elemeket. Feldolgozzák a maradék radioaktív hulladékokat, és építészeti javításokra kerül sor (építészeti megőrzés), a gépházat leszerelik és lebontják. A létesítményeket az ütemtervnek megfelelően lezárják. A létesítmények lezárása után rendszeresen ellenőrzik a környezeti terhelést. A védett megőrzési időszak letelte után a még meglévő épületeket leszerelik, illetve lebontják, és a telephelyet átadják további felhasználásra. Ez a változat tulajdonképpen egy megszakított leszerelési folyamatnak tekinthető.

A primerköri részek védett megőrzésével megvalósuló halasztott leszerelés az alábbi tevékenységekkel jellemezhető:

- I. leszerelési fázis:
  - az üzemi radioaktív hulladékok feldolgozása és tárolóba történő elszállítása;
  - a kiegészített kazetták átszállítása a KKÁT-ba;

- az üzemi közegek eltávolítása;
  - a szükségtelen inaktív és hasznosítható berendezések leszerelése;
  - a szükségtelen inaktív épületek lebontása;
  - a továbbiakban felhasználásra kerülő berendezések konzerválása (szellőztetés, spec. csatorna rendszer, stb.);
  - a kibocsátást megakadályozó gátak fenntartása és monitorozása;
  - a lezárt épületek és létesítmények felügyelete.
- II. leszerelési fázis:
    - az erőmű radioaktív anyagokat és berendezéseket tartalmazó részei lezárt állapotban maradnak. A kibocsátást megakadályozó gátakat karban kell tartani a tartós védett megőrzés során.
  - III. leszerelési fázis:
    - dekontaminálás;
    - a berendezések fokozatos leszerelése, beleértve a rektort is, valamint a fennmaradó szolgáltató rendszereket;
    - az üres épületek lebontása;
    - a dekontaminálás és a leszerelés során keletkező radioaktív hulladékok feldolgozása;
    - az inaktív hulladékok feldolgozása;
    - a telephely végleges ellenőrzése, megtisztítása és a terep rendezése;
    - a telephely átadása további felhasználásra.

A kiválasztott leszerelési változat egyes fázisaiban leszerelésre/lebontásra kerülő anyagmennyiségek a 9.13. – 9.16. táblázatokban található.

### 9.13. táblázat: Az I. fázis alatt leszerelésre kerülő technológiai eredetű anyagok

Technológiai rendszerek	Mennyiség [t]
Gépészeti berendezések – rozsdamentes	80
Gépészeti berendezések – szénacél	39 828
Egyéb	6761

### 9.14. táblázat: Az I. fázis alatt lebontásra kerülő épület anyagok

Épületrész	Mennyiség
Beton	86 390 m <sup>3</sup>
Vasbeton	57 880 m <sup>3</sup>
Betonvas	5 920 t
Acél	9 052 t
Előregyártott vb. elemek	10 780 t
Falazat	28 112 m <sup>3</sup>
Körítőfalak-fém	-
Körítőfalak-panel	43 200 m <sup>3</sup>
Fémburkolat- szénacél	-
Fémburkolat- rozsdamentes	-
Hermetikus sugárvédelmi ajtó	-
Spec. csatorna	-
Egyéb	32 838 t

**9.15. táblázat: A III. fázis alatt leszerelésre kerülő technológiai eredetű anyagok**

Technológiai rendszerek	Mennyiség [t]
Gépészeti berendezések – rozsdamentes	18 213
Gépészeti berendezések – szénacél	21 781
Egyéb	23 729

**9.16. táblázat: A III. fázis alatt lebontásra kerülő épület anyagok**

Épületrész	Mennyiség
Beton	30 583 m <sup>3</sup>
Vasbeton	345 945 m <sup>3</sup>
Betonvas	59 113 t
Acél	15 018 t
Előregyártott vb. elemek	37 990 t
Falazat	27 693 m <sup>3</sup>
Körítőfalak-fém	7 600 m <sup>3</sup>
Körítőfalak-panel	57 060 m <sup>3</sup>
Fémburkolat- szénacél	2 049 t
Fémburkolat- rozsdamentes	1 733 t
Hermetikus sugárvédelmi ajtó	2 001 t
Spec. csatatorna	111 t
Egyéb	4 681 t

**9.3.2. A leszereléshez szükséges berendezések és technológiák**

A kiválasztott leszerelési változat végrehajtásához jelentős mennyiségű beruházást szükséges végrehajtani.

A fontosabb tételek a következők: önjáró daru, nagynyomású vízsugaras vágógép, gyémánt betonfúró, önjáró légkompresszor, lánctalpas buldózer, exkavátor bontófogóval és bontókalapáccsal, rakodógép, bontó döngölő, általános biztonságvédelmi és karbantartó berendezések a hosszú távú védett megőrzéshez – fizikai monitoring rendszer (kamerák), speciális berendezés nagyméretű vagy nem tipikus berendezések dekontaminálására (tartályok, stb.), 3 km új kerítés, manipulátor a reaktor darabolásához, védőruha és speciális szerszámok azbeszt leszereléséhez, vésőgép, törőgép, berendezés a nagynyomású vízsugaras dekontamináláshoz, berendezés a felszár az elektrolitos dekontamináláshoz, leszerelés utáni dekontamináló berendezés, kábel dekontamináló gép, speciális daraboló tér a reaktorhoz, leszerelés utáni daraboló berendezés, telephelyi öntöde, újrahasznosító gép építészeti hulladékokhoz, újrahasznosító gép bérlése építészeti hulladékokhoz, új hőközpont, új toxikus hulladéktároló.

**9.3.3. A leszerelés időszükséglete**

Az erőmű leszerelése – az üzemidő meghosszabbítást figyelmen kívül hagyva – 2013-ban, az 1. blokk leállításával kezdődik és 2104-ben, 92 év múlva fejeződik be. A leszerelés I. fázisa 2022-ig tart. A leszerelés egész telephelyre vonatkoztatott II. fázisa (a primerkörü részek védett megőrzése) 2084-ben, azaz 62 év múlva fejeződik be. (A védett megőrzés minden blokk esetében 70 év, viszont a blokkok valós leállítási időpontjainak a figyelembe vételével a

kiégett kazetták 4. blokkról történő kiszállítása és az I. blokk leszerelésnek valós megkezdése között ez az időintervallum csak 62 év.)

Az üzemidő hosszabbítás figyelembe vételével az erőmű leszerelése 2033-ban az 1. blokk leállításával kezdődik és 2124-ben fejeződik be. A leszerelés egész telephelyre vonatkoztatott II. fázisa (a primerköri részek védett megőrzése) 2104-ben fejeződik be. (A védett megőrzés – hasonlóan az üzemidő hosszabbítás nélküli leszereléshez – minden blokk esetében 70 év, viszont a blokkok valós leállítási időpontjainak a figyelembe vételével a kiégett kazetták 4. blokkról történő kiszállítása és az I. blokk leszerelésnek valós megkezdése között ez az időintervallum szintén 62 év.)

#### **9.3.4. A leszerelési fázisok munkaerő igénye**

Meghatározták a kiválasztott leszerelési változathoz szükséges munkaórákat és az azt teljesítő munkások számának időfüggését. A munkások átlagos számának két esetben van maximuma: 2020-ban (2013-2022 között), illetve üzemidő hosszabbított blokkok esetében 2033-2042 között) az átlagos létszám 1134, 2095-ben (2082-2103 között), illetve 2115-ben pedig 1044 fő. A leszerelések valós megkezdése közötti 62 évben a szükséges létszám nem éri el a 40 főt.

#### **9.3.5. A telephely további hasznosítása**

A leszerelés stratégiai céljai között meg kell említeni a telephely további hasznosításával kapcsolatos elképzeléseket is. Az atomerőmű telephelye rendkívül értékes iparterület, amely a PA Rt. tulajdonát képezi és a KNPA számításoknál nincs figyelembe véve a telephely leszerelésre történő átadásával együtt a telephely teljes, vagy a részleges RHK Kht. általi, de a Magyar Állam részére történő megvásárlása.

A kiválasztott leszerelési technológiák alkalmazása esetén a leszerelési tevékenységek nem akadályozzák a Tulajdonos telephely (beruházási terület) villamos energia termelésre irányuló esetleges hasznosítási szándékát.

### **9.4. Sugárvédelmi ellenőrzés a leszerelés során**

#### **9.4.1. Sugárvédelmi rendszerek a leszerelés alatt végzett különböző tevékenységekhez**

Az erőmű leszerelésének sugárvédelmi ellenőrzési koncepciója a normál erőművi üzemeltetés során alkalmazott sugárvédelmi ellenőrző rendszerből fog kialakulni.

A meglévő sugárvédelmi ellenőrzés felépítése a következő:

- telepített sugárvédelmi ellenőrző rendszerekkel történő ellenőrzés;
- mintavételes sugárvédelmi ellenőrzés;
- személyi dozimetriai ellenőrzés.

Feltételezett, hogy a sugárvédelmi ellenőrző rendszerek a leszerelés hosszú időtartama miatt többször is el fognak avulni, amit – akár többször is – új, az adott kor műszaki színvonalának megfelelő rendszerre kell kicserélni, a mindenkori hatóságok jóváhagyásával. A költségek között figyelembe van véve ezen eszközök többszöri cseréje.

## **Telepített sugárvédelmi ellenőrző rendszer**

A telepített sugárvédelmi ellenőrző rendszer a következő részekből áll:

- munkahelyek és technológiai rendszerek sugárvédelmi ellenőrző rendszere;
- kibocsátás- és környezetellenőrzés;
- sugárkapuk az ellenőrzött zóna határán.

### *A munkahelyek és technológiai rendszerek sugárvédelmi ellenőrzése*

A munkahelyek és a technológiai rendszerek sugárvédelmi ellenőrzésére az atomerőművi telepített sugárvédelmi ellenőrző rendszer szolgál. A rendszer egy mérés-adatgyűjtő készülékből áll, melynek érzékelői nukleáris detektáló blokkok, egységek. A rendszer a két reaktorblokkra 500 mérőcsatornából áll.

A főépületben és a segédépületben a munkahelyek és technológiai rendszerek sugárvédelmi ellenőrző rendszere a következő ellenőrzéseket végzi:

- az üzemi területen a gamma-dózisteljesítmény mérése;
- az ellenőrzött zóna kijelölt helyiségeiben a levegő nemesgáz és aeroszol aktivitáskoncentrációjának ellenőrzése;
- az ellenőrzött zónán belül a gamma-dózisteljesítmény mérése;
- a technológiai rendszerek sugárzási paramétereinek meghatározása;
- a kibocsátásra kerülő vizek aktivitás-koncentrációjának ellenőrzése.

A rendszer terjedelme (a mérőcsatornák száma) folyamatosan módosulni fog, tekintettel a leszerelési/lebontási műveletre és a különböző tevékenységekre.

### *Kibocsátás- és környezetellenőrzés*

A telepített kibocsátás- és környezetellenőrző rendszer általános feladata az, hogy az erőmű minden üzemállapotában kellő mennyiségű és megbízhatóságú közvetlen mérési adatot szolgáltatson a környezeti hatás megítéléséhez, adott esetben a szükséges intézkedések meghozatalához.

A fenti feladatot összességében az „üzemi környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszer” látja el. Az ellenőrzés a telepített kibocsátás-ellenőrző, illetve környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszerek távmérései által valósul meg.

### *Sugárkapuk*

A sugárkapuk szintén az ún. telepített sugárvédelem részei. Az ellenőrzött zónában munkát végző személyek radioaktív felületi szennyezettségének kimutatására szolgálnak béta részecskéket kibocsátó radioizotópok esetén. Önálló mérőeszközként üzemelnek, a mért értékek helyi megjelenítésével.

## **Mintavételes sugárvédelmi ellenőrzés**

A mintavételes kibocsátás-ellenőrzés keretében az integrális mérési adatokat szolgáltató üzemi távmérő rendszer méréseinek pontosítása történik a folyékony és légnemű kibocsátásokból vett nagy számú minta érzékeny mérés technikával végrehajtott laboratóriumi vizsgálatával.

**Személyi dozimetriai ellenőrzés**

A személyzet dozimetriai ellenőrzése az erőmű leszerelése folyamán a normál erőművi üzemmel azonos elveket követ, az akkor érvényes jogi szabályozásnak megfelelően.

**9.4.2. A leszerelési fázisok sugárvédelmi jellemzői**

A személyi dózisterhelés szempontjából az erőmű leszerelése folyamán az alábbi tevékenységek lényegesek:

- az üzemeltetés befejezése;
- a kiégett üzemanyag kazetták eltávolítása a blokkból;
- dekontaminálás;
- leszerelés;
- a keletkező radioaktív hulladékok kezelése és kondicionálása.

A fenti tevékenységek elvégzése a munkások külső besugárzásához vezethet, ami a személyi sugárterhelés fő forrása. A másik forrás – a szennyeződések belégzése – elhanyagolható lesz, mert a munkások védőfelszerelésekkel (légzésvédő) lesznek ellátva. A személyzet sugárterhelésének kvalitatív mértéke a kollektív dózis, amely a leszerelés folyamán az egyes tevékenységekben résztvevő összes munkás személyi dózisének összege.

A kiválasztott leszerelési változat egyes fázisaiban végzett tevékenységek folyamán kapott kollektív dózis számítási eredményei a 9.17. – 9.19. táblázatokban található.

**9.17. táblázat: A személyzet várható kollektív dózisa a leszerelés I. fázisában**

A tevékenység típusa	Kollektív dózis [személy.Sv]
Előkészítő tevékenység	0,02
Leszerelés menedzsment és támogatás	0,21
Az üzemeltetés befejezése	2,25
Radioaktív hulladék kezelés	0,02
<b>Összesen</b>	<b>2,5</b>

**9.18. táblázat: A személyzet várható kollektív dózisa a leszerelés II. fázisában végzett tevékenységek esetében**

A tevékenység típusa	Kollektív dózis [személy.Sv]
Védett megőrzés és karbantartás	0,06
<b>Összesen</b>	<b>0,06</b>

**9.19. táblázat: A személyzet várható kollektív dózisa a leszerelés III. fázisában végzett tevékenységek esetében**

A tevékenység típusa	Kollektív dózis [személy.Sv]
Leszerelés menedzsment és támogatás	0,02
Dekontaminálás leszerelés előtt	0,01
Leszerelés	21,5
Dekontaminálás leszerelés után	1,52
Épületek dekontaminálása	0,06
Radioaktív hulladék kezelés	1,63
<b>Összesen</b>	<b>≈ 24,74</b>

A személyzet várható kollektív dózisa a leszerelés teljes időtartama alatt 27,3 személy.Sv. Az éves kollektív dózis csúcsa az olyan nagy dózisterheléssel járó tevékenységek egyidejű végzése mint a dekontaminálás, a primer technológia leszerelése és a radioaktív hulladékok feldolgozása során várható

### 9.4.3. Aeroszol és folyadék kibocsátások

A leszerelés környezeti hatását meghatározó főbb tényezők a következők:

- a berendezések terjedelme és üzem módja az ellenőrzött zónában;
- a reaktor üzemeltetésének befejezése és a leszerelések megkezdése között eltelt idő;
- a végzett dekontaminálások hatékonysága;
- a leszerelési munkák terjedelme, módja és maga a leszerelési folyamat;
- a felületek dekontaminálása és a leszerelések során keletkező hulladékok összegyűjtésére használt eszközök;
- a hulladék feldolgozás módja;
- a szellőztető rendszerek szűrési hatékonysága.

A leszerelés kezdetkor a kéményeken keresztül potenciálisan a környezetbe jutó radioaktív aeroszolok forrása:

- a technológiai rendszerek folyékony közegeinek kezelése és feldolgozása;
- a külső felületek esetleges dekontaminálása;
- az ellenőrzött zónában lévő berendezések leszerelése.

Ezek a tevékenységek aeroszolok keletkezéséhez vezethetnek. Mivel a leszerelés a kevésbé szennyezett rendszerekkel kezdődik, ezért kezdetben a keletkező aeroszolok aktivitása nagyon kicsi. Ami a keletkező aeroszolok mennyiségét illeti, a darabolás módja a döntő. A mechanikai vágásnál (fűrészelés és aprítás) kevesebb aeroszol keletkezik, mint a lángvágásnál (acetilén-oxigén és plazmavágás).

A nagyobb szennyezettségű berendezések darabolásánál feltételezett a nagyhatékonyságú mobil elszívó és szűrőberendezések alkalmazása, a szennyezett és nem szennyezett aeroszolok kikerülésének minimumra csökkentése céljából. A radioaktív aeroszolok befogásának becsült lehetséges hatékonysága 99,99 %.

A radioaktív anyagok kezelése szintén potenciális radioaktív aeroszol forrást jelent, főleg a leszerelt anyagok kezelése és kondicionálása. Még akkor is, ha a feldolgozó munkahelyek nagyon jól működő szellőztető rendszerekhez vannak csatlakoztatva, számolni kell bizonyos radioaktív aeroszol kibocsátással a kéményen keresztül.

A radioaktív anyagok kezelésével és feldolgozásával kapcsolatos minden egyéb tevékenység aeroszolak keletkezéséhez és kiszökéséhez vezethet.

Hangsúlyozni kell, hogy az aeroszol és folyadék kibocsátások megadott várható aktivitás értékei becsléseken alapulnak és szorosan összefüggenek a kiválasztott technológiával, így a tényleges értékek eltérhetnek az itt megadottaktól.

Az aeroszol és folyadék kibocsátások fő forrása a leszerelés előtti dekontaminálás, az aktív berendezések leszerelése a dekontaminálás és a leszerelés után, és a radioaktív hulladék feldolgozás.

## **9.5. A leszerelésből származó radioaktív és inaktív hulladékok becsült mennyiségei**

### **9.5.1. Radioaktív hulladékok**

#### **A radioaktív hulladékkategorizálás jellemzői**

Az Előzetes Leszerelési Terv készítése során az alábbi felszabadítási és hulladékkezeléssel kapcsolatos kritériumok lettek figyelembe véve.

A leszerelésből származó fémek:

- A környezetbe való kibocsátás esetén:
  - felületi  $\beta$ ,  $\gamma$  - szennyezettség  $< 0,3 \text{ Bq/cm}^2$ ;
  - felületi  $\alpha$  - szennyezettség  $< 0,03 \text{ Bq/cm}^2$ ;
  - fajlagos  $\beta$ ,  $\gamma$  - aktivitás  $< 100 \text{ Bq/kg}$ .
- Beolvasztás esetén – a fajlagos aktivitás  $75 \text{ kBq/kg}$ -nál kisebb, tömörítés esetén pedig  $75 \text{ kBq/kg}$  és  $2 \text{ MBq/kg}$  között kell, hogy legyen;
- A  $2 \text{ MBq/kg}$  fölötti fajlagos aktivitású fémeket darabolás után hordókba, illetve konténerekbe kell rakni és inaktív víz felhasználásával készített cement habarccsal kell megkötni.

A lebontásból származó szennyezett anyagok:

- Talaj és beton esetében
  - azokat az anyagokat, amelyek fajlagos aktivitása  $100 \text{ Bq/kg}$  alatt van, szabad felhasználásra ki lehet bocsátani;
  - a  $100 - 10\,000 \text{ Bq/kg}$  közötti fajlagos aktivitású anyagokat, a szennyezett talajt és betontörmelékeket az erőmű telephelyén (elkülönített), ellenőrzött hulladékgyűjtő területen kell tárolni;
  - a  $10\,000 \text{ Bq/kg}$ -nál nagyobb fajlagos aktivitású anyagokat hordókba, a hordókat pedig konténerekbe kell rakni a végleges elhelyezés céljából.



- Villamos kábelek

- az ellenőrzött zónán kívüli kábeleket inaktív anyagként lehet kezelni;
- az ellenőrzött zónából származó kábeleket, ha felületi szennyezettségük kisebb, mint  $0,3 \text{ Bq/cm}^2$ , ki lehet bocsátani a környezetbe;
- az ellenőrzött zónából származó kábeleket, ha felületi szennyezettségük  $0,3 \text{ Bq/cm}^2$ -nél nagyobb, radioaktív hulladékként kell kondicionálni. A kábelek szigetelését le kell szedni, majd fel kell darabolni, és az így kikerült tiszta színesfémeket értékesíteni lehet. A szennyezett szigetelést hordókba, majd azokat a végleges elhelyezéshez konténerekbe kell rakni.

## Radioaktív hulladék kezelési módszerek

A radioaktív hulladékok kezelésére figyelembe vett módszerek a következők:

- folyadékok bepárlása;
- sűrítmény és az ioncserélő gyanták cementezése;
- kisnyomású prézelés;
- fémek darabolása;
- kábelek újrahasznosítása;
- superkompaktálás;
- beolvasztás.

A felszín alatti tárolóban történő végleges elhelyezés előtti kondicionálás végtermékei a következő formákban keletkeznek:

- hordók – cementezett termék, egyes termékek superkompaktálás nélkül;
- a superkompaktor végtermékek;
- csomagolás nélkül – bugák beolvasztás után, beton törmelék, nagyméretű fémdarabok.

*A felszín alatti, illetve a mélygeológiai tárolók esetében használatos konténerek és hordók*

A termék alakjára tekintettel a hulladékokat konténerekbe, illetve hordókba kell tenni, mind a felszín alatti, mind pedig a mélygeológiai tárolóba való szállítás esetében. A konténerek „szabad” térfogatát cement habarccsal kell kitölteni.

2001-ben a leszerelés tervezés céljaira előzetesen egy 6 hordót befoglaló acélkonténer lett kiválasztva, 20 mm falvastagsággal, amely mind a felszín alatti, mind pedig a mélygeológiai tárolókban használható.

Egy konténerbe 6 hordó vagy 22-26 superkompaktor préstermék helyezhető el. Ha a konténert laza (csomagolatlan) hulladékkal töltik fel, a maximális töltési tömeg 13 t (a hulladék és a cement töltőanyag tömegének összege,  $2,6 \text{ m}^3$  effektív térfogat esetén).

## A radioaktív hulladékok mennyiségi jellemzői

*Nagy aktivitású hulladékok*

A reaktorok aktív zóna körüli részei, illetve az erőmű üzemeltetése során a reaktorból kivett felaktiválódott alkatrészek (szabályozókazetták abszorbensei, közbenső rudak, termoelemek) aktivitása és dózisteljesítménye a védett megőrzési periódus után sem lesz elhanyagolható, és a bennük található rendkívül nagy aktivitás miatt ezeket a hulladékokat még a védett megőrzés befejeztével is nagy aktivitású hulladékként kell kezelni.

A reaktorokból kivett felaktiválódott alkatrészeket az erőmű ellenőrzött zónájában, kiépítésenként elkülönítve, külön-külön tárolókutakban tárolják. Eltávolításukra csak az erőmű leszerelésekor kerül sor.

Mint ahogy már említésre került a paksi reaktorokra vonatkozó konkrét számítások még nem készültek el, de a fizika törvényszerűségei miatt a nemzetközi irodalmakban közölt információk függetlenül a reaktorok teljesítményétől és besugárzási idejétől, jellegükben nagyon hasonlítanak. A 254 MW(e) teljesítményű és 11 éves üzemidő után leállított lingeni KWL rektorra készült konkrét számítás eredményeiből is látható például, hogy hogyan csökken a reaktor összaktivitása az idő függvényében. A számítások eredményei szerint a leállást követő 70 év múlva az összaktivitás kb. egy nagyságrenddel fog csökkenni. A dózisteljesítménnyel kapcsolatban megállapítható, hogy a 70 éves védett megőrzés után a dózisteljesítmény kb. három nagyságrenddel fog csökkenni.

A fentiekre való tekintettel a nagy aktivitású hulladékokat – mely anyagok becsült feldolgozatlan térfogata kb. 66 m<sup>3</sup> – csak mélygeológiai tárolóban szabad elhelyezni. Tekintettel arra, hogy itt viszonylag nagyméretű fémdarabokról van szó a cementezés során kb. 2,3-szeres térfogat növekedéssel lehet számolni. Figyelembe véve továbbá a konténerek térkitöltését, a mélygeológiai tárolóba elhelyezendő nagyaktivitású hulladékok becsült mennyisége a 9.20. táblázatban található.

**9.20. táblázat: A mélygeológiai tárolóban elhelyezésre kerülő nagyaktivitású hulladékok feldolgozás utáni térfogata**

	Mennyiség
A mélygeológiai tárolóban elhelyezésre kerülő konténerek száma	67 db
A mélygeológiai tárolóban elhelyezésre kerülő konténerek nettó (belső) térfogata	174,2 m <sup>3</sup>
A konténerek mélygeológiai tárolóban történő elhelyezéséhez szükséges térfogat (a konténerek külső bruttó térfogata)	247 m <sup>3</sup>

*Kis és közepes aktivitású hulladékok*

A leszerelési munkák során keletkező kis és közepes aktivitású folyékony hulladékok nagy része a különböző dekontaminálási munkák során keletkezik. A dekontaminálási eredetű folyékony hulladékokon kívül a mosóban és zuhanyozókban is keletkeznek radioaktív vizek. Ezek a folyékony hulladékok a jelenleg is használatos technológia alkalmazásával 400 g/l-es koncentrációig lesznek besűrítve, majd a sűrítmények be lesznek cementezve.

A szilárd halmazállapotú kis és közepes aktivitású hulladékok olyan fémes vagy nemfémes hulladékok melyek esetén a felszabadítási kritériumokat műszakilag nem lehet vagy nem gazdaságos elérni. Nem lehet például elérni a felszabadítási kritériumokat abban az esetben, ha kis átmérőjű csöveket hidraulikus ollóval vágnak, mert a vágás során a vágási helyeken a csövek összenyomódnak és ezért nem lehet dekontaminálni azokat, mert a dekontamináló oldat nem megy be a csődarabok belsejébe. A gazdaságosság kérdése szintén a kis átmérőjű csővezetékekre vonatkozik. Az eddigi nemzetközi gyakorlat azt mutatja, hogy ezeket gazdaságosabb összepréselni és hulladéktárolóban elhelyezni, mint esetleg dekontaminálni.

A feldolgozás előtti kis és közepes aktivitású primer és szekunder radioaktív hulladék összes mennyiségét a 9.21. táblázat szemlélteti.

**9.21. táblázat: A feldolgozás előtti kis és közepes aktivitású primer és szekunder hulladékok mennyisége**

Hulladék fajta	Mennyiség
Folyékony radioaktív hulladék mennyiség a besűrítés előtt.	87 302 m <sup>3</sup>
Sűrítmények 400 g/l sótartalommal.	797 m <sup>3</sup>
Szilárd hulladékok – fém.	24 456 t
Szilárd hulladékok – nem fém.	6199 t

Ezeknél a hulladékoknál a cementezés során a nagyaktivitású hulladékok esetében feltételezett térfogat növekedésnél nagyobb térfogat növekedéssel kell számolni.

A feldolgozott hulladékok becsült térfogata a 9.22. táblázatban található.

**9.22. táblázat: A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok feldolgozás utáni térfogata**

	Mennyiség
A felszín alatti tárolóban elhelyezésre kerülő konténerek száma	4 657 db
A feldolgozott kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok összes nettó térfogata (a konténerek belső térfogata)	12 109 m <sup>3</sup>
A konténerek felszín alatti tárolóban történő elhelyezéséhez szükséges tároló térfogat (a konténerek külső bruttó térfogata)	17 115 m <sup>3</sup>

### A radioaktív hulladékok keletkezésének ütemezése

A nagy aktivitású hulladékok eltávolítása üzemidő hosszabbítás nélkül 2092 és 2095 között, míg üzemidő hosszabbítás esetén 2112-2115 között esedékes, mely időpontig ki kell építeni a reaktorok belső szerkezeti elemeinek, illetve a reaktor tartályok daraboló berendezéseit. Jelenleg az Előzetes Leszerelési Terv ezeknek a szerkezeteknek a hagyományos plazma vágási technológia felhasználását irányozza elő.

A kis és közepes aktivitású hulladékok keletkezésének két nagy időszaka van. Az első időszak gyakorlatilag megegyezik a leszerelés I. fáziséval, ami a leállított blokkok technológiai rendszereinek leürítésével, kiszáritásával és a folyékony hulladékok feldolgozásával jellemezhető. A második nagy időintervallum egybeesik a III. leszerelési fázissal, ami a primer rendszerek leszerelésével és feldolgozásával jellemezhető. A leszerelés II. fázisában a védett megőrzés időszaka alatt csak kis mennyiségű nemfémes hulladék keletkezése van feltételezve.

### 9.5.2. Inaktív hulladékok

Az inaktív hulladékok fajtái a következők lehetnek:

- Újrahasznosítható fémhulladékok
  - színesfémek (alumínium, réz), pl. ablakkeretek, külső fém falak;
  - szénacél és rozsdamentes acélok (csövek, lemezek a hőszigetelő burkolatokból, burkolatok, berendezés részek, hermetikus és sugárvédelmi ajtók, daru sínek és szerkezetek, szennyvíz vezetékek, acél huzalok, stb.)
  - épületek acélszerkezetei.
- Újrahasznosítható építőanyagok
  - beton;
  - vasbeton;
  - előre gyártott elemek;
  - falazat;
  - külső falak.
- Felhasználható anyagok – villamos kábelek – összegyűjtés és szállítás a hulladékgyűjtő helyre
  - villamos berendezések rézkábelei;
  - villamos berendezések alumínium kábelei.
- Feltöltésre szánt egyéb és különleges anyagok
  - Egyéb hulladékok:
    - fa (fa termékek);
    - üveg, üvegszál a berendezések hőszigeteléséből;
    - kerámia anyagok ( a villamos berendezéseknél);
    - tetőfedések (bitumen, stb.);
    - tető hőszigetelés, vízszigetelés;
    - műanyagok (polisztirol, PVC, poliakrilát, polietilén, polipropilén, stb.) a padlózatokból;
    - gumi;
    - kisebb hulladékok – személyi védelmi eszközök, textil, papír;
    - egyéb válogatatlan bontási szemét;
    - villamos kábelek tűzvédő burkolatai – káros komponens nélküli anyagok.
  - Különleges anyagok:
    - villamos kábelek tűzvédő burkolatai (antimon-dioxid, azbeszt tartalommal);
    - azbeszt tartalmú anyagok.

A különleges anyagokat minden esetben veszélyes hulladéknak kell tekinteni.

#### Inaktív hulladékok kezelési módszerei

Az inaktív szilárd hulladék kondicionálás elvi technológiai műveletei a következők:

- fém darabolás és újrahasznosítás;
- építőanyag újrahasznosítás (például beton törmelék útalapokban történő hasznosítása);
- villamos kábelek gyűjtése;
- a fennmaradó anyagok gyűjtése.

Az inaktív hulladékok a technológiai berendezések leszereléséből és az épületek lebontásából fognak származni.

A hulladékok a következőkből állnak:

- leszerelt berendezések, dekontaminálás után (vagy nélküle), a környezetbe való kibocsátásra alkalmas aktivitással (acél, színesfémek a szennyezett kábelekből, stb.);
- építési hulladékok a lebontott épületekből (az épületek esetleges dekontaminálása után);
- berendezés részek lebontás és válogatás után;
- bugák, amennyiben eléri a szabadszínti kibocsátáshoz és az újrahasznosításhoz szükséges aktivitás szintet.

Ésszerű elérni a lehető legnagyobb inaktív hulladék mennyiséget, dekontaminálással, válogatással, beolvasztással és egyéb módszerekkel. A hulladékok egy részét, mint másodlagos nyersanyagokat ki lehet bocsátani korlátlan felhasználásra különböző kondicionálási módszerek felhasználásával és újrahasznosítással. A hulladékok másik részét – a felhasználhatatlan háztartási hulladékokat – a leszerelés I. fázisában települési lerakóba kell szállítani, a III. fázisban pedig az építmények leszerelése után fennmaradó épületek felszín alatti tereinek feltöltésére használható. Feltételezhető, hogy különleges anyagok (azbeszt, villamos kábelek tűzvédő burkolatai, stb.) viszonylag nagy mennyiségben keletkeznek. Külön részt alkotnak a földben hagyott inaktív építőanyagok az épületek -1,0 m szintje alatt. Lesznek olyan felszín alatti terek, amelyeket talajfölsőleggel és az épületek bontásából és építőanyag újrahasznosításából származó, felhasználhatatlan hulladékokkal fognak feltölteni.

### **Az inaktív hulladékok mennyiségi jellemzői**

Az inaktív hulladékok keletkezésének kumulatív mennyiségét az épületek lebontásából származó beton és vasbeton teszi ki, melyek össz mennyisége kb. 400 000 m<sup>3</sup>. Amennyiben semmilyen kereslet sem lesz ennek a nagy mennyiségű betonnak az újrahasznosítására, akkor az inaktív épületek -1,0 m alatti, lebontásra nem kerülő részei illetve a melegvíz csatorna lesz feltöltve vele, mely objektumok feltölthető térfogata kb. 747 000 m<sup>3</sup>.

### **Az inaktív hulladékok keletkezésének időbeli ütemezése**

Az inaktív hulladékok keletkezése, a radioaktív hulladékokhoz hasonlóan, természetesen szintén a nagy leszerelési fázisokhoz köthető.

## **9.6. A leszerelés biztonsági elemzése**

### **9.6.1. Az üzemzavar elhárítási intézkedések alapelvei a leszerelés folyamán**

Az üzemzavar elhárítási intézkedések alapelvei a leszerelés folyamán a következők:

- A leszerelési időszak alatt szükségessé válhat üzemzavar elhárítási intézkedések kidolgozása, bevezetése és fenntartása a rendkívüli események elhárítása céljából.
- A telephely személyzetét be kell tanítani a rendkívüli események lekezelésére.

- Az utasításoknak rendelkezésre kell állniuk, egyeztetve az irányító és végrehajtó szervezetekkel, valamint az egyéb illetékes hatóságokkal a balesetek és események kezelése, értékelése és jelentése céljából.
- Mindaddig, míg radioaktív anyag marad a telephelyen és fennáll a potenciális balesetveszély, szükség van az üzemzavar elhárítási utasításokra.
- Az erőmű leszerelése folyamán az üzemzavar elhárítás tervezése a teljes telephelyre meglévő üzemzavar elhárítási terven fog alapulni.
- Az üzemzavar elhárítás tervezése a leszerelt erőmű aktuális állapotának fog megfelelni az adott időpontban, tehát, az üzemzavar elhárítási tervet fokozatosan módosítani és redukálni kell.
- A feltételezések szerint az alábbi műveletek válhatnak aeroszol és folyadék aktivitás forrásaivá az erőmű leszerelés folyamán:
  - üzemanyag kezelés a reaktor végleges leállítása után;
  - a berendezések dekontaminálása;
  - az épület felületek dekontaminálása;
  - a szennyezett berendezések leszerelése és darabolása;
  - a leszerelés folyamán keletkező radioaktív hulladékok kezelése, és kondicionálása a végleges tárolásra alkalmas formára.

Mindezen tevékenységek folyamán a szükséges szűrőkkel ellátott megfelelő szellőztető rendszerek fognak üzemelni, hogy lényegesen csökkenjen az aeroszol kibocsátások aktivitása. Az üzemzavar elhárítás tervezési szabályai ebben az esetben a rendszerek meghibásodására lesznek érvényesek.

A leszerelés folyamán az erőmű berendezéseiben és a területén lévő aktivitás mennyisége és ezzel együtt a környezetbe jutás veszélye fokozatosan csökken. A leszerelés előrehaladtával az üzemzavar elhárítás tervezésével szemben támasztott követelmények az egyes leszerelési fázisokban csökkenni fognak.

Az üzemzavar elhárítással szemben támasztott követelmények a leszerelés folyamán lényegesen alacsonyabbak, az erőmű normál üzeme alatt támasztott követelményekhez képest.

### 9.6.2. Tűzvédelem

Az erőmű tűzoltóság jelenlegihez hasonló létszámú szervezetének fenntartására a nukleáris biztonság miatt van szükség, de csak a kiégett kazetták 4. blokkról történő kiszállításáig.

Az erőmű tűzoltóság leépítése után a tűzoltással első fokon a leszerelési tevékenységet végző szervezeteket kell megbízni és erre megfelelő módon ki is kell oktatni azokat. Esetleges nagyobb tüzek esetén a tűzoltásba be kell vonni a városi tűzoltóságot is.

A blokkok leállítását követő 3 éves kiégett kazetta pihentetési időszak alatt – a kazetták hűtésében részt vevő rendszerek kivételével – valamennyi technológiai rendszert le kell üríteni és a gyúlékony anyagokat is – a kábelek kivételével – el kell távolítani.

Bizonyos dekontaminálási és leszerelési technológiák különleges tűzvédelmi intézkedéseket igényelnek. Az intézkedésekkel járó költségeket figyelembe kell venni egy adott technológia kiválasztásakor (pl. termikus darabolás, vagy zúzás).

A tűzjelző és tűzvédelmi rendszert a leszerelés teljes időtartama alatt üzemben kell tartani, de annak méretét a mindenkori követelményekhez kell igazítani.

### 9.6.3. Sugárvédelem

A sugárvédelmi programnak kell biztosítania a sugárvédelem optimalizálását és azt, hogy a dózisok a megfelelő határértékek alatt maradjanak. Bár a sugárvédelem alapelvei és céljai a normál üzemeltetés és a leszerelés alatt alapvetően megegyeznek, a sugárvédelem módszerei és műveletei eltérőek lehetnek. A leszerelés alatt speciális helyzetek esetleges kialakulásával kell számolni, amelyek különleges berendezések és bizonyos, nem rutin műveletek alkalmazását igényelhetik.

A személyzet sugárvédelmének biztosítása az erőmű leszerelése folyamán és a leszerelési folyamat személyzetre és a környezetre gyakorolt várható hatásának értékelése a következő elveken alapul:

- Az ALARA elv következetes betartása.
- A meglévő sugárvédelmi ellenőrző rendszer maximális mértékű felhasználása.
- Törekedni kell, hogy a dolgozók éves átlagos személyi dózisa lehetőleg ne haladja meg a 20 mSv/év értéket (a leszerelési tevékenységek jellege nem igényli a hatályos rendeletben előírt maximális dóziskorlátok kihasználását).
- A fentiekre való tekintettel az alábbi intézkedéseket kell bevezetni a személyzet maximális dózisterhelésének betartása érdekében:
  - 0,002 mGy/óra várható dózisteljesítményű területen a munkavégzés veszélyeztetés nélkül megengedhető.
  - Olyan területeken, ahol a várható dózisteljesítmény értéke 0,002-0,02 mGy/óra, a műszak teljes időtartama alatt megengedett a folyamatos munkavégzés.
  - Azokban a helyiségekben, ahol a várható átlagos dózisteljesítmény 0,02-0,2 mGy/óra tartományban van, a személyzet korlátozott tartózkodása engedélyezett, az elvégzendő tevékenységek pontos meghatározásával és indoklásával.
  - Azokban a helyiségekben, ahol a várható dózisteljesítmény 0,2-2 mGy/óra tartományban van, a munka csak szigorúan korlátozott időtartamra engedhető meg, a tevékenységeket gondosan meg kell tervezni és a műveleteket be kell gyakorolni, hogy ne lépjék túl az engedélyezett személyi dózis határértéket.
  - Olyan területeken, ahol a várható átlagos dózisteljesítmény 2 mGy/óra fölött van, munkások jelenléte nincs betervezve és minden szükséges tevékenységet távműködtetésű manipulátorokkal kell végezteni, kivéve az olyan kivételes eseteket, mint a manipulátorok beépítése, vagy vészhelyzetek elhárítása.
- Az aktív berendezésekkel, vagy radioaktív közegekkel végzett mindenfajta tevékenység során a sugárveszélyes területeken végzendő munkára vonatkozó minden rendszabályt be kell tartani.
- Az aeroszokok és folyadékok kibocsátására vonatkozóan ugyanolyan korlátokat kell alkalmazni, mint a normál üzemeltetés során.
- A dolgozók sugárterhelése a következők alapján határozható meg:
  - dózisteljesítmény a tevékenység helyszínén (a berendezések szennyezettségi szintjének számítása, mérések vagy általános szakértői becslések alapján);
  - feltételezett tartózkodási idő (a tevékenység időtartama).
- Az aeroszol kibocsátások aktivitás értékei az alábbiak alapján határozható meg:
  - becsült aktivitás az adott munkahelyen;

- a berendezések feltételezett szennyezettségi szintje (amelyekre az adott aktivitást becslik);
  - feltételezett radioaktív termék kibocsátás a szándékolt tevékenység folyamán;
  - a szellőző rendszer hatékonysága.
- A folyadék kibocsátások értékeinek alapja az adott időszakban feldolgozott folyékony radioaktív hulladékok aktivitása és térfogata és az alkalmazott víztisztító rendszer hatékonysága (dekontaminálási tényező).
  - A feltételezések szerint a személyzet ellenőrzött zónában engedélyezett munkaideje maximum 6 óra a 8 órás műszak időből.

#### 9.6.4. Ipari biztonságtechnika

Az erőmű leszerelési/lebontási tevékenységei során a fő tevékenységek a következők:

- dekontaminálás;
- technológiai rendszerek leszerelése;
- nehéz terhek emelése;
- kézi anyagmozgatás;
- állványozás;
- magasban végzett munka;
- ipari alpinechnikai munka;
- építész jellegű bontási munkák;
- gépi anyagmozgatás, szállítás;
- robbantás.

A fenti főbb folyamatok munkabiztonsági szempontból jelenleg is szabályozva vannak, és a jövőben is szabályozottak lesznek, ennek ellenére nagy figyelmet kell fordítani ezeknek a szabályzásoknak a betartására, illetve az egészségkárosító hatások (sugárzás, por, zaj, stb.) lehető legalacsonyabb szinten tartására.

Mivel a nemzetközi statisztikák szerint, a leszerelési műveletek során bekövetkezett balesetek több mint 90 %-a áramütésből ered (ezek nagy része azért, mert olyan kábeleket vágnak el amelyekről azt hiszik, hogy feszültségmentesek), különös figyelmet kell fordítani a villamos gépek, kisgépek működtetésére és a világítási rendszer villamos betáplálásaira. Célszerű egy teljesen új, eltérő színű kábeleket használó világítási és villamos elosztó rendszert kiépíteni az említett balesetek elkerülése érdekében.

#### 9.6.5. Veszélyes anyagok

Az anyagleltáron belül bizonyos anyagok speciális kezelést igényelnek. Ilyenek például az azbeszt tartalmú burkolatok, és építőanyagok melyeket a környezetre veszélyes anyagok közé sorolnak, pedig maga az elemi anyag nem toxikus, érintése közvetlen veszélyt nem jelent. A belélegzett azbesztszálak viszont bizonyos körülmények között tüdő, mellhártya és hashártya megbetegedésekhez, rákhoz vezethetnek. A belélegzett azbesztszálak kóros elváltozást okozhatnak a tüdőben, különösen a kékazbeszt elemi szálai, amik lándzsa alakjuk miatt „kiköhöghetetlenek”. Az azbeszttel kapcsolatos tevékenységek (eltávolítás, gyűjtés, elhelyezés) engedélyhez és jogosítványhoz kötöttek.

Az azbeszten kívül meg kell még említeni a különböző vegyszer- és olajtároló tartályokat, berendezéseket és csőhálózatokat melyek eltávolítása és elhelyezése, esetleges újra hasznosítása, speciális feltételekhez kötött és mennyiségük nem elhanyagolható.



### 9.6.6. A fizikai védelem alapelvei a leszerelés alatt

A fizikai védelem alapelvei a leszerelés alatt a következők:

- Az erőművet a szabotázsától és az illetéktelen emberi behatolástól védő, valamint a radioaktív anyagok fizikai védelmét szolgáló rendszernek a helyén kell maradnia az erőmű leszerelése folyamán.
- A fizikai védelmi rendszernek összemérhetőnek kell lennie a fennmaradó anyagok jellegével, a hozzájuk kapcsolódó kockázattal és az anyagok értékével/vonzó mivoltával.
- A fizikai védelmi rendszer a leszerelés folyamán elvben az erőmű normál üzemeltetése alatti fizikai védelem koncepcióján fog alapulni. Lehetséges lesz terjedelmének fokozatos csökkentése, a radioaktív anyagok csökkenő mennyiségének, illetve az épületek előrehaladott leszerelésének/lebontásának megfelelően.
- Az aktivitás mennyisége az erőmű berendezéseiben és építményeiben már a leszerelés kezdeti fázisában kisebb lesz, mint a normál üzemeltetés alatt. Az ellenőrzött zóna eredeti terjedelmét azonban meg kell őrizni. A leszerelés előrehaladtával az aktivitás mennyisége és a szennyezettség terjedelme csökkenni fog. Ezt a tényt szem előtt tartva, a fizikai védelemmel szemben támasztott követelmények egyre kisebbek lesznek, a fizikai védelem a leszerelési folyamat elért fázisának fog megfelelni.
- A fizikai védelem az erőmű leszerelési folyamatában nagyon lényeges elem, tekintettel a kiégett üzemanyag és a kondicionált radioaktív hulladékok jelenlétére.
- Addig ameddig telephelyen nukleáris anyagok vannak, az üzemeltető szervezetnek be kell tartania a vonatkozó nemzetközi egyezményeket és meg kell felelnie a NAÜ Safeguards elveinek.

### 9.7. A leszerelés környezeti hatásai

A leszerelés időszakában az építőipari bontási-leszerelési munkák dominálnak. A bontási-leszerelési munkák kiterjednek az inaktív berendezésekre, építményekre, épületekre; megfelelő dekontaminálási műveletek elvégzése után a radioaktívan szennyezettekre is. Lebontásra kerülnek a vízepítési műtárgyak, medencék, vonalas létesítmények; a vízszintészlelő és mintavételi kutakat eltömedékelik, a csatornákat feltöltik. Ezután következhet a tereprendezés, már a rekultivációs szakaszban. Az előzetes ismertetésnek megfelelően a leszerelésre vagy egyetlen szakaszban, vagy megszakításokkal kerül sor, így a munkák időtartama a néhány évtizedtől száz évig is terjedhet.

A leszereléssel foglalkozó létszám alapvetően függ a telephelyen dolgozó személyzet számától, ami a 600 főtől az 1200 főre becsült maximumig terjedhet. A Paksi Atomerőmű blokkjainak leszerelési tervei alapján a fenti létszámadatokhoz tartozó leszerelési időtartamok 5-20 év között változnak, amennyiben több szakaszos leszerelés esetén a pihentetési időszakokat nem vesszük figyelembe. A leszereléssel foglalkozó munkaerő telephelyi tartózkodásából eredő járulékos hatásként a vízfelhasználás, szennyvíz kibocsátás és kommunális hulladékképződés említhető, de az építési fázissal összevetve (ahol a vonatkozó létszámadatok sokkal magasabbak) ezek környezeti hatásai elhanyagolhatók lesznek.

A leszerelési folyamat során jelentős hatásként említhetjük a hulladékképződést. Alapvető célkitűzés, hogy a keletkező hulladékmennyiségek a lehető legkisebbek legyenek, mind összvolumenüket, mind egy-egy fajtájukat tekintve. A leszerelés során számolnunk kell nagy mennyiségű ipari hulladék keletkezésével. Inaktív ipari hulladékként alapvetően a fémek és az építőanyagok törmelékei jelentkeznek. Mindkét fajtánál törekedni kell az újrafelhasználásra, a fémhulladékok beolvasztásával (esetleg kohászati üzemeknek történő eladással) illetve az építési törmelékek útépitési vagy tereprendezési célú hasznosításával.

Az inaktív bontási hulladékmennyiség nagyságrendje az egymillió tonnás nagyságrendbe eshet. Beolvasztásra kerülő fémhulladék a százezer tonnás volumenben várható.

A leszerelés során az üzemeltetéstől jelentősen különböző mennyiségű veszélyes hulladék nem várható. Ezt az alkalmazott technológiák és a telephelyen dolgozó csökkentett létszám valószínűsíti. Gyűjtésükről és kezelésükről a leszereléskor érvényben levő rendeleteknek megfelelően kell gondoskodni.

A leszerelés során – az ellenőrzött zónán belül technológiai berendezések és építmények dekontaminálásából, valamint a maradó szennyezettség miatt – radioaktív hulladékok is keletkeznek. A leszerelés időszakában rendelkezésre álló legkorszerűbb technológiák kiválasztása és alkalmazása esetén a vízkörnyezeti kibocsátások elkerülhetőek. A radioaktív hulladékok mennyiségére vonatkozóan csak nagyon durva becslés adható: általában az üzemviteli hulladékokkal azonos mennyiséget lehet feltételezni. Figyelembe véve a blokkok "csökkentett" hulladék képződését illetve a megnövekedett élettartamukat 18-20 ezer m<sup>3</sup> kondicionált radioaktív hulladék keletkezésével kell számolnunk. Ez a mennyiség azonnali zöldmezős leszerelés esetén 15-20 év alatt, pihentetésekkel megszakított változatoknál kb. fele-fele arányban 30-70 év különbséggel jelentkezik. A leszerelési radioaktív hulladékok különböző fajtáinak keletkezési időpontja a leszerelési opció kiválasztásától függ.

### **A hulladékok feldolgozása, szállítása és végleges elhelyezése**

A radioaktív hulladékok túlnyomó része feldolgozásra kerül annak érdekében, hogy kielégítse a hulladéktárolóban való végleges elhelyezés kritériumait, a Paksi Atomerőmű normál üzemeltetése során rendszeresen alkalmazott technológiai folyamatok és létesítmények felhasználásával, továbbá a különböző radioaktív hulladék típusok kezelésének és kondicionálásának megvalósulásakor rendelkezésre álló mobil berendezések felhasználásával.

A bontásból származó hulladékok osztályozásánál az alábbi kritériumok vehetők figyelembe a jelenlegi nemzetközi tapasztalatok alapján:

- A 100 Bq/kg értéknél kisebb aktivitáskoncentrációjú anyagokat újrahasznosító rendszerben kezelik szabad felhasználásra.
- A 100-3000 Bq/kg aktivitáskoncentrációjú anyagok a szennyezett talajok számára kijelölt ellenőrzött lerakóhelyre kerülnek.
- A 3000 Bq/kg fölötti aktivitáskoncentrációjú anyagokat hordókba töltik, cementtel rögzítik és a hulladéktárolóba szállítják.
- A villamos készülékeket, kábeleket és egyéb anyagokat, amelyek nem az ellenőrzött zónából származnak, inaktív anyagként korlátozás nélkül lehet használni.
- Az ellenőrzött zónából származó, 0,3 Bq/cm<sup>2</sup> alatti felületi szennyezettségű villamos készülékek és kábelek teljes egészében használhatók, és a környezetbe korlátozás nélkül kikerülhetnek.

- Az ellenőrzött zónából származó  $0,3 \text{ Bq/cm}^2$  feletti szennyezettségű elektromos berendezések és kábelek: a szigetelést eltávolítják és radioaktív hulladékként kezelik; a színesfém ereket, vezetőket másodlagos nyersanyagként, mindennemű korlátozás nélkül használják fel.

A radioaktív hulladékok közúton történő szállításánál az érvényes előírásokat kell figyelembe venni. A kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok felszín alatti tárolóba, a nagyaktivitású radioaktív hulladék mélygeológiai tárolóba kerül végső elhelyezésre.

A nem szennyezett építőanyagokat (beton; vasbeton) a -1,0 szint alatt nem szükséges eltávolítani.

### Újrahasznosítható hulladékok

A nem szennyezett hulladékok egy része a berendezések leszereléséből és az atomerőmű épület részének lebontásából fog származni, úgy mint:

- Újrahasznosítható fémhulladékok (színesfémek, szénacél és rozsdamentes acélok, épületek acélszerkezetei),
- Újrahasznosítható építőanyagok (beton, vasbeton, előregyártott elemek, falazat, járulékok, külső falak),
- Felhasználható anyagok – villamos kábelek – összegyűjtés és szállítás a hulladékgyűjtő helyre (villamos berendezések rézkábeleik, villamos berendezések alumínium kábeleik),
- Feltöltésre szánt egyéb és különleges anyagok (fa, fa termékek, üveg, üvegszál a berendezések hőszigeteléséből, kerámia anyagok, tetőfedések, tető hőszigetelés, vízszigetelés, műanyagok a padlózatokból, gumi, kisebb hulladékok, egyéb válogatatlan bontási szemét, villamos kábelek tűzvédő burkolatai, nem hasznosítható több eres kábelek).

Hatótényezőként kell említenünk a leszerelési időszakban történő szállítási tevékenységet is. A szállítási szükségletek egyrészt a bontási hulladékokra, fémanyagokra, másrészt a leszerelést végző személyzetre vonatkoznak. A hulladékanyagok szállítása várhatóan az építési fázissal megegyező környezeti hatásokhoz fog vezetni, bár a szállítási tevékenység intenzitása a leszerelés hosszabb időtartama miatt kisebb.

Önálló hatótényezőként jelentkezik a leszerelési zajterhelés, mivel a bontási technikák és az alkalmazott technológiai berendezések általában jelentős zajforrások. A hatótényező értékeléséhez jelenleg nem rendelkezünk elegendő adattal. A leszerelési tevékenység azonban önállóan is hatásvizsgálat köteles, így a kérdés ott kezelhető. Várhatóan azonban problémát nem fog okozni, hiszen az atomerőmű biztonsági övezetében lakóterület nem települhet.

Egy atomerőmű leszerelésének gazdasági és társadalmi következményei is jelentkezni fognak. Az erőműben jelentős számú magasan képzett szakember dolgozik. Ők általában Paks városában és a környező településeken élnek. Ha megszűnik számukra és családtagjaik számára a jól fizető munkalehetőség, valószínűleg megnő az elvándorlás a térségből, bár a leszerelési tevékenységek 30-100 éve alatt a jelenlegi létszám 20-25 %-át lehet még a telephelyen foglalkoztatni.

A lakóközösségek támogatása megszűnik, ezzel a város lakói számára csökkennek a kulturális, sport stb. lehetőségek; az önkormányzat jelentős bevételtől esik el, ami természetesen kihatással van az ott lakók életére.

A leszerelés eredményeként a területhasználat a helyi és regionális megfontolásoknak megfelelően változik és a vizuális hatás megszűnik. Amennyiben a területet mező- vagy erdőgazdasági célra kívánják a leszerelés után hasznosítani, a leszerelés mint tevékenység a környezeti állapot javulását eredményezi, hiszen a terület rekultivációja bármely társadalmilag elfogadott célkitűzés alapján (pl. keményfás ártéri erdők visszatelepítésével) elvégezhető.

**IRODALOMJEGYZÉK**

- [1] A Paksi Atomerőmű Előzetes Leszerelési Terve, DECOM Slovakia Ltd., TS ENERCON Kft., 2003. nov.
- [2] Paksi Atomerőmű 1-4. blokk, Végleges Biztonsági Jelentés 18. fejezet, Az atomerőmű blokkjai megszüntetésének előzetes terve 2. verzió, TS ENERCON Kft, 2004.