



**MVM PAKS II. ZRT.**

**ÚJ ATOMERŐMŰVI BLOKKOK LÉTESÍTÉSE  
A PAKSI TELEPHELYEN**

***KÖRNYEZETI HATÁSTANULMÁNY***

**KÖZÉRTHETŐ ÖSSZEFOGLALÓ**

**MVM Paks II. Zrt szerződésszám: 4000018343**

**MVM ERBE Zrt szerződésszám: 13A380069000**



## AZ ENGEDÉLYKÉRŐ ADATAI

Az Engedélykérő megnevezése:	MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő Zártkörűen Működő Részvénytársaság
Az Engedélykérő hivatalos rövidítése:	MVM Paks II. Zrt.
Az Engedélykérő székhelye:	7030 Paks, Gagarin u. 1-3. 302/B
Az Engedélykérő cégjegyzék száma:	17-10-001282
Az Engedélykérő adószáma:	24086954-2-17
Az Engedélykérő statisztikai számjele:	24086954-4222-114-17
Az Engedélykérő vezetője:	Nagy Sándor - vezérigazgató
Az Engedélykérő kapcsolattartója:	Puskás László - engedélyezési- és nukleáris biztonsági osztályvezető
Az Engedélykérő kapcsolattartójának elérhetősége:	+36 75 503 730

## A TERVEZETT TEVÉKENYSÉG ADATAI

A tervezett atomerőmű megnevezése:	Paks II. Atomerőmű
A tervezett atomerőmű rövid neve:	Paks II.
A tervezett tevékenység:	kettő, III.+ generációs, nyomottvízes atomerőművi blokk létesítése és üzemeltetése
A tervezett tevékenység célja:	közcélú villamosenergia-termelés
A tervezett atomerőmű bruttó villamos teljesítménye:	blokkonként maximum 1 200 MW <sub>e</sub>
A tervezett atomerőmű bruttó termikus teljesítménye:	blokkonként maximum 3 200 MW <sub>th</sub>
A tervezett atomerőmű telepítési területe:	a Paksi Atomerőmű telephelye
Az új blokkok kereskedelmi üzemének tervezett kezdete:	2025 - Paks II. Atomerőmű 1. blokk, 2030 - Paks II. Atomerőmű 2. blokk
Az új blokkok tervezett élettartama:	legalább 60 év

## A TERVEZETT TELEPÍTÉSI TERÜLET ADATAI

A tervezett telepítési terület helyrajzi száma:	Paks 8803/15
A tervezett telepítési terület tulajdonosa:	MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

## A KÖRNYEZETI HATÁSTANULMÁNY KÉSZÍTŐINEK (TERVEZŐK) ADATAI

A tervezett atomerőművi blokkok környezeti hatástanulmányát az MVM ERBE Zrt. állította össze.

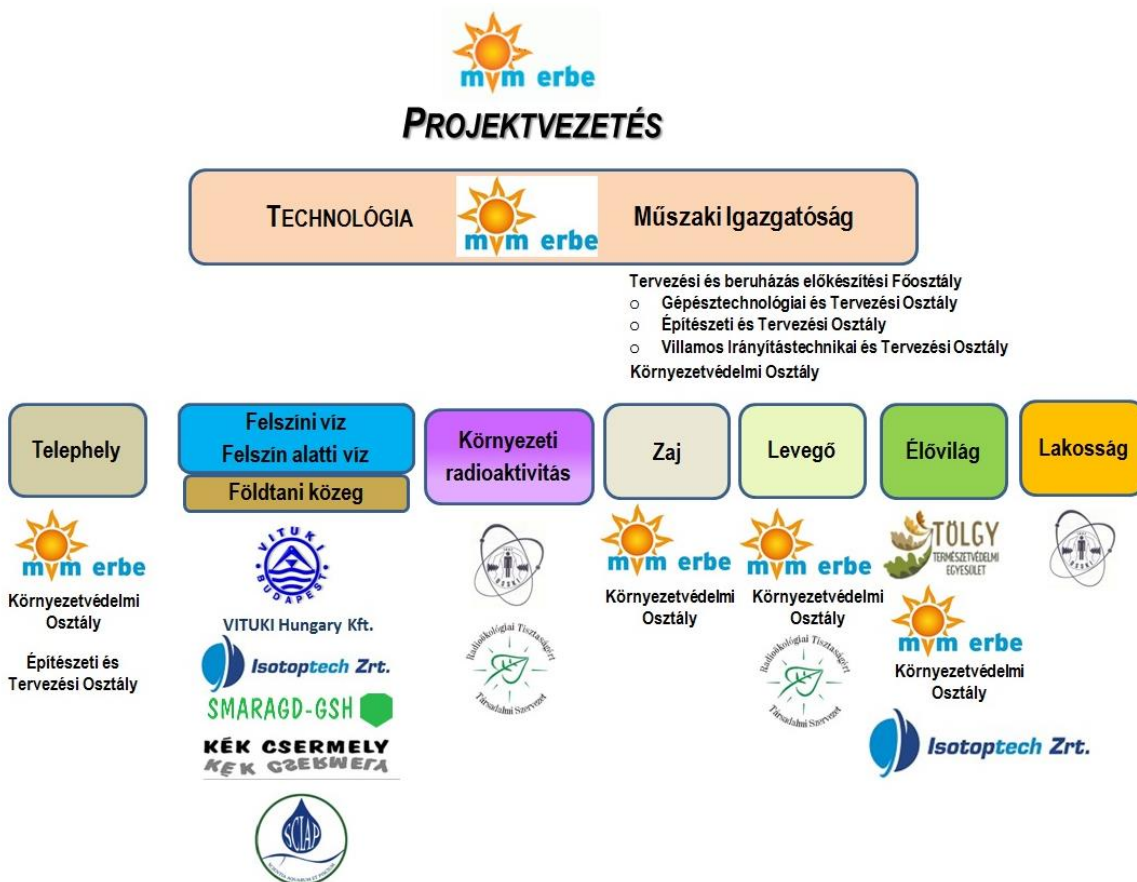
Tervező megnevezése: MVM ERBE ENERGETIKA Mérnökiroda Zártkörűen Működő Részvénytársaság  
Tervező hivatalos rövidítése: MVM ERBE Zrt.  
Tervező székhelye: 1117 Budapest Budafoki út 95.  
Tervező cégjegyzék száma: 01-10-045821  
Tervező vezetője: Dohán Farkas - vezérigazgató

A tervezett atomerőművi blokkok környezeti hatásvizsgálatának és az engedélyeztetésnek a műszaki feltételrendszerét a legnagyobb környezeti terhelést okozó maximális környezeti kibocsátások értékeit alapul véve kidolgozott műszaki alapadatok és műszaki megoldások adják, amik a blokkok szállítójának előzetes adatszolgáltatásain, már épülő erőművek publikált adatain, illetve nyilvános adatbázisok és prezentációk, valamint már megvalósult hasonló blokkok referenciaadatain alapulnak. A telepítési helyszínrajzon az épületek és építmények elhelyezése technológiai megfontolások alapján, a lehető legnagyobb helyigényű technológiai egységek figyelembe vételével történt. A műszaki alapadatokat az MVM ERBE Zrt. (ERBE) dolgozta ki.

Atomerőmű környezeti hatásvizsgálata igen sok szakterületet felölelő, rendkívül összetett feladat, amelynek végrehajtásához széles szakmai együttműködés szükséges.

Ennek érdekében az ERBE szakmailag elismert, megfelelő referenciákkal rendelkező, minősített szakmai alvállalkozókat vont be a paksi telephely alapállapotának felmérésébe, ezt követően pedig a környezeti hatásvizsgálati program kidolgozásába és a környezeti hatástanulmány összeállításába.

A szakterületenként együttműködő szakmai szervezetek rendszere az alábbiak szerint alakult.



# TARTALOMJEGYZÉK

<b>1</b>	<b>A TERVEZETT FEJLESZTÉS ALAPINFORMÁCIÓI .....</b>	<b>15</b>
1.1	<b>A tervezett beruházást előkészítő tevékenységek.....</b>	<b>15</b>
1.1.1	Teller projekt.....	15
1.1.2	Lévai projekt.....	15
1.1.3	MVM PAKS II. Atomerőmű Fejlesztő Zrt. - Projektársaság .....	16
1.1.4	Szabályozási támogatások .....	16
1.1.5	Az építendő blokkok kiválasztása.....	16
1.2	<b>Új atomerőművi blokkok engedélyeztetésének általános bemutatása.....</b>	<b>17</b>
1.3	<b>A tervezett új blokkok környezetvédelmi engedélyeztetésének helyzete.....</b>	<b>19</b>
1.3.1	A potenciális 5 blokk típusra vonatkozó Előzetes konzultációs dokumentáció (EKD) .....	19
1.3.2	Paks II. Atomerőmű Környezeti hatástanulmánya (KHT) .....	22
1.3.3	MVM Paks II. Zrt. tájékoztató tevékenységei.....	26
<b>2</b>	<b>A MAGYARORSZÁGI VILLAMOSENERGIA-FELHASZNÁLÁS ELŐREJELZÉSE.....</b>	<b>27</b>
2.1	<b>A hazai villamosenergia-igény prognózisa 2030-ig .....</b>	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>A NUKLEÁRIS ENERGETIKA ÁLTALÁNOS BEMUTATÁSA .....</b>	<b>28</b>
3.1	<b>Nukleáris villamosenergia-termelés a világban .....</b>	<b>28</b>
3.2	<b>A nyomottvízes (PWR) reaktorokkal üzemelő blokkok általános bemutatása.....</b>	<b>29</b>
3.2.1	Az energiatermelés folyamata a PWR reaktorral üzemelő blokkokban .....	29
3.2.2	A PWR blokk típus jellemző létesítményei .....	30
<b>4</b>	<b>NUKLEÁRIS BIZTONSÁG .....</b>	<b>31</b>
4.1	<b>Nukleáris biztonsági alapelvek.....</b>	<b>31</b>
4.2	<b>Nukleáris biztonsági követelmények .....</b>	<b>37</b>
4.3	<b>Nemzetközi Nukleáris Eseményskála .....</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>A TERVEZETT TELEPÍTÉSI TERÜLET JELLEMZÉSE .....</b>	<b>42</b>
5.1	<b>Paks II. telepítési területe a Paksi Atomerőmű telephelyén belül .....</b>	<b>43</b>
5.2	<b>A telepítési terület infrastrukturális kapcsolatai.....</b>	<b>44</b>
5.3	<b>A Paksi Atomerőmű és kapcsolódó létesítményei.....</b>	<b>45</b>
5.3.1	Paksi Atomerőmű .....	46
5.3.2	400 KV-os alállomás.....	47
5.3.3	Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója (KKÁT).....	48
5.4	<b>Monitoring rendszerek a Paksi Atomerőmű környezetében.....</b>	<b>49</b>
5.4.1	Hagyományos környezetállapot jellemzők ellenőrzése .....	49
5.5	<b>Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (ÜKSER) .....</b>	<b>50</b>
5.6	<b>Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (HAKSER) .....</b>	<b>54</b>
5.7	<b>Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (OKSER) .....</b>	<b>55</b>
5.8	<b>A paksi telephely adottságainak, jellemzőinek összefoglalása.....</b>	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>AZ ÚJ ATOMERŐMŰVI BLOKKOK LEHETSÉGES KONDENZÁTOR HŰTÉSI MÓDJAI .....</b>	<b>58</b>
6.1	<b>Villamosenergia-termelésére szolgáló kondenzációs erőművek hűtési igényei, lehetőségei .....</b>	<b>58</b>
6.2	<b>A vízi környezet hőterhelésére vonatkozó jogszabályi keretek, határértékek .....</b>	<b>58</b>
6.2.1	Vízi környezet hőterhelésére vonatkozó általános szabályozás .....	59
6.2.2	Atomerőművek hőterhelésére vonatkozó szabályozás.....	60

<b>6.3</b>	<b>A paksi telephelyen számításba vehető hűtési módok .....</b>	<b>61</b>
6.3.1	Frissvizetes hűtés .....	61
6.3.2	Hűtőtornyos hűtési rendszer .....	63
6.3.3	A frissvizetes és hűtőtornyos hűtési módok költség-haszon elemzése .....	66
<b>7</b>	<b>A PAKSI TELEPHELYRE TERVEZETT PAKS II. ATOMERŐMŰ JELLEMZŐI, ALAPADATAI .....</b>	<b>67</b>
<b>7.1</b>	<b>Az orosz VVER blokkok fejlődése .....</b>	<b>67</b>
<b>7.2</b>	<b>A paksi telephelyre tervezett orosz blokkok jellemzői .....</b>	<b>68</b>
7.2.1	Főbb technikai paraméterek .....	68
7.2.2	Biztonsági célok és tervezési megoldások .....	68
<b>7.3</b>	<b>Üzemanyag .....</b>	<b>69</b>
<b>7.4</b>	<b>Primerkör .....</b>	<b>69</b>
<b>7.5</b>	<b>Szekunderkör .....</b>	<b>69</b>
<b>7.6</b>	<b>Hűtési rendszerek .....</b>	<b>70</b>
7.6.1	Duna-víz kivétel .....	70
7.6.2	Kondenzátor hűtővíz rendszer .....	71
7.6.3	Technológiai (szekunder körű) hűtővíz-rendszer .....	71
7.6.4	Biztonsági hűtővíz rendszer .....	72
7.6.5	Hűtővíz rendszerek vízi létesítményei .....	73
<b>7.7</b>	<b>Segédrendszerek, segédlétesítmények .....</b>	<b>76</b>
7.7.1	Sótalanvíz .....	76
7.7.2	Technológiai hulladékvíz .....	77
7.7.3	Biztonsági hűtőtornyok hulladékvíze .....	78
7.7.4	Ivóvíz - kommunális szennyvíz .....	78
7.7.5	Csapadékvíz .....	79
7.7.6	Tűzvíz .....	79
7.7.7	Vegyszerlefejtés és tárolás .....	79
7.7.8	Dízelgenerátorok .....	79
7.7.9	Segédkazán .....	80
7.7.10	Épületgépészet .....	80
7.7.11	Sűrített levegő rendszer .....	80
7.7.12	Távhő rendszer .....	80
<b>7.8</b>	<b>Irányítástechnika .....</b>	<b>80</b>
<b>7.9</b>	<b>Villamos rendszerek .....</b>	<b>81</b>
<b>7.10</b>	<b>Építészet .....</b>	<b>81</b>
7.10.1	A tervezett blokkok alapozási szintjei .....	81
7.10.2	Paks II. Atomerőmű telepítési helyszínrajza .....	82
7.10.3	Paks II. épületeinek, építményeinek jellemzői .....	83
7.10.4	Paks II. látványtervei .....	83
<b>7.11</b>	<b>Az egyes üzemiállapotokhoz tartozó elfogadási kritériumok .....</b>	<b>86</b>
7.11.1	Normál üzem .....	86
7.11.2	Tervezési alapba tartozó események .....	86
7.11.3	Érvényes nemzetközi és magyar előírások tervezési alapot meghaladó eseményekre .....	86
7.11.4	Mértékadó események .....	87
<b>7.12</b>	<b>Paks II. létesítésének jellemzői .....</b>	<b>88</b>
7.12.1	Paks II. és a kapcsolódó létesítmények létesítési területei .....	88
7.12.2	Paks II. létesítésének tervezett fázisai .....	88
7.12.3	Paks II. létesítésének tervezett ütemterve .....	89
7.12.4	A létesítési időszak humán erőforrás igénye .....	89
<b>7.13</b>	<b>Paks II. üzemeltetésének jellemzői .....</b>	<b>90</b>

7.13.1	Paks II. üzemeltetésének tervezett ütemterve .....	90
7.13.2	Az új atomerőművi blokkok üzemeltetésének humán erőforrás igénye .....	90
7.13.3	Az új atomerőművi blokkok üzemviteli jellemzői .....	91
7.13.4	Az új atomerőművi blokkok éves anyag és energiamérlege .....	91
<b>7.14</b>	<b>Az új atomerőművi blokkok felhagyása.....</b>	<b>92</b>
7.14.1	Az új atomerőművi blokkok leszerelésekor követendő leszerelési stratégia .....	92
7.14.2	A leszerelési tevékenység finanszírozása, költségei .....	92
<b>8</b>	<b>HÁLÓZATI CSATLAKOZÁS A MAGYAR VILLAMOSENERGIA-RENDSZERHEZ .....</b>	<b>93</b>
<b>8.1</b>	<b>Az új blokkok illeszthetősége a magyar villamosenergia-rendszerhez .....</b>	<b>93</b>
<b>8.2</b>	<b>Az új 400 / 120 kV-os Paks II. Alállomás telepítési helye .....</b>	<b>93</b>
<b>8.3</b>	<b>A 400 kV-os blokkvezeték és a 120 kV-os távvezeték .....</b>	<b>94</b>
8.3.1	400 kV-os blokkvezetékek .....	94
8.3.2	120 kV-os távvezeték .....	97
8.3.3	Együttes biztonsági övezet .....	97
8.3.4	A távvezeték építése .....	97
<b>9</b>	<b>PAKS II. ATOMERŐMŰ POTENCIÁLIS HATÓTÉNYEZŐI, HATÁSVISELŐI .....</b>	<b>98</b>
<b>9.1</b>	<b>Potenciális hatótényezők .....</b>	<b>98</b>
<b>9.2</b>	<b>Hatásviselők.....</b>	<b>99</b>
<b>9.3</b>	<b>Potenciális hatásmátrixok .....</b>	<b>100</b>
<b>10</b>	<b>A PAKSI FEJLESZTÉS TÁRSADALMI-GAZDASÁGI HATÁSAI .....</b>	<b>103</b>
<b>10.1</b>	<b>Gazdasági hatások, feltételek.....</b>	<b>103</b>
<b>10.2</b>	<b>Társadalmi összefüggések, feltételrendszer.....</b>	<b>104</b>
<b>11</b>	<b>PAKS 30 KM SUGARÚ KÖRNYEZETÉNEK JELENLEGI ÉS VÁRHATÓ IDŐJÁRÁSA .....</b>	<b>106</b>
<b>11.1</b>	<b>Paks 30 km sugarú környezetének éghajlati jellemzése .....</b>	<b>106</b>
<b>11.2</b>	<b>Éghajlatváltozás a XXI. században Paks térségében klímamodellek alapján .....</b>	<b>107</b>
11.2.1	A rendelkezésre álló modellek .....	108
11.2.2	A rendelkezésre álló modelleredmények feldolgozása az átlagos viszonyok tekintetében Paks 30 km-es körzetére .....	110
<b>12</b>	<b>A TERVEZETT FEJLESZTÉS ÉS A KÖRNYEZETI ADOTTSÁGOK VÁRHATÓ HATÁSAI A DUNA VÍZHŐMÉRSÉKLETÉRE, ÁRVÍZI ÉRINTETTSÉGÉRE, A HŰTŐVÍZKIVÉTELI BIZTONSÁGÁRA ÉS MEDERVÁLTOZÁSÁRA .....</b>	<b>112</b>
<b>12.1</b>	<b>Paks II. létesítésének hatása a Dunára .....</b>	<b>112</b>
12.1.1	Paks II. létesítésének hatása a Duna áramlási terére és mederváltozási folyamataira .....	112
12.1.2	Tisztított kommunális szennyvízkibocsátás a létesítés időszakában .....	114
<b>12.2</b>	<b>Paks II. üzemelésének hatása a Dunára .....</b>	<b>116</b>
12.2.1	Mértékadó üzemi állapotok .....	116
12.2.2	A várható változások leírása a dunai áramlási sebességmező elemzése alapján .....	116
12.2.3	A tervezett fejlesztés várható hatásának vizsgálata a Duna mederváltozásaira .....	122
12.2.4	A felmelegedett hűtővíz bevezetése a Dunába .....	128
12.2.5	Tisztított kommunális szennyvíz kibocsátás az üzemelés időszakában .....	133
12.2.6	Extrém dunai természeti- és művi körülmények hatásainak vizsgálata a telephely árvízi érintettségére és a hűtővízkivételi biztonságra .....	134
<b>12.3</b>	<b>Paks II. felhagyásakor várható hatások a Dunára .....</b>	<b>137</b>

<b>13 DUNA ÉS EGYÉB FELSZÍNI VIZEK VÍZMINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA A VÍZ KERETIRÁNYELV SZERINT .....</b>	<b>138</b>
13.1 Alapállapot vizsgálatok .....	139
13.1.1 A vizsgált Duna-szakasz országos archív adatainak értékelése .....	141
13.1.2 A vizsgált Duna szakasz (1560.6 fkm-1481.5 fkm) alapállapota .....	144
13.2 Paks II. beruházásának hatásai a Duna élővilágára .....	151
13.3 Paks II. beruházás értékelése a Vízyűjtő-gazdálkodási terv tükrében.....	156
<b>14 FÖLDTANI KÖZEG ÉS FELSZÍN ALATTI VÍZ A TELEPHELYEN ÉS KÖZVETLEN KÖRNYEZETÉBEN.....</b>	<b>157</b>
14.1 A telephely környezetében található felszín alatti vizek áramlásának uralkodó folyamatai .....	158
14.2 Paks II. létesítésének és üzemelésének hatása a földtani közegre, illetve a felszín alatti vizekre .....	159
14.3 Üzemzavarok, haváriák .....	161
<b>15 FÖLDTANI KÖZEG, FELSZÍNI ALATTI VÍZ A DUNA-VÖLGYBEN.....</b>	<b>162</b>
<b>16 ZAJ ÉS REZGÉS .....</b>	<b>166</b>
16.1 Zaj- és rezgésterhelés alapállapot mérések .....	166
16.2 Paks II. létesítésének hatása és hatásterülete .....	166
16.3 Paks II. üzemelésének hatása és hatásterülete .....	168
16.4 Paks II. üzemelésének teljes hatásterülete.....	169
16.4.1 Paks II. és a Paksi Atomerőmű együttes üzemelésének hatása és hatásterülete .....	169
16.4.2 Haváriák hatása és hatásterülete .....	170
16.5 Felhagyási tevékenység hatása és hatásterülete .....	171
<b>17 LEVEGŐ.....</b>	<b>171</b>
17.1 Alapállapot vizsgálatok .....	171
17.2 Paks II. létesítésének és működtetésének közvetlen hatásai és hatásterületei.....	173
17.3 A létesítés közvetlen hatásai és hatásterülete.....	173
17.4 Összefoglalás.....	175
<b>18 ÉLŐVILÁG-ÖKOSZISZTÉMA .....</b>	<b>175</b>
18.1 Az erőmű környékének vegetációja és florisztikai jellemzői .....	175
18.2 Natura 2000-es területek az erőmű 10 km-es környezetében .....	178
18.3 Paks II. hatása a növényvilágra .....	179
18.3.1 A létesítés hatása és hatásterülete.....	179
18.3.2 Az üzemelés hatása és hatásterülete.....	180
18.3.3 A felhagyás hatása és hatásterülete.....	181
18.4 Paks II. hatása az állatvilágra .....	181
18.4.1 A létesítés hatása és hatásterülete.....	181
18.4.2 Az üzemelés hatása és hatásterülete.....	185
18.4.3 A felhagyás hatása és hatásterülete.....	187
<b>19 NEM RADIOAKTÍV HULLADÉKOK.....</b>	<b>188</b>
19.1 Hulladékfajták és mennyiségek.....	188
19.2 Hulladékok gyűjtése, tárolás, hasznosítás, ártalmatlanítás.....	189
19.3 Hatások és hatásterületek .....	190
19.3.1 Közvetlen hatások .....	190
19.3.2 Közvetett hatások .....	190



19.3.3	Országhatáron áttérjedő környezeti hatások .....	191
<b>20</b>	<b>RADIOAKTÍV HULLADÉKOK ÉS KIÉGETT KAZETTÁK KEZELÉSE ÉS ELHELYEZÉSE .....</b>	<b>191</b>
20.1	Radioaktív hulladékok meghatározása .....	191
20.2	Kiégett fűtőelem-kazetták jellemzői .....	192
20.3	Általános előírások a radioaktív hulladékokra .....	192
20.3.1	Kis és közepes aktivitású szilárd radioaktív hulladékok .....	193
20.3.2	Nagy aktivitású szilárd hulladékok .....	193
20.3.3	Folyékony radioaktív hulladékok .....	193
20.4	Általános előírások a fűtőelem-kazettákra .....	193
20.5	Létesítés várható hatásai .....	194
20.6	Üzemelés várható hatásai .....	194
20.6.1	Radioaktív hulladékok .....	194
20.6.2	Kiégett fűtőelem-kazetták .....	195
20.6.3	Üzemeltetés várható hatásai és hatásterülete .....	196
20.6.4	Paks II. és a Paksi Atomerőmű együttes üzemének hatása és hatásterülete .....	197
20.6.5	Tervezési alapba tartozó események hatásai .....	198
20.7	Felhagyás várható hatásai .....	198
<b>21</b>	<b>KÖRNYEZETI RADIOAKTIVITÁS - A TELEPHELY KÖRNYEZETÉBEN ÉLŐ LAKOSSÁG SUGÁRTERHELÉSE .....</b>	<b>198</b>
21.1	Az atomerőmű 30 km –es sugarú környezeti radioaktivitása .....	198
21.2	A vizsgált 30 km sugarú környezetben élő lakosság egészségügyi állapota .....	203
21.3	A telephely 30 km-es környezetében élő lakosság jelenlegi sugárterhelése .....	205
21.4	Paks II. létesítésének hatása a telephely környezetében élő lakosság sugárterhelésére .....	208
21.5	Paks II. üzemelésének hatása a telephely környezetében élő lakosság sugárterhelésére .....	208
<b>22</b>	<b>AZ ÉLŐVILÁG SUGÁRTERHELÉSE .....</b>	<b>218</b>
<b>23</b>	<b>KÖRNYEZETI HATÁSSAL JÁRÓ BALESETEK MEGELŐZÉSÉRE, EZEK BEKÖVETKEZÉSE ESETÉN A KÖRNYEZETI KÖVETKEZMÉNYEINEK CSÖKKENTÉSÉRE IRÁNYULÓ INTÉZKEDÉSEK .....</b>	<b>222</b>
<b>24</b>	<b>ÖSSZEFOGLALÁS .....</b>	<b>223</b>
	<b>IRODALOMJEGYZÉK .....</b>	<b>229</b>

## ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Atomerőmű engedélyeztetésének folyamata .....	18
2. ábra: Vizsgálati területek az EKD-ban (10 km, 30 km) [1] .....	19
3. ábra: A KHV-ban vizsgált különböző területek [2], [3] .....	26
4. ábra: A nettó villamosenergia-fogyasztás várható alakulása 2030-ig [2-1] .....	27
5. ábra: A világon található atomerőművek területi elhelyezkedése [4] .....	28
6. ábra: Az Európában található atomerőművek területi elhelyezkedése [5] .....	28
7. ábra: A PWR reaktor általános, vázlatos felépítése [6] .....	29
8. ábra: Mérnöki gátak atomerőművi blokkoknál [7] .....	33
9. ábra: Kettősfalú konténment metszete [7] .....	33
10. ábra: A külső konténment védelmet ad a külső hatásokkal szemben [7] .....	34
11. ábra: A védelmi gátak, a mélységi védelmi szintek és a beavatkozások hierarchiája [8] .....	35
12. ábra: Nemzetközi Nukleáris és Radiológiai Esemény Skála (INES) .....	39
13. ábra: A paksi telephely átnézeti térképe [13] .....	42

14. ábra: A paksi telephely a tervezett új atomerőmű helyének megjelölésével .....	43
15. ábra: A tervezett blokkok helye [14] .....	44
16. ábra: A Paksi Atomerőmű ikerblokkjainak látképe [13] .....	45
17. ábra: A Paksi Atomerőmű és kapcsolódó létesítményei a paksi telephelyen [15].....	45
18. ábra: A Paksi Atomerőmű K-Ny irányú keresztmetszete [16].....	46
19. ábra: A Paksi Atomerőmű biztonsági övezete [15].....	47
20. ábra: A KKÁT metszete [15] .....	48
21. ábra: A KKÁT biztonsági övezete [15].....	48
22. ábra: A Paksi Atomerőmű sugárvédelmi kibocsátás- és környezetellenőrző monitoring rendszerének területi elhelyezkedése [17].....	50
23. ábra: A Paksi Atomerőmű sugárvédelmi kibocsátás- és környezetellenőrző monitoring rendszer felépítése [18].....	51
24. ábra: A környezet állapotát ellenőrző „A” és „G” típusú távmérő állomások a Paksi Atomerőmű környezetében [19].....	52
25. ábra: Hatósági mérőpontok a Paksi Atomerőmű 30 km sugarú környezetében [20].....	54
26. ábra: A gamma dózisteljesítmények országos átlagainak, max és min értékeinek változása 2012-ben [22] .....	56
27. ábra: A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző állomásain mért napi dózisteljesítményei 2012-ben.....	57
28. ábra: Természetes huzatú nedves hűtőtorony, 100 m-re korlátozott magassággal - látványterv (madártávlat és oldalnézet) .....	65
29. ábra: Természetes huzatú nedves hűtőtorony ventilátoros rásegítéssel - látványterv (madártávlat és oldalnézet) .....	65
30. ábra: Hibrid hűtőtorony ventilátoros rásegítéssel változat - látványterv (madártávlat és oldalnézet) .....	66
31. ábra: Építés alatt lévő és tervezett orosz VVER blokkok [7].....	67
32. ábra: Meglévő energiatörő műtárgy és a második, új bevezetési pont helyszínrajza.....	75
33. ábra: A csámpai vízműtelep elhelyezkedése [33].....	78
34. ábra: Paks II. telepítési helyszínrajza – Áttekintő térkép .....	82
35. ábra: Paks II. épületeinek, építményeinek elhelyezkedése a telepítési helyszínrajzon.....	83
36. ábra: A tervezett blokkok és a 400 kV-os vezeték madártávlatból – DNy felől.....	84
37. ábra: A tervezett blokkok és a 400 kV-os vezeték látványterve szemmagasságból – DNy felől.....	84
38. ábra: A tervezett blokkok és a 400 kV-os vezeték madártávlatból – ÉNy felől.....	85
39. ábra: A tervezett blokkok és a 400 kV-os vezeték szemmagasságból – ÉNy felől .....	85
40. ábra: A számítások során figyelembe vett telephelyi munkaerő terhelési diagram [33], [37], [38].....	90
41. ábra: A blokkvezetékek nyomvonala a Paks II. Atomerőmű és a Paks II. Alállomás (2. telephely) között.....	94
42. ábra: Jelmagyarázat a V-01195 ERBE rajkszámú blokkvezetékek nyomvonala rajzhoz.....	95
43. ábra: Martonvásár-Győr 400 kV-os szabadvezeték FENYŐ típusú oszlopokkal .....	95
44. ábra: Pécs-Országhatár 400 kV-os szabadvezeték FENYŐ típusú oszlopokkal, vezetékfolyosó.....	96
45. ábra: Martonvásár-Győr 400 kV-os szabadvezeték, oszlopszerelés.....	98
46. ábra: Az ALADIN-Climate modell 25 (teljes panel) és 10 km-es (kék téglalap) felbontású tartományai .....	108
47. ábra: A REMO modell 25 km-es felbontással lefedett tartománya .....	109
48. ábra: Az ALADIN-Climate (fekete) és REMO (piros) modellek a Paksi Atomerőmű (zöld) környezetében elhelyezkedő rácspontjai .....	110
49. ábra: A havi átlaghőmérsékletek évi menete (°C) a megfigyelések szerint 1961–1990-ben (szürke vonal), illetve a két modell alapján várható évi menet (°C; színes sávokkal az általuk határolt bizonytalansági intervallum) Paks térségében.....	111
50. ábra: A havi csapadékösszegek évi menete (mm) a megfigyelések szerint 1961–1990-ben (szürke vonal), illetve a két modell alapján várható évi menet (mm; színes sávokkal az általuk határolt bizonytalansági intervallum) Paks térségében.....	111
51. ábra: Számított sebességmező a hidegvíz- és melegvíz-csatornák torkolatainak környezetében, 2 300 m <sup>3</sup> /s-os, sokéves átlagos Duna vízhozam és 100 m <sup>3</sup> /s-os hűtővíz-kivétel esetén – Paksi Atomerőmű önállóan.....	113
52. ábra: Számított sebességmező a hidegvíz- és melegvíz-csatornák torkolatainak környezetében, 2 300 m <sup>3</sup> /s-os, sokéves átlagos Duna vízhozam és 100 m <sup>3</sup> /s-os hűtővíz-kivétel esetén (Paksi Atomerőmű – Paks II. építés alatti állapota).....	113
53. ábra: A Duna 1519-1530 fkm szakaszának abszolút áramlási sebesség-eloszlása [m/s] – Paksi Atomerőmű, szélsőséges nagyvíz (Q <sub>20 000év</sub> = 14 799 m <sup>3</sup> /s, vízkivétel 100 m <sup>3</sup> /s) – Paksi Atomerőmű önállóan – EOv koordinátákkal .....	117
54. ábra: A Duna 1519-1530 fkm szakaszának abszolút áramlási sebesség-eloszlása [m/s] – mértékadó normál üzemelés, szélsőséges nagyvíz (Q <sub>20 000év</sub> = 14 799 m <sup>3</sup> /s, vízkivétel 232 m <sup>3</sup> /s) – Paksi Atomerőmű és Paks II. együttesen – EOv koordinátákkal.....	118
55. ábra: A Duna 96,90 mBf esetén kialakuló statikus elöntési képe .....	119
56. ábra: A Duna 96,30 mBf esetén kialakuló statikus elöntési képe .....	119
57. ábra: A Duna 1519-1530 fkm szakaszának abszolút áramlási sebesség-eloszlása [m/s] – Paksi Atomerőmű önállóan, szélsőséges kisvíz (Q <sub>20 000év</sub> = 579 m <sup>3</sup> /s, vízkivétel 100 m <sup>3</sup> /s) – EOv koordinátákkal.....	120

58. ábra: A Duna 1519-1530 fkm szakaszának abszolút áramlási sebesség-eloszlása [m/s] – mértékadó üzemi állapot, szélsőséges kisvíz ( $Q_{20\,000\text{év}} = 579 \text{ m}^3/\text{s}$ , vízkivétel $232 \text{ m}^3/\text{s}$ ) – Paksi Atomerőmű és Paks II. együttesen – EOV koordinátákkal.....	121
59. ábra: Számított Duna sodorvonalak alakulása $2\,300 \text{ m}^3/\text{s}$ -os dunai hozam (átlagos hidrológiai év) esetén, három üzemi időszakban: Paksi Atomerőmű önállóan, Paksi Atomerőmű és Paks II. együtt, Paks II. önállóan.....	123
60. ábra: Számított Duna sodorvonalak alakulása $3\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ -os dunai hozam (nedves hidrológiai év) esetén, három üzemi időszakban: Paksi Atomerőmű önállóan, Paksi Atomerőmű és Paks II. együtt, Paks II. önállóan.....	124
61. ábra: Számított Duna mederváltozások 5 év üzemelés után, $2\,300 \text{ m}^3/\text{s}$ -os dunai hozam (átlagos hidrológiai év) és $100 \text{ m}^3/\text{s}$ -os hűtővíz-kivétel esetén – Paksi Atomerőmű önálló üzemelése (2014-2025).....	125
62. ábra: Számított Duna mederváltozások 5 év üzemelés után, $2\,300 \text{ m}^3/\text{s}$ -os dunai hozam (átlagos hidrológiai év) és $100 \text{ m}^3/\text{s}$ -os hűtővíz-kivétel esetén (2030-2032. év közötti állapot) – Paksi Atomerőmű és Paks II. együttesen (2030-2032).....	126
63. ábra: Számított Duna mederváltozások 5 év üzemelés után, $2\,300 \text{ m}^3/\text{s}$ -os dunai hozam (átlagos hidrológiai év) és $100 \text{ m}^3/\text{s}$ -os hűtővíz-kivétel esetén (2037-2085. év közötti állapot) – Paks II. önállóan (2037-2085).....	127
64. ábra: A hőcsóva $30 \text{ }^\circ\text{C}$ feletti hatásterülete – Jelen állapot ( $T_{\text{Duna,max}}=25,61 \text{ }^\circ\text{C}$ , $Q_{\text{Duna}}= 1500 \text{ m}^3/\text{s}$ , melegvíz hozam: $100 \text{ m}^3/\text{s}$ ).....	129
65. ábra: A hőcsóva $30 \text{ }^\circ\text{C}$ feletti hatásterülete – 2032. évi állapot ( $T_{\text{Duna,max}}=26,38 \text{ }^\circ\text{C}$ , $Q_{\text{Duna}}= 1500 \text{ m}^3/\text{s}$ , melegvíz hozam: $100 \text{ m}^3/\text{s} + 132 \text{ m}^3/\text{s}$ ).....	130
66. ábra: A hőcsóva számított, $30 \text{ }^\circ\text{C}$ feletti hatásterülete – 2085. évi mértékadó állapot ( $T_{\text{Duna,max}}=28,64 \text{ }^\circ\text{C}$ , $Q_{\text{Duna}}= 1\,500 \text{ m}^3/\text{s}$ , melegvíz hozam: $132 \text{ m}^3/\text{s}$ ) – Paks II. önállóan.....	131
67. ábra: A Dunacsúnyi / Bösi duzzasztómű $20\,000$ évente visszatérő kisvízi időszakban történő, alternatívákkal jellemzett vízvisszatartásának hatása a Paksi Atomerőmű vízkivételének biztonságára (Duna, $1526,5 \text{ fkm}$ ).....	136
68. ábra: A Duna 2012. és 2013. évi vizsgálati szelvényeinek átnézetes helyszínrajza.....	138
69. ábra: A Duna vízjárása (Paks-Dombori-Baja) 2006-2013 között.....	144
70. ábra: A Duna vízjárása (Paks-Dombori-Baja) 2012-2013 között.....	144
71. ábra: A Duna vízhozam és vízhőmérséklet változása (Paks-Dombori-Baja) 2012-2013-ban.....	145
72. ábra: Duna (Paks) vízhőmérséklet éves átlag változásának időbeni vizsgálata 1970-2013 között.....	145
73. ábra: Dunai napi vízhőmérséklet (Paks) éven belüli eloszlás vizsgálata 1970-2013. között.....	146
74. ábra: Az érintett víztestek és a vizsgált terület kapcsolata.....	163
75. ábra: ÉNy-DK irányú hidrogeológiai szelvény a vizsgálati területen keresztül.....	164
76. ábra: Potenciál szelvény a Paksi Atomerőműn keresztül.....	164
77. ábra: Az üzemi területi építés összesített hatásterülete.....	167
78. ábra: Távvezeték-építés összesített hatásterülete.....	167
79. ábra: Az üzemelés hatásterülete.....	168
80. ábra: A távvezeték üzemelésének hatásterülete.....	168
81. ábra: Az üzemelés teljes hatásterülete.....	169
82. ábra: A Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes hatásterülete.....	170
83. ábra: Paks II. üzemzavar hatásterülete.....	171
84. ábra: A légszennyezettségi mérőpontok elhelyezkedése.....	172
85. ábra: Degradált gyep kőlapokkal a létesítéssel érintett területen.....	176
86. ábra: A Paksi Atomerőmű $3 \text{ km}$ -es környezetének vegetációtérképe.....	177
87. ábra: Fűz-nyár ártéri erdő a csatornák közötti szigeten.....	178
88. ábra: Árvalányhajas gyep a Paksi Atomerőmű belterületén.....	179
89. ábra: Kései szegfű ( <i>Dianthus serotinus</i> ).....	180
90. ábra: Csíkos medvelepke ( <i>Euplagia quadripunctaria</i> ).....	182
91. ábra: Táplálkozó hantmadár ( <i>Oenanthe oenanthe</i> ) a fejlesztési területen.....	183
92. ábra: Kagyló- és csigahéjak a paksi Duna-parton.....	184
93. ábra: Erőmű környéki gazdag madárvilág.....	185
94. ábra: Sárgás szitakötő ( <i>Gomphus flavipes</i> ).....	186
95. ábra: A zöld gyík ( <i>Lacerta viridis</i> ) jól tűri az antropogén zavarást.....	186
96. ábra: Száraz, konténeres tárolás, függőleges elrendezésben [42].....	195
97. ábra: Száraz, vízszintes elrendezésű tároló töltése [43].....	196
98. ábra: Jellemző elrendezés, száraz konténeres tárolás esetén [44].....	196
99. ábra: A szektorcsoportok felosztása az erőmű $30 \text{ km}$ -es környezetében.....	199
100. ábra: A programban meghatározott mintavételi helyek műholdas képe.....	202
101. ábra: Csámpai gyermekek (kritikus csoport) éves dózisainak alakulása az erőműi kéménykibocsátásokból.....	207

102. ábra: A Paksi Atomerőmű folyékony kibocsátásából származó sugárterhelések a gerjени gyermek (1-2 éves) és felnőtt korcsoportokra vonatkozóan.....	207
103. ábra: Paks II. normál üzemelésének hatásterülete: 500 m sugarú kör az 500 m-es biztonsági övezetben.....	216
104. ábra: A javasolt Paks II. sugárvédelmi monitoring rendszer elvi felépítése.....	217
105. ábra: Paks II létesítésének összesített hatásterülete.....	225
106. ábra: Paks II létesítésének összesített hatásterülete közigazgatási határokkal.....	226
107. ábra: Paks II üzemelésének összesített hatásterülete.....	227
108. ábra: Paks II üzemelésének összesített hatásterülete közigazgatási határokkal.....	228

## TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: Az EKD-ra észrevételt adó közigazgatási szervek.....	20
2. táblázat: A nemzetközi eljárás során megkeresett országok.....	21
3. táblázat: A nemzetközi eljárás során feltett kérdések témakörei.....	21
4. táblázat: A mélységi védelem öt, egymásra épülő szintje.....	32
5. táblázat: Az egyes üzemműveletek megnevezése és gyakoriság szerinti besorolása, új blokkokra.....	38
6. táblázat: Nukleáris események minősítésének általános kritériuma [12].....	40
7. táblázat: Nukleáris létesítmények eseményeinek minősítésére alkalmazott INES kritériumokat illusztráló példák [12].....	41
8. táblázat: A Paksi Atomerőmű telephelyére vonatkozó dózismegszorítás kihasználás – 2013 [19].....	54
9. táblázat: A halas vizek vízszennyezettségi határértékei.....	59
10. táblázat: A nedves hűtőtornyos hűtési rendszerek műszaki adatai.....	64
11. táblázat: A VVER-1200 blokk típus fontosabb műszaki jellemzői [13], [30], [31].....	68
12. táblázat: A cél eléréséhez alkalmazott tervezési megoldások vagy következménycsökkentő eljárások [13], [30].....	68
13. táblázat: Dunából kiemelt vízmennyiségek a biztonsági hűtővíz-rendszer frissvíz hűtésű üzemművelet esetén.....	71
14. táblázat: Kondenzátor hűtővíz-rendszer mennyiségek.....	71
15. táblázat: Technológiai hűtővíz mennyiségek [32].....	71
16. táblázat: Biztonsági hűtővíz mennyiségek.....	72
17. táblázat: Biztonsági hűtővíz póthűtővíz mennyiségek biztonsági hűtőtornyok esetén.....	72
18. táblázat: Biztonsági hűtővíz mennyiségek frissvíz hűtés esetén.....	73
19. táblázat: Pótvíz előkészítő normál üzemi vízművelet.....	76
20. táblázat: Primerköri folyékony radioaktív hulladékok mennyisége [32].....	77
21. táblázat: Turbina gépház folyékony hulladék mennyisége.....	77
22. táblázat: Biztonsági hűtőtornyok maximális hulladékvíz mennyisége leiszapolásból.....	78
23. táblázat: Vegyszer tárolás az üzemelés időszakában.....	79
24. táblázat: Elfogadási kritériumok – normál üzem [30].....	86
25. táblázat: Elfogadási kritériumok – tervezési alapba tartozó események [30].....	86
26. táblázat: Érvényes nemzetközi és magyar előírások tervezési alapot meghaladó eseményekre.....	87
27. táblázat: Paks II. blokkjainak létesítési ütemterve.....	89
28. táblázat: Éves energetikai adatok.....	91
29. táblázat: Paks II. üzemeltetésének anyag- és energia mérlege.....	92
30. táblázat: Villamos térerősség és mágneses indukció megengedett értékei.....	96
31. táblázat: Villamos térerősség és mágneses indukció mért értékei.....	96
32. táblázat: Összefoglaló hatásmátrix, a hatótényezők jellegének és a hatásviselőknél az azonosítása.....	101
33. táblázat: Összefoglaló hatásmátrix, hagyományos és radiológiai hatások azonosítása.....	102
34. táblázat: Az ALADIN-Climate és REMO regionális klímamodellekkel végrehajtott kísérletek jellemzői.....	109
35. táblázat: Az ALADIN-Climate és REMO modellekkel tervezett kísérletek.....	109
36. táblázat: Morfodinamikai- és áramlási hatásterület meghatározása a jelen állapothoz képest.....	128
37. táblázat: Melegvíz kibocsátás ( $Q$ m <sup>3</sup> /s) alakulása a tervezett fejlesztés megvalósulása esetén, a Duna várható évi legnagyobb víz hőmérsékletével ( $T_{Duna}$ , °C) a mértékadó üzemi időpontokban.....	128
38. táblázat: A határérték túllépés időtartama, tartóssága (2032.) – Paksi Atomerőmű + Paks II. ....	132
39. táblázat: A határérték túllépés időtartama, tartóssága (2085) – Paks II. önállóan.....	132
40. táblázat: A legnagyobb hőmérséklet-változás mértéke a Duna déli országhatár szelvényében, $T_{Melegvíz} = 33$ °C (2014., 2032. és 2085. évi mértékadó állapot).....	133
41. táblázat: A legnagyobb hőmérséklet-változás mértéke a Duna déli országhatár szelvényében, $\Delta T_{Hőlépcső} = 8$ °C (2014., 2032. és 2085. évi mértékadó állapot).....	133

42. táblázat: Az erőmű környezetének legkedvezőtlenebb szintű (96,30 mBf) árvízi elöntése esetén meghatározott, néhány fontosabb védelmi szint túllépésének várható időtartama .....	134
43. táblázat: A Dunára vonatkozó fizikai és kémiai elemek felsorolása, VKI vízminőségi csoportokkal .....	139
44. táblázat: A dunai vizsgálati szelvények és egyéb jellemzőik .....	140
45. táblázat: 2007-2011. közötti törzshálózati vizsgálatok átlag értékei, VKI szempont szerinti minősítéssel .....	142
46. táblázat: HURWAEP444 Duna Szob-Baja között (24. típus) víztest VKI szerinti állapot értékelése .....	142
47. táblázat: Felvízi dunai szakasz fizikai-kémiai paraméterek szerinti (1560.6-1533.5 fkm) VKI minősítése .....	146
48. táblázat: Közvetlen alvízi dunai szakasz fizikai-kémiai paraméterek szerinti VKI minősítése (1526-1516 fkm).....	147
49. táblázat: Távoli alvízi dunai szakasz (1506.8-1481.5 fkm) fizikai-kémiai paraméterek szerinti VKI minősítése .....	149
50. táblázat: A Duna vizsgált szakaszának (HURWAEP444) VKI szempontú minősítése .....	150
51. táblázat: A Paks II. beruházás során potenciálisan ható tényezők.....	151
52. táblázat: A 2012. évi alapállapot mérések összefoglaló értékelése .....	172
53. táblázat: A dízelgenerátorok próbaüzemének hatásai .....	174
54. táblázat: Paks II és a Paksi Atomerőmű együttes üzemeltetésének közvetlen hatása a levegőminőségre .....	175
55. táblázat: Paks II. létesítésének során az építési területől kitermelt föld becsült mennyisége .....	188
56. táblázat: Paks II. üzemszerűen keletkező hulladékainak becsült mennyisége .....	188
57. táblázat: Paks II. és a Paksi Atomerőmű együttes üzemelésékor keletkező becsült hulladékmennyiségek .....	189
58. táblázat: A teljes üzemidő alatt keletkező kiégett üzemanyag mennyisége, blokkonként .....	192
59. táblázat: Keletkező radioaktív, szilárd hulladékok éves becsült mennyisége, blokkonként [40].....	195
60. táblázat: Természetes élő- és termőhelyek közötti főbb kölcsönhatások.....	200
61. táblázat: Talaj aktivitáskoncentráció összesített adatai .....	200
62. táblázat: Tehéntej aktivitáskoncentráció összesített adatai.....	201
63. táblázat: A dózisteljesítmények átlagértékei.....	201
64. táblázat: A normál üzemi kibocsátások a két blokkra (Bq/év) .....	209
65. táblázat: Kibocsátás számítások területi felosztása .....	210
66. táblázat: A 2009-es meteorológiai adatok alapján az egyes területeken 1-2 éves kisgyermekekre kialakuló dózisos, besugárzási útvonalanként (I+II, Sv) .....	211
67. táblázat: A 2009-es meteorológiai adatok alapján az egyes területeken felnőttekre kialakuló dózisos, besugárzási útvonalanként (I+II, Sv).....	211
68. táblázat: A korai kibocsátások (Bq) .....	212
69. táblázat: A késői kibocsátások (Bq).....	213
70. táblázat: Az tervezési üzemzavar összesített teljes dózisa (Sv).....	213
71. táblázat: Az orosz VVER 1200 MW típusú blokk tervezett folyékony kibocsátásai (Bq/év) [30] .....	214
72. táblázat: A gerjени lakosság 1-2 éves gyermek és felnőtt korcsoportjainak dózisa az orosz VVER 1200 MW típusú blokkonkénti, éves folyékony kibocsátásából (nSv/év) .....	214
73. táblázat: Paks II., a Paksi Atomerőmű és a KKÁT teljes dózisa a maximális évből az 1-2 éves kisgyermekekre, Sv .....	216
74. táblázat: Paks II., a Paksi Atomerőmű és a KKÁT teljes dózisa a maximális évből a felnőttekre, Sv .....	216
75. táblázat: A folyékony kibocsátások legnagyobb együttes hatása Gerjениben éves szinten .....	216
76. táblázat: Paks II és a meglévő mesterséges források járuléka a dunai vízi élőlények sugárterheléséhez 2025-ben.....	219
77. táblázat: Felszíni és felszín közeli aktivitáskoncentrációk a távolság függvényében 10 napos kibocsátásból.....	221
78. táblázat: Felszíni és felszín közeli aktivitáskoncentrációk a távolság függvényében 30 napos kibocsátásból.....	221

## RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK

Rövid név	Teljes név
ÁNTSz OTH	Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat Országos Tisztifőorvosi Hivatal
ÁVIT	Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv
DBC	Design Basis Conditions (Tervezési Alap)
DdKTF	Dél-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi Felügyelőség
DdKTVF	Dél-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség
DDNPI	Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság
DEC	Design Extension Conditions (A tervezésen túli üzemállapotok)
EKD	Előzetes konzultációs dokumentum
ENSZ	Egyesült Nemzetek Szervezete (United Nations - UN)
ERBE	MVM ERBE ENERGETIKA Mérmőiroda Zártkörűen Működő Részvénytársaság; MVM ERBE Zrt.
EUR	European Utility Requirements (európai üzemeltetői előírások)
Euratom	European Atomic Energy Community (Európai Atomenergia Közösség)
EüM	Egészségügyi Minisztérium
fkm	folyamkilométer
FKSZ	Fő keringtető szivattyú
GCR	Gas-Cooled, Graphite-Moderated Reactor (Gázhűtésű, grafitmoderálású reaktor)
GM	Gazdasági Minisztérium
ICRP	International Commission on Radiological Protection - Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság
IM	Ipari Minisztérium
INES	International Nuclear Event Scale (Nemzetközi Nukleáris Eseményskála)
IRG	Inert radioaktív gáz
IRM	Igazságügyi és Rendészeti Minisztérium
KHEM	Közlekedési, Hírközlési és Energiaügyi Miniszter
KHV - KHT	Környezeti hatásvizsgálat - Környezeti hatástanulmány
KHVM	Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium
KKÁT	Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolója
KöM	Környezetvédelmi Minisztérium
KPM	Közlekedési és Postaügyi Minisztérium
KSH NKI	Központi Statisztikai Hivatal Népeségtudományi Kutató Intézet
KvVM	Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium
LKV	Legkisebb vízszint
LOCA	Loss of Coolant Accident (Teljes hűtőközegvesztéssel járó baleset)
LWGR	Light-Water-Cooled, Graphite-Moderated Reactor (Könnyűvízhűtésű, grafitmoderálású reaktor)
MAVIR	Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Részvénytársaság
MBFH	Magyar Bányászati és Földtani Hivatal
MEKH	Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal
MIR	Modernised International Reactor (Modernizált nemzetközi reaktor)
MKEH	Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal
MKM	Művelődési és Közoktatási Minisztérium
MVM Zrt.	MVM Magyar Villamos Művek Zártkörűen Működő Részvénytársaság
MVM Paks II. Zrt.	MVM Paks II. Atomerőmű fejlesztő Zártkörűen Működő Részvénytársaság
NAÜ	Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (International Atomic Energy Agency - IAEA)
NBEIT	Nukleárisbaleset-elhárítási és Intézkedési Terv
NBSz	Nukleáris Biztonsági Szabályzatok
OAH NBI	Országos Atomenergia Hivatal Nukleáris Biztonsági Igazgatóság
OGy	Országgyűlés
OMSz	Országos Meteorológiai Szolgálat
Paksi Atomerőmű	MVM Paksi Atomerőmű Zártkörűen Működő Részvénytársaság; MVM Paksi Atomerőmű Zrt.
Paks II.	Paks II. Atomerőmű - a paksi telephelyen tervezett atomerőművi blokkok
PHWR	Pressurized Heavy-Water-Moderated and Cooled Reactor - Nyomottvízes, nehézvízhűtésű és moderálású reaktor
PSA	Probabilistic safety assessment - valószínűségi biztonsági jelentés
PWR	Pressurized Light-Water-Moderated and Cooled Reactor - Nyomottvízes, könnyűvízhűtésű és moderálású reaktor
TRU	transzurán elem (rendszáma 92-nél (az Urán rendszámánál) nagyobb)
VBj	Végleges Biztonsági Jelentés
VER	Magyar Villamosenergia-rendszer
VVER	Vodo-Vodyanoi Energetichesky Reactor - Vízhűtésű és moderálású energetikai reaktor
WANO	World Association of Nuclear Operators - Nukleáris Operátorok Világszervezete
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association - Nyugat-Európai Nukleáris Szabályzók Szövetsége
ZÜHR	zóna üzembiztos hűtőrendszerek

# 1 A TERVEZETT FEJLESZTÉS ALAPINFORMÁCIÓI

A hazai villamosenergia-rendszerben lévő nagyerőművek életkora közelít a tervezési élettartamuk végéhez, vagy esetenként már meg is haladta azt. A várható kapacitáshiány részbeni kezelésére, és a meglévő atomerőművi blokkok tervezett élettartamára tekintettel új atomerőművi blokkok létesítésének előkészítése kezdődött meg.

Az előkészítés alatt álló beruházás célja, hogy közcélú villamosenergia-termelés érdekében két, egyenként bruttó 1 200 MW<sub>e</sub> villamos teljesítményű, korszerű, III+ generációs, nyomottvizes, legalább 60 év várható élettartamú atomerőművi blokk létesüljön a Paksi Atomerőmű mellett, a **Nemzeti Energiastratégiában szereplő ütemezésnek megfelelően**, 2025 és 2030 évekre tervezett kereskedelmi üzem kezdettel, hosszú távon fenntartva ezzel az atomenergia – 40 % körüli – részarányát a villamosenergia-termelésben.

A tervezett beruházást az alábbi főbb elemek alkotják:

- az erőművi technológia,
- az erőművi hűtővízrendszer,
- csatlakozás a magyar villamos energia-rendszerhez.

## 1.1 A TERVEZETT BERUHÁZÁST ELŐKÉSZÍTŐ TEVÉKENYSÉGEK

### 1.1.1 TELLER PROJEKT

Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény 7. § (2) bekezdése szerint új nukleáris létesítmény létesítését előkészítő tevékenység megkezdéséhez az Országgyűlés előzetes, elvi hozzájárulása szükséges. A 2008-2020 közötti időszakra vonatkozó energiapolitikáról szóló 40/2008. (IV. 17.) OGY határozat 12. f pontja felkérte a Kormányt, hogy "kezdje meg az új atomerőművi kapacitásokra vonatkozó döntés-előkészítő munkát. A szakmai, környezetvédelmi és társadalmi megalapozást követően a beruházás szükségességére, feltételeire, az erőmű típusára és telepítésére vonatkozó javaslatait kellő időben terjessze az Országgyűlés elé".

Az MVM Zrt. által létrehozott Teller Projekt műszaki, gazdasági, kereskedelmi, jogi és társadalmi szempontok elemzésével szakértői vizsgálatokat végzett. Megtörtént a megvalósítás lehetőségeinek vizsgálata, az előzetes környezeti értékelés elkészítése, valamint a kiégett fűtőelemek és radioaktív hulladékok elhelyezésének vizsgálata. Ezen feladatok eredményei három döntés-előkészítő dokumentumban összegződtek, melyekben megállapítják, hogy a legcélszerűbb választás olyan modern, nyomottvizes atomerőmű, paksi telephelyű létesítéssel, amely nem prototípus, rendelkezik már valahol engedéllyel és élettartama legalább 60 év.

A szakmai elemzésekre építve az Országgyűlés 2009. március 30-án 95,4 %-os támogatottsággal jóváhagyta a paksi telephelyen új atomerőművi blokkok létesítésének előkészítését szolgáló tevékenység megindítását.

### 1.1.2 LÉVAI PROJEKT

Az országgyűlési határozat szerinti előkészítő tevékenység végrehajtására az MVM Zrt. 2009 júniusában létrehozta a Lévai Projektet. A Lévai Projekt keretében végrehajtott főbb tevékenységek a következők voltak:

- finanszírozási lehetőségekkel kapcsolatos stratégiai elemzések, vizsgálatok készíttetése;
- szállítói tenderdokumentáció első tervezetének elkészíttetése;
- új blokkok villamosenergia-rendszerbe illeszthetőségének vizsgálata;
- hűtővíz ellátás módozatainak vizsgálata;
- előzetes konzultációs dokumentáció összeállíttatásának indítása;
- környezetvédelmi hatástanulmány összeállításához szükséges vizsgálatok indítása;
- telephely engedélykérelem összeállíttatásának előkészítése;
- munkaerő-igény felmérése;
- potenciális hazai beszállítók és térségi vállalkozások felmérése.

### 1.1.3 MVM PAKS II. ATOMERŐMŰ FEJLESZTŐ ZRT. - PROJEKTTÁRSASÁG

Az új atomerőművi blokkok létesítésének előkészítésére az MVM Csoport 2012. július 26-án megalapította az MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő Zártkörűen Működő Részvénytársaságot (MVM Paks II Zrt.).

A projekttársaság legfontosabb feladatai közé tartozik a majdani létesítés kereteinek meghatározása, a finanszírozás részleteinek kidolgozása, valamint a szükséges műszaki feltételek rögzítése (hűtési lehetőségek, környezeti hatások). A projektmunka fontos elemét képezi a környezetvédelmi, telephelyi, vízjogi és létesítési engedélyek megszerzése. A projekttársaság foglalkozik a jogharmonizációs kérdésekkel, valamint a regionális gazdasági és társadalmi hatások vizsgálatával is. Különösen fontos feladat továbbá, hogy az új atomerőművi blokkok létesítése során Magyarország a lehető legnagyobb mértékben kiaknázza a projekt nemzetgazdaságot élénkítő hatásait.

### 1.1.4 SZABÁLYOZÁSI TÁMOGATÁSOK

Az előzőekben vázolt előkészítő tevékenységek eredményeként a hazai szabályozási rendszerben több, az új atomerőművi blokkok létesítését támogató elem is megjelent.

Az Országgyűlés 2011. október 3-án elfogadta a következő két évtized fejlesztési-, üzemeltetési irányait meghatározó, 2050-ig kitékintő **Nemzeti Energiastratégiát**, melynek értelmében az állam - távlati, gazdasági és környezetvédelmi céljai megvalósítását elősegítendő - hosszú távon meg kívánja tartani az atomenergia mintegy 40 %-os részarányát a hazai villamosenergia-termelésben.

A Kormány a magyar atomenergetika elkövetkező harmincéves kiegyensúlyozott fejlődésének biztosítása érdekében a 1195/2012. (VI. 18.) Korm. határozattal létrehozta a nukleáris energia hazai alkalmazásával, annak fejlesztésével kapcsolatos stratégiai kérdéseket vizsgáló **Nukleáris Energia Kormánybizottságot**, amelynek elnöke a Miniszterelnök.

A Kormány – figyelemmel a nukleáris energiának a hazai energiaellátásban és az ellátásbiztonság garantálásában betöltött stratégiai szerepére, valamint az Országgyűlés által elfogadott Nemzeti Energiastratégiában foglaltakra – a Paksi Atomerőmű telephelyén létesítendő új atomerőművi blokkok megvalósítását a 1196/2012. (VI. 18.) Korm. határozattal a **nemzetgazdaság szempontjából kiemelt fontosságú és az energiaellátás biztonsága szempontjából alapvetően szükséges** beruházásnak nyilvánította.

### 1.1.5 AZ ÉPÍTENDŐ BLOKKOK KIVÁLASZTÁSA

#### **A MAGYAR - OROSZ KORMÁNYKÖZI EGYEZMÉNY**

2014. január 14-én a Magyar Kormány megállapodott az Oroszországi Föderáció Kormányával a két ország között évtizedekkel korábban megkötött nukleáris együttműködési szerződés felújításáról. A megállapodás alapján a Paksi Atomerőmű területén az Orosz Illetékes Hatóság fővállalkozásában további két új, 1 200 MW teljesítményű blokk épül, amelyhez a Magyar Kormány államközi hitelt kap Oroszországtól.

#### **2014. ÉVI II. TÖRVÉNY**

Az Országgyűlés a két kormány megállapodását a 2014. február 6-i ülésnapján, a Magyarország Kormánya és az Oroszországi Föderáció Kormánya közötti nukleáris energia békés célú felhasználása terén folytatandó együttműködésről szóló Egyezmény kihirdetéséről szóló **2014. évi II. törvényben** fogadta el.

#### **1. cikk - Az együttműködés tárgya**

A Felek együttműködnek a Magyarország területén lévő Paksi Atomerőmű teljesítményének fenntartásában és fejlesztésében, beleértve két új blokk tervezését, megépítését, üzembe helyezését és üzemben kívül helyezését, VVER (vízhűtéses vízmoderátoros) típusú reaktorral, mindkét blokkra vonatkozóan legalább 1 000 MW beépített kapacitással, amint arról jelen Egyezmény a későbbiekben rendelkezik, a jövőben leállításra kerülő 1–4. blokk teljesítményének kiváltására.



## 1.2 ÚJ ATOMERŐMŰVI BLOKKOK ENGEDÉLYEZTETÉSÉNEK ÁLTALÁNOS BEMUTATÁSA

Paks II. Atomerőmű teljes engedélyeztetése **több ezer engedély** beszerzését jelenti. Ezek közül csak a főbb engedélyeket emeltük ki az alábbi felsorolásban, megadva az adott engedélyt kiadó hatóságot is.

**Sugárvédelem** - Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat (ÁNTSZ) Országos Tisztifőorvosi Hivatal (OTH)

Dózismegszorítási engedély

**Környezetvédelem** – Dél-dunántúli Környezetvédelmi és Természetvédelmi Felügyelőség (DdKTF)

Környezetvédelmi engedély

**Vízjog** –Fejér Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság

Elvi vízjogi engedély

Vízjogi létesítési engedély

Vízjogi üzemeltetési engedély

**Nukleáris biztonság** – Országos Atomenergia Hivatal

Telephely vizsgálati és értékelési engedély

Telephely engedély

Létesítési engedély

Építési engedély

Építmények, épületszerkezetek használatbavételi engedélye

Rendszer szintű engedélyek

- Gyártási engedély
- Beszerzés engedély
- Szerelési engedély
- Típus engedély

Üzembe helyezési engedély

Üzemeltetési engedély

**Energetika**

**Erőmű-** Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal

A villamosenergia-rendszer üzemét lényegesen befolyásoló erőmű elvi engedélye

Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) létesítési engedélye

MEKH erőmű villamosenergia-termelésére vonatkozó működési engedélye

**Hálózati csatlakozás** (távvezetékek) - Baranya Megyei Kormányhivatal Pécsi Mérésügyi és Műszaki Biztonsági Hatóság

Előmunkálati engedély

Vezetékjogi engedély

Üzemeltetési engedély

**Műszaki felügyelet** - Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal

Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal (MKEH) hatáskörébe tartozó építési engedélyek

A létesítési ciklus alatt beszerzendő MKEH engedélyek (pl. nyomástartó berendezésekre, távhővezetékekre, veszélyes anyag tárolókra)

MKEH hatáskörébe tartozó használatbavételi engedélyek

**Építészet**- Helyi önkormányzat

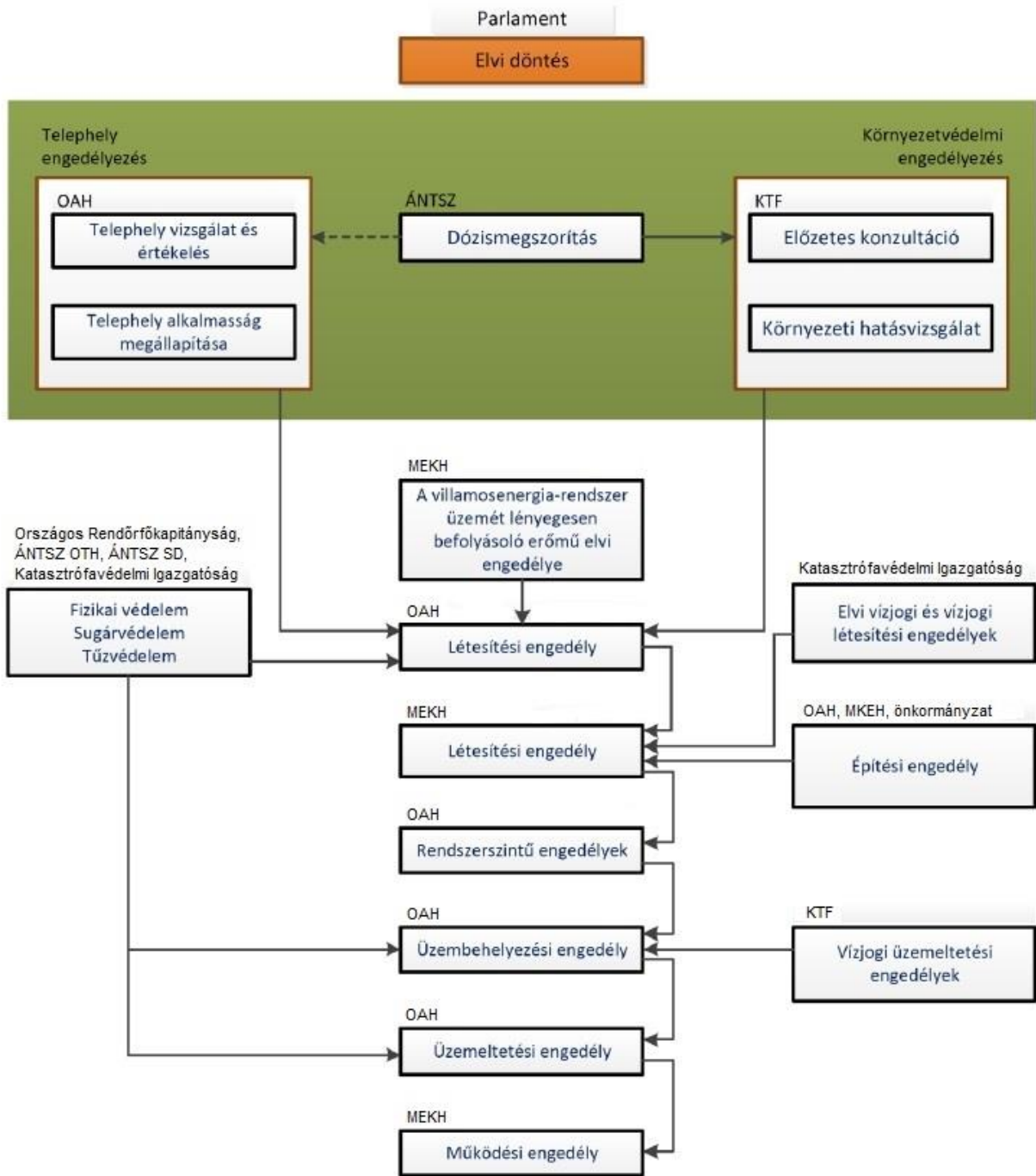
Helyi önkormányzat hatáskörébe tartozó építési engedélyek

**További engedélyeztetések és eljárások**

Fizikai védelem

EURATOM 37. cikkelye szerinti eljárás

EURATOM 41. cikkelye szerinti eljárás



1. ábra: Atomerőmű engedélyztetésének folyamata

### 1.3 A TERVEZETT ÚJ BLOKKOK KÖRNYEZETVÉDELMI ENGEDÉLYEZTETÉSÉNEK HELYZETE

A környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény 66. § (1) bekezdése szerint a környezeti hatásvizsgálat-köteles tevékenység csak a területileg illetékes környezetvédelmi felügyelőség által kiadott és jogerőre emelkedett környezetvédelmi engedély birtokában kezdhető meg.

A környezeti hatásvizsgálat-köteles tevékenységeket a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 1. melléklete részletezi, ennek 31. pontjában található az atomerőmű, méretmegkötés nélkül.

A megvalósítandó két, egyenként bruttó 1 200 MW<sub>e</sub> villamos összteljesítményű atomerőművi blokk létesítésének előfeltétele tehát a 314/2005. (XII.25.) Kormányrendelet szerinti környezeti hatásvizsgálat elvégzése, az eredmények környezeti hatástanulmányban történő összefoglalása, ezek alapján a környezetvédelmi engedélyeztetési eljárás lefolytatása, s e folyamat végeredményeként a környezetvédelmi engedély megszerzése.

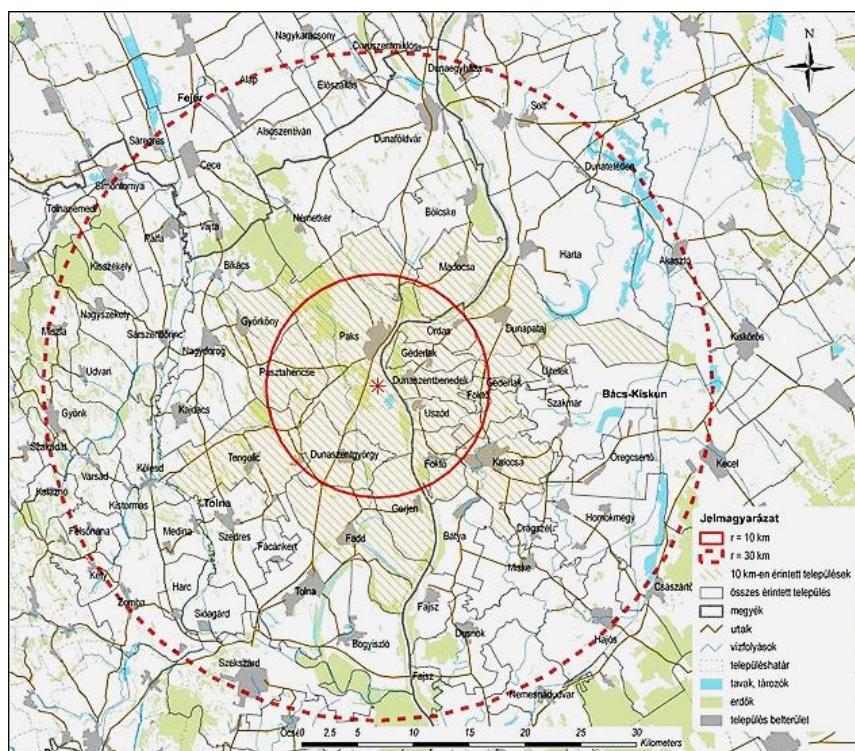
A paksi telephelyen tervezett új atomerőművi blokkok környezetvédelmi engedélyeztetése során az engedélyező hatóság, mint a Paksi Atomerőmű területére kijelölt illetékes, a Dél-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi Felügyelőség (továbbiakban: DdKTF).

#### 1.3.1 A POTENCIÁLIS 5 BLOKKTÍPUSRA VONATKOZÓ ELŐZETES KONZULTÁCIÓS DOKUMENTÁCIÓ (EKD)

A tervezett új blokkok környezetvédelmi engedélyeztetése 2012. november 10-én megkezdődött a PÖRYR ERŐTERV Energetikai Tervező és Vállalkozó Zrt. által összeállított, "MVM Magyar Villamos Művek Zrt. Új atomerőművi blokkok létesítése" című, 6F11121 munkaszámú Előzetes konzultációs dokumentáció [1]<sup>1</sup> beadásával.

Az EKD a paksi telephelyre potenciálisan telepíthető 5 blokk típus adatai alapján készült el.

Az EKD-ban 10 km és 30 km sugarú területek vizsgálata folyt.



2. ábra: Vizsgálati területek az EKD-ban (10 km, 30 km) [1]

<sup>1</sup> Az EKD letölthető az MVM Paks II. Zrt honlapjáról:  
<http://www.mvmpaks2.hu/hu/Dokumentumtarolo/EKD-HUN.pdf>  
<http://www.mvmpaks2.hu/hu/Dokumentumtarolo/EKD-ENG.pdf>

A Dél-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség (DdKTVF) által lefolytatott eljárás során az alábbi közigazgatási szervek adták meg észrevételeiket:

Közigazgatási szerv	iktatószáma
Tolna Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Szakigazgatási Szerve	XVII-R-084/01550-2/2012
Tolna Megyei Kormányhivatal Hatósági Főosztály Kulturális Örökségvédelmi Osztály Szekszárd	II-P-18/184-2/2012
Tolna Megyei Kormányhivatal Növény és Talajvédelmi Igazgatósága	26.2/1271-2/2012
Baranya Megyei Kormányhivatal Erdészeti Igazgatósága	II-G-033/8061/1/2012
Baranya Megyei Kormányhivatal Építésügyi Hivatal Állami Főépítész	II-D-15/157-2/2012
Pécsi Bányakapitányság	PBK/3519-2/2012
Pusztahencse - Györköny Körjegyzője	629/2012
Dunaszentgyörgy - Németskér - Gerjen Körjegyzője	625-5/2012
Bölcske Község Jegyzője	1985-2/2012
Zomba, Harc és Medina Községek Körjegyzőség Medinai Kirendeltsége	819-2/2012
Kalocsa Város Jegyzője	8350-1/2012/H

1. táblázat: Az EKD-ra észrevételt adó közigazgatási szervek

A Vélemény kiadásáig nem tett észrevételt:

Tolna Megyei Kormányhivatal Paksi Körzeti Földhivatala  
Országos Atomenergia Hivatal  
Paks Város Címzetes Jegyzője  
Nagydorog, Bikács, Sárszentlőrinc Községek Körjegyzője  
Kölesd, Kistormás, Kajdacs Községek Körjegyzője  
Foktő és Dunaszentbenedek Községek Körjegyzősége  
Géderlak, Ordas és Uszód Községek Körjegyzősége  
Harta és Dunatetőten Községek Körjegyzősége  
Homokmégy és Öregcsertő Községek Körjegyzősége  
Szakmár és Újtelek Községek Körjegyzősége  
Miske és Drágszél Községek Körjegyzősége  
Sióagárd és Fácánkert Községek Körjegyzősége  
Bogyiszló, Tengelic, Szedres, Fadd, Pálfa, Madocsa, Dusnok, Dunapataj, Bática, Fajsza, Vajta, Tolna, Cece, Dunaföldvár, Előszállás Község Jegyzője

A DdKTVF jogsegély kérelemmel kereste meg a Nemzeti Közlekedési Hatóság Útügyi, Vasúti és Hajózási Hivatalát hatásköri érintettség miatt, a Közép-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőséget illetékességi területe érintettsége miatt vélemény kérés céljából, a Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóságot pedig nyilatkozattétel céljából. Az érintett szervezetek a Vélemény kiadásáig észrevételt, nyilatkozatot nem adtak.

## Nyilvánosság

Az eljárás során az Energiaklub Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ Egyesület kérte ügyféli jogállásának elismerését és ez alapján az EKD-ba való betekintési és véleményezési lehetőséget. Az egyesület alapszabályában foglaltak alapján a DdKTVF elfogadta az ügyféli jogállást és a konzultációs kérelem elektronikus változatát az Egyesület rendelkezésére bocsátotta. Az EKD-val kapcsolatban a Vélemény kiadásáig az Energiaklub nem nyilvánított véleményt.

Az előzetes konzultációval kapcsolatban az eljárás alatt sem a DdKTVF-hez, sem az érintett települések jegyzőihöz nem érkezett észrevétel a nyilvánosság részéről.

A DdKTVF mindezek figyelembe vételével adta ki 8588-32/2012 iktatószámú Véleményét 2012. december 21-én, melyben rögzíti az alábbiakat:

- a tervezett atomerőmű létesítése környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenység
- a tervezett beruházással kapcsolatban az előzetes konzultáció során a rendelkezésre álló információk alapján környezetvédelmi engedélyezést **kizáró ok** - a DdKTVF részéről - **nem merült fel**
- a környezeti hatástanulmányt a 314/2005. (XII.) Korm. rendelet 6. és 7. számú melléklete, valamint a DdKTVF részletesen megadott tartalmi követelményeinek megfelelően kell elkészíteni
- a környezeti hatástanulmány szakterületi részeit szakértői jogosultsággal rendelkező szakértő készítheti el.

A DdKTVF felhívta a figyelmet arra, hogy a Véleményben foglaltak saját álláspontját tartalmazzák, amelytől az eljárásba bevont közigazgatási szervek észrevételei eltérhetnek.

## Nemzetközi eljárás

Atomerőmű létesítése az országhatáron áterjedő környezeti hatások vizsgálatáról szóló, Espoo-ban (Finnország), 1991. február 26. napján aláírt egyezmény kihirdetéséről szóló 148/1999. (X. 13.) Korm. rendelet, illetve az Európai Közösség 97/11/EK, 2003/35/EK és 2009/31/EK számú tanácsi irányelvvel módosított, az egyes köz- és magánprojektek környezetre gyakorolt hatásainak vizsgálatáról szóló 85/337/EGK számú irányelv hatálya alá tartozik.

A nemzetközi - Espoo-i - eljárás kezdeményezése érdekében a DdKTVF megküldte az EKD-t és annak idegen nyelvű változatait a Vidékfejlesztési Minisztérium (VM) Környezetmegőrzési Főosztályának, aki 30 országot értesített az eljárásról. A megkeresett országokat és azoknak az eljárással kapcsolatos álláspontját összegzi az alábbi táblázat:

Értesített potenciális részes fél	Részvétel	Nyilatkozat a részvételi szándékról	Észrevétel
<b>Ausztria</b>	Igen	részt kíván venni	küldött észrevételt
Belgium	n/a		
Bulgária	n/a		
Ciprus	Nem	nem kíván részt venni	
<b>Csehország</b>	Igen	részt kíván venni	küldött észrevételt
Dánia	n/a		
Észtország	Nem	nem kíván részt venni	
Finnország	n/a		
Franciaország	n/a		
<b>Görögország</b>	Igen	részt kíván venni	küldött észrevételt
Hollandia	n/a		
<b>Horvátország</b>	Igen	részt kíván venni	küldött észrevételt
Írország	n/a		
Lengyelország	Nem	nem kíván részt venni	
Lettország	n/a		
Litvánia	n/a		
Luxemburg	n/a		
<b>Málta</b>	Igen	részt kíván venni	küldött észrevételt
<b>Németország</b>	Igen	részt kíván venni	küldött észrevételt
Olaszország	n/a		
Portugália	n/a		
<b>Románia</b>	Igen	részt kíván venni	küldött észrevételt
Spanyolország	Nem	nem kíván részt venni	
Svájc	n/a		
Svédország	n/a		
Szerbia	n/a		
<b>Szlovákia</b>	Igen	részt kíván venni	küldött észrevételt
<b>Szlovénia</b>	Igen	részt kíván venni	nem küldött észrevételt
Egyesült Királyság	n/a		
<b>Ukrajna</b>	Igen	részt kíván venni	nem küldött észrevételt

2. táblázat: A nemzetközi eljárás során megkeresett országok

A többi országból együttesen megközelítőleg 15 ezer levél érkezett, az ezekben feltett kérdések és észrevételek 10 főbb témakör köré csoportosultak:

	Témakörök
1	Energiastratégiához kapcsolódó észrevételek
2	Súlyos balesetekre, üzemzavarokra vonatkozó észrevételek
3	Nukleáris biztonságra vonatkozó kérdések
4	Atomkár felelősséghez kapcsolódó észrevételek
5	A teljes üzemanyagciklus környezeti hatásainak bemutatása
6	Radioaktív hulladékok kezelésére vonatkozó észrevételek
7	Két erőmű együttes hatásai, illetve a létesítendő új erőmű hatása a régre
8	A környezeti hatásvizsgálati tanulmány tartalmára vonatkozó észrevételek
9	Gazdasági megfontolások
10	Egyéb témakörök észrevételei

3. táblázat: A nemzetközi eljárás során feltett kérdések témakörei

Az egyes kérdés-csoportokra írt válaszok a Nemzetközi fejezetben találhatóak.

## 1.3.2 PAKS II. ATOMERŐMŰ KÖRNYEZETI HATÁSTANULMÁNYA (KHT)

A paksi telephelyen építendő Paks II Atomerőmű létesítését megelőzően lefolytatandó környezeti hatásvizsgálat (KHV) célja a tervezett atomerőművi technológia által a környezet egyes elemeire és rendszereire gyakorolt környezeti hatások azonosítása és értékelése a tervezési terület alapállapotának, terhelhetőségének függvényében.

Amennyiben e feltételrendszerben elvégzett hatásvizsgálat nem állapít meg a környezeti elemek, illetve rendszerek bármelyike esetében a jogszabályi környezet, valamint szakmai álláspontok alapján megengedhetetlen mértékű igénybevételt, illetve terhelést, akkor a *tervezett 2 x 1 200 MW teljesítményű blokk telepítése és üzemeltetése – környezetvédelmi szempontból – megvalósulhat.*

### 1.3.2.1 Alapállapot vizsgálatok

A környezeti hatásvizsgálatot megalapozandó, 2012. március 1-jétől kezdődően a környezet jelenlegi állapotának felmérése és ez alapján az alapállapot jellemzése, értékelése céljából, a tervezett atomerőművi blokkok telepítési területén, valamint az előzetesen becsült hatásterületek alapján kijelölt vizsgálati területeken az alábbi témakörökre vonatkozóan történtek vizsgálatok és elemzések:

- I. **Telephely jellemzése**
- II. **Időjárási jellemzők**
  - a) Meteorológia
  - b) Mikro- és mezoklíma a telephely környezetében
- III. **Földtani közeg, felszín alatti és felszíni vízi környezet jellemzése**
  - a) Földtani közeg bemutatása és jellemzése
  - b) Felszín alatti vízi környezet bemutatása és jellemzése
  - c) Telephely hidrológiai jellemzése
  - d) Duna és egyéb felszíni vizek állapota
  - e) Duna medrének és partfalának állapota
- IV. **Környezeti radioaktivitás általános jellemzése**
- V. **Zaj- és rezgésterhelés felmérése**
- VI. **Levegőminőség felmérése**
- VII. **Élővilág állapotának jellemzése**
  - a) Élővilág sugárterhelésének jellemzése (kivéve a humán sugárterhelést)
  - b) Minta értékű biomonitöring vizsgálatok végrehajtása
- VIII. **Lakosság állapotának jellemzése**
  - a) Lakosság sugárterhelésének meghatározása
  - b) A telephely környezetében élők egészségügyi állapotának meghatározása

A környezeti hatásvizsgálatokat megalapozó alapállapot mérések, vizsgálatok, elemzések 2012-ben befejeződtek, így ezek záró dátuma egységesen 2012. Ettől a meteorológiai elemzésekhez felhasznált adatok záró dátuma tér el, az 2010.

A 2012-es év rendkívül száraz volt. A biomonitöring vizsgálatok eredményei tükrözték a vizsgálati év szélsőséges aszályosságát. Annak érdekében, hogy az élővilág alapállapota ne csak ilyen rendkívül száraz időjárási feltételek mellett kerüljön rögzítésre, célszerű volt a biomonitöring vizsgálatok 2013. évi elvégzése is. Ezen ok miatt a dunai nagyvízi mérések elvégzése is 2013-ban történt meg.

Mindazon esetekben, ahol ezt követően, 2013-ban is voltak helyszíni vizsgálatok vagy az elemzések később készültek (a dunai nagyvízi mérések, a talajvíz figyelő kutak adatainak elemzése), ott az egyes szakterületeknél jelenítjük meg az adatok záró dátumát.

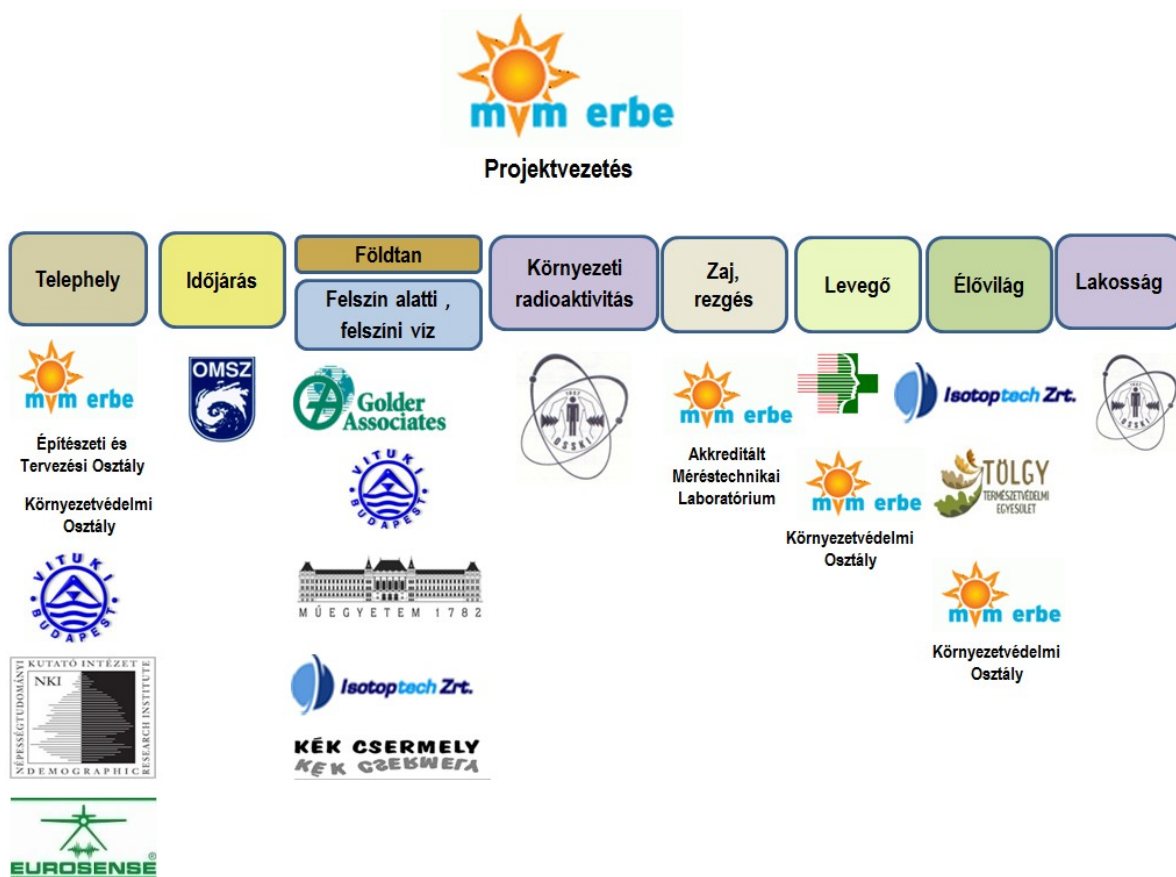
## Vizsgálati területek

A 2012-2013-ban folytatott alapállapotú vizsgálatok során az új blokkok telepítési helyének meghatározott terület középpontjától mért 30 km-es sugarú körrel lehatárolt területet vettük fel a telephely környezetének általános vizsgálati területéül. Az egyes szakterületi vizsgálatok többsége e területrészen belül folyt. Ettől alapvetően a Duna vizsgálati területei tértek el, az egyes témakörök különböző mértékben, egyes esetekben a teljes magyarországi Duna-szakasz is vizsgálat alá került.

A feltételezett hatásterület a 10 km sugarú körön belül várható, a részletesebb vizsgálatok is e területen belül folytak. E megfontolás alapján, a Dunán kívüli Natura 2000 területek alapállapotának vizsgálata is e területrészen történt meg.

A feltételezett közvetlen hatásterületen, a 3 km sugarú körben végeztük a részletes biomonitoring vizsgálatokat és a vegetáció térképezését is. A légszennyezettségi alapállapot egy évig tartó felmérése is a várható közvetlen hatásterületen zajlott, a védendő pontok elhelyezkedéséhez igazodottan. A zaj- és rezgésmérések is e területeken történtek. A tervezett telepítési területen és közvetlen környezetében folytak a terület jellemzőinek meghatározását célzó terepi vizsgálatok, a földtani közeg és a felszín alatti víz jellemzése.

A környezeti hatásvizsgálatot megalapozó szakterületi vizsgálati és értékelési programok kidolgozásában és végrehajtásában közreműködő szakmai szervezetek az alábbiak voltak.



### 1.3.2.2 A környezeti hatásvizsgálat műszaki feltételrendszere és telepítési helyszínrajza

A Paks II. Atomerőmű környezeti hatásainak megállapítását lehetővé tevő, a jelen tervezési fázishoz illeszkedő részletezettségű műszaki feltételrendszerét és a telepítési helyszínrajzot a blokkok szállítójának előzetes adatszolgáltatásán, már épülő erőművek publikált adatain, nyilvános adatbázisok, előadások, illetve már megvalósult blokkok referenciaadatain alapulva, a legnagyobb környezeti terhelést okozó maximális környezeti kibocsátások értékeit alapul véve az MVM ERBE Zrt. dolgozta ki, illetve tervezte meg, figyelembe véve a már üzemelő Paksi Atomerőmű adatait is.

A telepítési helyszínrajzon az épületek és építmények elhelyezése technológiai megfontolások alapján, az ismert, lehető legnagyobb helyigényű technológiai egységek figyelembe vételével történt. Az épületek jellemzőinek leírása is a szállítói adatszolgáltatásban található adatok felhasználásával, valamint a meglévő atomerőmű szerkezeteiből kiindulva történt.

Az EKD-ban bemutatottal megegyezően, hűtési módként a frissvízhűtés alkalmazása került részletes elemzések alá. Az EKD-ban bemutatotthoz képest megváltozott a dunai vízkivétel helye, valamint a felmelegedett hűtővíz Dunába bocsátásának a helye és módja.

A feltételezett alapozási technológia meghatározásához az elmúlt években elvégzett környezetvédelmi célú fúrások rétegsorai jelentették a kiinduló adatokat, a várható alapozási mélységek becslése ezen adatok figyelembe vételével történt. A későbbiekben az építési helyszínen elhelyezett valamennyi épületet és építményt tűzvédelmi és földrengésállósági szempontból méretezni kell, ezeken felül az egyes épületeknél még egyéb, speciális méretezési szempontokat is figyelembe kell venni, úgymint repülőgép becsapódás hatásait minimalizáló méretezés, sugárvédelmi, zaj- és rezgésvédelmi méretezés, a földtani közeg és a felszín alatti víz védelmét szolgáló kármentő létesítése.

A földtani kutatási program során végzett fúrások, illetve különböző földtani vizsgálatok eredményei, valamint a konkrét talajmechanikai elemzések ismeretében készül majd az építési engedélyeztetési dokumentáció, amelyben az épületek és építmények statikai és építészeti tervezése is zajlik majd.

A fentiek alapján a későbbi munkafázisokban funkcionális, épületfizikai, épületszerkezeti, földrengésállósági, tűzvédelmi megfontolások, valamint a blokkok szállítójának egyéb, jelenleg esetleg még nem ismert megfontolásai miatt az elrendezésben és a méreteken változások lehetségesek.

A beszállítások szükséges volumenét a műszaki megoldások és alapadatok, valamint a KHV elvégzéséhez készített telepítési helyszínrajz alapján határoztuk meg. A beszállítások iránya jelenleg még nem ismert, a konkrét organizációs terv a kiviteli tervezés során készül majd, a beszállítások iránya, nagysága, a területen belüli mozgások jellemzői e tervezési fázisban konkretizálódnak majd. A KHV során a számításokat mindegyik számba jöhető útvonalra elkészítettük, a jogszabályilag előírt 25 km sugarú körre vonatkozóan.

Paks II. leállításának, felhagyásának, továbbá leszerelésének folyamata és körülményei – a blokkok tervezett minimum 60 éves élettartamát figyelembe véve – jelenleg nem határozhatók meg.

### 1.3.2.3 Környezeti hatásvizsgálat (KHV) - Környezeti hatástanulmány (KHT)

*A Paks II. Atomerőmű környezeti hatásvizsgálat több hónapos folyamata a 2014. márciusi műszaki feltételrendszer és telepítési helyszínrajz alapján zajlott.*

A Paks II. környezeti hatásvizsgálatának elvégzését bemutató és összegző környezeti hatástanulmány (KHT) az Előzetes konzultációs dokumentációban (EKD) számításba vett változatok közül egyet, a megvalósításra kiválasztott orosz atomerőművi technológiát, valamint fő kapcsolatait, a hűtővíz kivételt és a felmelegedett melegvíz Dunába bocsátását, valamint az erőműben megtermelt villamosenergia kiszállítását biztosító blokkvezetékét vizsgálta a jelentős környezeti hatások megítélhetősége szempontjából, az EKD-ra kiadott véleményben foglaltakat is figyelembe véve.

A környezeti hatástanulmány a tervezett blokkok telepítésével kapcsolatos gazdasági, vagy pénzügyi kérdéseket nem vizsgálta.

A Paks II. környezeti hatástanulmánya az egyes környezeti elemek, illetve rendszerek szempontjából vizsgálja meg, hogy a beruházás különböző időszakaiban jelentkező hatótényezők, munkafolyamatok milyen hatásfolyamatokat, hatásokat okoznak az egyes környezeti elemek és rendszerek szempontjából, milyen azoknak a területi kiterjedése, azaz a hatásterülete.



A környezeti hatástanulmány tartalmi felépítéséhez a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 6, valamint 7. számú mellékleteiben lévő általános leírások adnak alapot.

6. számú -A környezeti hatástanulmány általános tartalmi követelményei

7. számú - A hatásterület meghatározása a környezeti hatástanulmány készítésekor

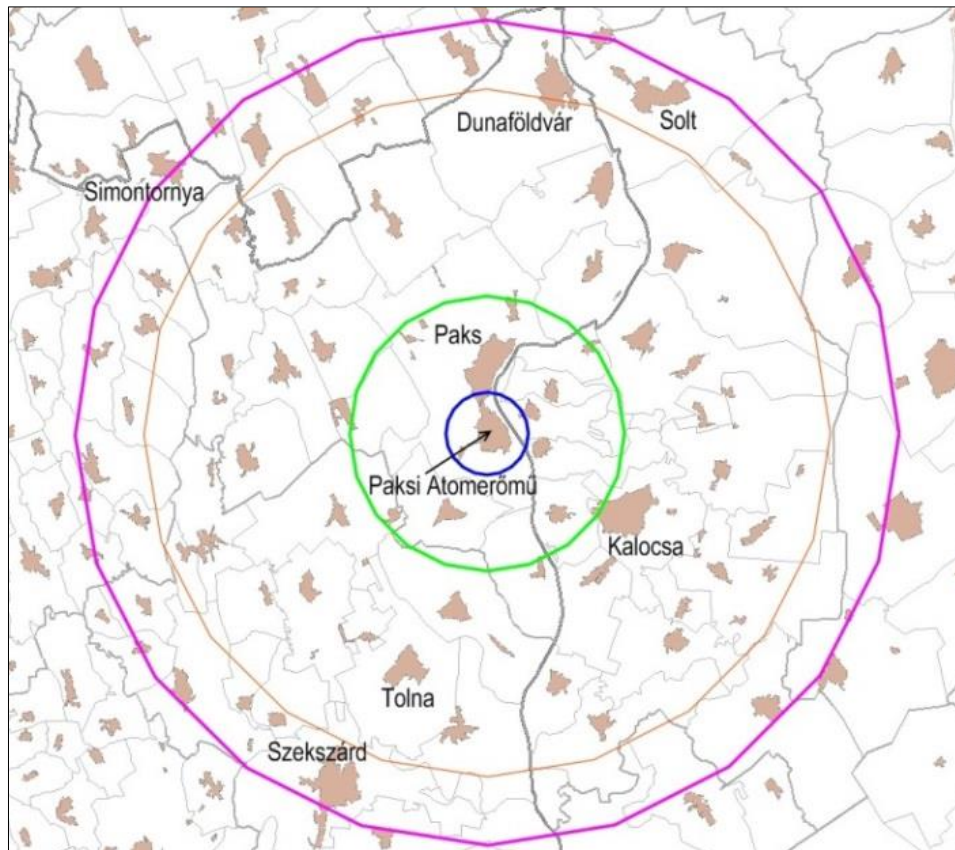
A KHV elvégzése és az eredmények alapján a KHT összeállítása az egyes környezeti elemek, illetve rendszerek számára a legnagyobb környezeti terhelést jelentő paraméterekre vonatkozóan történt - a paksi telephely adott környezeti alapállapotának figyelembe vételével.

Paks II. környezeti hatástanulmánya bemutatja, illetve vizsgálja az alábbi témaköröket:

- ❖ a tervezett atomerőművi beruházás részletes ismertetése, a technológiai alapadatok bemutatása,
- ❖ a kiválasztott telepítési terület, valamint közvetlen és tágabb környezetének bemutatása, a tevékenység helye és területigénye, a telepítési helyszínrajz bemutatása
- ❖ a korábban vizsgált, számításba vett változatok ismertetése
- ❖ a környezet egyes elemeire és rendszereire az erőművi technológia által gyakorolt környezeti hatások megadása, kiszámítása,
- ❖ a tervezett beruházás hatásterületeinek lehatárolása,
- ❖ országhatáron áterjedő hatások bemutatása.

Mindezek alapján a Paks II. Környezeti hatástanulmány felépítése az alábbi fő fejezetekre tagolódik:

- 1 A tervezett fejlesztés alapinformációi
- 2 A tervezett fejlesztéssel összefüggő prognózisok és stratégiák
- 3 A nukleáris energetika általános bemutatása
- 4 A tervezett telepítési terület bemutatása
- 5 Az új atomerőművi blokkok lehetséges kondenzátor hűtési módjai
- 6 A paksi telephelyre tervezett Paks II. Atomerőmű jellemzői, alapadatai
- 7 Hálózati csatlakozás a magyar villamosenergia-rendszerhez
- 8 Paks II. potenciális hatótényezői és potenciális hatásmátrixai
- 9 Társadalmi-gazdasági hatások
- 10 Paks 30 km sugarú környezetének éghajlati jellemzése
- 11 A Duna medermorfológiájának és a Duna hőterhelésének modellezése
- 12 A Duna és egyéb felszíni vizek vízminőségének vizsgálata a Víz Keretirányelv szerint
- 13 Földtani közeg és felszín alatti víz a telephelyen és közvetlen környezetében
- 14 Földtani közeg és felszín alatti vizek a Paks alatti Duna-völgyben
- 15 Zaj és rezgés
- 16 Környezeti levegő
- 17 Nem radioaktív hulladékok
- 18 Élővilág, ökoszisztéma
- 19 Radioaktív hulladékok és kiégett kazetták
- 20 Környezeti radioaktivitás - a telephely környezetében élő lakosság sugárterhelése
- 21 Az élővilág sugárterhelése a telephely környezetében
- 22 Összefoglaló hatásmátrixok és összesített hatásterületek



kék kör: a közvetlen hatások becslült területe,  
zöld kör: a közvetett hatások becslült területe,  
püspöklila kör: általános jellemzés vizsgálati területe,  
narancssárga kör: a beszállítások hatásának – 25 km sugarú vizsgálati területe

3. ábra: A KHV-ban vizsgált különböző területek [2], [3]

### 1.3.3 MVM PAKS II. ZRT. TÁJÉKOZTATÓ TEVÉKENYSÉGEI

Az MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő Zrt. a „Jövők vállalkozása – Tájékoztató program vállalkozóknak” elnevezésű beszállítói programsorozatot indított azzal a céllal, hogy a magyarországi kis-, közepes- és nagyvállalatokat tájékoztathassa a beruházásról, a nukleáris ipar biztonsági elvárásairól, a speciális műszaki kihívásokról, a javasolt felkészülési folyamatról, a szükséges engedélyekről és minősítésekről.

A térség érintett településeinek polgármesterei részére tájékoztatókat tartott, a lakosság tájékoztatása érdekében interaktív tájékoztató kamiont üzemeltet, melynek feladata mobil látogatóközpontként megismertetni Magyarország lakosságával az atomenergiát, annak fontosságát, biztonságos és környezetkímélő felhasználását, a hazai energiatermelésben betöltött szerepének fontosságát. Az új beruházás részleteivel és engedélyezési, valamint telephely kutatási feladataival foglalkozó lakossági tájékoztató anyagok a projekt előkészítési szakaszában elkészültek, és minden környező háztartásba eljutottak. Ilyen tájékoztató anyagok készítését a létesítés további szakaszaiban is tervezzük.

Az érdeklődők számára a „Hogyan készül Paks II? – Fórum az atomerőművi kapacitás-fenntartásról” című, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen tartott rendezvényen részletesen bemutattuk a tervezett beruházást, és számos egyéb rendezvényen, tudományos fórumon ismertettük a beruházás aktualitásait.

Nemzetközi fórumokon is rendszeres tájékoztatást adunk a folyamatban lévő munkákról, az egyik legfontosabb ilyen rendezvény a minden évben megrendezésre kerülő osztrák-magyar bilaterális nukleáris hatóságok egyeztető fóruma.

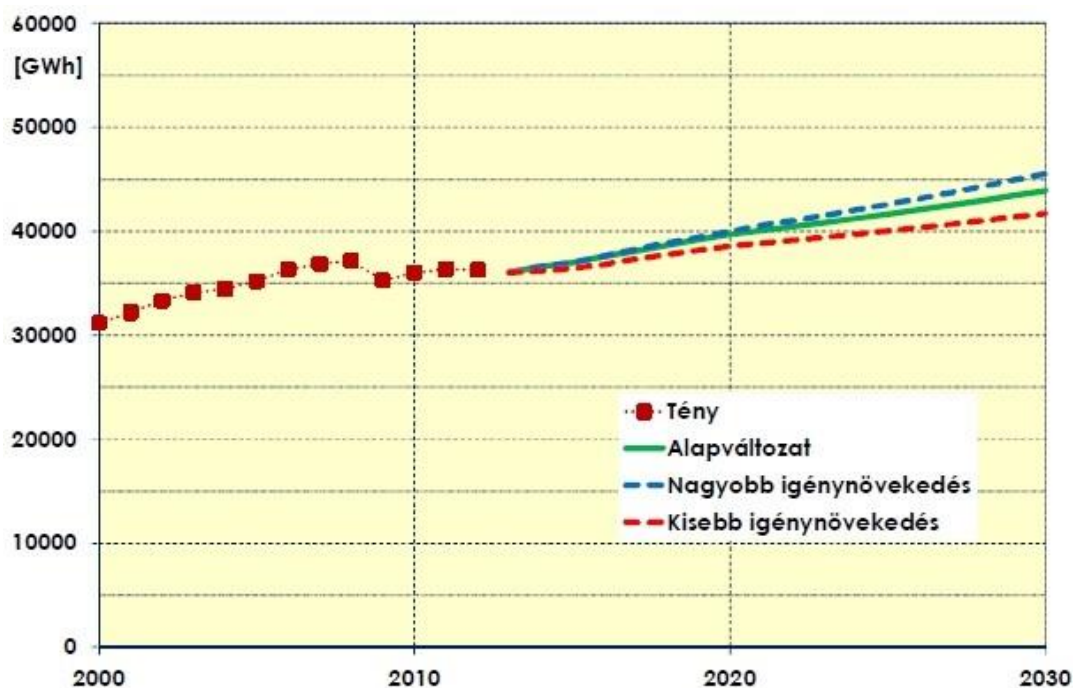
## 2 A MAGYARORSZÁGI VILLAMOSENERGIA-FELHASZNÁLÁS ELŐREJELZÉSE

Magyarországon a villamosenergia-rendszer távlati alakulásának előrejelzése a rendszerirányító – Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Részvénytársaság (MAVIR Zrt.) – egyik fontos, rögzített feladata. A rendszerirányítónak fel kell mérnie a villamosenergia-felhasználás várható jövőbeni nagyságát, emellett köteles figyelemmel kísérni a rendszerszintű energiamérleg, az erőművi teljesítőképesség, a közcélú villamos hálózat és a fogyasztás változását is.

### 2.1 A HAZAI VILLAMOSENERGIA-IGÉNY PROGNÓZISA 2030-IG

A fogyasztói igények előrejelzése és a hazai villamosenergia-rendszer közép- és hosszú távú kapacitásfejlesztésének bemutatása 2012-től önálló tanulmány, amely az elmúlt évek villamosenergia-felhasználási és rendszerterhelési adatainak vizsgálatán, valamint a gazdaságtudató intézetek gazdasági növekedésre jelzett prognózisain alapul. A rövidtávú, 2018-ig terjedő időszakra vonatkozó prognózis a MAVIR rövid- és középtávú előrejelzéseire, a 2030-ig terjedő időszak pedig a Nemzeti Energiastratégia 2030 dokumentum prognózisaira épül.

A MAVIR által 2013-ban készített fogyasztói igény előrejelzés 2030-ig terjedő vizsgálata három forgatókönyvet tartalmaz, amit az alábbi ábra mutat szemléletesen.



4. ábra: A nettó villamosenergia-fogyasztás várható alakulása 2030-ig [2-1]

A stratégiai célokkal összhangban álló **alapváltozat** (az ábrán zöld színnel jelzett) a 2014 utáni időszakra a nettó villamosenergia-fogyasztásra 1,5 % / év átlagos növekedési ütemmel számol, majd a 2020-as évektől ez az ütem kis mértékben csökken. Az alapváltozat mellett alternatívaként szerepel egy **magasabb igénynövekedési változat** (kék színnel jelzett), amely 2014 és 2020 között 1,4-1,7 % / év igénynövekedési ütemet prognosztizál, ami 2030-ig 1,4 % / évre mérséklődik. Az alapváltozathoz képest **alacsonyabb igénynövekedési változat** (piros színnel jelzett) 2014 és 2020 között 1 % / év, majd 2030-ig fokozatosan 0,8 % / évre csökkenő igénynövekedést vesz figyelembe.

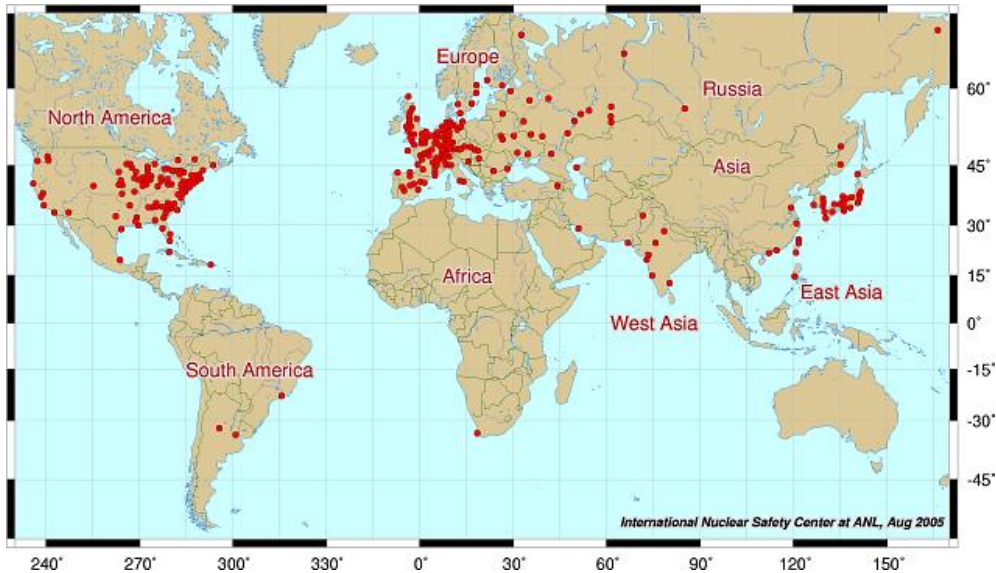
A nettó villamosenergia-fogyasztás (alapváltozat szerint) 2020-ra várt értéke kb. 40 TW<sub>h</sub>, 2030-ra pedig elérheti a kb. 44 TW<sub>h</sub>-t.

Az összes villamosenergia-felhasználás (a hazai erőművek önfogyasztását és a hálózati veszteséget is tartalmazva) 2020-ban elérheti a 47,6 TW<sub>h</sub>, 2030-ra pedig – az alapváltozat szerint – az 54,7 TW<sub>h</sub>-t.

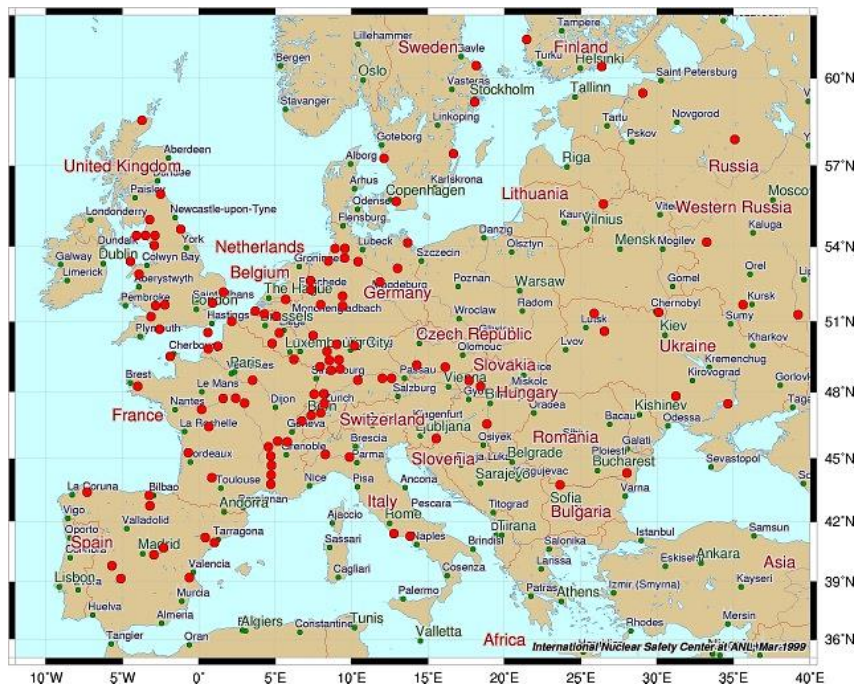
### 3 A NUKLEÁRIS ENERGETIKA ÁLTALÁNOS BEMUTATÁSA

#### 3.1 NUKLEÁRIS VILLAMOSENERGIA-TERMELÉS A VILÁGBAN

A világ villamosenergia-termelése 2012-ben összesen 22 668 TWh volt, amiből a nukleáris termelés 2 461 TWh-t tett ki, azaz a megtermelt villamos energia 10,9 %-a atomerőművekből származott (Forrás: IEA: Key World Energy Statistics 2014). Az atomerőművek jellemzően a magasabb fejlettségű országokban töltenek be jelentősebb szerepet a villamosenergia-rendszerben, azaz Európában, Észak-Amerikában és Japánban koncentrálódnak.



5. ábra: A világon található atomerőművek területi elhelyezkedése [4]



6. ábra: Az Európában található atomerőművek területi elhelyezkedése [5]

A jelenleg üzemelő 434 db atomerőművi blokk többsége (62,2 %) a nyomottvízes (PWR) atomerőművek közé tartozik. Az építések során is a nyomottvízes reaktorok dominanciája figyelhető meg (82,6 %).

## 3.2 A NYOMOTTVIZES (PWR) REAKTOROKKAL ÜZEMELŐ BLOKKOK ÁLTALÁNOS BEMUTATÁSA

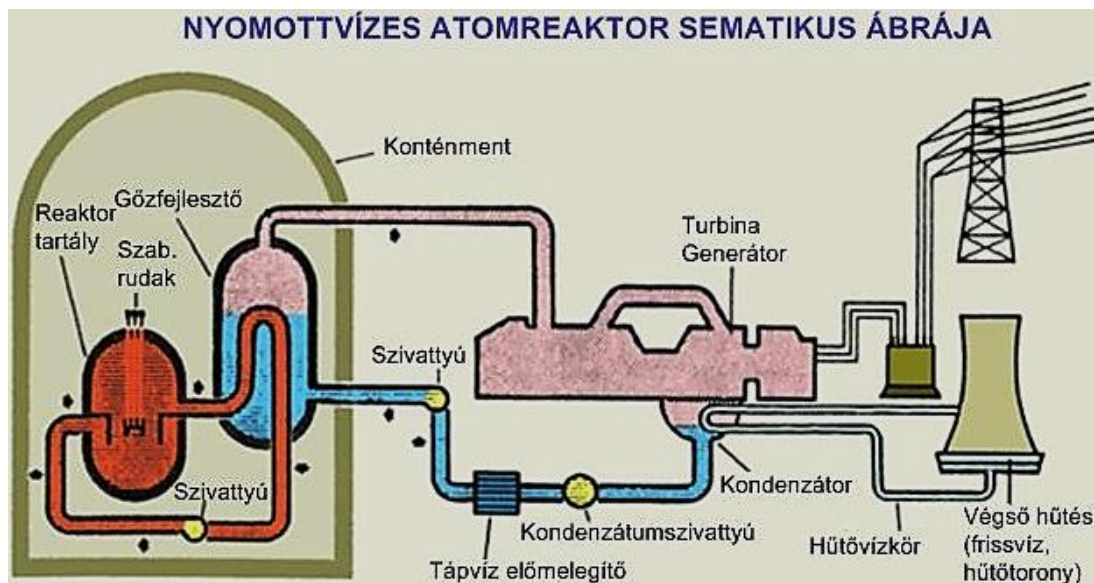
### 3.2.1 AZ ENERGIATERMELÉS FOLYAMATA A PWR REAKTORRAL ÜZEMELŐ BLOKKOKBAN

Az atomerőművi energiatermelés alapja az atommagok hasadásán alapuló, szabályozott és önfenntartó láncreakció. A felszabaduló energia igen nagy: egyetlen gramm  $^{235}\text{U}$  hasadási folyamatban felszabaduló energiája kb. 3 tonna jó minőségű szén elégetésével nyerhető energiának felel meg. Ez a keletkező energia az üzemanyag-pasztillák hőmérsékletét növeli állandó jelleggel, így a tartós és fenntartható energiatermeléshez ezt a hőt el kell vezetni. A hő elvezetésére a hűtőközeg szolgál, mely a PWR reaktorok esetében könnyűvíz ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Az elvezetett hőenergiát villamosenergia-termelésre használják fel.

A nyomottvizes atomerőművek két zárt körből állnak, primerkörből és szekunderkörből.

A **primerkör** része a nyomottvizes, könnyűvízhűtésű és moderálású atomreaktor, a keringetőhurkok (fővízkör), a főkeringető szivattyúk, a gőzfejlesztők hőátadó csövei és a térfogatkompenzátor. A reaktortartály hengeres, félgömb alakú fenékkal és félgömb alakú, leszerelhető fedéllel ellátott nyomástartó tartály, amely az aktív zónát tartalmazza. Ezeken kívül a nukleáris gőzfejlesztő berendezéshez, azaz a reaktorhoz számos technológiai segédrendszer is tartozik, melyek biztonsági feladatokat látnak el, javítják az erőmű hatásfokát, folyamatosan tisztítják a vízköröket. A fővízkör a reaktor aktív zónájában felszabaduló hőt felveszi, elszállítja, és a gőzfejlesztőkben átadja a szekunderkörnek. A gőzfejlesztő fő funkciója, hogy a reaktorban termelődő, primerkörü hőhordozó által közvetített hő felhasználásával a turbinák meghajtására alkalmas paraméterű gőzt állítson elő. E berendezés a hermetikus térben, a konténmentben elhelyezett hengeres, függőleges vagy vízszintes elrendezésű tartály, hőcserélő csövekkel, beépített gőzszeparátorral.

A **szekunderkör**nek alapvetően a gőzfejlesztők tápvízoldali része, a főgőzrendszer, a turbina nagy- és kisnyomású elemei, a kondenzátor és a tápvízrendszer a részei. A szekunderkör feladata a gőzfejlesztőben termelt gőz energiájának átalakítása forgómozgássá, ami biztosítja a generátor meghajtását. A munkát végzett „fáradt” gőzt a kondenzátorban vízzé alakítják vissza (kondenzálják) a végső hőelnyelő alkalmazásával, amely a telephelyi adottságoktól függően tengervíz, folyóvíz vagy hűtőtoronyos hűtésnél a levegő.



7. ábra: A PWR reaktor általános, vázlatos felépítése [6]

#### 3.2.1.1 Üzemanyag

A nukleáris üzemanyag az úgynevezett aktív zónában van elhelyezve.

A természetben előforduló uránt jellemzően két izotóp alkotja, az alacsony energiájú (ún. termikus) neutronok hatására hasadó  $^{235}\text{U}$  (a természetes uránban ez az izotóp 0,72 %-ban fordul elő), illetve a nagyenergiájú (ún. gyors) neutronok hatására hasadó  $^{238}\text{U}$  izotóp (ennek aránya a természetes uránban 99,275 %). Az önfenntartó láncreakció tisztán  $^{238}\text{U}$  üzemanyagból álló reaktorban nem hozható létre.

A PWR blokkok alapvetően dúsított urán alapú üzemanyagot ( $UO_2$ ) hasznosítanak, amely a Paksi Atomerőműben jelenleg is használt típus. Előállítására a nyers urán feldolgozásával és dúsításával történik.

### 3.2.2 A PWR BLOKKTÍPUS JELLEMZŐ LÉTESÍTMÉNYEI

#### 3.2.2.1 Főépületi létesítmények

##### NUKLEÁRIS SZIGET

**Konténment:** A biztonságos üzemeltetés érdekében a primerköri rendszerek jellemzően (pl. EPR-1600 és VVER-1200 típusoknál) kettősfalú konténmentben vannak elhelyezve. A belső konténment feladata a tervezésnél figyelembe vett lehetséges üzemzavarok során kiszabaduló radioaktív anyagok visszatartása, valamint a felszabaduló hő elvezetése.

A belső konténmentet egy külső, vasbetonból készült árnyékoló épület veszi körbe, ami a külső hatásokkal szemben (pl. jelentős földrengés, repülőgép becsapódás, árvíz) biztosít fokozott védeltséget.

**Biztonsági rendszerek épületei:** a többszörös redundancia miatt az atomerőművekben több biztonsági (pl. üzemzavari zónahűtő) rendszer van, melyek közül egyetlen rendszer megfelelő működése is elegendő egy üzemzavar kezeléséhez. A megfelelő térbeli elválasztás miatt ezeket általában különálló épületekben, épületrészekben helyezik el.

**Segédépület:** itt található a primerkörhöz tartozó segédrendszerek.

**Nukleáris karbantartási létesítmény:** A primerkörhöz kapcsolódó karbantartási munkák, valamint a dekontaminálás elvégzésére szolgáló létesítmény.

**Hulladékkezelés épülete:** itt történik a blokk üzemeltetése során keletkező folyékony és szilárd radioaktív hulladékok kezelése.

**Üzemanyag épület:** a friss és a kiegészített nukleáris üzemanyag kezelésére és tárolására szolgál.

##### TURBINA SZIGET

**Turbina gépház:** A turbina gépházban található az a szekunderköri berendezések, melyek a primerkörből a gőzfejlesztő által átadott hőt átalakítják mechanikai, majd villamos energiává, illetve a turbinából kilépő gőzt lekondenzálják, majd visszajuttatják a gőzfejlesztőbe.

**Vízkezelő üzem:** a primer és szekunder kör által igényelt, megfelelő minőségű és mennyiségű pótvíz előállítására szolgál.

**Villamos kapcsolóhelyiség:** Villamos kapcsolóberendezések, irányítástechnikai berendezések, hírközlési eszközök elhelyezését biztosító épület.

**Transzformátor tér:** Blokk transzformátorok és egyéb erőművi transzformátorok kültéri elhelyezésére szolgál.

#### 3.2.2.2 Kapcsolódó létesítmények

- ✓ **Kiegészített kazetták átmeneti tárolója:** az atomerőmű üzemeltetése során keletkező kiegészített üzemanyag (az esetleges további feldolgozás vagy a feldolgozás nélküli végleges elhelyezést megelőző) átmeneti tárolására szolgál.
- ✓ **Dízelgenerátorok:** az üzemzavari váltóáramú villamos betáplálást biztosító dízelgenerátorok a (megfelelő fizikai szétválasztás miatt különálló épületben található).
- ✓ **Egészségügyi létesítmény:** az egészségügyi központot, a primerköri beléptető rendszert, valamint a primerköri munkavégzéshez szükséges irodákat tartalmazó létesítmény.
- ✓ **Vízkezelési mű:** az erőmű számára szükséges ipari vizet szolgáltatja. A Dunából kiemelt vízmennyiség legnagyobb hányadát a kondenzátor hűtővíz teszi ki.
- ✓ **Vegyszer raktár:** az üzemeléshez szükséges vegyszereket tartalmazó épület.
- ✓ **Ipari gázok tárolóépülete:** az üzemeléshez szükséges gázokat tartalmazó épület.

- ✓ *Karbantartási létesítmény:* A szekunderkörhöz kapcsolódó karbantartási munkák elvégzésére szolgáló létesítmények.
- ✓ *Tűzvédelmi létesítmények:* az erőmű területén belül elhelyezkedő, kihelyezett tűzoltósági épületet, valamint a tűzivíz és a tűzvédelmi rendszert foglalja magába.
- ✓ *Villamos alállomás:* a generátorok által megtermelt villamos energia országos alaphálózatba jutását biztosítja.
- ✓ *Hulladéktároló:* az atomerőműben keletkező, nem radioaktív hulladékok tárolására szolgál.
- ✓ *Óvóhelyek:* rendkívüli esetekben az üzemeltető és a veszélyelhárításban résztvevő személyzet védelmét látja el.
- ✓ *Védett vezetési pont (tartalékkal):* rendeltetése, hogy veszélyhelyzetek esetén a felszámolást irányító személyek munkavégzési feltételeit, valamint a baleset-elhárításban résztvevő személyzet védelmét biztosítsa.
- ✓ *Környezeti monitoring rendszerek:* magában foglalja a környezeti minták vételének és mérésének rendszerét.
- ✓ *Infrastruktúrák:* az erőműhöz vezető bekötő utak, vasúti sínek, az erőmű ivóvíz, szennyvíz igényeit kiszolgáló vezetékek, stb. tartoznak ide.
- ✓ *Fizikai védelem rendszerei:* portaépületek, beléptető-rendszerek, kerítés, stb.

## 4 NUKLEÁRIS BIZTONSÁG

**Új atomerőművi blokkok tervezése, építése és üzemeltetése során elsődleges, mindent megelőző szempont a nukleáris biztonság megteremtése.**

### 4.1 NUKLEÁRIS BIZTONSÁGI ALAPELVEK

A nukleáris biztonság az atomenergetika megítélésének kulcskérdése.

Az atomreaktorok három alapvető biztonsági feltételt kell teljesítsenek:

- I. Minden körülmény között biztosítani kell, hogy a reaktorban folyó nukleáris láncreakció rendellenesség bekövetkeztekor leálljon.
- II. Leállított láncreakció esetén is biztosítani kell a fűtőelemek tartós és biztonságos hűtését.
- III. Meg kell akadályozni, hogy a megengedettnél több radioaktív anyag kerüljön a környezetbe.

Az atomerőmű biztonságának megteremtését a mélységi védelem elvének alkalmazása szolgálja, ami az üzemi zavarok megelőzésére helyezi a hangsúlyt.

A mélységi védelem alapelveit és öt szintjének követelményeit a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség dolgozta ki. A nemzeti nukleáris biztonsági hatóságok igyekeznek ezeknek az elveknek saját szabályozásukban a lehető legnagyobb mértékben érvényt szerezni. A mélységi védelem alkalmazására minden létesítményben a sajátosságok figyelembe vételével kerül sor.

A mélységi védelem alapvető céljai:

- ❖ konzervatív tervezéssel a balesetek kialakulásának megelőzése,
- ❖ folyamatos monitorozással a normál üzemtől való eltérés megelőzése,
- ❖ normál üzemtől való eltérés esetén a súlyosbodás megakadályozása, a következmények enyhítése *beépített védelmi eszközökkel,*
- ❖ tervezési alapot meghaladó esemény megtörténte esetén legyenek megfelelő eszközök és meghatározott intézkedések a következmények csökkentésére.

*Az atomerőmű biztonságát tervezési megoldások, valamint üzemeltetési előírások komplex rendszere garantálja.*

A mélységi védelem öt, egymásra épülő szintbe rendezi a biztonsági vonatkozású eseményeket, berendezéseket és eljárásokat. Mindegyik szint alkalmazásának az a legfőbb célja, hogy megakadályozza a következő szint elérését.

Szint	Cél	Megvalósítás
I. szint	A normál üzemi állapottól való eltérés megakadályozása	Jó minőségű, konzervatív tervezés
II. szint	A nem normális állapot észlelése és a rendellenes működés megakadályozása	Ellenőrző és szabályozó rendszerek megfelelő működése
III. szint	A tervezés alapját képező üzemzavarok kezelése	Biztonsági rendszerek és eljárások
IV. szint	Súlyos balesetek kezelése, a súlyosság mérséklése, a lehetséges következmények enyhítése	Kiegészítő eszközök, mérések, intézkedések, balesetkezelési útmutatók
V. szint	A létesítményen kívüli radioaktív kibocsátás következményeinek enyhítése	Balesetelhárítási intézkedési tervek

4. táblázat: A mélységi védelem öt, egymásra épülő szintje

- Az I. szint a tervezésre vonatkozik, az erőművet konzervatívan, működési és biztonsági tartalékokkal kell megtervezni, olyan megoldásokat kell alkalmazni, amelyek az emberi hibák lehetőségét a legkisebbre korlátozzák (automatizálás, áttekinthető kezelés). Meg kell határozni mindazon külső eseményeket, amelyek mellett az atomerőmű működőképes marad (földrengés, extrém időjárás, stb.).
- A II. szint jellemzője, hogy legyenek meg azok az eszközök és eljárások, amelyekkel az erőművet a tervezett működési határokon belül lehet tartani, hogy a biztonsági korlátok átlépése ne történjen meg. Ide tartoznak az állandó mérések (nyomás, hőmérséklet, forgalom stb.), az időszakos tesztek és próbák, a karbantartások és az állapotellenőrzések.
- A III. szinthez tartoznak azok a rendszerek és intézkedések, amelyek a tervezés során feltételezett üzemzavarok (tervezési üzemzavarok) esetén a biztonsági funkciók teljesítését garantálják. A leggondosabb tervezés, kivitelezés és üzemeltetés mellett sem lehet kizárni a meghibásodások lehetőségét (pl. belső anyaghiba, természeti katasztrófa). Ez a láncreakció automatikus leállítását, a fűtőanyag hűtésének biztosítását, a radioaktív anyagok kibocsátásának megengedett szint alatt tartását jelenti és ezek kezelésére a biztonsági rendszereket fel kell készíteni.
- A IV. szint olyan, rendkívül kis valószínűségű eseményt tételez fel, amely meghaladja a tervezési üzemzavarokat. Ennél az eseménynél a biztonsági rendszerek már nem tudják teljes mértékben ellátni feladatukat, és előfordulhat zónaolvasás, illetve radioaktív anyagkibocsátás. A kis valószínűség ellenére a lehetséges következmények súlyossága indokolja, hogy az erőmű rendelkezzen olyan eszközökkel, amelyek az ilyen balesetek lefolyását késleltetik, következményeit mérséklik, és időt adnak egyéb intézkedésekre (pl. pótlólagos eszközök helyszínre szállítása, lakossági elzárkóztatás vagy kitelepítés).
- Az V. szint akkor lép érvénybe, ha már az első négy szint áthágása megtörtént. Ez jelentős mennyiségű radioaktív anyag környezetbe kerülését jelenti, amely már az erre a célra kidolgozott vészhelyzeti terveknek megfelelő hatóságai intézkedéseket von maga után.

## A TERVEZÉS ALAPELVEI

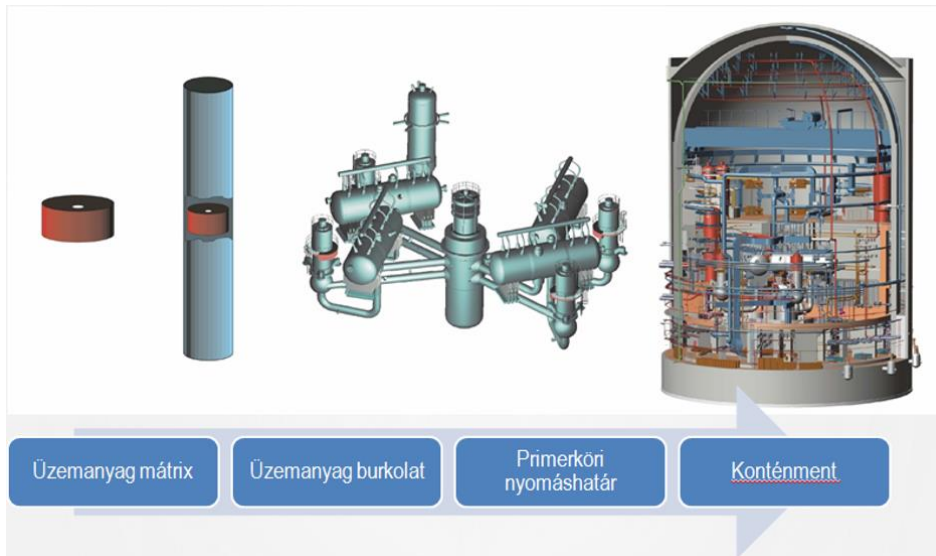
- ❖ Telephely-kiválasztás szempontjai
- ❖ Az üzemeltetés potenciális veszélyeinek felmérése
- ❖ A tervezési alap meghatározása, eseményeinek elemzése  
Alapvető követelmények:
  - Szubkritikus állapotba hozhatóság
  - Remanens hő elszállítása
  - Radioaktív kibocsátás határértékek alatt tartása
- ❖ A tervezésen túli üzemzavarok valószínűsége kicsi legyen
- ❖ A sugárterhelés ésszerűen elérhető legalacsonyabb szintű legyen



## MÉRNÖKI GÁTAK RENDSZERE

A radioaktív szennyezők környezetbe jutásának blokkolására, illetve csökkentésére szolgál a **mérnöki gátak rendszere**. Az egymást követő gátak a megelőző gátakon esetleg túljutó radioaktív anyagok továbbterjedésének megakadályozására szolgálnak. A négy fizikai gát:

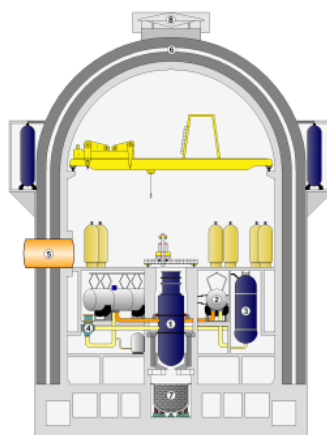
1. az üzemanyag-mátrix (UO<sub>2</sub>),
2. az üzemanyag-burkolat (a fűtőelem légmentesen záró burkolata),
3. a primer kör nyomáshatára (a reaktortartály és egyéb primerkörü rendszerek),
4. a biztonsági védőköpeny, az ún. konténment (hermetikusan záró, általában kettősfalú).



8. ábra: Mérnöki gátak atomerőművi blokkoknál [7]

## KETTŐSFALÚ KONTÉNMENT

A mélységi védelem kiemelten fontos része a konténment, mivel ez az utolsó gát az atomerőmű belső terében lévő radioaktív anyagok és a környezet között.



9. ábra: Kettősfalú konténment metszete [7]

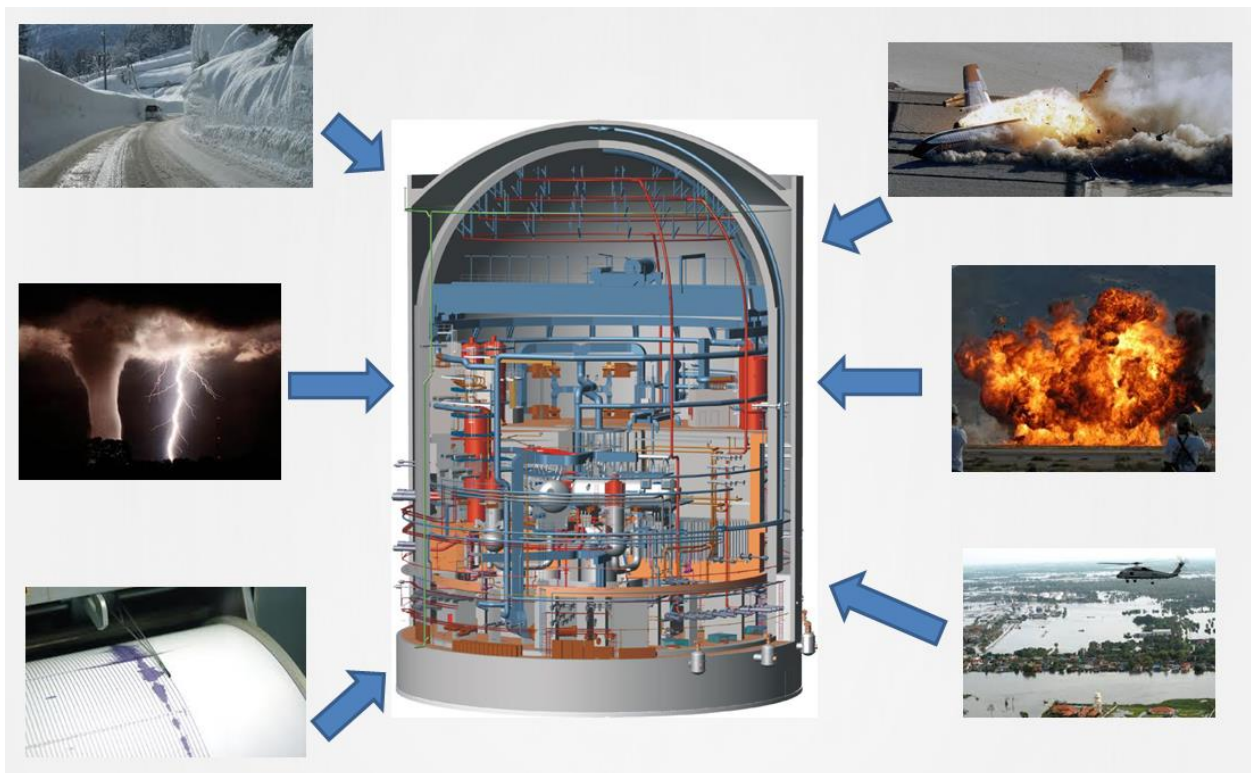
A reaktorban lévő fűtőanyag tartós és biztonságos hűtését minden körülmény között biztosítani kell. Egy esetleges csőtörés esetén a hűtésről az üzemzavari hűtőrendszer gondoskodik, passzív vagy aktív módon. Nyomás csökkenése esetén egy passzív hűtőrendszer juttat vizet a reaktorba, ami a szivattyúk indulásáig biztosítja a hűtést. Az aktív üzemzavari hűtőrendszer egy nagynyomású és egy kisnyomású részből áll, az elgőzölgő víz pótlására számos nagy térfogatú tartályban tárolnak tartalék hűtővizet.

A legtöbb biztonsági rendszer működéséhez villamos energiára van szükség. Ezeknek a rendszereknek áramkimaradás idején is működőképesnek kell maradniuk. Erre szolgálnak az üzemzavari dízelgenerátorok, amelyek szükség esetén automatikusan elindulnak és az atomerőművi biztonság szempontjából fontos fogyasztók számára biztosítanak folyamatos áramellátást.

A súlyos balesetek során esetleg megolvadt zóna kezelésére az egyik elterjedt konstrukció a „zónaolvadék csapda” alkalmazása, amikor a reaktortartály alatti beton átolvadását úgy akadályozzák meg, hogy az olvadék szétterülését elősegítő helyiségeket alakítanak ki az akna alján, vagy olyan anyagokat helyeznek el a tartály alatt, amelyek nem hatol át a zónaolvadék.

A konténment megerősítése, a szerkezet integritásának hosszú távú fenntartása kiemelt fontosságú. A konténment épségét védik a hipotetikus súlyos baleseti folyamatok során keletkező – a konténment levegőjével elkeveredve bizonyos koncentráció elérésekor robbanóképes – hidrogéngáz kezelésére alkalmazott eljárások is. A passzív eljárásban katalitikus rekombinátorokkal folyamatosan vízgőzzé alakítják a légtérbe jutó hidrogént, az aktív eljárásban pedig „hidrogényújtókat” alkalmaznak, melyek a konténmentben felgyülemllett hidrogéngázt még jóval a veszélyes koncentráció elérése előtt szándékosan begyűjtik, ezzel biztosítva, hogy az sehol ne érje el a robbanásveszélyes koncentrációt.

A mai előírások a legtöbb országban megkövetelik, hogy a konténment ellenálljon egy nagy utasszállító repülőgép becsapódásának is.



10. ábra: A külső konténment védelmet ad a külső hatásokkal szemben [7]

Az atomerőmű biztonságának legfontosabb garanciája az ún. **belső biztonság**. A reaktorban bizonyos baleseti szituációkban olyan belső fizikai, hőtechnikai folyamatok és gátak működnek, amelyek fékezik, végül leállítják a kedvezőtlen irányú változásokat. E belső biztonság **a biztonsági, védelmi eszközök üzemképességétől függetlenül mindig érvényesül**. A reaktor eme tulajdonsága típusjellemző. Ebbe a típusba tartoznak a világon ma leginkább elterjedt nyomottvizes reaktorok. Ilyen típusúak a Paksi Atomerőmű VVER-440 típusjelű reaktorai is. (A volt Szovjetunióban kifejlesztett és épített másik típus, az RBMK típus, nem rendelkezik a belső (inherens) biztonság valamennyi feltételével. Ebbe a típusba tartoznak a csernobili atomerőmű reaktorai is, ahol 1986. április 26-án baleset következett be. Bizonyítást nyert, hogy e baleset egyik alapvető oka volt a belső (inherens) biztonság hiánya. Ezért mondhatjuk, hogy a csernobili atomerőmű katasztrófájából nem lehet következtetni a többi reaktortípus biztonságának a hiányára. Az inherens biztonság hiánya miatt a csernobilihez hasonló típusú reaktorok üzemeltetését biztonsági okokból kifolyólag a világon szinte mindenhol megszüntették.)

Az atomerőmű baleset elleni biztonságának másik fontos garanciája az ún. **külső biztonsági eszközök** alkalmazása, amelyek a belső biztonság mellett védenek a különböző baleseti szituációk kialakulása, illetve továbbfejlődése ellen. E külső biztonsági eszközökön belül egyre nagyobb szerepet kapnak az ún. **passzív védelmi rendszerek**, amelyek külső energiabetáplálástól függetlenül működnek.

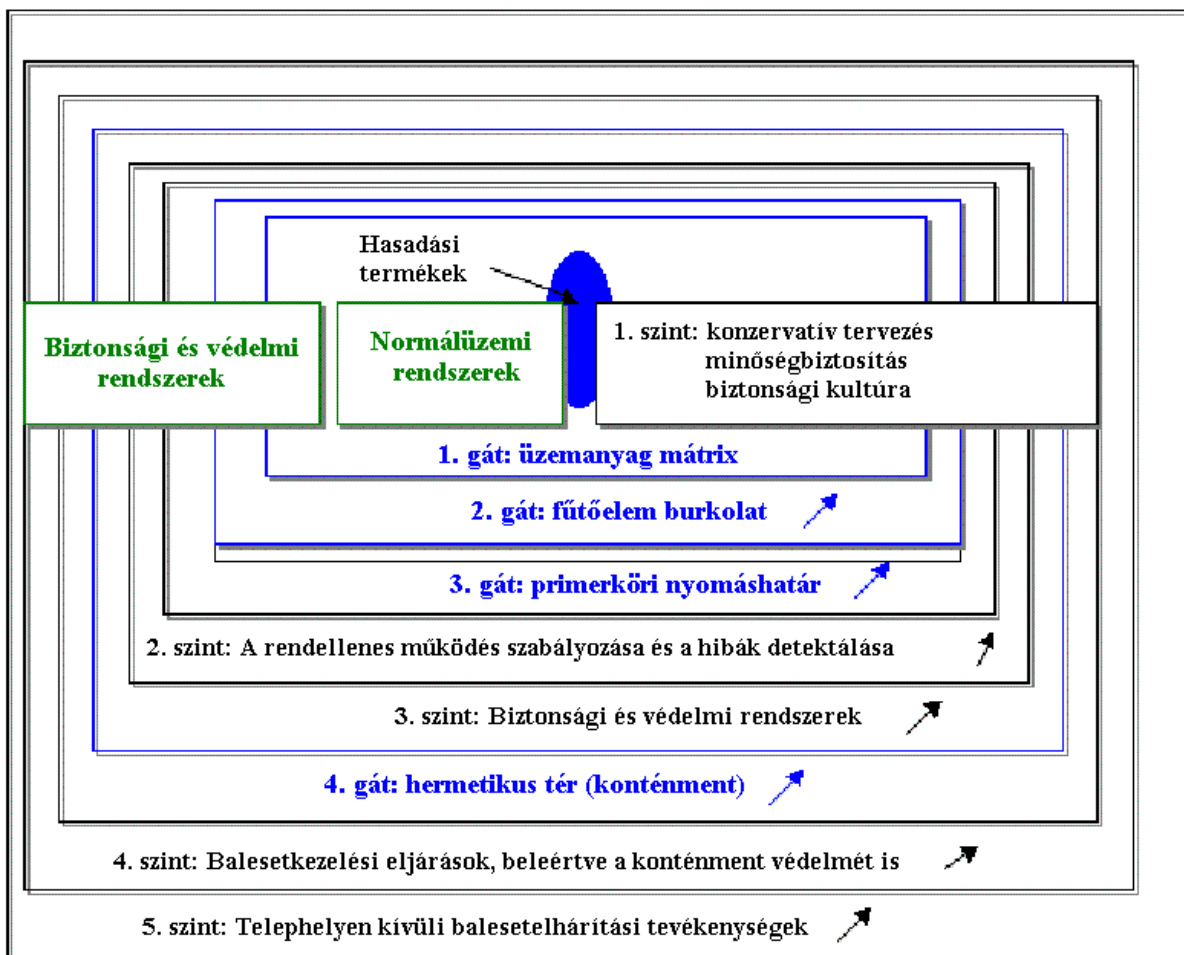
Az előzőek eredménye, hogy ma már olyan atomerőművek építhetők, amelyekben a környezetre is ható súlyos balesetek valószínűsége kisebb, mint  $10^{-6}$  /reaktorév<sup>2</sup>.

A potenciális veszélyesség realizálódásának valószínűségét olyan alacsonyan kell tartani, amennyire csak lehetséges, az ALARA (As Low as Reasonably Achievable) elv alapján az ésszerűen megvalósítható biztonságot kell garantálni.

A mélységi védelem alapvető célja, hogy a fizikai gátak integritását automatikus vagy kézi működtetésű biztonsági és védelmi rendszerek segítségével fenntartsa az épségüket veszélyeztető belső és külső események bekövetkezésekor.

### BIZTONSÁGI ÉS VÉDELMI RENDSZEREK HIERARCHIÁJA

A mélységi védelem új blokkokra érvényes öt szintjét, a négy fizikai gátat, továbbá az automatikus és kézi beavatkozások viszonyát illusztrálja az alábbi ábra.



11. ábra: A védelmi gátak, a mélységi védelmi szintek és a beavatkozások hierarchiája [8]

Az új blokkoknál már a tervezési alap részeként kezelnek olyan üzemzavarokat, amelyeket a mai reaktoroknál „tervezésen túli” kategóriába soroltak (ilyenek pl. a többszörös meghibásodások). Emiatt a ma üzemelő és az új reaktoroknál a „tervezésen túli üzemzavarok” osztály tartalma eltérő. A mai reaktoroknál a mélységi védelem a nukleáris

<sup>2</sup> Egy (db) reaktor egy éves üzeme felel meg egy reaktorévnek, vagyis a napjainkban üzemelő mintegy 440 db reaktor egy évnyi, egyidejű üzeme 440 reaktorévet jelent, egy naptári év alatt.

üzemanyaggal főleg azokban az üzemállapotokban foglalkozik, amikor az üzemanyag a reaktorban van. Az új blokkoknál a terjedelemben beletartozik a nukleáris üzemanyag összes lehetséges állapota (pl. azok a helyzetek is, amikor az üzemanyag-kazettákat a pihentető medencében tárolják).

A III<sup>+</sup> generációs típusok fejlesztése során az egyik fontos cél a hipotetikus súlyos balesetek megelőzése és a rendkívül kis valószínűséggel bekövetkező súlyos balesetek következményeinek csökkentése volt. Az alkalmazott tervezési és technológiai megoldások biztosítják, hogy még súlyos balesetek során se kerülhessenek radioaktív anyagok a környezetbe, így a III<sup>+</sup> generációs blokkok még súlyos balesetek bekövetkezése esetén sem gyakorolnak számottevő hatást a lakosságra és az erőmű környezetére.

## STRESSZTESZT

A japán fukushimai atomerőműben a földrengés és a példátlan erejű szökőár miatt bekövetkezett balesetet követően az Európai Tanács 2011 márciusában célzott biztonsági felülvizsgálatot kezdeményezett az Európai Unió valamennyi atomerőművében. A felülvizsgálat során értékelték az atomerőművek biztonságát és a szélsőséges természeti hatásokkal - árvíz, földrengés, extrém időjárás - szembeni ellenálló képességét. A megadott szempontok szerint az atomerőművek üzemeltetői önértékelést hajtottak végre, amelyet benyújtottak saját országaik nukleáris biztonsági hatóságainak ellenőrzésre. A nemzeti hatóságok ország jelentéseket készítettek, amelyeket nemzetközi szakértői csoportok értékelték, több esetben helyszíni konzultációkat is folytatva.

Azon uniós tagállamok mellett, amelyekben működnek atomerőművek, a vizsgálatokban még részt vett Ukrajna és Svájc. A 17 országra kiterjedő ellenőrzés végül azzal a következtetéssel zárult, hogy az európai atomerőművek megfelelő biztonsági tartalékokkal rendelkeznek, nem találtak olyan hiányosságot egyetlen atomerőműben sem, amely alapján azt kellett volna állítani. Az Európai Bizottság jelentése ugyanakkor számos ajánlást is megfogalmazott a biztonságnövelés terén, amelyek végrehajtására a tagállamok programokat dolgoznak ki.

A Paksi Atomerőműre vonatkozóan az Európai Unió célzott biztonsági felülvizsgálata egyértelműen pozitív eredménnyel zárult. Számos területen emelt ki a jelentés követésre érdemes jó gyakorlatot. Kritikus vagy kiemelendő hiányosságot nem tártak fel, és az ajánlások egy része már folyamatban lévő fejlesztésekre vonatkozott.

A Paksi Atomerőmű a stresszteszt ajánlásai alapján biztonságnövelő programot dolgozott ki, amelynek végrehajtásáról időszakos beszámoló készül. Hasonló programokat hajtanak végre az EU többi atomerőművében, s a beszámolókat a tervek szerint EU-szinten összesítik és értékelik majd. [9], [10], [11]

## BIZTONSÁGI ELEMZÉSEK

A nukleáris biztonsági engedélyeztetés szempontjából alapvető jelentősége van a *determinisztikus és valószínűségi* módszereket is alkalmazó **biztonsági elemzéseknek** és az ezek alapján készített **biztonsági jelentésnek**.

Egy atomerőművi üzemzavar legsúlyosabb következménye a környezet radioaktív anyaggal való elszennyeződése, ami leginkább az aktív zóna jelentős károsodása – esetleg megolvadása – nyomán következhet be, ha a szennyeződéseket a konténment nem tartja vissza. Ezért a **valószínűségi biztonsági elemzések** (*Probabilistic Safety Analysis – PSA*): mindenekelőtt a **zónasérülés** valószínűségét elemzik. Ehhez a determinisztikus elemzések segítségével végig kell vizsgálni az összes olyan elképzelhető eseményláncot, amelyek zónasérüléshez vezethetnek, és egyenként ki kell számítani azok valószínűségét. Ezek összege jellemzi az atomerőmű biztonságát. Ez az analízis egyben felfedi az atomerőmű biztonság szempontjából gyenge pontjait is. Ezek eredményeként szülehetnek meg a biztonságot javító eszközök és berendezések. A biztonsági elemzéseknek több szintje van.

A valószínűségi biztonsági elemzések célja az 1. szintű (zónasérüléssel járó) és a 2. szintű (nagy radioaktív kibocsátással járó) események várható gyakoriságának számítása.

## 4.2 NUKLEÁRIS BIZTONSÁGI KÖVETELMÉNYEK

Az 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról (2014.VII.16-án hatályos állapot) 2. §

*”29. nukleáris biztonság: „megfelelő üzemeltetési feltételek megvalósítása, balesetek megelőzése, illetve a balesetek következményeinek enyhítése a nukleáris létesítmény élelciklusának valamennyi fázisában, amelyek eredményeként megvalósul a munkavállalóknak és a lakosságnak a nukleáris létesítmények ionizáló sugárzásából származó veszélyekkel szembeni védelme.”*

Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény rögzíti az atomenergia békés célú alkalmazásának általános követelményeit, meghatározza az atomenergia alkalmazásában résztvevők jogosultságait és kötelezettségeit. A végrehajtására vonatkozó jogszabályok a nukleáris biztonsággal kapcsolatos kérdéseket, a nukleáris biztonsági engedélyezést az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) hatáskörébe utalják.

Az atomerőművi technológia létesítésének engedélyeztetése során kiemelt figyelmet kap annak vizsgálata, hogy a létesítendő atomerőmű megfelel-e a nukleáris biztonsági előírásoknak.

Az atomerőműveket úgy tervezik, a technikai berendezéseket és a biztonsági rendszereket úgy alakítják ki, hogy még baleset bekövetkezése esetén is a lehető legnagyobb mértékben garantálható legyen az erőmű környezetének biztonsága. A biztonságos üzemelés folyamatos felülvizsgálata és a biztonság növelését szolgáló intézkedések kidolgozása alapvető követelmény az üzemeltetők felé. A felügyeletet gyakorló hatóság csak akkor engedélyezi egy reaktor elindítását, üzemét, vagy a reaktor különböző berendezésein végrehajtandó műveleteket, ha bizonyított, hogy a reaktorok biztonságos üzeme garantálható.

A telephely földtani és nukleáris biztonsági szempontú megfelelőségét az OAH által a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 118/2011. (VII.11.) Kormányrendelet mellékleteit képező Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (NBSz) alapján lefolytatandó telephely engedélyezési eljárásban kell igazolni.

Az OAH a telephely alkalmasságát, a telephellyel összefüggő földtani alapadatok megfelelőségét igen részletes vizsgálatok eredményeinek ismeretében ítéli meg. A telephelyvizsgálat programjának kidolgozása a legújabb nemzetközi elvárások (post-fukushima) figyelembe vételével történt. A telephelyvizsgálat programját független felülvizsgálat keretében a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) szakértői értékelték.

A paksi telephelyen létesítendő blokkoknak a hatályos jogszabálynak (NBSz) megfelelően nagy, civil repülőgép becsapódása ellen védettnek kell lenniük. A blokkok berendezéseire és épületeire nagyon szigorú minőségirányítási kritériumok vonatkoznak. A blokkok szállítója a European Utility Requirements (EUR) követelmény teljesítését vállalta, így a létesítés során olyan építészeti és egyéb műszaki megoldásokat alkalmaz, amelyek biztosítják a létesítmény védelmét repülőgép rázuhanás esetén is.

Az atomerőmű nukleáris biztonságot befolyásoló (ABOS besorolású) építményeire, épületszerkezeteire, rendszereire és rendszerlemeire építmény-, illetve rendszerszintű engedélyeket kell beszerezni.

A Magyarországon telepítendő nukleáris létesítmények biztonsági követelményeit alapvetően a magyarországi jogszabályok határozzák meg. Mindazonáltal a releváns nemzetközi biztonsági előírások, a NAÜ biztonsági előírásai, az amerikai ASME szabványsorozat, valamint az EUR ajánlások figyelembe vétele is ajánlott, annak érdekében, hogy az egyes országokban létesülő, eltérő típusú reaktorok nukleáris biztonsági megfelelősége azonos szintű legyen.

A megépítendő blokk típussal szemben elvárt követelmény, hogy a létesítést megelőzően lefolytatott engedélyeztetési eljárás során igazolni kell, hogy a blokk típus különböző tervezési üzemzavarok esetére érvényes kibocsátási ajánlásai megfelelnek az engedélyeztetéskor aktuálisan érvényben levő hazai és nemzetközi előírásoknak.

## MAGYARORSZÁGI SZABÁLYOZÁS – NUKLEÁRIS BIZTONSÁGI SZABÁLYZATOK (NBSz)

A hazai besorolás, az **NBSz** (118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet 10. melléklet, 163. Üzemállapot) az alábbiak szerint definiálja az új atomerőművi blokkok egyes üzemállapotait.

Tervezési alap (TA)				Tervezési alap kiterjesztése (TAK)	
Normál üzemi állapot	Tervezési alapba tartozó események			Tervezési alapot meghaladó események	
Normál üzem	Várható üzemi események	Tervezési üzemzavarok		Tervezésen túli üzemzavarok	Súlyos balesetek
		Kis gyakoriságú tervezési üzemzavarok	Nagyon kis gyakoriságú tervezési üzemzavarok		
<b>TA1</b>	<b>TA2</b>	<b>TA3</b>	<b>TA4</b>	<b>TAK1</b>	<b>TAK2</b>
<b>Gyakoriság</b> (f [1/év])					
1	$1 > f > 10^{-2}$	$10^{-2} > f \geq 10^{-4}$	$10^{-4} > f \geq 10^{-6}$		

5. táblázat: Az egyes üzemállapotok megnevezése és gyakoriság szerinti besorolása, új blokkokra

### NORMÁL ÜZEM

#### 121. Normál üzem (TA1)

"A nukleáris létesítménynek a nukleáris biztonsági hatóság által jóváhagyott Üzemeltetési Feltételek és Korlátok betartása melletti **üzemeltetése**, beleértve atomreaktor és atomerőmű esetén a **terhelésváltoztatást**, a **leállást**, az **indítást**, a **fűtőelemcserét**, a **karbantartást**, a **próbákat** és **egyéb tervezett műveleteket**."

### TERVEZÉSI ALAPBA TARTOZÓ ESEMÉNYEK

#### 179. Várható üzemi esemény (TA2)

"A tervezési alapon feltételezett kezdeti esemény által kiváltott és az egyszeres meghibásodás elve szerint elemzett, továbbá ezen elemzések által lefedett olyan folyamat, amely jelentős eséllyel megvalósul az atomerőmű üzemideje során."

#### 159. Tervezési üzemzavar (TA3 és TA4)

"A tervezési alapon feltételezett kezdeti esemény által kiváltott és az egyszeres meghibásodás elve szerint elemzett, valamint ezen elemzések által lefedett az atomerőmű üzemideje során csekély valószínűséggel előforduló folyamat, amely csak a tervekben meghatározott jellegű és mértékű fűtőelem károsodást eredményez."

### TERVEZÉSI ALAPOT MEGHALADÓ ESEMÉNYEK

#### 155. Tervezésen túli üzemzavar (TAK1)

A várható üzemi események és a tervezési üzemzavarok körén kívül eső folyamat, amely nem zárható ki ugyan, de több, egymástól független hiba következményeként állhat csak elő, és amely a tervezési alapba tartozó folyamatoknál súlyosabb következményekkel járhat, olvadással nem járó zónasérülést okozhat.

#### 145. Súlyos baleset (TAK2)

A reaktorzóna jelentős károsodásával, zónaolvadással együtt járó, a tervezési üzemzavaroknál, valamint a tervezésen túli üzemzavaroknál súlyosabb külső hatásokkal járó baleseti állapot.

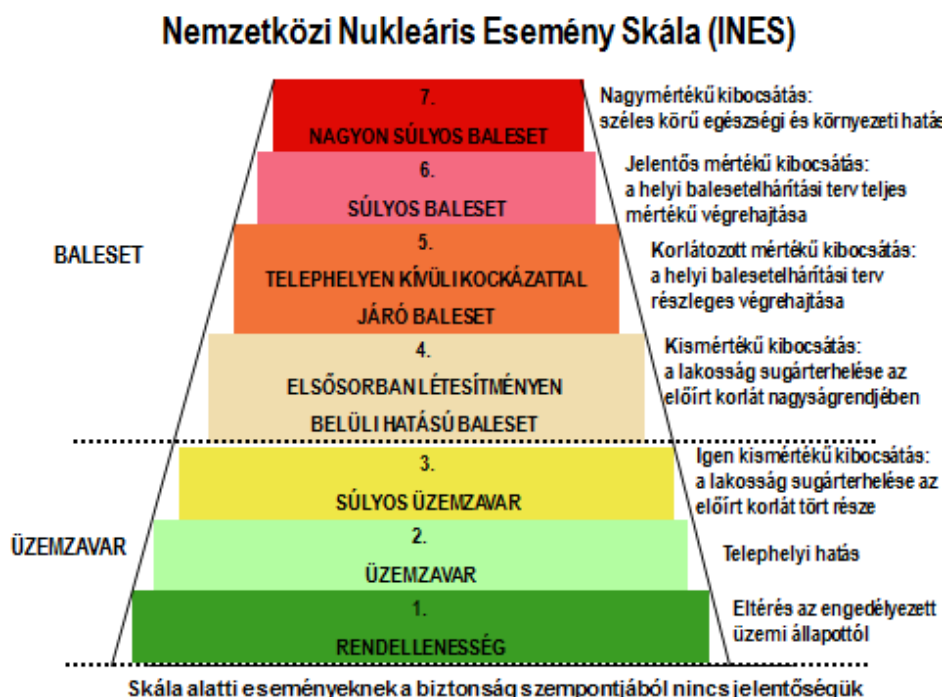
### 4.3 NEMZETKÖZI NUKLEÁRIS ESEMÉNYSKÁLA

A nukleáris eseményekkel kapcsolatos tájékoztatás elősegítésére, a lakosság, a társadalmi, politikai szervezetek, a média megfelelő szintű informálására, tájékoztatására a Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet (OECD) Nukleáris Energia Ügynöksége (NEA), valamint a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) kidolgozta a nukleáris események besorolására szolgáló Nemzetközi Nukleáris és Radiológiai Esemény Skálát (INES).

Az INES skála célja, hogy összehasonlítható módon lehessen a lakosságot értesíteni, illetve tájékoztatni az atomerőművekben vagy más nukleáris létesítményekben bekövetkező események, üzemzavarok és balesetek minőségéről, biztonsági jelentőségéről.

Az INES skála az eseményeket egy hét fokozatból álló skála egyes szintjei szerint sorolja be, az üzemzavaroknál három, a balesetknél pedig négy szintet különböztet meg.

A Nemzetközi Nukleáris és Radiológiai Esemény Skálát az alábbi ábra mutatja.



12. ábra: Nemzetközi Nukleáris és Radiológiai Esemény Skála (INES)

A normál üzemi állapottól eltérő eseményeket az INES-skála 1-7. szintje jelöli, az üzemzavaroknál három, a balesetknél pedig négy szintet különböztet meg.

Az 1986-ban, a csemobili atomerőműben bekövetkezett baleset az INES skálán 7-es szintű esemény. A balesetnek kiterjedt egészségügyi és környezeti hatásai voltak. Az INES minősítési kritériumok kialakításakor az egyik legfontosabb megfontolás az volt, hogy a kevésbé súlyos és kevésbé kiterjedt hatásokkal járó eseményeket világosan meg lehessen különböztetni ettől a nagyon súlyos balesettől. Így az 1979-ben, a Three Mile Island (TMI) atomerőműben bekövetkezett balesetet INES 5-ös szintre minősítették.

A skála bármely szintjéhez tartozó eseményt jelenteni kell az Országos Atomenergia Hivatalnak (OAH) és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) bécsi központjának, valamint más, a helyi és nemzetközi egyezmények által megjelölt szervezeteknek, az egyes fokozatokra előírt időtartamon belül.

Az egyes események besorolását hazánkban a Paksi Atomerőmű operatív műszaki személyzete végzi az OAH 1.48. sz. útmutatójának megfelelően, illetve a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (NBSZ) alapján, amelyet egyeztet az OAH-val. A skálán belüli eseményekről a Paksi Atomerőmű Tájékoztató és Látogató Központja rövid, közérthető közleményt fogalmaz meg, amelyet eljuttat a Magyar Távirati Irodának.

A 6. táblázat mutatja a Nukleáris események minősítésének általános kritériumait, a 7. táblázat pedig a nukleáris létesítmények eseményeinek minősítésére alkalmazott INES kritériumokat illusztráló példákat jelenít meg.

Leírás és INES szint	Emberek és környezet	Létesítményi mérnöki gátak és sugárvédelmi korlátok	Mélységben tagolt védelem
<b>Nagyon súlyos baleset INES 7</b>	Radioaktív anyag kiterjedt egészségügyi és környezeti hatásokkal járó jelentős kibocsátása, amely szükségessé teszi tervezett és kiterjedt óvintézkedések bevezetését.		
<b>Súlyos baleset INES 6</b>	Radioaktív anyag jelentős kibocsátása, ami valószínűleg szükségessé teszi a tervezett óvintézkedések bevezetését.		
<b>Kiterjedtebb következményekkel járó baleset INES 5</b>	Radioaktív anyag korlátozott kibocsátása, ami valószínűleg szükségessé teszi egyes tervezett óvintézkedések bevezetését.  Számos sugárzás miatti haláleset.	Reaktor zóna súlyos sérülése. Nagy mennyiségű radioaktív anyag kibocsátása a létesítményen belül, amely a lakosság (egy vagy több tagjának) besugárzásával járhat. Ilyen esemény következhet be jelentős kritikussági baleset vagy tűz esetén.	
<b>Helyi következményekkel járó baleset INES 4</b>	Radioaktív anyag kismértékű kibocsátása, ami valószínűleg nem teszi szükségessé a helyi élelmiszerkorlátozásokon túli óvintézkedések bevezetését. Legalább egy haláleset a sugárzás miatt.	A zóna leltár több mint 0,1%-ának kibocsátásával járó üzemanyag-olvadás vagy üzemanyag-sérülés. Jelentősebb mennyiségű radioaktív anyag kibocsátása a létesítményen belül, amely a lakosság (egy vagy több tagjának) besugárzásával járhat.	
<b>Súlyos üzemzavar INES 3</b>	A munkavállalókra vonatkozó hatósági éves dóziskorlát tízszeresét meghaladó besugárzás. A sugárzás nem halálos determinisztikus egészségügyi hatást (pl. égések) válthat ki.	1 Sv/h-nál nagyobb dózisteljesítmény üzemi területen belül. Olyan terület jelentős mértékű elszennyeződése, amellyel a tervezés során nem számoltak, és amely kis valószínűséggel okozza a lakosság többlet sugárterhelését.	Majdnem-baleset egy atomerőműben, a biztonsági szint jelentősen lecsökkent. Elveszett vagy ellopt nagyaktivitású zárt sugárforrás. Nagyaktivitású zárt sugárforrás téves helyre szállítása, ahol nincs megfelelő sugárvédelmi belső szabályozás a sugárforrás kezelésére.
<b>Üzemzavar INES 2</b>	A lakosság egy tagjának 10 mSv feletti besugárzása.  Egy munkavállaló besugárzása a hatósági éves dóziskorlátok felett.	Egy üzemi területen a sugárzási szint több mint 50 mSv/h. Olyan létesítményen belüli terület jelentős szennyeződése, amellyel a tervezés során nem számoltak.	A biztonsági szintek jelentős sérülése tényleges következmények nélkül. Nagy aktivitású, zárt, gazdátlan sugárforrás vagy eszköz megtalálása; a biztonságot szavatoló megoldások sértetlenek. Nagy aktivitású, zárt sugárforrás nem megfelelő csomagolása.
<b>Rendellenesség INES 1</b>			A lakosság egy tagjának a hatósági dóziskorlátok feletti besugárzása. Biztonsági rendszerelemek kisebb meghibásodása, de a mélységben tagolt védelem nagyrészt sértetlen. Alacsony aktivitású elveszett vagy ellopt sugárforrás, vagy eszköz.
<b>Nincs biztonsági jelentősége (Skála alatti/INES 0)</b>			

6. táblázat: Nukleáris események minősítésének általános kritériuma [12]



Leírás és INES szint	Emberek és környezet	Radiológiai gátak és sugárvédelmi korlátok	Mélységben tagolt védelem
<b>Nagyon súlyos baleset 7. szint</b>	Csernobil, 1986. Kiterjedt egészségügyi és környezeti hatások. A zónaleltár jelentős részének környezeti kibocsátása.		
<b>Súlyos baleset 6. szint</b>	Kysthym, Oroszország, 1957. Radioaktív anyagok jelentős kibocsátása a környezetbe egy nagy aktivitású hulladék tartály felrobbanását követően.		
<b>Kiterjedtebb következményekkel járó baleset 5. szint</b>	Windscale Pile, UK, 1957. Radioaktív anyag kibocsátása a környezetbe a reaktor zóna kigyulladását követően.	Three Mile Island, USA, 1979. Reaktorzóna súlyos károsodása.	
<b>Helyi következményekkel járó baleset 4. szint</b>	Tokaimura, Japán, 1999. Munkavállalók halálos besugárzása a nukleáris létesítményben bekövetkezett kritikussági esemény után.	Saint Laurent des Eaux, Franciaország, 1980. A reaktor egyik fűtőelem csatornájának megolvadása, telephelyen kívüli kibocsátás nélkül.	
<b>Súlyos üzemzavar 3. szint</b>	Nem volt rá példa.	Sellafield, US, 2005. Nagy mennyiségű radioaktív anyag kikerülése és létesítményen belül tartása.	Vandellos, Spanyolország, 1989. Tűz miatti majdnem baleset, amely a biztonsági rendszer elvesztését okozta az atomerőműben.
<b>Üzemzavar 2. szint</b>	Atucha, Argentína, 2005. Egy dolgozó éves dóziskorlátán felüli besugárzása egy energetikai reaktorban.	Cadarache, Franciaország, 1993. Radioaktív szennyeződés ennek kezelésére nem tervezett területre jutása.	Forsmark, Svédország, 2006. Leromlott biztonsági funkciók, az üzemzavari áramellátó rendszer közös okú meghibásodásával az atomerőműben.
<b>Rendellenesség 1. szint</b>			Üzemeltetési korlátok sérülése egy nukleáris létesítményben.

7. táblázat: Nukleáris létesítmények eseményeinek minősítésére alkalmazott INES kritériumokat illusztráló példák [12]

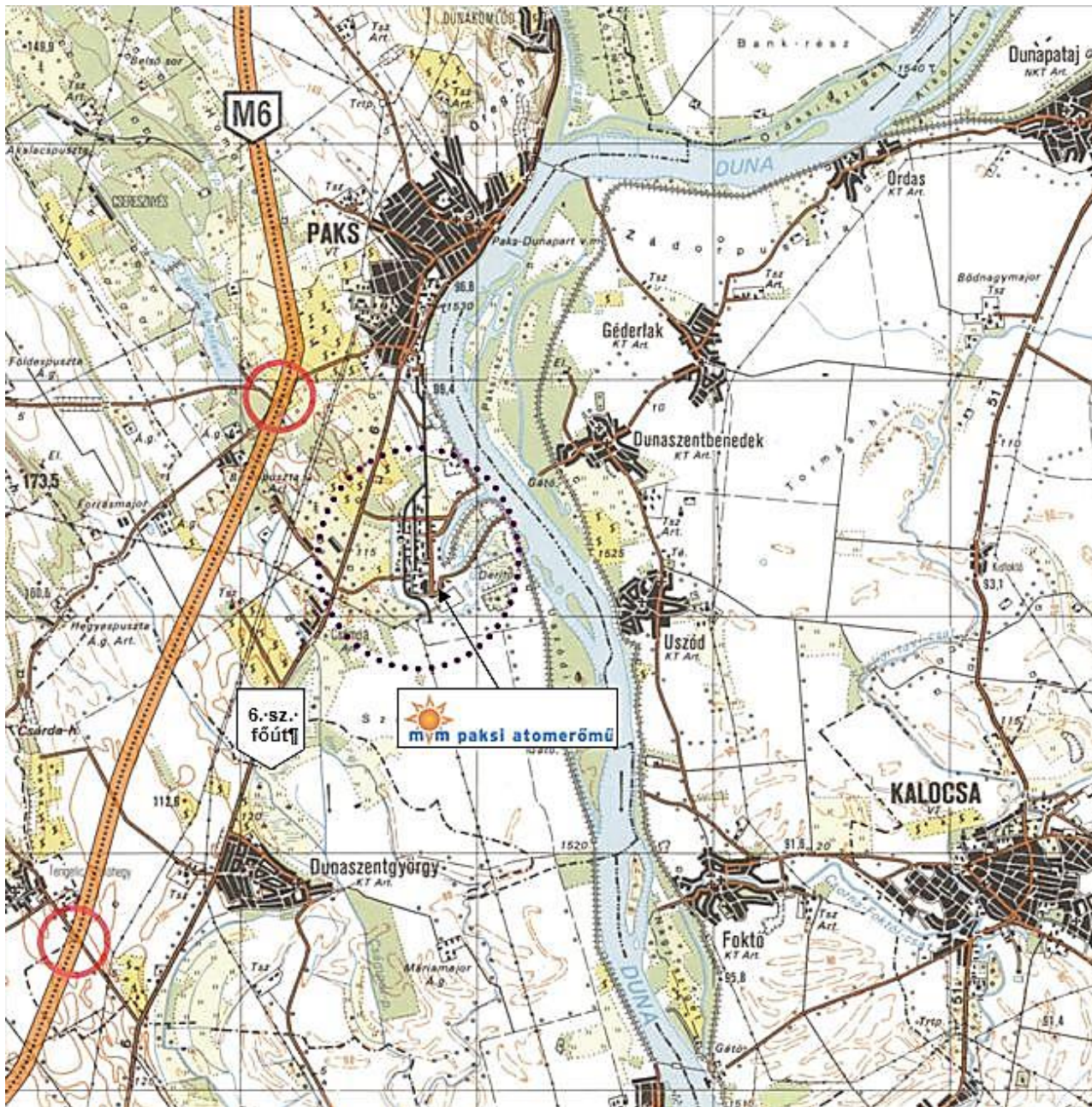
A fenti két táblázat nem tartalmazza a 2003. április 10-én, a Paksi Atomerőmű 2-es blokkjában történt, 3 szintű súlyos üzemzavar, valamint a 2011. március 11-én, a japán Fukushima Dai-ichi Atomerőmű 1., 2. és 3. blokkjában történtek során létrejött, 7. szintű, nagyon súlyos baleset fokozatú eseményeket.

## 5 A TERVEZETT TELEPÍTÉSI TERÜLET JELLEMZÉSE

Új atomerőműi blokkok, Paks II. tervezett telepítési területe a Paksi Atomerőmű telephelyén belül található.

A Paksi Atomerőmű telephelye Tolna megyében, Budapesttől déli irányban 118 km-re helyezkedik el.

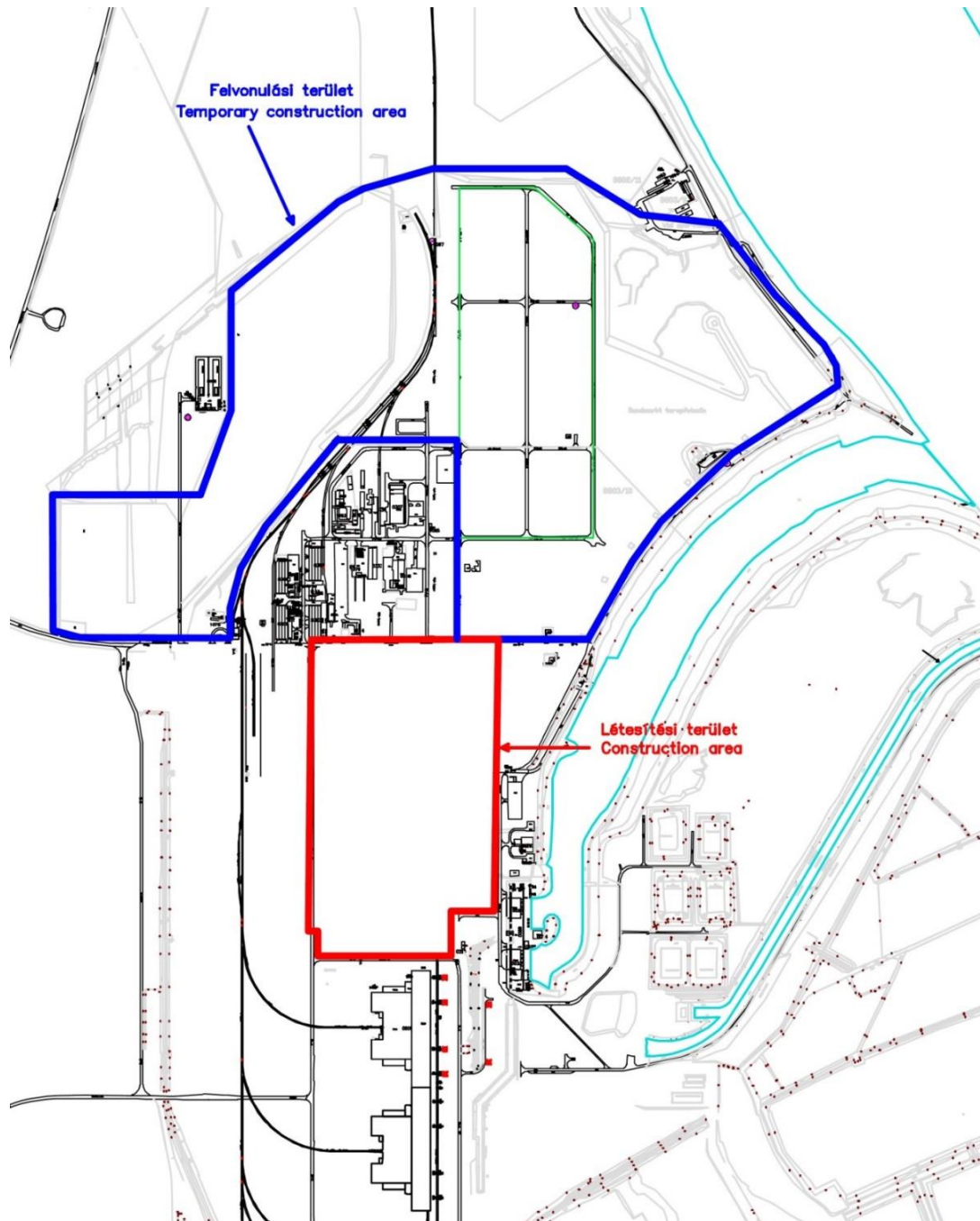
A telephely Paks város középpontjától 5 km-re délre, a Dunától 1 km-re nyugatra és a 6. számú főközlekedési úttól 1,5 km-re keletre helyezkedik el. A telephely és közvetlen környezetének helyzetét az alábbi ábra mutatja.



13. ábra: A paksi telephely átnézeti térképe [13]

## 5.1 PAKS II. TELEPÍTÉSI TERÜLETE A PAKSI ATOMERŐMŰ TELEPHELYÉN BELÜL

Az új atomerőműi blokkok elhelyezésére a Paksi Atomerőmű jelenlegi blokkjainak szomszédságában, az azoktól északra fekvő területek vehetők figyelembe. Az alábbi ábra által mutatott piros vonallal körbehatárolt terület az új blokkok üzemi területe, a kék vonallal szegélyezett terület pedig a felvonulási terület.



Jelmagyarázat  
Piros vonal: üzemi terület  
Kék vonal: felvonulási terület

14. ábra: A paksi telephely a tervezett új atomerőmű helyének megjelölésével

A teljes terület 105,8 ha, amelyből a mintegy 29,5 hektáros részt foglalnak majd el az üzemi létesítmények és 76,3 hektáros a felvonulási terület. Az üzemi területen kapnak helyet az erőművi blokkok, a kiszolgáló

segédberendezések, rendszerek és egyéb épületek, a felvonulási terület az építkezéshez biztosít megfelelő területet a kivitelezés fázisában.



15. ábra: A tervezett blokkok helye [14]

## 5.2 A TELEPÍTÉSI TERÜLET INFRASTRUKTURÁLIS KAPCSOLATAI

Forrás: Elemzés a paksi telephelyen létesítendő új atomerőmű blokkok Fővállalkozói Terjedelmen Kívüli Tételeiről, 2013, MVM ERBE Zrt.

A beruházás előkészítési fázisában kiemelt jelentőségű feladat a kijelölt fejlesztési terület megközelíthetőségének, ezen keresztül a nagytömegű berendezések beszállíthatóságának vizsgálata. Az új blokkok fejlesztésére kijelölt terület mind közúton, mind vasúti pályán, illetve vízi úton megközelíthető, ugyanakkor az infrastruktúra jelenlegi állapota nem, vagy csak korlátozottan teszi lehetővé a létesítési időszakhoz kötődő napi - jelentős számú - bejáráshoz szükséges forgalmat (ingázást), valamint a nagy tömegű berendezések beszállítását.

Az új atomerőmű felvonulási és üzemi területei **közúton** mind az M6-os autópálya (Paks déli lehajtó), mind pedig a 6-os számú főközlekedési útról megközelíthetők. Jelenleg az erőmű É-i, illetve D-i kapujához külön behajtó út áll rendelkezésre. A meglévő infrastruktúra fejlesztése szempontjából több változat került előzetes vizsgálatra:

- ❖ az egyik az M6-os autópálya lehajtójától új bekötőút kialakítása;
- ❖ a másik a környező települések (Tengelic, Kölesd, Nagydorog, Németkér, Bölcse), illetve a 6-os számú főközlekedési út közötti úthálózat felújítása (2 x 1 normál sávszélességűre);
- ❖ illetve a Gerjen település irányába található jelenlegi földút kiszélesítése, átalakítása.

A Gerjen - Paksi Atomerőmű útvonallal, valamint a Dunán esetlegesen kialakítandó komp/hajójáráttal Kalocsa és annak vonzáskörzete is bekapcsolható a létesítési időszakhoz tartozó építési munkálatokba.

**Vasút** tekintetében a jelenlegi nyomvonal az említett terület mellett halad el, Pusztaszabolcs irányába (Pusztaszabolcs-Dunaújváros-Paks, 79 km-hosszú, MÁV 42. számú egyvágányú, részben villamosított vasútvonala). Az eredeti vonalszakasz a Paksi Atomerőmű építéskor felújításra került, jelenleg 20 t tengelyterhelésű mozdonyok is közlekedhetnek rajta, ettől függetlenül a szakasz felújítása és / vagy új nyomvonal kiépítése szükséges.

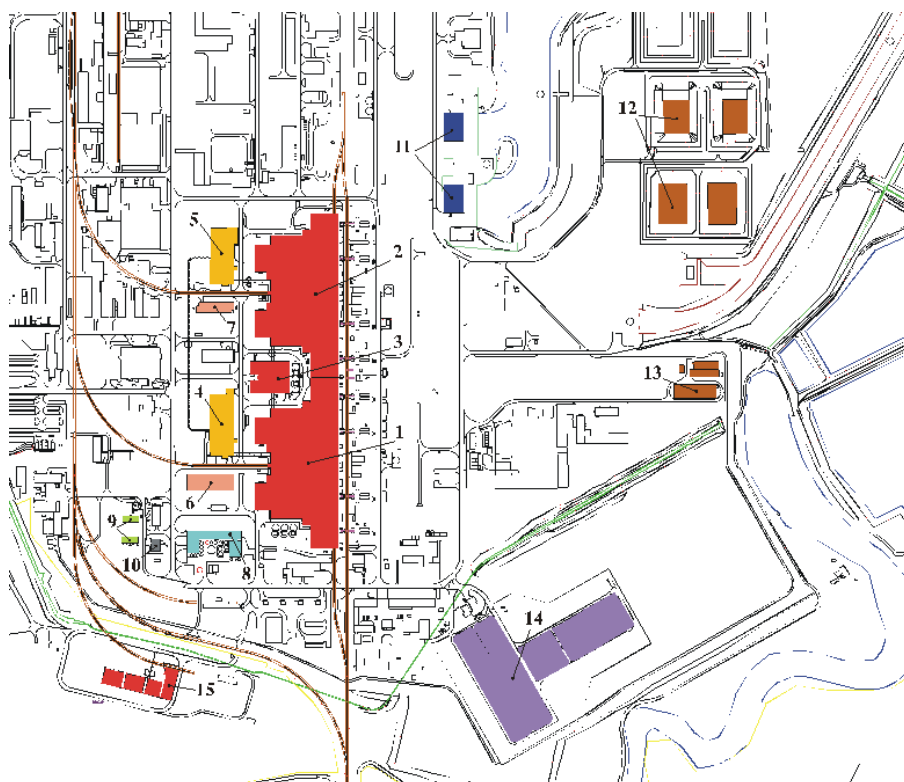
**Vízi megközelítés** tekintetében a Paksi Atomerőmű jelenleg is rendelkezik kikötővel, azonban ennek felújítása (bakdaru), esetleges kibővítése szükséges.

Az új atomerőmű felvonulási és üzemi területein a közvetlen **vízellátás és szennyvíz elhelyezés** jelenleg nem áll rendelkezésre, kiépítése szükséges.

### 5.3 A PAKSI ATOMERŐMŰ ÉS KAPCSOLÓDÓ LÉTESÍTMÉNYEI



16. ábra: A Paksi Atomerőmű ikerblokkjainak lát képe [13]



Jelmagyarázat:

1. I. Üzemi főépület
2. II. Üzemi főépület
3. Egészségügyi és laborépület
4. I. Segédépület
5. II. Segédépület
6. I. Dízelgépház
7. II. Dízelgépház
8. Vegyi vizelőkészítő
9. Hidrogén - Nitrogén tártálpark
10. Hidrogén üzem
11. I. - II. Vízkezelési művek
12. Zagyatározó medencék
13. Szennyvíztisztító telep
14. Transzformátor állomás
15. Kiegtt Kazetták Átmeneti Tárólója (KKÁT)

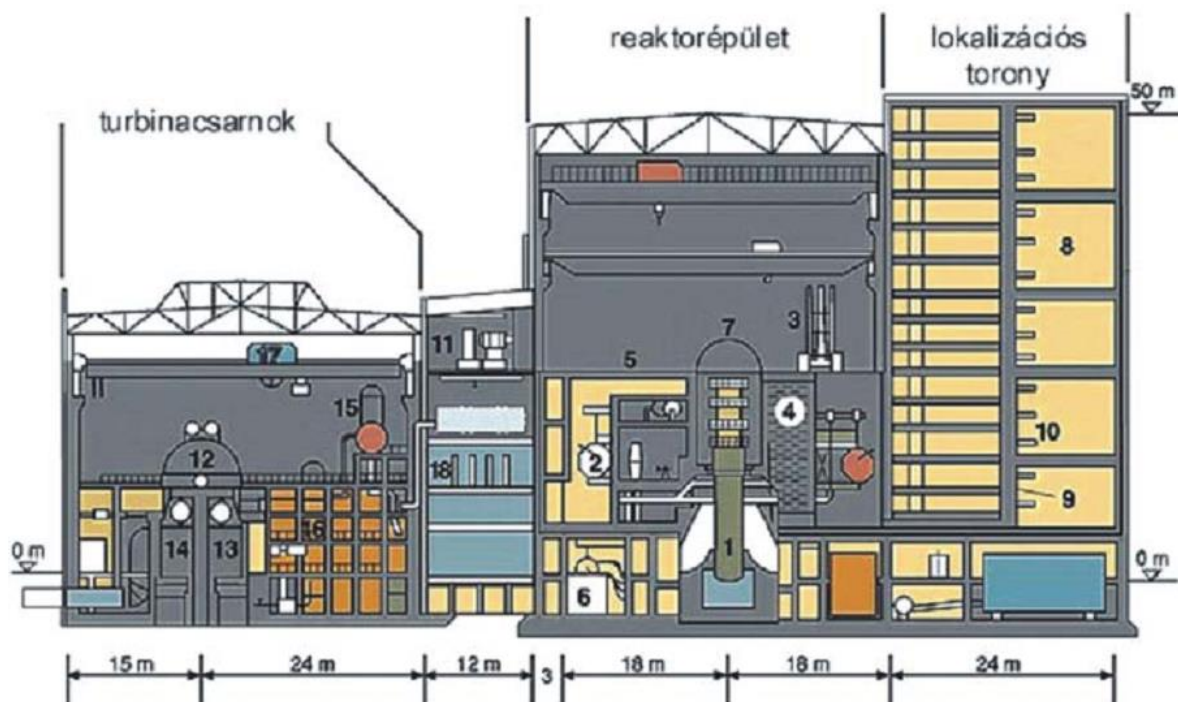
17. ábra: A Paksi Atomerőmű és kapcsolódó létesítményei a paksi telephelyen [15]

### 5.3.1 PAKSI ATOMERŐMŰ

A Paksi Atomerőmű a magyar villamosenergia-ellátás meghatározó szereplője, 4 blokkját 1982 és 1987 között, blokkonként 1 db, összesen 4 db nyomottvizes, vízhűtésű, víz moderátorú VVER-440 V-213 típusú reaktorral helyezték üzembe. A blokkok eredeti névleges villamos teljesítménye 440 MW<sub>e</sub> volt, ami a teljesítménynövelési programnak köszönhetően 500 MW<sub>e</sub>-ra nőtt, ezáltal a névleges villamos összteljesítmény 2 000 MW<sub>e</sub> lett. A blokkok egyenkénti hőteljesítménye 1 485 MW<sub>th</sub>, össz termikus teljesítménye 5 940 MW<sub>th</sub>.

A Paksi Atomerőmű alaperőműként, lehetőség szerint egyenletes terheléssel üzemel. 2013-ban 15 369,6 GWh villamosenergiát termelt, ami a hazai összes bruttó villamosenergia-termelés 50,7 %-át adta.

Az atomerőművi technológia primer- és szekunderkörre osztható. A primerkörben helyezkedik el a nukleáris technológia a fővízkörrel, a hozzá kapcsolódó legfontosabb primerköri rendszerekkel, valamint az egyéb segédrendszerekkel. A primerkör fő berendezése a függőleges elhelyezkedésű, hengeres reaktortartály, amelyben az aktív zóna található. A reaktor üzemanyaga 42 tonna urán-dioxid. A nyomottvizes atomreaktor moderátora és hűtőközege egyaránt könnyűvíz (H<sub>2</sub>O). A nagy nyomású, magas hőmérsékletű primerköri víz a gőzfejlesztő hőátadó csöveiben adja át a reaktorból elszállított hőenergiát a szekunderkörnek. A szekunderkörben történik a reaktorban megtermelt hő átalakítása mechanikai, majd villamosenergiává. A gőzfejlesztőkben a víz elgőzölög, majd a főgőz rendszeren keresztül a turbinákba jut. A turbinákból kilépő gőz a Duna vízzel hűtött kondenzátorok hőátadó felületein lecsapódik, majd visszajut a gőzfejlesztőkbe. A Paksi Atomerőmű a hűtővizet a Dunából vételezi, amit a felmelegedést követően a Dunába juttat vissza. A termelt villamos energiát a főtranszformátorok (blokkonként 2 db) 400 kV-os feszültségszintre transzformálják.



18. ábra: A Paksi Atomerőmű K-Ny irányú keresztmetszete [16]

#### A fűtőelemek kezelése és tárolása

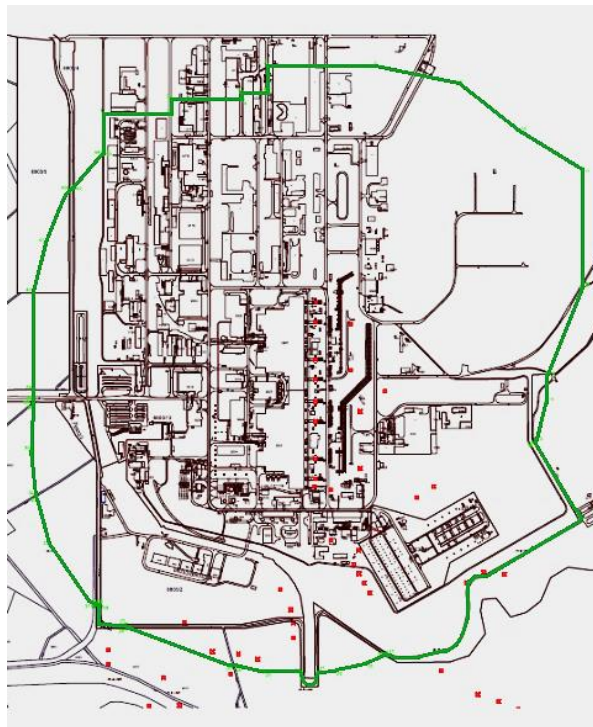
Az atomerőmű üzemanyagaként felhasznált - már besugárzott, illetve kiégett - fűtőelem kötegek, azaz a reaktorokban tovább már nem használható kazetták esetében a szubkritikus állapot fenntartása mellett egyrészt sugárvédelmi árnyékolást, másrészt a kazettákban keletkező maradványhő elvezetését is biztosítani kell, mind a kezelés, mind a tárolás során. Az erőmű üzemeltetése során keletkező kiégett fűtőelem kötegek reaktorból történt kirakása utáni, átmeneti tárolása a négy reaktor berendezés közvetlen szomszédságában lévő, önálló hűtőkörrel rendelkező pihentető medencékben történik.

A pihentető medencében történő 3-5 éves tárolást követően a kiégett fűtőelem kazettákat a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójába (KKÁT) szállítják, ezzel biztosítva a reaktorok folyamatos üzemeltetéséhez szükséges pihentető medence tároló kapacitást.

### A Paksi Atomerőmű biztonsági övezete

Az atomerőmű biztonsági övezetének minimális távolsága 500 m, amely távolságot az alábbi elemektől, illetve épület szerkezetektől kiindulva számítják:

- vízkivételi művek biztonsági hűtővíz szivattyúkat tartalmazó helyiségeinek falaitól,
- biztonsági hűtővíz vezetékek csatornáinak falaitól és maguktól a vezetékektől, ahol földre vannak fektetve,
- a turbinagépház falaitól,
- a sótalánvíz-szivattyúházak falaitól,
- a keresztirányú villamos galériák falaitól,
- a reaktorcsarnokok falaitól – beleértve a lokalizációs tornyok falait,
- a dízelgenerátorok földalatti üzemanyagtartályainak szélső pontjaitól,
- a dízelgépházak falaitól,
- a segédépületek falaitól, valamint
- a két segédépületet összekötő vasbeton csőhíd falaitól.



19. ábra: A Paksi Atomerőmű biztonsági övezete [15]

### 5.3.2 400 KV-OS ALÁLLOMÁS

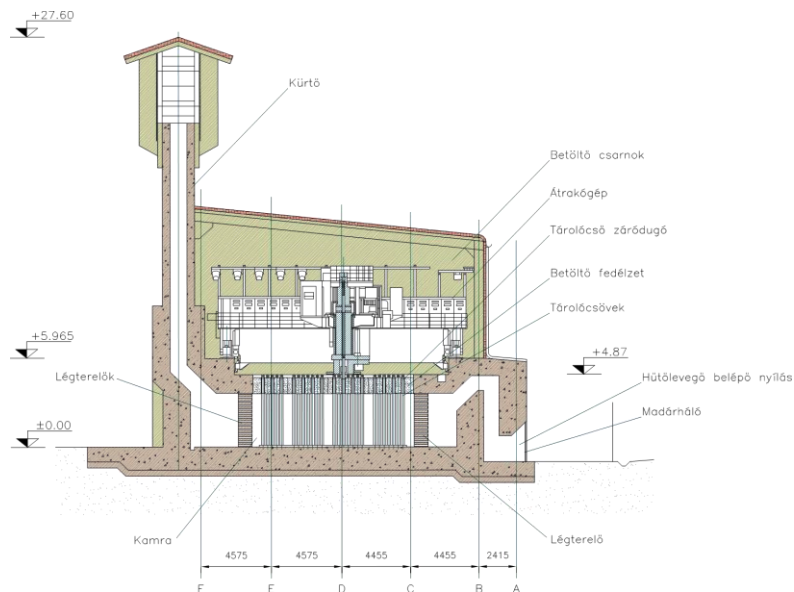
A Paksi Atomerőmű turbógenerátoraiban megtermelt villamos energiát a főtranszformátorok 400 kV-os feszültségszintre transzformálják. A főtranszformátorok 400 kV-os légvezetéken keresztül csatlakoznak az országos alaphálózat részét képező, a paksi telephely délkeleti részén elhelyezkedő 400 / 120 kV-os alállomásba. Az alállomásból induló 400 kV-os távvezetékek biztosítják a megtermelt villamos energia kiszállításának fő útvonalait. A 400 kV-os állomás rész két 400 / 120 / 18 kV-os, 250 / 250/ 75 MVA-es Booster típusú transzformátoron keresztül csatlakozik a 120 kV-os alállomás részhez és így az onnan kiinduló 120 kV-os távvezetékhez. A 400 kV-os alállomás rész tokozott kivitelű, SF6 szigetelésű, másfél-megszakítós elrendezésű, míg a 120 kV-os rész hagyományos kivitelű, segédsín (2 gyűjtősín + segédsín) kialakítású alállomás.[13]

### 5.3.3 KIÉGETT KAZETTÁK ÁTMENETI TÁROLÓJA (KKÁT)

Az erőmű üzemeltetése során keletkező kiégett üzemanyagot az esetleges további feldolgozás vagy a feldolgozás nélküli végleges elhelyezést megelőzően átmenetileg tárolni kell. A pihentető medencében történő 3-5 éves tárolást követően a kiégett fűtőelem kazettákat a Paksi Atomerőmű mellett kialakított Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójába (KKÁT)) szállítják.

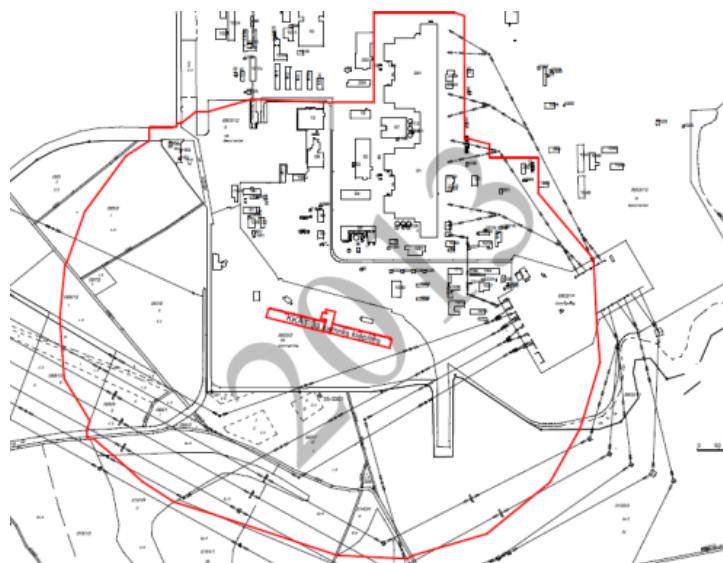
A KKÁT egy modulrendszerű átmeneti tároló, amelynek szabad tároló kapacitása a tároló modulok folyamatos bővítésével növelhető. Az 1996-ban kiadott CXVI. törvény, az Atomtörvény értelmében a kiégett fűtőelemek átmeneti tárolása a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. feladata lett. A KKÁT a Paksi Atomerőmű szomszédságában létesült, az erőmű üzemeltetőjétől független önálló nukleáris létesítmény, amely önálló Végleges Biztonsági Jelentéssel és önálló üzemeltetési engedéllyel rendelkezik.

A tároló csöveket tartalmazó és a természetes légáramot biztosító tároló kamra metszetét szemlélteti az alábbi ábra.



20. ábra: A KKÁT metszete [15]

#### A KKÁT biztonsági övezete



21. ábra: A KKÁT biztonsági övezete [15]



## 5.4 MONITORING RENDSZEREK A PAKSI ATOMERŐMŰ KÖRNYEZETÉBEN

A Paksi Atomerőmű, mint minden energiát termelő létesítmény, a technológiájából adódó jellemző környezeti kibocsátásait (emisszió), valamint azok környezetben történő megjelenését (immisszió) folyamatosan figyeli, monitorozza, majd éves jelentésben összefoglaló tájékoztatást ad róla, lsd. az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. környezetvédelmi jelentése 2013. évről.

### 5.4.1 HAGYOMÁNYOS KÖRNYEZETÁLLAPOT JELLEMZŐK ELLENŐRZÉSE

#### 5.4.1.1 Szennyvíz-, használtvíz kibocsátás ellenőrzése

A szennyvíz és a használtvíz kibocsátás ellenőrzése a DdKTVF által elfogadott Önellenőrzési Terv szerint történik.

- V1 mintavételi és távmérő állomás: hidegvíz-csatorna mintázása
- V2 mintavételi és távmérő állomás: melegvíz-csatorna mintázása
- V4 mintavételi állomás (az energiatörő műtárgy kazettájából szivattyúzott minta): a Dunába vezetett használt víz és a tisztított szennyvizek eredőjének a mintázása, a hagyományos kibocsátási határértékek erre a pontra vonatkoznak
- Bővítési terület átemelő akna: Paks városi szennyvíztisztító telepre átadott szennyvíz minősége (küszöbérték előírva)
- Egyéb mintavételi helyek: kommunális szennyvíztisztító előtt és után, mészszipa medence, vegyszeres hulladékvíz medence

#### 5.4.1.2 Duna hőterhelése

A Duna hőterhelési korlátjára vonatkozó előírások ellenőrzése a DdKTVF által elfogadott Önellenőrzési Terv szerint történik. Ennek előírása szerint folyamatosan mérik a kivett és visszavezetett Duna víz hőmérsékletét, valamint 25 °C feletti bejövő Duna víz esetén a melegvíz-csatorna bevezetési pontja alatti 500 m-en lévő szelvényben a Duna hőmérsékletét.

#### 5.4.1.3 Talajvíz monitoring

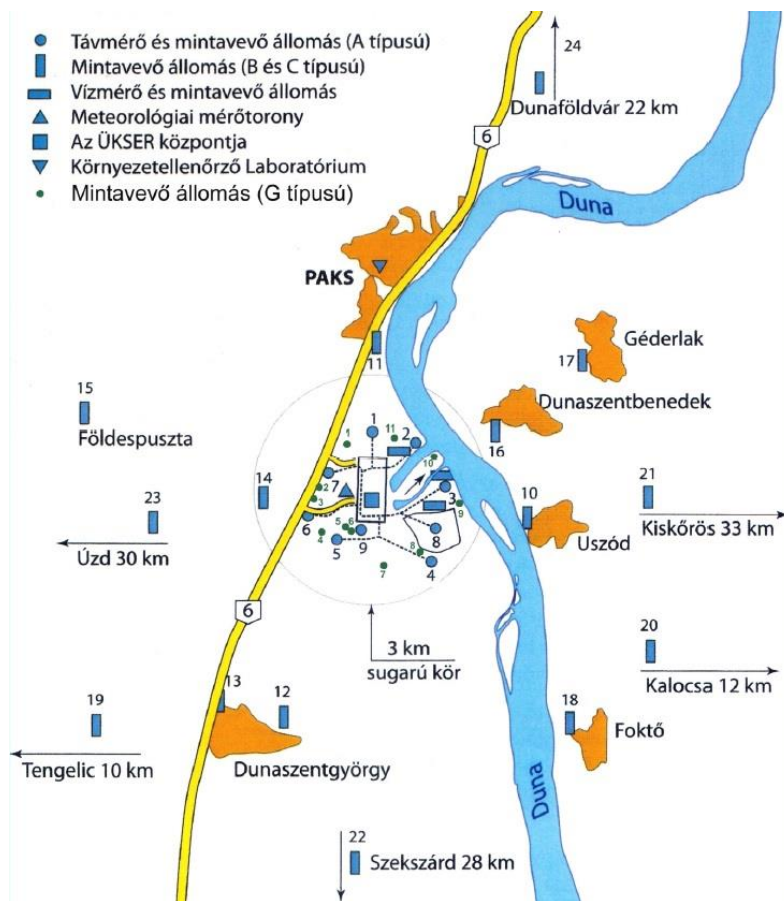
A potenciális környezetszennyező források figyelése céljából, a környezetvédelmi működési engedélyek alapján a Paksi Atomerőmű talajvíz monitoring-rendszert üzemeltet. A hagyományos kibocsátások monitoring-rendszerében az alábbi mintavételi helyeken, a következő paramétereket vizsgálják:

- Üzemi veszélyes hulladék gyűjtőnél lévő figyelő kutakból:  
pH, összes só, összes olaj,  $KOI_{ps}$ , Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cr, Ni értékek,
- Zagyteri figyelő kutakból:  
pH, vezetőképesség, összes keménység, összes sótartalom, ammónium, összes olaj,  $KOI_{ps}$ ,  $NO_3^-$ , Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Cl<sup>-</sup> értékek,
- Olajtartályok mellett figyelő kutakból:  
pH, olajtartalom,  $NO_3^-$ , ammónium, Cl<sup>-</sup> értékek,
- Üzemi területen kijelölt figyelő kutakból:  
pH, ammónium, nitrát,  $KOI_{ps}$ .

## 5.5 ÜZEMI KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI ELLENŐRZŐ RENDSZER (ÜKSER)

A Paksi Atomerőmű környezetének ellenőrzése a környezeti minták radioaktivitásának mérésével már 1978. óta folyik, kezdve az alapszint (nullszint) felméréstől egészen a folyamatos üzemeleti mérésekig.

A Paksi Atomerőmű környezetének sugárvédelmi kibocsátás- és környezetellenőrző monitoring rendszerének területi elhelyezkedését mutatja az alábbi, 22. ábra.



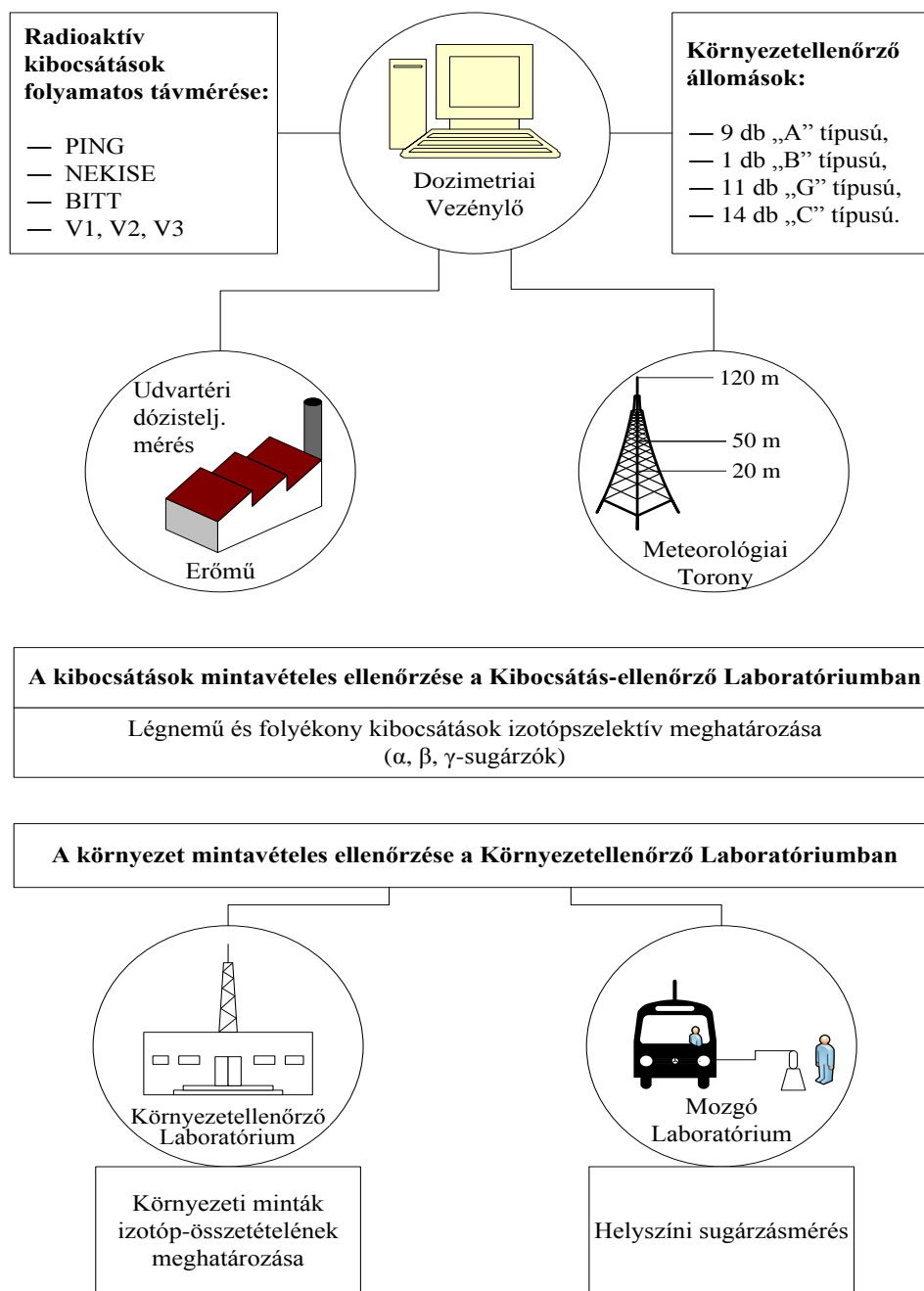
22. ábra: A Paksi Atomerőmű sugárvédelmi kibocsátás- és környezetellenőrző monitoring rendszerének területi elhelyezkedése [17]

A méréseket a Paksi Atomerőmű, a hatóságok és több más intézmény is végezte, és végzi ma is.

A nukleáris környezetellenőrzés alapvető feladata a radioaktív anyagok erőműből történő kibocsátásának, valamint azok környezeti megjelenésének, a környezet sugárzási szintjének vizsgálata.

A Paksi Atomerőmű környezetének folyamatos sugárvédelmi ellenőrzése az Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (ÜKSER) feladata. A környezet sugárzási szintjének, valamint az egyes környezeti közegek mintavételezésen alapuló radioaktív koncentrációjának mérési eredményeit összefoglaló jelentést minden évben kiadják, *Sugárvédelmi tevékenység a Paksi Atomerőműben* címmel.

A Paksi Atomerőmű kétszintű sugárvédelmi kibocsátás- és környezetellenőrző monitoring rendszer felépítése az alábbi ábrán látható.



23. ábra: A Paksi Atomerőmű sugárvédelmi kibocsátás- és környezetellenőrző monitoring rendszer felépítése [18]

A kibocsátásoknak és a környezet állapotának ellenőrzése kétszintű ellenőrzéssel történik:

- ❖ Folyamatos méréssel
  - Az online távmérő hálózatok folyamatosan mérik a legfontosabb radioaktív kibocsátásokat (folyékony és légnemű), valamint a környezeti sugárzási mennyiségeket.
- ❖ Mintavételezéssel
  - A Kibocsátás-ellenőrző Laboratórium a kibocsátott közegekből vett minták izotópszелеktív, nagy pontosságú laboratóriumi vizsgálataival pontosítja a távmérési eredményeket.
  - A Környezetellenőrző Laboratórium a 30 km sugarú környezetből vett különböző környezeti minták izotópszелеktív radioaktív koncentrációját, valamint a környezet gamma-sugárzás dózist, dózisteljességét méri.

Mindkét laboratórium a Nemzeti Akkreditáló Testület által akkreditált.

### 5.5.1.1 Radioaktív kibocsátások és ellenőrzésük

2004-től lépett életbe a 15/2001. (VI.8.) KöM rendelet által előírt kibocsátási korlátozási rendszer, amely a Paksi Atomerőműre meghatározott dózismegszorításból (90  $\mu\text{Sv}/\text{év}$ ) származtatott izotóp-specifikus kibocsátási korlátokhoz hasonlítja mind a légnemű, mind a folyékony kibocsátásokat.

2013-ban a Paksi Atomerőmű 0,26 %-ban használta ki a kibocsátási korlátot, másképpen fogalmazva a megengedett értékek 0,26 %-át, vagyis jóval kevesebb, mint századrészt bocsátotta ki.

A folyékony kibocsátási korlát kihasználása  $1,77 \cdot 10^{-3}$ , azaz 0,18 %, a légnemű kibocsátásokból származó kibocsátási határérték kihasználása pedig  $7,77 \cdot 10^{-4}$ , azaz 0,08 % volt.

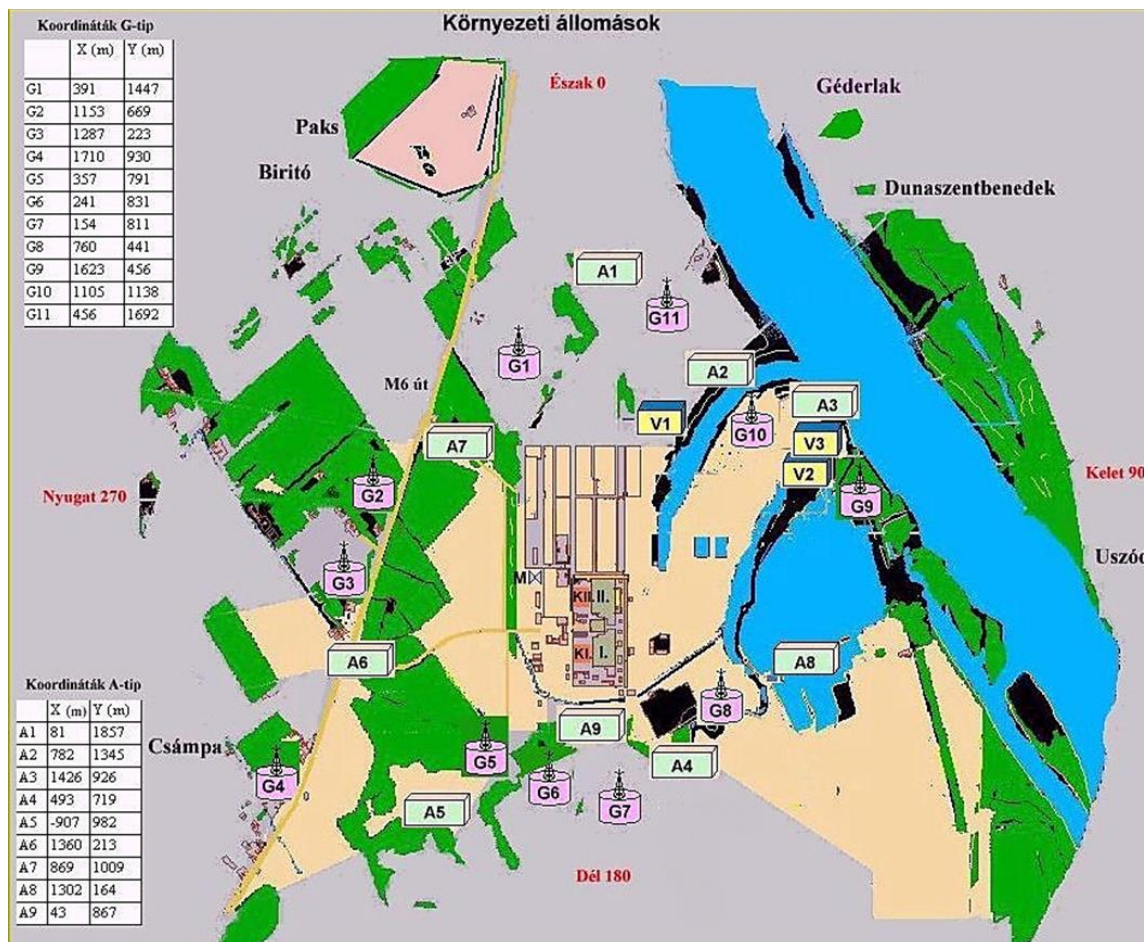
A korábbi évek kihasználása is hasonlóan alakult, 2012. évben 0,26 %, 2011-ben 0,20 %, 2010-ben 0,25 %, 2009-ben 0,22 % volt.

### 5.5.1.2 A környezet állapotának ellenőrzése

A környezet állapotának ellenőrzését az alábbi mérések elemzésével biztosítják:

- a levegő, a kihullás, a talaj, a talajvíz és a természetes növénytakaró (fű) radioaktív koncentrációjának mérése,
- a felszíni vizek (Duna, Halastavak, övcsatorna), víz-, iszap-, halminták aktivitásmérése,
- egyes élelmiszer-minták (tej) aktivitáskoncentrációjának mérése,
- a környezeti gamma-sugárzás dózisének, dózisteljesítményének mérése.

A Paksi Atomerőmű környezetében a környezet állapotát ellenőrző távmérő állomások elhelyezkedését az alábbi ábra mutatja.



24. ábra: A környezet állapotát ellenőrző „A” és „G” típusú távmérő állomások a Paksi Atomerőmű környezetében [19]

### 5.5.1.2.1 Táv mérőrendszerek

**Táv mérőrendszerek** a Paksi Atomerőmű 1,5 km sugarú környezetében

- 9 db „A” típusú mérő- és mintavevő állomás (A1-A9)
  - gamma-sugárzás dózisteljesítmény mérés (on-line)
  - aeroszolk összes béta-aktivitáskonzentrációjának mérése (on-line)
  - radiojód elemi és szerves fázisának mérése (on-line)
  - aeroszol és jód mintavétel laboratóriumi mérésekhez (hetente, havonta)
  - Kihullás<sup>3</sup> (fall-out, wash-out) mintavevő (havonta)
  - T/<sup>14</sup>C mintavevő (T: vízpára és hidrogén), <sup>14</sup>C: CO<sub>2</sub>, illetve CO<sub>2</sub> + C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>); (havonta)
- 11 db „G” típusú állomás (G1-G11)
  - gamma-sugárzás dózisteljesítmény mérése (on-line)

**Táv mérőrendszerek** a Paksi Atomerőmű 30 km sugarú környezetében

- 1 db „B” típusú mérő- és mintavevő állomás (B24) - **Referencia (kontroll) állomás Dunaföldváron**  
A vonatkoztatási vagy háttérszint meghatározása céljából ugyanazokat a méréseket végzik, mint az „A” típusú állomásokon.
- 15 db „C” típusú állomás
  - termolumineszcens detektorokkal (TLD) végzett dózismérések (havonta)
  - kihullás (fall-out) mintavétel és elemzés (időszakosan)

### 5.5.1.2.2 Mintavételes-, laboratóriumi vizsgálatok

- vízminták a V1, V2, V3 vízmintavételi helyen (napi mintavételes összes gamma, összes béta, illetve havi-negyedéves, mintavételes, izotóp szelektív mérés)
- vízminták és iszapminták
  - Duna, Halastavak, övcsatorna, mészszip medence (negyedévente)
  - Faddi-Holt-Duna (havonta)
- talaj és fűminták a távmérő állomások környezetéből (időszakosan)
- tejminták a dunaszentgyörgyi és a tengelici tehenészetektől (havonta)
- halminták a Horgásztavakból (negyedévente)

### 5.5.1.2.3 A talajvíz tríciumaktivitás-konzentrációjának vizsgálata

A főépület alatti talajvíz trícium terheltségének vizsgálatára a Paksi Atomerőmű monitoring rendszert üzemeltet, az OAH HA-4797 határozatának (IBJ feladatok) 13-2. a) pontja előírását teljesítve.

A vizsgálatok alapvetően az atomerőművet körülvevő talajvíz figyelő kúthálózatra épülnek, amely hálózathoz közel 140 db kút tartozik, ebből 52 db talajvízfigyelő kutat mintázott havi, vagy éves gyakorisággal a Sugár- és Környezetvédelmi Főosztály. A minták tríciumaktivitás-konzentráció meghatározását összes-béta és gamma-spektrometriai méréssel egészítette ki, ha a tríciumaktivitás-konzentráció meghaladta az 500 Bq/dm<sup>3</sup>-t. A környezeti monitoring elemeként 25 db kútba folyamatos vízmintavevő került telepítésre, amelynek fő feladata a trícium nyomon követése mellett az esetlegesen jelenlévő egyéb radioaktív anyagok kimutatása (gamma-spektrometria 2 havi, <sup>14</sup>C 4 havi, <sup>89,90</sup>Sr 4 havi, Pu-TRU (transzurán elem) 8 havi nagytérfogatú (20 liter/hó) átlagmintából).

<sup>3</sup> A levegőben lévő radioaktív izotópok kihullása végbemehet száraz lerakódással (gravitációs kiülepedéssel), illetve a lehulló csapadék (eső, hó) kimosó hatása következtében. Ezeket a folyamatokat nevezzük együttesen fall-out-nak (kihullásnak).

A talajvízben lévő tríciumból származó éves többlet sugárterhelés 0,01 nSv/év körüli, amely gyakorlatilag elhanyagolható a természetes háttérsugárzásból származó sugárterhelés mellett, ami hazánkban a világtáznál (2,4 mSv/év) kb. 20 %-kal nagyobb, átlagosan 3, helyenként 4 mSv/év.

### 5.5.1.3 A lakosság többlet sugárterhelése

A 2013. évi kibocsátási és meteorológiai adatok alapján – normál üzemre vonatkozóan – meghatározott éves többlet lakossági sugárterhelést jellemzi az alábbi táblázat:

Dózismegszorítás	μSv/év	90
Lakossági dózis	μSv/év	4,83 10 <sup>-2</sup>
Korlát kihasználás	%	5,37 10 <sup>-2</sup>

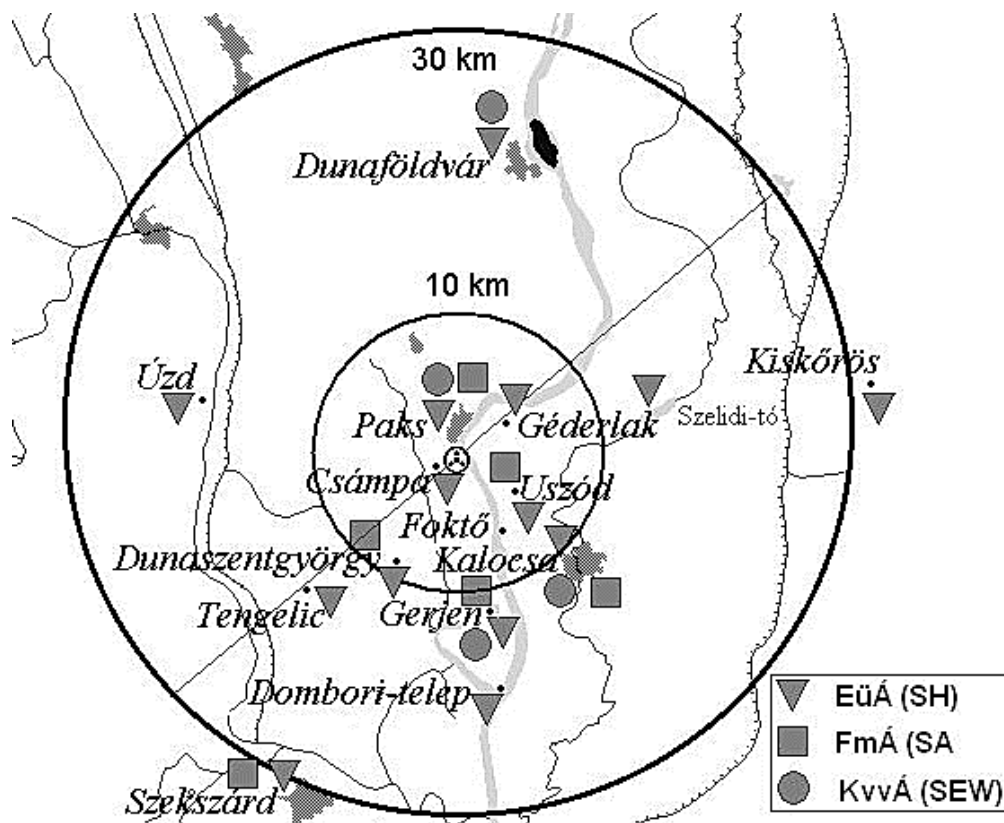
8. táblázat: A Paksi Atomerőmű telephelyére vonatkozó dózismegszorítás kihasználás – 2013 [19]

**A számítások szerint a Paksi Atomerőmű normál üzemi működéséből eredően a 2013. évi többlet lakossági sugárterhelés 48,3 nSv volt, ami a megengedett éves dózismegszorításnak, a 90 μSv-nek a 0,0537 %-a.**

*Ez a sugárterhelés hozzávetőleg ½ óra szabadban tartózkodás során megkapott effektív dózissal egyenértékű, így egészségügyi kockázatot gyakorlatilag nem jelent, a lakosságot elhanyagolható mértékű többletsugárzás érte.*

## 5.6 HATÓSÁGI KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI ELLENŐRZŐ RENDSZER (HAKSER)

A Paksi Atomerőmű méréseivel párhuzamosan működik az erőmű környezetének sugárvédelmi ellenőrzését végző, hatósági szervek által működtetett Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (HAKSER).



Megjegyzés:  
EüÁ - egészségügyi ágazat  
FmÁ - földművelésügyi ágazat  
KvVÁ - környezetvédelmi és vízügyi ágazat

25. ábra: Hatósági mérőpontok a Paksi Atomerőmű 30 km sugarú környezetében [20]

A HAKSER tagjai az alábbi minisztériumok:

*Emberi Erőforrások Minisztériuma (EMMI) Egészségügyi Ágazata (EüÁ)*  
*Földművelésügyi Minisztérium (FM)*  
*Földművelésügyi Ágazata (FmÁ)*  
*Környezetvédelmi és Vízügyi Ágazata (KvVÁ)*

A hatósági ellenőrzés keretében a légköri és a vízi környezeti kibocsátások ellenőrzése mellett mintavételes laboratóriumi vizsgálatok is történnek, melyek során dunai víz- és iszap-, talaj-, növény-, valamint tejmintákat elemeznek.

A környezeti sugárzás dózisteljesítménye mellett a következő hatósági aktivitásmérések történtek 2001 óta:

- légköri aeroszol,
- légköri kihullás (fallout, dry-out),
- felszíni vizek (folyók, természetes és mesterséges tavak, csatornák),
- ivóvíz (kutak, mélységi),
- üledék (folyók, természetes és mesterséges tavak),
- talaj- és a fűminták (öntözött és nem öntözött szántó, kerti, réti és út menti),
- leveles zöldség (konyhakerti indikátornövény, nyers konyhakerti táplálék, gyümölcs),
- húsfélék (sertés, marha, juh, baromfi, vad, hal),
- nyers tej.

Paks II. környezeti hatásvizsgálata során a HAKSER-ben mért adatok részletesen elemzésre kerültek a Környezeti radioaktivitás című fejezetben.

A HAKSER a Paksi Atomerőmű környezetének hatósági ellenőrzése keretében végzett tevékenységéről éves jelentéseket tesz közzé, *A hatósági környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszer jelentése* címmel. Az 1999-2012. évek eredményeit tartalmazó jelentések nyilvánosak, letölthetők a HAKSER honlapjáról.

<http://www.hakser.hu/eredmenyek/eredmenyek.html>.

## **5.7 ORSZÁGOS KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI ELLENŐRZŐ RENDSZER (OKSER)**

A 275/2002. (XII.21.) Korm. rendelet értelmében az Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (OKSER) alapfeladata a lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási viszonyok és a környezetben mérhető radioaktív anyagkoncentrációk országos ellenőrzési eredményeinek gyűjtése.

A mérések kiterjednek a következőkre

- a környezeti sugárzás dózisteljesítményére,
- a radioaktív izotópok aktivitáskoncentrációjára,
  - a környezet elemeiben (levegő, talaj, felszíni vizek, természetes és mezőgazdasági termesztésű növényzet, vadon élő és haszonállatok),
  - a lakosság által fogyasztott növényi és állati eredetű élelmiszerekben és azok alapanyagaiban,
  - ivóvízben,
  - az építő- és alapanyagokban,
- a szabadban és az épületeken belül a radon és leányelemeinek aktivitás-koncentrációjára,
- az emberi szervezet belső radioaktív szennyezettségére.

### **A 2012. évi OKSER Jelentés következtetése**

Forrás: Az Országos Környezeti Sugárvédelmi ellenőrző rendszer (OKSER) 2012. évi Jelentése (2013.12.27.) [4-15]

Az Országos Környezeti Sugárvédelmi ellenőrző rendszer (OKSER) 2012. évi jelentése az alábbiak szerint foglalja össze a Magyarországon mért értékeket:

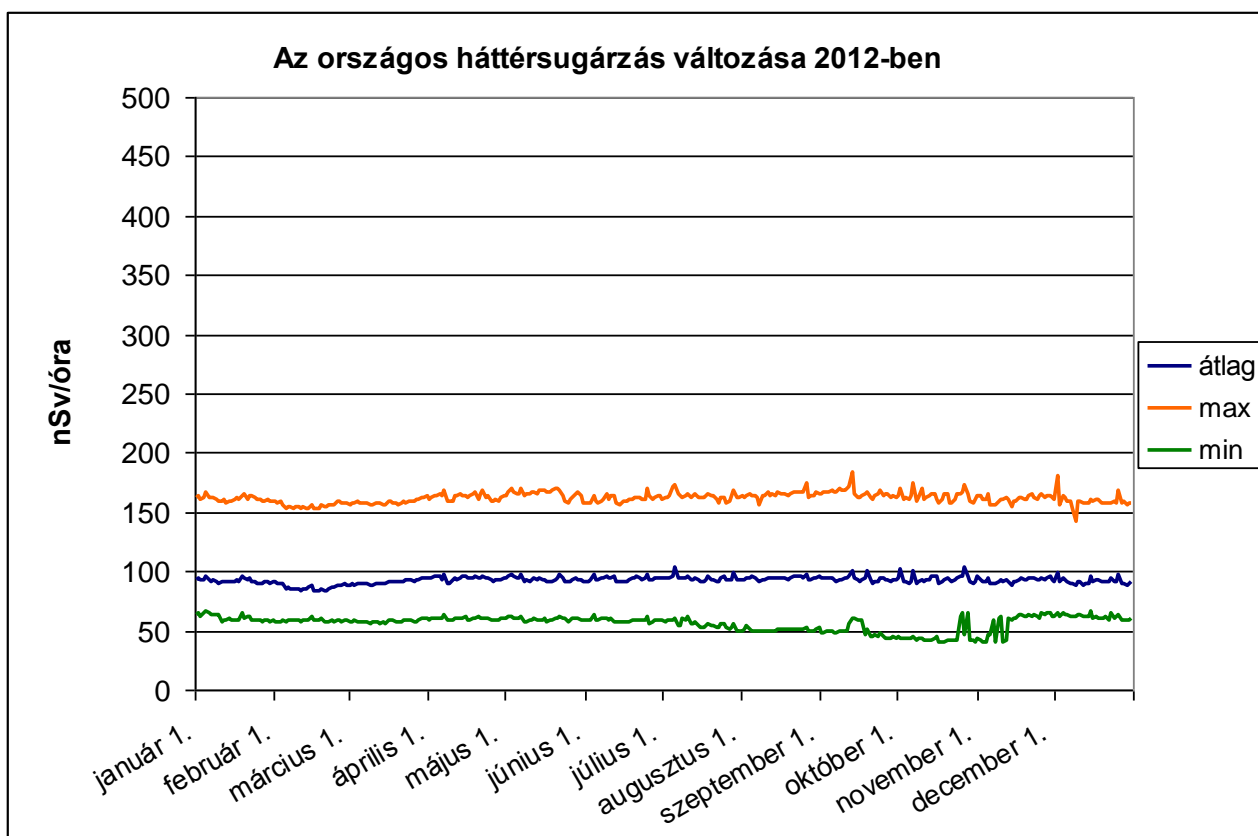
*„Hangsúlyozni kell, hogy míg az Európai Unió rendelete szerint {Post-Chernobyl 733/2008/EC, Council Regulation No 733/2008 of 15 July 2008 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at*

the Chernobyl nuclear power station (codified version); Council Regulation (EC) No 1048/2009 extends its validity until 31 March 2020) (OJ L-201 of 30/07/2008, page 1); az élelmiszerekben a  $^{134}\text{Cs}$  és  $^{137}\text{Cs}$  radionuklidok megengedhető együttes legnagyobb szintje 600 Bq/kg (tejben, tejtermékekben és csecsemőélelmiszerben 370 Bq/kg), addig a Magyarországon kapható, feldolgozott élelmiszerekben a 2012-ben mért legnagyobb értékek is 40 Bq/kg alatt maradtak.

„Végül megemlítjük, hogy a lakosság mesterséges forrásokból származó sugárterhelése – az orvosi célú alkalmazásokon kívül – hazánkban, az utóbbi években 3-6  $\mu\text{Sv}$  közöttire becsülhető, míg a természetes eredetű sugárterhelés ennél közel három nagyságrenddel nagyobb.”

„Összefoglalásul megállapíthatjuk, hogy mind az országos, mind a létesítményi környezet-ellenőrzés során kapott eredmények szerint az engedélyhez kötött tevékenységeknek a környezetre illetve lakosságra gyakorolt hatása elhanyagolható, a radioaktív izotópok koncentráció értékei több mintafajtánál is túlnyomórészt kimutatási határ alatt maradnak. [21]

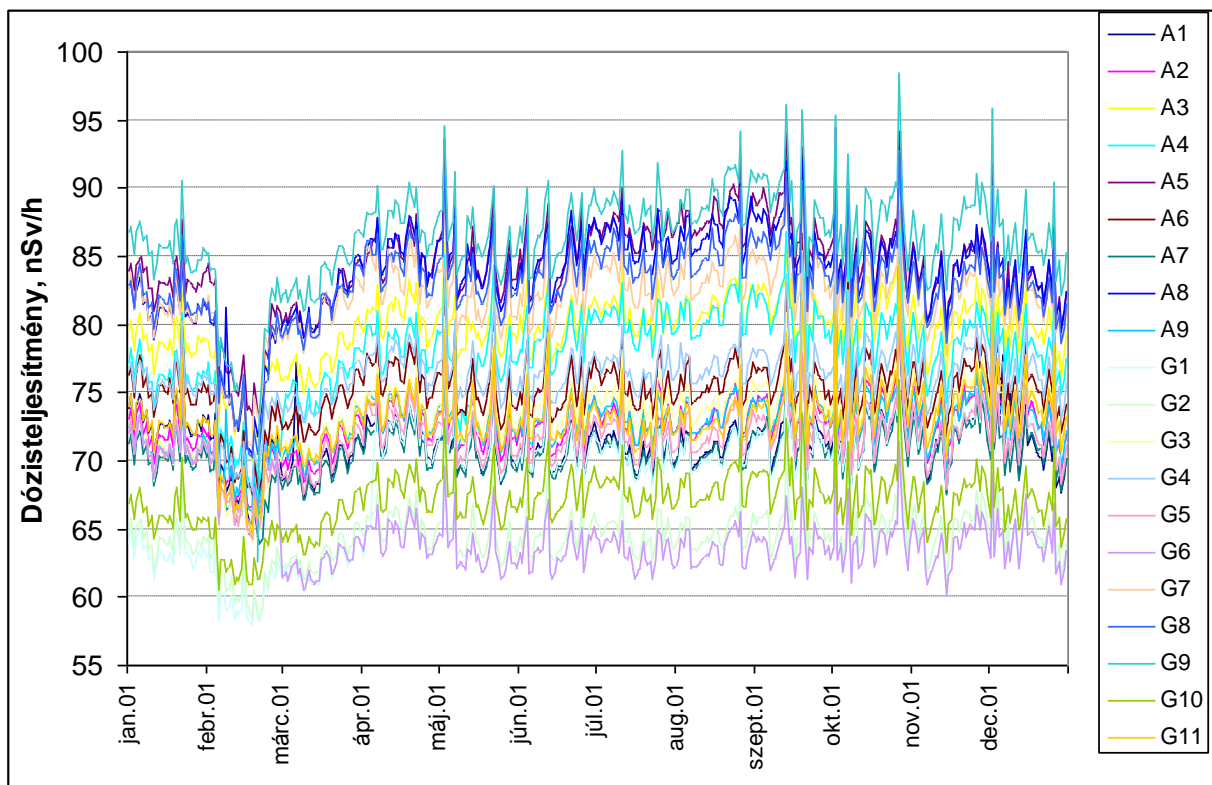
Az országos viszonyok jellemzéseként a napi gamma dózisteljesítmények országos átlagainak, maximális és minimális értékeinek változását mutatja be a következő ábra.



26. ábra: A gamma dózisteljesítmények országos átlagainak, max és min értékeinek változása 2012-ben [22]

A Paksi Atomerőmű környezet-ellenőrző rendszerének részét alkotó dózisteljesítmény-mérő szondákkal („A” és „G” típusú környezetellenőrző állomások) 2012-ben mért napi dózisteljesítmények szerint a Paksi Atomerőmű környezetében a környezeti dózisteljesítmény 58 és 98 nSv/h között változott, ami a hazai mért értékek alsó tartományába esik. A mért értékek időbeli változását mutatja az alábbi ábra.





27. ábra: A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző állomásain mért napi dózisteljesítményei 2012-ben

## 5.8 A PAKSI TELEPHELY ADOTTSÁGAINAK, JELLEMZŐINEK ÖSSZEFOGLALÁSA

Az új atomerőművi blokkok létesítése szempontjából a paksi telephely számos, kedvező adottsággal rendelkezik:

- a paksi telephelyen már több mint 30 éve üzemel atomerőmű,
- a környező lakosság körében a Paksi Atomerőmű léte, működése elfogadott,
- a Paksi Atomerőmű telephelye és környezete igen alaposan feltárt és megkutatott terület,
- a Paksi Atomerőmű működésének hatásait a telephelyen és a környezetében folyamatosan üzemelő monitoring rendszerek felügyelik,
- a telephely közvetlen dunai kapcsolattal rendelkezik,
- a Duna folyam hűtővízforrásként rendelkezésre áll,
- a telephely környezetében az infrastruktúra kiépített és rendelkezésre áll,
- a telephely könnyen megközelíthető közúton és vasúton egyaránt,
- az építési anyagok és a nagyberendezések egy része a Dunán, vízi úton beszállítható,
- a területen a terepszint speciális kialakítása miatt az árvíz- és belvízvédelem biztosított,
- a meteorológiai jellemzők kedvezőek,
- az erőmű 30 km-es körzetében - Paks kivételével - a népsűrűség az országos átlagnál kisebb,
- az országos villamostávvezeték-hálózatához kedvező feltételekkel lehet csatlakozni,
- a térségben atomerőművi gyakorlattal rendelkező képzett munkaerő biztosított,
- Paks település – természeti és infrastrukturális adottságai miatt – jó lehetőséget biztosít az építők, majd később az üzemeltetők elhelyezésére.

A telephely földtani és nukleáris biztonsági szempontú megfelelősége az Országos Atomenergia Hivatal által a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet mellékleteit képező Nukleáris Biztonsági Szabályzatok alapján lefolytatandó telephely engedélyezési eljárásban kerül részletesen értékelésre, illetve igazolásra.

## 6 AZ ÚJ ATOMERŐMŰVI BLOKKOK LEHETSÉGES KONDENZÁTOR HŰTÉSI MÓDJAI

### 6.1 VILAMOSENERGIA-TERMELÉSÉRE SZOLGÁLÓ KONDENZÁCIÓS ERŐMŰVEK HŰTÉSI IGÉNYEI, LEHETŐSÉGEI

A villamosenergia-termelésére szolgáló kondenzációs erőművek esetében erőműtípustól függetlenül a fizika törvénye szerint a tüzelőanyagból, atomerőmű esetében az üzemanyagból felszabadított hő azon nagy többsége, ami villamosenergia-termelésre nem hasznosítható, a természeti környezetbe, mint végső hőelnyelőbe kerül elvezetésre. Ennek oka, hogy a mindenkori környezeti hőmérséklet alá nem lehet a kondenzátort lehűteni. Ez egyben meghatározza a körfolyamat hatásfokát is.

A jelenlegi technológiai fejlettségnek megfelelő modern atomerőművek esetében a reaktorban felszabadított hő kb. 65-67 %-a végül a mindenkori környezeti hőmérsékleti szinthez közeli hőmérsékleten a környezetbe kerül elvezetésre.

Az atomerőművekben történő villamosenergia-termelés mellett a primer és a szekunder körben egyaránt keletkezik villamosenergia-termelésre nem hasznosítható hő, amelynek elvezetését a hűtési rendszerek biztosítják. Az atomerőművek primerkörében keletkező, nem hasznosítható hő elvezetésére az ún. biztonsági hűtővíz rendszer, a szekunderkör kondenzátorában elvonandó kondenzációs hő elvezetésére a kondenzátor hűtővíz rendszer, a szekunderköri technológiai rendszerekben keletkező hő elvezetésére pedig a technológiai hűtővíz-rendszer szolgál.

Egy atomerőműben a hűtési igényeknek több, mint 95 %-a a kondenzátor hűtéséből adódik.

Az elvezetendő hőmennyiség végső hőelnyelőjeként – a telephely adottságainak függvényében – elsődlegesen az alábbi lehetőségeket veszik figyelembe:

- nagy vízhozamú folyó;
- nagyobb tó;
- tenger.

Azokban az esetekben, amikor egy erőmű környezetében elegendő mennyiségű víz áll rendelkezésre, akkor a hűtést a rendelkezésre álló hűtővíznek a kondenzátoron történő közvetlen átáramoltásával, ún. frissvízes hűtéssel oldják meg. A felmelegedett hűtővizet - lényegesebb mennyiségi csökkenés nélkül - visszavezetik a tengerbe vagy a folyóba.

Azokon a telephelyeken, ahol nem áll rendelkezésre megfelelő „frissvíz” forrás a hűtés céljára, ott hűtőtornyos - száraz vagy nedves - hűtési rendszereket alkalmaznak. A hűtőtornyoknál a víz recirkulál a hűtőtorny és a kondenzátor között. Ebben az esetben az elvonandó hő jelentős részét a víz párolgáshője viszi el, a fennmaradó részt a levegő hőátadással veszi fel.

A ma üzemelő atomerőművek közel ¾-e frissvízes hűtést alkalmaz, a többinek hűtőtornyos a hűtési rendszere. [23]

A tervezett új atomerőművi blokkok főtechnológiája és a segédrendszerek, létesítmények többsége a telepítés környezetétől relatív kis mértékben függ, a hűtési rendszert azonban projekt specifikusan az adott környezet sajátosságainak figyelembevételével szükséges kiválasztani. A hűtési mód befolyásolja a tervezett új atomerőművi blokkok műszaki, gazdaságossági jellemzőit és környezetre való hatását.

### 6.2 A VÍZI KÖRNYEZET HÓTERHELÉSÉRE VONATKOZÓ JOGSZABÁLYI KERETEK, HATÁRÉRTÉKEK

A vízi környezetbe bocsátott felmelegedett víz (hőkibocsátás) a befogadó vízi élővilágára, a halakra és más vízi szervezetekre fejthet ki hatást. A vízi növény- és állatvilágra kifejtett kedvezőtlen hatások mérsékelhetők a bebocsátásra kerülő víz hőmérsékletének a kibocsátás előtti csökkentésével, illetve az elkeveredés, valamint a hőleadás növelésével. A hatások a hőkibocsátási határértékekkel és az elkeveredési zónára vonatkozó kritériumokkal szabályozhatók.

## 6.2.1 VÍZI KÖRNYEZET HŐTERHELÉSÉRE VONATKOZÓ ÁLTALÁNOS SZABÁLYOZÁS

### 6.2.1.1 Európai Unió

A hőkibocsátásra az Európai Parlament és a Tanács EC 2006/44/EK irányelv I. melléklete ad korlátokat:

- ❖ a bebocsátási ponttól az áramlás irányában (a keveredési zóna szélén) mért hőmérséklet növekedése pontyos vizek esetében 3 °C-kal lehet nagyobb a nem érintett terület hőmérsékleténél
- ❖ a bebocsátás eredményeként a hőkibocsátási ponttól az áramlás irányában (a keveredési zóna szélén) mért hőmérséklet pontyos vizek esetében nem lépheti túl a 28 °C értéket.

A bebocsátott víz befogadóban történő egyenetlen elkeveredése okán az elkeveredési zónán belül magasabb hőmérsékleti zónák is kialakulhatnak. Az elkeveredési zónát befolyásoló legfőbb tényezők: a hőmérséklet, a sebesség és a bebocsátott víz mennyisége.

### 6.2.1.2 Magyarország

Az általános szabályokat a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól szóló 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet, valamint a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól szóló 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet határozza meg. A vízi környezet hőterhelésére vonatkozó határértéket egyedi vizsgálat alapján, a befogadó érzékenységre tekintettel kell megállapítani, figyelembe véve a befogadó terhelhetőségét, valamint a jó kémiai és ökológiai állapot megőrzését. A felszíni víz szennyezettségi határértékeiről és azok alkalmazásának szabályairól rendelkező 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet sem tartalmaz hőkibocsátásra, illetve hőterhelésre vonatkozó korlátot.

Az ivóvízkivételre használt vagy ivóvízbázisnak kijelölt felszíni víz, valamint a halak életfeltételeinek biztosítására kijelölt felszíni vizek szennyezettségi határértékeiről és azok ellenőrzéséről szóló 6/2002. (XI. 5.) KvVM rendelet 4. számú melléklet I. táblázat szerint a halas vizek szennyezettségi határértékei az alábbiak:

Minőségi jellemzők		Pisztrángos víz	Márnás víz	Dévéres víz
Hőmérséklet*	°C	18	25	30
Hőmérséklet-változás**	°C	1,5	3	5

Megjegyzés:

\* a vízszennyezettségi határértékektől való átmeneti eltérések megengedhetők. (12. § (1) bekezdés)

\*\* a hőkibocsátási ponttól az áramlás irányában (a keveredési zóna szélén) mért hőmérséklet legfeljebb a jelölt mértékben lépheti túl a nem érintett terület hőmérsékletét

9. táblázat: A halas vizek vízszennyezettségi határértékei

Napjainkig csak néhány felszíni víz kategorizálása történt meg, ezek a 6/2002. (XI. 5.) KvVM rendelet 7. számú mellékletében vannak felsorolva, ahol a Duna nincs megjelenítve, tehát a jogszabály szerint (2014. június 07-i állapot) nem tartozik a halas vizek közé. A Duna, illetve egyes szakaszainak különböző halas víz kategóriába sorolását ökológiai hatásvizsgálatok alapozhatják meg.

### Engedélyezési gyakorlat

A hagyományos erőművek engedélyeztetései során a felügyelőségek meghatározzák a kivett és a visszavezetett víz hőmérséklete között megengedett különbséget ( $\Delta T_{max}$ ), a kibocsátásra kerülő víz megengedett maximális hőmérsékletét ( $T_{max}$ ), az elkeveredés utáni hőmérséklet növekményt ( $\Delta T$ ), valamint az ellenőrzés helyét.

## 6.2.2 ATOMERŐMŰVEK HŐTERHELÉSÉRE VONATKOZÓ SZABÁLYOZÁS

### 6.2.2.1 Európai Unió tagországai

Ha néhány tagállamot példaként, a teljesség igénye nélkül megvizsgálunk, a következő előírásokkal találkozhatunk. [24]

#### Finnország

Az atomerőművek hőkibocsátására vonatkozó önálló szabályozás nincs Finnországban, a határértékeket az illetékes hatóságok szabják meg, az adott beruházás helyi sajátosságainak függvényében.

A jelenleg üzemelő két atomerőmű az Olkiluoto és a Loviisa tengervíz-hűtést alkalmaz. Olkiluoto esetében a kibocsátási határérték 30 °C (heti gördülő átlag), 500 méter távolságban a kibocsátási csatornától.

Loviisa esetében 34 °C a határérték (órai átlag) a kibocsátási pontban.

#### Németország

Németországban a kivett és a visszaadott víz közötti felmelegedés nem lehet nagyobb, mint 10 °C. A kibocsátott víz max. hőmérséklete a hűtési mód függvénye, frissvízhűtésre 30 °C, nyílt rendszerű hűtőtornyra 33 °C, zárt rendszerű hűtőtornyra pedig 35 °C.

A kivett víz mennyisége nem haladhatja meg a legkisebb vízhozam 1/3-át.

#### Svédország

A vízhozamra, a kivehető víz mennyiségére, a hőkibocsátásra vonatkozó önálló szabályozás nincs Svédországban, a határértékeket itt is az illetékes hatóságok szabják meg, az adott beruházás helyi sajátosságainak függvényében.

Az atomerőművek által kivett víz mennyisége jellemzően maximum 200 m<sup>3</sup>/s körüli érték (telephelyenként), a megengedett hőmérséklet növekmény 10 °C.

### 6.2.2.2 Magyarország

#### A frissvizes hűtési rendszer hőterhelésére vonatkozó jogszabály

Az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről szóló 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet 10. § (1) bekezdése tartalmazza a felszíni vizek és víztartó képződmények hőszennyezés elleni védelme érdekében megfogalmazott előírásokat.

10. § (1) Kiemelt létesítmény esetén a felszíni vizek és víztartó képződmények hőszennyezés elleni védelme érdekében

- a) a kibocsátásra kerülő és a befogadó víz hőmérséklete közötti különbség 11 °C-nál, illetve +4 °C alatti befogadó víz hőmérséklet esetén 14 °C-nál nem lehet nagyobb;
- b) a kibocsátási ponttól folyásirányban számított 500 m-en lévő szelvény bármely pontján a befogadó víz hőmérséklete nem haladhatja meg a 30 °C-ot.

A hőterhelésre vonatkozó egyéb, vízminőség-védelmi érdekből szükséges korlátozásokat a felügyelőség a környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény 66. § (1) bekezdése alapján a környezethasználat engedélyezése során állapítja meg.

#### A hűtőtornyos hűtési rendszer hőterhelésére vonatkozó jogszabály

Nincs a levegő hőterhelését korlátozó jogszabály, a pára- és -lecsapódás hatásainak vizsgálatához levegőtisztaság-védelmi mérőszám vagy határérték nem ismert.

## 6.3 A PAKSI TELEPHELYEN SZÁMÍTÁSBA VEHETŐ HŰTÉSI MÓDOK

A paksi telephelyen tervezett új atomerőművi blokkoknál alkalmazható hűtési lehetőségek elemzésére külön vizsgálatok keretében került sor. A vizsgálatok célja az volt, hogy az adott körülmények, környezeti feltételek között a lehető legjobb műszaki megoldással és hatáskkal gazdaságosan megvalósítható és üzemeltethető, a környezetvédelmi előírásoknak a tervezett üzemidő során megfelelő hűtési mód kerüljön kiválasztásra.

A paksi telephelyen számításba vehető hűtési módok alapvetően frissvizes hűtésre és hűtőtornyos hűtésre bonthatók. A vizsgálatok részletesen elemezték a Duna-víz felhasználásával történő **frissvizes hűtési rendszer**, illetve a Dunától érdemben független, léghűtéses módú, nedves **hűtőtornyos hűtési rendszer** megoldási lehetőségeket.

### 6.3.1 FRISSVIZES HŰTÉS

Frissvizes hűtés esetén – hasonlóan a Paksi Atomerőmű üzemelő négy blokkjánál jelenleg alkalmazotthoz – a Dunából kiemelt víz kondenzátoron történő átáramoltatásával vonják el a szükséges hőt. Ennél a hűtési megoldásnál a Duna-víz a vízkivételi mű szivattyúi emelik ki, majd juttatják el megfelelő szűrőkön és vezetékeken keresztül a blokk turbina gépházáig. A hűtővíz a kondenzátoron átáramlik, majd a felmelegedett hűtővíz melegvíz-csatornán és visszavezető műtárgyon keresztül visszajut a Dunába.

A frissvizes hűtési rendszerre műszaki, gazdaságossági és környezetvédelmi szempontokat figyelembe véve több vizsgálat is készült. A vizsgálatok lényegében a hűtővíz Dunából történő kiemelésének, a hűtővíz blokkokhoz való eljuttatásának, majd a felmelegedett hűtővíz Dunába történő visszajuttatásának lehetőségeit, és a felmelegedett hűtővíz Dunába történő bebocsáthatóságához tartozó műszaki megoldásokat tárták fel.

#### 6.3.1.1 Hűtővíz ellátás változatai

Műszaki szempontból a megfelelő hűtővíz mennyiség biztosítása a cél, a Duna sajátosságait, a különböző vízszinteket, vízhozamokat és vízhőmérsékleteket figyelembe véve. A vízkivétel lehetséges helyszíne a Duna-part vagy a Paksi Atomerőmű meglévő hidegvíz-csatornájának öblözete. Mivel a Paksi Atomerőmű telephelyét úgy választották, hogy lehetőség legyen további atomerőművi blokkok építésére, így a hűtővíz ellátás gazdaságossága szempontjából is cél, hogy a telephely adottságait és a meglévő létesítményeket a lehető legnagyobb mértékben felhasználjuk.

Környezetvédelmi szempontok miatt is célszerű a meglévő létesítmények használata, azok szükség szerű átalakításával. Annak érdekében, hogy Natura 2000-es besorolásba tartozó területeket csak kellően megalapozott esetben használjanak az új nyomvonalak és létesítések, a változatok kijelölésénél törekedni kell arra, hogy Natura 2000-es területeknek a lehető legkisebb legyen az érintettsége.

A hűtővíz kiemelésére és ellátásra vizsgált leglényegesebb változatok az alábbiak:

- Hűtővíz ellátás Duna-parti vízkivételi művel
- Hűtővíz ellátás öblözeti vízkivételi művel (kiválasztott változat)

#### Értékelés

Az öblözeti hűtővíz ellátás mind az építés, mind az üzemeltetés szempontjából kedvezőbb, mint a kétlépcsős frissvízhűtéses hűtőrendszer.

Környezetvédelmi szempontból a legkisebb önfogyasztású, legkisebb kieső villamos energiát eredményező változat a legkedvezőbb, hiszen minden önfogyasztásként elvesző villamos energiát valamilyen más erőműben kell megtermelni. A számításba vett változatok közül az öblözeti hűtővíz ellátás a kedvezőbb.

Természeti hatások szempontjából a kétlépcsős hűtővíz ellátás esetén a Duna-parti vízkivétel miatt egy keskeny sávban Natura 2000 besorolású terület érintett, ami az öblözeti hűtővíz ellátással szemben további hátrányt jelent.

Az elvégzett vizsgálatok alapján műszaki, gazdaságossági, környezetvédelmi és természetvédelmi szempontokat szem előtt tartva az öblözeti hűtővíz kiemelés és hűtővíz ellátás került kiválasztásra.

### 6.3.1.2 A felmelegedett hűtővíz elvezetésének és Dunába való bevezetésének változatai

A felmelegedett hűtővíznek (továbbiakban: melegvíz) a blokkoktól a szinttartó bukóig, majd onnan a Dunáig történő elvezetése, aztán a Dunába történő bevezetési lehetőségeinek elemzése és az egyes változatok összehasonlítása során kiemelt szempont volt a Paksi Atomerőmű üzemelő blokkjai biztonsági rendszereinek az elkerülése.

A melegvíznek a szinttartó bukótól a Dunáig történő elvezetése kapcsán a meglévő melegvíz-csatorna alkalmazása is vizsgálat alá került. Ennek eredménye alapján célszerű a meglévő melegvíz-csatorna felhasználása.

A melegvíz Dunába történő bevezetésére vizsgált lényegesebb változatok az alábbiak:

- Duna bal parti bevezetés,
- Duna hajózási úton túli bevezetés a mederfenék szinten,
- Duna jobb parti bevezetés (kiválasztott változat).

A Duna bal parti bevezetése a kedvezőtlen elkeveredési viszonyok és a többi változathoz képest jelentős beruházási költség miatt a jelenleg ismert feltételek mellett elvetésre került.

A Duna hajózási útján túli bevezetés megvalósítható, az itteni melegvíz bevezetés esetén kedvezőek az elkeveredési viszonyok, de a hajózási úton túli bevezetés néhány jelentős műszaki megoldást igényel és költséges a Duna medermélyülését kezelő műtárgy kialakítása. A jelenleg ismert feltételek mellett a hajózási úton túli bevezetés a Duna jobb parti bevezetése mellett csak kiegészítő megoldásként merülhet fel.

A melegvíz Dunába történő jobb parti bevezetésére számításba vehető és részletesen vizsgált változatok közül a lényegesebbek a következők:

- ❖ bevezetés a meglévő energiatörő műtárgyon és a melegvíz-csatornából kiágazó új déli oldalcsatornán keresztül,
- ❖ bevezetés a meglévő energiatörő műtárgyon, valamint a melegvíz-csatornából történő északi kiágazással, új dunai bevezető műtárgyon keresztül (kiválasztott változat)

#### Értékelés

Az új atomerőművi blokkok melegvizének a Dunába történő bevezetésére mind építés, mind üzemeltetés szempontjából a meglévő melegvíz-csatornából történő északi kiágazás kedvezőbb, mint a déli oldalcsatornával történő bevezetés.

Környezetvédelmi szempontból a bevezetett melegvíz jobb dunai elkeveredését biztosító változat a kedvezőbb. Ebből a szempontból az északi kiágazás lényegesen jobb, mert ezen a szakaszon jobbak az elkeveredési feltételek.

Természeti hatások szempontjából szintén az északi kiágazás kedvezőbb, mert csak egy keskeny sávban van Natura 2000 besorolású terület érintettség, ami a déli oldalcsatornával szemben számottevő előnyt jelent.

Az elvégzett vizsgálatok alapján műszaki, gazdaságossági, környezetvédelmi és természetvédelmi szempontokat szem előtt tartva a melegvíz Dunába történő bevezetésére a meglévő melegvíz-csatornából történő északi kiágazás került kiválasztásra.

Ezzel a meglévő hidegvíz-csatorna és a meglévő melegvíz-csatorna által közrezárt területen kialakított északi kiágazással, és egy új melegvíz bevezető műtárgy (pl. rekuperációs erőmű) alkalmazásával javítható a bebocsátott melegvíz Dunában történő elkeveredése, a Natura 2000 területek érintettségének minimalizálása mellett.

### 6.3.1.3 A felmelegedett hűtővíz bebocsátása a nyári időszakban

Nyáron, amikor a Duna-víz hőmérséklete meghaladja a 25 °C-ot és ez egybeesik a közepes dunai vízhozam alatti vízhozammal, a melegvíz bevezetést követő 500 m-es dunai szelvényre előírt  $T_{max}=30$  °C hőmérsékleti korlát betartásához kiegészítő megoldás alkalmazása válhat szükségessé, különös tekintettel a klímaváltozás következtében időben növekvő Duna-víz háttérhőmérsékletére.

A környezetvédelmi előírások betartása érdekében megvizsgált lehetőségek a következők voltak:

- A blokk villamos teljesítményének korlátozása,
- Hideg hűtővíz bekeverése,

- Kiegészítő hűtés alkalmazása.

Az elemzések alapja a melegvíz bevezetést követő 500 m-es dunai szelvényig történő (alapvetően az elkeveredésből származó) 3 °C-os hűlés, amely így a bebocsátási pontnál 33 °C-os melegvíz hőmérsékleti maximumot enged meg.

### **A blokk villamos teljesítményének korlátozása**

Ennek a megoldásnak az alkalmazása esetén a felmelegedett hűtővíz megengedhető maximális hőmérsékletének tartása az atomerőművi blokk villamos teljesítményének korlátozásával történik. A villamos teljesítmény csökkentésével a kondenzátorban elvonandó hő mennyisége is csökken, ezáltal - azonos hűtővíz tömegáram esetén - csökken a hűtővíz felmelegedésének mértéke.

### **Hideg hűtővíz bekeverés**

Ennél a hűtési alternatívánál a felmelegedett hűtővíz megengedhető maximális hőmérsékletének tartása a hidegvíz-csatornából a melegvíz-csatornába, a turbina kondenzátorokat megkerülő többlet Duna-víz bekeveréssel történik. A hidegvíz bekeveréshez szükséges többlet hűtővizet a vízkivételi műben elhelyezett többlet szivattyú biztosítja, ami a jelenleg üzemelő blokkok leállítása után a meglévő vízkivételi mű szivattyúival is helyettesíthető. A kondenzátorban felmelegedett hűtővíz és a szükséges mértékben bekevert hidegvíz a meglévő melegvíz csatornán, és a Dunába történő bevezetési helyen elkeveredést javító, megfelelően kialakított műtárgyon keresztül jut vissza a Dunába.

### **Kiegészítő hűtés alkalmazása**

Kiegészítő hűtés alkalmazásakor a felmelegedett hűtővíz megengedhető maximális hőmérsékletének tartása a turbina kondenzátorokat elhagyó felmelegedett hűtővíz mesterséges huzatú cellás hűtőtornyos történő teljesáramú hűtésével történik. A kiegészítő hűtőn átáramoltatott mennyiség optimalizálható. A kondenzátoron átáramoltatott és a kiegészítő hűtőn lehűtött hűtővíz a meglévő melegvíz csatornán, és az elkeveredést javító megfelelően kialakított műtárgyon keresztül jut vissza a Dunába.

### **Értékelés**

Mindegyik vizsgált kiegészítő megoldás alkalmas arra, hogy a Dunába visszajuttatott felmelegedett hűtővíz hőmérsékletét a kívánt 33 °C alatt lehessen tartani.

Paks II. visszaterhelésének korlátozó tényezője a blokkok minimálisan megengedhető, 50 %-os részterhelése, a hidegvíz bekeverésnek a Duna minimális vízhozama mellett a Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes hűtővíz kiemelése, a közös műtárgyak bővíthetősége, az utóhűtésnek pedig a zaj lehet a korlátja. Az alapfeltételezések mellett azonban a korlátozó tényezők műszakilag egyik változatot sem lehetetlenítik el.

A vizsgálatok azt mutatják, hogy a vázolt három megoldás műszaki, gazdaságossági és környezetvédelmi szempontokat egyaránt figyelembe véve különböző előnyöket hordoz, de a jelenlegi ismeretek szerint a blokk villamos teljesítményének átmeneti csökkentése az optimális megoldás, mind az élettartam költség számítások eredményei alapján, mind környezetvédelmi szempontból, mivel nem jelent többlet környezeti kibocsátást, sem többlet területhasználatot. [25]

## **6.3.2 HŰTŐTORNYOS HŰTÉSI RENDSZER**

A létesítendő új blokkokhoz az erőmű meglévő hidegvíz-csatornájának közelében telepített nedves hűtőtornyos hűtőrendszer alkalmazása esetén a hőkibocsátás döntően a légkörbe történik. A Dunából kiemelt, majd vegyszeres kezeléssel átesett vízzel csak a párolgási, cseppelragadási és leiszapolási veszteségek pótlását kell biztosítani.

A nedves hűtőtornyos hűtési rendszer esetén a gőzturbina felületi kondenzátorán keresztül átvezetett hűtővizet visszavezetik a hűtőtornyba és a vízelosztó-esőztető rendszer segítségével oszlatják el egyenletesen a hűtőbetéteken. A hűtőbetéten kialakult vízfilm visszahűl, a vízfilmről a hűtőbetéten ellenáramban átáramló környezeti levegőbe történő párolgás hatására. A nedves hűtőbetéten való átáramlás során fellépő cseppelragadás drasztikus csökkentéséhez a korszerű nedves hűtőrendszerek mindegyikében a hűtőbetétek, illetve fúvókák fölött elhelyezkedő cseppelválasztót alkalmaznak. A lehűtött hűtővíz a hűtőbetétről visszakerül a hűtővíz medencébe, ahonnan keringtető szivattyúk juttatják

vissza a kondenzátorokhoz. A bepárlódás következtében a hűtővíz sótartalma növekszik. Ezért, a túlzott betöményedés elkerülése érdekében a hűtővíz egy részét leiszapolják, és kezelt friss vízzel pótolják. Ugyancsak pótolni kell a cseppelragadás miatt keletkező vízvesztésüket is. A nedvesített felületek sólerakódása és az algásodás elkerülése érdekében a hűtőrendszerben használt hűtővizet vegyszeres kezelésnek vetik alá, valamint az algásodás elkerülése és a kagylók megtelepedésének megakadályozása érdekében biocidokat adagolnak a hűtővízhez.

### 6.3.2.1 Hűtőtornyos hűtési alternatívák vizsgálata

A paksi telephelyen tervezett új atomerőművi blokkoknál alkalmazható hűtőtornyos hűtési lehetőségek elemzésére külön vizsgálatok készültek, [26], [27], [28]. Az alternatívák műszaki, gazdaságossági, környezetvédelmi és társadalmi elfogadottság szempontjai szerint kerültek részletes vizsgálat alá. A vizsgálatok során a hűtőtornyos hűtési rendszereken belül az alábbi műszaki alternatívák kerültek részletesen elemzésre:

- Természetes huzatú nedves hűtőtorny (~186 m magas),
- Természetes huzatú nedves hűtőtornyos hűtés 100 m-re korlátozott hűtőtorny magassággal,
- Természetes huzatú nedves hűtőtornyos hűtés ventilátoros rásegítéssel,
- Hibrid (száraz/nedves) hűtőtornyos hűtés.

A vizsgált alternatívák legfontosabb műszaki jellemzőit az alábbi táblázat foglalja össze 2 x 1 200 MW<sub>e</sub> teljesítményre.

2x1200 MW villamos teljesítményű blokkra	Természetes huzatú	Természetes huzatú korlátozott magassággal	Természetes huzatú ventilátoros rásegítéssel	Hibrid (száraz / nedves) hűtőtornyos hűtés
Hűtőtorny darabszám [db]	2x1	2x5	2x1	2x1
Hűtőtorny magassága [m]	186	100	70	60
Hűtőtorny alap átmérője [m]	136,5	88	150	160
Hűtőtorny torok átmérője [m]	77,5	60	95	74
Hűtőtornyok nettó területfoglalása (két blokkra) [m <sup>2</sup> ]	30 000	61 000	36 000	40 000
Hűtővíz keringtetett térfogatárama [m <sup>3</sup> /h]	2 x 136 820	2 x 5 x 27 364	2 x 136 820	2 x 136 820
Póthűtővíz [m <sup>3</sup> /h]	≈ 2 x 2 900	≈ 2 x 2 900	≈ 2 x 2 900	≈ 2 x 2 600

10. táblázat: A nedves hűtőtornyos hűtési rendszerek műszaki adatai

#### 6.3.2.1.1 Hulladékhő kibocsátás

A szakirodalom alapján a hűtőtornyok hulladékhő és nedvesség kibocsátásának a légkörre gyakorolt hatása főleg lokális léptékben valószínűsíthető, bizonyos időjárási helyzetekben fokozódhat egyes időjárási jelenségek előfordulási valószínűsége (relatív nedvesség növekedés, látástávolság csökkenés, köd, szemerkélő eső, jegesedés, zúzmara), hatással lehetnek a felhő és csapadékképződésre (pl. havazásra), módosíthatják a záporok kialakulásának helyét és a csapadék kihullásának idejét. Hosszabb távon valamelyest befolyásolhatják a kibocsátó környezetének mikroklímáját. A jelenlegi ismereteink szerint a hűtőtornyoknak nincs globális hatása.

Az ipari terület környezetében telepített véderdő és a nagyobb biológiai aktivitású zöldfelület részben kompenzálja a hősziget hatást. Ezek a megoldások nemcsak klimatikus szempontból javasolhatók, hanem más környezeti terhelések (levegőtisztosítás, zaj) csökkentésére és a látványhatások részleges kitakarására is alkalmasak. Téli helyzetekben a preventív szórás és a figyelmeztető meteorológiai előrejelzések operatív felhasználása csökkentheti a fokozott jegesedéssel járó károkat.

A hűtőtornyos hűtési rendszerek hulladékvíz kibocsátása a hűtőtorny medencéjének folyamatos leiszapolásából, valamint a póthűtővíz előkészítési technológiák hulladékvizéből származhat. A kibocsátott hulladékvizek tartalmazzák a hűtőtornyos hűtési rendszerben keringtetett hűtővíz kezeléséhez szükséges vegyszerek sóit, illetve a póthűtővíz készítéshez használt vegyszereket és regenerátumokat.



### 6.3.2.1.2 A vizsgált hűtési megoldások tájképvédelmi elemzése

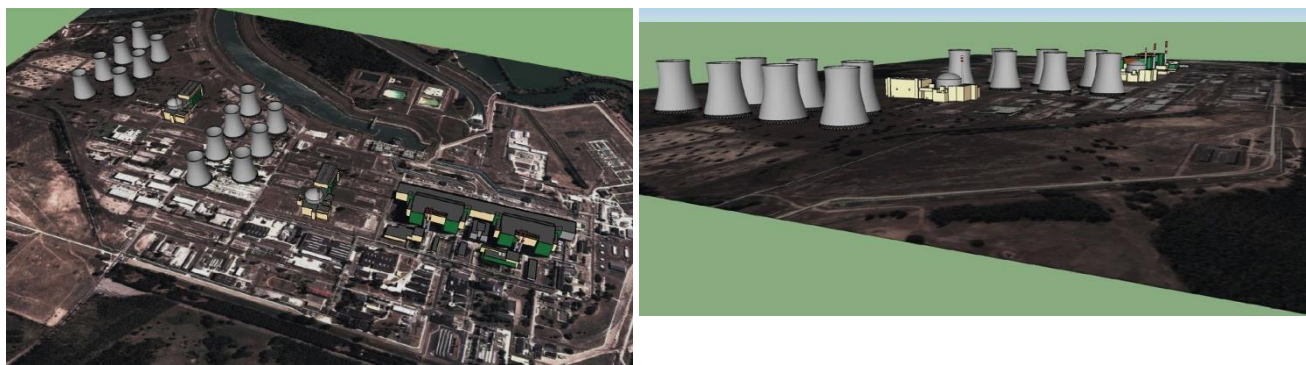
A vizsgált hűtési megoldások tájképvédelmi elemzése és tájképbe illeszthetőségének vizsgálata 2012. első félévében, az akkor vizsgált legkedvezőtlenebb esetre, a 2 x 1 600 MW-ra történt meg. Ennek megállapításai érvényesek a jelenleg vizsgált 2 x 1 200 MW esetében is, annyi eltéréssel, hogy 2 x 1 600 MW-hoz 2x7 db, 2 x 1 200 MW esetén pedig 2 x 5 db természetes huzatú nedves hűtőtornyos telepítésére volna szükség.

#### *Természetes huzatú nedves hűtőtornyos hűtés*

A tájképre gyakorolt hatások tekintetében, valamint a tájba illesztés szempontjából a 2 db 186 m magas természetes huzatú nedves hűtőtornyos a tájképre gyakorolt jelentős hatás miatt rendkívül aggályos, ami elmondható a 100 m magasságúra korlátozott természetes huzatú nedves hűtőtornyos hűtési változatról is.

A természetes huzatú nedves hűtőtornyos tájba illesztése gyakorlatilag nem oldható meg, látványhatása a legerőteljesebb, sem hazai, sem európai példát ilyen mennyiségű és méretű építményre nem találtunk.

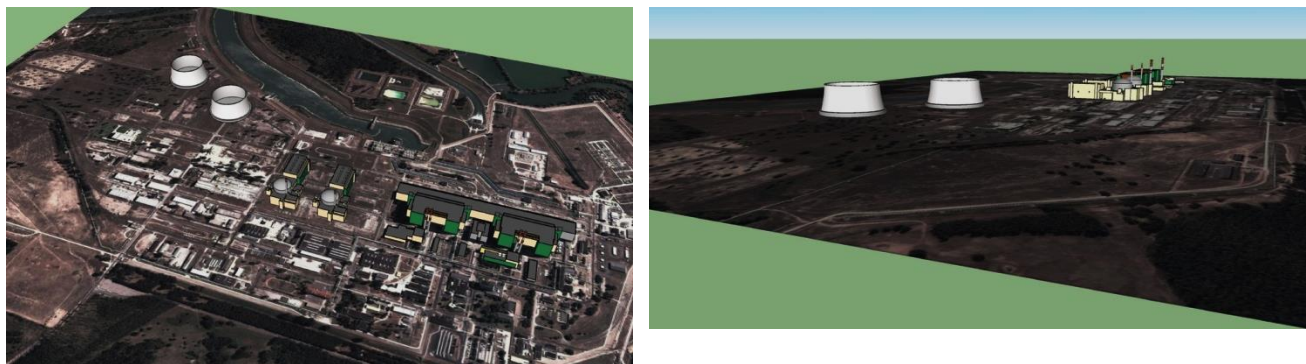
#### *Természetes huzatú nedves hűtőtornyos hűtés, 100 m-re korlátozott hűtőtornyos magassággal*



28. ábra: Természetes huzatú nedves hűtőtornyos, 100 m-re korlátozott magassággal - látványterv (madártávlat és oldalnézet)

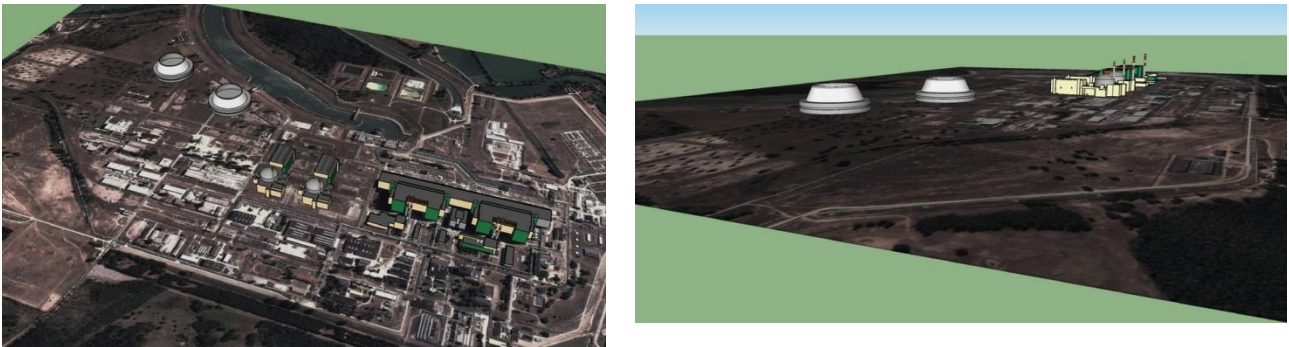
A 2-2 db természetes huzatú nedves hűtőtornyos hűtés ventilátoros rásegítéssel és a hibrid nedves hűtőtornyos hűtés ventilátoros rásegítéssel tájba illeszthető, nem mutatnak számottevő eltérést. A némileg alacsonyabb méretű hibrid hűtőtornyos esetében a párafelhő korlátozottabb láthatósága előnyösebb, viszont nagyobb a területfoglalása.

#### *Természetes huzatú nedves hűtőtornyos hűtés ventilátoros rásegítéssel*



29. ábra: Természetes huzatú nedves hűtőtornyos ventilátoros rásegítéssel - látványterv (madártávlat és oldalnézet)

### Hibrid (száraz/nedves) hűtőtornyos hűtés



30. ábra: Hibrid hűtőtornyos ventilátoros rásegítéssel változat - látványterv (madártávlat és oldalnézet)

### 6.3.3 A FRISSVIZES ÉS HŰTŐTORNYOS HŰTÉSI MÓDOK KÖLTSÉG-HASZON ELEMZÉSE

A két változat beruházási és üzemeltetési (működési) költségei becsülhetők, viszont a társadalmi-gazdasági és környezeti hatások becslése nehézkes, a haszon nehezen számszerűsíthető. Ezért mindkét változatnál olyan műszaki megoldások kerültek kiválasztásra, amelyekkel lehetőleg azonos mértékűek a kockázatok és egyaránt betarthatók a hatályos környezetvédelmi előírások. Bár a környezeti hatások eltérő jellegűek, de jelenlegi ismeretek szerint a társadalmi hatások egyezőnek vehetők. Ennek alapján hasonló kockázati szint, és betartható előírások mellett a két változat közül a legkisebb költségű megoldás kiválasztható.

Az elvégzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy mind a nedves hűtőtornyos, mind a frissvizetes hűtési rendszer megvalósítható, megfelelő műszaki megoldások alkalmazásával a jelenlegi környezetvédelmi előírások betarthatók, az egyes változatoknál figyelembe vehető kockázatok kezelhetők és az egyes megoldások gazdaságossági szempontból rangsorolhatók.

Műszaki szempontból a frissvizetes hűtési rendszer alkalmazásával a tervezett új atomerőművi blokkok hatásfoka és a kinyerhető villamos energia magasabb, mint a hűtőtornyos változatban. További előnyt jelent a meglévő blokkokhoz hasonló frissvizetes hűtési rendszer alkalmazása a rendelkezésre álló üzemeltetési tapasztalat miatt is.

A hűtőtornyot elhagyó pára téli időszakban történő jegesedése károkat okozhat az épített környezetben és veszélyeket rejt a környezet számára.

Kivitelezés szempontjából a frissvizetes hűtési rendszer lényegében olyan műtárgyakkal épül fel, amelyekre van hazai építési és kivitelezési tapasztalat. Ilyen méretű nedves hűtőtornyos hűtési rendszer természetes huzatú technológiával nem létesült még Magyarországon.

Környezetvédelmi szempontból a frissvizetes hűtési rendszernek nincs, vagy minimális a vegyszer felhasználása, ezzel szemben a hűtőtornyos hűtési rendszernek számottevő a vegyszerfelhasználása a póthűtővíz előállításához és a hűtési rendszerben keringtetett hűtővíz vegyszeres kondicionálásához.

Természeti hatások szempontjából a hűtőtornyos hűtési rendszer hűtőtornyainak tájképbe illeszkedése még korlátozott magassággal sem kedvezőbb a nagyobb darabszám miatt. A ventilátoros rásegítésű hűtőtornyos változatok zajterhelése, valamint beruházási és üzemeltetési költsége lényegesen magasabb.

Gazdaságossági szempontból megállapítható, hogy a hűtőtornyos hűtési rendszer teljes élettartam alatti költsége magasabb a frissvizetes hűtéshez képest.

Az elvégzett vizsgálatok eredményeként – a meglévő négy blokknál jelenleg alkalmazotthoz hasonlóan – frissvizetes hűtési rendszer került kiválasztásra. [28]

## 7 A PAKSI TELEPHELYRE TERVEZETT PAKS II. ATOMERŐMŰ JELLEMZŐI, ALAPADATAI

### 7.1 AZ OROSZ VVER BLOKKOK FEJLŐDÉSE

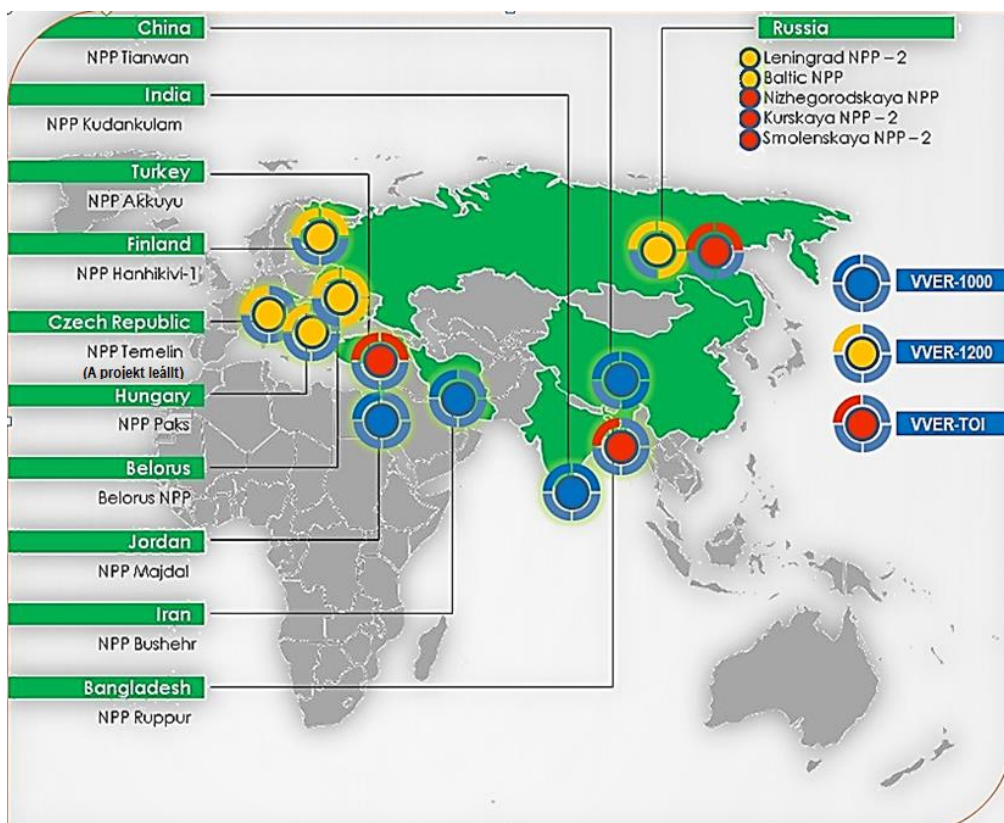
Az orosz gyártó ma elérhető III.+ generációs blokk típusa a VVER-1200.

A blokk 3200 MW termikus és bruttó 1200 MW villamos teljesítményű, emellett 300 MW távhő kapacitással rendelkezik.

A blokknak több változata is elérhető, a típusok közti eltérést a különböző főtervezőjük által megtervezett különböző filozófiájú biztonsági rendszerek okozzák (MIR-1200 – szentpétervári tervezés, AES-2006 – moszkvai tervezés).

A VVER-1200 blokkon alapvetően a gazdaságosság (egységteljesítmény, hatásfok) és a rendelkezésre állás javítása (pl. 92 %-os teljesítmény kihasználási tényező, 60 év üzemidő elérése) irányában történtek fejlesztések. A biztonsági változtatások mellett megtörtént a főkeringtető szivattyúk működésének javítása (az olajkenés kiiktatásával), új, kiegészítő mérget<sup>4</sup> tartalmazó üzemanyag bevezetése, a gőzfejlesztők megbízhatóságának javítása. Az újonnan épített blokkokban integrált, digitális alapú irányítástechnikát alkalmaznak.

A nemzetközileg általánosan elfogadott biztonsági normák, valamint az EUR javaslatok következetes alkalmazásának következtében a VVER-1200-as blokkot az EUR megfelelőnek találta.



31. ábra: Építés alatt lévő és tervezett orosz VVER blokkok [7]

Két-két VVER-1200 típusú blokk épül az Oroszországi Föderációban, a Leningrádi Atomerőműben (Szosznovij Bor), valamint a Novovoronyezsi Atomerőműben, üzembe állásuk 2018-2019 körül várható.

Oroszországi Föderációban a VVER-1200 blokk típussal tervezik a nukleáris kapacitás jelentős bővítését, a tervek szerint 2020-ig 20 000 MWe kapacitást (17 db blokkot) építenek. [29]

<sup>4</sup> A reaktormérgek azok az elemek, amelyek elnyelik a neutronokat (ezáltal csökkentve a sokszorozási tényezőt), anélkül hogy hozzájárulnának a láncreakcióhoz.

## 7.2 A PAKSI TELEPHELYRE TERVEZETT OROSZ BLOKKOK JELLEMZŐI

### 7.2.1 FŐBB TECHNIKAI PARAMÉTEREK

A VVER-1200-as blokkok főbb technikai paramétereit az alábbi táblázat tartalmazza:

Reaktor hőteljesítmény	3 200 MW <sub>th</sub>
Kiadható nettó teljesítmény (függ a választott szekunderköri technológiáktól)	1113 MW <sub>e</sub>
Üzemidő	60 év
Tervezett teljesítmény kihasználási tényező	>90 %
Tervezett főjavítás miatti éves kiesés	20 nap
Önfogyasztás	7,1 %
Felhasználható üzemanyag típusa	UO <sub>2</sub>
Üzemanyagciklus egy kazetta reaktorban eltöltött ideje	54 hónap (3 x 18 hónap)
Kampányhossz	18 hónap
Üzemanyag szükséglet	40,58 t UO <sub>2</sub> / 18 hónap
Fűtőelem szükséglet (üzemanyag + kazetta)	56,4 t / 18 hónap
Friss kazetták száma átrakáskor (egyensúlyi)	76 db
Friss kazetták átlagdúsítása	4,95 % ( <sup>235</sup> U)
Átlagos kiégés az üzemanyag kazettában	47,5 MWnap / kgU
Szabályozhatóság	50 %-100 % között, évi max. 250 db
Hurkok és főkeringtető szivattyúk (FKSZ) száma	4, 4 FKSZ
Primerköri nyomás	162 bar
Reaktor belépő / kilépő hőmérséklet	298,2 / 328,9 °C
Gőzfejlesztő	4 db, vízszintes
Gőzfejlesztő kilépő nyomás	62,7 bar
Primer köri hűtőközeg össztérfogatárama	86 000 m <sup>3</sup> /h

11. táblázat: A VVER-1200 blokk típus fontosabb műszaki jellemzői [13], [30], [31]

### 7.2.2 BIZTONSÁGI CÉLOK ÉS TERVEZÉSI MEGOLDÁSOK

Elérni kívánt biztonsági cél	A cél eléréséhez alkalmazott tervezési megoldás vagy következménycsökkentő eljárás
A tervezési alap kiterjesztéséhez tartozó üzemzavarok kezelése	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kettősfalú konténment</li> <li>- Lehűtőrendszer</li> <li>- Konténment hűtőrendszer</li> <li>- Hidrogén rekombinátorok</li> <li>- Zónafogó csapda</li> </ul>
Korai konténment meghibásodáshoz vezető nagynyomású folyamatok megelőzése	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nyomáscsökkentő szelepek</li> <li>- Hűtőrendszer</li> </ul>
A keletkezett hidrogén kezelése	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rekombinátorok</li> </ul>
Zónaolvadék stabilizálása és hűtése	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zónafogó csapda</li> </ul>
Konténment nyomáscsökkentés	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nagyfelületű hűtők (0–24 óra között)</li> <li>- Mobil berendezések (24–72 óra között)</li> </ul>

12. táblázat: A cél eléréséhez alkalmazott tervezési megoldások vagy következménycsökkentő eljárások [13], [30]

A blokk nukleáris rendszerei kettősfalú konténmentben helyezkednek el. A belső fal biztosítja a konténment hermetikus zárását, míg a külső fal a külső behatásoktól (pl. repülőgép becsapódás) védi a hermetikus teret. A konténment alsó része zónaolvadék csapdaként működik.

Az egyenként 100 %-os kapacitással rendelkező biztonsági rendszereket négy egymástól független csatornába rendezték. Mindegyik biztonsági csatorna energiabetáplálását egy-egy 7,5 MW teljesítményű dízelgenerátor biztosítja.

Üzemzavari esetekben a reaktor és a primerkör hűtését biztosító rendszerek mellett rendelkezésre áll 4 db nagynyomású hidroakkumulátor is, amelyek feladata operátori beavatkozás nélkül az aktív zóna vízzel fedett állapotban tartása nagy primerköri hőhordozó-vesztéssel járó üzemzavarok kezdeti időszakában, míg a zóna üzemzavari hűtőrendszerek (ZÜHR) aktív rendszerei el nem látják feladatukat.

## 7.3 ÜZEMANYAG

A paksi telephelyre tervezett új atomerőművi blokkok tervezett üzemanyaga dúsított urán-dioxid.

Az üzemanyag telephelyre szállítása a vonatkozó jogszabályoknak megfelelő konténerekben, alapesetben vasúton fog történni.

Az első üzemanyag töltetet a kereskedelmi üzem kezdete előtt kb. 1-1,5 évvel szállítják a telephelyre. A kiégett üzemanyag pótlásához (átrakáshoz) szükséges friss üzemanyag 18 hónaponként kerül beszállításra a tervezett 60 éves üzemidő alatt. Stratégiai készletként blokkonként két átrakásnak megfelelő mennyiségű friss üzemanyag kerül raktározásra a telephelyen.

A kiégett fűtőelem-kazetták a reaktorból történő eltávolítást követően a **pihentető medencébe** kerülnek, ahol biztosított a **remanens hő eltávolítása**, míg annak mértéke le nem csökken arra az értékre, hogy a fűtőelem száraz átmeneti tárolásra alkalmas legyen. A pihentető medencében a fűtőelem-kazetta maximum 10 évet tölthet el.

A pihentető medencében történő tárolást követően a kiégett fűtőelemek átmeneti tárolásra kerülnek. Erre jelenleg két lehetőség áll rendelkezésre:

- a használt fűtőelem-kazettákat az Oroszországi Föderáció területére szállítják ideiglenes technológiai tárolás vagy technológiai tárolás és reprocesszálás céljából. A használt fűtőelem-kazettákat, vagy reprocesszálás esetén a nukleáris hulladékot Oroszországi Föderáció területén tárolják ugyanannyi időn keresztül, amely időtartamot a 7. cikk 1. bekezdésében említett megállapodás (szerződés) előír a nukleáris fűtőanyag ellátásra (20 év), ezt követően visszaszállítják Magyarországra
- a használt fűtőelem-kazetták hazai átmeneti tárolása.

Az új blokkok tervezett üzemidejét és az államközi szerződésben rögzített időtartamokat tekintve a kiégett üzemanyag-kazetták átmeneti tárolására a **hazai átmeneti tárolást** vesszük figyelembe, a blokkok telephelyén vagy annak közvetlen szomszédságában. Az átmeneti tárolás addig tart, míg a kazetták közvetlen végleges elhelyezése, vagy a kazetták reprocesszálásából származó nagy aktivitású hulladékok hazai végleges elhelyezése nem biztosított.

Az átmeneti tárolást követően a kiégett fűtőelem-kazetták **közvetlen hazai végleges elhelyezésével** számolunk, tekintettel a következőkre:

- az Atv. szerint a Magyarországon keletkezett hulladék külföldi végleges elhelyezése esetére előírt feltételek egyike – miszerint radioaktív hulladék-tárolójának üzemeltetését a szállítandó radioaktív hulladékokra engedélyezték, már a szállítást megelőzően is üzemeltették – jelenleg nem teljesül
- a tervezett üzemidő hossza miatt az egyéb lehetőségek hosszú távú megvalósíthatósága megkérdőjelezhető, jelentős kockázataik vannak

## 7.4 PRIMERKÖR

A tervezett új atomerőművi blokkok az energiatermelés folyamata alapján alapvetően két fő részre bonthatók, a primerkörre és a szekunderkörre.

A primerkör a reaktor aktív zónájában keletkező hőt a gőzfejlesztőbe juttatja, majd a gőzfejlesztőben keletkező gőz a szekunderkör turbinájában történő átalakulás során munkát végez, ezáltal a turbinára kapcsolt generátorban villamosenergia termelődik.

## 7.5 SZEKUNDERKÖR

A szekunderkör feladata a reaktorban megtermelt hőenergia átalakítása mozgási, majd villamos-energiává. A szekunder oldalon áramló tápvizet a gőzfejlesztők hőátadó csöveiben keringő, 300–320 °C hőmérsékletű primerköri víz felmelegíti és felforralja.

A gőzfejlesztőből kilépő gőz a turbinára kerül, ahol mozgási energiáját kihasználva meghajtja a turbina forgórészét. A turbinában ugyanazon a tengelyen helyezkedik el a nagy- és kisnyomású házak, valamint a generátor

forgórésze. A nagynyomású turbinaházban a gőz hőmérséklete csökken, a gőz nedvességtartalma pedig jelentősen megnő. Emiatt a kisnyomású házba való belépés előtt a gőz ún. cseppleválasztó és gőztúlhevítő berendezésbe kerül, ahol a turbinalapátokat károsító vízcseppeket eltávolítják belőle.

A már munkát végzett (fáradt) gőz a kondenzátorba kerül, ahol több ezer vékony csőben hűtővíz áramlik. A hűtőcsöveken a gőz kb. 25 °C hőmérsékleten kondenzálódik, majd – a hatásfok javítása érdekében alkalmazott – több fokozatú előmelegítőn keresztül a tápszivattyúk visszajuttatják a gőzfejlesztőbe.

A gőzciklus hatásfoka ~37 %.

## 7.6 HŰTÉSI RENDSZEREK

A tervezett új atomerőművi blokkok villamosenergia-termelése mellett a primer- és a szekunderkörben egyaránt keletkezik villamosenergia-termelésre nem hasznosítható hő, aminek elvezetését a hűtési rendszerek biztosítják.

A tervezett új atomerőművi blokkok hűtési rendszerei három fő részre oszthatók.

A **kondenzátor hűtővíz-rendszer** feladata az atomerőművi blokkok *szekunderkör*ben elhelyezkedő *kondenzátorok*ból a gőzkörfolyamat kondenzációs hőjének elvonása a felületi kondenzátorokon keresztül áramoltatott, mechanikusan szűrt Duna-vízzel.

A **technológiai hűtővíz-rendszer** feladata a *szekunderkörüi segédrendszerek*ben keletkező hő elvezetése. A tervezett új atomerőművi blokkok műszaki megoldásában a technológiai hűtővíz-rendszer a zárt, közbenső hűtőkörön keresztül vonja el a turbina-generátor gépcsoport, tápszivattyú, nagyteljesítményű villamos motorok hulladék hőjét. A technológiai hűtővíz-rendszer a kondenzátor hűtővízről ágazik le a turbina gépházban, illetve a felmelegedett technológiai hűtővíz a kondenzátorban felmelegedett hűtővízzel együtt kerül elvezetésre a Dunába.

A **biztonsági hűtővíz-rendszer** feladata az új atomerőmű olyan *primerkörüi fogyasztóinak* (berendezéseinek) hűtővízzel történő ellátása, amelyek a primerkör normál üzemeltetése mellett állandó hűtést igényelnek. A biztonsági hűtővíz-rendszer feladata továbbá a blokkok primerkörének normál üzemi és üzemzavari lehűtése, majd a lehűtött primerkör mellett az üzemanyag remanens hő elvonásának biztosítása a reaktorból, az átrakó létesítményekből és a pihentető medencéből. A biztonsági hűtővíz rendszernek két lehetséges üzemeltetési módja van. Az egyik szerint mesterséges huzatú hűtőcellákon keresztül a környezeti levegőnek adja át a hőt, míg a másik lehetséges üzemeltetési mód szerint frissvízes hűtéssel vonják el a hőt, ekkor a végső hőelnyelő a Duna. A biztonsági hűtővíz-rendszer alapvetően Dunából kiemelt frissvízes üzemeltetési módban üzemel, azonban ha a biztonsági hűtővíz-rendszer bármilyen okból (pl. szélsőséges meteorológiai körülmények, szélsőséges Duna vízszintek, vízi létesítmények biztonsági funkcióvesztést okozó sérülése) nem tudja frissvízes üzemmódban ellátni a biztonsági funkciókat, akkor a hűtőcellás üzemeltetési módra vált át. A tervezett új atomerőművi blokkok biztonsági hűtővíz rendszere – a telephelyi adottságokat figyelembe vevő tervezés függvényében – az üzemidő jelentős részében frissvízes üzemmódban üzemel.

### 7.6.1 DUNA-VÍZ KIVÉTEL

A biztonsági hűtővíz-rendszer kétféle üzemmódjától függően, a Dunából kiemelt vízmennyiségek 64,15 m<sup>3</sup>/s és 66,01 m<sup>3</sup>/s egy blokk esetén, míg két blokk esetén 128,3 m<sup>3</sup>/s és 132,02 m<sup>3</sup>/s. A Duna-víz kivétel és visszavezetés által okozott hatások szempontjából a nagyobb értékek kerültek figyelembe vételre.

A biztonsági hűtővíz-rendszer *frissvízes hűtésű üzemelési módja* esetén a Dunából kiemelt nyersvíz együttes (kondenzátor hűtővíz, technológiai hűtővíz, biztonsági hűtővíz és pótvíz-előkészítő) mennyiségét mutatja az alábbi táblázat.

Megnevezés	Egység	1 x 1 200 MW <sub>e</sub>	2 x 1 200 MW <sub>e</sub>
Kondenzátor hűtővíz*	m <sup>3</sup> /s	61,5	123
Technológiai (szekunderkörüi) hűtővíz [31]	m <sup>3</sup> /s	2,6	5,2
Biztonsági (primerkörüi) hűtővíz [31]	m <sup>3</sup> /s	1,9	3,8
Pótvíz-előkészítő nyersvíz (sótalanvíz készítéshez)	m <sup>3</sup> /s	0,01	0,02
Összes vízkivétel a Dunából	m <sup>3</sup> /s	66,01	132,02
Éves (8760 h), maximális hűtővíz igény	milliárd m <sup>3</sup> /év	2,08	4,16

13. táblázat: Dunából kiemelt vízmennyiségek a biztonsági hűtővíz-rendszer frissvíz hűtésű üzemmódja esetén

## 7.6.2 KONDENZÁTOR HŰTŐVÍZ RENDSZER

A kondenzátor hűtővíz-rendszer – hasonlóan az üzemelő atomerőmű meglévő négy blokkjánál jelenleg alkalmazotthoz – a Dunából kiemelt víz kondenzátoron történő átáramoltatásával vonja el a szükséges hőt. A Duna-vizet a vízkivételi műszivattyúi emelik ki, majd juttatják el megfelelő szűrőkön és vezetéseken keresztül a blokk turbina gépházában elhelyezkedő kondenzátorokig.

Az új atomerőművi blokkok kondenzátor hűtővíz rendszerének megvizsgált változatai alapján műszaki, gazdaságossági környezetvédelmi és természetvédelmi szempontokat szem előtt tartva az öblözeti hűtővíz kiemelés és hűtővíz ellátás, a melegvíz elvezetésére a meglévő hidegvíz-csatorna keresztelése és a meglévő melegvíz-csatorna bővítése került kiválasztásra.

A kondenzátor számára szükséges kondenzátor hűtővíz-rendszer térfogatáram  $\Delta t = 8\text{ °C}$  kondenzátori hőfoklépcső és blokkonként  $\approx 2\,075\text{ MW}_{\text{th}}$  kondenzátorokban elvonandó hő mellett, egy blokk esetén, normál üzemben, várhatóan  $61,5\text{ m}^3/\text{s}$ , két blokk esetén normál üzemben, várhatóan  $123\text{ m}^3/\text{s}$ .

Blokkjeljesítmény	Egység	1 x 1 200 MW <sub>e</sub>	2 x 1 200 MW <sub>e</sub>
Hűtővíz térfogatáram [31]	m <sup>3</sup> /s	61,5	123
Hűtővíz térfogatáram	m <sup>3</sup> /h	221 400	442 800
Hűtővíz felmelegedés a kondenzátorban [31]	°C	8	8
Éves (8760 h), maximális hűtővíz igény	milliárd m <sup>3</sup> /év	1,94	3,88

14. táblázat: Kondenzátor hűtővíz-rendszer mennyiségek

## 7.6.3 TECHNOLÓGIAI (SZEKUNDER KÖRI) HŰTŐVÍZ-RENDSZER

Az atomerőmű szekunderkörének kondenzátorhűtésén kívüli hűtési igényeit a technológiai hűtővíz-rendszer látja el. A technológiai hűtővíz-rendszerhez szükséges hűtővizet a kondenzátor hűtővíz-rendszer szállítja el a turbina gépházig, majd ott egy leágazással egy megfelelően kialakított nyomásfokozó szivattyú juttatja el a technológiai hűtővíz-rendszer fogyasztóihoz. A technológiai hűtővíz-rendszerben felmelegedett hűtővíz a kondenzátor hűtővíz-rendszernek a kondenzátor utáni melegvíz ágába kerül vissza. A technológiai hűtővíz a kondenzátor hűtővízzel együtt jut vissza a Dunába. A technológiai hűtővíz-rendszer hűtőközege Duna-víz, amelyet a kondenzátor hűtővíz rendszerben történő szűrésén kívül további, finomabb mechanikai szűrőkön keresztül áramoltatják a hőcserélők üzembiztonságának fenntartása érdekében. A technológiai hűtővíz-rendszer hőcserélőinek hűtött közeg oldalán, a turbina gépház zárt közbenső hűtővíz rendszerében sótalan vizet keringtetnek.

A technológiai hűtővíz-rendszer 2x100 %-os kialakítású, a rendszer legfontosabb elemeiből 2 párhuzamos egység kerül kiépítésre, megfelelő keresztkapcsolatokkal.

A technológiai hűtővíz-rendszer hűtővíz igénye egy blokk esetén normál üzemben várhatóan  $9\,360\text{ m}^3/\text{h}$ , két blokk esetén normál üzemben várhatóan  $18\,720\text{ m}^3/\text{h}$ . Az átmeneti üzemállapotok (pl. indulás, leállítás) technológiai hűtővíz igénye lényegesen nem tér el a normál üzemi hűtővíz igénytől. A technológiai hűtővíz mennyiségek meghatározása blokkonként  $\approx 86,6\text{ MW}_{\text{th}}$  elvonandó hőteljesítmény mellett és a kondenzátor hűtővízzel azonos,  $8\text{ °C}$ -os felmelegedésre történt.

Blokkjeljesítmény	Egység	1 x 1 200 MW <sub>e</sub>	2 x 1 200 MW <sub>e</sub>
Normál üzemi technológiai hűtővíz térfogatáram	m <sup>3</sup> /s	2,6	5,2
Normál üzemi technológiai hűtővíz térfogatáram	m <sup>3</sup> /h	9 360	18 720
Hűtővíz felmelegedés a technológiai hűtővíz rendszerben	°C	8	8
Éves, maximális technológiai hűtővíz igény	millió m <sup>3</sup> /év	82	164

15. táblázat: Technológiai hűtővíz mennyiségek [32]

## 7.6.4 BIZTONSÁGI HŰTŐVÍZ RENDSZER

Az új atomerőmű primerköri segédrendszereinek hűtését a blokkonként kiépített ún. biztonsági hűtővíz-rendszer látja el. Egy blokkhoz négy egymástól független, de teljesen azonos funkciót ellátó rendszer tartozik, amelyek közül normál üzemben egy redundáns rendszer üzemel, átmeneti üzemállapotban pedig két rendszer üzemel.

Ez a rendszer független a szekunderköri kondenzátor hűtővíz és technológiai hűtővíz-rendszertől, közös létesítmények a hűtővíz ellátásban és elvezetésben várhatóak.

A biztonsági hűtővíz-rendszer hűtővíz igénye egy blokk esetén, normál üzemben várhatóan 6 840 m<sup>3</sup>/h, két blokk esetén 13 680 m<sup>3</sup>/h. Átmeneti üzemállapotokban (pl. indulás, leállítás) egy blokkra, várhatóan 13 680 m<sup>3</sup>/h. Mivel üzemviteli okokból nem várható, hogy két blokk egyidejűleg, átmeneti üzemállapotban lesz, ezért a két blokk egyidejű igénye a 20 520 m<sup>3</sup>/h térfogatáramot várhatóan nem haladja meg. A biztonsági hűtővíz-rendszer hűtővíz mennyiségeinek meghatározása a kondenzátor hűtővízzel azonos, 8 °C-os felmelegedésre történt.

Blokkjeljesítmény	Egység	1 x 1 200 MW <sub>e</sub>	2 x 1 200 MW <sub>e</sub>
Normál üzemi biztonsági hűtővíz térfogatáram	m <sup>3</sup> /s	1,9	3,8
Normál üzemi biztonsági hűtővíz térfogatáram	m <sup>3</sup> /h	6 840	13 680
Átmeneti üzemállapotok hűtővíz térfogatárama	m <sup>3</sup> /h	13 680	20 520
Hűtővíz felmelegedés a biztonsági hűtővíz rendszerben	°C	8	8

16. táblázat: Biztonsági hűtővíz mennyiségek

### Mesterséges huzatú hűtőcellás hűtés

A biztonsági hűtővíz-rendszer egyik lehetséges üzemeltetési módja szerint mesterséges huzatú hűtőcellákon keresztül a környezeti levegőnek adja át a hőt, a végleges hőelnyelő a levegő. Ekkor a biztonsági hűtővíz-rendszer nem Duna-víz átáramoltatásával vonja el a hőt, így az elvont hő sem a Dunába kerül. Ebben az esetben a biztonsági hűtővíz-rendszer kvázi zárt rendszernek tekinthető, a hűtővíz térfogatáramot a biztonsági hűtőcellák és a biztonsági hűtővíz-rendszer hőcserélői között keringtetett hűtővíz jelenti. A rendszer induláskori feltöltése után csak a párolgási, cseppelragadási és leiszapolási vízvesztések pótlása szükséges, amit az atomerőmű pótív-előkészítő technológiája lát el. Az éves póthűtővíz mennyiség minimális, ugyanis a biztonsági hűtőtornyokra vonatkozóan évenként maximálisan egy hónap üzemidőt lehet feltételezni, így az ebből származó Duna-víz igény elhanyagolható az egyéb hűtési célú vízkivételhez képest.

Blokkjeljesítmény	Egység	1 x 1 200 MW <sub>e</sub>	2 x 1 200 MW <sub>e</sub>
Póthűtővíz mennyiség	m <sup>3</sup> /s	0,04	0,08
Éves, maximális póthűtővíz igény (biztonsági hűtés célú Duna-víz igény)	millió m <sup>3</sup> /év	≈0,1	≈0,2

17. táblázat: Biztonsági hűtővíz póthűtővíz mennyiségek biztonsági hűtőtornyok esetén

A biztonsági hűtővíz-rendszer hőjét leadó mesterséges huzatú cellás hűtőtornyok blokkonként 4x100 % kiépítettséggel rendelkezik. (A tartalék mértéke a telephelyre elvégzett biztonsági elemzések eredménye alapján véglegesíthető). Normál üzem alatt blokkonként egy biztonsági hűtőtornyok üzemel, a többi tartalék, míg indulás, leállítás és a blokkok leállítás utáni lehűtésekor blokkonként két biztonsági hűtőtornyok üzemel.

A blokkonkénti 4 db biztonsági hűtőcella a konténment mellett helyezkedik el. A biztonsági hűtőcellák kb. 17 x 35 m alapterületűek, a hűtőcellák teljes magassága kb.15 m, amelyből a cellák magassága kb.13 m, a cellák fölé emelkedő kúrtók magassága kb. 2 m. A hűtőcellák mellett helyezkedik el a biztonsági hűtők szivattyú telepe, amely a hűtővizet keringtető a biztonsági rendszerek és a hűtőcella között. A biztonsági hűtőtornyok ikercellásak, minden hűtőcellában két vízelosztó rendszer és két ventilátor helyezkedik el.

A primerköri biztonsági rendszerekben felmelegedett hűtővizet bevezetik a biztonsági hűtőcellákba és fűvókák segítségével oszlatják el egyenletesen a nedves hűtőbetéteken. A hűtőbetéten kialakuló vízfilm visszahűl a hűtőbetéten ellenáramban átáramló környezeti levegő hatására. A nedves hűtőbetéten való átáramlás során fellépő cseppelragadás csökkentéséhez a hűtőbetétek, illetve fűvókák fölött elhelyezkedő cseppelválasztót alkalmaznak. A lehűtött hűtővíz a hűtőbetétről a hűtővíz medencébe kerül, majd innen a hűtővíz keringtető szivattyúk juttatják vissza a hűtővizet a primerköri biztonsági rendszerekhez. Az elpárolgott és leiszapoló vízmennyiség pótlását a póthűtővíz-rendszer biztosítja, ahol egyben a rendszer üzembiztos működéséhez szükséges vegyszer adagolása is megtörténik.



### Frissvíz hűtés

A biztonsági hűtővíz-rendszer másik lehetséges üzemeltetési módja szerint a biztonsági hűtővíz-rendszer Duna-víz átáramoltatásával vonja el a hőt, így az elvont hő a melegvíz-csatornán keresztül a Dunába kerül. Ebben az esetben a biztonsági hűtővíz-rendszer nyitottnak tekinthető, a hűtővíz térfogatáramot a biztonsági hűtővíz vízkivételi művében kiemelt és a biztonsági hűtővíz-rendszer hőcserélőin keresztül átáramoltatott Duna-víz jelenti. Az éves, maximális hűtővíz igény 8760 h üzemidőre vonatkozik, ugyanis előfordulhatnak olyan üzemévek, amikor a biztonsági hűtővíz-rendszer egész évben „frissvizes hűtés” üzemeltetési módban üzemel.

Blokkjeljesítmény	Egység	1 x 1 200 MW <sub>e</sub>	2 x 1 200 MW <sub>e</sub>
Normál üzemi biztonsági hűtővíz térfogatáram (keringtetett hűtővíz vagy Duna-víz)	m <sup>3</sup> /s	1,9	3,8
Éves, maximális biztonsági hűtővíz igény (Duna vízkivétel esetén)	millió m <sup>3</sup> /év	59,9	119,8

18. táblázat: Biztonsági hűtővíz mennyiségek frissvíz hűtés esetén

A hűtés módja majd a telephelyre elvégzett műszaki és biztonsági elemzések eredménye alapján véglegesíthető, szükség esetén szóróhűtős hűtővíz medencével vagy a kondenzátor hűtővíz rendszertől független vízkivételi műből történő hűtővíz ellátással is megvalósítható a biztonsági rendszerek hűtése.

A biztonsági hűtővíz rendszernek teljesíteni kell a NAÜ és az NBSZ által is előírt követelményt, miszerint a normál üzemi hőelnyelés elvesztése esetén is gondoskodni kell a reaktor remanens hőjének eltávolításáról, még abban az esetben is, amennyiben ez a helyzet külső hatások (földrengés; extrém meteorológiai körülmények (extrém fagy, szélerősség, havazás, repülőgép becsapódás, tűzeset, stb.) eredményeként alakult ki. [32]

## 7.6.5 HŰTŐVÍZ RENDSZEREK VÍZI LÉTESÍTMÉNYEI

### Meglévő, bővített hidegvíz-csatorna

A meglévő hidegvíz-csatornát a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű blokkjai közösen használják. Annak érdekében, hogy 2030-ban, amikor a meglévő 4 db blokk és a tervezett 2 db új blokk együtt kezd üzemelni, a megfelelő mennyiségű hűtővíz hidegvíz-csatornán történő bevezetéséhez szükség van a hidegvíz-csatorna bővítésére, mintegy 1300 m hosszúságban.

### Vízkivételi mű

Az új atomerőművi blokkok új öblözeti vízkivételi művének elhelyezésére a legkedvezőbb hely a Paksi Atomerőmű meglévő hidegvíz-csatorna partján, a meglévő vízkivételi műtől északra, kb. 150 m-re lévő szabad terület. A vízkivételi mű blokkonként 3 x 33 % vagy 4 x 25 % kialakítású kondenzátor hűtővíz szivattyút és szűrő rendszert (két blokkra 6-8 db párhuzamos rendszert) foglal magában. A vízkivételi műben gépi tisztítású gereb, szalagszűrő és megfelelően kialakított zsalutáblák helyezkednek el.

A biztonsági hűtővíz-rendszer frissvizes hűtésű üzemeltetési módja esetén a Duna-vizet a vízkivételi mű épületében elhelyezkedő, blokkonként 4 db biztonsági hűtővíz szivattyú emeli ki. A biztonsági hűtővíz-rendszer vízkivételi műve – telephelyi adottságok figyelembe vételével történő tervezés függvényében – várhatóan az üzemidő jelentős részében üzemel.

### Hűtővíz vezetékek

A kondenzátor hűtővíz-rendszer hűtővize (ami magába foglalja a technológiai hűtővíz-rendszer hűtővizét is) a vízkivételi mű és a turbina gépház között, földalatti csővezetéken keresztül halad kb. 300-400 m hosszú nyomvonalon. A hűtővíz rendszeren átáramló hűtővíz mennyiséghez blokkonként 3 db 3,2 – 4 m átmérőjű csővezeték illeszkedik.

A biztonsági hűtővíz-rendszer hűtővize a kondenzátor hűtővíz rendszerrel párhuzamosan fut a turbina gépházig, majd innen önálló nyomvonalon a biztonsági hűtővíz rendszert magába foglaló épületig. A biztonsági hűtővíz-rendszeren átáramló hűtővíz mennyiséghez blokkonként 4 db 0,5-0,8 m átmérőjű csővezeték illeszkedik.

### **Turbina kondenzátorok és hűtési rendszer hőcserélők**

A kondenzátor hűtővíz-rendszeren keresztül átáramoltatott hűtővíz a turbina kondenzátorokban elvonja a kondenzátorba lépő gőz kondenzációja során elvonandó hőt. Az elvont hő felmelegíti a kondenzátorban lévő hűtővíz csövekben átáramoltatott hűtővizet. A hűtővíz kondenzátorban történő felmelegedése a méretezési állapotban 8 °C.

A technológiai és biztonsági hűtővíz-rendszer esetében a hőcserélőkön keresztül átáramoltatott hűtővíz elvonja a technológiai és biztonsági hűtővíz rendszerhez kapcsolódó közbenső zárt hűtővíz rendszertől a hűtési hőt. Az elvont hő felmelegíti a hőcserélő csövekben átáramoltatott hűtővizet (Duna-vizet). A hűtővíz felmelegedése a technológiai és biztonsági hűtővíz rendszerben a méretezési állapotban – a kondenzátor hűtővíz rendszerhez hasonlóan – várhatóan 8 °C.

### **Melegvíz zárt csatornák**

A turbina gépházától a hidegvíz-csatornáig, majd a hidegvíz-csatorna fölé épített hídon és a híd után a szinttartó bukóig vasbeton csatornán halad a felmelegedett hűtővíz kb. 500 m hosszú nyomvonalon. A felmelegedett hűtővíz magában foglalja a turbina gépházon belül becsatlakozó felmelegedett technológiai hűtővizet és a gépházon kívül becsatlakozó felmelegedett biztonsági hűtővizet (a biztonsági hűtés frissvizes hűtésű üzemeltetési módjában). A hűtővíz rendszeren átáramló hűtővíz mennyiséghez blokkonként 2 db 5 x 3 m szelvényű vasbeton csatorna illeszkedik.

### **Csatorna híd**

A meglévő hidegvíz-csatorna felett egy megfelelően kialakított új csatornahíd vezeti át a felmelegedett hűtővizet a szinttartó bukóig. A csatorna híd előregyártott vasbeton elemekből épül, a pillérei a meglévő hidegvíz-csatorna mederben helyezkednek el. A híd szélessége kb. 25-30 m, legnagyobb támaszköz nem haladja meg az 50 m-t.

### **Szinttartó bukó**

A szinttartó bukó feladata a kondenzátor hűtővíz-rendszer üzembiztos működtetéséhez szükséges kondenzátor hűtővíz oldali nyomás, valamint a melegvíz-visszakeverés lehetőségének biztosítása a hidegvíz-csatornába.

### **Új nyíltfelszínű, trapéz szelvényű csatorna**

A szinttartó bukótól a meglévő melegvíz-csatornáig egy új, trapézszelvényű, nyíltfelszínű, vasbeton melegvíz-csatorna szakasz létesítése szükséges egy új nadrágidommal, amely az új blokkok melegvizét a meglévő melegvíz-csatornára vezeti rá. Az új nyíltfelszínű csatornában a melegvíz gravitációsan folyik a meglévő melegvíz-csatorna felé kb. 500 m hosszú nyomvonalon. Az új nyíltfelszínű csatorna tervezett fenékszélessége 16 m, a csatorna szélessége 80 m (a korona szélessége 50 m), a rézsű meredeksége 1:2, az átlagos vízmagasság kb. 2,5-3 m.

### **Meglévő, bővített melegvíz-csatorna**

Az új nadrágidom után a felmelegedett hűtővíz a meglévő melegvíz-csatorna megfelelően bővített szelvényén jut el a visszavezető műtárgyig. A felmelegedett hűtővíz a megfelelően bővített melegvíz-csatornán keresztül gravitációsan jut vissza a Dunába.

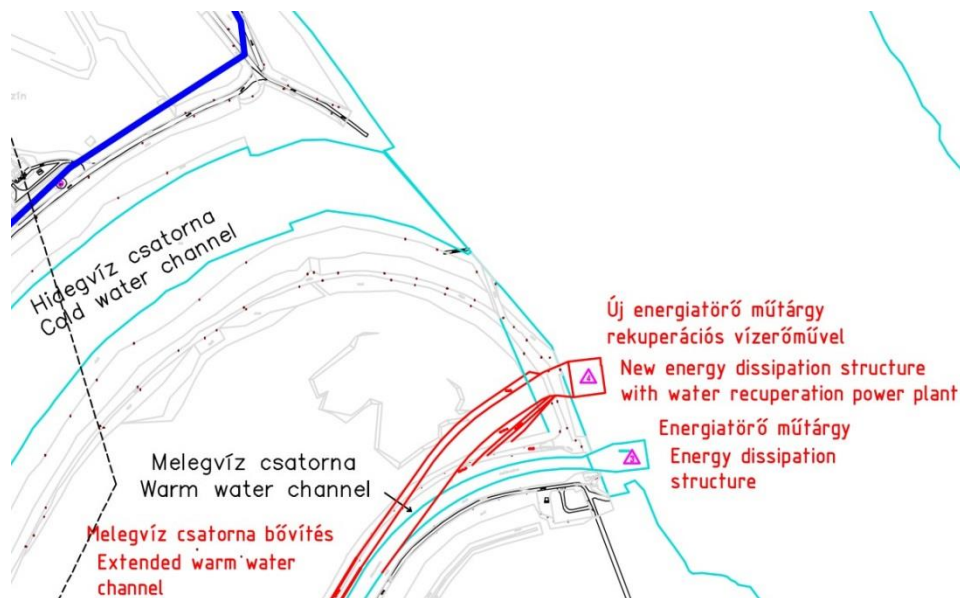
A meglévő melegvíz-csatornát a Paksi Atomerőmű létesítésekor olyan módon alakították ki, hogy alkalmas legyen a Paksi Atomerőmű és az akkor tervezett 2 x 1 000 MW-os bővítés melegvíz mennyiségének elvezetésére is. Ennek alapján a melegvíz-csatorna méretezési kapacitása 220 m<sup>3</sup>/s volt. A tervezett 2 x 1 200 MW teljesítményű blokkokhoz a melegvíz-csatorna alkalmasságának vizsgálata megtörtént, figyelembe véve a várható Duna-vízszinteket és a Paksi Atomerőmű meglévő szinttartó bukójának melegvíz-csatornában lévő legnagyobb vízszintekre vonatkozó korlátozó hatását.

Annak érdekében, hogy 2030-ban, amikor már együtt üzemel a meglévő 4 db blokk és a tervezett 2 db új blokk, a melegvíz-csatorna el tudja majd vezetni a 6 blokk melegvizét, a melegvíz-csatorna bővítésére van szükség. Mivel a 2025-ben belépő blokkok vízmennyisége jelentősen megnövelné a melegvíz-csatorna vízszintet és megnehezítené a melegvíz-csatorna bővítési munkálatok elvégzését, ezért a 2030-ban szükségessé váló csatornabővítést az első blokk üzembe lépésének idejére, 2025-re célszerű elvégezni.

### Meglévő energiatörő műtárgy második bevezetési ponttal

A meglévő 4 db blokk és a tervezett 2 db új blokk melegvíz mennyiségének megfelelően kialakított új energiatörő műtárgyval biztosítható a melegvíz Dunába történő bevezetése.

A második bevezetési pont kialakítása több előnnyel jár a meglévő energiatörő műtárgy bővítésével szemben. A hidegvíz-csatorna, valamint a melegvíz-csatorna torkolata által közrezárt területen történő második bevezetésnél kialakított műtárgy és az abban elhelyezett rekuperációs erőmű alkalmazásával javítható a bebocsátott melegvíz Dunában történő elkeveredése és jelentős mennyiségű villamos energia nyerhető vissza a Natura 2000 területek érintettségének minimalizálása mellett.



32. ábra: Meglévő energiatörő műtárgy és a második, új bevezetési pont helyszínrajza

#### 7.6.5.1 Rekuperációs vízerőmű

Az atomerőműből induló melegvíz-csatorna duzzasztásával olyan mértékű esés biztosítható a melegvíz-csatorna dunai torkolatánál, ami alkalmas összesen ~7-8 MW névleges beépített teljesítményű vízturbinák működtetésére. A Duna vízjárását és a blokkok üzemét figyelembe véve az éves szinten megtermelhető villamos energia közel 35 GWh.

A rekuperációs vízerőmű felvív oldali duzzasztott vízszintjét a melegvíz-csatorna végében beépített zárógát hozza létre, melyben a vízturbinák és a közvetlen kiszolgáló létesítményei is helyet kapnak. Ide tartoznak a víz útját meghatározó elzáró szerkezetek és a működtetésük elemei, a kiszolgáláshoz és karbantartáshoz szükséges emelő-berendezések és segédlétesítmények. A vízerőmű mellett önálló villamos épületben kapnak helyet a villamos és irányítástechnikai berendezések, a kapcsolószekrények és transzformátorok. Ide érkeznek az erőművi kapcsolatot biztosító kábelek és a termelt villamos energia kiadására szolgáló távvezetékek. Itt kapnak helyet a segédenergiát ellátó berendezések, a kompresszor és az olajállomás.

A rekuperációs vízerőmű rendelkezik olyan túlfolyó létesítménnyel, ami a vízturbinák kiesésekor vagy karbantartásakor az atomerőműből érkező mindenkor maximális hűtővíz mennyiséget visszahatásmentesen el tudja vezetni és biztonságosan vissza tudja juttatni a Dunába.

A vízerőmű kerítéssel körülvett önálló létesítmény, ami folyamatos kezelői jelenlétet nem igényel. A vagyonbiztonságot fizikai gát és jelzőrendszer biztosítja.

## 7.7 SEGÉDRENDSZEREK, SEGÉDLÉTESÍTMÉNYEK

### 7.7.1 SÓTALANVÍZ

A tervezett blokkok bővítésével kapcsolatban új vízelőkészítő mű létesítése tervezett 3x100 % kapacitással, amit a szükséges redundanciák biztosítása indokol. A rendszer legfontosabb elemeiből 3 párhuzamos egység kerül kiépítésre, megfelelő keresztkapcsolatokkal.

A pótvíz-előkészítés technológiai folyamata a következő részfolyamatokból áll: derítés, multimédiás szűrés, membrános sótalánítás és szükség esetén ioncserés utósótalánítás. A membrános sótalánítási eljárás három további alrészből tevődik össze, ezek az ultraszűrés, a fordított ozmózis elven működő sótalánítás és az elektro-deionizációs sótalánítás. A pótvíz-előkészítési folyamat lényege a membrános sótalánítás, amelynek fontos jellemzője, hogy a hagyományos meszes-lágyítás és ioncserés sótalánító eljáráshoz képest legalább egy nagyságrenddel kisebb a vegyszerfelhasználása, ezáltal a keletkező hulladékvizekkel kibocsátott vegyszerek mennyisége nagymértékben csökkenthető. A pótvíz-előkészítő látja el a biztonsági hűtővíz-rendszer hűtőtornyai számára szükséges póthűtővizet. A póthűtőviznek megfelelő vízminőséget a pótvíz-előkészítő közbenső folyamatából, a membrános sótalánítás folyamat után lehet kinyerni. Emiatt a pótvíz-előkészítő elő szakasza nagyobb kapacitású (póthűtővíz tárolástól és hűtőtornyok vízminőségi követelményétől függően), a finom sótalánításon csak a primer és a szekunderköri sótalánvíz igényeknek megfelelő vízmennyiség esik át.

A biztonsági hűtővíz-rendszer két lehetséges üzemeltetési módjától függően a pótvíz-előkészítőnek is két lehetséges üzemmódja van. Mivel a biztonsági hűtővíz-rendszer hűtőtornyos üzemeltetési módja rövid ideig áll fenn (évente néhány nap, várhatóan maximálisan egy hónap), ezért a pótvíz-előkészítő vízmérlegét a jellemző üzemmódra adjuk meg, amikor a biztonsági hűtővíz-rendszer frissvízes hűtésű és nincs szükség póthűtővizre.

A pótvíz-előkészítő nyersvíz igénye a fentiek alapján, egy blokk esetén normál üzemben várhatóan 36 m<sup>3</sup>/h, két blokk esetén normál üzemben várhatóan 72 m<sup>3</sup>/h. A tervezett két blokkra együttesen az éves nyersvíz igény várhatóan nem haladja meg a 640 ezer m<sup>3</sup>-t.

Megnevezés	Mértékegység	1x1 200 MW	2x1 200 MW
Nyersvíz (Duna-víz)	m <sup>3</sup> /s	0,01	0,02
Nyersvíz (Duna-víz)	m <sup>3</sup> /h	36	72
Hulladékvíz	m <sup>3</sup> /h	12	24
Termelt sótalánvíz	m <sup>3</sup> /h	24	48

19. táblázat: Pótvíz előkészítő normál üzemi vízmérlege

A sótalánvíz tároló és elosztó rendszer feladata a sótalánított víz tárolása és eljuttatása a primerkör, turbina gépház és segédlétesítmények megfelelő sótalánvíz fogyasztóihoz. A pótvíz előkészítőnek és a sótalánvíz tároló létesítményeknek együttesen kell az egyidejűleg fellépő maximális sótalánvíz igényeket kielégíteni. Az új atomerőművi blokkok sótalánvíz igénye egy blokk esetén normál üzemben várhatóan 24 m<sup>3</sup>/h, két blokk esetén normál üzemben várhatóan 48 m<sup>3</sup>/h. Az átmeneti üzemi állapotokban előforduló nagyobb sótalánvíz igényeket a sótalánvíz tároló tartályból látják el. Mivel az átmeneti üzemi állapotok ideje néhány nap évente, ezért a normál üzemi sótalánvíz igény a meghatározó. A tervezett két blokkra együttesen az éves sótalánvíz igény várhatóan nem haladja meg az 420 ezer m<sup>3</sup>-t.

Az új atomerőművi blokkok közös pótvíz-előkészítőjének hulladékvize normál üzemben egy blokk esetén várhatóan 12 m<sup>3</sup>/h, két blokk esetén várhatóan 24 m<sup>3</sup>/h. A tervezett két blokkra együttesen az éves pótvíz-előkészítő hulladékvíz várhatóan nem haladja meg a 220 ezer m<sup>3</sup>-t.

A pótvíz-előkészítőben az egyes technológiai részfolyamatokban keletkező hulladékvizeket összegyűjtik és egy átmeneti hulladékvíz gyűjtő tartályban tárolják. A különböző folyamatból érkező hulladékvizeket összekeverik, és kibocsátás előtt ellenőrzik, hogy megfelel-e a kibocsátási követelményeknek. Szükség esetén vegyszeres semlegesítés történik. A hulladékvíz az erőmű technológiai hulladékvíz rendszerébe kerül elvezetésre. [32]

## 7.7.2 TECHNOLÓGIAI HULLADÉKVÍZ

### 7.7.2.1 Primerköri radioaktív hulladékvíz kezelő rendszer

A primerkör hulladékvíz rendszere gyűjti, kezeli és tárolja a normál üzem során keletkező radioaktív hulladékvizeket. Ez a rendszer fogadja a turbina gépház rendszereinek esetlegesen radioaktív hulladékvizeit is (pl. gőzfejlesztő tápvíz oldali leiszapolás).

A folyékony radioaktív hulladékkezelés egyik alapvető feladata a különböző hulladékvíz fajták szelektív gyűjtése a hulladékvizek alapvető fizikai és kémiai tulajdonságai és szennyezettsége alapján. A szelektív hulladékvíz gyűjtés az aktív és az inaktív hulladékvizek elkülönítésével lényegesen csökkenti a végleges elhelyezésre kerülő különböző kategóriájú hulladékok mennyiségét. A radioaktív vizek legnagyobb része a szükséges tisztítási műveletek után visszakerül a primerkör megfelelő technológiai folyamatába. A technológiai folyamatba vissza nem vezethető radioaktív hulladékvizek egy tisztító technológiai soron haladnak keresztül, aminek végeredményeként az elkülönített aktív szennyezőket besűrítik, és megfelelő formában tárolják. A radioaktív hulladékvíz kezelése és ártalmatlanítása után kapott tisztított és ellenőrzött radionuklid koncentrációjú hulladékvíz a primerköri hulladékvíz rendszerből az ellenőrző tartály után egy ellenőrzött kidobó vezetéken keresztül jut a melegvíz-csatornába.

A radioaktív hulladékvíz rendszer várható maximális napi és éves átlagos tisztított hulladékvíz kibocsátása látható az alábbi táblázatban.

Megnevezés	Mértékegység	1x1 200 MW	2x1 200 MW
Normál üzemben	m <sup>3</sup> /h	5	10
Éves hulladékvíz mennyiség	ezer m <sup>3</sup> /év	44	88

20. táblázat: Primerköri folyékony radioaktív hulladékok mennyisége [32]

### 7.7.2.2 Turbina gépház hulladékvíz kezelő rendszer

A turbina gépház hulladékvíz kezelő rendszere gyűjti és dolgozza fel a turbina gépház és segédlétesítmények hulladékvizét. Ez a rendszer kizárólag a nem radioaktív hulladékvizeket kezeli.

A turbina gépház hulladékvíz kezelő rendszer három fő alrendszerre bontható:

- zárt kondenzátum gyűjtő rendszer,
- csurgalékvíz gyűjtő rendszer,
- ipari hulladékvíz rendszer.

A turbina gépház zárt kondenzátum gyűjtő rendszer hulladékvize normál üzemben visszakerül a tápvízrendszerbe, nem jelenik meg hulladékvizként. A csurgalékvíz gyűjtő rendszer és ipari hulladékvíz rendszer hulladékvize megfelelő tisztítás, semlegesítés vagy olajmentesítés után kerül ki hulladékvizként. A hulladékvizek mennyiségét az alábbi táblázat mutatja.

Megnevezés	Mértékegység	1x1 200 MW	2x1 200 MW
Normál üzemben	m <sup>3</sup> /h	20	40
Éves hulladékvíz mennyiség	ezer m <sup>3</sup> /év	175	350

21. táblázat: Turbina gépház folyékony hulladék mennyisége

A tervezett két blokkra együttesen a turbina gépház és segédlétesítmények éves hulladékvíz mennyisége várhatóan nem haladja meg a 350 ezer m<sup>3</sup>-t.

A hulladékvíz rendszer által gyűjtött hulladékvizeket megfelelő ellenőrzés és a kibocsátási határértékek teljesülése után az erőmű turbina gépház hulladékvíz rendszere a melegvíz-csatornába juttatja. [32]

### 7.7.3 BIZTONSÁGI HŰTŐTORNYOK HULLADÉKVIZE

A biztonsági hűtővíz-rendszer hűtőtornyos üzemeltetési módja esetén a hőleadás során, a hűtőtornyban történő párolgás és a hűtőtornyba a levegővel bejutó szennyeződések miatt a hűtővíz-rendszer folyamatos leiszapolása szükséges a hűtővíz betöményedése és a hűtővíz szennyezőanyag koncentrációjának szinten tartása miatt. A biztonsági hűtőtorny üzeme esetén szükséges leiszapolásból származó hulladékvíz a felmelegedett kondenzátor hűtővízzel együtt a melegvíz elvezető csatornákon keresztül a Dunába kerül. Mennyisége több nagyságrenddel kisebb, mint a kondenzátor hűtővizé.

A biztonsági hűtővíz-rendszer hűtőtornyos üzemeltetési módja esetén keletkező hulladékvíz a hűtőtorny leiszapolásából származik. A leiszapolt víz lényegében a pótvíz-előkészítőben részben sóatlanított víz hűtőtornyban történő párolgás miatti betöményedésével adódik. Az alábbi táblázat mutatja a hűtőtornyok hulladékvíz mennyiségét órás és éves szinten várható felbontásban az üzemeltetésre tett feltételezések mellett.

Megnevezés	Mértékegység	1x1 200 MW	2x1 200 MW
Biztonsági hűtőtorny hulladékvíz leiszapolásból	m <sup>3</sup> /h	36	72
Éves maximális hulladékvíz mennyiség (max. 1 hónap üzemidővel)	ezer m <sup>3</sup> /év	26	52

22. táblázat: Biztonsági hűtőtornyok maximális hulladékvíz mennyisége leiszapolásból

A tervezett két blokkra együttesen a biztonsági hűtővíz-rendszer hűtőtornyos üzemeltetési módjából származó éves hulladékvíz mennyisége várhatóan nem haladja meg az 52 ezer m<sup>3</sup>-t.

A keletkező hulladékvizeket megfelelő ellenőrzés és a kibocsátási határértékek teljesülése után az erőmű hulladékvíz rendszere a melegvíz-csatornába juttatja.

### 7.7.4 IVÓVÍZ - KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZ

Forrás: Döntés előkészítő elemzés a paksi telephelyen létesítendő új atomerőmű blokkok ivóvíz-betáplálása, illetve szennyvíz-elvezetése témakörökben, MVM ERBE Zrt., 2013. [6-10]

A vizsgálatok alapján az új erőmű ivóvíz-ellátásának kiépítésére műszaki és gazdasági szempontból is a Csámpai vízmű és segédrendszerei, a kommunális szennyvíz-elvezetéssel kapcsolatban pedig a Paksi Atomerőmű területén üzemelő szennyvízkezelő műtárgy és segédrendszerei adódtak az optimális megoldásnak.

A szükséges maximális ivóvíz-mennyiség az első blokk megkezdett üzemelési és a második blokk ezzel egyidejű létesítési időszakában jelentkezik, amelynek maximális mennyisége 646 m<sup>3</sup>/nap, a keletkező maximális szennyvíz mennyiség ennek a 95 %-a, azaz 614 m<sup>3</sup>/nap.



33. ábra: A csámpai vízműtelep elhelyezkedése [33]

### 7.7.5 CSAPADÉKVÍZ

Az új atomerőművi blokkok udvarteréről és tetőkről lefolyó csapadékvizek, valamint az egyéb területekről összegyűjtött, nem szennyezett felszíni vizek közvetlenül a melegvíz-csatornába kerülnek.

Az üzemi területen tiszta, valamint potenciálisan olajjal szennyezett csapadékvíz hálózatot különböztetünk meg. A potenciálisan olajjal szennyezett csapadékvizek összegyűjtése érdekében megfelelő méretű olajfogók kerülnek kialakításra a felszíni parkoló területeken. A transzformátor alapok megfelelő esővíz tároló kapacitású aknákkal, olajszivárgás esetére olajfogó rendszerrel lesznek kiépítve. Az olajtartály környezetéből összegyűjtött csapadékvíz szintén olajfogón keresztül kerül elvezetésre. Az olajtól megtisztított csapadékvizek a tiszta csapadékvízzel együtt kerülnek elvezetésre.

### 7.7.6 TŰZIVÍZ

Az új atomerőművi blokkok egy közös tűzvíz hálózattal rendelkeznek, amely az új blokkok nyersvíz rendszeréről kapja a víz utánpótlást. A nyersvíz rendszertől a maximálisan 380 m<sup>3</sup>/h nyersvíz csővezetéken jut el a tűzvíz rendszer medencéhez. A tűzvíz ellátó rendszer a későbbiekben elkészülő tűzvédelmi tervnek megfelelően lesz kialakítva.

### 7.7.7 VEGYSZERLEFEJTÉS ÉS TÁROLÁS

A tervezett új atomerőmű saját vegyszerlefejtő és tároló állomással rendelkezik. A vízelőkészítő épületben, külön helyiségben kialakított vegyszerlefejtő és tároló állomás fogadja, lefejtja, tárolja és kezeli az erőmű által felhasznált összes vegyszert. A vegyszerekből - az erőmű normál üzemállapotára vonatkozó vegyszerfelhasználást alapul véve - legalább 30 napra elegendő mennyiség tárolása szükséges. Annak érdekében, hogy vegyszerek ne kerülhessenek ki a környezetbe megfelelő kármentő medencék lesznek kialakítva. A vegyszertároló épületben, a vegyszertartályok körül vegyszergyűjtő medencék és padló összefolyók lesznek kialakítva, ahonnan az esetlegesen elfolyó vegyszerek semlegesítésre a vegyszeres hulladékvizek kezelőbe jutnak. A vegyszertároló tartályoknál megfelelő vegyszertovábbító szivattyúk lesznek telepítve. A nem folyékony halmazállapotú vegyszerek szállításához megfelelő pneumatikus rendszer lesz kialakítva. A tárolt vegyszer kiserelt mennyisége targoncával vagy emelővel lesz továbbítva.

Megnevezés	Tárolt mennyiség
<b>Hidrazin és ammónia tároló</b>	
Ammónium-hidroxid	1 m <sup>3</sup>
Hidrazin	3 t
<b>Hidrogén tároló</b>	13 m <sup>3</sup>
<b>Vegyszer raktár</b>	
Salétromsav	4 m <sup>3</sup>
Kénsav	7 m <sup>3</sup>
<b>Vízkezelő üzem</b>	
Sósav	53 m <sup>3</sup>
Nátrium-hidroxid	40 m <sup>3</sup>
<b>Bőr tárolás</b>	2 x 3 t

23. táblázat: Vegyszer tárolás az üzemelés időszakában

### 7.7.8 DÍZELGENERÁTOROK

A biztonsági rendszerek üzemzavari villamos energia betáplálását 4 db, egységenként ~7,5 MW<sub>e</sub> teljesítményű dízelgenerátor biztosítja blokkonként, az egységenként bevitt tüzelőhő 18,75 MW<sub>th</sub>. A dízelgenerátorok bármelyike képes biztosítani a szükséges villamos energia betáplálást egy esetleges vészleálláshoz. A biztonságos leállás érdekében blokkonként 168 órás folyamatos dízelgenerátor üzemet kell biztosítani. Az így szükséges tároló kapacitás összesen (42 MJ/kg fűtőérték; 0,83 kg/l fajsúly és 40 % hatásfok mellett) ~325 m<sup>3</sup> 1 dízelgenerátor üzeméhez. A biztonságos üzemanyag ellátás redundanciájának biztosítása érdekében azonban minden dízelgenerátor egység külön-külön üzemanyag tartállyal fog rendelkezni, melyek egyenként biztosítják a 168 órás üzemhez szükséges dízel

üzemanyag mennyiséget. Ennek megfelelően  $8 \times 325 \text{ m}^3$  (azaz összesen  $2600 \text{ m}^3$ ) dízel üzemanyag tárolásához megfelelő kapacitás fog létesülni a dízelgenerátorok épületeiben.

A dízelgenerátorok - normál üzemi körülmények között - tervezetten csak testüzemben működnek, egységenként havonta átlagosan 8 órát, külön-külön, az éves testüzem ideje max.  $8 \times 8 \times 12$ , azaz 768 óra.

### 7.7.9 SEGÉDKAZÁN

A létesítés során valamint az üzemeltetési időszakban a blokk indításának meggyorsításához szükséges gőzigények biztosítására 2 db, egyenként 15 MW teljesítményű villamos segéd gőzkazán kerül telepítésre. A kazánok a 10 kV-os villamos hálózatról lesznek meg táplálva és  $46 \text{ t/h}$   $12 \text{ bar}$  /  $192^\circ\text{C}$ -os gőzt tudnak biztosítani együttesen. [34]

### 7.7.10 ÉPÜLETGÉPÉSZET

Az atomerőművi szellőző rendszerek biztosítják a radioaktív anyagok létesítményen belüli elterjedésének megakadályozását vagy csökkentését, a személyzet és / vagy a berendezések számára szükséges, a minősített állapot fenntartását szolgáló klimatikus viszonyokat.

### 7.7.11 SÚRÍTETT LEVEGŐ RENDSZER

A primerköri és szekunderköri sűrített levegő igényt kompresszorállomások és légszárító berendezések szolgáltatják. Általában, blokkonként két-két sűrített levegő ellátó állomás szolgálja ki a primerkört, és a szekunderkört.

### 7.7.12 TÁVHŐ RENDSZER

A Paksi Atomerőmű jelenleg üzemelő városfűtési rendszerének feladata:

- a lakótelepen elhelyezett hőközpontok hőcserélőinek primer oldali forróvízellátása, ezzel a lakótelep fűtésének biztosítása;
- Paks város használati melegvíz ellátása, illetve az erőműi fűtési rendszer meg táplálása.

A városfűtési csúcsigények kb.  $30 \text{ MW}_{\text{th}}$ -ra tehetők, a jelenlegi rendszer túlméretezett, bizonyos tartalékkal rendelkezik. A városfűtési rendszer hálózat jelleggel került kiépítésre, előremenő és visszatérő gerincvezetékekkel (névleges előremenő / visszatérő hőmérséklet:  $130 / 70^\circ\text{C}$ , tartós hideg esetén  $150 / 70^\circ\text{C}$ ).

A városfűtési rendszer három fő egysége:

- Hőközpontok (hőcserélők);
- Keringtetési rendszer;
- Pótvíz rendszer.

Az új blokkok létesítésével a városfűtési rendszer kiépítése a jelenleg üzemelő rendszerrel egyenértékűre tervezett, azaz az újonnan telepítésre kerülő turbinák megcsapolásairól a gőz egy közös osztóra kerülne, majd az osztó után kerülnének telepítésre a hőcserélők a hőigények alapján kb.  $30 \text{ MW}$  teljesítmény figyelembe vétele mellett. A komplett rendszer hőcserélők, keringtetés, osztók egy különálló épületrészben (épületben) kerülhetnek elhelyezésre. [35]

## 7.8 IRÁNYÍTÁSTECHNIKA

Az irányítástechnikai rendszer feladata az erőmű energiatermelési folyamatainak biztonságos és megbízható irányítása, a meghibásodás, üzemzavar, illetve baleseti valószínűség elfogadható szintre történő csökkentése. Az irányítástechnikai rendszer a technológiai, illetve energiatermelési folyamatokat teljes körűen felügyeli, automatikusan irányítja, rendellenes jelenségekről jelzést generál, illetve a redundáns megoldások révén kezeli.



Az erőmű működéséhez szükséges, de a természeti környezet, illetve a lakosság számára terhelést, illetve kockázatot jelentő folyamatok, berendezések folyamatos ellenőrzését a technológiai folyamatok irányításától független monitoring eszközök és rendszerek biztosítják.

## 7.9 VILLAMOS RENDSZEREK

Az új blokkok erőmű oldali villamosenergia-rendszerét a környezeti terhelések szempontjából a három darab egyfázisú főtranszformátor, a két darab háromfázisú háziüzemi transzformátor és az egy darab háromfázisú tartalék hálózati/indító transzformátor alkotja blokkonként. [36]

### Főtranszformátor

*Hatásos teljesítmény: min. 1 200/3 MW (~1 500/3 MVA)*

*Mennyisége: 3 db egyfázisú*

*Olajmennyisége: ~ 90 tonna / egyfázisú transzformátor; ~270 tonna / 3 db egyfázisú transzformátor*

*Maximális zajterhelés: ~75 dB / transzformátor*

### Normál háziüzemi transzformátor

*Hatásos teljesítmény: ~70 MW (~90 MVA)*

*Mennyiség: min. 2 db*

*Olajmennyisége: ~33 tonna / transzformátor; ~66 tonna / 2 db*

*Maximális zajterhelés: ~70 dB / transzformátor*

### Tartalék hálózati / indító transzformátor

*Célszerűen javasolt legalább egy, a normál háziüzemi transzformátorral azonos teljesítményű transzformátorral számolni blokkonként.*

*Hatásos teljesítmény: ~70 MW (~90 MVA)*

*Mennyiség: 1 db*

*Olajmennyisége: ~33 tonna*

*Maximális zajterhelés: ~70 dB*

A felsorolt fő-, háziüzemi és tartalék transzformátorok becsült olajmennyisége összesen: ~370 tonna / blokk

A transzformátorok alatt kármentők kerülnek kialakításra, az esetleges olajszennyezés megakadályozására.

## 7.10 ÉPÍTÉSZET

### 7.10.1 A TERVEZETT BLOKKOK ALAPOZÁSI SZINTJEI

A vizsgálati területen 10 méter mélységig általában finomszemű, kis kohéziójú, laza törmelékes üledékek alkotják a földtani közeget. A finomabb szemcsés üledékek általában változó konzisztenciájú, kis plaszticitású kompresszibilis, kis teherbírású rétegek. Alattuk, a homokos ártéri képződmény közepesen tömör, alapozásra alkalmas, teherbírása megfelelő, szemcseeloszlása miatt azonban erózióra érzékeny és dinamikus hatásokra (pl. földrengések) víz alatt folyósodásra hajlamos. Az iszapos, agyagos lencsék felett a lefelé szívargó csapadékvíz megrekedve ún. függővíz lencsét hozhat létre. A függővizek szintje átlagos talajvízálláskor mindig magasabban van a talajvízszintnél.

A létesítendő Paks II. Atomerőmű általános  $\pm 0,00$  szintjét 97 mBf szinten vettük fel.

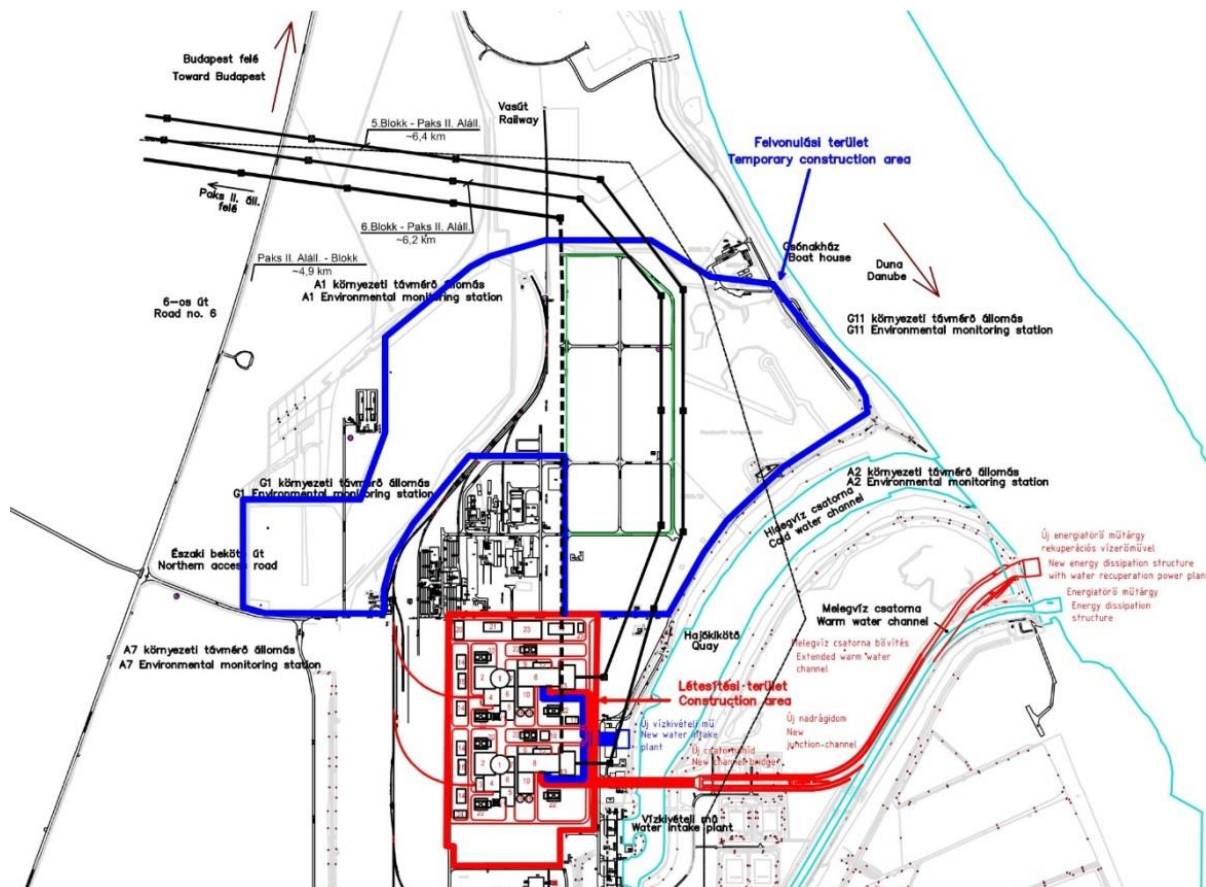
A feltételezett kiinduló alapadatokat figyelembevételével a becsült alapozási mélységek a következők:

- ❖ Reaktor épületegyüttes (nukleáris sziget), turbina épület, dízel generátorok és egyéb, a biztonsági rendszer részét képező épületek. Becsült alapozási mélységük - a technológia helyigényéből, illetve a turbógépcsoport jelentős dinamikus terheiből adódóan - ~14-20 m-en várható. Ezekben a helyeken vasbeton cölöpökre támaszkodó lemezalapozást feltételezünk.

- ❖ Egyéb, a biztonsági rendszer részét nem képező épületek. Az egyéb különálló, jelentős dinamikus igénybevételt okozó technológiai berendezéseket nem tartalmazó épületek esetében mélyített síkalapozást, vagy részleges talajcserére épült lemezalapozást feltételezünk. A becsült alapozási mélységek 2-6 m közöttiek.

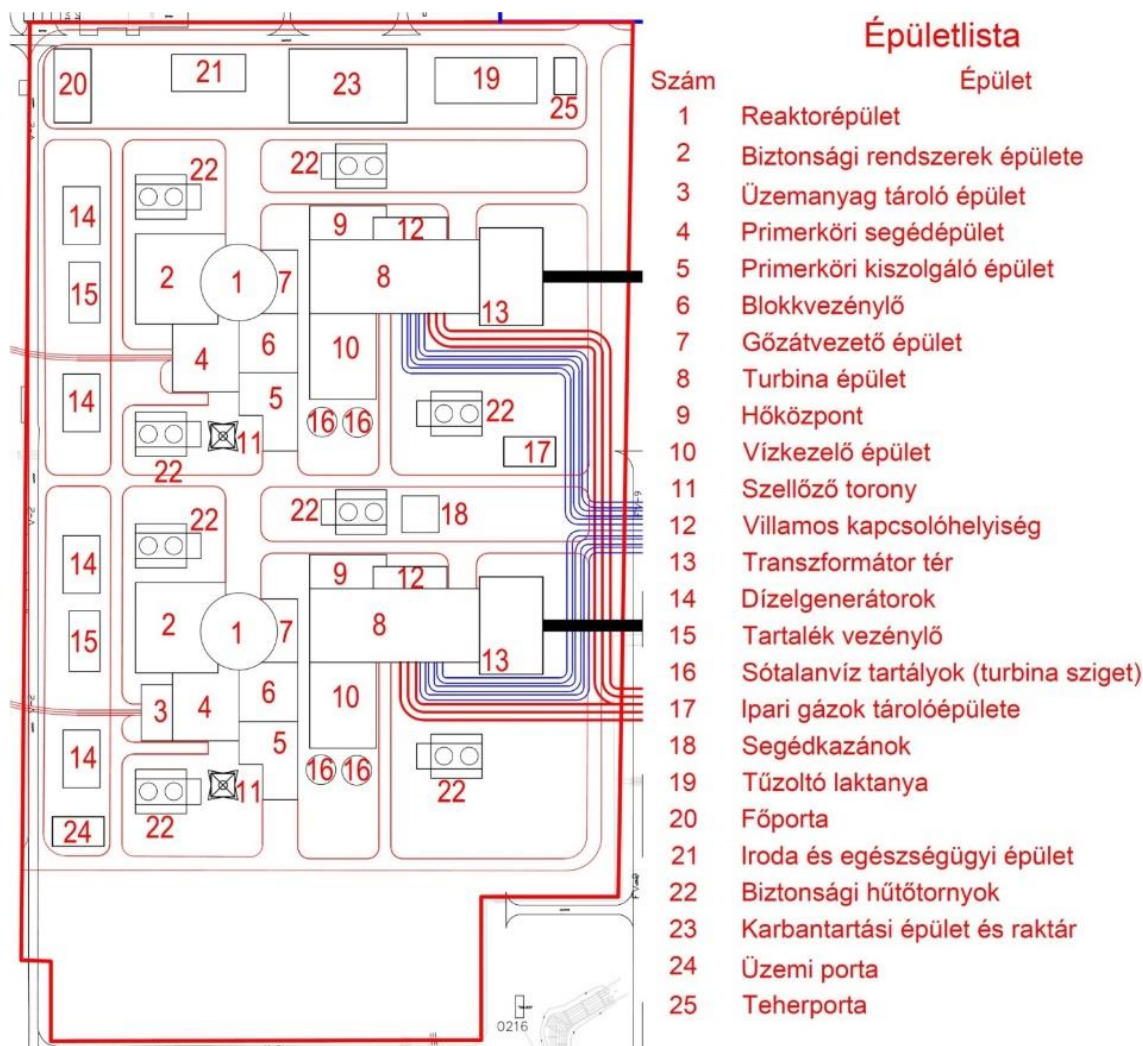
## 7.10.2 PAKS II. ATOMERŐMŰ TELEPÍTÉSI HELYSZÍNRAJZA

A környezeti hatásvizsgálathoz készült telepítési helyszínrajzon az épületek és építmények elhelyezése a lehető legnagyobb helyigényű technológiai egységek figyelembe vételével történt. A későbbi munkafázisokban funkcionális, épületfizikai, épületszerkezeti, földregészállásági, tűzvédelmi megfontolások miatt az elrendezésben és a méretekben változások lehetségesek.



34. ábra: Paks II. telepítési helyszínrajza – Áttekintő térkép

### 7.10.3 PAKS II. ÉPÜLETEINEK, ÉPÍTMÉNYEINEK JELLEMZŐI



35. ábra: Paks II. épületeinek, építményeinek elhelyezkedése a telepítési helyszínrajzon

Paks II. épületeinek és építményeinek jellemzése a környezeti hatásvizsgálat alapadatainak meghatározásához szükséges részletességük, döntően a szállítói adatszolgáltatásokban található adatokon alapulnak. Ahol nem találtunk adatot, ott a meglévő atomerőmű szerkezeteiből indultunk ki. Az építési helyszínen elhelyezett valamennyi épület és építmény *tűzvédelmi és földrengésállósági szempontból méretezett* kell legyen.

### 7.10.4 PAKS II. LÁTVÁNYTERVEI

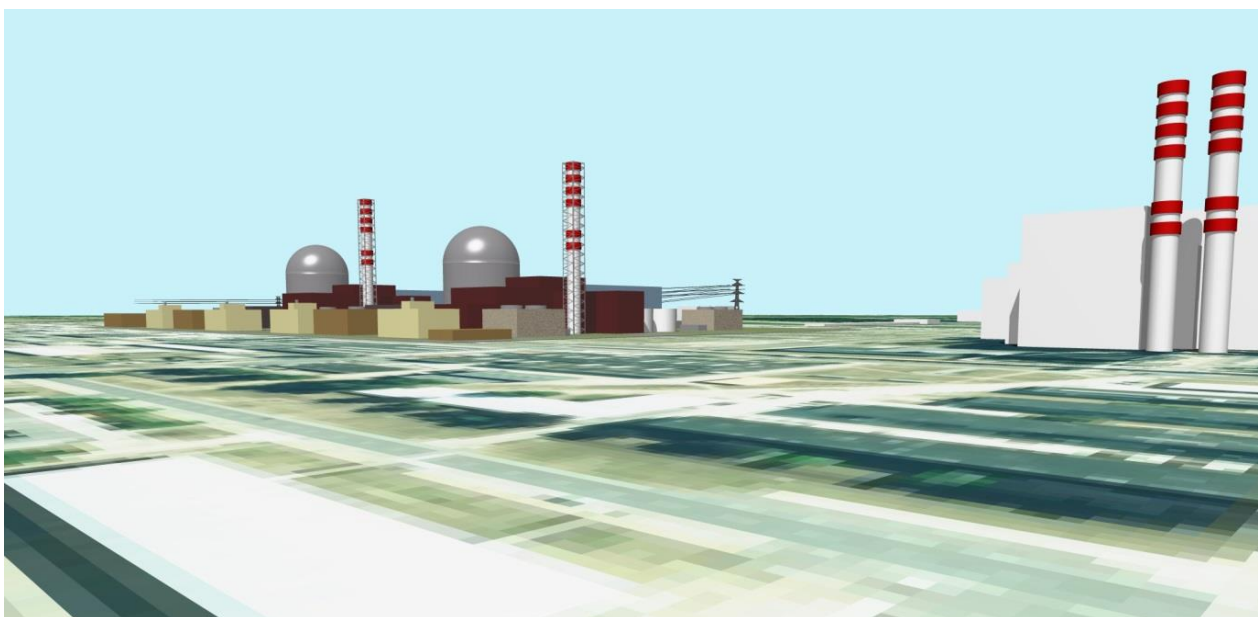
Paks II. épület-tömbjeinek, valamint a kicsatlakozó 400 kV-os vezetéknek a látványát madártávlatból, illetve szemmagasságból jelenítettük meg az alábbi nézőpontokból:

- 1. nézőpont: A telephelytől DNy-i irányból, megközelítőleg a Paksi Atomerőmű és Paks II. közötti részről nézve
- 2. nézőpont: A telephelytől ÉNy-i irányból, a felvonulási terület sarkából nézve

## 1. NÉZŐPONT

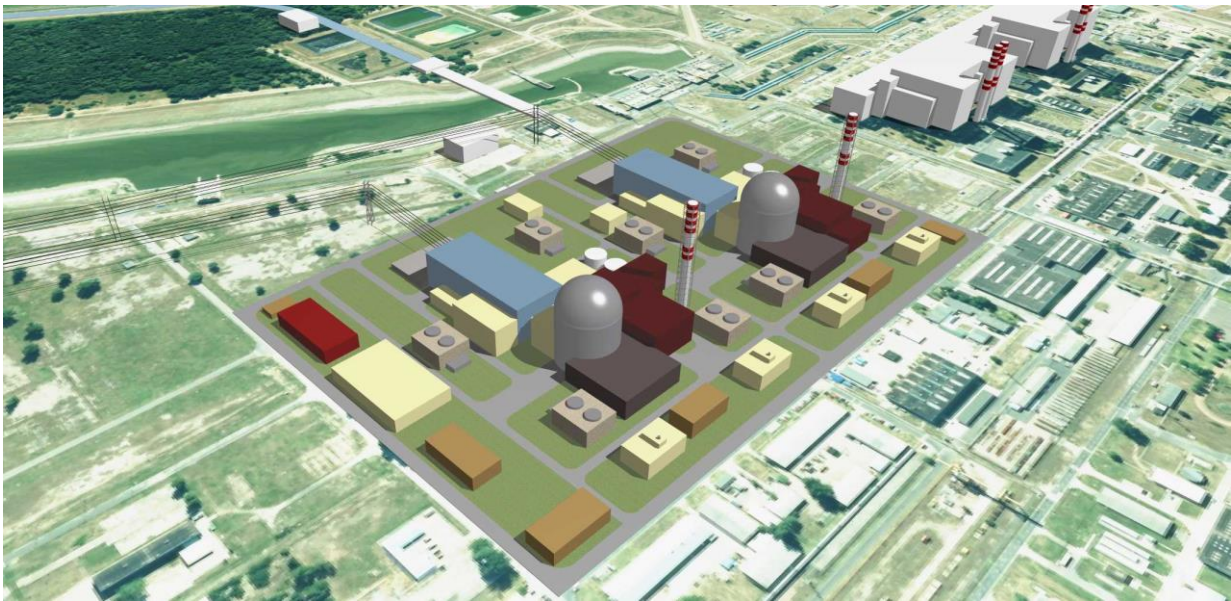


36. ábra: A tervezett blokkok és a 400 kV-os vezeték madártávlatból – DNy felől



37. ábra: A tervezett blokkok és a 400 kV-os vezeték látványterve szemmagasságból – DNy felől

## 2. NÉZŐPONT



38. ábra: A tervezett blokkok és a 400 kV-os vezeték madártávlatból – ÉNy felől



39. ábra: A tervezett blokkok és a 400 kV-os vezeték szemmagasságból – ÉNy felől

## 7.11 AZ EGYES ÜZEMÁLLAPOTOKHOZ TARTOZÓ ELFOGADÁSI KRITÉRIUMOK

### 7.11.1 NORMÁL ÜZEM

Üzemállapot	Megnevezés	Gyakoriság f [1/év]	Lakosságot érő többlet sugárterhelés	
			Kritérium	VVER-1200 Prognózis
TA1	Normál üzem	1	20 µSv/év	< 2 µSv/év

24. táblázat: Elfogadási kritériumok – normál üzem [30]

### 7.11.2 TERVEZÉSI ALAPBA TARTOZÓ ESEMÉNYEK

Üzemállapot	Megnevezés	Gyakoriság f [1/év]	Lakosságot érő többlet sugárterhelés	
			Kritérium	VVER-1200 Prognózis
TA2	Várható üzemi események	$f \geq 10^{-2}$	100 µSv/év	< 60 µSv/év*
TA3	Kis gyakoriságú tervezési üzemzavarok	$10^{-2} > f \geq 10^{-4}$	1 mSv/esemény	< 1 µSv/esemény
TA4	Nagyon kis gyakoriságú tervezési üzemzavarok	$10^{-4} > f \geq 10^{-6}$	5 mSv/esemény	< 3,4 mSv/esemény

Az NBSz szerint a lakossági dózis a dózismegszorítás értékét (90 µSv) nem haladhatja meg, amely kisebb, mint a táblázatbeli kritérium (100 µSv), de nagyobb, mint a prognosztizált érték (60 µSv).

25. táblázat: Elfogadási kritériumok – tervezési alapba tartozó események [30]

### 7.11.3 ÉRVÉNYES NEMZETKÖZI ÉS MAGYAR ELŐÍRÁSOK TERVEZÉSI ALAPOT MEGHALADÓ ESEMÉNYEKRE

ÉRVÉNYES NEMZETKÖZI ÉS MAGYAR ELŐÍRÁSOK (AZ NBSZ 2014.OKTÓBER 20-AI ÁLLAPOTA SZERINT)		
Volume 2 - GENERIC NUCLEAR ISLAND REQUIREMENTS Chapter 1 - SAFETY REQUIREMENTS	<u>3. melléklet a 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelethez</u> <b>Nukleáris Biztonsági Szabályzatok</b> 3. kötet: Atomerőművek tervezési követelményei	16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról
2.5.1 Off-site release Targets for Severe Accidents 2.5.2 Off-site release Targets for Complex Sequences Appendix B 1. Criteria for Limited Impact for DEC	3.2.4.0700 Új atomerőművi blokk esetén a korlátozott környezeti hatás kritérium teljesítéséhez a TAK1 üzemállapotot eredményező eseményre és új atomerőművi blokk esetén a 3.2.2.4100. pont előírásainak figyelembevételével a TAK2 üzemállapotot eredményező eseményekre bizonyítani kell, hogy	<b>Veszélyhelyzeti sugárterhelésre vonatkozó beavatkozási szintek</b> <i>Beavatkozási szint:</i> Az elkerülhető egyenérték dózissal vagy effektív dózissal az az értéke, amely elérésekor a beavatkozási intézkedéseket számításba kell venni. Az elkerülhető dózis vagy származtatott érték kizárólag arra a besugárzási útvonalra vagy útvonalakra vonatkozik, amelyre, vagy amelyekre az intézkedés irányul.
no Emergency Protection Action beyond 800 m from the reactor during releases from the containment <i>Emergency Protection Action:</i> Actions involving public evacuation, based on projected doses up to 7 days, which may be implemented during the emergency phase of an accident, e. g. during the period in which significant releases may occur. This period is generally shorter than 7 days.	a) az atomreaktortól vett 800 m távolságon túl nincs szükség korai veszélyhelyzeti intézkedésekre, azaz nincs szükség a lakosság sürgős kimenekítésére;	<b>Elzárkóztatás:</b> 10 mSv effektív dózis 2 napnál nem hosszabb időszak alatt <b>Kimenekítés:</b> 50 mSv effektív dózis 1 hétnél nem hosszabb időszak alatt <b>Jód profilaxis:</b> 100 mGy lekötött elnyelt dózis a pajzsmirigyben
no Delayed Action at any time beyond about 3 km from the reactor <i>Delayed Action:</i> Actions involving public temporary relocation, based on projected doses up to 30 days caused by ground shine and aerosol resuspension, which may be implemented after	b) az atomreaktortól vett 3 km távolságon túl nincs szükség semmilyen átmeneti intézkedésre, azaz nincs szükség a lakosság ideiglenes áttelepítésére;	<b>Ideiglenes áttelepítés:</b> 30 mSv/hónap effektív dózis (megszüntetés 10 mSv/hónap effektív dózis)

the practical end of the releases phase of an accident.		
<b>no Long Term Action at any distance beyond 800 m from the reactor</b> <i>Long Term Action:</i> Actions involving public permanent resettlement, based on projected doses up to 50 years caused by ground shine and aerosol resuspension. Doses due to ingestion are not considered in this definition.	c) az atomreaktortól vett 800 m távolságon túl nincs szükség semmilyen késői védőintézkedésre, azaz nincs szükség a lakosság végleges áttelepítésére;	<b>Végleges kitelepítés:</b> >1 Sv/élettartam effektív dózis
<b>limited economic impact:</b> restrictions on the consumption of foodstuff and crops shall be limited in terms of timescale and ground area	d) az atomerőmű területén kívül csak korlátozott mértékű gazdasági hatások lehetnek.	
<b>Appendix B 2. Release Targets for Design Basis Category 3 and 4 Conditions</b> (1) no action beyond 800 m (2) limited economic impact	<b>3.2.4.0100.</b> A TA2-4 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatokra bizonyítani kell, hogy a lakosság vonatkoztatási csoportjának dózisa nem haladja meg: a) Új atomerőművi blokk esetén: aa) TA2 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatnál a dózismegszorítás értékét, (90µSv/év) ab) TA3 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatnál az 1 mSv/esemény értéket, és ac) TA4 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatnál az 5 mSv/esemény értéket.	<b><u>2. számú melléklet a 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelethez</u></b> <b>I. Dóziskorlátok, radon-koncentrációk munkavállalókra vonatkozó cselekvési szintjei</b> 4.2. A lakosság tagjainak mesterséges forrásokból származó, külső és belső sugárterhelésének összege - az orvosi diagnosztikai és terápiás beavatkozással, a nem foglalkozásszerű betegápolással, az orvosi kutatásban való önkéntes részvétellel járó sugárterhelésen kívül - nem haladhatja meg az évi <b>1 mSv effektív dóziskorlátot.</b> <b>Különleges körülmények mellett, egyedi évre vonatkozóan, az OTH ennél nagyobb effektív dóziskorlátot is engedélyezhet,</b> feltéve, hogy a megnevezett évtől kezdődő 5 egymást követő év folyamán az átlagos egyéni sugárterhelés nem haladja meg az évi 1 mSv effektív dózist. Tekintet nélkül az effektív dózisra megszabott fenti korlátra, a szemlencsére vonatkozó évi egyenérték dóziskorlát 15 mSv. A bőrre - bármely 1 cm <sup>2</sup> területre átlagolva -, továbbá a végtagokra vonatkozó évi egyenérték dóziskorlát 50 mSv.

26. táblázat: Érvényes nemzetközi és magyar előírások tervezési alapot meghaladó események

#### 7.11.4 MÉRTÉKADÓ ESEMÉNYEK

A tervezett VVER-1200-as blokkok minden egyes üzemállapotához meghatározhatók azok az események, amelyek az adott üzemállapoton belül a legnagyobb környezeti kibocsátással járnak. Az előzetes adatszolgáltatás szerinti burkoló eseteket véglegesen majd a részletes műszaki terv alapján lehet felülvizsgálni.

## 7.12 PAKS II. LÉTESÍTÉSÉNEK JELLEMZŐI

### 7.12.1 PAKS II. ÉS A KAPCSOLÓDÓ LÉTESÍTMÉNYEK LÉTESÍTÉSI TERÜLETEI

Az új atomerőművi blokkok létesítése során az erőmű technológiai részének, valamint a működéshez szükséges kapcsolódó létesítményeknek a kiépítése az alábbi területek érintettségét okozza majd:

#### Paks II. Atomerőmű

- Az Erőmű építésének kiszolgáló területe: *Felvonulási terület*
- Az új atomerőművi blokkok építési területe: *Üzemi terület*

#### Kapcsolódó létesítmények

A frissvíz kivétele a Dunából: *hidegvíz-csatorna, vízkivételi mű területe*

A felmelegedett hűtővíz elvezetése: *melegvíz-csatorna, hidegvíz- és a melegvíz-csatorna által közrezárt "sziget", rekuperációs erőmű területe*

#### Blokkvezetékek és távvezetékek

*Az új alállomásig tartó 400 kV-os blokkvezetékek és 120 kV-os távvezetékek nyomvonala*

### 7.12.2 PAKS II. LÉTESÍTÉSÉNEK TERVEZETT FÁZISAI

Az új atomerőművi blokkok létesítésének folyamata az alábbi főbb lépésekből áll, amelyek a szükséges és hatályos létesítési és építési engedélyek birtokában kezdhetők meg:

- ❖ Az építést megelőző tevékenységek
  - A felvonulási terület előkészítése, területrendezés
  - A telepítési területen lévő épületek, építmények, térburkolatok bontása
  - A telepítési területen lévő vonalas létesítmények kiváltása / bontása
  - A telepítési területéről a növényzet eltávolítása / áttelepítése
  - A feltalaj letermelése / elkülönített deponálása
  - Az infrastruktúra kiépítése
  - Az építők részére az irodák, szociális blokkok kialakítása
- ❖ Építési-szerelési tevékenységek
  - Építési munkagödör kialakítása
  - Részfal és/vagy szádfal telepítése
  - Alapozás
  - Munkagödör víztelenítése a cölöpözési / alapozási munkák talajvízszint fölé emelkedéséig, egyéb, vízmentes szerelési munkák végzéséig
  - A reaktor épületgyűttes (nukleáris sziget) és a hozzá csatlakozó turbina épület építése
  - A technológiai berendezéseket nem tartalmazó, különálló épületek építése
  - Vízkivételi mű építése
  - Kapcsolódó létesítmények építése
  - Hidegvíz- és melegvíz-csatorna felbővítése
  - Új melegvíz-csatorna leágazás kialakítása
  - Rekuperációs erőmű építése
  - Hűtőcellák építése
  - Blokkvezetékek, távvezetékek építése
  - Technológiai szerelések
  - Az erőművi terület tereprendezése



❖ Az üzemelést megelőző folyamatok

- Üzembe helyezések
- Üzemi próbák
- Berendezések (biztonsági, nem-biztonsági) egyedi próbái
- Technológiai (biztonsági, nem biztonsági) rendszerek üzemi (komplex) próbája
- Első töltet behelyezése / tesztek
- Blokki üzemi próbák
- Párhuzamos kapcsolás
- Próbaüzem
- Garanciális mérések

A külön engedélyeztetés alá tartozó kapcsolódó létesítmények (új villamos alállomás, kiégett kazetták átmeneti tárolója) a blokkok létesítésének ütemtervéhez igazodva fognak megvalósulni.

### 7.12.3 PAKS II. LÉTESÍTÉSÉNEK TERVEZETT ÜTEMTERVE

A létesítés fázisainak várható időpontjait a következő táblázat tartalmazza, feltételezve az engedélyeztetés zökkenőmentes lefutását, valamint azt, hogy a két blokk létesítése között 5 év telik el:

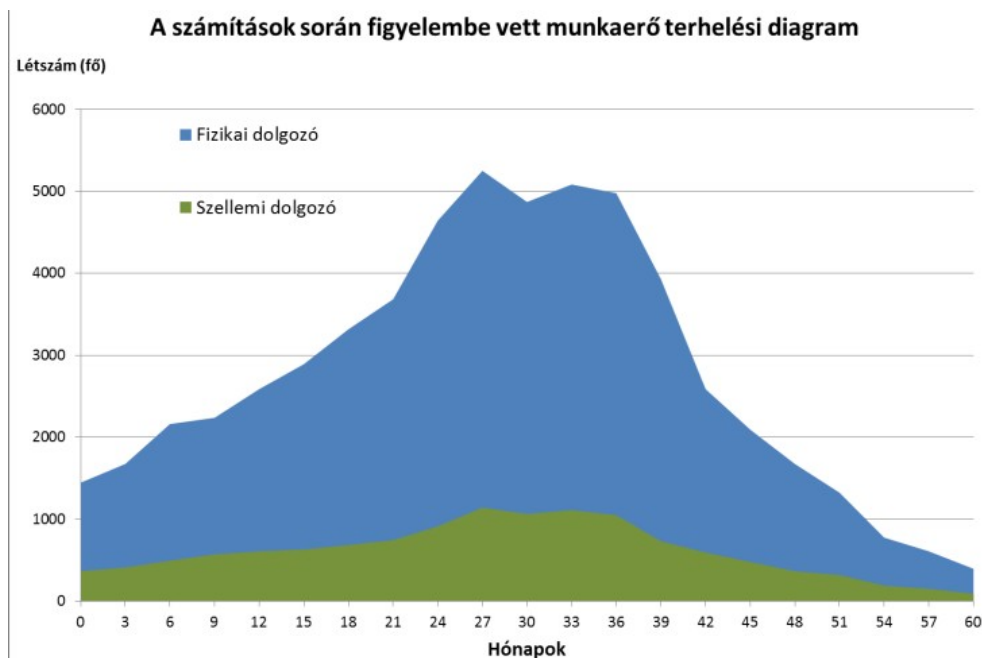
Tevékenység	Paks II.	
	1. blokk	2. blokk
Környezetvédelmi engedélyeztetés elindítása	2014	
Bontási munkálatok a létesítés területén	2017-2022	
Engedélyeztetési és kiviteli tervek elkészítése	2018-2019	
Tereprendezés	2018-2019	
A létesítés megkezdéséhez szükséges engedélyek megszerzése	2018-2020	
Létesítés megkezdése	2020	2025
Alapozás	2020-2021	2025-2026
Szerkezetépítés, szerelés	2022-2023	2027-2028
Próbák, üzembe helyezés	2024	2029
Első töltet behelyezése	2024	2029
Első párhuzamos kapcsolás	2024	2029
Próbaüzem kezdete	2025	2030
Kereskedelmi üzem kezdete	2025	2030

27. táblázat: Paks II. blokkjainak létesítési ütemterve

### 7.12.4 A LÉTESÍTÉSI IDŐSZAK HUMÁN ERŐFORRÁS IGÉNYE

Egy blokk létesítésének időigénye 5 évre tehető. A második blokk létesítésének kezdő időpontja 5 év eltolódással került figyelembe vételre. A létesítés időszakára 1 blokk létesítése esetén (a technológiai szállító előadásai alapján) maximálisan 5 250 főt vettünk figyelembe.

A munkaerő időbeli eloszlása tekintetében a PÖYRY ERŐTERV szerinti alábbi eloszlást vettük alapul.



40. ábra: A számítások során figyelembe vett telephelyi munkaerő terhelési diagram [33], [37], [38]

## 7.13 PAKS II. ÜZEMELTETÉSÉNEK JELLEMZŐI

### 7.13.1 PAKS II. ÜZEMELTETÉSÉNEK TERVEZETT ÜTEMTERVE

Paks II. 1. blokk kereskedelmi üzemének kezdete 2025, a 2. blokk üzemének kezdete pedig 2030.

A tervezett atomerőművi blokkok tervezett üzemideje 60 év.

Feltételezhetően Paks II. 1. és 2. blokkok üzemidő hosszabbítási eljárás, illetve folyamat alá fognak esni, azonban jelen tanulmányban annak hatásait nem vesszük figyelembe.

### 7.13.2 AZ ÚJ ATOMERŐMŰVI BLOKKOK ÜZEMELTETÉSÉNEK HUMÁN ERŐFORRÁS IGÉNYE

Az ERBE elemzése alapján 1 blokk üzeme esetén 600 állományban lévő alkalmazottal lehet számolni, ami 400 fő törzsidőszakos és 200 fő műszakos dolgozóból áll. A 200 fő műszakosból, 5 műszakot feltételezve, napi 3 műszakos munkavégzés mellett 120 fő/nap adódik a törzsidőszakosokon felül, így a telephelyen napi 520 fő jelenlétével lehet számolni.

A 2. blokk üzembe lépésétől a két blokk üzemeltetéséhez 800 állományban lévő alkalmazottra lesz szükség, amiből 300 fő műszakosként, 500 fő pedig nappali 'törzsidőszakos' munkavégzés szerint. A 300 fő műszakosból, 5 műszakot feltételezve, napi 3 műszakos munkavégzés mellett 180 fő/nap adódik a törzsidőszakosokon felül, így a telephelyen napi 680 fő jelenlétével lehet számolni.

Az üzemeltetői létszámba a karbantartási feladatokat végzők nem lettek beszámolva, tekintettel a jelenlegi gyakorlatra, miszerint e feladatok jelentős hányada kiszervezésre kerül.

Az atomerőmű szállító által közzétett adatok alapján egy-egy blokk 10 évenkénti várható nagyjavításainak addicionális létszámigénye kb. 1 000 fő, ami 200 fő nappali törzsidős 800 fő műszakos dolgozót tartalmaz. 5 műszakot feltételezve, napi 3 műszakos munkavégzés mellett 480 fő/nap adódik a törzsidőszakosokon felül, így a karbantartási időszak alatt a telephelyen napi 680 fő jelenlétével lehet számolni az üzemeltetői létszámon felül. [37], [38]

### 7.13.3 AZ ÚJ ATOMERŐMŰVI BLOKKOK ÜZEMVITELI JELLEMZŐI

#### 7.13.3.1 Szabályozhatóság, rendelkezésre állás, karbantartás

Az új atomerőművi blokkok villamos teljesítménye 50-100 % között szabályozható, terheléskövető és sziget üzemmódban is képes lesz üzemelni. A blokkok terhelésváltozási sebessége le-fel tartományban is 5 % / perc (60 MW / perc). Az új atomerőművi blokkok várható éves rendelkezésre állása >90 % lesz, beleszámítva az éves kis karbantartásokat és a kiegészítő üzemanyagok átrakási idejét is. Nagy karbantartás 10 évente várható, ami kb. 1 hónapot vesz igénybe. Az éves karbantartások várható idő igénye 20 naptári nap (üzemanyag átrakás és kisjavítások), míg a nagy leállások várható ideje 30 naptári nap (szekunderkörü és primerkörü nagykarbantartások).

#### 7.13.3.2 Az új atomerőművi blokkok éves energetikai adatai

Megnevezés	Mértékegység	Érték/blokk
Csúcs kihasználtsági óraszám	h/év	8 147
Beépített villamos teljesítmény (bruttó)	MW	1 200
Önfogyasztás	MW	87
Blokkonként megtermelt villamos energia	GWh/év	9 776
Blokkonként kiadott villamos energia	GWh/év	9 068

28. táblázat: Éves energetikai adatok

### 7.13.4 AZ ÚJ ATOMERŐMŰVI BLOKKOK ÉVES ANYAG ÉS ENERGIAMÉRLEGE

Az éves anyag és energiamérleg a technikai üzemkészségnek megfelelő éves üzemidő (8 147 óra) és teljes terhelés figyelembevételével került meghatározásra 2 x 1200 MW<sub>e</sub> blokkra. A kiválasztásra kerülő főberendezések függvényében a táblázatban feltüntetett értékek változhatnak.

Megnevezés	Mértékegység	Érték
Éves bruttó villamosenergia-termelés	GWh/év	19 552
Villamos önfogyasztás	GWh/év	1 418
Éves nettó villamosenergia-termelés	GWh/év	18 136
Üzemanyag szükséglet	t/18 hónap	64,6
Fűtőelem szükséglet (üzemanyag + kazetta)	t/18 hónap	96
Stratégiai üzemanyag-töltet	t	225,6
<i>Olaj felhasználások</i>		
Gőzturbinák olajtöltete	m <sup>3</sup>	~240
Transzformátorok olaj töltete	t	~804
Főtranszformátorok olajmennyisége	t	~540
Normál háziüzemi transzformátorok olajmennyisége	t	~132
Tartalék háziüzemi transzformátorok olajmennyisége	t	~66
Kenő- és hidraulika olajok	t/év	20
Dízelgenerátorok	m <sup>3</sup> /168 óra	2600
Generátor hidrogénhűtés		8 m <sup>3</sup>
Kenőzsír	kg/év	~280
<i>Vízigény</i>		
<i>Technológiai vízigények</i>		
Kondenzátor hűtővíz (technológiai hűtővizet is magában foglalja)	millió m <sup>3</sup> /év	~3 900
Sótalanvíz	ezer m <sup>3</sup>	640
<i>Kommunális célú vízigények</i>		
maximális igények idején (első blokk üzemel, második blokk létesül)	m <sup>3</sup> /év	235 790
<i>Vegyszerfelhasználás</i>		
Sósav (33 % HCl)	m <sup>3</sup> /év	640
Nátrium-hidroxid (100 % NaOH)	m <sup>3</sup> /év	480
Ammónium-hidroxid	m <sup>3</sup>	15
Hidrazin	t	32
Salétromsav	m <sup>3</sup>	51
Kénsav	m <sup>3</sup>	80

Bór	t	62
Vízelőkészítő egyéb vegyszerei (klór eltávolítás vegyszere, lerakódásgátló, tisztítás vegyszerei)	t/év	25
<i>Technológiai hulladékvizek</i>		
Vízelőkészítő hulladékvize	ezer m <sup>3</sup> /év	200
Primerköri folyékony radioaktív hulladékvíz	ezer m <sup>3</sup> /év	88
Turbina gépház és segédlétesítmények folyékony hulladékvíz	ezer m <sup>3</sup> /év	350
Kommunális szennyvíz	m <sup>3</sup> /év	24 012
maximális keletkezés idején (első blokk üzemel, második blokk létesül)	m <sup>3</sup> /év	224 110
<i>Hulladékok</i>		
<i>Radioaktív hulladékok</i>		
Kis aktivitású radioaktív hulladék	m <sup>3</sup> /év	140
Közepes aktivitású radioaktív hulladék	m <sup>3</sup> /év	22
Nagy aktivitású radioaktív hulladék	m <sup>3</sup> /év	1,0
Nagyméretű, nem reprocesszálható (karbantartás/javítás során képződő) radioaktív hulladék	m <sup>3</sup> /év	10
<i>Hagyományos, nem radioaktív hulladékok</i>		
Nem veszélyes hulladék	t/év	800
Veszélyes hulladék	t/év	100

29. táblázat: Paks II. üzemeltetésének anyag- és energia mérlege

## 7.14 AZ ÚJ ATOMERŐMŰVI BLOKKOK FELHAGYÁSA

### 7.14.1 AZ ÚJ ATOMERŐMŰVI BLOKKOK LESZERELÉSEKOR KÖVETENDŐ LESZERELÉSI STRATÉGIA

Jelen KHT-ban Paks II. felhagyására az azonnali leszerelési opciót vesszük figyelembe, tekintettel a nemzetközi tendenciákra és a következő szempontokra:

- a jelenlegi jogszabályi előírások biztosítják, hogy a leszerelés költségei az üzemidő végére rendelkezésre fognak állni
- a leszerelés során keletkező radioaktív hulladékok végleges elhelyezésének biztosítása a rendelkezésre álló időtávon megoldható
- nem kell számolni a leszereléshez szükséges ismeretanyag elvesztésével.

Egy nukleáris létesítmény – így az atomerőmű – leszerelésének folyamata hosszú és komplex tevékenység. A tényleges leszerelési feladatok aktuálisan érvényes köre, azok megtervezése és részletes kidolgozása mindig telephely- és létesítmény-specifikus, és jelentős mértékben függ a létesítmény leszerelésére kiválasztott stratégiától. A blokkok leállítását követően ténylegesen alkalmazásra kerülő leszerelési stratégia meghatározására a későbbiekben, jóval tágabb horizontú, részletes elemzések alapján kerül majd sor. A majdan kiválasztásra kerülő leállítási stratégia optimalizálására a Tanács 2011/70/Euratom Irányelve szerint a nemzeti program kialakításának keretei között kell majd keríteni.

A felhagyás és leszerelés engedélyeztetését - minimálisan 60 év múlva, legkésőbb 2080 körül – le kell majd folytatni az aktuális állapotra, az aktuális jogszabályi környezet figyelembe vételével. [39]

### 7.14.2 A LESZERELÉSI TEVÉKENYSÉG FINANSZÍROZÁSA, KÖLTSÉGEI

Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény (Atomtörvény) 62. §-ának (1) bekezdése szerint a nukleáris létesítmények leszerelésének költségeit elkülönített állami pénzalapként a Központi Nukleáris Pénzügyi Alap (KNPA) finanszírozza.

A Központi Nukleáris Pénzügyi Alapot kezelő szerv a kijelölt miniszter által vezetett minisztérium.

Az új blokkok megvalósítása során fel kell készülni a KNPA olyan átalakítására, amely lehetővé teszi egyebek között az új blokkok leszerelésének törvény szerinti finanszírozását.

A leszerelés költségeit az ismeretek mai szintjén csak becsülni lehet. A beszállítói előrejelzések alapján az a prognózis emelhető ki, hogy az új típusú reaktorok leszerelése vélhetően egyszerűbb lesz és a leszereléskor kevesebb hulladék keletkezik, mint amit a ma használatos energetikai reaktorok leszerelésekor előre lehet jelezni.

## 8 HÁLÓZATI CSATLAKOZÁS A MAGYAR VILLAMOSENERGIA-RENDSZERHEZ

A következőkben ismertetjük azon villamos eredetű feladatokat, hálózatfejlesztési igényeket, amelyek a jelenlegi vizsgálati tervekre alapozva feltétlenül kapcsolódnak, és így szükségesek a Paks II. Atomerőmű létesítéséhez. Ezek együttes környezetre gyakorolt hatásai a létesülő atomerőmű teljes környezeti hatásaihoz képest elenyészőek. A későbbi vizsgálatoktól és döntésektől függően az állomás elhelyezése, kialakítása, a távvezetékek nyomvonala, oszlopainak kialakítása változhat. [36]

### 8.1 AZ ÚJ BLOKKOK ILLESZTHETŐSÉGE A MAGYAR VILLAMOSENERGIA-RENDSZERHEZ

A Paksi Atomerőmű jelenleg üzemelő blokkjai a MAVIR ZRt, mint átviteli hálózati engedélyes tulajdonában lévő 400 / 120 kV-os alállomás 400 kV-os kapcsolóberendezésén keresztül fognak csatlakozni a magyar villamosenergia-rendszerhez.

A Paks II. Atomerőmű létesítés előkészítéséhez kapcsolódóan, a Lévai projekt keretében a szükséges villamos hálózatfejlesztések előzetes vizsgálatát a PÖRYR ERŐTERV Zrt. döntés-előkészítő megvalósíthatósági tanulmányban vizsgálta, az állomási telephelyeket és a szükséges távvezeték átalakításokat több változatban. Előzetes hálózatszámítások készültek annak vizsgálatára, hogy 1 200 MW nettó teljesítményű blokknagyságok mellett normál üzemi és üzemzavari állapotokban milyen feltételekkel szállítható ki a megtermelt teljesítmény.

Az eredmények szerint az új atomerőművi blokkok villamosenergia-rendszerbe történő integrálása csak új hálózati kapcsolatok létesítésével oldható meg.

- Az új blokkok villamos hálózati csatlakozásához szükséges egy új 400 / 120 kV-os alállomás létesítése (Paks II. Alállomás).
- A kétszeres hiányállapotra vonatkozó vizsgálatok eredménye és az új Atomerőmű tartalék ellátása miatt indokolt egy harmadik 400 / 120 kV-os transzformátor beépítése a térségbe.
- A kétrendszerű Paks-Albertirsa távvezeték megépítése a bővítés alapvető és elengedhetetlen feltétele.

A villamosenergia-rendszer megfelelő stabilitásának biztosítása megköveteli, hogy a rendszerbe épített legnagyobb egységteljesítményű betáplálás nem tervezett módon történő kiesése esetén, annak teljesítményigényét rövid időn belül pótolni lehessen a hálózat számára. Ennek biztosításáért hazánkban a MAVIR Zrt., mint rendszerirányító felel. Az új blokkok egységteljesítménye 1 200 MW körül feltételezhető, amely a teljes magyar villamos energia rendszerben a legnagyobb lesz. A Paks II. Atomerőmű első új blokkjának üzembe lépéséig biztosítani kell az új blokk teljesítményének megfelelő kapacitású tercier tartalékot. Ezt az igényt nemzetközi megállapodás alapján import villamosenergia-átviteli útvonalon történő vételezéssel és/vagy új tercier tartalékot képező hazai gyorsindítású erőművi kapacitáslétesítéssel kell majd kielégíteni.

A vizsgálatok alapján megállapítást nyert, hogy fenti fejlesztésekkel és bővítésekkel az új blokkok által termelt teljesítmény biztonságosan becsatlakoztathatóvá és üzemeltethetővé válik a Magyar Villamosenergia-rendszerben.

### 8.2 AZ ÚJ 400 / 120 kV-OS PAKS II. ALÁLLOMÁS TELEPÍTÉSI HELYE

A MAVIR típusállomások telepítési kritériumai, a MAVIR átviteli hálózati állomással szemben támasztott speciális célok és követelmények, valamint a Paks II. Atomerőmű hálózati csatlakozása egyedi szempontjainak figyelembevételével több lehetséges helyszín lett meghatározva a Paks II. Alállomás számára. A megvalósíthatóság és a biztonságos villamosenergia-ellátás szempontjából legoptimálisabb telephelynek az északnyugati irányba haladó távvezeték-nyomvonalak mentén, a Paksról Nagydorog, illetve Kölesd felé vezető utak közötti térségben – a Kölesdi út 400 kV-os

vezeték keresztezésénél – található telephely bizonyult, amely az új blokkok tervezett helyétől mintegy 6 km-re, a 6233 út 2 km szelvényének közelében, az út északi oldalán, a meglévő vezetékfolyosó közvetlen közelében található.

A kapott adatszolgáltatások alapján ezt a telephelyet tekintettük kiindulási alapnak, megjegyezzük azonban, hogy a Paks II. Alállomás végleges helyének kijelölése a MAVIR ZRt, mint leendő Paks II. Alállomás tulajdonos hatáskörébe tartozik, amelyről ismereteink szerint még nem született végleges állásfoglalás.

A Paks II. Alállomás a hazai gyakorlatnak megfelelően MAVIR 400 / 120 kV-os típusállomás lesz.

A Paks II. Alállomás és a magyar villamosenergia-rendszerhez kapcsolódó távvezetékek (a blokkvezetékek kivételével) a MAVIR ZRt. tulajdonába kerülnek, és a közcélú hálózat részét képezik majd.

### 8.3 A 400 kV-OS BLOKKVEZETÉK ÉS A 120 kV-OS TÁVVEZETÉK

Hazánkban az átviteli hálózat 400 kV-os feszültségű távvezetékeinek mindegyike szabadvezetékes kialakítású.

A beépítési környezet, valamint a műszaki, gazdasági és környezetvédelmi szempontok az erőműhöz közvetlenül kapcsolódó vezeték kialakítását a következők szerint teszik lehetővé:

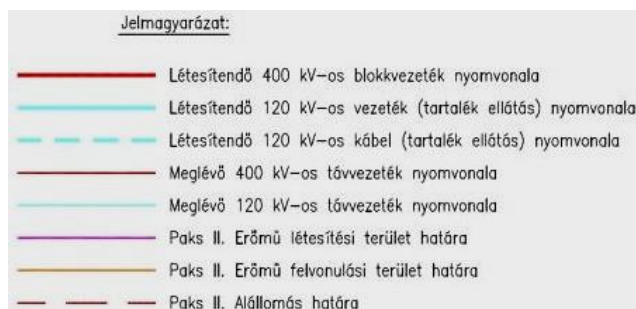
- a 400 kV-os blokkvezetékek szabadvezetékes kialakításúak lesznek,
- a tartalék ellátást biztosító 120 kV-os vezeték erőmű telephelyen belüli szakasza földkábel, azon kívül szabadvezetékes kialakítású lesz.

#### 8.3.1 400 kV-OS BLOKKVEZETÉKEK

A Paks II. Atomerőmű blokkjaiban megtermelt villamosenergiát 400 kV feszültségű blokkvezetékek (termelői vezeték) fogják kiszállítani a létesítendő Paks II. Alállomásba. A blokkvezetékek nyomvonalát az 41. ábra, a hozzá tartozó jelkulcsot az 42. ábra mutatja.



41. ábra: A blokkvezetékek nyomvonala a Paks II. Atomerőmű és a Paks II. Alállomás (2. telephely) között



42. ábra: Jelmagyarázat a V-01195 ERBE rajkszámú blokkvezetékek nyomvonala rajzhoz

A két új atomerőművi blokkban megtermelt villamos energia blokkonként külön oszlopsoron létesített távvezetéken kerül kiszállításra a Paks II. Alállomásba. A külön oszlopsor alkalmazása az üzemviteli biztonságot növeli, amelynek kialakítását a távvezetékes viszonylatban rövid nyomvonalhossz támogatja.

Paks II. Erőmű és Paks II. Alállomás közötti 400 kV-os blokkvezetékek nyomvonal hosszai: ~6,4 km és ~6,2 km. Az oszlopok típusa FENYŐ, számuk összesen 40 db. A biztonsági övezet szélessége a nyomvonal tengelyétől mindkét irányba 34,4-34,4 m, együttesen 68,8 m, blokkvezetékenként, két párhuzamosan haladó blokkvezeték esetén a biztonsági övezet teljes szélessége 128,8 m.

Későbbi vizsgálatoktól és döntéstől függően az új atomerőművi blokkok biztonság növelése érdekében a blokkvezetékek műszaki kialakítása, oszloptípusa még változhat.

### Tájképi megjelenés

A tárgyi távvezeték közel sík területen fog haladni. A nyomvonal az erőművi telephelyen kívül főként mezőgazdasági művelés alatt álló és erdő területeken halad keresztül.

Az erőműhöz csatlakozó vezetékek tervezett oszloptípusaival Magyarországon már épült hálózat, amelynek megvalósult állapotáról készültek a következő fényképfelvételek:



43. ábra: Martonvásár-Győr 400 kV-os szabadvezeték FENYŐ típusú oszlopokkal



44. ábra: Pécs-Országhatár 400 kV-os szabadvezeték FENYŐ típusú oszlopokkal, vezetékfolyosó

A szabadvezeték környezetbe illeszkedését elősegítő, illetve a környezet zavarását csökkentő, a korábbi szabadvezeték építéseknél már bevált módszereket a létesítendő vezetékelnél is alkalmazni kívánjuk szükség és lehetőség szerint (pl.: párhuzamos nyomvonalak, az oszlopok zöld színűre festése; az oszlopokon madárfészkelő helyek telepítése, vezeték madarak számára történő észrevehetőségét növelő eszközök telepítése).

#### A távvezeték üzemelésének hatásai

##### A villamos és mágneses térerősség

A nagyfeszültségű távvezeték közelében elektromágneses tér jön létre. Az élettani hatások szempontjából figyelembe veendő villamos térerősség és mágneses indukció határértékeit az ENSZ Egészségügyi Világszervezet (WHO) keretében működő Nemzetközi Sugárvédelmi Egyesülés (IRPA) határozta meg. A hazai előírások (MSZ 151-1-2000/15.6.3.) összhangban vannak a nemzetközi szervezet világszerte elfogadott ajánlásaival.

Tartózkodási idő a távvezeték alatt	Villamos térerősség E (kV/m)	Mágneses indukció B (μT)
néhány óra naponta	10	1000
korlátlan	5	100

30. táblázat: Villamos térerősség és mágneses indukció megengedett értékei

A meglévő nagyfeszültségű távvezeték környezetében a villamos térerősség és mágneses indukció jellemző értékei:

	A hazai 120-750 kV-os hálózat alatt 1,8 m magasságban mért értékek	
	villamos térerősség [kV/m]	mágneses indukció [μT]
a szabadvezeték alatt	2-17*	10-37
a biztonsági övezet szélén	0,2-1,1	1-9

\* megjegyzés:

A 10 kV/m-nél nagyobb érték csak a 750 kV-os távvezeték vezetője alatt fordul elő.

31. táblázat: Villamos térerősség és mágneses indukció mért értékei

A távvezeték kivitelezési tervezése során a vezeték föld feletti magasság megválasztásával biztosítható, hogy a legkedvezőtlenebb körülmények között mért villamos és mágneses térerősség értékek alatta legyenek a WHO ajánlásban rögzített értékeknek. Megismételjük, hogy a tárgyi szabadvezetékek nyomvonala a lakott területeket elkerüli.

Az eddigi kutatási eredmények szerint a szabadvezetékek környezetében a villamos és mágneses térerősségnek kimutatható egészségkárosító hatása nincs.



### *Koronasugárzás (ionizáló hatások, rádiófrekvenciás hatások, sugárzási veszteség)*

A környezet számára az egyik leginkább észrevehető, érzékelhető szabadvezetési jelenség a koronakisülés (koronasugárzás). Ez főleg nedves, ködös időben észlelhető, ha az áramvezető sodrony felületén kialakuló inhomogén villamos erőtér meghaladja a 30 kV/cm határértéket. Ekkor a vezető körüli levegő ionizálódik és kisülés, sugárzás indul meg, amelyet a sötétben látható fényjelenség és pattogó zaj kísér.

A koronasugárzásnak az alábbi közvetlen környezeti hatásai lehetnek:

- sercegő, pattogó zaj hallható a nagy helyi térerősség ionizáló hatása miatt,
- nagyfrekvenciájú elektromágneses hullámok keletkeznek, amelyek a vezeték közelében rádió, TV vételi zavarokat okozhatnak,
- veszteség keletkezik a távvezetéken a koronasugárzás következtében.

### *Ionizáló hatások*

A szabadvezetéken főleg 400 kV felett a koronakisülés hatására elsősorban ózon (O<sub>3</sub>) és nitrogénoxid (NO<sub>x</sub>) képződik, amely a mérhetőség határa alatt van, minden egyéb más forráshoz képest elhanyagolható.

## **8.3.2 120 kV-OS TÁVVEZETÉK**

A létesítendő 120 kV-os távvezeték feladata a Paks II. Atomerőmű tartalék villamosenergia ellátása a létesítendő Paks II. Alállomásból.

Paks II. Erőmű és Paks II. Alállomás közötti 120 kV-os távvezeték nyomvonalának szabadvezeték szakasza ~4,9 km, kábel szakasza ~1,4 km és ~2,0 km hosszú. Az oszlopok típusa SZIGETVÁR, számuk 19 db. A biztonsági övezet szélessége a nyomvonal tengelyétől mindkét irányba 15,6-15,6 m, együttesen 31,2 m.

Későbbi vizsgálatoktól és döntéstől függően az új atomerőművi blokkok biztonság növelése érdekében a tartalék ellátást biztosító 120 kV-os vezeték blokkonként külön oszlopsoron történő vezetése is szükségessé válhat. Ezzel együtt a távvezetékek oszloptípusa és darabszáma is változhat.

## **8.3.3 EGYÜTTES BIZTONSÁGI ÖVEZET**

A két 400 kV-os blokkvezeték és a tartalék ellátást biztosító 120 kV-os távvezeték párhuzamos haladása esetén a biztonsági övezet figyelembe veendő teljes szélessége 170 m.

## **8.3.4 A TÁVVEZETÉK ÉPÍTÉSE**

A távvezeték-építés főbb fázisai az alábbiak:

- építés előkészítés, nyomvonalkitűzés
- alapozás
- az oszlopok és szigetelőláncok szerelése
- oszlopállítás
- vezetékhúzás és beszabályozás

A távvezeték építéséhez a nyomvonal mentén végig általában egy kb. 3-5 m szélességű építési sávra van szükség. A kivitelezési munkálatokkal igénybe vett termőföldek esetén a rekultivációs munkálatokat megalapozó talajtani szakvélemény készül, amely alapján a termőföldek időleges más célú hasznosítása az illetékes földhivatalban engedélyeztetésre kerül.

Az oszlopok föld feletti befoglaló mérete függ attól, hogy tartó-, vagy feszítő oszlop kerül beépítésre, de függ az oszlopokra kerülő vezetők keresztmetszetétől és számától is.

Az építés területigényénél az oszlopok helyszíni összeszereléséhez és állításához szükséges területnagyságokat is figyelembe kell venni, amely oszloptípustól és beépítési helytől függően az alábbi:

- 400 kV-os oszlopok esetén: kb. 60x40 m
- 120 kV-os oszlopok esetén kb. 40x40 m

Ezek a területsávok termőföld esetén a művelés alól időlegesen kivonásra kerülnek.

A Paks II-höz kapcsolódó három távvezeték (oszlopsor) építhető egyszerre, de akár ütemezve is. Ütemezett építés esetén először az 1. blokkhoz tartozó 400 kV-os és a 120 kV-os távvezetékét kell megépíteni, majd később megépíthető a 2. blokkhoz tartozó 400 kV-os vezeték.

Építési munkák időszükséglete:

- Tereprendezés, földmunka: 2 munkanap/km
- Alapozás: 2 hét/km
- Oszlopszerelés, állítás: 1 hét/km
- Vezetékszerelés: 1-3 hét/km

Az említett munkafolyamatok részben párhuzamosan folynak, ezért a becsült kivitelezési idő kb. 8-10 hónap. Ütemezett építés esetén a létesítési időszükséglet ettől lényegesen hosszabb is lehet. Ez alatt az idő alatt a környezet zavarása nem a teljes vezeték hosszokon történik egyidejűleg. A munkagépek a munkaterületen csak a feltétlenül szükséges időt töltik, egyik oszlophelyről a másikra mennek. Az építés során gépi és kézi (emberi) munkavégzés is történik a szerelési technológiának megfelelően.

A következő fénykép egy korábban végzett távvezeték kivitelezés oszlopszerelését mutatja.



45. ábra: Martonvásár-Győr 400 kV-os szabadvezeték, oszlopszerelés

## 9 PAKS II. ATOMERŐMŰ POTENCIÁLIS HATÓTÉNYEZŐI, HATÁSVISELŐI

### 9.1 POTENCIÁLIS HATÓTÉNYEZŐK

A környezeti hatásvizsgálat elvégzésének első lépése a nukleáris energiatermelés feltételeinek megteremtéséhez és a működtetéséhez kapcsolódó, az előzőekben részletezett technológiai paraméterekből adódó hatótényezőknek a meghatározása. A tervezett atomerőművi blokkokhoz kapcsolódó hatótényezőket 3 fő tematika köré csoportosítva vettük számba: a területi érintettség, az időrendiség, valamint a jellemző hatótényező csoportok szerint.

Az új atomerőművi blokkok létesítése, valamint üzemeltetése az alábbi **területek** igénybevételével jár:

#### Paks II. Atomerőmű

- Az új atomerőművi blokkok üzemi területe

- Felvonulási terület

### Paks II. Atomerőmű kapcsolódó létesítményei

- Hidegvíz-csatorna
- Melegvíz-csatorna
- A hidegvíz- és a melegvíz-csatorna által közrezárt "sziget" területei
- A Rekuperációs vízerőmű területe

### Blokkvezetékek és távvezetékek

- Az új alállomásig tartó 400 kV-os blokkvezetési és 120 kV-os távvezetési nyomvonal

### Szállítási útvonalak

- A be- és kiszállítással érintett útvonalak

Az új atomerőművi blokkoknak és kapcsolódó létesítményeinek hatótényezőit **időrendi** sorrend szerint - létesítés-építés/szerelés, üzemeltetés, valamint felhagyás - szerint csoportosítva vizsgáljuk, az igénybe veendő területek számba vétele alapján:

**Létesítés-építés / szerelés:** Az építést megelőző tevékenységeken túl a tényleges építés mintegy 5 éves periódusa, ami 2 blokk esetében egymást részben követő 2 ciklus, összesen 10 év.

**Üzemeltetés:** A tervezett atomerőművi blokk tervezési üzemideje 60 év, amely a létesítés ütemezését, valamint a jelenleg működő 4 blokk üzemidő hosszabbítási eljárását figyelembe véve több szakaszra osztható

A Paksi Atomerőmű 1-4 blokkok és Paks II. 1. blokk együttes üzeme 2025-2030 között

A Paksi Atomerőmű 1-4 blokkok és Paks II. 1-2 blokkok együttes üzeme 2030-2032 között

A Paksi Atomerőmű 1-4 blokkok leállítását követően Paks II. 1. és 2. blokk önálló, együttes üzeme 2037-2085

Paks II. 1. blokk üzemidejének lejártát és leállítását követően Paks II. 2. blokk önálló üzemelése 2085-2090

Paks II. 2. blokk üzemidejének lejártá 2090

**Felhagyás:** Az üzemidő végén előbb a Paks II. 1, majd a 2. blokk leállítása (e tevékenység a 314/2005. Korm. rendelet 1. mellékletének 31. pontja alapján önmagában is KHV-köteles)

Az egyes szakaszokat a legjellemzőbb **hatótényező-csoportok** szerint csoportosítva vizsgáljuk. A létesítmény jellegére tekintettel az egyes hatótényezők közül az emissziókat és a hulladékokat hagyományos, nem radioaktív kibocsátású, valamint radioaktív kibocsátású csoportokra osztottuk.

- ❖ **környezeti elemek igénybevétele**
- ❖ **szennyezőanyag kibocsátások**
  - hagyományos, nem radioaktív szennyezőanyag kibocsátások
  - radioaktív kibocsátások
- ❖ **hulladékok**
  - hagyományos, nem radioaktív hulladékok keletkezése és kezelése
  - radioaktív hulladékok keletkezése és kezelése
- ❖ **kiegített fűtőelem-kazetták**
  - reaktorzónából kiemelt fűtőelem-kazetták kezelése, tárolása

## 9.2 HATÁSVISELŐK

A környezeti hatásvizsgálat elvégzésének második lépése a Paks II. létesítéséhez és működtetéséhez kapcsolódó hatótényezők által kiváltott hatásfolyamatok becslése, meghatározása, érintve a létesítés, az üzemeltetés és a felhagyás időszakaihoz kapcsolódó eseményeket. A becsült hatásfolyamatok alapján meghatározható a **környezeti elemek és rendszerek azon köre, ahol** a hatótényezők által kiváltott hatásfolyamatok (környezet igénybevétele, környezet terhelése) **közvetlen-,** valamint **közvetett hatásokat válthatnak ki.**

Az új atomerőművi blokkok létesítése, üzemeltetése és felhagyása során a következő környezeti elemek és rendszerek veendőik figyelembe, mint hatásviselők:

*Felszíni víz - Duna*  
*Földtani közeg, felszíni alatti víz (telephely, Duna-völgy)*  
*Levegő*  
*Települési környezet (zaj, hulladékok, radioaktív kibocsátások)*  
*Élővilág-ökoszisztéma*  
*Mesterséges környezet, művi elemek*  
*Lakosság (radioaktív kibocsátások)*

### **9.3 POTENCIÁLIS HATÁSMÁTRIXOK**

A potenciális hatótényezők hatásainak becslését hatásmátrixban is összefoglaltuk.

A hatótényezőket és a hatásviselőket a tervezett tevékenység telepítése, működése, felhagyása, illetve mind a három fázisban az esetleg előforduló, normál működéstől eltérő esetekre (üzemzavarok, haváriák, valamint tervezési alapba tartozó események) is azonosítottuk.

Hatótényezők	Hatásviselők								
	Környezeti elemek/rendszerek								
	Felszíni víz	Földtani közeg, felszíni alatti víz		Levegő	Települési környezet	Élővilág-ökoszisztéma	Kulturális örökség	Lakosság	Épített környezet
	Duna	Telephely	Duna-völgy						
<b>Telepítés</b>									
Épületek bontása	-	I	-	T	T	T	-	I, T	I, T
Területfoglalás	I	I	-	T	I	T	-	-	I
Szállítás	-	-	-	T	I, T	T	T	T	I, T
Létesítmény építése	I	I	-	T	I, T	T	-	T	I, T
Technológia telepítése	I	I	-	T	I, T	T	-	T	I, T
Kapcsolódó tevékenységek	I	I	-	T	I, T	T	-	T	I, T
Havária	T	T	-	T	T	T	T	T	T
<b>Működés</b>									
Technológia	T	I	T	T	I, T	T	-	T	I, T
Kapcsolódó tevékenységek	-	-	-	T	I, T	T	-	T	I, T
Szállítás	-	-	-	T	I, T	T	T	T	I, T
Havária	T	T	-	T	T	T	T	T	T
<b>Felhagyás</b>									
Technológia bontása	-	T	-	T	I, T	T	-	T	T
Épületek bontása	-	T	-	T	I, T	T	-	T	T
Szállítás	-	T	-	T	I, T	T	-	T	T
Kapcsolódó tevékenységek	T	T	-	T	I, T	T	-	T	T
Területrendezés	-	T	-	T	I	T	-	T	I
Havária	T	T	-	T	T	T	T	T	T

Jelmagyarázat:  
T – környezet terhelése  
I – környezet igénybevétele

32. táblázat: Összefoglaló hatásmátrix, a hatótényezők jellegének és a hatásviselőknek az azonosítása

Hatótényezők	Hatásviselők								
	Környezeti elemek/rendszerek								
	Felszíni víz	Földtani közeg, felszíni alatti víz		Levegő	Települési környezet	Élővilág-ökoszisztéma	Kulturális örökség	Lakosság	Épített környezet
	Duna	Telephely	Duna-völgy						
<b>Telepítés</b>									
Épületek bontása	-	I	-	H	H	H	-	H, I	H, I
Területfoglalás	I	I	-	H	I	H	-	-	I
Szállítás	-	-	-	H	I, H	H	H	H	I, H
Létesítmény építése	I	I	-	H	I, H	H	-	H	I, H
Technológia telepítése	I	I	-	H	I, H	H	-	H	I, H
Kapcsolódó tevékenységek	I	I	-	H	I, H	H	-	H	I, H
Havária (H)	H	H	-	H	H	H	H	H	H
<b>Működés</b>									
Technológia	H+R	I	H	H+R	I, H+R	H+R	-	H+R	I, H+R
Kapcsolódó tevékenységek	-	-	-	H	I, H	H	-	H+R	I, H
Szállítás	-	-	-	H	I, H+R	H+R	H	H+R	I, H+R
Tervezési alapba tartozó események (R); Havária (H)	H+R	H+R	-	H+R	H+R	H+R	H	H+R	H+R
<b>Felhagyás</b>									
Technológia bontása	-	H+R	-	H+R	I, H+R	H+R	-	H+R	H+R
Épületek bontása	-	H+R	-	H+R	I, H+R	H+R	-	H+R	H+R
Szállítás	-	H+R	-	H+R	I, H+R	H+R	-	H+R	H+R
Kapcsolódó tevékenységek	H	H+R	-	H	I, H+R	H+R	-	H+R	H+R
Területrendezés	-	H	-	H+R	I	H+R	-	H+R	-
Tervezési alapba tartozó események (R); Havária (H)	H	H+R	-	H+R	H+R	H+R	H+R	H+R	H+R

Jelmagyarázat:

H – hagyományos környezeti hatások  
R – radiológiai hatások

33. táblázat: Összefoglaló hatásmátrix, hagyományos és radiológiai hatások azonosítása

## 10 A PAKSI FEJLESZTÉS TÁRSADALMI-GAZDASÁGI HATÁSAI

### 10.1 GAZDASÁGI HATÁSOK, FELTÉTELEK

A tervezett paksi fejlesztés jelentős hatással lesz az egész ország, a régió és Paks város gazdaságára is.

Országos szinten a beruházás hatására növekvő gazdasági teljesítményt (GDP) lehet kiemelni, hiszen már a tervezett beruházás előkészítésével megindul a megvalósításban részt venni kívánó hazai vállalkozások felkészülése is a megvalósításra, ami kihatással van/lesz az oktatásra, a vállalkozások személyi és tárgyi eszközállományának fejlesztésére és innovációjára.

A Magyarország Kormánya és az Oroszországi Föderáció Kormánya közötti nukleáris energia békés célú felhasználása terén folytatandó együttműködésről szóló Egyezmény kihirdetéséről szóló 2014. évi II. törvény 4. cikk 2. pontja értelmében „A Felek minden tőlük telhetőt megtesznek, hogy amennyiben ez a jelen Egyezményben foglalt együttműködés teljesítése érdekében megvalósítható és a jogszabályok által meghatározott keretek lehetővé teszik, hogy elérjék a 40 %-os minimális lokalizációs szintet.”, tehát Magyarország Kormánya a tervezett beruházást nem csak energiapolitikai szempontból tartja fontosnak, hanem iparpolitikai szempontból is kiemelten kezeli. A 12,5 Mrd EUR-ra tervezhető beruházási összértékből tehát 5 Mrd EUR remélhetően hazai vállalkozások részvételével valósul meg a tervek szerint, ami a hazai éves GDP kb. 5 %-a, tehát nagyon jelentős tétel nemzetgazdasági szinten is.

Energiapolitikai szempontból a Kormány várakozása szerint az ország villamos energia előállítását biztosító „mix” a Paksi Atomerőmű 4 blokkjának leállítását követően is kiegyensúlyozott marad, a fejlesztés elmaradásához képest csökken az import energiahordozóktól (a nukleáris üzemanyag több forrásból is beszerezhető és nagyobb készlet is tárolható), illetve a közvetlen villamosenergia importtól való függőség, valamint a paksi fejlesztés által termelt villamos energia ára hosszú távon versenyképes lesz, ami versenyelőnyt biztosíthat a hazai energiaigényes vállalkozások számára, lehetővé téve akár termelési volumenük növelését is.

Iparpolitikai szempontból kiemelten fontos szempont, hogy az említettek szerint a beruházásban részt vevő vállalkozások a személyi állományuk és tárgyi eszközeik fejlesztése révén versenyképesebbek lesznek a beruházást követően is, aminek a paksi fejlesztés közvetlen hatásán kívül multiplikátor hatása lesz a későbbiekben a nemzetgazdaság teljesítményére, a foglalkoztatottságra, a lakossági fogyasztás bővülésére és ezekből következően az állami adó- és járulékbételekre is. Szintén nemzetgazdasági szempont, hogy a paksi fejlesztéssel egy nagy értékű, korszerű létesítménnyel bővül az állami tulajdon, és nem mellékesen a fejlesztés egy világhírű és -színvonalú szakmakultúra fennmaradását is szolgálja.

Az új atomerőművi blokkok tervezett beruházásánál nemzetgazdasági cél, hogy a munkákban minél nagyobb arányban tudjanak részt venni a hazai beszállítók. A reálisan elérhető felső határ a mintegy 30-40 %-os szerepvállalás. A jelenleg folyó külföldi (nemzetközi) atomerőmű beruházások egyértelműen azt mutatják, hogy csak abban az esetben vonhatók be intenzíven a megrendelő nemzetgazdaságának alvállalkozói (beszállítói) az előkészítési, az építési- szerelési- kivitelezési, a gyártási és a majdani fenntartási munkákba, ha arra tudatosan és tervszerűen felkészítették, fejlesztették és egymást kiegészítő, erősítő rendszerbe szervezték őket. Az erőmű építési projekt nemzetgazdasági hasznosságát nagyban növeli a jól megtervezett, előkészített és szisztematikusan végrehajtott alvállalkozói felkészítés, amivel elkerülendő a beruházás folyamán a kapcsolódó jelentős többletköltség.

Az új blokkok létesítési folyamata olyan beruházás, amely jelentős, több évig, akár egy évtizedig tartó megrendelést adhat számos hazai vállalatnak, vállalkozónak és munkát biztosít több ezer munkavállalónak akár a helyszínen, akár az előkészítő munkák során tervező és kutatóintézetekben, akár a különböző előszerelő és gyártóművekben. A beruházási költségek 30-40 %-ának lefedése hazai beszállító vállalkozókkal feltételezi a tervszerű felkészülést és a szervezett vállalati, intézményi kooperációt is magába foglaló együttműködést. Magyarország energetikai gyártókapacitása és az egyes építőipari cégek teljesítési volumene jelentős mértékben csökkent az elmúlt két évtizedben. Teljes újjáélesztésének nincs realitása, inkább a potenciálisan alkalmas, elsősorban kis- és közepes méretű vállalkozások programszerű felkészítése és összefogása lehet a cél.

Az előkészítő projekt keretében megtörtént a tervezett beruházásba bevonható vállalati és vállalkozói kör – az aktuális helyzetet tükröző – felmérése. A munka két megközelítésben folyt. Egyrészt országos szinten vizsgálták a kiemeltnek

tekinthető cégeket, másrészt összegyűjtötték a Paksi Atomerőmű tágabb környezetében lévő, elsősorban az alvállalkozói láncban esetleg munkához jutó vállalkozásokat. Az országos felmérés eredményeként mintegy másfélszáz lehetséges közreműködő vállalkozás került be az adatbázisba, amely kitért a beszállítási, szolgáltatási specifikációkra szakmánként (nukleáris, gépészet, irányítástechnika, villamos, építészet, vegyészet, egyéb) és tevékenységekként (K+F, tervezés, gyártás, szállítás, építés, szerelés, üzembe helyezés, szakértés, egyéb). Rögzítésre kerültek a cégek eszközei, kapacitásai, referenciái, minőségbiztosítási jellemzői, a gyártás területén pedig a komponensek import hányada is.

Természetes törekvés és elvárás, hogy a Paksi Atomerőmű tágabb környezetében tevékenykedő cégek esélyes közreműködőként léphessenek be a létesítési rendszerbe, erősítve ezzel a térségi vállalkozási potenciált és lehetőséget teremtve a környezeti humán erőforrás alkalmazására. A jól definiált, több szempont alapján behatárolt térség 90 települést tartalmaz, érinti a Duna mindkét oldalát, 3 megyére terjed ki. A vizsgálat tárgyát azok a vállalkozások képezték, amelyek az építőipar, a gyártás, a szerelés és a szállítás területén tevékenykednek, az alkalmazotti létszámuk legalább 10 fő, továbbá érdeklődést és hajlandóságot mutatnak, hogy bármilyen szerződéses konstrukcióban részt vegyenek a beruházásban. A felmérés során a potenciális közreműködő vállalkozásokat a felkészültség (személyzet és eszközállomány), a referenciák, a tőkeerő, a mérlegadatok, a megszerzett minősítések és a szakképzési hajlandóság alapján kategorizálták. A térségi vállalkozások egyébként nemcsak direkt módon lehetnek jelöltek a nagyberuházásban, hanem a kapcsolódó közvetett munkákban is (pl. infrastruktúra építése). A felmérés eredményeként csaknem 240 térségi vállalkozás került be az adatbázisba.

## **10.2 TÁRSADALMI ÖSSZEFÜGGÉSEK, FELTÉTELRENDSZER**

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. csaknem négy évtizede van jelen a Paks-Szekszárd-Kalocsa centrumokkal meghatározott térségben. Átgondolt, szisztematikus folyamat eredményeként építette fel azt a térségi kapcsolati rendszert, amely a kölcsönös tiszteleten, megértésen és előnyökön alapuló együttműködést takar. Ez az erős, támogató, szimbiotikus kapcsolat nyújtott szilárd társadalmi alapot a döntéshozóknak olyan nagy horderejű határozatok meghozatalához, mint az üzemidő meghosszabbítása és az új blokkok létesítése. Az új atomerőművi blokkok építésére irányuló parlamenti és kormányzati döntések kiemelten igénylik az erőmű körüli térséggel a gazdasági és társadalmi kapcsolat-együttes magasabb szintre emelését, tartalmi bővítését, élénkítését. A térségi befogadási és együttműködési hajlandóság erősítése, az önkormányzatok, vállalkozások és az állampolgárok bizalmának növelése a bővítési program egyik meghatározó peremfeltétele, amellyel már a nagyberuházás előkészítésének időszakában is foglalkozni kell.

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt, mint a térség legnagyobb vállalkozása és foglalkoztatója, kihangsúlyozottan felelősséget érez környezetének állapotáért, az itt élők életminőségéért, a térség fejlődéséért és jövőjéért. Az erőmű és a hozzá kapcsolódó fejlesztési projekt akkor lehet sikeres, ha maga is egy virulens gazdasági és társadalmi környezetben működik, a hatékonyságok kölcsönösen erősítik egymást. Az új blokkok telepítési folyamata élénken foglalkoztatja a Paksi Atomerőmű körüli térség lakosságát, várakozásokkal tekintenek a demokratikus, számukra is beleszólási lehetőséget biztosító folyamatokra. A támogatás a térség részéről jelenleg megnyugtató mértékű, a kapcsolatok lendületben vannak, de megfogalmazódnak komoly elvárások is. A települések önkormányzatai és lakossága, továbbá az érintett vállalkozások kezdeményező, a hosszú távú együttműködést hitelesítő lépéseket várnak már a nagyberuházás előkészítésének időszakában is.

Megkerülhetetlen a befogadó térség bevonásának, érdekeltté tételének megalapozása, ami a vállalkozásfejlesztésen túl elsősorban a humán erőforrás szolgáltatáshoz és ennek logisztikai rendszeréhez köthető. Ezekkel a témakörökkel a bővítést előkészítő projekt részletesen foglalkozott. Mindenekelőtt össze kellett állítani azon szakmák jegyzékét, amelyek egy atomerőmű építéséhez, szereléséhez, üzembe helyezéséhez és a majdani üzemeltetéséhez szükségesek, továbbá az Országos Képzési Jegyzék rendszerével és a hazai felsőfokú képzési irányokkal összhangban vannak. Ez az anyag nagy beruházási tapasztalatokkal rendelkező energetikai szakemberek, egyetemi tanszékek bevonásával elkészült. Minden további felmérés összehasonlító alapját képezi a korábban prognosztizálható tenderezők blokk típusainak munkaerő igénye. Az orosz-magyar kormányközi egyezmény megkötése egyszerűsítette a helyzetet, a továbbiakban már csak az Atomsztrójeexport által szolgáltatott előzetes adatokra kell támaszkodni.

A rendelkezésre álló, illetve a távlatokban prognosztizálható térségi szakirányú munkaerő állomány megismerése érdekében nagyléptékű felmérés történt Tolna, Baranya és Bács-Kiskun megye 90 településén. Állami, közigazgatási nyilvántartási rendszer hiányában a mintavételezésen alapuló nagyléptékű terepmunka eredményeként állt össze az



adatbázis. Mindez jó alapot nyújt a térségi munkaerő állomány bevonhatóságának vizsgálatához és előkészítéséhez a nagyberuházás munkálataiba. A már megismert, szakmákra bontott kivitelezői munkaerőigény jól összevethető a térségi szakirányú humán erőforrás potenciállal. Abból a feltételezésből kiindulva, hogy a vizsgált térségben rendelkezésre álló szakirányú munkaerő állománynak csak a 20 %-a irányítható be az atomerőmű új blokkjainak építési- szerelési munkálataiba, megállapítható, hogy a térségből a szükséges munkaerőnek csak mintegy 25-30 %-a biztosítható. Természetesen az egyes szakmák tekintetében igen nagy eltérések mutatkoznak. Az összevető elemzések eredményeinek birtokában már előzetesen rögzíthető, hogy a hiányprobléma elsősorban az ács-állványozó, a vasbetonszerelő, a minősített hegesztő, a lakatos, a villamos ipari és irányítástechnikai szerelők tekintetében lesz domináns.

Felmérésre kerültek a térség szakirányú középfokú szakképzési tanintézményei és felnőttképzési vállalkozásai, azok képzési feltételrendszere, infrastruktúrája, gyakorló háttér, kapacitása, fejlesztési terve, rugalmassága. Ezek az iskolák, képzőhelyek biztosíthatják a munkaerőpiacon jelen nem lévő és oda jelenleg nem is prognosztizálható létszámot célirányú új szakképzések indításával, a meglévők létszámemelésével, a képzési feltételek javításával. Megtörtént a hazai műszaki felsőoktatási intézmények, karok, szakok felmérése, kiegészítve néhány szomszédos ország kiemelt, hasonló profilú intézményének vizsgálatával. Ugyancsak elkészült az a döntés előkészítő anyag, amely a paksi energetikai főiskolai képzés újraindítását elemzi, kizárólag valamilyen anyaintézmény kihelyezett szakaként.

Tananyagszintig lebontva, energetikai gyakorlatokkal és helyszíni szakmai gyakorlatszerzéssel kiegészítve elkészült a műszaki felsőoktatásba irányító és arra felkészítő rendszer. A Paksi Atomerőmű körüli térség középiskoláival megvan az aláírt megállapodás a részvételükről, amely a 11. osztálytól a speciális fizika tantárgyi kiegészítő képzést jelenti, emeltszintű érettségi elvárással. A térségből továbbtanulók nagyobb valószínűséggel térnek vissza, ha számukra a bővítés munka- és karrierlehetőséget kínál. Speciális ösztöndíj és mentori rendszer kidolgozása is megtörtént közép- és felsőfokra egyaránt, mert csak így tarthatók a villamosenergia-iparág keretében a fiatal szakemberek, és akadályozható meg a külföldi agyelszívás.

A humán erőforrás kutatásokból levezethető, hogy a beruházás során, évekre bontva milyen létszám szükséges, amelyekhez különböző szolgáltatási igények rendelhetők. A térségi munkaerő forszírozott foglalkoztatásával (amelynek kiemelt célnak kell lennie) a szállás és egyéb ellátási igény jelentősen csökkenthető, viszont a közlekedési igények növekednek. A kalocsai térség szintén kiemelt kezelése a dunai átkelés alternatíváit is előtérbe helyezi. Szem előtt kell tartani a környezetbarát közlekedési megoldásokat, továbbá a későbbiekben más célokra felhasználható óriás parkolókat. Fel kell mérni a meglévő szálláslehetőségeket, ezek fejlesztési és növelési megoldásait, figyelembe véve a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ajánlásait. Az átmeneti, de a XXI. századi követelményeknek megfelelő szállás létesítések mellett foglalkozni kell a majdani üzemeltető személyzet és családtagjaik végleges elhelyezésével is. Vizsgálni kell az egyes települések befogadási attitűdjeit. Foglalkozni kell több ezer ember élelmiszerellátásával, étkeztetésével, egészségügyi és szociális ellátásával, a közbiztonsági kérdésekkel, a szabadidős programfeltételek biztosításával. Már jó előre tervezni kell a bölcsődei, óvodai, iskolai férőhelyek bővíthetőségét, továbbá nem megkerülhető a női munkaerő (hozzátartozók) alkalmazási problémáinak kezelése, foglalkoztatási lehetőségeik időbeni megteremtésével.

Regionális szinten a tervezett fejlesztés elsősorban a megvalósítás időszakában bír jelentőséggel: fejlődik az infrastruktúra, az építkezésben részt vevő dolgozói létszám elszállásolásával és kiszolgálásával kapcsolatos régiós vállalkozások többletbevételre tehetnek szert, a fejlesztést követően pedig az 1-4. blokkok leállítását követően hosszú távon is fennmarad egy fizetőképes foglalkoztatott és vállalkozói réteg, amely az új blokkok üzemeltetését és karbantartását fogja végezni, kompenzálva a régi blokkok leállításából eredő várható negatív gazdasági és társadalmi hatásokat.

Paks városának – határozott decentralizációs elképzelések mellett is – kiemelt szerep jut már a beruházás előkészítő szakaszában, indokolt tehát a folyamatos együttműködése a projekttel. A szükséges infrastruktúra fejlesztések felmérése, az azokhoz kapcsolódó tervezési és előkészítő feladatok megkezdése, továbbá a megvalósításhoz szükséges források azonosítása folyamatban van. Vizsgálandók a Paksi Ipari Park fejlesztési lehetőségei, területének bővíthetősége. Nagyon fontos, hogy az erőmű építését-szerelését előkészítő, továbbá a beruházás során működő üzemek és egyéb, akár irodai telephelyek itt telepedjenek le. Szekszárd megyei jogú várost a súlyának megfelelően kell kezelni a beruházás előkészítése és megvalósítása során. A Partnertelepülések Hálózatában azok az erőmű térségében lévő községek kaphatnak helyet, amelyek konkrét vállalásokat tesznek a beruházás sikere, támogatása érdekében (pl. szállás konténervároska befogadása, ehhez telek és közműcsatlakozás biztosítása, engedélyezések rendezése, munkaerő mozgósítás, képzési együttműködés, kommunikációs segítség, lakóingatlan parcellázás,

szabadidős programok és pihenési lehetőségek biztosítása). A Hálózat tagjainak nem anyagi juttatás jár, hanem lehetőségeket kap. Mindez részletes megalapozó terepmunkát kíván településenként, hogy a végeredmény a reális helyi erőforrásokon alapuljon.

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. csaknem egy évtizede működtet különleges támogatási rendszert alapítványi formában, amelynek célja a térség- és településfejlesztés, a vállalkozásfejlesztés és az új munkahelyek létrehozásának segítése. Az alapítvány segítségével a térségben közvetlen, vagy közvetett (pályázati önrész biztosítás) támogatás útján több mint 30 milliárd forintnyi fejlesztés valósulhatott meg a kedvezményezett térségben, ami több száz új munkahely megteremtését is eredményezte.

Annak érdekében, hogy eredményes párbeszéd alakulhasson ki az atomerőmű és a környékbeli lakosság között, elkerülhetetlenné vált egy szervezet létrehozása, amely bejegyzett jogi személy és önálló programmal, működési renddel, költségvetéssel hatékonyan képes képviselni a térség lakosságának reális igényeit, érdekeit. Ennek megfelelően alakult meg 1992-ben 13 település önkormányzatának képviselőiből a Társadalmi Ellenőrző, Információs és Településfejlesztési Társulás (TEIT). A Társulás egyrészt ellenőrzési tevékenységet végez, másrészt szorosan együttműködik az erőművel az információk továbbításában. Célja nem az erőművel való szembehegyezkedés, hanem a lakosság érdekeinek védelme, az őszinte párbeszéd és együttműködés fenntartása, a kölcsönös bizalom építése. A TEIT időszakos kiadványokat tesz közzé, ellenőrzés céljából társadalmi bizottságot hozott létre.

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. és a térség lakossága között több évtizedes múltra tekintő kommunikációs lehetőségek élnek és működnek. A széles körű tájékozási és véleménynyilvánítási lehetőség a bizalomépítés, a nyugodt együttműködés és a konszenzus-teremtés megalapozója, építője. A nyitottsági politika keretében az erőmű látogató központot működtet az erőmű mellett és Kalocsán, amelyek legfontosabb helyszínei a lakosság és a nukleáris ipar találkozóinak, minden magyar állampolgár, köztük a környezetben élő lakosság számára is napi, személyes tájékozási lehetőséget nyújtanak. Az erőmű szoros kapcsolatban áll a helyi, a térségi és az országos sajtó képviselőivel, részükre rendszeresen, illetve a helyzettől függően ad információs anyagot. Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-nek van saját üzemi lapja, amely pontos tájékoztatást ad az erőműben történekről, a tervekről és a fejlesztési törekvésekről. A lap a 12 km sugarú körben lévő települések (TEIT) minden postaládájába eljut. Paks, Kalocsa, Gerjen és Uszód lakói a nap 24 órájában tájékozódhatnak a települések központjában elhelyezett monitorokon az aktuális helyi sugárzási viszonyokról közérthető, összehasonlító megjelenítésben.

## 11 PAKS 30 KM SUGARÚ KÖRNYEZETÉNEK JELENLEGI ÉS VÁRHATÓ IDŐJÁRÁSA

### 11.1 PAKS 30 KM SUGARÚ KÖRNYEZETÉNEK ÉGHAJLATI JELLEMZÉSE

Az átlagos évi **középhőmérséklet** Paks állomáson 10,7°C, mely meghaladja az országos átlagot. A hőmérséklet átlagos évi menetét tekintve a térség legmelegebb hónapja a július, a leghidegebb pedig a január. A hőmérséklet elemzése alapján látható, hogy éves szinten emelkedő tendenciát mutat az átlaghőmérséklet, s a nyári-, hőség- és forró napok előfordulását elemezve is megfigyelhető, hogy az éven belüli extrémítások is egyre gyakoribbak.

Az éves **csapadék**összegeket tekintve 1951. óta a legszárazabb év az 1961-es volt (285,9 mm) Pakson, míg a legcsapadékosabb a 2010-es év (990,9 mm), mely az eddigi abszolút maximumot is megdöntötte. A tízéves átlagokat megfigyelve elmondhatjuk, hogy az utolsó tíz év volt összességében a legcsapadékosabb az időszakban. Az éves csapadékösszeg tekintetében kissé emelkedő trend jellemző Paks térségében, s az extrém értékeket vizsgálva, több esetben évszázados rekord dőlt meg ebben a 30 éves időszakban. A csapadék évi menetét tekintve azt mondhatjuk, hogy a legcsapadékosabb hónap Paks térségében a június, utána következik a két másik nyári hónap és a május, tehát a nyári időszakban hullik általában a legtöbb csapadék. Ezen időszak után novemberben figyelhetünk meg egy másodmaximumot. A legszárazabb hónap a március, de általában január-februárban is kevés a csapadék.

Paks térségében a **napfényben** legszegényebb hónap a december, a nagy borultság és a rövid nappalok miatt; ekkor az átlagos havi napfénytartam mindössze 53 óra. Május-szeptember hónapok a napsütésben leggazdagabbak, ekkor átlagosan 250 óra feletti havi értékek jelentkeztek, s ezek közül is a július hónap volt a legderültebb az elmúlt 30 év átlagában, utána következik az augusztus, majd a június. A nyári félév napfénytartama közel két és félszerese a téli félévének.

Paks térségében az évi átlagos **tengerszinti légnyomás** 1017,5 hPa, az éven belüli menete az országos menethez hasonló, a legmagasabb értékek általában januárban, a legalacsonyabbak áprilisban fordulnak elő. A nyári félév átlagos légnyomása alacsonyabb, mint a téli félév esetében.

Paks környékén a tényleges **párolgás** a november-február időszakban a legkisebb, és május-augusztus időszakban a legnagyobb. Télen a legkisebb a potenciális párolgás, ekkor majdnem megegyezik a tényleges párolgással, tavasztól őszig viszont jóval meghaladja azt, mivel ekkor nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű elpárologtatható víz. Paks térsége csapadékkellátottság szempontjából száraz területnek minősül.

A **talaj felszínének a hőmérséklete** közvetlenül követi a Nap járását, és így a talaj felső rétegének felmelegedése és lehűlése naponként és évenként párhuzamban változik a levegő hőmérsékletével. A növekvő mélységgel azonban a Nap hatása mindinkább gyengül, úgy a napi, mint az évszakos ingadozás csökken, és bizonyos mélységben a hőmérséklet már állandó.

**Szélviszonyok:** Paks térségében éves viszonylatban az északnyugati, valamint az észak-északnyugati áramlás a leggyakoribb, másodmaximumként pedig a déli irány jelenik meg. A nyári félévben az észak-északnyugati dominál, utána következik az északnyugati irány, majd az északi, s a déli irány így visszaszorul a negyedik helyre. A téli félévben az uralkodó szélirány az északnyugati, a második helyre itt viszont előrelép a déli irány, s a harmadik az észak-északnyugati. Csökkenő trend jellemzi az évi átlagos szélességet az 1997-2010-es időszakban. Az időszakban a legerősebb szélökést, 24,8 m/s-ot, 2004. november 19-én regisztrálták. A maximális szélökések iránya legtöbbször északnyugati, ezután következnek a déli, majd az észak-északnyugati irányok. A sebességet tekintve, a 2-4 m/s közötti szélökések fordulnak elő a legtöbbször, de az 1-2 m/s, illetve a 4-6 m/s közöttiek is gyakoriak. 12 m/s feletti sebességek már kisebb arányban fordulnak elő az évben, 17 m/s-ot meghaladók pedig csak ritkán.

A **paksi mérőtorony** 20 méteres szintjén a vizsgált 7 év adatai alapján az észak-északnyugati szélirány volt az uralkodó, emellett az északi fordult elő a legtöbb alkalommal. Viszonylag gyakori volt még a déli és a déli-délkeleti irány. 50 méteres magasságban is az észak-északnyugati irány volt a leggyakoribb, a 20 méteres szinthez hasonló sorrenddel, 120 méteren azonban már mutatkoznak a jelei a északnyugati szél arányának növekedésének. Itt is az észak-északnyugati szél volt az uralkodó, azt az északnyugati, majd az északi szél követte, a délies szelek az alacsonyabb szinteknél kevésbé voltak hangsúlyosak. Míg 20 méteren a 2-4 m/s-os tartomány gyakorisága alig nagyobb az ez alatti tartományénál, 50 méteren már egyértelmű a túlsúlya, 120 méteren pedig már a 4 és 6 m/s közötti sebesség fordult elő a legnagyobb arányban. A vizsgált időtartam alatt 20 méteren 12 m/s volt a maximális átlagsebesség, 50 méteren csaknem 18 m/s, 120 méteren pedig 20 m/s feletti értékek is előfordultak. 20 méteren 25 m/s-ot meghaladó szélökés nem fordult elő, 120 méteren azonban 30 m/s-nál nagyobb lökések is voltak.

## 11.2 ÉGHAJLATVÁLTOZÁS A XXI. SZÁZADBAN PAKS TÉRSÉGÉBEN KLÍMAMODELLEK ALAPJÁN

Sokszor elhangzott a 2010-es év után, hogy a „tavalyi év extrém csapadékos volt”, és talán még frissebb az élményünk a következő mondatról: „2012 nyara extrém meleg volt”. Az egyedi évek **változékonysága** természetes része az éghajlatnak, ami mindenféle külső kényszer nélkül is fennáll, ezért ezek nem írhatók az éghajlatváltozás számlájára. Az éghajlat esetében a hosszú évek átlagában vett értékeket, trendeket és változásokat vizsgáljuk.

Az éghajlati modellezés legfontosabb bizonytalansága a **modellekből származó bizonytalanság**. A modellek az éghajlati rendszer folyamatait kormányzó egyenleteket numerikus módszerek segítségével oldják meg. A numerikus megoldás során az állapothatározókat (a hőmérsékletet, a szélességet, stb.) egy háromdimenziós térbeli rács pontjaiban tekintik, és bizonyos kölcsönhatásokat egyszerűsített formában, ún. parametizációk segítségével írnak le. Az egyes intézetekben kifejlesztett modellek sok tekintetben eltérnek: ugyanannak a fizikai folyamatnak a leírására más közelítéseket és parametizációkat alkalmazhatnak, továbbá különböző felbontású rácsot használnak. Mindezek a különbségek a modellek eredményeiben is kifejtik hatásukat.

Az antropogén (emberi eredetű) tevékenységnek bizonyítottan hatása van az éghajlati folyamatokra, ezért azt a klímamodellekben is figyelembe kell venni. Az emberi tevékenység jövőbeli alakulását nem lehetséges egzakt módon meghatározni: nem tudjuk, hogy az emberiség létszáma mekkora mértékben fog növekedni, egyes országok milyen energia- és gazdasági politikát folytatnak, mekkora lesz a technológiai fejlettség, tehát azt sem, mekkora lesz a károsanyag-kibocsátás a jövőben. Ennek érdekében többféle kibocsátási forgatókönyvet hoztak létre (Nakicenovic és Swart, 2000.), amelyek az emberi tevékenység hatását szén-dioxid-kibocsátás formájában számszerűsítik. Léteznek

pesszimista jövőt leíró (azaz további jelentős kibocsátást feltételező), továbbá optimista és átlagos forgatókönyvek is, s ezek 2100-ra a légköri üvegházgázok nagyban különböző mértékű előfordulását feltételezik. Az ebből adódó bizonytalanságot nevezzük **szcenárió bizonytalanságnak**.

A modelleket először a múlt éghajlatára vonatkozóan tesztelik, az eredmények alapján fejlesztik őket. Ezt követően a jövőre végeznek velük szimulációkat az emberi tevékenység által okozott üvegház-hatású gáz-többletet használva bemenő paraméterként. Mivel a különböző modellek eltérő módon jellemzik az éghajlatot, ezért az éghajlatváltozás vizsgálatánál mindig több modell eredményeit tekintik (ez az ún. ensemble módszer), mert az éghajlati szimulációs eredmények bizonytalanságai így számszerűsíthetők.

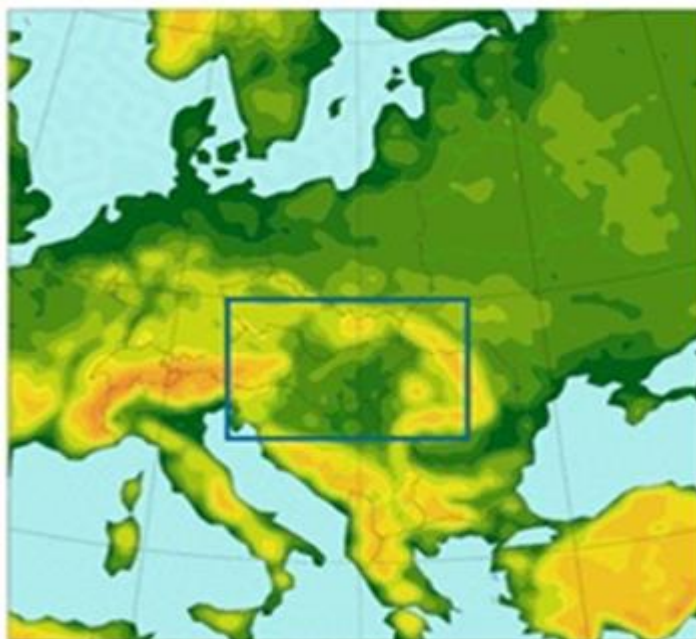
A forgatókönyvek bizonytalansága a XXI. század második felétől jelentkezik. Az éghajlatváltozás vizsgálatánál fontos több, legalább két modell használata a bizonytalanság számszerűsítéséhez, hiszen mindegyik modell egyformán lehetséges módon írja le a jövő éghajlatát.

### 11.2.1 A RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ MODELLEK

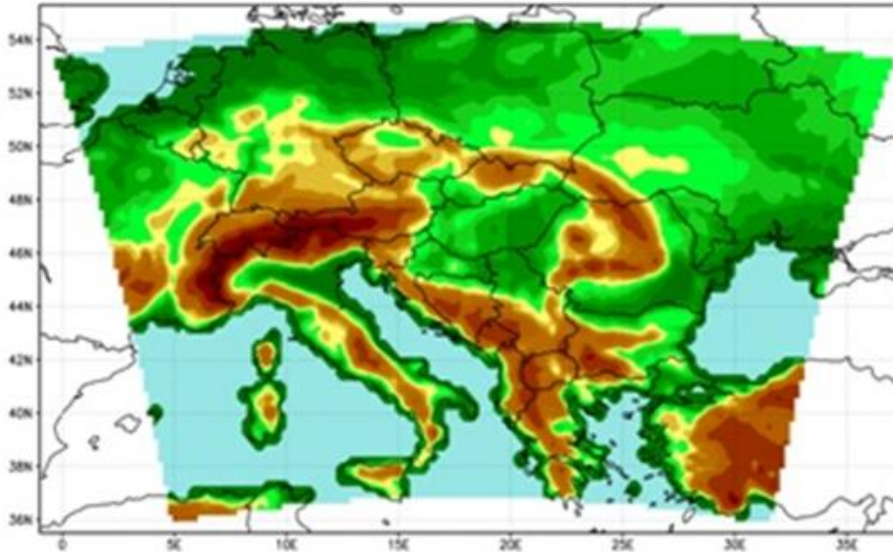
A **Kárpát-medencére** a globális modellek eredményei kevésbé alkalmazhatóak, többek között gyenge felbontásukból adódóan is. Ezért a bizonytalanságok arányának meghatározásához a globális információkat regionális éghajlati modellek segítségével finomítani szükséges. Az ENSEMBLES európai uniós projekt (van der Linden és Mitchell, 2009.) keretében számos regionális klímamodellt futtattak 25 és 50 km-es horizontális rácsfelbontással, melyekhez a forgatókönyvek közül az **átlagos szcenárió**t (**A1B**) alkalmazták.

Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSz) az éghajlatváltozás vizsgálatához az elmúlt években két regionális klímamodell adaptálása történt meg:

- a toulouse-i Météo France által nemzetközi együttműködésben kifejlesztett **ALADIN-Climate**, valamint
- a hamburgi Max Planck Intézet által fejlesztett **REMO** regionális klímamodelleké.



46. ábra: Az ALADIN-Climate modell 25 (teljes panel) és 10 km-es (kék téglalap) felbontású tartományai



47. ábra: A REMO modell 25 km-es felbontással lefedett tartománya

A modellekkel először a múltira vonatkozóan végeztek szimulációkat, hogy teszteljék őket egy, a mérések által ismert, hosszabb múltbeli időszakon, s az így nyert következtetésekkel segítsék fejlesztésüket.

	ALADIN-Climate 4.5		REMO 5.0	
<b>Időszak</b>	1961–2000	1961–2100	1961–2000	1951–2100
<b>Felbontás</b>	25 és 10 km	10 km	25 km	25 km
<b>Peremfeltétel</b>	Re-analízisek	GCM	Re-analízisek	GCM

GCM: Global Climate Model – globális éghajlati modell.

34. táblázat: Az ALADIN-Climate és REMO regionális klímamodellekkel végrehajtott kísérletek jellemzői

Az OMSz-nál alkalmazott két regionális klímamodellel (ALADIN-Climate és REMO) a globális modellek eredményeit skálázzák le egy finomabb felbontású tartományra, amihez a bemenő adatokat, az ún. peremfeltételeket, az ALADIN-Climate esetében globális általános cirkulációs modell (ARPEGE-Climate), a REMO esetében pedig globális kapcsolt légkör-óceán modell (ECHAM5/MPI-OM) szolgáltatatta.

A szimulációkat az alábbi táblázat foglalja össze.

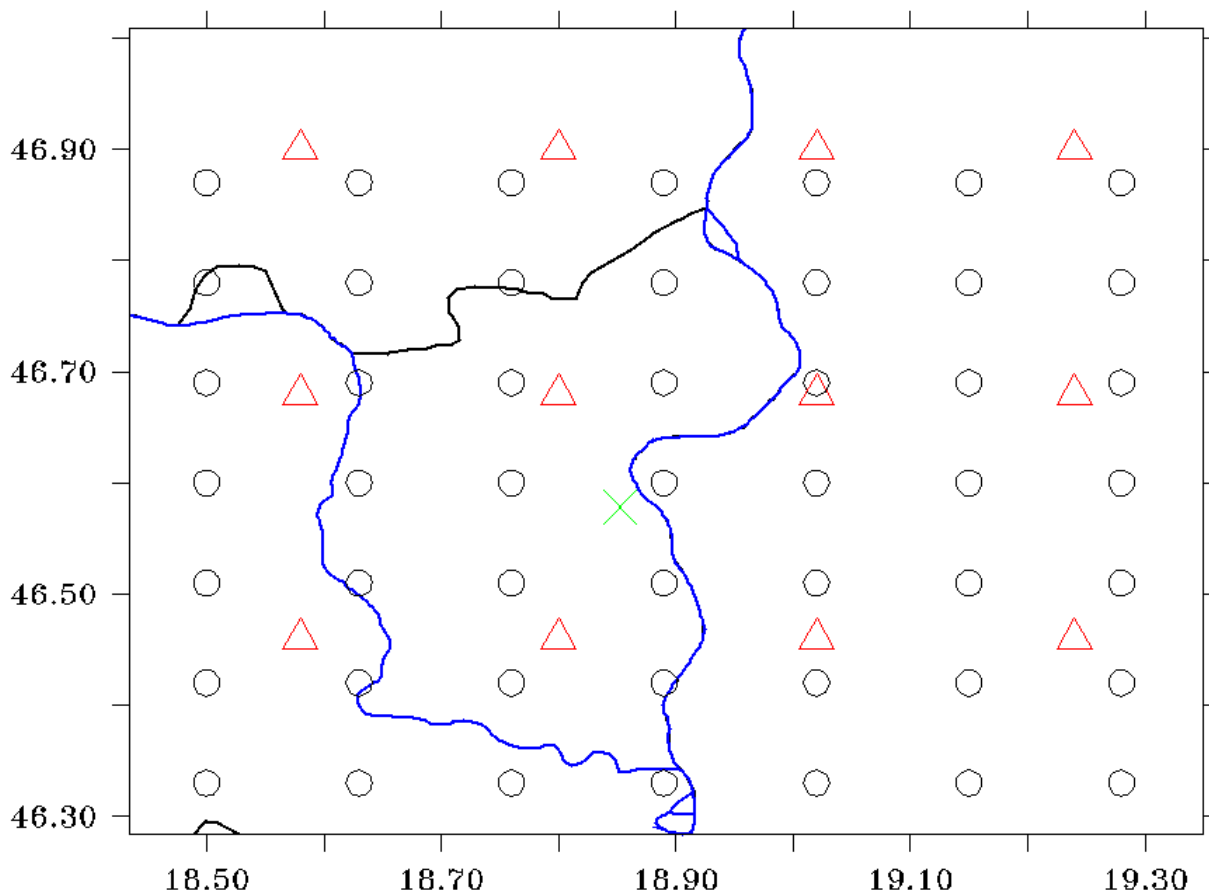
Modell	Felbontás	Peremfeltétel	Forgatókönyv	Időszak
ALADIN-Climate 5.2	50 km	ERA-Interim	-	1989–2008
	10 és 50 km	ARPEGE	RCP8.5	1951–2100
REMO 2009	10 km	ERA-Interim	-	1989–2008
	10 km	ECHAM	RCP8.5	1951–2100

35. táblázat: Az ALADIN-Climate és REMO modellekkel tervezett kísérlete

A finomfelbontású szimulációk frissítése még kezdeti stádiumban van.

## 11.2.2 A RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ MODELLEREDMÉNYEK FELDOLGOZÁSA AZ ÁTLAGOS VISZONYOK TEKINTETÉBEN PAKS 30 KM-ES KÖRZETÉRE

A kiválasztott terület a 10 km-es felbontású modellből 7 x 7, a 25 km-es felbontású modellből 4 x 3 pontot jelent.

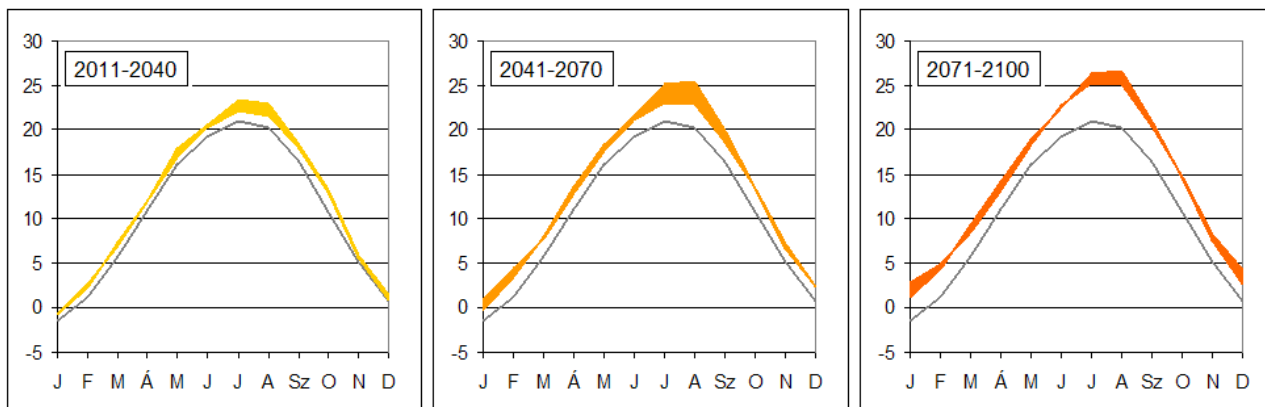


48. ábra: Az ALADIN-Climate (fekete) és REMO (piros) modellek a Paksi Atomerőmű (zöld) környezetében elhelyezkedő rácspontjai

A kiválasztott jövőbeli időszakok a 2011–2040, 2041–2070. és a 2071–2100. voltak, mivel az éghajlat a Meteorológiai Világszervezet ajánlása szerint csak hosszabb, legalább 30 éves időskálán értelmezhető. A modellek a valós folyamatokat közelítő jelleggel írják le, ezért az eredmények szükségszerűen kisebb-nagyobb hibával terheltek. A szisztematikus hibák kiküszöbölése érdekében a jövőbeli eredményeket nem önmagukban, hanem a modellek saját, 1961–1990. referencia időszakához viszonyítva értelmezik – tehát változásokat adnak meg (noha a modellek hibája nem feltétlenül lesz időben állandó).

A modellszimulációkban a természetes éghajlatot alakító folyamatok mellett figyelembe veszik az emberi tevékenység hatását is. Mivel ennek alakulását nem ismerjük előre a teljes XXI. századra, ezért különböző hipotéziseket, ún. forgatókönyveket (scenáriókat) állítanak fel, amelyek az antropogén tevékenység eltérő jövőbeli fejlődési lehetőségeit jelenítik meg. Az emberi hatást szén-dioxid koncentráció formájában számszerűsítik a modellek számára, azaz az egyes scenáriók a légköri szén-dioxid koncentráció különböző (de mindig szigorúan monoton növekvő) fejlődési menetét írják le. A scenáriók között vannak optimista, pesszimista és árnyaltabb változatok, az OMSZ-nál elvégzett modellkísérletek az **átlagos forgatókönyvre (A1B)** támaszkodtak. A megvalósítás folyamán a modellszimulációk 2000-ig tartó szakaszában a mért szén-dioxid koncentráció értékeket építik be, azon túl pedig az említett hipotetikus forgatókönyvet veszik alapul. A legtöbb klímamodellezéssel foglalkozó szakember általában az 1961–1990. időszakot veszi alapul, mert a modell így mutat megfelelően szignifikáns, nagy változási jelet a XXI. századra vonatkozóan.

A XXI. század folyamán Paks környezetére mindkét modell szerint fokozatos melegedés várható éves, évszakos és havi szinten is. Ez azt jelenti, hogy minél távolabbi 30 éves időszakot tekintünk, annál erősebb lesz a havi, évszakos és éves átlaghőmérséklet-emelkedés. Az évek közötti természetes változékonyság megmarad, így a jövőben is előfordulhatnak az átlagnál hidegebb hónapok és évszakok.

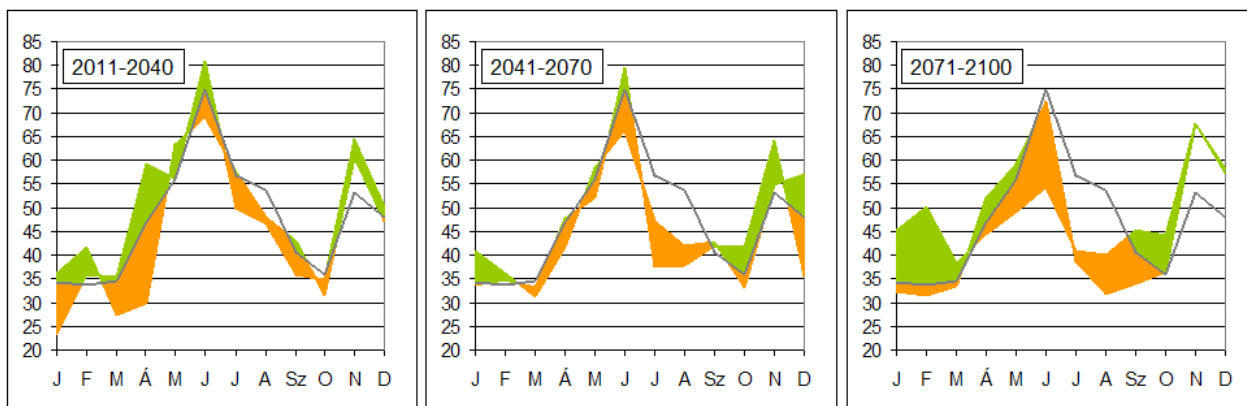


**Megjegyzés:**

A jövőre vonatkozó információk ábrázolásánál a modellek által az adott időszakra jelzett változást az 1961–1990-re vonatkozó mérésekhez adtuk hozzá, majd a két modell eredménye alapján kapott két évi menet közti területet kiszíneztük.

49. ábra: A havi átlaghőmérsékletek évi menete (°C) a megfigyelések szerint 1961–1990-ben (szürke vonal), illetve a két modell alapján várható évi menet (°C; színes sávokkal az általuk határolt bizonytalansági intervallum) Paks térségében

A csapadék esetében a hőmérséklettel ellentétben a XXI. század folyamán nem beszélhetünk egyértelmű és lineáris változásokról, sem a három jövőbeli időszak, sem az évszakok, sem pedig a két modellt illetően. A modellek egyetértenek az éves csapadék csekély változásában, fontos azonban az évszaki eloszlásokat is tekintenünk, ahol nagy eltéréseket tapasztalunk. A modellek szerint egyértelmű a nyári csökkenés, az őszi növekedés, tavasszal és télen a változás irányában bizonytalanok a modellek. A változás egyértelmű a modellek szerint: minden évszakra, így éves szinten is, mindhárom jövőbeli időszak tekintetében Paks térségében. A nagyobb változások a század vége felé közeledve jelentkeznek, továbbá mindig zömmel az egyébként is legkisebb légköri nedvességű nyáron és ősszel fordul elő.



**Megjegyzés:**

A jövőre vonatkozó információk ábrázolásánál a modellek által az adott időszakra jelzett (előjeles) relatív változás mértékével növeltük az 1961–1990-re vonatkozó méréseket, majd a két modell eredménye alapján kapott két évi menet közti területet kiszíneztük (zölddel a növekedés és sárgával a csökkenés esetében).

50. ábra: A havi csapadékösszegek évi menete (mm) a megfigyelések szerint 1961–1990-ben (szürke vonal), illetve a két modell alapján várható évi menet (mm; színes sávokkal az általuk határolt bizonytalansági intervallum) Paks térségében

A szélsőbesség nagyságában a modellek nem prognosztizálnak nagy, vagy akár egyértelmű változásokat, különösen éves szinten nem.

## 12 A TERVEZETT FEJLESZTÉS ÉS A KÖRNYEZETI ADOTTSÁGOK VÁRható HATÁSAI A DUNA VÍZHŐMÉRSÉKLETÉRE, ÁRVÍZI ÉRINTETTSÉGÉRE, A HŰTŐVÍZKIVÉTELI BIZTONSÁGÁRA ÉS MEDERVÁLTOZÁSÁRA

Paks II. környezeti hatásvizsgálatának keretében végzett dunai modell vizsgálatok célja az, hogy meghatározza a legkedvezőtlenebbnek ítélt extrém és szélsőséges körülmények előfordulása esetén a Paksi Atomerőmű területének érintettségét, a különböző hidrológiai események hatására kialakuló dunai morfodinamika változásait, valamint megvizsgálja a Dunába visszavezetett, felmelegedett hűtővíz dunai hőcsóvájának jellemző paramétereit.

A dunai modellezések részletesen vizsgálták és elemezték az alábbiakat:

- Extrém természeti- és művi körülmények hatásainak egydimenziós (1D) modellvizsgálata
  - a telephely árvízi érintettségére
  - a hűtővízkivételi biztonságra
- Szélsőséges kis- és nagyvízi események kétdimenziós (2D) modellvizsgálata
- Mederváltozások, morfodinamika
  - Lebegtetett és görgetett hordalékmozgás egydimenziós (1D) modellvizsgálata
  - A Duna meder morfodinamikai folyamatainak kétdimenziós (2D) modellvizsgálata
- A Dunába vezetett felmelegedett hűtővíz hatása - Hőcsóva háromdimenziós (3D) modellvizsgálata
- A szennyvíztisztító telep haváriás üzemelésének elkeveredés-vizsgálata

### 12.1 PAKS II. LÉTESÍTÉSÉNEK HATÁSA A DUNÁRA

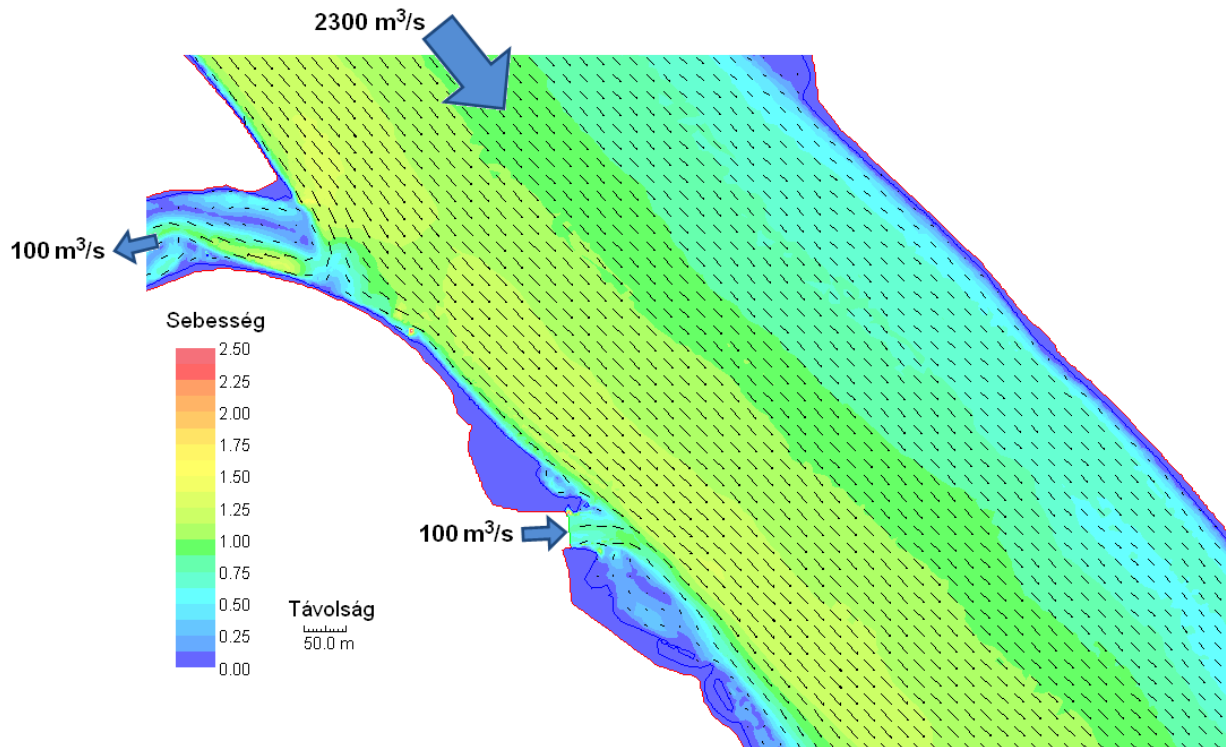
Paks II. létesítésekor a hidegvíz-csatorna torkolati szelvénye bővítésének, valamint a meglévő melegvíz kibocsátás felett mintegy 200 m-rel tervezett rekuperációs erőmű létesítendő alaptestének lesz minimális befolyásoló hatása a Duna jobb partközeli áramlási viszonyaira.

A fenti értékelés alátámasztására, az alábbi alfejezetben mutatjuk be az áramlási sebességeloszlás változására gyakorolt hatásokat, a 2D hidrodinamikai modellvizsgálat eredményeinek szemléltetésén keresztül.

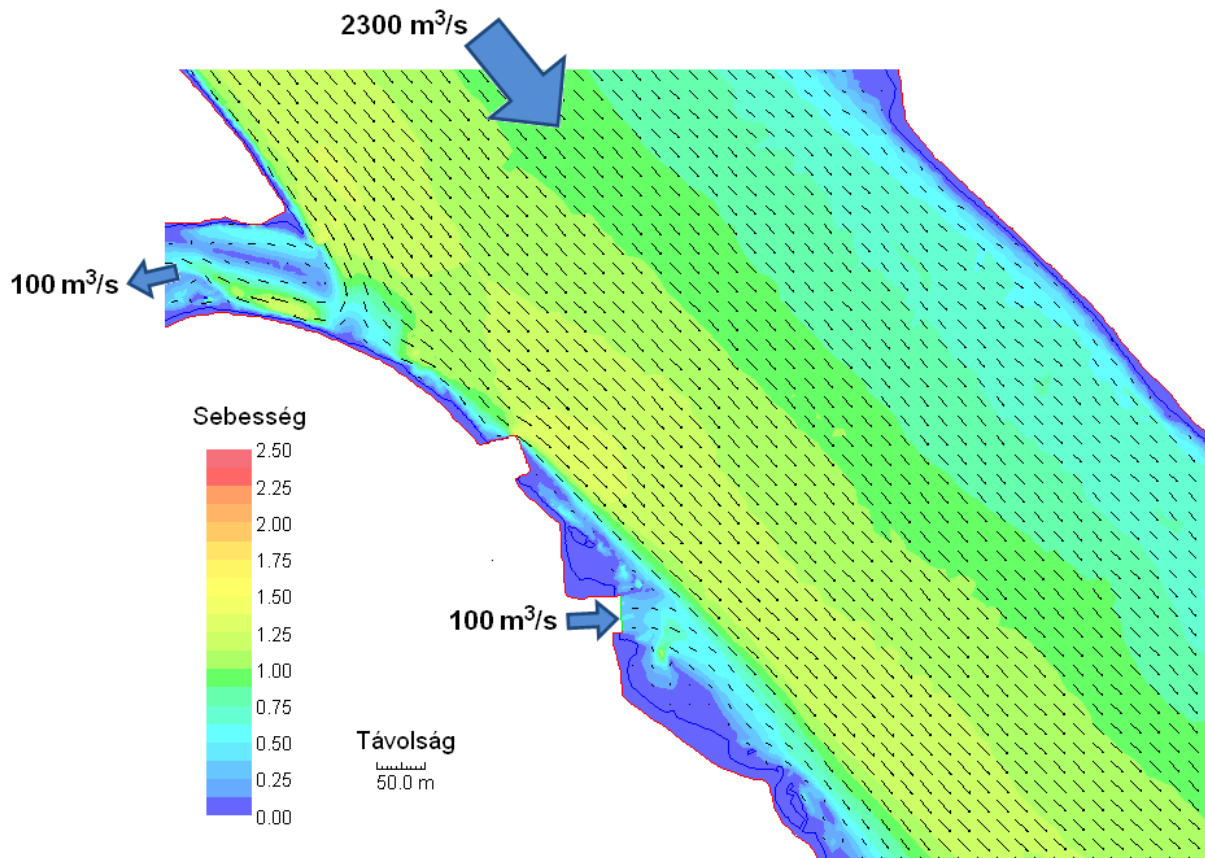
#### 12.1.1 PAKS II. LÉTESÍTÉSÉNEK HATÁSA A DUNA ÁRAMLÁSI TERÉRE ÉS MEDERVÁLTOZÁSI FOLYAMATAIRA

A jelen állapotra kalibrált 2D áramlási modellel meghatároztuk a mélységintegrált áramlási mezőt, a Duna - telephely környezetében lévő vízterére -, a sokéves átlagos Duna vízhozamra (2 300 m<sup>3</sup>/s-ra) – a Paksi Atomerőmű esetére és az építés alatti állapotra. A két sebességmező összehasonlítása alapján megállapítható, hogy Paks II. építése alig okoz a Duna áramlási viszonyaiban (sebességeloszlás, vízszintek) változást. A fentiek miatt, a mederváltozásokban és a kibocsátott melegvíz elkeveredése tekintetében is elenyésző változással kell számolnunk, a tervezett fejlesztés megvalósulása esetén.





51. ábra: Számított sebességmező a hidegvíz- és melegvíz-csatornák torkolatainak környezetében, 2 300 m<sup>3</sup>/s-os, sokéves átlagos Duna vízhozam és 100 m<sup>3</sup>/s-os hűtővíz-kivétel esetén – Paksi Atomerőmű önállóan



52. ábra: Számított sebességmező a hidegvíz- és melegvíz-csatornák torkolatainak környezetében, 2 300 m<sup>3</sup>/s-os, sokéves átlagos Duna vízhozam és 100 m<sup>3</sup>/s-os hűtővíz-kivétel esetén (Paksi Atomerőmű – Paks II. építés alatti állapota)

## 12.1.2 TISZTÍTOTT KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZKIBOCSÁTÁS A LÉTESÍTÉS IDŐSZAKÁBAN

A szükséges maximális ivóvíz-mennyiség az első blokk megkezdett üzemelési és a második blokk ezzel egyidejű létesítési időszakában jelentkezik, amelynek maximális mennyisége 646 m<sup>3</sup>/nap, a keletkező maximális szennyvíz mennyiség ennek a 95 %-a, azaz 614 m<sup>3</sup>/nap.

Az erőmű területén jelenleg található kommunális szennyvízkezelő műtárgyak összes kapacitása 1 870 m<sup>3</sup>/nap, amelyből a 2012-ben felújított II.-es jelű, 1 200 m<sup>3</sup>/nap kapacitású szennyvíztisztító műtárgy üzemel, a másik jelenleg tartalékként van figyelembe véve. Mivel a Paksi Atomerőmű területén átlagosan keletkező kommunális szennyvizek mennyisége jelenleg kb. 300 m<sup>3</sup>/nap (Paksi Atomerőmű. üzeme), ezért ~1570 m<sup>3</sup>/nap szabad tisztító kapacitás biztonsággal rendelkezésre áll.

A tervezett fejlesztés figyelembevételével a mértékadó kommunális tisztítandó szennyvízhozam a biztonság javára 1000 m<sup>3</sup>/nap (300 + 614 = 914 m<sup>3</sup>/nap), amelyet a szennyvíztisztító telep 2012. évben felújított II. jelű műtárgyának tisztító kapacitása (1200 m<sup>3</sup>/nap) önállóan képes lefedni.

A befogadó vízminősítési határértékeit, „A felszíni víz vízszennyezettségi határértékeiről és azok alkalmazásának szabályairól” szóló 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet (2. Melléklete: Vízminőségi határértékek vízfolyásokra) rögzíti.

A víztest típusok ökológiai állapota szerinti osztályba sorolását „A felszíni vizek megfigyelésének és állapotértékelésének egyes szabályairól” szóló, VKI (Víz Keretirányelv) harmónikus 31/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet elveivel összhangban kidolgozott Országos Vízügyi-gazdálkodási Terv (VGT) tartalmazza („Háttéranyag az országos VGT 5. fejezetéhez, Felszíni víztestek jó állapotához tartozó fizikai-kémiai határértékek és minősítési rendszer”). Ez a fizikai-kémiai komponensekre vonatkozóan határoz meg öt osztályos értékelési rendszert (5. osztály: Kiváló, 4. osztály: Jó, 3. osztály: Mérsékelt, 2. osztály: Gyenge, 1. osztály: Rossz).

A mértékadó szennyvízhozam – a létesítés- és az üzemelés időszakában egyaránt - kisebb, mint a szennyvíztisztító telep kapacitása (1870 m<sup>3</sup>/nap). Mivel a szennyvízhozam a létesítési időszakban mértékadó, ezért az elkeveredés-vizsgálat 1000 m<sup>3</sup>/nap szennyvíz-hozamra történt, 2D transzportmodellel, az alábbiakban felsorolt esetekre:

### 1.) A szennyvíztisztító telep normál üzemelésének elkeveredés-vizsgálata

- közvetlen befogadó a melegvíz-csatorna 0+050 fkm jobb parti szelvénye (mértékadó: 3 blokkos üzem, 75 m<sup>3</sup>/s csatorna vízhozam),
- közvetett befogadó: Duna 1526+250 fkm jobb parti szelvénye,
- tisztított szennyvízhozam: 1000 m<sup>3</sup>/nap,
- tisztított szennyezőanyag komponensek koncentrációi: a telep vízjogi üzemeltetési engedélye (Dél-dunántúli Környezetvédelmi Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség 917-20/2009-9992 számú Határozata) szerinti határérték.

1.1) Szélsőséges dunai kisvízhozam esetén (Q = 579 m<sup>3</sup>/s),

1.2.) Sokéves átlagos dunai vízhozam esetén (Q = 2300 m<sup>3</sup>/s).

### 2.) A szennyvíztisztító telep haváriás üzemelésének elkeveredés-vizsgálata

- közvetlen befogadó: Duna 1525+810 fkm jobb parti szelvénye,
- tisztítatlan szennyvízhozam: 1000 m<sup>3</sup>/nap,
- tisztítatlan szennyezőanyag komponensek koncentrációi: a telepre érkező nyers szennyvíz-koncentrációi.

2.1) Szélsőséges dunai kisvízhozam esetén (Q = 579 m<sup>3</sup>/s),

2.2.) Sokéves átlagos dunai vízhozam esetén (Q = 2300 m<sup>3</sup>/s).

Az elkeveredés-vizsgálat során tekintettel kell lenni a befogadó felszíni víztest terhelhetőségére, amelyre a vízminőségi osztályhatár váltások területi kiterjedése, mint hatásterület ad minősítési információt.

### 12.1.2.1 A szennyvízbevezetés Duna víztestre gyakorolt hatásának összegzése

Az elkeveredés-vizsgálat eredményeként megállapítható, hogy a szennyvíztisztító telep normál üzemelése esetén, „A felszíni víz vízszennyezettségi határértékeiről és azok alkalmazásának szabályairól” szóló 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet (2. Melléklete: Vízminőségi határértékek vízfolyásokra) fizikai-kémiai vízminőségi határértékekhez (a VGT VKI II. osztályú, azaz „jó” vízminőségi osztály határához) képest, a koncentráció-növekmény egy nagyságrenddel kisebb, így gyakorlatilag a Duna vízterében sehol sem okoz vízminősítési osztályromlást a Duna víztestében, még a szélsőségesen kicsi (20 000 évente egyszer visszatérő,  $Q = 579 \text{ m}^3/\text{s}$ ) Duna vízhozam esetén sem. Fémek tekintetében a hatás még jelentéktelenebb mértékű. A normál üzemi hatásterület a tisztított szennyvíznek a melegvíz-csatornába történő bevezetése alatti, ~20 m-es folyásirányú és ~4 m-es keresztirányú sávjára korlátozódik. A Duna víztestre gyakorolt hatás elenyésző. A melegvíz-csatorna burkolt, így a felszín alatti vizekre gyakorolt közvetlen hatással nem kell számolni. A szennyvízbevezetés Duna víztesten keresztüli, közvetlen felszín alatti vízminőségre gyakorolt hatása elhanyagolható.

Haváriás terhelés esetén (közvetlen dunai bevezetés a melegvíz-csatorna elkerülésével), amikor a Duna 1525+810 fkm jobb parti tisztítatlan szennyvízterhelésével számolunk, a Duna fizikai-kémiai vízminőségi komponenseinek növekménye olyan mértékű, hogy az a Duna víztestének bizonyos területén vízminőségi osztályhatár-váltással (kismértékű vízminőség romlással) járhat, a hatásterület folyásirányban ~200 m hosszon, keresztirányban ~10 m-ig a Duna jobb parti sávja területén marad, szélsőséges dunai kisvízkor. A Duna átlagos vízhozamának tartományában a hatásterület kevesebb, mint felére csökken - ~80 m folyásirányban és ~4 m keresztirányban. Az esetlegesen fellépő haváriás események időszakosak, a szennyvíztisztító telep működésének helyreállításával a normál üzemi viszonyok hatása érvényesül, vagyis a hatásterület a melegvíz-csatorna alsó 50 m-es szakaszára, keresztirányban ~8 m-es jobb partközeli sávjára korlátozódik, a Dunára gyakorolt hatás gyakorlatilag megszűnik.

### 12.1.2.2 A szennyvízbevezetés ivóvízbázisokra gyakorolt hatásának összegzése

A normál üzemi kibocsátási helyhez legközelebb (Duna 1526+205 fkm jobb part), attól mintegy 3450 m-re esik a Foktő-Barákai vízbázis 50 éves elérési idejű, hidrogeológiai védőövezete (védőidoma), amelynek É-i pereme a Duna 1522,8 fkm szelvényét érinti. Az üzemelő- és távlati, parti szűrősű ivóvízbázisok 50 éves elérési idejű védőterületein, „A földtani közeg és a felszín alatti vízszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről” szóló 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet szerint, a „B” szennyezettségi határérték 25 mg/l Nitrát (= 5,65 mg/l Nitrát-N) koncentráció, valamint 0,5 mg/l Ammónium (= 0,39 Ammónium-N) koncentráció. A számítások szerint, a mértékadó, építés alatti normál üzemi szennyvízkibocsátás hatására a Duna víztestben kialakuló koncentráció-növekménynek nem várható mérhető hatása az érintett vízbázisok esetében.

Haváriás terhelés esetén, amikor a melegvíz-csatorna elkerülésével, a Duna 1525+810 fkm jobb parti tisztítatlan szennyvízterhelésével számolunk, a hatás mérhető ugyan (a legérzékenyebb komponens az Ammónium esetén a koncentráció-növekmény maximuma 0,04 mg/l szélsőségesen kicsi, és 0,02 mg/l átlag Duna vízhozamkor), de a Foktő-Barákai vízbázis, 3010 m-rel a bevezetés alatt lévő 50 éves elérési idejű védőterületén az nem emeli a Duna háttér ammónium (és nitrát) koncentrációját a felszín alatti vízminőségvédelmi határértékek fölé. A szennyeződés-csóva hatása, a csóva keresztirányú ellapulása miatt, ~20 méteren belül eltűnik. Az esetlegesen fellépő haváriás esemény időszakos, annak hatását a szennyvíztisztító telep működésének helyreállításával megszüntetik, visszaállítva a normál üzemi hatásterületet és annak mérsékelt koncentráció emelő hatását.

### 12.1.2.3 Víz- és szennyvízminőségi monitoring

A meglévő erőművi szennyvíztisztító telep szennyvízkibocsátásnak folyamatos nyomon követése fontos lesz a tervezett új telephely létesítése és létesítményeinek üzemeltetése során is, a vízjogi üzemeltetési engedélyben és a vonatkozó hatályos jogszabályokban előírt tisztított szennyvíz vízminőségi paraméterek, kibocsátási határértékeknek történő megfelelés-ellenőrzése, vagyis folyamatos monitoring vizsgálata, a VKI szerint kidolgozott VGT-vel összhangban.

## 12.2 PAKS II. ÜZEMELÉSÉNEK HATÁSA A DUNÁRA

### 12.2.1 MÉRTÉKADÓ ÜZEMI ÁLLAPOTOK

A modellezéseket a meglévő és a tervezett új blokkok üzemeltetésének alábbiak szerinti mértékadó üzemi állapotaira végeztük.

#### *Paksi Atomerőmű üzemelése (2014-2025)*

A meglévő hidegvíz-csatornán keresztüli hűtővízkivétel és a meglévő melegvíz-csatornán keresztüli melegvíz visszavezetés,  $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

#### *Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes üzeme esetén (2030-2032)*

A Duna torkolati keresztmetszvényen keresztüli hűtővízkivétel és melegvíz visszavezetés a Dunába egyrészt a meglévő melegvíz-csatornán keresztül, az energiatörő műtárgyon át maximum  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  melegvízhozammal, másrészt 200 méterrel az e felett tervezett, rekuperációs műtárgyon keresztül, maximum  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  melegvízhozammal,  $Q = 132+100 = 232 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### *Paks II. önálló üzeme esetén (2037-2085)*

Hűtővízkivétel és melegvíz visszavezetés,  $Q = 132 \text{ m}^3/\text{s}$

### 12.2.2 A VÁRHATÓ VÁLTOZÁSOK LEÍRÁSA A DUNAI ÁRAMLÁSI SEBESSÉGMEZŐ ELEMZÉSE ALAPJÁN

A legnagyobb vízkivétel és melegvíz visszavezetés 2030 és 2032 között várható,  $232 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $100 \text{ m}^3/\text{s}$  a meglévő 4 blokk és a  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  a 2 új blokk) vízhozammal.

Az új vízkivételi mű a mederbővítésre kerülő hidegvíz-csatornában valósul meg, így annak dunai áramlási térre és dunai mederre gyakorolt közvetlen hatása nincs, csak kismértékű közvetett hatással bír a vízkivételi mű szivattyúinak és a rávezető hidegvíz-csatorna (feliszapolódás, kotrás) szakasz üzemelése miatt. Ez a közvetett hatás a jelenleg üzemelő erőmű által keltett hatásokhoz hasonlóan elenyésző területi kiterjedésű és időszakos jellegű.

A meglévő négy blokk melegvizét a meglévő melegvíz-csatorna vezeti a Dunába (1526+250 fkm, jobb part), a meglévő energiatörő műtárgyon keresztül.

A két új blokk melegvizének elvezetésére új melegvíz-csatorna szakasz épül, amelynek a dunai torkolatánál (Duna 1526+450 fkm) rekuperációs mű létesül. A melegvíz-csatorna torkolat tervezett kialakítása közvetlenül érinti a Duna áramlási viszonyait és lokális mederváltozásait.

A hatások az áramlásmódosító helyi hatásokban nyilvánulnak meg:

Az új melegvíz-bevezetés a felvíz felé, a hidegvíz-csatorna torkolata alatt közvetlenül visszaduzzasztást okoz, mert megtöri a Duna parti sávjában kialakult, partvonallal közel párhuzamos áramlást. A hidegvíz-csatorna és az új melegvíz-bevezetés között, az óramutató járásával megegyező és egy azzal ellentétes irányú, közel vertikális tengelyű nagyléptékű örvény alakul ki, amelyek dinamikusan forognak, időnként örvényleválásokat okozva a Duna jobb parti partközeli sávjában. A melegvíz-bevezetés alatt, az óramutató járásával megegyező nagyléptékű örvény alakul ki, eltolva a Duna középvonala felé a melegvíz-csövét. Ez is dinamikusan viselkedik, időnként örvények válnak le és sodródnak a Duna áramlásával a jobb parti sáv környezetében, illetve a Duna középvonala felé terjedően.

A kialakuló nagyléptékű örvények belsejében az áramlás pangó jellegű, ami a szállított lebegtetett hordalék kiülepedését, a holtter feliszapolódását eredményezheti.

Az áramlási irány módosulása területén a sodorvonal helyzetének kismértékű módosulása várható, a sodorvonal a jobb part közeléből, a Duna középvonala felé tolódik el.

A fenti áramlást módosító hatások a Duna kisvízi- és középvízi időszakában erősebben, markánsabban jelentkeznek, míg a Duna nagyvízeinek idején a hatások mérsékeltebbek, a dunai főáramlás dominál.

### 12.2.2.1 Szélsőséges dunai kisvízi és nagyvízi esetek 2D modellvizsgálata

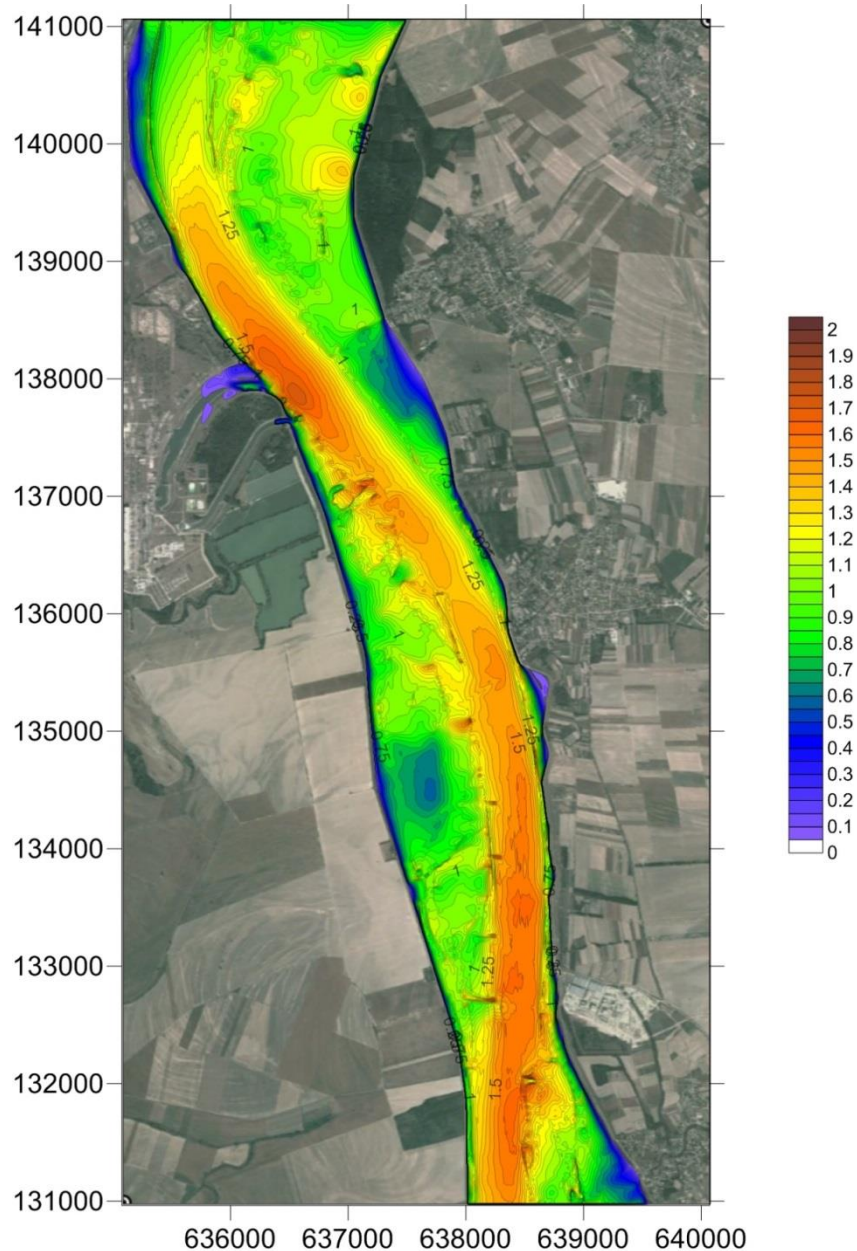
A Dunában történő mederbeli lefolyás kisvízi- és árvízi modellvizsgálatait a Delft3D-Flow hidrodinamikai modell alkalmazásával végeztük, a Duna szélsőséges - 20 000 évente visszatérő -, kis- és nagyvízi áramlási viszonyai mellett, a Duna 1500-1530 fkm mederszakaszára, a tervezett fejlesztés mértékadó üzemi állapotaiban.

A vizsgált Duna-szakasz magába foglalja a meglévő és tervezett erőművi telephely felvízi- és alvízi szakaszait.

#### A SZÉLSŐSÉGES DUNAI NAGYVÍZI ESETEK 2D ÁRAMLÁSI VIZSGÁLATI EREDMÉNYEI

##### Paksi Atomerőmű üzemelése

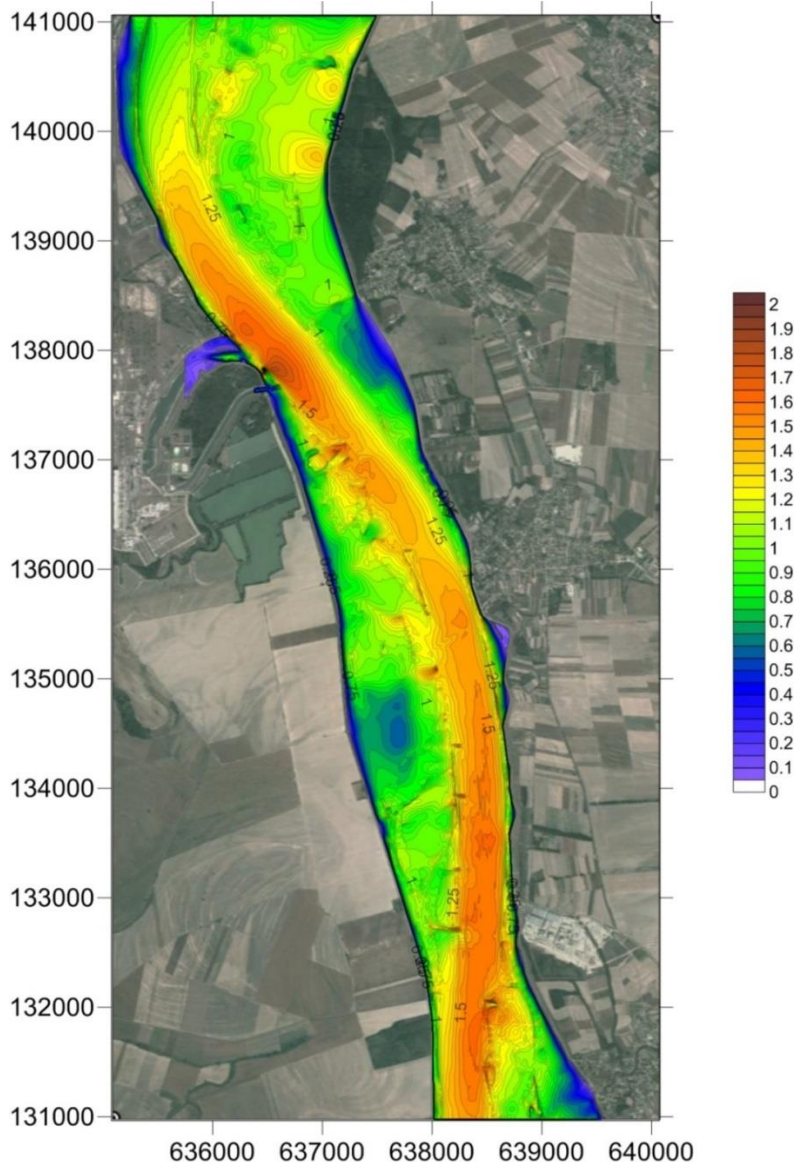
Szélsőséges, 20 000 évente visszatérő, permanens dunai nagy-vízhozammal,  $Q_{\text{Duna}}=14\,799\text{ m}^3/\text{s}$  és a maximális  $100\text{ m}^3/\text{s}$  hűtővízkivétellel, visszavezetéssel az energiatörő műtárgyon keresztül.



53. ábra: A Duna 1519-1530 fkm szakaszának abszolút áramlási sebesség-eloszlása [m/s] – Paksi Atomerőmű, szélsőséges nagyvíz ( $Q_{20\,000\text{év}} = 14\,799\text{ m}^3/\text{s}$ , vízkivétel  $100\text{ m}^3/\text{s}$ ) – Paksi Atomerőmű önállóan – EOV koordinátákkal

### Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes üzeme

Szélsőséges, 20 000 évente visszatérő, permanens dunai árvízhozammal,  $Q_{\text{Duna}}=14\,799\text{ m}^3/\text{s}$  és a maximális  $232\text{ m}^3/\text{s}$  hűtővízkivétellel. A víz visszavezetés a Dunába a meglévő melegvíz-csatorna végén lévő energiatörő műtárgyon át maximum  $100\text{ m}^3/\text{s}$  meleg-vízhozammal, valamint e felett 200 méterrel, a tervezett rekuperációs műtárgyon keresztül, maximum  $132\text{ m}^3/\text{s}$  melegvíz-hozammal.



54. ábra: A Duna 1519-1530 fkm szakaszának abszolút áramlási sebesség-eloszlása [m/s] – mértékadó normál üzemelés, szélsőséges nagyvíz ( $Q_{20\,000\text{év}} = 14\,799\text{ m}^3/\text{s}$ , vízkivétel  $232\text{ m}^3/\text{s}$ ) – Paksi Atomerőmű és Paks II. együttesen – EOV koordinátákkal

### Árvízi események

Az árvízi események vizsgálatok a felső (vízhozam) peremfeltétel (Duna 1530 fkm) a Duna 20 000 évente egyszer előforduló  $Q=14\,799\text{ m}^3/\text{s}$  térfogatáramú árhulláma (tetőzési helyzetben). Az alsó vízszint, mint peremfeltétel (Duna 1500 fkm), a számítások során  $81.55\text{ mBf}$ .

A modellszámítások során a biztonság javára feltételeztük, hogy a Duna jelenlegi árvédelmi töltéseit a jövőben fejlesztik, illetve, hogy árvízvédekezéssel tartani tudják a levonuló árvíz töltések között tartását.

A modellszámítások alapján a szélsőséges árvíz idején (20 000 évente visszatérő árvízhozam), a legkedvezőtlenebb körülmények között  $96,90\text{ mBf}$  szinten tetőzik a Duna vízszintje a meglévő- és tervezett telephely környezetében. Ha

ennél a Duna vízszintnél a Duna jobb parti árvédelmi töltése átszakad, vagy a hidegvíz-csatorna és melegvíz-csatorna valamelyikének védtöltése megsérül, akkor az alábbi ábrán szemléltetett elöntési kép alakulhatna ki.

Láthatóan közvetlenül ez sem veszélyezteteti sem a meglévő, sem pedig a tervezett fejlesztéssel érintett üzemi terület 97,00 mBf terepszintjét statikus elöntéssel, de ha a hullámvás valamilyen okból intenzívvé válik, akkor veszélyhelyzetet generálhat, ha a felszínen, vagy a közműalagutakon keresztül sérülékeny objektumokat érinthet. Emiatt a felszín közeli sérülékeny objektumokat aktív védelemmel (parapet fal, stb.) javasolt ellátni, a tervezett fejlesztés esetében pedig kiépíteni.



55. ábra: A Duna 96,90 mBf esetén kialakuló statikus elöntési képe

A fenti szélsőséges eset haváriának tekintendő, ugyanis a Duna érintett szakaszán a jobb és bal parti töltések, koronaszintek emelésével járó fejlesztésre a jövőben hosszútávon sem lehet számítani, ugyanis a mértékadó (1 %-os, azaz 100 évente egyszer visszatérő) árvízszintek a töltéskoronák kiépítési szintje alatt maradnak.

Az egydimenziós haváriás árvízi modellvizsgálatoknál látható, hogy a töltésfejlesztések nélkül a Pozsony felől érkező, maximális - töltések között maradó - szélsőséges árhullám esetén, földcsuszamlás, partfalomlás hatásait is tekintetbe véve, a telephely környezetében kialakuló maximális Duna vízszint 96,30 mBf szint alatt marad. Ezért a telephely környezetében esetlegesen (pl. az árvízvédelmi töltés sérülése hatására) csak a 96,30 mBf vízszintű elöntés alakulhatna ki, amelyet az alábbi ábra szemléltet.



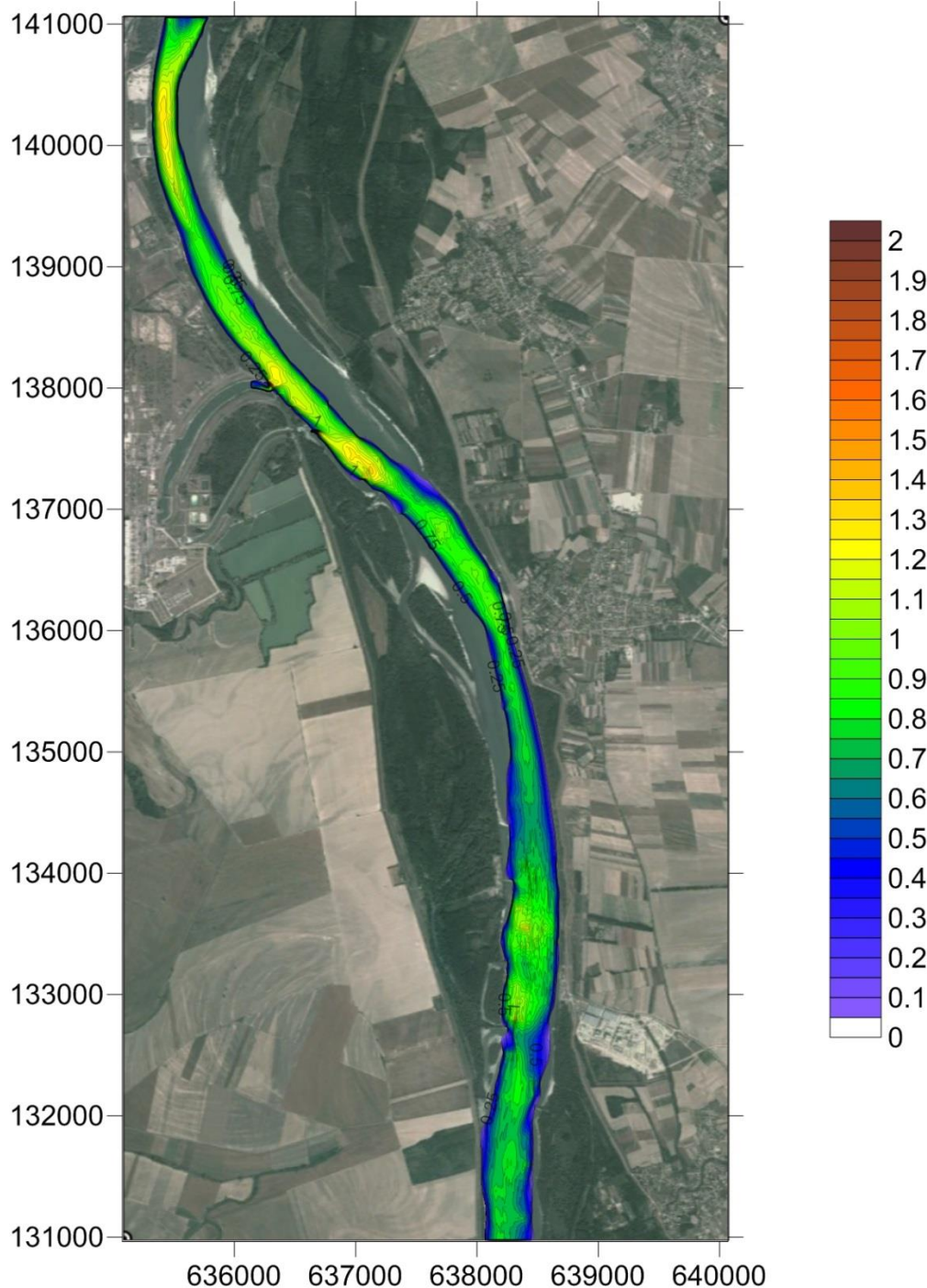
56. ábra: A Duna 96,30 mBf esetén kialakuló statikus elöntési képe

### A SZÉLSŐSÉGES DUNAI KISVÍZI ESETEK 2D ÁRAMLÁSI VIZSGÁLATI EREDMÉNYEI

A szélsőséges kisvízi események vizsgálatakor a felső (vízhozam) peremfeltétel (Duna 1530 fkm) a 20 000 évente egyszer előforduló, mértékadó  $Q=579 \text{ m}^3/\text{s}$  térfogatáramú vízhozam (permanens helyzetben).

#### Paksi Atomerőmű üzemelése

Szélsőséges, 20 000 évente visszatérő, permanens Dunai kisvízhozammal,  $Q_{\text{Duna}} = 579 \text{ m}^3/\text{s}$  és a maximális  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  hűtővízkivétellel (meglévő hidegvíz-csatornán keresztül), visszavezetéssel az energiatörő műtárgyon keresztül

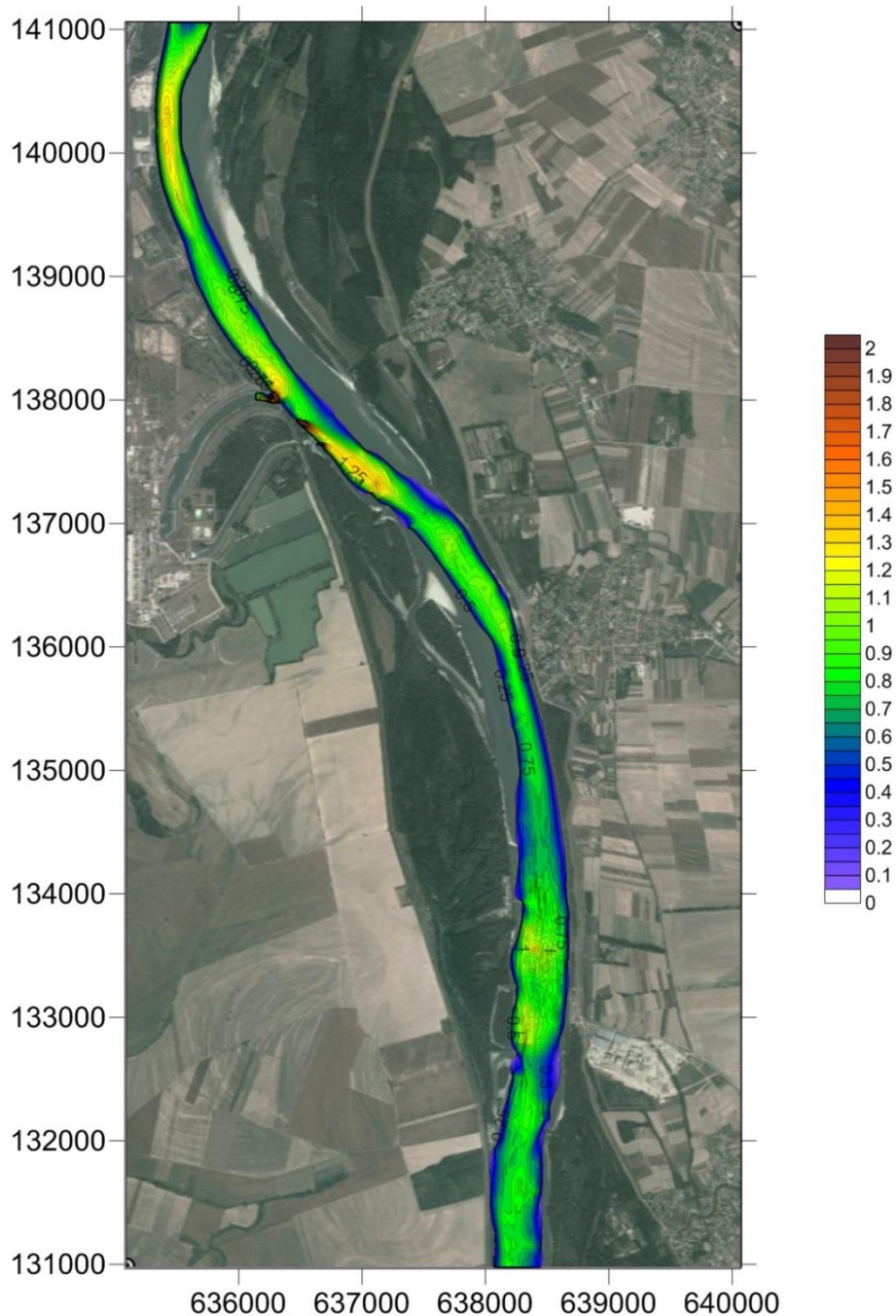


57. ábra: A Duna 1519-1530 fkm szakaszának abszolút áramlási sebesség-eloszlása [m/s] – Paksi Atomerőmű önállóan, szélsőséges kisvíz ( $Q_{20\,000\text{év}} = 579 \text{ m}^3/\text{s}$ , vízkivétel  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ ) – EOY koordinátákkal



### Paksi Atomerőmű és Paks II. együttesen

Szélsőséges, 20 000 évente visszatérő, permanens dunai kisvízhozammal,  $Q_{\text{Duna}} = 579 \text{ m}^3/\text{s}$  és a maximum  $232 \text{ m}^3/\text{s}$  (a meglévő hidegvíz-csatorna tervezett bővítésével kialakítandó, Duna torkolati keresztszelvényen keresztüli) hűtővízkivétellel. A víz visszavezetés egyrészt a meglévő melegvíz-csatornán keresztül, az energiatörő műtárgyon át történik a Dunába (jobb parti bevezetésként) maximum  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  meleg vízhozammal, másrészt 200 méterrel az e felett tervezett, rekuperációs műtárgyon keresztül történő Dunába történő, Duna jobb parti bevezetésként, maximum  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  melegvíz-hozammal.



58. ábra: A Duna 1519-1530 fkm szakaszának abszolút áramlási sebesség-eloszlása [m/s] – mértékadó üzemi állapot, szélsőséges kisvíz ( $Q_{20\,000\text{év}} = 579 \text{ m}^3/\text{s}$ , vízkivétel  $232 \text{ m}^3/\text{s}$ ) – Paksi Atomerőmű és Paks II. együttesen – EOV koordinátákkal

### 12.2.2.2 Szélsőséges kisvízi és nagyvízi esetek 2D hidrodinamikai hatásainak összefoglaló értékelése (Duna 1500-1530 fkm)

- Az alapállapotban (jelen állapot) 20 000 éves gyakoriságú árhullámok a Duna, kb. 0,5 méterrel alacsonyabb árvédelmi koronaszintű bal partján fognak gátkorona meghágási problémákat okozni. Ez a töltés koronamagasságának ismeretében nyúlgátakkal sem kivédhető hatás.
- Az erőmű keresztszelvényében, a jövőbeni töltésemelés esetén is a szélsőséges árvízszintek a meglévő és tervezett telephelyi terepszint (97 mBf) alatt maradnak.
- Ha feltételezzük a bal parti gátszakadást - amely „természetes módon”, vagy vészhelyzeti döntés nyomán jön létre, akkor annak hatása 20 cm alatt marad, a vizsgált szakasz felső peremén -, ebben az esetben az árhullám az erőmű meglévő és tervezett terepszintje alatt vonul le.
- A tervezett hűtővízkivétel-növelése - a bővítés megvalósulásával - szélsőséges kisvízi esetben 12 cm alatt maradó vízszintcsökkenést okoz, nagyvízi hatása 3 cm alatt marad.
- A földcsuszamlásos változat a hidegvíz-csatorna fölött torlasztja, duzzasztja a vízszintet. A földcsuszamlás alatti szakaszon a szűkületben felgyorsuló vízmozgás miatt csökken a vízszint.
- A főmedret szűkítő földcsuszamlás hatása, vízszintnövelő és csökkentő (a földcsuszamlási hely felett, illetve alatt), mind nagyvízi, mind kisvízi körülmények között. A vízszintnövelő hatás kis-, és nagyvízi esetben elérheti az 5, illetve 3 cm-t.

### 12.2.3 A TERVEZETT FEJLESZTÉS VÁRHATÓ HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA A DUNA MEDERVÁLTOZÁSAINA

A paksi Duna-szakasz középvízi mederváltozásainak trendjét, az elmúlt évtizedekben történtek (elsősorban az ipari mederoktrások, a Duna kis- és középvízi szabályozása, az érkező hordalékhozam csökkenése) határozta meg alapvetően. A Duna éves kis- és középvízi vízszintjeinek trendszerű csökkenésére, jövőbeli adottságként kell tekintenünk, ezért szét kell választanunk a tervezett fejlesztés következtében várható lokális mederváltozási hatásoktól.

#### 12.2.3.1 A lokális morfordinamikai hatások vizsgálata

A mértékadó üzemi helyzetekben várható Duna mederváltozásokat, kétdimenziós (2D) morfordinamikai modell (Delft3D-Flow) alkalmazásával vizsgáltuk.

A modellvizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy a morfordinamikai változások fő hajtóerejét a Duna sokéves átlagos vízhozama adja, a kisebb tartósságú árhullámok ezt csak kismértékben térítik el.

Hidrologiai időszakok (a Duna vízgyűjtőt érő éves csapadékösszegektől függő):

- átlagos mederbeli lefolyással rendelkező időszak (1 - 5 év) - Duna vízhozam:  $Q = 2\,300\text{ m}^3/\text{s}$
- jelentősen nedves hidrologiai időszak (1 - 5 év) - Duna vízhozam:  $Q = 3\,000\text{ m}^3/\text{s}$

#### 12.2.3.2 A Duna sodorvonalának változása

*Paksi Atomerőmű üzemelése (2014-2025)*

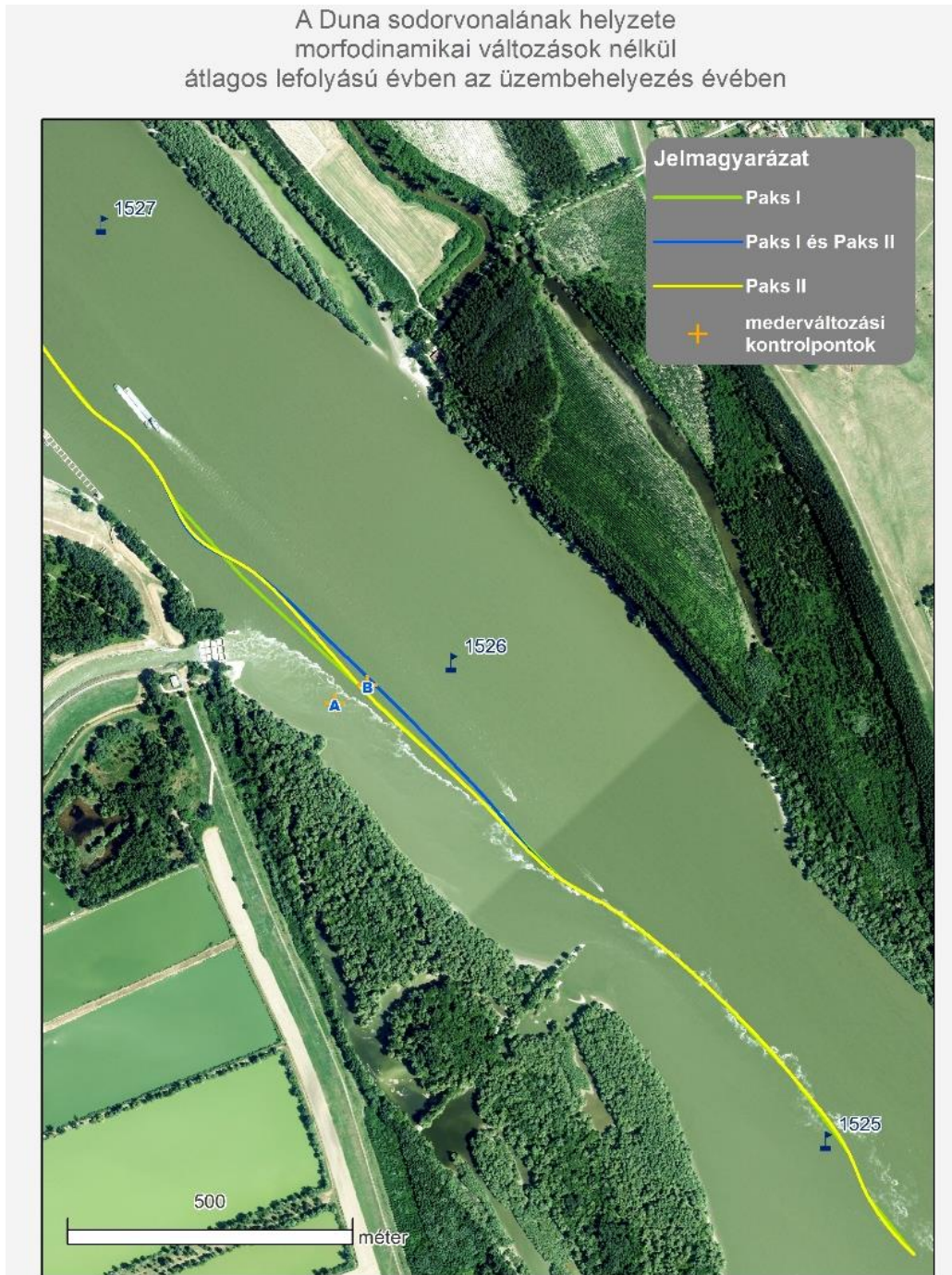
A Duna jelenlegi áramlási állapotban meghatározható sodorvonala a telephely környezetében, a Duna főmedrének jobb partja közelében található. Helyzete a Duna vízhozamának függvényében kis mértékben módosulhat.

*Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes üzeme esetén (2030-2032)*

A sodorvonal a jelenlegi állapothoz képest maximum 25 méterrel a Duna középvonala felé mozdul el, de továbbra is a jobb part közelében halad. A sodorvonalak a sokéves átlagos Duna vízhozam esetén ( $2\,300\text{ m}^3/\text{s}$ ) mintegy 1000 méter hosszon térnek el egymástól. Hatásterület tehát a telephely környezetében a Duna, kb. 150 méteres jobb parti sávja, 1 000 méter hosszon a Duna áramlásának irányában mérve.

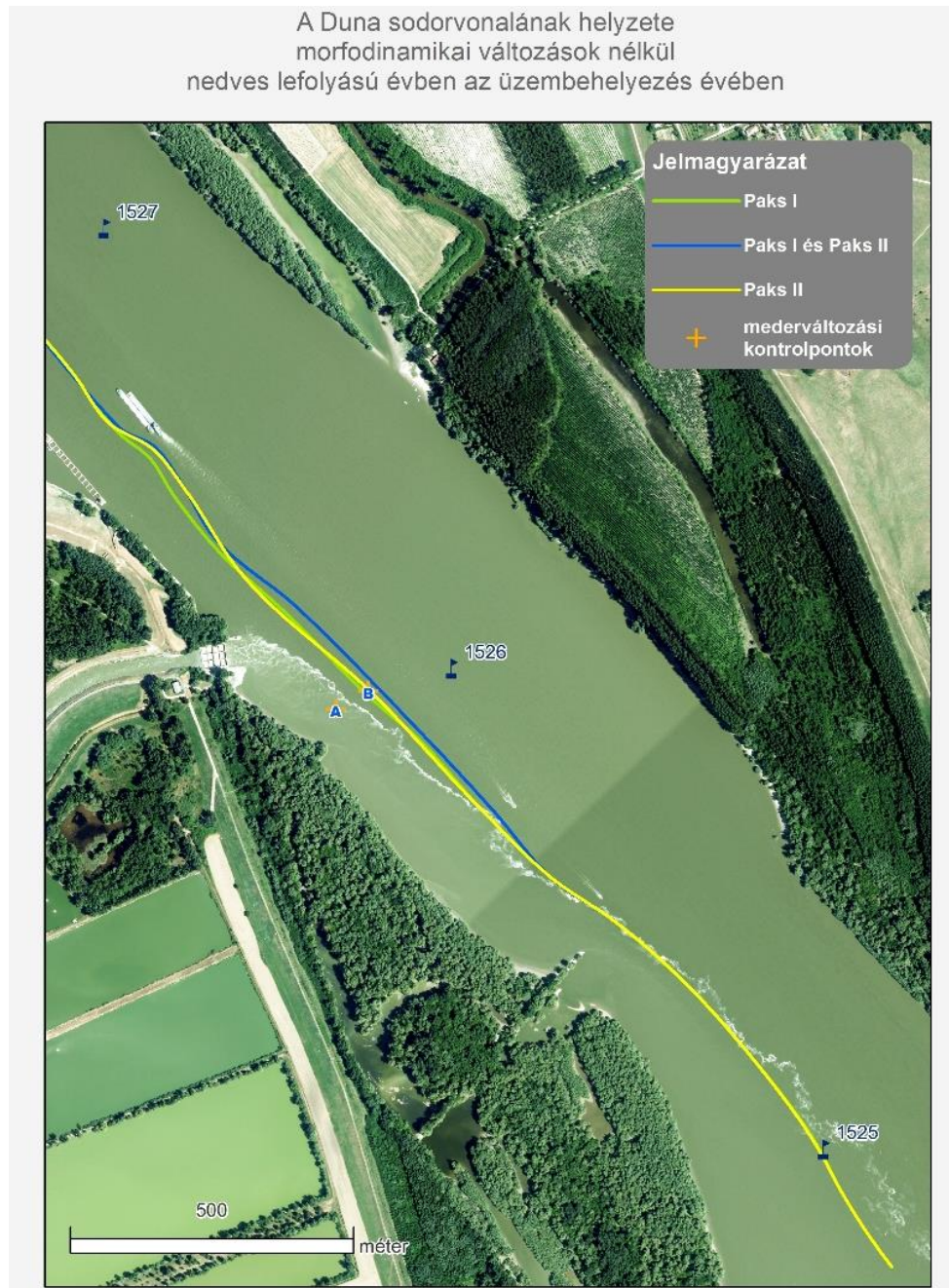
*Paks II. önálló üzeme esetén (2037-2085)*

A sodorvonal a jelenlegi sodorvonaltól mindössze 500 méter hosszon tér el, maximális eltérése szintén 25 méter. Hatásterület tehát a telephely környezetében, sokéves átlagos Duna vízhozam esetén ( $2\,300\text{ m}^3/\text{s}$ ) a Duna, kb. 150 méteres jobb parti sávja, 500 méter hosszon a Duna áramlásának irányában mérve.



59. ábra: Számított Duna sodorvonalak alakulása  $2\,300\text{ m}^3/\text{s}$ -os dunai hozam (átlagos hidrológiai év) esetén, három üzemi időszakban: Paksi Atomerőmű önállóan, Paksi Atomerőmű és Paks II. együtt, Paks II. önállóan

Nedves hidrológiai évben az éves átlagos Duna vízhozam  $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$  (1,3-szorosa a sokéves átlagos vízhozamnak). Ez esetben a hosszirányú hatásterület kis mértékben, kb. 10 %-kal növekszik (1 100 m), míg a sodorvonal áthelyeződése a Duna középvonala felé, kb. 10 %-kal csökken (22 m).



60. ábra: Számított Duna sodorvonalak alakulása 3 000 m<sup>3</sup>/s-os dunai hozam (nedves hidrológiai év) esetén, három üzemi időszakban: Paksi Atomerőmű önállóan, Paksi Atomerőmű és Paks II. együtt, Paks II. önállóan

Az áramlási sebességekben bekövetkező változás, így a sodorvonal áthelyeződése is, a megváltozott mértékadó üzemi helyzet kezdeti időszakában a legnagyobb mértékű. A mederváltozások az idő előrehaladtával az áramlási anomáliákat csökkentik, kb. 5 év elteltével a meder a megváltozott áramlási helyzethez idomul (töltődik, illetve mélyül), a mederváltozás lecsillapodik, illetve a további mederváltozások megszűnnek.

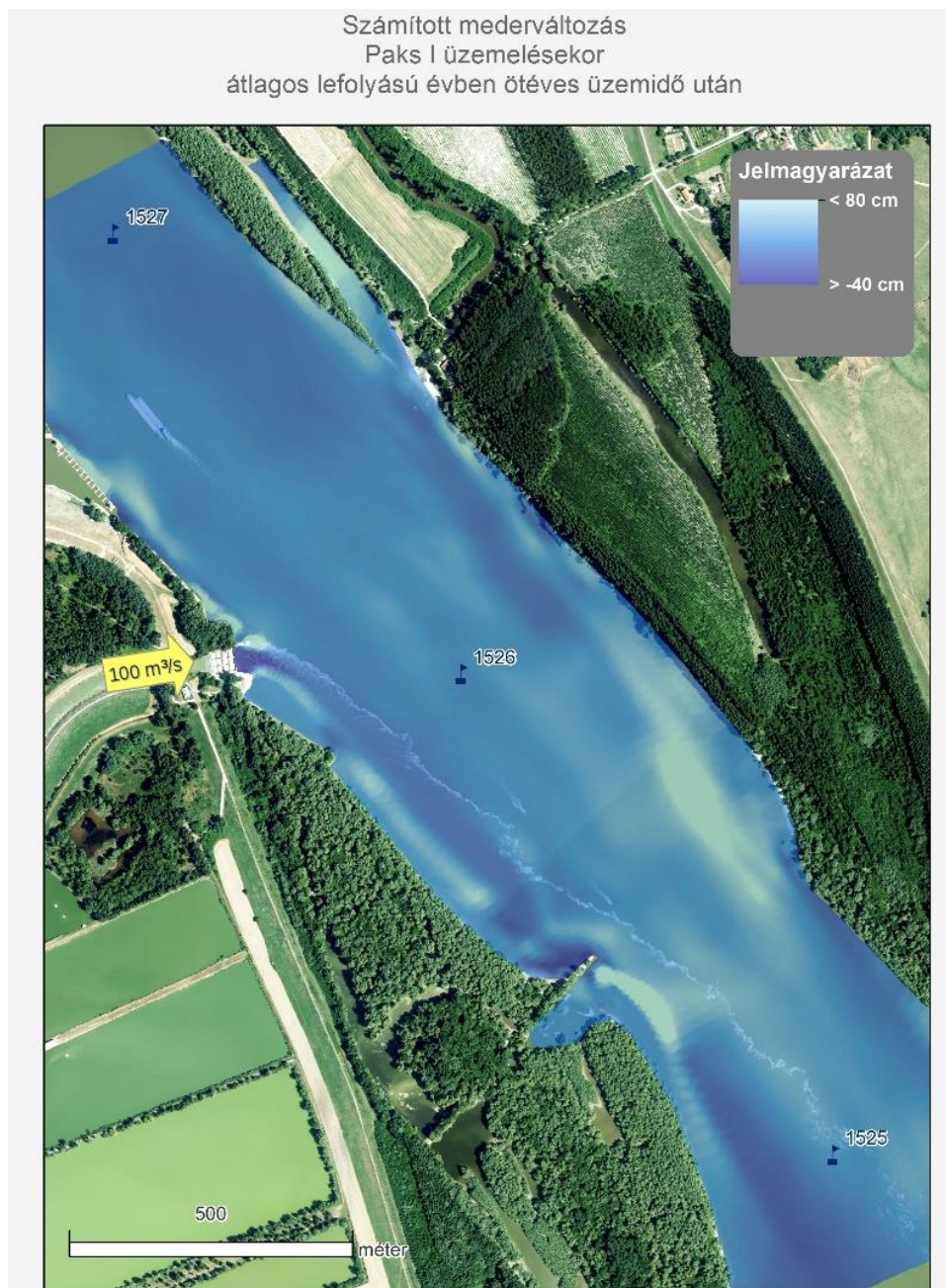
### 12.2.3.3 Lokális Duna mederváltozások várható alakulása, a tervezett fejlesztés hatására

Az 5 év üzemidőre számított mederváltozásokat az alábbi ábrákon szemléltetjük. Az ábrákon a mederváltozás színezését áttetszővé tettük és ráillesztettük a 2013. július 22-i légifelvételből készített ortofotóra. A légifelvételkészítéskor, 2013.07.22-én a Duna mért vízhozama (Dombori vízmérce) ~2000 m<sup>3</sup>/s volt, a számításokat a sokéves átlagos 2300 m<sup>3</sup>/s vízhozamra végeztük el.

## PAKSI ATOMERŐMŰ ÜZEMELÉSE (2014-2025)

Duna vízhozam:  $Q_{\text{Duna}} = 2\,300 \text{ m}^3/\text{s}$  (átlagos), hűtővízkivétel:  $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

A következő ábrán (61. ábra) látható, hogy a melegvízcsóva mentén kialakuló mederváltozások határa az energiatörő műtárgy északi szélén, az áramlási térbe benyúló terelóműről (kisméretű sarkantyúról) leváló, majd az áramlási térben sodródó örvénysor által fodrozott (habzó) Duna-víz mentén halad.



61. ábra: Számított Duna mederváltozások 5 év üzemelés után,  $2\,300 \text{ m}^3/\text{s}$ -os dunai hozam (átlagos hidrológiai év) és  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ -os hűtővíz-kivétel esetén – Paksi Atomerőmű önálló üzemelése (2014-2025)

Az átlagosnál nedvesebb hidrológiai év esetére számított mederváltozások esetében a lokális kimélyülés maximális értéke  $40 \text{ cm}$ -nél kisebb, míg a feltöltődésé  $80 \text{ cm}$ -nél kisebb mértékű.

### PAKSI ATOMERŐMŰ ÉS PAKS II. EGYÜTTES MÉRTÉKADÓ ÜZEMELÉSE (2030-2032)

Duna vízhozam:  $Q_{\text{Duna}} = 2\,300 \text{ m}^3/\text{s}$  (átlagos), hűtővízkivétel:  $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s} + 132 \text{ m}^3/\text{s} = 232 \text{ m}^3/\text{s}$

A Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes üzemére vonatkozó 5 éves mederváltozások, a Paksi Atomerőmű üzeme miatti mederváltozásokhoz képest kb. 10 cm mélyülést mutatnak a meglévő dunai hőcsóva területén, kb. 40 cm kimélyülés várható a tervezett új és a meglévő melegvíz bevezetési hely közötti 200 m-es mederszakaszon, a csóva mentén. A csóva és a part között minimális töltődés várható. A lokális hatások a Duna 1525+500 fkm szelvényének (keresztgát, a Duna jobb partján létesített, az áramtérbe benyúló mű) környezetében már alig érzékelhetők.



62. ábra: Számított Duna mederváltozások 5 év üzemelés után,  $2\,300 \text{ m}^3/\text{s}$ -os dunai hozam (átlagos hidrológiai év) és  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ -os hűtővíz-kivétel esetén (2030-2032. év közötti állapot) – Paksi Atomerőmű és Paks II. együttesen (2030-2032)

## PAKS II. ÖNÁLLÓ MÉRTÉKADÓ ÜZEMELÉSE (2037-2085)

Duna vízhozam:  $Q_{\text{Duna}} = 2300 \text{ m}^3/\text{s}$  (átlagos), hűtővízkivétel:  $Q = 132 \text{ m}^3/\text{s}$

A Paks II. önálló üzemére vonatkozóan számított 5 éves mederváltozás, a Paksi Atomerőmű üzeme miatti mederváltozásokhoz képest kb. 5 cm mélyülést mutat a melegvíz terhelés meglévő dunai csóvájának területén. Még kb. 10 cm kimélyülés várható a tervezett új melegvíz kibocsátási hely és a meglévő hely közötti 200 m-es mederszakaszon, a csóva mentén - ugyanis az alsó csóva megszűnésével, annak duzzasztó hatása megszűnik. A csóva és a part között minimális töltődés várható. A lokális hatások a Duna 1525 fkm szelvénye alatt elhanyagolhatókká válnak.



63. ábra: Számított Duna mederváltozások 5 év üzemelés után, 2 300 m<sup>3</sup>/s-os dunai hozam (átlagos hidrológiai év) és 100 m<sup>3</sup>/s-os hűtővíz-kivétel esetén (2037-2085. év közötti állapot) – Paks II. önállóan (2037-2085)

### 12.2.3.4 A lokális mederváltozási vizsgálatok összegzett eredményei

A lokális mederváltozási számítások eredményeként megállapítható, hogy az öt (5) évi - mederfenék konszolidációhoz közelítő - üzemelést követően:

- A mederváltozások fő hajtóereje, meghatározója a Duna sokéves átlagos vízhozama, amelyet a kisebb tartósságú árhullámok csak kismértékben módosítanak.
- Az átlagosnál lényegesen nedvesebb üzemi évek idején (3000 m<sup>3</sup>/s) kismértékben növekszik a mederfenék változások mértéke a sokéves átlagos (2300 m<sup>3</sup>/s) Duna vízhozamhoz képest.
- A lokális feltöltődés mértéke legfeljebb 80 cm volt, míg a lokális kimélyülés mértéke legfeljebb 40 cm volt. Területi kiterjedésük nem jelentős.
- Az önálló Paksi Atomerőmű (2014-2025), illetve az önálló Paks II. (2037-2085) üzemelés közötti mederváltozás-különbségek mértéke minimális.
- A Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes üzeme esetén (2030-2032) tapasztalhatóak említésre méltó mederváltozás különbségek, az önálló üzemelésekhez képest. Ez a hatás azonban 2 év után csökken, az üzemidő-hosszabbítás ütemterve szerinti Paksi Atomerőmű blokk-kilépések miatt, ugyanis blokkonként 25 m<sup>3</sup>/s-mal csökken a vízkivétel- és vízkibocsátás, majd 2037-re eléri a Paks II. önálló üzemelésének időszakát.

A tervezett fejlesztés (Paks II) mértékadó üzemi állapotai	Duna mederbeli morfológiai- és áramlási hatásterület meghatározása, a tervezett fejlesztés megvalósulása esetén, az alapállapothoz képest	
	Hatásterület hossza a dunai főáramlás irányában [Duna fkm], [m]	Hatásterület szélessége, a Duna jobb partjától, a keresztaszelvénnyel szembe mentén [m]
Paksi Atomerőmű és Paks II. együttesen (232 m <sup>3</sup> /s)	1525+500 - 1527+000 fkm (1500 m)	maximum 300 m
Paks II. önállóan (132 m <sup>3</sup> /s)	1526+000 - 1527+000 fkm (1000 m)	maximum 200 m

36. táblázat: Morfológiai- és áramlási hatásterület meghatározása a jelen állapothoz képest

### 12.2.4 A FELMELEGEDETT HŰTŐVÍZ BEVEZETÉSE A DUNÁBA

A tervezett új blokkok felmelegedett technológiai hűtővizét a Duna 1526+450 fkm szelvényének jobb partján, a jelenlegi bebocsátási hely felvízi oldalán, a meglévő melegvíz-csatornától ~200 méterre, északra kialakítandó új bevezetési ponton keresztül vezetik majd a Dunába, rekuperációs műtárgyon keresztül.

A Paksi Atomerőmű és a tervezett fejlesztés üzemelésének ütemezését az alábbi táblázatban összegezzük.

Időszak [évek]	Melegvízhozam maximuma [m <sup>3</sup> /s]	Üzemelő blokkok száma [db]	Mértékadó időpontok [év]	Duna becsült legmagasabb éves vízhőmérséklete [°C]
2014. (Jelen)	100	Paksi Atomerőmű 4 meglévő blokk	2014. év	25,61 [°C]
2014-től – 2025-ig	100	Paksi Atomerőmű 4 meglévő blokk		
2025-től – 2030-ig	166	Paksi Atomerőmű 4 meglévő blokk + 1 új blokk		
2030-től – 2032-ig	232	Paksi Atomerőmű 4 meglévő blokk + 2 új blokk	2032. év	26,38 [°C]
2032-től – 2034-ig	207	Paksi Atomerőmű 3 meglévő blokk + 2 új blokk		
2034-től – 2036-ig	182	Paksi Atomerőmű 2 meglévő blokk + 2 új blokk		
2036-től – 2037-ig	157	Paksi Atomerőmű 1 meglévő blokk + 2 új blokk		
2037-től – 2085-ig	132	2 új blokk	2085. év	28,64 [°C]
2085-től – 2090-ig	66	1 új blokk		
2090-től	0	-		

37. táblázat: Melegvíz kibocsátás (Q m<sup>3</sup>/s) alakulása a tervezett fejlesztés megvalósulása esetén, a Duna várható évi legnagyobb vízhőmérsékletével (T<sub>Duna</sub>, °C) a mértékadó üzemi időpontokban

A mértékadó időpontokban (2014, 2032 és 2085) a pesszimistább klimatológiai forgatókönyv szerint (DMI-B2 PRODUCE: a Föld felmelegedése 2000 és 2100 évek között 1,8 °C), a Duna mértékadóként felvett legmagasabb dunai háttér vízhőmérsékletek várható túllépési tartóssága mindössze 1 nap/év az 1500 m<sup>3</sup>/s alatti dunai vízhozam tartományban.



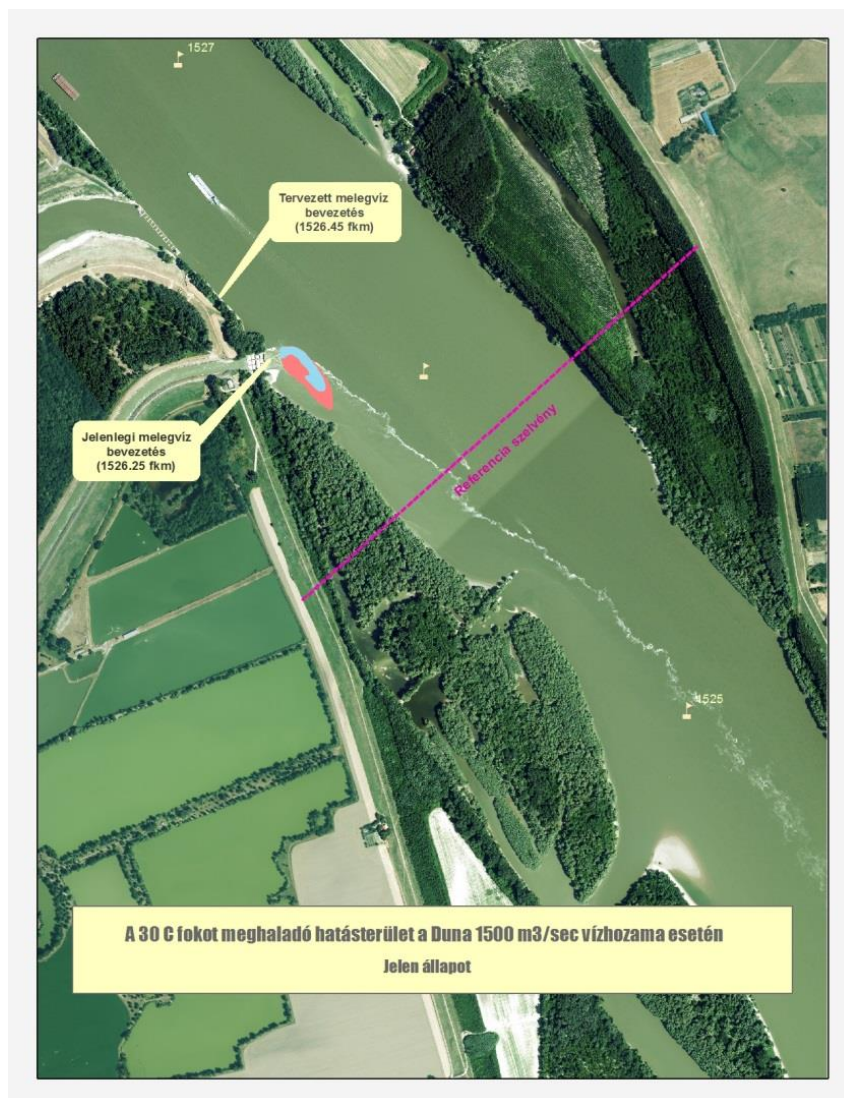
### 12.2.4.1 A 30 °C feletti Duna víz hőmérséklettel érintett hatásterület meghatározása, a Duna 1 500 m<sup>3</sup>/s vízhozama esetén

A 2014., a 2032. és a 2085. évi mértékadó helyzetekben a 30 °C víz hőmérséklettel érintett Duna víztér területeket, a számított hőcsóva hatásterületeket az alábbi három, egymást követő ábrán mutatjuk be.

#### **HATÁSTERÜLET MEGHATÁROZÁSA A 2014. ÉVI MÉRTÉKADÓ ÁLLAPOTBAN, A DUNA 1 500 M<sup>3</sup>/S VÍZHOZAMA ESETÉN**

- a Duna háttérhőmérséklete ( $T_{Duna}$ ) 25,61°C,
- hűtővíz hozama ( $q$ ) 100 m<sup>3</sup>/s, a jelenlegi bevezetési helyen ömlik a Dunába,
- a felmelegedett hűtővíz hőmérséklete:
  - (1. eset)  $T_{melegviz}=33^{\circ}\text{C}$  és
  - (2. eset) a 8°C hőlépcsőt alkalmazó bebocsátás ( $T_{melegviz} = T_{Duna}+8^{\circ}\text{C} = 33,61^{\circ}\text{C}$ ).

A 2014-re számított mértékadó, várhatóan 1 nap/év tartósságú dunai víz hőmérséklet eloszlás, 30 °C-t meghaladó víz hőmérséklettel jellemezhető víztest területét az alábbi ábrán (64. ábra) szemléltetjük.



Megjegyzés:

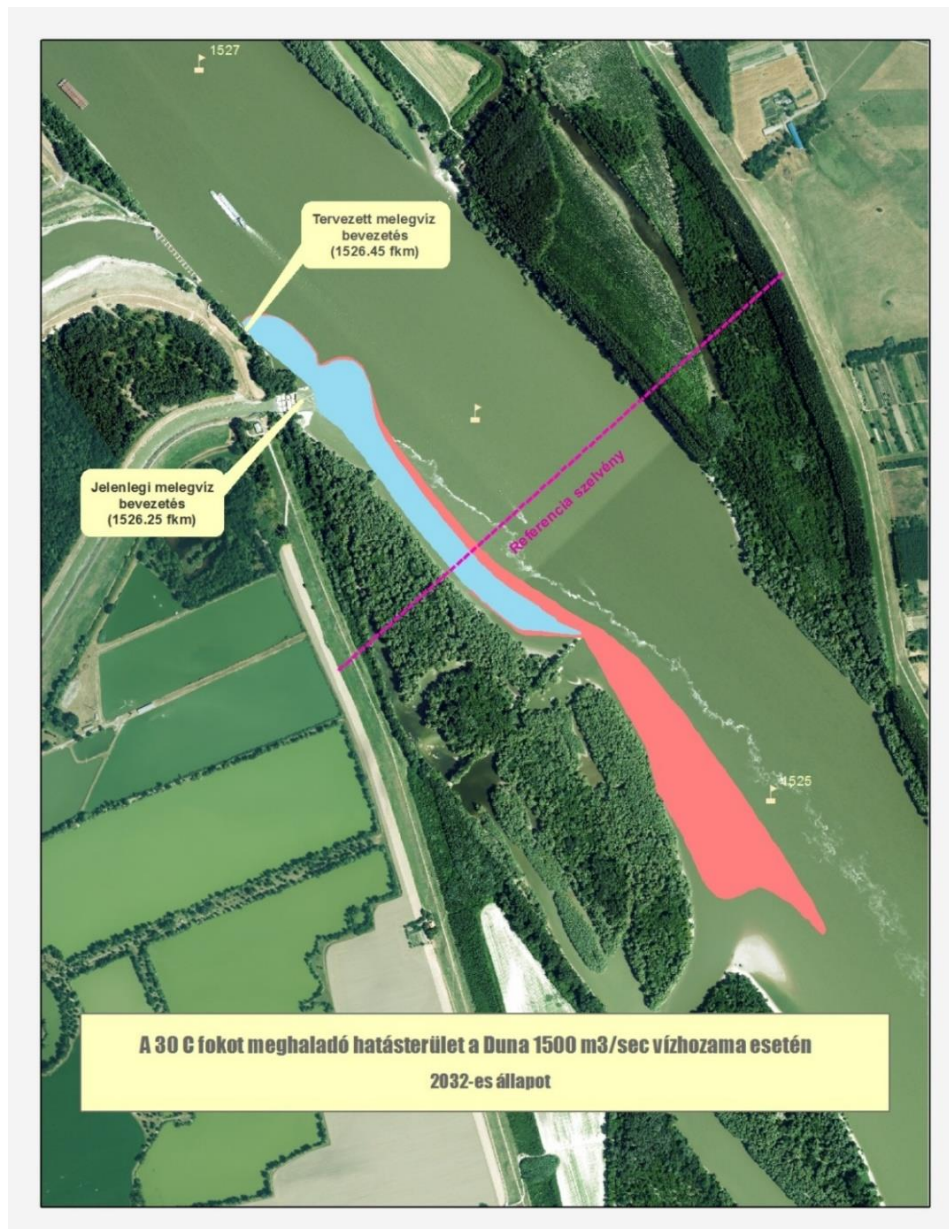
kék: melegvíz kibocsátás 33°C, piros: hőlépcső 8 °C

64. ábra: A hőcsóva 30 °C feletti hatásterülete – Jelen állapot ( $T_{Duna,max}=25,61^{\circ}\text{C}$ ,  $Q_{Duna}=1500\text{ m}^3/\text{s}$ , melegvíz hozam: 100 m<sup>3</sup>/s)

### HATÁSTERÜLET MEGHATÁROZÁSA A 2032. ÉVI MÉRTÉKADÓ ÁLLAPOTBAN, A DUNA 1500 m<sup>3</sup>/s VÍZHOZAMA ESETÉN

- $T_{Duna}=26,38^{\circ}\text{C}$ ,
- Paksi Atomerőmű és Paks II. egyidejű működése folytán  $q_{Jelenlegi}=100\text{ m}^3/\text{s}$  a jelenlegi bebocsátási helyen és  $q_{2032.}=132\text{ m}^3/\text{s}$ , a jelenlegi bebocsátási hely felvízi oldalára (200 méterrel feljebb) tervezett bebocsátási helyen ömlik a Dunába, rekuperációs műtárgyon keresztül,
- a felmelegedett hűtővíz hőmérséklete:
  - (1. eset)  $T_{melegviz}=33^{\circ}\text{C}$  és
  - (2. eset)  $T_{melegviz}=34,38^{\circ}\text{C}$  (8°C-os hőlépcső).

A 2032-re számított mértékadó, várhatóan 1 nap/év tartósságú dunai vízhőmérséklet-eloszlás, 30 °C-t meghaladó vízhőmérséklettel jellemezhető víztest területét az alábbi ábrán szemléltetjük.



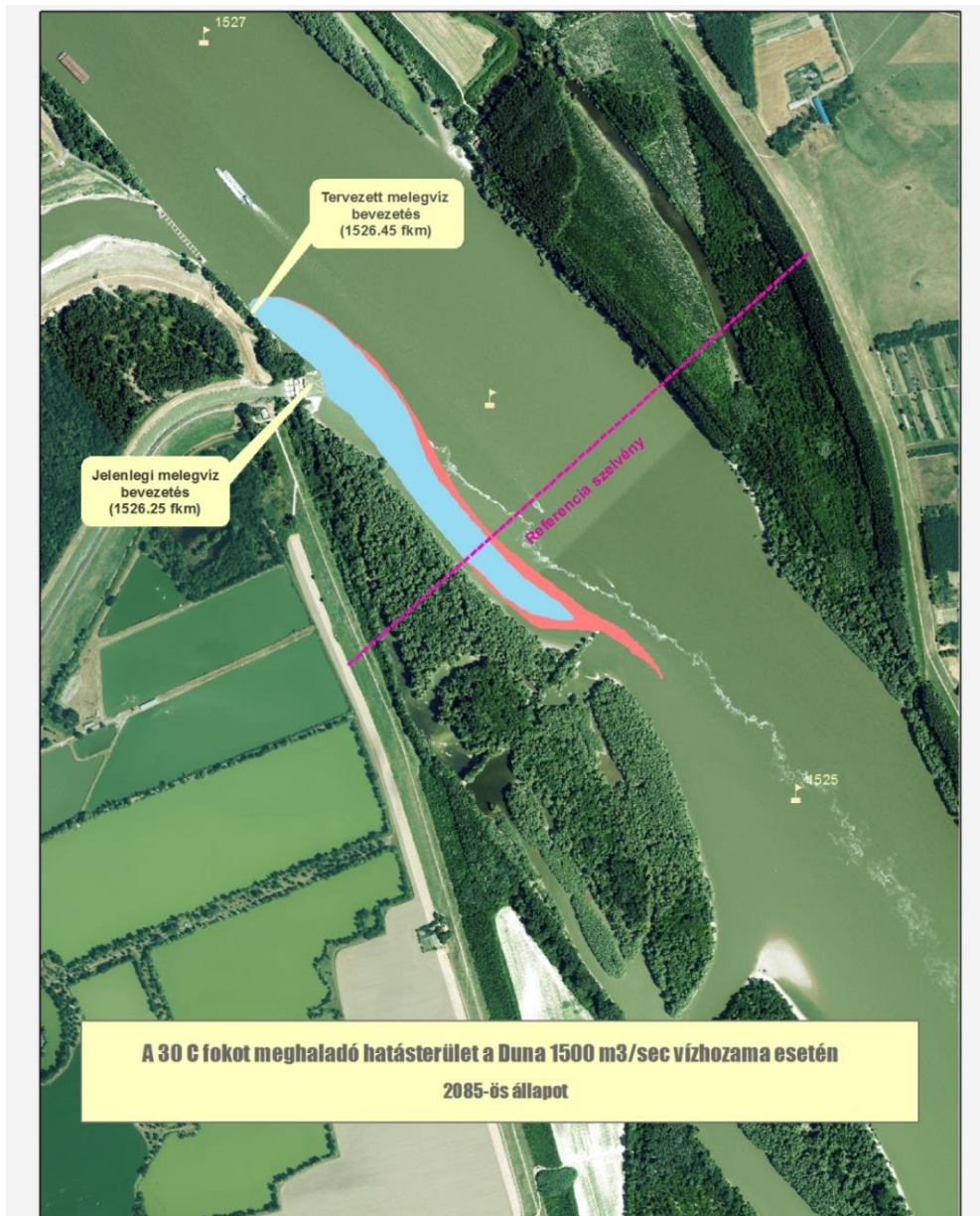
Megjegyzés:  
kék: melegvíz kibocsátás 33°C, piros: hőlépcső 8 °C

65. ábra: A hőcsóva 30 °C feletti hatásterülete – 2032. évi állapot ( $T_{Duna,max}=26,38^{\circ}\text{C}$ ,  $Q_{Duna}=1500\text{ m}^3/\text{s}$ , melegvíz hozam:  $100\text{ m}^3/\text{s} + 132\text{ m}^3/\text{s}$ )

### HATÁSTERÜLET MEGHATÁROZÁSA A 2085. ÉVI MÉRTÉKADÓ ÁLLAPOTBAN, A DUNA 1500 m<sup>3</sup>/S VÍZHOZAMA ESETÉN

- $T_{Duna}=28,64^{\circ}\text{C}$ ,
- $q_{2085}=132\text{ m}^3/\text{s}$ , a jelenlegi bebocsátási hely felvízi oldalára tervezett bebocsátási helyen ömlik a Dunába, rekuperációs műtárgyon keresztül,
- a felmelegedett hűtővíz hőmérséklete:
  - (1. eset)  $T_{melegviz}=33^{\circ}\text{C}$ , illetve
  - (2. eset)  $T_{melegviz}=36,64^{\circ}\text{C}$  (8°C-os hőlépcső).

A 2085-re számított mértékadó, várhatóan 1 nap/év tartósságú dunai vízhőmérséklet eloszlás, 30 °C-t meghaladó vízhőmérséklettel jellemezhető víztest területét az alábbi ábrán szemléltetjük.



Megjegyzés:  
kék: melegvíz kibocsátás 33°C, piros: hőlépcső 8 °C

66. ábra: A hőcsőva számított, 30 °C feletti hatásterülete – 2085. évi mértékadó állapot ( $T_{Duna,max}=28,64^{\circ}\text{C}$ ,  $Q_{Duna}=1500\text{ m}^3/\text{s}$ , melegvíz hozam: 132 m<sup>3</sup>/s) – Paks II. önállóan

A fenti ábrásor alapján megállapítható, hogy jelen állapotban az 500 méteres dunai referenciaszelvényben (Duna 1525,75 fkm) a 30 °C fokos határértéket nem éri el a Duna-víz vízhőmérséklet maximuma. A mértékadónak tekinthető 2032. és 2085. években – a Duna mértékadónak tekinthető 1 500 m<sup>3</sup>/s vízhozama esetében - a referenciaszelvényben a 30 °C-os határérték kismértékű túllépése tapasztalható a 33 °C-os melegvíz kibocsátás esetében. Nagyobb mértékű túllépés alakul ki a 8 °C-os hőlépcsővel történő kibocsátás esetében.

### 1.1.1.1 A +500 m-es referencia szelvényben várható 30 °C határérték túllépés időtartama, tartóssága

#### PAKSI ATOMERŐMŰ + PAKS II (2032)

Az 500 m-es referencia szelvényben számított maximális Duna vízhőmérsékletek alakulását és a 30 °C határérték túllépés pesszimistább klímamodell (DMI-B2 PRODUCE alapján számított időtartamát, tartósságát az alábbi táblázatban foglaljuk össze. A Duna 1500 m<sup>3</sup>/nap alatti vízhozamának tartóssága 1 nap/év körüli az alapul vett, mértékadó Duna háttér vízhőmérséklete (26,38 °C) esetében, de a biztonság javára a 2800 m<sup>3</sup>/s-hoz tartozó nagyobb tartósság értékeket vettük figyelembe.

A határérték túllépés, beavatkozással kezelendő tartománya	2014.		2032.	
	8 [°C] hőlépcső	33 [°C] melegvíz kibocsátás	8 [°C] hőlépcső	33 [°C] melegvíz kibocsátás
Maximális háttér Duna vízhőmérséklet várhatóan [°C]	25,61 [°C]		26,38 [°C]	
Számított maximális Duna vízhőmérséklet [°C]	26,11 [°C]	26,36 [°C]	24,31 [°C]	25,11 [°C]
Becsült túllépési idő, tartósság [nap] - a Duna 2800 m <sup>3</sup> /nap alatti vízhozama esetén	0,2 [nap/év]	0,1 [nap/év]	13 [nap/év]	7 [nap/év]

38. táblázat: A határérték túllépés időtartama, tartóssága (2032.) – Paksi Atomerőmű + Paks II.

#### Paks II. önállóan (2085.)

Paks II. önálló üzemelése esetén az új bevezetési helyen 132 m<sup>3</sup>/s hűtővizet vezetünk a Dunába, rekuperációs műtárgyon keresztül. A hőterhelés ugyan kisebb, mint a 2032-es esetben, de a klímaváltozás miatt maximálisan előforduló háttérhőmérséklet időbeli emelkedése miatt a 30 °C-os határérték – 1500 m<sup>3</sup>/s alatti Duna vízhozam esetén, várhatóan legfeljebb 1 nap/év tartóssággal -, csak a keresztgát után tartható, hiszen ebben az esetben a csóva megengedhető többhőmérséklete csupán 30 - 28,64 = 1,36 °C, az 500 m-es referenciaszelvényben.

A mértékadó állapotokban, az ellenőrző szelvényben (+500 m) számított maximális Duna vízhőmérsékletek alakulását és a 30 °C határérték túllépés pesszimistább klímamodell (DMI-B2 PRODUCE) alapján számított időtartamát, tartósságát az alábbi táblázatban foglaljuk össze. A Duna 1500 m<sup>3</sup>/nap alatti vízhozamának tartóssága 1 nap/év körüli az alapul vett Duna háttér vízhőmérséklete (28,64 °C) esetében, de a biztonság javára a 2800 m<sup>3</sup>/s-hoz tartozó nagyobb tartósságértékeket vettük figyelembe.

A határérték túllépés, beavatkozással kezelendő tartománya	Mértékadó állapot (2014.)		Mértékadó állapot (2085.)	
	8 [°C] hőlépcső	33 [°C] melegvíz kibocsátás	8 [°C] hőlépcső	33 [°C] melegvíz kibocsátás
Maximális háttér Duna vízhőmérséklet várhatóan [°C]	25,61 [°C]		28,64 [°C]	
Számított maximális Duna vízhőmérséklet [°C]	26,11 [°C]	26,36 [°C]	23,81 [°C]	25,23 [°C]
Becsült túllépési idő, tartósság [nap] - a Duna 2800 m <sup>3</sup> /nap alatti vízhozama esetén	0,2 [nap]	0,1 [nap/év]	40 [nap/év]	20 [nap/év]

39. táblázat: A határérték túllépés időtartama, tartóssága (2085) – Paks II. önállóan

A határérték túllépés elkerülésének lehetőségei:

- visszaterhelés,
- blokkleállítás,
- blokk karbantartás.

### 12.2.4.2 Hőmérséklet-eloszlás a Déli országhatár Duna szelvényében (Duna 1433 fkm), a Duna 1 500 m<sup>3</sup>/s vízhozama esetén

A melegvíz a dunai bevezetésének helyétől (Duna 1526,25 fkm), a déli országhatár szelvényéig (Duna 1433 fkm), mintegy ~93 km utat tesz meg a Duna mederben, átlagosan 24 óra alatt - a Duna középvíz hozamánál (2300 m<sup>3</sup>/s) kisebb dunai vízhozamoknál az utazási idő növekszik.

A Duna vízhozamok és vízhőmérsékletek együttes előfordulásának, a jövőben várható klimatológiai változások figyelembevételével történt vizsgálatánál láthattuk, hogy az alapul vett Duna mértékadó vízhőmérsékleti értékek túllépésének éves átlagos időtartama várhatóan 1 nap/év, a mértékadó vizsgálati időpontokban.

A Duna déli országhatár szelvényében számított legnagyobb hőmérsékletváltozásokat, a mértékadó 2014., 2032. és 2085. évekre vonatkozóan az alábbi táblázatokban foglaljuk össze.

A 33 °C fokos melegvíz kibocsátás hatása a Duna déli országhatár szelvényében

A legnagyobb hőmérséklet-változás mértéke a Duna déli országhatár szelvényében (Duna 1433 fkm)		
T <sub>Melegvíz</sub> = 33 °C, Q <sub>Duna</sub> = 1500 m <sup>3</sup> /s		
ΔT <sub>Max</sub> = T <sub>Max</sub> - T <sub>Hattér</sub> [°C]		
2014. évi mértékadó állapot	2032. évi mértékadó állapot	2085. évi mértékadó állapot
T <sub>Max</sub> = 26,08 [°C]	T <sub>Max</sub> = 28,13 [°C]	T <sub>Max</sub> = 28,95 [°C]
T <sub>Hattér</sub> = 25,61 [°C]	T <sub>Hattér</sub> = 26,38 [°C]	T <sub>Hattér</sub> = 28,64 [°C]
ΔT <sub>Max</sub> = 0,47 [°C]	ΔT <sub>Max</sub> = 1,75 [°C]	ΔT <sub>Max</sub> = 0,31 [°C]

40. táblázat: A legnagyobb hőmérséklet-változás mértéke a Duna déli országhatár szelvényében, T<sub>Melegvíz</sub> = 33 °C (2014., 2032. és 2085. évi mértékadó állapot)

A 8 °C fokos hőlépcsővel történő kibocsátás hatása a Duna déli országhatár szelvényében

A legnagyobb hőmérséklet-változás mértéke a Duna déli országhatár szelvényében (Duna 1433 fkm)		
ΔT <sub>Hőlépcső</sub> = 8 °C, Q <sub>Duna</sub> = 1500 m <sup>3</sup> /s		
ΔT <sub>Max</sub> = T <sub>Max</sub> - T <sub>Hattér</sub> [°C]		
2014. évi mértékadó állapot	2032. évi mértékadó állapot	2085. évi mértékadó állapot
T <sub>Max</sub> = 26,40 [°C]	T <sub>Max</sub> = 28,24 [°C]	T <sub>Max</sub> = 29,55 [°C]
T <sub>Hattér</sub> = 25,61 [°C]	T <sub>Hattér</sub> = 26,38 [°C]	T <sub>Hattér</sub> = 28,64 [°C]
ΔT <sub>Max</sub> = 0,79 [°C]	ΔT <sub>Max</sub> = 1,86 [°C]	ΔT <sub>Max</sub> = 0,91 [°C]

41. táblázat: A legnagyobb hőmérséklet-változás mértéke a Duna déli országhatár szelvényében, ΔT<sub>Hőlépcső</sub> = 8 °C (2014., 2032. és 2085. évi mértékadó állapot)

### 12.2.5 TISZTÍTOTT KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZ KIBOCSÁTÁS AZ ÜZEMELÉS IDŐSZAKÁBAN

A Felügyelőség által engedélyezett vízjogi üzemeltetési engedély alapján üzemelő, meglévő erőműi szennyvíztisztító telep kapacitása (1870 m<sup>3</sup>/nap), amely elegendő az építés- és az üzemelés időszakában várható maximális kommunális terhelésnövekedések fogadására, tisztítására.

Paks II. üzemeltetésekor jelentkező többlet kommunális szennyvízhozam átlagosan 67 m<sup>3</sup>/nap, csúcskibocsátás tíz (10) évenkénti nagy-karbantartás idején 95 m<sup>3</sup>/nap.

Mivel a Paksi Atomerőmű területén átlagosan keletkező kommunális szennyvizek mennyisége jelenleg ~300 m<sup>3</sup>/nap (Paksi Atomerőmű üzeme), emiatt a kommunális szennyvízhozam várhatóan Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes üzemkor sem éri el a 400 m<sup>3</sup>/nap-ot, ami felett marad még ~1 470 m<sup>3</sup>/nap szabad tisztító kapacitás.

## 12.2.6 EXTRÉM DUNAI TERMÉSZETI- ÉS MŰVI KÖRÜLMÉNYEK HATÁSAINAK VIZSGÁLATA A TELEPHELY ÁRVÍZI ÉRINTETTSÉGÉRE ÉS A HŰTŐVÍZKIVÉTELI BIZTONSÁGRA

Haváriaként olyan eseteket modelleztünk, amelyek hatótényezői a dunai környezet természeti- és művi adottságaiból alakulhatnak ki, nem pedig a tervezett fejlesztés hatásaként. Az alábbi eseteket vizsgáltuk:

- ✓ a telephely árvízi érintettségét a Dunacsúnyi duzzasztómű kritikus dunai vízjárásnál történő átszakadásának és a Duna medrének extrém mértékű részleges elzáródása hatására, valamint extrém jégtorlaszok kialakulásával járó jeges árvíz kialakulásának hatására.
- ✓ a Duna szélsőséges kisvizeinek időszakában a hűtővízkivételei biztonság lehetséges alakulását, a Dunacsúnyi duzzasztómű nem-üzemszerű (tározótöltés vízviszataratással dunai kisvíz idején) működése, továbbá az esetleges extrém partfalomlások, földcsuszamlások, valamint felvízi jégtorlasz hatására.

### 12.2.6.1 Extrém természeti- és művi körülmények hatása a telephely árvízi érintettségére

A legkedvezőtlenebb - Pozsony alatti Duna-szakaszon az árvízvédelmi töltések között maradó - árhullám levonulása esetén, a Paksi Atomerőmű telephelyi (Duna 1526,5-1527 fkm szelvénye) domborzata és az ott lévő főbb létesítmények tekintetében mértékadó, az Atomerőmű által is jegyzett biztonsági szintek feletti elöntési időtartamok ( $T_{\text{túllépés}}$ ) az alábbi táblázat szerint alakulnak.

Veszélyeztetett, főbb objektumok (Paksi Atomerőmű területén, a Duna 1527 fkm környezetében)	Mértékadó vízszintek (Duna 1527 fkm) [mBf]	Túllépési időtartam (a kedvezőtlenebb 1965-ös árhullám levonulása esetén) [nap]
Töltéskorona szint az erőmű térségében, jobb part	96,30 mBf	0,0
Töltéskorona szint az erőmű térségében, bal part*	95,80* mBf	16,0
Az Erőmű terepszintje	97,00 - 97,10 mBf	0,0
KKÁT kirakó csarnok padlószintje	92,30 mBf	68,5
Déli övcsatorna melletti trafóház padlószintje	93,30 mBf	59,5
Szennyvíztisztító telep szintje	94,00 mBf	57,0
Mésziszaptározó túlfolyó küszöbszintje	97,00 mBf	0,0
Árvízvédelmi fokozatok** (a Paksi Atomerőmű öblözeti vízmércéje szerint, Duna 1526,5 fkm)		
I. Fokozat	91,50 mBf	108,0
II. Fokozat	93,00 mBf	61,0
III. Fokozat	94,00 mBf	56,5
Mértékadó árvízszintek		
Legnagyobb jégmentes vízszint (LNV) 2013.06.11.	94,06 mBf (8750 m <sup>3</sup> /s)	56,0
MÁSZ <sub>2010</sub> (A hatályos, „A folyók mértékadó árvízszintjeiről” szóló, 2014.08.08-tól hatályos 11/2010. (IV. 28.) KvVM rendelet szerint)	94,14 mBf (a rendeletbeli értékek alapján lineárisan interpolálva)	55,1

Megjegyzések a fenti táblázathoz:

\* A táblázatban feltüntetett magassági adat forrása: A töltéskorona szintet helyszíni méréssel határoztuk meg RTK GPS mérőállomás alkalmazásával.

\*\* Árvízvédelmi készültségek elrendelése: Az árvízvédelmi készültséget, a veszélyes vízjárási helyzettel (árhullámmal) érintett területileg illetékes Vízügyi Igazgatóság (VIZIG) rendeli el és szervezi, irányítja a védekezést. Amennyiben egy adott vízfolyáson két, vagy annál több VIZIG is érintett III. fokú készültséggel, akkor az OVF (Országos Vízügyi Főigazgatóság) Országos Műszaki Irányító Törzse (OMIT) hatáskörébe kerül a védelemirányítás.

42. táblázat: Az erőmű környezetének legkedvezőtlenebb szintű (96,30 mBf) árvízi elöntése esetén meghatározott, néhány fontosabb védelmi szint túllépésének várható időtartama

A Dunacsúnyi duzzasztómű legkritikusabb dunai vízjárási helyzetében teljesen feltöltött tározó- és üzemvíz-csatorna térfogat mellett bekövetkező átszakadása esetén kialakuló és levonuló additív Dunai árhullám, nem csökkenti a telephely árvízvédelmi biztonságát. Az additív árhullám az I. árvízvédelmi fokozat (91,50 mBf) vízszintjét haladja csak meg egy rövid időre, telephelyi objektumot nem érint, intézkedést nem igényel.

A szélsőséges (20 000 évente visszatérő) árvízi jelenségek esetén 2D modellel vizsgáltuk a Duna 1500-1530 fkm szakaszát. Havária esetként tárgyaltuk a 2032. évi mértékadó dunai vízkivételi és víz visszabocsátási helyzetben, a nem kívánt helyen (melegvíz-csatorna alatt) történő részleges főmedri mederelzáródást, földcsuszamlás hatására.

Az üzemzavarok, balesetek és haváriák hidrodinamikai modellvizsgálata hosszabb Duna szakasz vizsgálatát igényli ezért ennek vizsgálatára 1D hidrodinamikai modellt alkalmaztunk.

#### **A FELVÍZOLDALI VÍZSZABÁLYOZÓ SZERKEZETEK MEGHIBÁSODÁSÁNAK HATÁSA**

A legkedvezőtlenebb esetként a Pozsony alatti Duna szakaszon az árvízvédelmi töltések között maradó, 14 000 m<sup>3</sup>/s csúcs vízhozamra transzformált 1965. évi – árhullámot vizsgáltuk. A Paksi Atomerőmű telephelyén a Duna jobb parti árvédelmi töltéskoronájával (96,30 mBf) színelő elöntési szintnél nagyobb, azt meghaladó vízszint, még a fent vizsgált extrém nagyvízi terhelés hatására sem alakult ki.

#### **A DUNA MEDER VÁLTOZÁSÁT ELŐIDÉZŐ MAGASPART CSUSZAMLÁSOK HATÁSAINAK VIZSGÁLATA**

A modellvizsgálatunknál két helyen történő földcsuszamlást vizsgáltunk, egyet a Paksi Atomerőmű felett, egyet pedig Dunaszekcsőnél. Mindkét helyen nagymértékű mederelzáródást okozó csuszamlást feltételeztünk, mintegy 1 000 méter hosszon, a mértékadónak tekintett (20 000 évente visszatérő), Budapesten 12 200 m<sup>3</sup>/s-ra transzformált 1926-os árhullámot szimuláltunk. Mindkét esetben megállapítható, hogy a feltételezett földcsuszamlások hatásai nem jelentősek, a Paks feletti földcsuszamlás esetében a maximális vízszintek 5 cm-rel csökkennek, a dunaszekcsői földcsuszamlásnál 13 cm-rel növekednek a tetőző vízállások.

#### **JÉGDUGÓ KIALAKULÁSÁNAK PROGNOZTIZÁLÁSA, NAGYVÍZI HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA ÁRAMLÁSI MODELL ALKALMAZÁSÁVAL**

Jelen vizsgálat célja, hogy meghatározza a Paksi Atomerőmű területének jeges nagyvízi érintettségét az erőmű alatt kialakuló jégdugó hatására, a lehető legkedvezőtlenebbnek ítélt jeges nagyvízi, illetve jégtorlasz vagy jégdugó által előidézett nagy vízszintemelkedés hatására kialakuló helyzetben (amely általában a téli időszak kis- és középvíz hozamú időszakában történt meg).

A jelenlegi éghajlatváltozási tendenciáktól eltekintve, az 1965. évi mértékadó jég helyzetet (jégtorlaszokkal) vettük alapul a vizsgálataink során, az akkori mértékadó jeges árvízszinteken túlmenően az erőmű melegvíz-csatornája alatt, a korábbi tapasztalatoknak megfelelő, mintegy 5 km hosszúságú jégtorlasz kialakulását generáltunk, a Duna szakasz mederviszonyaiból adódó jégmegállási hajlamra való érzéketlensége ellenére.

A hidraulikai vizsgálat eredményeképpen megállapíthatjuk, hogy a lehető legkedvezőtlenebbnek ítélt jeges nagyvízszintek a Paksi Atomerőmű környezetében, az árvízvédelmi mű koronaszintjével színeltek (95,90 mBf). Korábbi tapasztalatok- és jéghidraulikai vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a kedvezőtlenül nagy szintet elérő jégborítás tartóssága, időtartama legfeljebb 2-3 nap, amelyet követően a feltorlódást okozó jégdugó/jégtorlasz összeomlik. Jeges árvízi elöntéssel a Paksi Atomerőmű környezetében nem kell számolni.

Az utolsó komoly jeges árvíz 1956-ban volt. Jeges árvízi elöntéssel a Paksi Atomerőmű környezetében nagyon kis valószínűséggel kell számolni a klimatológiai változások, a felvízi duzzasztóművek üzemeltetése miatt, a jégvédelmi flotta bevetettségét is számításba véve. A jégtörő hajóparkot jelenleg a vízügyi szervezetek (OVF és VIZIG-ek) tartják fenn, a dunai flotta 9 hajóból áll.

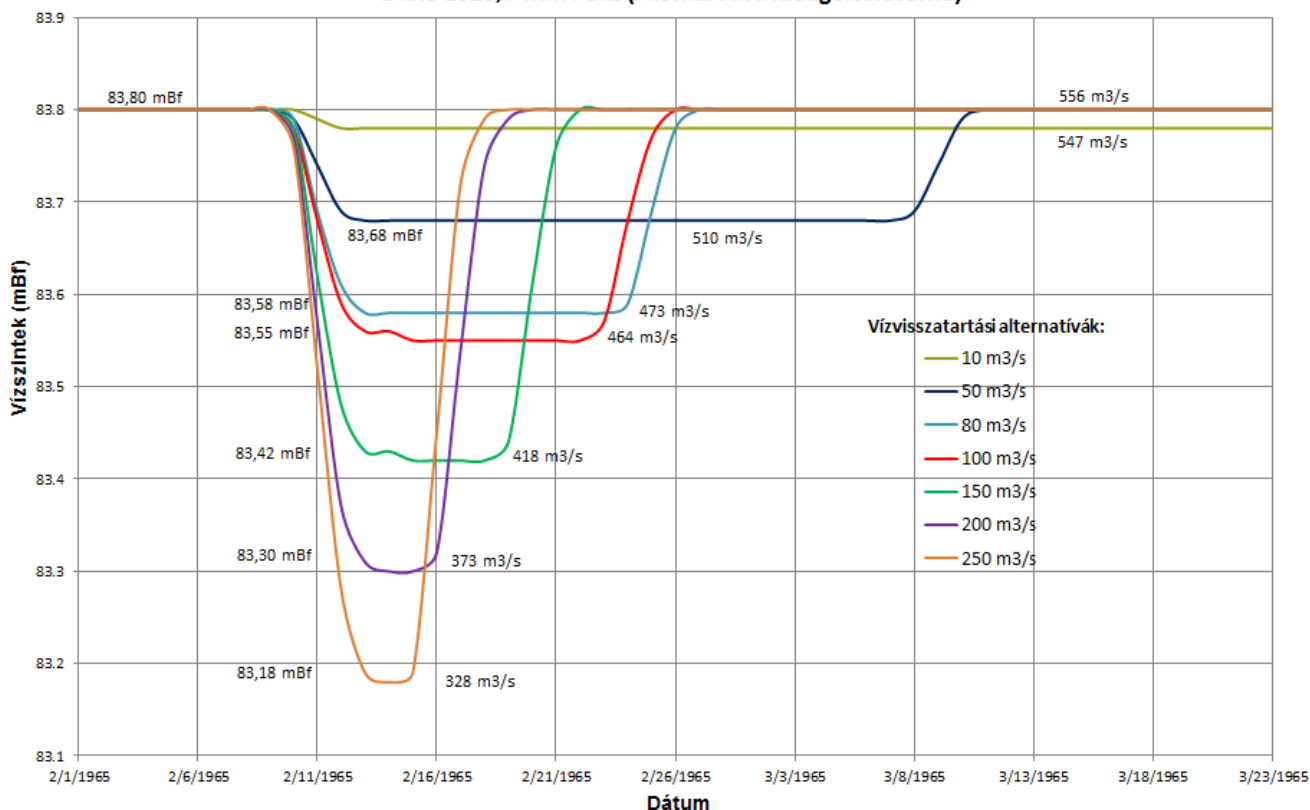
### **12.2.6.2 Extrém természeti- és művi körülmények hatása a hűtővíz kivételi biztonságra, szélsőséges dunai kisvízkor**

#### **FELVÍZSZINT-SZABÁLYOZÓ MŰTÁRGY SÉRÜLÉSÉNEK, NEM ÜZEMSZERŰ MŰKÖDÉSÉNEK HATÁSA**

A Dunacsúnyi duzzasztómű - extrém dunai kisvízkor történő - nem-üzemszerű működtetése (tározó töltési célú vízvisszatartása) idején apadási hullámok alakulnak ki és terjednek a Dunán az áramlás irányába. Az egydimenziós (1D) áramlási modellel számított apadási hullámokat az alábbi ábrán szemléltetjük.

## Dunacsúnyi duzzasztómű hatása a Paksi Atomerőműnél

### Duna 1526,5 fkm Paks (Atomerőmű hidegvízcsatorna)



67. ábra: A Dunacsúnyi / Bősi duzzasztómű 20 000 évente visszatérő kisvízi időszakban történő, alternatívákkal jellemzett vízviszartartásának hatása a Paksi Atomerőmű vízkivételének biztonságára (Duna, 1526,5 fkm)

Az üzemi- és biztonsági vízkivételi szintek a meglévő vízkivételi mű öblözetében az alábbiak szerint alakulnak:

- ❖ Üzemi hűtővíz (kondenzátor hűtővíz) szivattyúk kritikus vízkivételi szintje: 83,60 mBf az öblözeti vízmércén, 83,60 mBf, a Duna 1526,5 fkm szelvényében 83,71 mBf (a paksi vízmércénél Duna 1531,3 fkm: 83,98 mBf).
- ❖ A Bősi duzzasztómű ~50 m<sup>3</sup>/s visszatartása felett állhat elő az üzemi vízkivételre nézve kritikus szint, tartós Dunai 556 m<sup>3</sup>/s szélsőséges, 20 000 évente visszatérő kisvízi vízhozam esetén.
- ❖ Biztonsági hűtővíz szivattyúk kritikus vízkivételi szintje: 83,50 mBf, az öblözeti vízmércén, 83,50 mBf, a Duna 1526,5 fkm szelvényében 83,61 mBf (a paksi vízmércénél, Duna 1531,3 fkm: 83,88 mBf).
- ❖ A Bősi duzzasztómű ~70 m<sup>3</sup>/s visszatartása felett állhat elő a biztonsági vízkivételre nézve kritikus szint, tartós Dunai 556 m<sup>3</sup>/s szélsőséges, 20 000 évente visszatérő kisvízi vízhozam esetén.

### JÉGTORLASZ, JÉGDUGÓ HATÁSÁRA ELŐÁLLÓ HELYZET HATÁSAI

Jelen vizsgálat célja, hogy meghatározza az erőmű területének jeges, extrém kisvízi érintettségét az erőmű vízkivétele felett kialakuló jégdugó hatására, a hűtővíz-kivételi biztonság alakulásának jellemzése érdekében.

A jégdugó a jégtorlás legextrémebb változata, mely a teljes vízfolyás keresztmetszélyt elzárja. Ilyen esetben (legalábbis elméletben) az átfolyás egy időre megszűnik, az átfolyó vízhozam nullára csökken. Ez az állapot addig áll fenn, amíg jégdugó feletti folyószakaszon feltorló víz szintje eléri a jégtorlás koronaszintjét és a víz át tud bukni a torlaszon. Ezután az alvízi szakasz vízhozama fokozatosan nő, majd eléri a kiindulási vízhozamot.

A modellszámítási vizsgálatokat két alternatív jégtorlasz-magasságra végeztük el. Az első egy 15,34 m magas (93,0 mBf koronaszintű) torlasz volt, mely teljesen elzárta a főmedret, a legmélyebb ponttól a főmeder part éléig. A második esetben egy kisebb, realisabb torlaszméretet választottunk, mely azonban még mindig 10,34 m magas (88,0 mBf koronaszintű) volt.



Mindkét számítást a 84,24 mBf szinthez tartozó, 20 000 ezer évente előforduló 544 m<sup>3</sup>/s (Duna 1580,6 fkm, Dunaújvárosi vízmércé), extrém kis vízhozamra végeztük el. Korábban az 1983. évi rendkívüli dunai kisvíz után a VITUKI 1985-ben végzett kritikus kisvízi Duna állapotokra vonatkozóan számításokat, a hidegvíz-csatorna dunai torkolata felett, a Dunán jégtorlasz kialakulását feltételezve. (VITUKI, 1985.)

Vizsgálataink során, a felszín alatti vizekből a Duna felé áramló vízhozamok (Duna vízszintemelő) hatásának számbavételétől, a biztonság javára eltekintettünk. Eltekintettünk a biztonság javára attól is, hogy a jégtorlasz kialakulását követően, annak hatásait megfelelő beavatkozásokkal (jégtörő hajók, robbantás) gyorsabban lecsökkenthetik.

A két eltérő koronaszintű jégtorlasz által elindított apadási hullám hatásaiban komoly változásokat tapasztalhatunk. A 93,0 mBf koronaszintű jégtorlasz esetén  $\Delta t = 60$  óra vízszintcsökkenési tartóssággal kell számolnunk. Az alacsonyabb, 88,0 mBf koronaszintű jégdugó esetében a permanens kisvízszint alatti vízszintek tartóssága  $\Delta t = 40$  óra időintervallumra csökkent.

A hűtővízellátást nagyobb mértékben csak egy, közvetlenül a hidegvíz-csatorna felett kialakuló jégdugó befolyásolhatja, de ez is csak extrém kisvízi Duna-vízjárás viszonyok esetén. Egy ilyen eseményre azonban nagy biztonsággal fel lehet készülni. A jégzajlás és a jégbeállás között akár 10-15, nagyon hideg (a napi középhőmérséklet: -10 C° alatti) napnak kell eltelnie. Ha mindez egy 20.000 évente visszatérő extrém kisvízhozam mellett (544 m<sup>3</sup>/s) következik be, akkor akár több hónapnyi csapadékmentes időszak kell, hogy ezt megelőzze.

A magyar Duna-szakaszon a jég elleni védelmet egy jégtörő flotta is segíti. Amennyiben a fenti, nem várt esemény bekövetkezne, akkor a jégtörők munkájával megelőzhető lenne a jégdugó kialakulása.

Megjegyezzük még, hogy a Dunacsúnyi duzzasztómű és a Gabcikovoi Erőmű megépülte után, a jégképződés „nulláról” indul a magyar Duna felső szakaszán. A felső, osztrák, szlovák, szakaszon keletkezett jeget a Hrusovi Tározó visszafogja, így az erőmű/duzzasztómű alatt tiszta, jégmentes víz folyik le. A jégképződés tehát az erőmű alatt indul újra, amihez csak nagyon hideg (és arra még nincs tapasztalatunk, hogy milyen hideg) időszak végén termelődhet annyi és olyan erős jég, ami torlasz, vagy jégdugó kialakulásához vezethetne.

A hűtővíz ideiglenes elvesztése esetén, amikor már az üzemi szivattyúknál a 83,60 mBf, a biztonsági szivattyúknál a 83,50 mBf vízszint (öblözeti vízmércén) nem biztosítható, továbbá a hidegvíz-csatorna meder fenékszintje körüli, azaz 81,0 - 81,5 mBf Duna vízszintek alakulnak ki, a biztonsági hűtésre elérhető vízbázis a Duna vízteste és a Dunára telepített partiszűrős vízbázisok lehetnek. Az extrém helyzetben 3-4 napig előforduló rendkívül alacsony dunai vízállások mellett sem csökken érzékelhetően a partiszűrős vízbázis kútjainak vízkitermelő képessége, ugyanis a talajvíztartó utánpótlódása a háttér irányából, ilyenkor erősödik. A felszín alatti víztartó kiürülése és utánpótlódása lényegesen lassúbb folyamat, amit nemcsak a Duna befolyásol.

#### **PARTFALOMLÁSOK, PARTFALCSUSZAMLÁSOK HATÁSAINAK ÉRTÉKELÉSE**

A modellvizsgálatunknál egy helyen történő földcsuszamlást vizsgáltunk - annak ellenére, hogy kialakulásának esélye szinte kizárható -, amely a Paksi Atomerőmű vízkivétele felett alakul ki. Nagymértékű Duna-medert elzáródást okozó csuszamlást feltételeztünk mintegy 1000 méter hosszon, és a mértékadónak tekintett (20 000 évente visszatérő kisvízhozam Dombori vízmércénél, Duna 1506,8 fkm) 579 m<sup>3</sup>/s szélsőséges kisvízi vízhozamnak megfelelő Duna állapotot szimuláltunk. Megállapítható, hogy a feltételezett földcsuszamlás hatásai nem jelentősek, a földcsuszamlás alatt mintegy egy (1 cm) centiméteres vízszintsüllyedés tapasztalható, felette pedig 30 cm-el megemelkedik a vízszint, amely mintegy tizenöt kilométerrel feljebb már teljesen belesimul az eredeti vízfelszínbe.

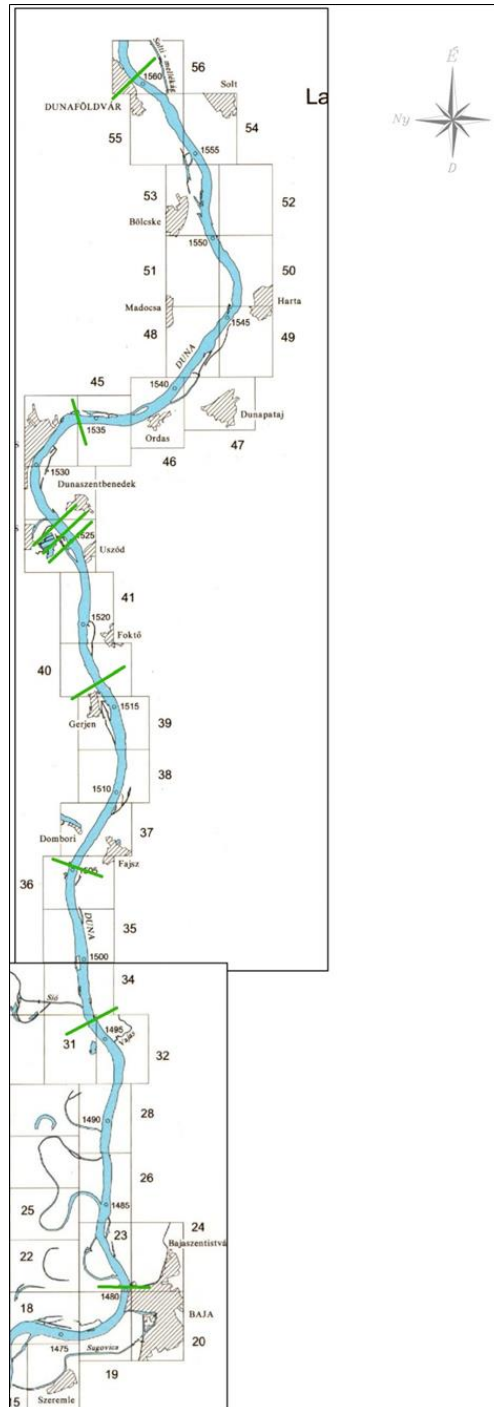
A rendkívüli mértékű dunai partfalomlások, partfalcsuszamlások, hűtővízkivételi biztonságra gyakorolt hatása tehát elenyésző és átmeneti jellegű, mert a Duna áramlása azt folyamatosan erodálja, elhordja.

### **12.3 PAKS II. FELHAGYÁSOKOR VÁRHATÓ HATÁSOK A DUNÁRA**

Paks II. felhagyásakor várható hatások a létesítési és üzemelési hatásoktól elmaradnak. Részletesebb elemzés a telephely felhagyásának tervei (tervezett beavatkozások és azok időbeli ütemezése) alapján lehetségesek.

## 13 DUNA ÉS EGYÉB FELSZÍNI VIZEK VÍZMINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA A VÍZ KERETIRÁNYELV SZERINT

Paks II. létesítésének és üzemelésének környezeti hatásvizsgálata (KHV) keretén belül, 2012 és 2013 folyamán eredményes vizsgálatokat és VKI szempontú értékelést végeztünk a Duna 1560,6 és 1481,5 fkm közötti szelvényeiben, valamint több, a Dunával közvetlen vagy közvetett kapcsolatban álló víztesten.



68. ábra: A Duna 2012. és 2013. évi vizsgálati szelvényeinek átnézetes helyszínrajza

A vizsgálat célja a Paks II. beruházása során a létesítés, működés és felhagyás környezeti hatásainak vizsgálata, azok meghatározása a Víz Keretirányelv szempontjai alapján.

Ezen alapvető követelménynek megfelelően a vizsgálati tervet úgy alakítottuk ki, hogy egyaránt figyelembe vettük és összehangoltuk

- (1) a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII.25.) kormányrendeletben foglaltakat,
- (2) a 2000/60/EK számú Víz Keretirányelv, a hazai Országos Vízügytő-gazdálkodási Terv és az ebben foglalt monitorozásra vonatkozó szabványok, ajánlások szempontrendszerét,
- (3) a felszíni vizek megfigyelésének és állapotértékelésének egyes szabályaira vonatkozó 31/2004 (XII. 30.) KvVM rendelet szabályait, továbbá
- (4) a korábban a területen végzett kutatások eredményeit,
- (5) az EKD során megfogalmazott 8588-32/2012 számú DdKTVF hatósági véleményyt,
- (6) a vizsgált biológiai elemek monitorozásának elvi, tapasztalati megfontolásait.

### 13.1 ALAPÁLLAPOT VIZSGÁLATOK

2012-ben és 2013-ban a Duna vizsgálatának keretében az alábbi fizikai és kémiai komponensek elemzése történt meg.

Komponensek	Mértékegység	VKI szerinti vízminőségi csoportok
pH		Savasodási állapot
Vezetőképesség	µS/cm	Sótartalom
Oldott oxigén	mg/l	Oxigén háztartás
Oxigén telítettség	%	Oxigén háztartás
BOI <sub>5</sub>	mg/l	Oxigén háztartás
KOI <sub>k</sub>	mg/l	Oxigén háztartás
Ammónium-N (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N)	mg/l	Növényi tápanyagok
Nitrit-N (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/l	Növényi tápanyagok
Nitrát-N (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/l	Növényi tápanyagok
Összes N	mg/l	Növényi tápanyagok
Orto-foszfát (PO <sub>4</sub> -P)	µg/l	Növényi tápanyagok
Összes foszfor	µg/l	Növényi tápanyagok
Cd	µg/l	Fémek
Hg	µg/l	Fémek
Ni	µg/l	Fémek
Pb	µg/l	Fémek
As	µg/l	Specifikus szennyezőanyagok (veszélyes kémiai elemek)
Zn	µg/l	Specifikus szennyezőanyagok (veszélyes kémiai elemek)
Cr	µg/l	Specifikus szennyezőanyagok (veszélyes kémiai elemek)
Cu	µg/l	Specifikus szennyezőanyagok (veszélyes kémiai elemek)
TPH	µg/l	
Víz hőmérséklet	°C	
Összes lebegőanyag	mg/l	
Összes lúgosság	mmol/l	
Nitrát (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	
Nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	
Orto-foszfát	µg/l	
Ammónium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	
Összes cianid	mg/l	

43. táblázat: A Dunára vonatkozó fizikai és kémiai elemek felsorolása, VKI vízminőségi csoportokkal

A felsorolt komponensek esetében megadtuk, hogy az adott komponens melyik VKI minősítési csoportba tartozik. A korábbi vizsgálatokban nem csak VKI szerint minősítettünk, ezért szerepelnek a vizsgálatok között olyan elemek is, amelyek a rendelet szerint nem lettek vízminőségi csoportokba besorolva.

A biológiai elemek közül a Víz Keretirányelvben (2000/60/EK Irányelve), illetve a felszíni vizek megfigyelésének és állapotértékelésének egyes szabályaira vonatkozó 31/2004 (XII. 30.) KvVM rendeletben foglalt valamennyi élőlénycsoportot – fitoplankton (FP); fitobenton (FB); makrofita (MF); makroszkopikus vízi gerinctelenek (MZB); halak – vizsgáltuk.

A fizikai és kémiai paraméterek tekintetében az alábbi táblázatban ismertetjük azokat a dunai szelvényeket, amelyben a program keretében 2012 és 2013-ban végzett vizsgálatokat (PR), valamint azokat, amelyben a vízminőségi törzshálózati (VmTH) eredményeket dolgoztuk fel.

Srsz	Szelvény neve	dunai fkm	Szelvény száma	Vizsg év	PR vizsg. száma	Megjegyzés
1	Dunaföldvár (közúti híd)*	1560.6	0	2013	2	<i>Távoli dunai felvízi szelvény. PR+VmTH vizsgálatok.</i>
2	Paks (komp)	1534,0	1	2012	12	<i>Közeli dunai felvízi szelvény. PR vizsgálatok.</i>
3	Paks melegvíz-csatorna	1526,0	2	2012	12	<i>Közvetlen hatások alvízi szelvénye. PR vizsgálatok.</i>
4	Nagysarkantyú	1525.3	3	2012	12	<i>Közvetlen hatások alvízi szelvénye. PR vizsgálatok.</i>
5	Uszód	1524.7	4	2012	12	<i>Közvetlen hatások alvízi szelvénye. PR vizsgálatok.</i>
6	Gerjen-Foktó	1516,0	5	2012	12	<i>Közvetlen hatások alvízi szelvénye. PR vizsgálatok.</i>
7	Fadd-Dombori*	1506.8	6	2013	6	<i>Távoli alvízi szelvény. PR+VmTH vizsgálatok</i>
8	Sió-Dél (Gemenc)	1496,0	7	2013	6	<i>Távoli alvízi szelvény. PR vizsgálatok</i>
9	Baja (közúti híd)	1481.5	8	2013	2	<i>Távoli alvízi szelvény. PR vizsgálatok</i>

44. táblázat: A dunai vizsgálati szelvények és egyéb jellemzőik

A biológiai elemek tekintetében a vizsgálati terület lehatárolását a Duna 1560,6 és 1481,5 fkm közötti kilenc szelvényében egy felvízi- (Dunaföldvár, Paks komp), egy közeli alvízi- (melegvíz kifolyó, nagysarkantyú, Uszód), egy közép-távoli- (Gerjen, Dombori), és egy távoli alvízi (Sió-dél, Gemenc) szakaszra osztva végeztük.

Az egyes szelvényekben a mintavételi helyek száma a fitoplankton esetében három (jobb part, közép, bal part), míg a többi élőlénycsoport esetében kettő (jobb part, bal part) volt. A vizsgált Duna-szakasz a „Duna-Szob-Baja között” megnevezésű, HURWAEP444 jelű víztesthez tartozik. Emellett ez a Duna-szakasz része a HUDD20023 Tolnai Duna megnevezésű SCI NATURA 2000 területnek. A Duna mellett vizsgáltuk a Faddi-Holt-Dunát (HULWAIH066) két szelvényben, a Paksi Horgásztavat és a Kondor-tavat (HULWAIH005) egy-egy szelvényben, a Tolnai-Északi-Holt-Dunát (HULWAIH136) két szelvényben, valamint a Sió-csatornát (HURWAEP959) egy szelvényben.

A mintavételek időpontja 2012. volt, emellett területi kiterjesztésként a Duna közép-távoli és távoli alvízi szakaszain, továbbá a Tolnai-Északi-Holt-Dunán és a Sió-csatornán végeztünk mintavételt. A mintavétel módszere minden élőlénycsoport vonatkozásában a VKI követelményeinek megfelelő, kvantitatív volt. Szintén a VKI szempontrendszere szerint történt a víztestek minősítése. Azon víztest típus esetében, ahol nem áll rendelkezésre elfogadott minősítési módszer, VKI szempontú, egyedi minősítést alkalmaztunk. Ilyen a makrozoobenton esetében az állóvizek minősítése a nemzetközi irodalomban általánosan elterjedt család pontrendszer alapján, valamint a halak esetében az állóvizek minősítése a vízgyűjtő-gazdálkodási tervben is szereplő metódus alapján (Halasi-Kovács et al 2009).

## 13.1.1 A VIZSGÁLT DUNA-SZAKASZ ORSZÁGOS ARCHÍV ADATAINAK ÉRTÉKELÉSE

### 13.1.1.1 Fizikai-kémiai változók

A vizsgált dunai szakasz, amely a Paksi Atomerőmű dunai helyzetétől É-ra – ez a felvízi szakasz, – 34 km-re, D-re pedig, – ez az alvízi szakasz, – mintegy 45 km távolságra terjed. Ezen szakaszba két törzshálózati szelvény tartozik, a Dunaföldvár és a Fajsz állomások. A 2007-2011 (Fajsz-2012) közötti időszakra vonatkozó archív vízkémiai adatok feldolgozásával jellemeztük és végeztük el a dunai szakasz VKI előírások szerinti minősítését.

A vizsgálati eredmények lineáris trendvizsgálati módszerrel történő feldolgozása adja az alapját a dunai vízhőmérséklet emelkedésével várható vízkémiai komponensek időben történő változása vizsgálatának.

A vízhőmérséklet emelkedés okozta változás vizsgálatának keretében az alábbi komponens csoportokat vizsgáljuk.

**Savasodási állapot:** pH

**Sótartalom:** Vezetőképesség

**Oxigén háztartási jellemzők:** Oldott oxigén, Oxigén telítettség  $BOI_5$ ,  $KOI_k$ , Ammónium-N ( $NH_4^{+}$ -N), Nitrit-N ( $NO_2$ -N)

**Növényi tápanyagok:** Nitrát-N ( $NO_3$ -N), Összes nitrogén, Összes foszfor, Orto-foszfát ( $PO_4^{3-}$ -P),

**Fémek:** Cd, Hg, Ni, Pb

**Specifikus szennyezőanyagok (veszélyes kémiai elemek):** Zn, Cu, Cr, As

### A DUNAFÖLDVÁR-FAJSZ DUNA-SZAKASZ ARCHÍV ADATOK ALAPJÁN VÉGZETT MINŐSÍTÉSE VKI SZERINT

A vizsgált dunai szakasz (1560.6-1507.6 fkm) minősítését az 2007-2011. között, Fajsz esetében 2012-ig végzett vizsgálatok átlagértékei alapján végeztük el.

Az archív adatok értékeléséhez mellékeljük a 2007-ben elkészült, VGT-k 5\_1 mellékleteiben szereplő, víztestek országos, VKI határértékrendszere szerinti állapotértékelése táblázatból, a HURWAEP444 Duna Szob-Baja között (24. típus) víztestre vonatkozó fizikai-kémiai elemekre vonatkozó minősítést. Ebben a táblázatban tájékoztatóként közzétettük a HURWAEP445 Duna Baja-Hercegszántó közötti víztestre vonatkozó minősítést is.

A savasodási állapotot a vizsgálati eredmények időszak átlaga alapján **jó állapotúnak** minősítjük.

A sótartalom állapotot a vizsgálati eredmények időszak átlaga alapján **kiváló állapotúnak** minősítjük.

Az oxigénháztartás állapotának osztály érték átlaga 4,5. A VKI értékelés alapján **jó állapotúnak** minősítjük.

A növényi tápanyagok állapotának osztály érték átlaga 4,2. A VKI értékelés metodikája alapján **jó állapotúnak** minősítjük.

A fémek állapotának osztály érték átlaga 4,5. A VKI értékelés metodikája alapján **jó állapotúnak** minősítjük.

**A Duna Dunaföldvár-Fajsz szakaszát a 2007-2011 (2012) között elvégzett vízminőségi vizsgálatok alapján ökológiai szempontból jó állapotúnak, specifikus szennyezőanyagok (veszélyes kémiai elemek) szempontjából jó, megfelelő állapotúnak minősíthetjük.** A Duna Baja-Hercegszántó közötti víztest fizikai-kémiai elem csoportokra vonatkozó minősítése megegyezik a Duna Dunaföldvár-Fajsz szakaszával.

Ez a minősítési eredmény (**savasodás kivételével - jó**) megegyezik a 2010-ben elkészült, VGT 5\_1 mellékletében szereplő, a víztestek VKI határértékrendszere szerinti állapotértékelés eredményével, amelyet a 46. táblázat táblázatban adtunk meg.

KAJ	Mintavételi hely kódja	Monitoring hely	Dunaföldvár						Fajszi		Hercegszántó		VKI szerinti vízminőségi csoportok
			bal part		sodor vonal		jobb part						
			db	átlag	db	átlag	db	átlag	db	átlag	db	átlag	
			101180039	101178210	101178933	101179653	101178232	VKI szerinti					
			Dunaföldvár						Fajszi		Hercegszántó		
			bal part		sodor vonal		jobb part						
			1560.6 fkm		1560.6 fkm		1560.6 fkm		1507.6 fkm		1433.0 fkm		
			Dunai fkm szelvény száma		1560.6 fkm		1560.6 fkm		1507.6 fkm		1433.0 fkm		
			Vízminőségi paraméterek										
156075	pH (labor mérés)		97	8.2	97	8.2	97	8.2	87	8.3	140	8.3	Savasodás
155201	Klorid (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	86	23.7	86	24.1	86	24.4	49	22.7	121	22.9	Sótartalom
159469	Vezetőképesség	µS/cm	97	405	97	414	97	424	87	403	140	405	Sótartalom
158420	Oxigén (oldott) (O <sub>2</sub> )	mg/l	97	10.0	97	10.0	97	9.8	75	10.1	140	10.0	Oxigén háztartás
159487	Oldott oxigén (oxigén telítettség százalék)	%	97	91.9	97	91.9	97	90.5	75	95.0	140	93.8	Oxigén háztartás
158970	Biokémiai oxigénigény (BOI <sub>5</sub> )	mg/l	97	2.7	97	2.7	97	2.7	75	2.7	140	2.7	Oxigén háztartás
159001	Oxigénfogyasztás (KOI <sub>d</sub> ) eredeti	mg/l	97	12.0	97	11.9	97	11.9	75	11.3	140	11.4	Oxigén háztartás
156754	Ammónia-ammónium-nitrogén (NH <sub>3</sub> ,NH <sub>4</sub> -N)	mg/l	97	0.074	97	0.064	97	0.064	75	0.072	140	0.063	Növényi tápanyagok
160551	Nitrit-nitrogén (NO <sub>2</sub> -N)	mg/l	97	0.026	97	0.020	97	0.019	75	0.017	140	0.016	Növényi tápanyagok
160560	Nitrát-nitrogén (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l	97	2.0	97	2.0	97	2.0	75	1.8	140	1.9	Növényi tápanyagok
159405	Összes nitrogén (N)	mg/l	97	2.6	96	2.7	97	2.7	87	2.4	139	2.5	Növényi tápanyagok
	Ortofoszfát-P (PO <sub>4</sub> -P)	µg/l	97	57.1	97	58.0	97	53.5	75	61.6	140	47.4	Növényi tápanyagok
158154	Összes foszfor (P)	mg/l	97	0.11	97	0.11	97	0.11	87	0.11	140	0.12	Növényi tápanyagok
157601	Kadmium (oldott) (Cd)	µg/l	57	0.090	56	0.060	57	0.062	22	<0,05	92	0.125	Fémek
157472	Higany (oldott) (Hg)	µg/l	57	0.075	56	<0,05	57	0.050	23	0.063	92	0.1	Fémek
157885	Nikkel (oldott) (Ni)	µg/l	57	0.7	56	0.8	57	0.7	22	0.9	92	0.8	Fémek
158099	Ólom (oldott) (Pb)	µg/l	57	1.9	56	<0,5	57	<0,5	24	<0,5	92	4.3	Fémek
157665	Klorofill-a	µg/l	96	28.0	96	27.9	96	28.3	74	28.4	140	26.4	
120498	Arzén (As)	µg/l	6	1.8	6	1.6	6	1.6	0		6	1.6	Specifikus szennyezőanyagok (veszélyes kémiai elemek)
157050	Cink (oldott) (Zn)	µg/l	57	4.9	56	5.5	57	4.7	25	4.4	92	6.2	Specifikus szennyezőanyagok (veszélyes kémiai elemek)
120434	Króm összes (Cr)	µg/l	6	0.6	6	0.7	6	0.5	0		6	0.7	Specifikus szennyezőanyagok (veszélyes kémiai elemek)
156204	Réz (oldott) (Cu)	µg/l	57	3.7	56	1.8	57	1.7	25	1.3	92	2.1	Specifikus szennyezőanyagok (veszélyes kémiai elemek)

45. táblázat: 2007-2011. közötti törzshálózati vizsgálatok átlag értékei, VKI szempont szerinti minősítéssel

VGT- 5-1.1. melléklet: Felszíni víztestek állapota - Vízfolyás víztestek ökológiai állapota

ALEGYSÉG	KÖVIZIG	Víztest kategóriája	vt-VOR	Víztest név	Fizikai-kémiai elemek					
					Szervesanyagok	Tápanyagok	Sótartalom	Savasság	Fizikai kémiai elemek állapota	Fizikai-kémiai minősítés megbízhatósága
1-10	3	természetes	AEP44	Duna között Szob-Baja	jó	jó	kiváló	kiváló	jó	közepes

46. táblázat: HURWAEP444 Duna Szob-Baja között (24. típus) víztest VKI szerinti állapot értékelése

### 13.1.1.2 Biológiai elemek

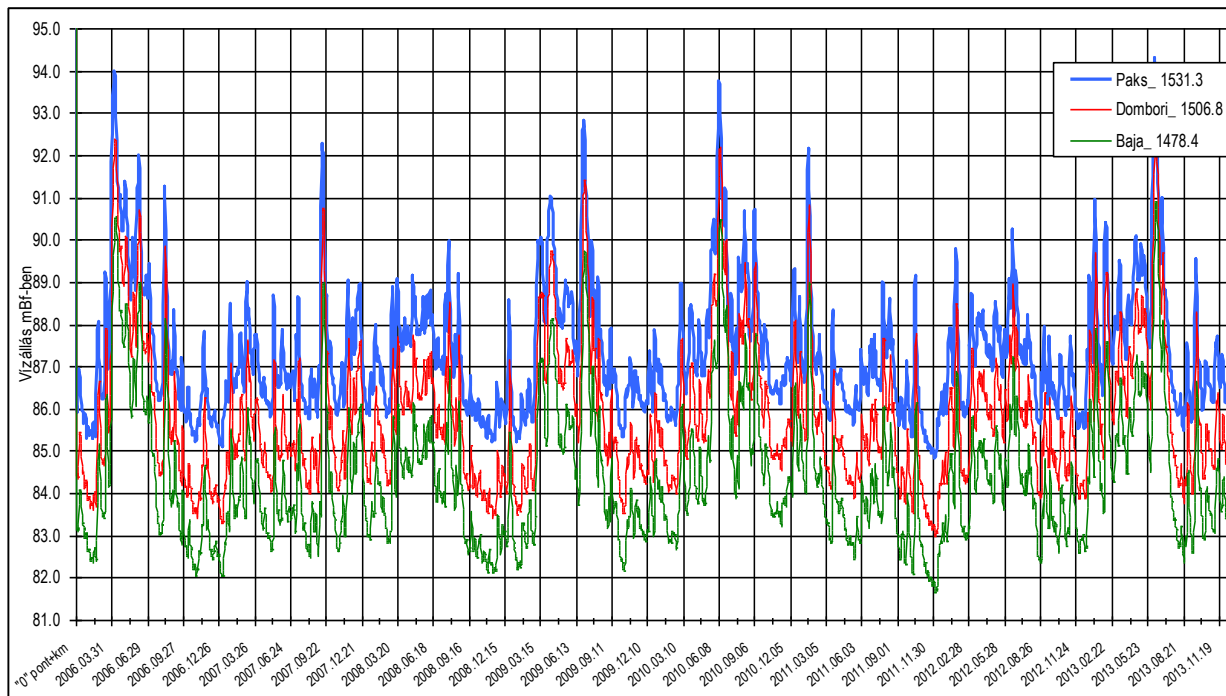
A vizsgálatok eredményeinek értékelése mellett összeállítottuk és értékeltük a Duna Dunaföldvár-Baja közötti vizsgálati szakaszára vonatkozó archiv adatokat. Ezekből a következő megállapításokat lehet tenni.

- Az adott Duna-szakaszon, kiemelve a Paksi Atomerőmű környékét az elmúlt 15 évben rendszeresen végeztek hidrobiológiai vizsgálatokat. Ezek eredményeként rendelkezünk archiv fitoplankton, fitobenton, makrozoobenton, és halközösség adatokkal. A korábbi makrofiton vizsgálatok kizárólag a Paksi Atomerőmű teresztris területeire vonatkozóan biztosítanak információt.
- A teljes körű, Víz Keretirányelvnek megfelelő ökológiai állapot meghatározást lehetővé tevő koherens archiv adatsorok a 2009-2010-ben végzett vizsgálatok (Kék Csermely Kft. 2010) eredményeként állnak rendelkezésre, míg egy-egy élőlénycsoportra vonatkozóan sporadikusan található csak VKI szerint értékelhető adatok.
- A 2009-2010 közötti felmérés eredményeinek VKI szempontú állapotértékelése azt jelzi, hogy a paksi Duna-szakaszon a FP jó; a FB mérsékelt, a MZB mérsékelt, a halközösség jó állapotú. Az "egy rossz mind rossz" minősítési alapelvet követve ezek alapján a Duna ökológiai állapota mérsékelt. A VKI szempontú minősítés szerint a felvív és a PA kibocsátása szerinti alvízi szakasz között nincs kimutatható - osztálykülönbséget okozó - eltérés.
- Az archiv adatok azt bizonyítják, hogy a HURWAEP444 jelű Duna-szakasz Dunaföldvár-Baja közötti szakasza mérsékelt ökológiai állapotú. Ezen belül a fitoplankton és a halak jellemzően jó, míg a fitobenton és a makrozoobenton adatok jellemzően mérsékelt állapotot tükröznek.
- A Duna részvízgyűjtő vízgyűjtő-gazdálkodási terve alapján a Duna teljes hazai szakaszának ökológiai állapota mérsékelt. Ez részben minőségi, de hasonló súllyal hidromorfológiai okokra vezethető vissza. A HURWAEP444 jelű, Duna Szob-Baja közötti szakasza víztest jó ökológiai állapota a tervek szerint 2027-ig érhető el (VKKI 2010).
- A Paksi Atomerőmű hűtővíz kibocsátásának dunai hatására vonatkozóan szintén rendelkezünk archiv adatokkal. Az alga fiziológiai vizsgálatai azt jelzik, hogy az alga fotoszintézis intenzitása a melegvíz-csatornában alacsonyabb, mint a hidegvíz-csatornában, bizonyítva azt, hogy a hűtővíz alga biomasszája kis mértékben károsodik a hűtőrendszeren való áthaladás során. Ugyanakkor a dunai mintavételek a kibocsátás hatását nem igazolták sem a fitoplankton (FP), sem a fitobenton (FB) esetében. A finom skálájú makrozoobenton (MZB) és halközösség ökológiai vizsgálatok eredményei alapján a Dunába kibocsátott hűtővíz hőterhelésének hatása mintegy 2 km-es hossz-szelvényben volt kimutatható (Halasi-Kovács 2005, Kék Csermely Kft. 2010). Ez a MZB esetében elsősorban kvalitatív, míg a halközösség esetében kvantitatív változásokat eredményezett.
- Vizsgáltuk a Duna paksi szakaszának halászati, horgászati haszonvételének adatait 2000-től. Ezek mind a halászati, mind a horgászati fogások fokozatos csökkenését mutatják. A csökkenés a 2011. és a 2012. évben megállt, ezekben az években újra kismértékű emelkedés volt megfigyelhető. Összességében egyrészt a kis területre vonatkozó fogási adatok jelentős bizonytalansága, másrészt a Dunára jellemző, a többi nagy folyó telepítési-fogási szerkezettől való nagymértékű eltérése (Halasi-Kovács és Váradi 2012) okán a Paksi Atomerőmű működése és a dunai halak haszonvételének mennyiségi változása között nem mutatható ki összefüggés.
- Részben az archiv adatok szórványossága, valamint alacsonyabb megbízhatósága, részben annak okán, hogy a 2012-2013-ban végzett vizsgálatok alapadatai megfelelő mennyiségű és minőségű, ráadásul a korábbi vizsgálatoktól eltérő módon teljes mértékben koherens adatsort biztosítottak az elemzések elvégzéséhez, a Paks II. környezeti hatásvizsgálata során az archiv adatokból levonható következtetéseket figyelembe vettük, de az elemzésekhez kizárólag a 2012-2013-ban végzett vizsgálatok eredményeit használtuk fel. A 2009-2010-es mintavétel eredményeit kontrollként használtuk az értékelés során.

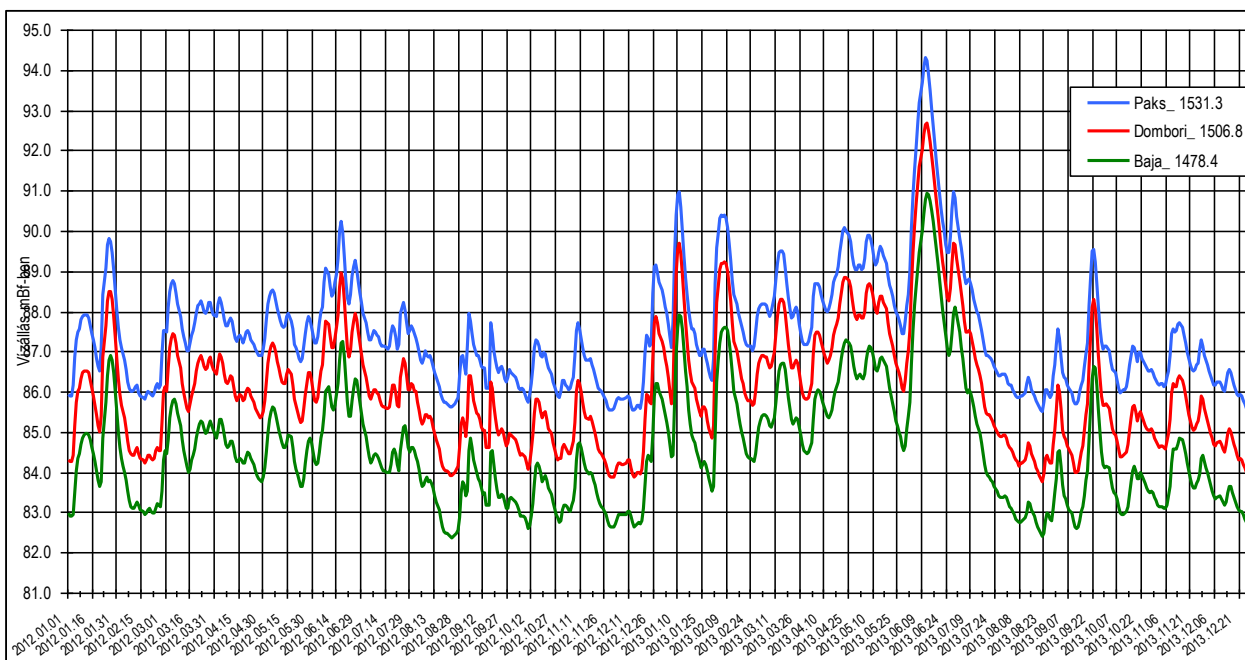
### 13.1.2 A VIZGÁLT DUNA SZAKASZ (1560.6 FKM-1481.5 FKM) ALAPÁLLAPOTA

A vizsgált dunai szakaszt az archív 2006-2011, valamint a munka keretében 2012. és 2013. évben végzett vizsgálatok alapján jellemeztük. Ezen időszak hidrológiai jellemzőit az alábbi ábrákon mutatjuk be.

A szelvények minősítését a Duna vízre vonatkozó VKI szerinti határértékek alapján végeztük el.

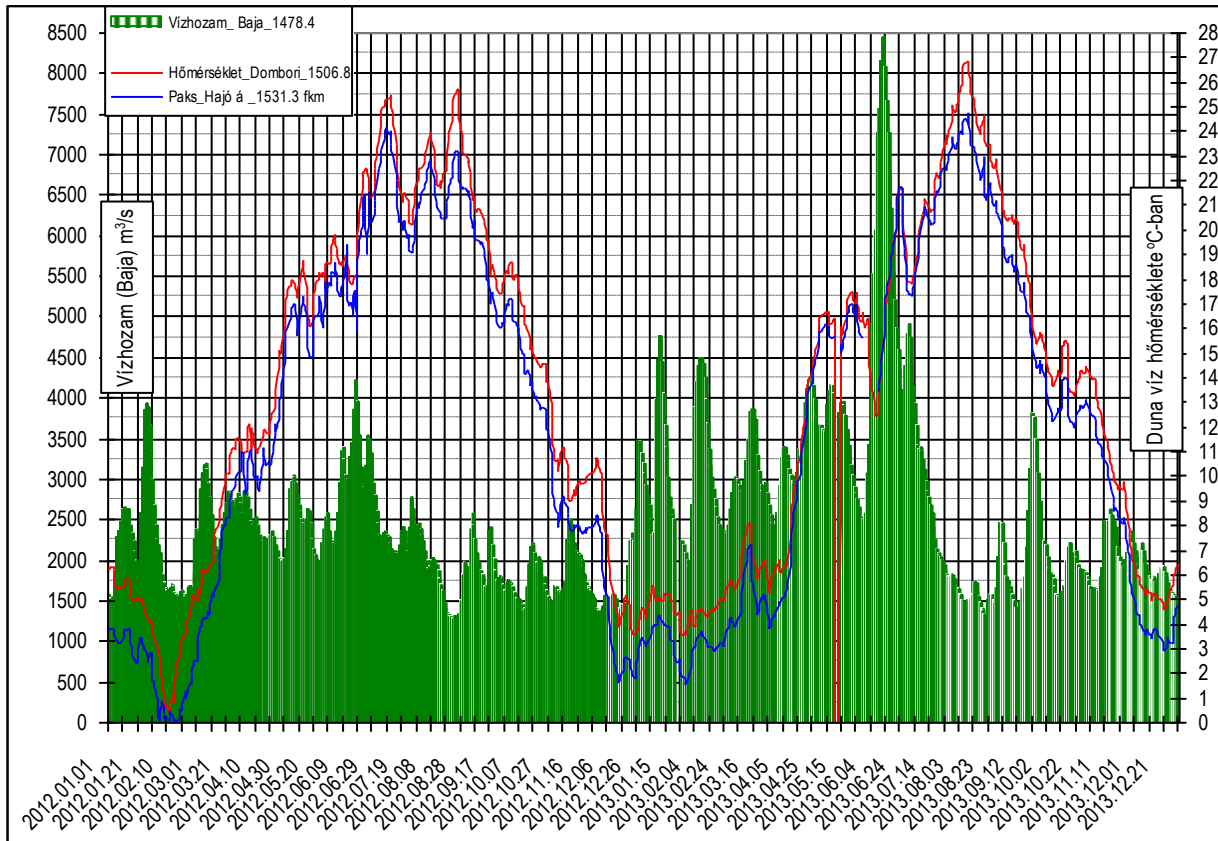


69. ábra: A Duna vízjárása (Paks-Dombori-Baja) 2006-2013 között

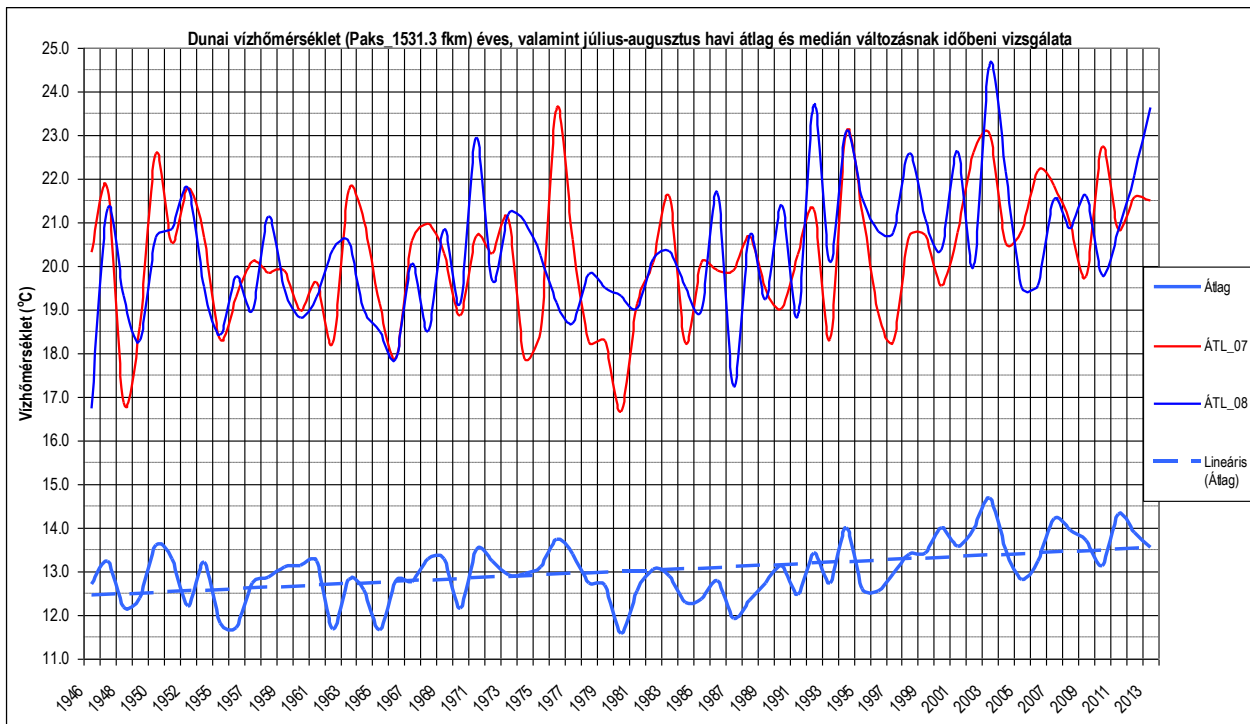


70. ábra: A Duna vízjárása (Paks-Dombori-Baja) 2012-2013 között

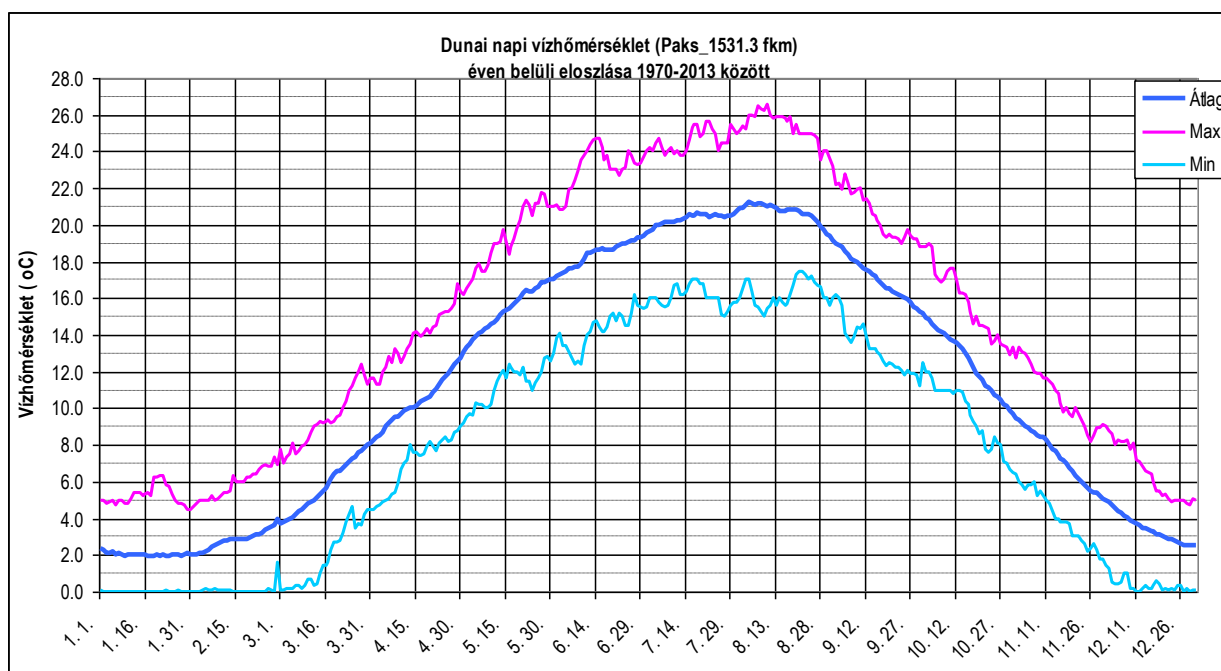




71. ábra: A Duna vízhozam és vízhőmérséklet változása (Paks-Dombori-Baja) 2012-2013-ban



72. ábra: Duna (Paks) vízhőmérséklet éves átlag változásának időbeni vizsgálata 1970-2013 között



73. ábra: Dunai napi víz hőmérséklet (Paks) éven belüli eloszlás vizsgálata 1970-2013. között

## A FELVÍZI DUNA SZAKASZ MINŐSÍTÉSE

Dunaföldvár	1560.6 fkm	jó állapotú
Paks komp	1533.5 fkm	jó állapotú

47. táblázat: Felvízi dunai szakasz fizikai-kémiai paraméterek szerinti (1560.6-1533.5 fkm) VKI minősítése

Duna (HURWAEP444 VÍZTEST) 1560,6-1533,5 fkm szakasza a fizikai-kémiai paraméterek VKI szerinti minősítésének eredménye alapján a jó állapotba tartozik.

A felvízi szakaszon a fitoplankton biomasza legnagyobb arányú összetevői minden időszakban a Centrales-rendbe tartozó kovaalgák. A mintavételi egységek biomasza és klorofill-a koncentrációja még azonos időszakban is jelentősebb szórást mutatnak. A 2012. és 2013. évi mintavételek eredményei azt jelzik, hogy 2012-ben magasabb biomasza értékek voltak jellemzőek azonos időszakban. Ugyanakkor az évek közötti eltéréseknél időszakonként jelentősen nagyobb változások regisztrálhatók. Ez egyúttal megerősíti azt a tényt, hogy a két különböző évben vett minták eredményei egymást erősítik, azok hosszabb időszakra vonatkoztatva is helytálló eredményeket szolgáltatnak. A legmagasabb biomasza értékkel jellemezhető időszak a március és augusztus, míg a legalacsonyabb biomasza értékek szeptember, október hónapokban és novemberben adódtak.

A felvízi szakasz mintaegységeinek ökológiai állapotértékelése alapján a következő megállapításokat lehet tenni.

- (1) Az egyes mintaegységek között adott mintavételi időszakban is lehetnek osztálykülönbségnyi eltérések.
- (2) A vizsgált szelvényekben a legmagasabb biomasza érték jellemzően a sodorvonalban mérhető minden időszakban, ugyanakkor ez az eltérés nem olyan mértékű, ami osztálykülönbségnyi változást okozna a kereszt-szelvény szerint.
- (3) Osztálykülönbségnyi eltérés az egyes évek azonos időszakában vett minták között is kimutatható volt.
- (4) A FP biomasza évszakos dinamikáját a minősítés értékei jól tükrözik.
- (5) A VKI robusztus, ötfokozatú skálája a finomabb változásokra nem érzékeny.
- (6) A hatásvizsgálat szempontjából a legkritikusabb állapotot a nyári időszak jelenti. A szakasz ökológiai állapota jó.

A fitobenton vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy (1) a jobb és a bal parti minták között azonos időszakban is előfordul osztálykülönbségnyi eltérés. (2) A nyári mintavételi időszakban a 2013-ban mintázott dunaföldvári szelvény egy osztállyal gyengébb eredményt jelez, mint a 2012-ben mintázott Paks komp szelvény, míg

ősszel nincs osztálykülönbség, ugyanakkor a dunaföldvári szelvény összességében némileg jobb állapotot tükröz. (3) A szakasz minősítési értékei összhangban állnak a 2009-2010-ben végzett vizsgálatok eredményeivel. A fenti tények - hasonlóan a fitoplanktonnál írtakkal azt támasztják alá, hogy stabil eredményt a lehető legtöbb adat átlagos értékeinek felhasználásával készített minősítés nyújt. A VKI robusztus, ötfokozatú skálája a finomabb változásokra ezen taxon esetében sem érzékeny. A felvízi szakasz ökológiai állapota a fitobenton alapján mérsékelt.

A nyári és őszi felmérés során a Duna felvízi szakaszán összesen 9 fajt azonosítottunk. A mintavételi szelvényben előkerült fajok közül nincs védett. A fajok közül több is idegenhonosnak számít (amerikai kőris, lándzsás őszirózsa), amelyek tömeges megjelenése a terület zavartságára utal. A terület NATURA 2000 jelölő növényfaja a kúszó zeller (*Apium repens*). A faj nem került elő a mintavételi szakaszon. A minősítés szempontjából szakmailag az eredmények kis megbízhatóságúak, mivel a folyamatok mentén - így jelen mintavétel során is - a makrofitonok csak kis mennyiségben jelennek meg, értékelésük alapján meghatározott ökológiai állapot bizonytalan. Ennek megfelelően a mintavételi szelvényben megjelenő növényfajok száma és azok mennyisége nem tette lehetővé a pontos minősítést, mivel nem érte el a minimális értéket. Így a kapott értékek csak tájékoztató jellegűek. Ezen bizonytalanságok miatt a környezeti hatás megállapítása érdekében elvégeztük a teljes vizsgálati szakaszra vonatkozóan az adatok finomabb skálájú elemzését is. A felvízi szakasz ökológiai állapota a makrofitonok alapján mérsékelt.

Az előkerült makrogerinctelen taxonok jelentős hányada invazív, erőteljesen és agresszívan terjeszkedő idegenhonos elem. Kiemelhető közülük a tömeges kavics csiga (*Lithoglyphus naticoides*), a vándorkagyló, (*Dreissena polymorpha*), ázsiai kagyló (*Corbicula fluminea*) a rákok közül a *Dikerogammarus villosus*. A mintavételek során előkerült a védett *Gomphus flavipes* szitakötőfaj is, kis egyedszámban. A HUDD20023 SCI terület jelölő makrozoobenton faja, a tompa folyamkagyló (*Unio crassus*) a mintavételek során nem volt megtalálható. A HMMI (Hungarian Macroinvertebrate Multimetric Index) alapján elvégzett ökológiai állapotértékelés szerint megfigyelhető szezonális különbség: az őszi minták értékei kisebbek, ugyanakkor ez minőségi osztálykülönbséget nem okozott. A vizsgálat eredménye alapján megállapítható, hogy a felvízi szakasz ökológiai állapota a vízi makroszkopikus gerinctelen közösség alapján mérsékelt állapotú.

A nyári és őszi felmérés során a Duna paksi szakaszán kijelölt 4 mintaegységben összesen 28 faj 2 489 egyedének meghatározását végeztük el. A mintavételi szelvényben előkerült fajok közül négy, halványfoltú küllő (*Romanogobio vladykovi*), szivárványos ökle (*Rhodeus amarus*), széles durbincs (*Gymnocephalus baloni*), selymes durbincs (*Gymnocephalus schraetser*) védett, valamint kettő fokozottan védett: dunai ingola (*Eudontomyzon mariae*), magyar bucó (*Zingel zingel*). A szakaszon a NATURA 2000 jelölő fajok közül az *Eudontomyzon mariae*, a balin (*Aspius aspius*), *Zingel zingel*, *Gymnocephalus baloni* és *G. schraetser* került elő. Ez alapján megállapítható, hogy a főmederre jellemző NATURA 2000 jelölő halfajok a felvízi szakaszon kimutathatók. A mintavételek során előfordult 28 fajból 24 fajnak kerültek elő ivadék példányai. Ez azt jelenti, hogy a fajok 86 %-a ivadék korosztályban is jelen van a szakaszon, ami a populációk stabilitását jelzi. A felvízi Duna-szakasz vizsgálatának eredménye azt mutatja, hogy a fogott fajok fajkészlete nagymértékű hasonlóságot mutat a korábbi vizsgálatok eredményeivel. A nyári és őszi időszakban végzett mintavétel eredményei megfelelő adatot biztosítanak a VKI szempontú vízminősítéshez. A szakasz halközösség alapú ökológiai vízminősítését a Magyarországon elfogadott EQIHRF módszer alapján végeztük. A minősítés eredménye szempontjából a nyári eredményt fogadjuk el döntőnek. A melegvízzel nem érintett felvízi szakasz ökológiai állapota a halegyüttes alapján jó.

#### A KÖZVETLEN ALVÍZI DUNA (1534-1516 FKM) SZELVÉNY MINŐSÍTÉSE

Paks melegvíz-csatorna	1526.0 fkm	jó állapotú
Nagy sarkantyú	1525.3 fkm	jó állapotú
Uzod	1524.8 fkm	jó állapotú
Gerjen-Foktó	1516.0 fkm	jó állapotú

48. táblázat: Közvetlen alvízi dunai szakasz fizikai-kémiai paraméterek szerinti VKI minősítése (1526-1516 fkm)

Duna (HURWAEP444 VÍZTEST) 1534-1516 fkm szakasza a fizikai-kémiai paraméterek VKI szerinti minősítésének eredménye alapján jó állapotba tartozik.

A fitoplankton mintavételek eredményei az alvízen a felvízhez nagymértékben hasonló állapotot mutatnak.

- (1) A fitoplankton biomassza legnagyobb arányú összetevői a közeli alvízi szakaszon minden időszakban a Centrales-rendbe tartozó kovaalgák.
- (2) A biomassza értékek évszakos trendet jeleznek.
- (3) A legmagasabb biomassza értékkel jellemezhető időszak a március, emellett az augusztus, míg a legalacsonyabb biomassza értékek szeptember és november hónapban adódtak.

A közeli alvízi szakasz ökológiai állapota a fitoplankton minősítése szerint márciusban és júniusban jó, szeptemberben és novemberben pedig kiváló állapotot jelez. Az augusztusi időszakban az ökológiai állapot mérsékelt. Az évszakos fluktuáció a közeli alvízi szakaszon teljes mértékben összhangban van a felvízen tapasztaltakkal. Az évszakonkénti - és ezzel együtt a teljes időszak - állapot értékei is megegyeznek a felvízi szakaszon mért eredményekkel. A közeli alvízi szakasz ökológiai állapota a fitoplankton alapján jó.

Az alvízi szakasz a fitobenton közösség minősítése alapján a nyári időszakban közepes, míg ősszel gyenge ökológiai állapotú volt. A jobb- (melegvíz kibocsátással érintett) és a baloldali (nem érintett) mintaegységek között minden mintavétel során legalább egy osztálykülönbségnyi eltérést tapasztaltunk. A kibocsátással érintett jobb parti mintaegységek értékei tendenciózus módon alacsonyabb értéket jeleznek. Ugyanakkor ehhez hasonló képet mutat a felvízi szakasz Paks komp szelvény őszi mintavételének eredménye is. Az alacsony - mérsékelt - minősítési érték összhangban van a korábban, azonos időszakban végzett vizsgálatok eredményével. Az átlagos minősítési érték megegyezik a felvízi szakaszon tapasztalttal. Mindkét időszak adatainak együttes figyelembevételével átlagos érték adódik, amely a mérsékelt ökológiai állapotnak felel meg.

A közeli alvízi szakaszon a nyári és őszi felmérés során a hat mintaegységben összesen 51 makrofiton fajt találtunk. A mintavételi szelvényben előkerült fajok közül nincs védett. Hasonlóan a felvízhez, tömeges megjelenésű volt az idegenhonos amerikai kőrís, és lándzsás őszirózsa, ami a terület zavartságára utal. A terület jelölő növényfaja erről a szakasról sem került elő. A közeli alvízi szakasz minősítésének eredménye megegyezik a felvízen tapasztalttal. A vizsgálat eredménye alapján a közeli alvízi Duna-szakasz ökológiai állapota a makrofitonok értékelése szerint mérsékelt.

A 6 mintavételi ponton vett makrogerinctelen mintákban összesen 44 különböző taxont mutattunk ki. Hasonlóan a felvízhez, a kimutatott makrogerinctelen taxonok jelentős hányada invazív faj. Ezek közül a *Dikerogammarus villosus* jelentősebb számban fordult elő közvetlenül a hűtővíz kifolyás alatti jobb oldali, érintett mintaegységben. A kifolyó alatti homokpadokon nagyszámban található üres kagylóhéjak (pl. *Corbicula fluminea*, *Dreissena polymorpha*, *Sinanodonta woodiana*) alapvetően az áramlással hozhatók összefüggésbe. A sarkantyúk mögötti visszaforgó, lassú áramlású területeken nagyobb számban rakódnak ki a folyóban sodródó héjak. A védett fajok közül a *Gomphus flavipes* szitakötő, és a *Fagotia acicularis* csigafaj került elő. Ugyanakkor nem volt megtalálható a szakaszon, hasonlóan a felvízhez, a NATURA 2000 jelölő tompa folyamkagyló. Több faj (pl. *Lithoglyphus naticoides*, *Corophium curvispinum*) a melegvíz kifolyó közelében elkerülést mutattak. A multimetrikus HMMI mutató, hasonlóan az EU-ban használtakéhoz alapvetően az általános degradációra érzékeny, így a rendelkezésre álló minőségi indexekkel a hőszennyezés egyedüli hatásának kimutatása meglehetősen kétséges. Emiatt elvégeztük a szakaszok finomabb skálájú ökológiai értékelését is. A minősítés értéke ugyanakkor megegyezik a felvízen számított minősítés eredményével. A melegvízzel érintett közeli alvízi szakasz ökológiai állapota a vízi makroszkopikus gerinctelen közösség alapján mérsékelt állapotú.

A közeli alvízi szakaszon összesen 33 halfaj 3 679 egyedének meghatározását végeztük el. Ezen Duna-szakasz halfaj-szerkezete nagymértékben hasonló képet mutat mind a korábbi, hasonló célú vizsgálatok (Halasi-Kovács 2005, SCIAP Kft. 2010), mind a felvízi szakasz eredményeivel. A mintavételi szelvényben előkerült fajok közül öt védett halványfoltú küllő (*Romanogobio vladkovi*), szivárványos ökle (*Rhodeus amarus*), balkáni csík (*Sabanejewia balcanica*), széles durbincs (*Gymnocephalus baloni*), selymes durbincs (*Gymnocephalus schraetser*), valamint kettő fokozottan védett dunai ingola (*Eudontomyzon mariae*), magyar bucó (*Zingel zingel*). A NATURA 2000 jelölő fajok közül a felvízen is kimutatott öt faj (*Eudontomyzon mariae*, *Aspius aspius*, *Gymnocephalus baloni*, *Gymnocephalus schraetser*, *Zingel zingel*) volt kimutatható.

A mintavételi egységek fajszerkezetének elemzése alapján az látszik, hogy a melegvíz hatására a dunai ingola (*Eudontomyzon mariae*), menyhal (*Lota lota*), csupasztorkú géb (*Babka gymtrachelus*) kismértékű elkerülést mutat, míg a melegvíz preferenciáját jelzi a balin (*Aspius aspius*), küsz (*Alburnus alburnus*), karika keszeg (*Blicca bjoerkna*), paduc (*Chondrostoma nasus*), márna (*Babrus barbatus*), ezüst kárász (*Carassius gibelio*), sügér (*Perca fluviatilis*), feketeszájú géb (*Neogobius melanostomus*). Ez az eredmény összhangban áll a 2010. évi vizsgálatok eredményeivel is. A mintavételek során 27 fajnak kerültek elő ivadék példányai. Ez azt jelenti, hogy ivadék példányokat a fajok 82 %-ánál

regisztráltunk. Ez az arány, hasonlóan a felvízhez, magas. Az egységnyi (100 m) mintavételi hosszra jutó összes fogási érték a nyári mintavételi eredmények alapján a jobboldali, tehát melegvíz kibocsátással érintett mintaegységekben a 2012-ben vizsgált szakaszok közül a legmagasabb értéket mutatja. Ugyanakkor a baloldali, tehát a melegvízzel nem érintett mintaegységek értékei a felvízi mintaegységek értékeivel mutatnak nagyfokú hasonlóságot. A közeli alvízi Duna-szakasz ökológiai állapota a halegyüttes alapján jó.

#### **A TÁVOLI ALVÍZI DUNA (1506,8-1481,5 FKM) SZELVÉNY MINŐSÍTÉSE**

Dombori-szelvény	1506.8 fkm	jó állapotú
Sió dél (Gemenc)	1496 fkm	jó állapotú
Baja szelvény	1481.5 fkm	jó állapotú

49. táblázat: Távoli alvízi dunai szakasz (1506.8-1481.5 fkm) fizikai-kémiai paraméterek szerinti VKI minősítése

*A Duna (HURWAEP444 VÍZTEST) 1506,8-1481,5 fkm szakasza a fizikai-kémiai paraméterek VKI szerinti minősítésének eredménye alapján a jó állapotba tartozik.*

A távoli alvízi szakasz két, közép-távoli és távoli alszakaszának fitoplankton eredményei nagyfokú hasonlóságot mutatnak. A szakasz fitoplanktonjának eredményei ugyanakkor mind a felvízhez, mind a közeli alvízhez is nagymértékben hasonló állapotot, illetve tendenciát jeleznek. A fitoplankton biomaszában meghatározó a kovaalgák mennyisége; a legmagasabb biomsza értékkel jellemezhető időszak a március, emellett az augusztus, míg a legalacsonyabb biomsza értékek szeptember és november hónapban adódtak. A mintahelyek értékeinek átlaga alapján a közép-távoli alvízi szakasz ökológiai állapota a fitoplankton minősítése szerint márciusban és júniusban jó, szeptemberben és novemberben pedig kiváló állapotot jelez. A legalacsonyabb értékeket az augusztusi mintavétel során kaptuk. Ebben az időszakban az ökológiai állapot mérsékelt. Az évszakonkénti - és ezzel együtt a teljes időszak - állapot értékei megegyeznek a felvízi, illetve a közeli alvízi szakaszon mért eredményekkel. A közép-távoli és a távoli alvízi szakasz ökológiai állapota a fitoplankton alapján egyaránt jó. Összességében az is megállapítható, hogy a felvízhez viszonyítva a Paksi Atomerőmű melegvíz-kibocsátása a fitoplankton esetében osztályértéknyi változást az alvízen nem okoz.

A távoli alvízi szakasz két alszakasza ökológiai állapot minősítésének kovaalga-állomány alapú eredményei azonos értéket mutatnak mind a felvízi, mind a közeli alvízi szakasszal. A minősítés értékeinek tendenciái is megegyeznek a felsőbb szakaszokon tapasztaltakkal. Mindkét alszakaszon mérsékelt ökológiai állapot jellemző. Összességében az is megállapítható, hogy a felvízhez viszonyítva a Paksi Atomerőmű melegvíz-kibocsátása a fitobenton esetében osztályértéknyi változást az alvízen nem okoz.

A közép-távoli alvízi szakaszon összesen 31, míg a távoli alvízi szakaszon 19 növényfajt jegyeztünk fel. A mintavételi szelvényekben előkerült fajok közül egyik sem védett. Ugyanakkor tömeges az idegenhonos amerikai kőris, lándzsás őszirózsa. A terület jelölő növényfaja, a kúszó celler, nem került elő a távoli alvízi szakaszon. A makrofitonok alapján mind a közép-távoli, mind a távoli alvízi Duna-alszakasz ökológiai állapota mérsékelt, a minősítés megegyezik a felvízen, valamint a közeli alvízen tapasztalttal. Megállapítható az is, hogy a felvízhez viszonyítva a Paksi Atomerőmű melegvíz-kibocsátása osztályértéknyi változást az alvízen nem okoz.

A közép-távoli alvízi alszakaszon a nyári és őszi mintavétel során összesen 42, míg a távoli alszakaszon 37 különböző rangú makrogerinctelen taxont tudtunk kimutatni. Az előző szakaszokon kimutatott invazív taxonok jelenléte itt is kimutatható volt, kiemelhető a *Lithoglyphus naticoides* csigafaj, mely óriási egyedszámban fordult elő. Említést érdemel továbbá a ponto-kaspi eredetű, invazív *Hypania invalida* nevű soksertéjű féreg és a *Dreissena bugensis*, hazánkban még csak kevés helyről ismert kagylófaj jelenléte. A szakaszon kimutatható volt a védett *Gomphus flavipes* szitakötőfaj, valamint a *Fagotia acicularis* csigafaj. A NATURA 2000 terület jelölő makrozoobenton faja, a tompa folyamkagyló (*Unio crassus*) a mintavételek során nem került elő. A makrogerinctelen közösség alapján a közép-távoli alvízi alszakasz mérsékelt állapotú volt. Szintén mérsékelt állapotú a távoli alvízi alszakasz. A szakasz minősítési értéke megegyezik a felvízen és a közeli alvízen regisztrálttal. Összességében az is megállapítható, hogy a felvízhez viszonyítva a Paksi Atomerőmű melegvíz-kibocsátása osztályértéknyi változást az alvízen nem okoz.

A halközösség vizsgálata során a közép-távoli alszakaszon összesen 34 faj 3 367, míg a távoli alvízi alszakaszon 33 faj 4 151 egyedének meghatározását végeztük el. A mintavételi szakaszon előkerült fajok közül öt védett – leánykancér (*Rutilus virgo*), halványfoltú küllő (*Romanogobio vladkovi*), szivárványos ökle (*Rhodeus amarus*), széles durbincs (*Gymnocephalus baloni*), selymes durbincs (*Gymnocephalus schraetser*) – valamint kettő fokozottan védett – dunai

ingola (*Eudontomyzon mariae*), magyar bucó (*Zingel zingel*) –. A HUDD 20023 jelű SCI terület jelölő halfajai közül csak ezen a szakaszon került elő a leánykócér (*Rutilus virgo*), míg a többi jelölő faj azonos a fentebbi szakaszokon kimutatottakkal. A közép-távoli alszakaszon 27 fajnak kerültek elő ivadék példányai. Ez a kimutatott fajok 79 %-a. A távoli alszakaszon 26 faj ivadékpéldányait fogtuk meg, ami a kimutatott fajok 79 %-a. Ezek az arányok egyrészt hasonlóak a többi vizsgált szakaszhoz, másrészt hasonlóan magas értékeknek tekinthetők. A mintavételi eredmények alapján megállapítható, hogy a távoli alvízi szakasz fajkészlete nem mutat a felsőbb szakaszokhoz viszonyítva eltérést, a vizsgált szakaszok halfaj szerkezete egyveretű. Tehát a Paksi Atomerőmű melegvíz-kibocsátása a fajkészletben nem okoz változást. Annak hatására nem tűnik el egyetlen faj sem, de nem is jelenik meg új. A nyári mintavétel időszakában mindkét évben magasabb egyedszám volt megfigyelhető. Ez jellemző minden vizsgált szelvényre.

Összességében mindkét időszakban végzett mintavétel eredménye megfelelő adatot biztosít a VKI szempontú vízminősítéshez. A távoli szakasz ökológiai állapota megegyezik a felvízi, valamint a közeli alvízi szakasz minősítési értékével, jó állapotot mutat. Összességében az is megállapítható, hogy a felvízhez viszonyítva a Paksi Atomerőmű melegvíz-kibocsátása osztályértéknyi változást az alvizen nem okoz.

Már a korábbi – 2009-2010 – vizsgálatok eredményei alapján is kimutatható volt az a tény, hasonlóan a recens vizsgálatok eredményeihez, hogy a VKI ötfokozatú robusztus minősítési rendszere a finomabb strukturális elváltozásokat nem képes kimutatni. Ezért elvégeztük a szakaszok finomabb skálájú ökológiai értékelését is.

### **A HURWAEP444 VÍZTESTHEZ TARTOZÓ DUNA SZAKASZ ÖSSZEFOGLALÓ ÉLŐVILÁGVÉDELMI ÉS VKI SZEMPONTÚ ÉRTÉKELÉSE**

A vizsgált Duna-szakasz értékelését az ECOSTAT guidance document no. 13. (ECOSTAT 2005: Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), valamint a 2008-ban az országos vízgyűjtő gazdálkodási tervezés során meghatározott hazai iránymutatások alapelveinek figyelembe vételével végeztük el. A Duna VKI szempontú minősítésénél az „egy rossz, mind rossz” elvet követtük a minőségi elemek, elemcsoportok szintjén. Ez azt jelenti, hogy a minősítés értékét a legrosszabb minőségű elem határozza meg. A makrofita minősítés értékei csak tájékoztató jellegűek.

DUNAI SZAKASZOK	FIZIKAI-KÉMIAI JELLEMZŐK	FITOPLANKTON	FITOBENTON	MAKROFITA	MAKRO-ZOOBENTON	HALAK
FELVÍZ	Jó	Jó	Mérsékelt	Mérsékelt	Mérsékelt	Jó
KÖZELI ALVÍZ	Jó	Jó	Mérsékelt	Mérsékelt	Mérsékelt	Jó
TÁVOLI ALVÍZ	Jó	Jó	Mérsékelt	Mérsékelt	Mérsékelt	Jó
		Jó	Mérsékelt	Mérsékelt	Mérsékelt	Jó

50. táblázat: A Duna vizsgált szakaszának (HURWAEP444) VKI szempontú minősítése

Az értékelések alapján a Duna HURWAEP444 jelű, Szob-Baja közötti szakasz megnevezésű víztest ökológiai állapota a 2012-2013 során végzett VKI szempontú összesített vízminősítés alapján **MÉRSÉKELT** állapotú.

A jelen vizsgálat eredménye összhangban van a rendelkezésre álló archív adatok minősítési értékével. Kijelenthető, hogy a Paksi Atomerőmű dunai kibocsátása egyetlen vizsgálati csoport tekintetében sem okoz osztálykülönbségnyi változást.

Ezzel együtt az adatok finomabb struktúrájú elemzése rámutat arra a tényre, hogy a kibocsátásnak van hatása az alvízi élőlényközösségek struktúrájára, így önmagában a VKI minősítés nem alkalmas az erőművi kibocsátás hatásainak pontos megítélésére. Ezért mindenképpen fontosnak tartjuk, hogy a további vizsgálatok során a mintavételek megtervezése VKI szempontú maradjon, végezzék el a minősítést, ugyanakkor a mintavétel tervezése, kivitelezése tegye lehetővé a finomabb felbontású ökológiai elemzéseket, így a kibocsátás ökológiai hatásának pontosabb értékelését is.

### **A PAKSI ATOMERŐMŰ FELMELEGEDETT HŰTŐVIZÉNEK ELMÉLETI HATÁSAI A VIZSGÁLT DUNAI SZAKASZ VÍZMINŐSÉGI MUTATÓIRA**

Az 1979-2004 között végzett a törzshálózati szelvényekben történt vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a vízminőség változása a legtöbb komponens esetében sokkal markánsabban jelenik meg az idő függvényében, mint a hely függvényében.

A Paksi Atomerőmű feletti és alatti mintavételi helyek figyelembe vételével a legtöbb mintavételi helyen és vízminőségi jellemzőnél az idő függvényében kedvezően alakultak a vízminőségi viszonyok. A Paksi Atomerőmű alatti mintavételi helyeken (Fajsz, Baja, Mohács, Hercegszántó) általában nem mutatott eltérést a víz minősége a felette lévőhöz (Dunaföldvár) képest. Ez azt jelenti, hogy az **Atomerőmű az értékelte komponensek vonatkozásában a Duna vízminőségének alakulásában eddig nem játszott számottevő szerepet.**

## 13.2 PAKS II. BERUHÁZÁSÁNAK HATÁSAI A DUNA ÉLŐVILÁGÁRA

A Paks II. beruházásával - létesítés, üzemelés, felhagyás - kapcsolatosan a Duna ökológiai állapotára vonatkozó környezeti hatásbecslés során meghatároztuk és értékeltük a potenciális hatótényezőket, a várható hatásokat, a hatás jellegét, a hatásviselőket. Emellett javaslatokat állítottunk össze a felszíni vizek ökológiai állapotának megőrzése érdekében teendő intézkedésekre.

Az alapállapotú értékelések alapján megállapítható, hogy a Paks II. beruházásnak még a potenciális hatásai sem terjedhetnek ki a közeli felszíni víztestekre, ennek megfelelően a hatásbecslés során már kizárólag a paksi kibocsátásokkal potenciálisan érintett dunai víztestre (HURWAEP444) vonatkozó megállapításokat tettünk.

A hatások és hatásterületek tekintetében a vonatkozó (314/2005 (XII. 25.) Korm. r.) jogszabály alapján megkülönböztetjük a közvetlen, közvetett és országhatáron áterjedő hatásokat, illetve azok területeit. A hatásbecslés során a hatás jellegét élőlényközpontú módon (tehát a vízi szervezetek szempontjából vizsgálva azokat) annak tartóssága, erőssége és jelentősége alapján határoztuk meg. A VKI szempontjait figyelembe véve hatásviselőnek az élővilágot tekintettük. A hatásbecslés során hatásviselőként azokat a biológiai elemeket neveztük meg, amelyek a VKI szempontú állapotértékelés során relevánsak. A víz fizikai, kémiai tulajdonságait, vagy magát a Duna vizét nem tekintjük hatásviselőnek, azonban azok kulcsfontosságú információt biztosítanak az ökológiai állapot értékeléséhez.

A Paks II. beruházása során potenciálisan ható tényezőket a következő táblázatban foglaltuk össze.

Potenciális hatótényezők	Létesítés	Üzemelés	Felhagyás	Havária
Talajvízszint süllyesztés során kitermelt talajvíz	X		X	
Tisztított kommunális szennyvíz kibocsátás	X	X	X	
Rekuperációs vízerőmű létesítése	X			
Létesítéskori dízelolaj tartály sérülése				X
Kommunális szennyvíztisztító havária jellegű működési hibája				X
Víz kivétel a Dunából		X		
Felmelegített hűtővíz dunai bevezetése		X		
Technológiai hulladékvíz dunai bevezetése		X		
Tisztított csapadékvíz dunai bevezetése		X		
Vegyszertartályok, lefejtő, dízelgenerátor üzemanyag tároló sérülése				X
Fáradt olaj és egyéb folyékony hulladék kikerülése				X
Ipari hulladékvíz tisztítatlan kikerülése				X

51. táblázat: A Paks II. beruházás során potenciálisan ható tényezők

### Létesítés

#### Talajvízszint süllyesztés során kitermelt talajvíz

A Paks II. blokkjainak kivitelezése során több épület is mélyalapozással készül, a munkák a talajvízszint alatt történnek. Ebben az időszakban a munkagödör víztelenítése szükséges. A kitermelt talajvíz mennyisége az Isotoptech Zrt. számítása alapján 13 000 – 18 000 m<sup>3</sup>/nap (max. 0,2m<sup>3</sup>/s). A kitermelt talajvíz a hidegvíz-csatornába kerül bevezetésre, ahonnan a hűtőkörökön keresztül jut a melegvíz-csatornába, és végül a Dunába. A kitermelt talajvíz növényi tápanyag tartalma – kiemelten a nitrogénformák – várhatóan magasabb, mint a Duna vize, emiatt a hidegvíz-csatorna élővilága hatásviselő lesz. A több mint ötszázszoros hígítás és elkeveredés eredményeként ugyanakkor nem várható a Duna élővilágának ökológiai állapota szempontjából közvetlen, vagy közvetett hatás.

#### Tisztított kommunális szennyvíz kibocsátás

Paks II. létesítési időszakában szükséges maximális ivóvíz-mennyiség, ezzel együtt szennyvíz is, az első blokk megkezdett üzemelési és a második blokk ezzel egyidejű építési időszakában jelentkezik, tervezetten 5 év

időtartamban. A VITUKI Hungary Kft. által elvégzett számítások alapján, a keletkező maximális kommunális szennyvíz mennyiség ebben az időszakban 614 m<sup>3</sup>/nap. A Paksi Atomerőmű területén átlagosan keletkező kommunális szennyvizek mennyisége jelenleg 300 m<sup>3</sup>/nap. A mértékadó tisztítandó kommunális szennyvíz mennyiség tehát a biztonság javára felfelé kerekítve összesen 1000 m<sup>3</sup>/nap. A Paksi Atomerőmű saját szennyvízkezelő telepe totáloxidációs, eleveniszapos technológiájú, névleges kapacitása 1 870 m<sup>3</sup>/nap. A tisztított szennyvíz csővezetéken közvetlenül a melegvíz-csatornába jut, és innen kerül a Dunába. A VITUKI Hungary Kft. által a Duna 20 000 évente visszatérő, 579 m<sup>3</sup>/s-os, szélsőséges kis-vízhozamára elkészített elkeveredési modell alapján megállapítható, hogy a szennyező paraméterek értékei a Dunába történő kibocsátási pont alatt 10 méterrel már a kimutatásukra használt analitikai módszerek magyar szabványokban szereplő kimutatási határértékei alatt maradnak. A tisztított szennyvízben a maradék tápanyag koncentrációja és összetétele várhatóan kismértékben meghaladja a Dunáét, illetve eltér a Dunára természetes módon jellemzőtől. A melegvíz-csatornában végbemenő mintegy kilencezerszeres hígulás, valamint az elkeveredés során a természetes tisztulási folyamat ezt a hatást még tovább csökkenti. Emiatt a tisztított szennyvíz kibocsátásnak nem lesz kimutatható közvetlen, illetve közvetett hatása a Duna akvatikus szervezeteinek ökológiai struktúrájára. A kibocsátás mennyiségét figyelembe véve a kibocsátás hidrológiai hatása sem lesz kimutatható.

### *Rekuperációs vízerőmű létesítése*

A rekuperációs vízerőmű létesítése kapcsolódik a Paks II. létesítéséhez, ezért a potenciális hatótényezők sorába felvettük, de ez a beruházás önmagában is környezeti hatásvizsgálat, illetve vízjogi létesítési engedély köteles tevékenység, így a jelen dokumentumban további értékelésétől eltekintünk.

### *Létesítéskori dízelolaj tartály sérülése*

A telephelyen esetlegesen bekövetkező szennyezőanyag kikerülés terjedését és annak következményeit az Isotoptech Zrt. vizsgálta. Ennek összegzéseként megállapítható, hogy a telephely és a Duna között az elérési idők 10-20 éves tartományba esnek. A létesítéskori dízelolaj tartály esetleges sérülése esetén a földfelszínre kifolyó olaj azonnali lokális kárelhárításával biztosítható, hogy a kikerült szennyezőanyagok ne érhessék el a Dunát. Ennek megfelelően egy ilyen havária esemény a felszíni vizekre sem közvetlen, sem közvetett módon nincsenek számítható módon hatással.

### *Kommunális szennyvíztisztító havária jellegű működési hibája*

A létesítési és az üzemelési időszak potenciális havária eseménye a kommunális szennyvíztisztító meghibásodása következményeként a keletkező kommunális szennyvíz tisztítatlan kijutása a Dunába. A legnagyobb mennyiség ebben az esetben is a kivitelezés 5 éves időszakában várható. Ennek megfelelően a havária helyzet modellezése is az 1000 m<sup>3</sup>/nap kommunális szennyvíz mennyiséggel, 579 m<sup>3</sup>/s-os, szélsőségesen kis Duna vízhozam esetére történt, az elvezetett nyers szennyvíz koncentrációjaként az elmúlt két évben mért legmagasabb koncentráció értéket alapul véve. Ebben az esetben az elkeveredés hatására a Duna 1 500 méteres alvízi szelvényében éri el valamennyi paraméter a Magyar szabvány szerinti kimutathatósági határértéket.

A szennyvíztisztító mű meghibásodása reális fenyegetettséget jelent a dunai élővilág szempontjából. Az ~1000 m<sup>3</sup>/nap kommunális szennyvíz tisztítatlan kibocsátása a melegvíz-csatornába, majd a Dunába, a normál üzemhez viszonyítva nagyobb tápanyag és lebegőanyag koncentrációt, valamint zavarosság emelkedést okoz. Figyelembe véve a melegvíz-csatorna mintegy kilencezerszeres, valamint a Duna kritikus LKV esetén is további cca. tízszeres hígítását, a tisztítatlan szennyvíz kibocsátás a Duna élővilágára kismértékű, szubletális hatással lehet. A fitoplankton biomassa értéke a szennyezett víz csóvjában emelkedést fog mutatni. A csóvában elméletileg a halbiomassa nőhet. A szennyezés hatására a kibocsátás környékén a fitobenton szervezetek között időlegesen nagyobb arányban jelenhetnek meg a szervesanyag terhelésre kevésbé érzékeny fajok. A hígulás következtében a tisztítatlan szennyvíz kibocsátás nem éri el a letális küszöböt a makrozoobenton szervezeteknél sem. Az MZB fajok részben elkerüléssel, részben egyedszám változással fognak reagálni a szervesanyag terhelésre, illetve az oxigénszintre mutató toleranciájuktól függően. A tisztítatlan szennyvíz a kibocsátás területén az érzékenyebb halfajok szempontjából inkább elkerülést okoz, míg a tápanyagokkal szemben toleráns fajok magasabb egyedszámban jelenhetnek meg. A keletkező szennyvíz és a bevezetett hűtővíz közötti jelentős mennyiségi különbség okán csak lokális hatással lehet számolni még ebben az esetben is. Ennek megfelelően a hatás rövid távú, közepesen erős és kis jelentőségű. Ugyanakkor javasolt a szennyvíztisztítóban olyan puffer kapacitás kialakítása, ami lehetővé teszi a közvetlen kikerülés megakadályozását. A közvetlen dunai hatás területe <500m. Ennél kiterjedtebb közvetett hatásterülettel nem számolhatunk.



## Üzemelés

### Víz kivétel a Dunából

A hűtővíz biztosítása céljából történő dunai vízkivétel a hidegvíz-csatornán keresztül történik. A vízkivétel mennyisége megegyezik a melegvíz-csatornán keresztül visszajuttatott melegvíz mennyiségével. A Paksi Atomerőmű jelenlegi üzemállapotában ez az érték blokkonként 25 m<sup>3</sup>/s, összesen 100 m<sup>3</sup>/s. Az újonnan építendő blokkok esetében pedig blokkonként 66 m<sup>3</sup>/s, összesen 132 m<sup>3</sup>/s. A legnagyobb mennyiségű vízkivétel a két létesítmény együttes üzeme alatt várható 2030 és 2032 között. Ekkor a kivett víz mennyisége 232 m<sup>3</sup>/s. A vízkivétel a Duna vízhozamát csak a hidegvíz-csatorna és a melegvíz-csatorna közötti szakaszon változtatja meg. A kivett vízmennyiség még a kisvízhozamok idején sem jelent érdemi beavatkozást erre a folyó szakaszra. A VITUKI Hungary Kft. által számított medermorfológiai változások mértéke alapján az élővilág szempontjából nem számolunk sem közvetlen, sem közvetett hatással.

### Felmelegített hűtővíz dunai bevezetése

A tervezett új atomerőművi blokkok hűtési rendszerei három fő részre oszthatók (1) kondenzátor hűtővíz, (2) technológiai hűtővíz, (3) biztonsági hűtővíz. A hőterhelés szempontjából a két blokkra számított összesen 132 m<sup>3</sup>/s kondenzátor hűtővíz jelenti a meghatározó mennyiséget.

A legnagyobb melegvíz térfogatárammal a 2030-2032 közötti időszakban lehet számolni.

A hűtővizek és egyéb hulladékvizek a melegvíz-csatorna mintegy 1500 méter hosszúságú szelvényén keresztül jutnak a Duna főmedrére. Ez a kibocsátási ponton a Duna áramlási viszonyait megváltoztatja. Ennek következtében a kibocsátási pont környékén a hatásvizsgálatot megalapozó kutatások eredményei alapján kimutatható feltételeken a fitobenton, bizonyítható módon pedig a makrozoobenton- és a halközösség fajszerkezetének módosulása - és legalább részben - abundancia értékük növekedése. Ez a hatás hosszú távú, közepes erősségű, de kis jelentőségű. A közvetlen és közvetett hatás területe <250 m. Az üzemelés során a halközösség védelme érdekében javasolható a kibocsátási pont 250 m sugarú körzetében a halászati, horgászati tilalom bevezetése.

A Paksi Atomerőmű üzembeállása óta folyamatosan foglalkoznak a Dunába visszavezetett hűtővíz okozta hőterhelés kérdéseivel. Megállapításaik a következőkben foglalhatók össze.

- (1) A Dunának a hőterhelés szempontjából mértékadó nyári maximális víz hőmérséklete általában 21-24 °C, kivételesen eléri a 25 °C fölötti értéket is. A víz hőmérséklet idősorok jellegzetesek, a maximumok jól meghatározott időszaka a július elejétől augusztus végéig tartó időszak.
- (2) A dunai vízhozam (térfogatáram) éves menete kevésbé szabályos, de egyértelmű, hogy a folyó relatív hőterhelési maximumát jelentő alacsony vízállások legnagyobb valószínűséggel az őszi-téli időszakokban fordulnak elő.
- (3) Dunai jellegzetesség, ami a hőterhelés veszélyét csökkenti az, hogy a magas víz hőmérsékletek szinte kizárólag július-augusztusban, az 1000 m<sup>3</sup>/s-ot megközelítő kisvizek pedig többnyire csak szeptembertől fordulnak elő.

Ezt a statisztikailag alátámasztott, valószínűsíthető helyzetet az 1992-2003 közötti évek rendkívül száraz és meleg nyári időjárása módosította, mert július-augusztus folyamán a víz hőmérséklet 20–26 °C között változott.

Összességében a korábbi vizsgálatok megállapították, hogy 2015-ig nem várhatók olyan vízminőségi változások, amelyeket közvetlenül a Paksi Atomerőmű kezelt, használt vizeinek a Dunába történő bevezetése idézne elő és változást jelentenének a Duna vízminőségének osztályba sorolásánál.

### *A dunai víz hőmérséklet és a dunai vízkémiai paraméterek kapcsolatának vizsgálata és előrejelzése a mértékadó időpontokra vonatkozóan Dunaföldvár, Fadd és Hercegszántó térségében*

A kritikus víz hőmérsékleti értékekhez tartozó, a dunai vízkémiai paraméterekben bekövetkező változások előrejelzéseit, előfordulásuk várható intervallumát statisztikai módszerekkel határoztuk meg. A törzshálózati mérések keretében havi gyakorisággal, többnyire évente tizenkét alkalommal végeztek különböző komponensekre vizsgálatokat. A havi vizsgálatok alkalmasak voltak arra, hogy az éves szezonális változásokat is nyomon lehessen követni. A nagy elemszámú végzett vizsgálat keretében lineáris trend szórásanalízise útján állapítottuk meg, hogy az adott elem lineáris trend kapcsolatban áll-e a hőmérsékleti változásokkal, vagy azoktól független. Amennyiben létezik ilyen kapcsolat, ez esetben statisztikai módszerekkel kiszámítható a különféle hőmérséklet értékekhez tartozó várható érték. Akkor, ha nem áll fenn korrelációs kapcsolat az adott komponens és a dunai víz hőmérséklet között, úgy feltételezhetjük, hogy a

komponens elmúlt hét évben mért előfordulásának átlaga és eloszlása megegyezik a jövő időszak várható értékével és eloszlásával is.

Ennek érdekében meghatároztuk a korrelációs tényezőt és a kiegyenlítő lineáris trend paramétereit. A korrelációs tényező parametrizálta a kapcsolat szorosságát, a kiegyenlítő egyenes egyenlete pedig lehetőséget adott arra, hogy a különféle hőmérsékleti scenáriók esetében meghatározzuk a várható értéket. A statisztikai vizsgálatok keretében meghatároztuk az adott elem szórását, amelyet az évszakos hőmérsékletváltozások, dunai vízállások, és a hozzá tartozó mindenkori vízhozam értékek befolyásoltak, továbbá a vizsgált időszakban előfordult minimum és maximum értékeket. A korrelációs kapcsolatot reprezentáló korrelációs tényező figyelembevételével, a szórás értékek, valamint az eddig előfordult minimum-maximum értékek alapján becsültük az adott elemkomponens jövőbeni előfordulásának várható értékét és az érték intervallumát.

A VKI szerinti minősítést a várható érték és a számított várható intervallum alapján egyaránt végrehajtottuk.

Összehasonlítás céljából az alvízi szelvények közül a faddi szelvény vízminőségi adatai alapján elvégeztük a Nagysarkantyúnál engedélyezett maximális 30 °C hőterhelésre vonatkozó számításokat is.

#### *A Dunába történő felmelegedett hűtővíz bebocsátás következményeinek összefoglalása*

A korábbi vizsgálati eredmények összegzése alapján a Duna vízminőségéből, vízhozamából és víz hőmérsékleti viszonyából következően a hőterhelés növelése megvalósítható úgy, hogy ne ütközzön a befogadó vízminőség védelmét szolgáló korlátokba, illetve természetvédelmi szempontoknak se mondjon ellent. A hőterhelés szempontjából az üzemelés során, az előírások szerinti korlátozások betartásával, a kedvezőtlen szituációk esetén sem fog a Duna vízkémiai és fizikai minősége Paks II. Atomerőmű kibocsátásai miatt megváltozni a jelenlegihez képest.

A törzshálózati pontokon 2006-2011 között, valamint a 2012-2013-ban végzett dunai vízminőségi vizsgálatok eredményeiből összefoglalóan az állapítható meg, hogy a hőterhelés a tervbe vett teljesítménynövelés megvalósulását követően a számítások szerint kis mértékben növekszik.

*A teljesítménynövelés hatására azonban nem várható a jövőben a Duna vízminőségét jellemző a hőmérséklet emelkedésétől kisebb-nagyobb mértékben függő mutatók (savasodás, sótartalom, oxigénháztartás és növényi tápanyagok) értékeinek az alapvető megváltozása.*

Az Atomerőműből a folyóba kerülő felmelegedett hűtővíz hatására meggyorsulnak ugyan a folyóban történő szerves anyag lebomlásának folyamatai, amelyek oxigénfogyasztással, oxigén elvonással járnak, ezeket azonban a folyó hidraulikai, elkeveredési viszonyai, valamint a jellemzően magas oldott oxigéntartalma ellensúlyozni képes. Ezek az említett hatások várhatóan nem lesznek számottevőek, vízminőség védelmi szempontok miatt azonban mégsem hagyhatók figyelmen kívül, ezért jövőbeni monitorozását továbbra is javasoljuk.

Az alapállapotú értékelés során feltételelesen a fitobenton, kétségtelen módon pedig a makrozoobenton és a halközösség esetében bizonyítható volt mintegy 2 km hosszúságban a melegvíz jelenlegi hatása a jobb oldali szelvényekben. Ez  $\Delta t=2,5$  °C fok hőmérsékletemelkedés kimutathatóságát jelzi ezen taxonok esetében. Ugyanakkor a hőmérséklet emelkedés a planktonikus algaközösség szerkezetében nem okozott kimutatható hatást. Az ökológiai elemzések eredményei azt jelzik, hogy a kimutatott hatás hosszú távú hatásként értékelhető. Az elemzések alapján bizonyított, hogy a melegvíz hatása optimális mintavételi körülmények között is a kimutathatóság határán mozog, a Paksi Atomerőmű kibocsátásának hatását a Duna környezeti adottságainak természetes változatossága is meghaladhatja. Maga a hatás is sokkal inkább az expozíció tartóssága, mint annak mértéke miatt jelentős.

Az érintett Duna-szakaszokon végzett alapállapotú vizsgálatok víz fizikai és kémiai eredményei azt igazolják, hogy a fizikai teljesítménynövelés hatására nem várható a jövőben a Duna vízminőségét jellemző savasodási állapot, sótartalom állapot, oxigénháztartási állapot és a növényi tápanyagok állapota mutatók, vagyis a hőmérséklet emelkedésétől kisebb-nagyobb mértékben függő mutatók értékeinek az alapvető megváltozása.

A Duna ökológiai állapotára a felmelegedett hűtővíz kibocsátása jelenti a legjelentősebb környezeti hatást. Ez a hatás a 2030-2032 közötti időszakban lesz a legerősebb. Az alapállapotú értékelés során meghatározott három érintett taxonon (fitobenton, makrozoobenton, halak) kívül feltételezhetően ebben az időszakban sem kell számolni további közvetlen hatásviselő élőlénycsoporttal. A hőterhelés okozta hatás hosszú távú, erős és nagy jelentőségű. Ugyanakkor az ökológiai vizsgálatok eredményei alapján arra lehet következtetni, hogy a hőterhelés hatása (és összességében a hat blokk együttes üzemelése) egyetlen élőlénycsoport esetében sem fog a VKI szempontú minősítés alapján

osztályértéknyi romlást okozni az érintett Duna-szakaszon. A rekuperációs vízerőmű üzemeltetése a kibocsátási hőmérséklet szempontjából feltételezhetően kedvező hatású lesz. Nyári kisvízes időszakokban szükségessé válhat a blokk visszatérhelése. Az együttes üzemelés időszakára készített modell szerint a közvetlen hatás területe a dunai kibocsátás alvizén mintegy 11 km-es távolságban, a Duna 1515,8 fkm magasságában lesz. A modellszámítás alapján a  $\Delta t = 2,5$  °C izotermával jellemezhető hőcsóva a Duna középvonalát eléri, de jelentősen nem lépi át.

A hőterhelés közvetett hatását az élőlényközösségeken keresztül továbbterjedő módon részben a tápanyagforgalom változása következményeként a fogyasztó szervezetek közösségében, részben pedig az invazív fajok relatív, vagy abszolút abundanciájának növekedése következtében fellépő kompetíció, illetve konkurencia eredményeként az érintett közösségekben előálló strukturális módosulások jelentenek. A korábbi vizsgálatok (Halasi-Kovács 2005, SCIAP 2010) és az alapállapotú felmérés eredményeként ugyanis megállapítható tény, hogy a melegvíz kibocsátás közvetett hatásaként az érintett szakasz megfelelő adottságú vízterületei az invazív fajok szaporodási gócaiként funkcionálhatnak, hozzájárulva ezen fajok további terjeszkedéséhez. A biológiai elemek vonatkozásában az együttes működés időszakára, a hőterhelésre vonatkozóan meghatározott közvetett hatásterület a tápanyagforgalom tekintetében nem tér el a közvetlen hatásterülettől. Az invazív fajok kibocsátását tekintve, az egyed feletti szerveződési (szupraindividuális) szinten nem értelmezhető a hatásterület kiterjedése, ezért erre vonatkozóan a hatást ugyan regisztráljuk, de ehhez tartozó hatásterületet nem határozzuk meg. A teljes hatásterület ennek megfelelően a közvetlen hatásterülettel egyezik meg.

A Paks II. önálló működésének időszakában (2037-2085) az alapállapotú értéknél alacsonyabb hőterheléssel lehet kalkulálni. Mindezek mellett a hőterhelés okozta hatás ebben az időszakban is hosszú távú, közepesen erős és nagy jelentőségű. Az alapállapotú vizsgálatok eredményei alapján kijelenthető, hogy a hőterhelés hatása az önálló üzemelés során egyetlen élőlénycsoport esetében sem fog a Víz Keretirányelv (VKI) szempontú minősítés alapján osztályértéknyi romlást okozni az érintett Duna-szakaszon. A VITUKI Hungary Kft. készített modell alapján végzett számítás szerint a közvetlen hatás területe ebben az időszakban a dunai kibocsátás alvizén cca. 1 000 m-es távolságban található, ahol szélessége a Duna középvonalát éri el. A közvetett hatásra, illetve annak területére vonatkozóan a fenti bekezdésben írtak érvényesek.

#### *Technológiai hulladékvíz dunai bevezetése*

A technológiai vizek használata során különböző radioaktív és hagyományos ipari hulladékvizek keletkeznek, amelyek mennyisége az önálló üzemelés időszakában 50 m<sup>3</sup>/h. Ebből 10 m<sup>3</sup>/h a radioaktív, míg 40 m<sup>3</sup>/h a hagyományos hulladékvíz mennyisége. Üzemszerű körülmények között ezen szennyeződések specifikus tisztítási eljárások során távolítják el. Az így keletkező, határérték alatti szennyezőanyag koncentrációjú hulladékvizek a melegvíz-csatornán keresztül jutnak a Dunába. A használat során a bekerült szennyezőanyagok egy része a tisztítás után is kimutatható koncentrációban lehet jelen a hulladékvízben. Ugyanakkor a melegvíz-csatornában a szennyeződések egy része további biológiai degradáción megy keresztül, illetve a hűtővizekkel jelentősen hígított arányban (1:0,0001) kerül a Dunába, mint befogadóba. Az alapállapotú értékelés során a Paksi Atomerőmű ezen hatását az akvatikus szervezetek ökológiai állapotára nem lehetett kimutatni. Üzemszerű működés során ezért összességében a kibocsátott hulladékvizeknek a Duna akvatikus szervezeteinek struktúrájára nem lesz kimutatható hatása. Az üzemszerű működés során folyamatosan törekedni kell az egyre magasabb színvonalú tisztítási hatások elérésére, illetve fontos a kibocsátás folyamatos monitorozása.

Az együttes üzemelés időszakában a kibocsátott ipari hulladékvizek mennyisége cca. 90 m<sup>3</sup>/h, ugyanakkor a tisztítás eredményeként koncentrációjuk nem módosul. Ezek alapján a Paks II. üzemelési időszakára vonatkozó megállapítás érvényes az együttes üzemelési állapotra is.

#### *Tisztított csapadékvíz dunai bevezetése*

Az üzemi területen lehullott csapadékvizet olajfogókon keresztül az É-i és a D-i csapadékvíz óvárkok gyűjtik össze és onnan az É-i a hidegvíz-, a D-i melegvíz-csatornába kerül áttemelésre. Az alapállapotú vizsgálat szerint a melegvíz dunai bevezetésének a kőolajszármazékokra vonatkozóan nem volt kimutatható hatása.

#### *Vegyszertartályok, lefejtő, dízelgenerátor üzemanyag tároló sérülése, fáradt olaj és egyéb folyékony hulladék kikerülése*

A vegyszertartályok, a lefejtő, fáradt olaj és egyéb folyékony hulladék tárolója zárt épületben tervezett. Nyitott téren található a dízelgenerátor üzemanyag tárolója. A telephelyen esetlegesen bekövetkező szennyezőanyag kikerülés

terjedésének vizsgálata összegzéseként megállapítható, hogy a telephely és a Duna között az elérési idők 10-20 éves tartományba esnek. A vegyszertartályok, lefejtő, dízelgenerátor üzemanyagtároló, fáradt olaj és egyéb folyékony hulladék tárolók esetleges sérülése esetén a földfelszínre kifolyó olaj azonnali lokális kárelhárításával biztosítható, hogy a kikerült szennyezőanyagok ne érhessék el a Dunát. Ennek megfelelően egy ilyen havária esemény a felszíni vizekre sem közvetlen, sem közvetett módon nincsenek számítható módon hatással.

#### *Ipari hulladékvíz tisztítatlan kikerülése*

Az ipari hulladékvizek tisztító(i)nak meghibásodása önmagában nem okozza a tisztítatlan ipari hulladékvizek közvetlen Dunába, illetve egyéb felszíni vízbe való kerülését, mivel azok zagyatározó medencéken keresztül kerülnek először a melegvíz-csatornába, majd ezen keresztül a Dunába. A végső tisztítás a zagyatározók területén történik. Ezek sérülése reálisan felszíni vízszennyezést nem, csak talajvízszennyezést okozhat. Elméleti oldalról megközelítve az ipari hulladékvizek tisztítatlan állapotban történő dunai bevezetését a következőket lehet megállapítani. A szennyeződés során a melegvíz-csatornán keresztül történő dunai bevezetés feltételezhetően a jelentős hígítás eredményeként (1:0,0003) még tisztítatlan kibocsátás esetén sem eredményezi az élőlények pusztulását, hatása feltehetően szubletális, az aktív mozgásra képes élőlények időleges elkerülése figyelhető meg. Ugyanakkor a kibocsátott toxikus anyagok okán, azok lassú lebomlása miatt hosszabb távon is hatással lehet az akvatikus szervezetekre. Ez a hatás, figyelembe véve a dunai hígítás mértékét is, a szakértői becslés alapján nem haladja meg az 50 km-t.

### **13.3 PAKS II. BERUHÁZÁS ÉRTÉKELÉSE A VÍZGYŰJTŐ-GAZDÁLKODÁSI TERV TÜKRÉBEN**

A Duna részvízgyűjtő vízgyűjtő-gazdálkodási terve alapján (VKKI 2010) a Duna teljes hazai szakaszának ökológiai állapota mérsékelt, nem éri el a jó állapotot. Ez részben minőségi, de hasonló, vagy inkább nagyobb súllyal hidromorfológiai okokra vezethető vissza, hiszen a kémiai állapotot tekintve a Duna jónak minősített. A fitoplankton és fitobenton alapján a Duna Szob-Baja és a Bajától délre eső szakaszának minősítése jó. A makrozoobenton és a hal élőlénycsoportok minősítése alapján a Duna egyik víztestje sem érte el a jó állapotot. Ebben elsősorban az árvízvédelem, partbiztosítás, mederalakítás miatti hidromorfológiai hatások jelzése a döntő, mivel a szerves szennyezést mutató egyéb elemek alapján jó minősítést kapott mindegyik szakasz. A fenéklakó gerincteleneknek az ICPDR által elfogadott vizsgálatán alapuló értékelése szerint a Duna és legtöbb mellékfolyója közepes-kritikus szennyezettségi értékeket mutat. A VGT-ben foglalt tények alapján megállapítható, hogy a Duna magyarországi szakaszán a jó ökológiai állapot elérése csak a vízgyűjtő menti országok közös fellépése eredményeként érhető el. A hidromorfológiai beavatkozások és a szennyezőanyag kibocsátások eredőjeként jelentkező mérsékelt ökológiai állapot csak igen jelentős méretű és költségű beavatkozások eredményeként javítható osztálykülönbségnyi értékkel. A környezeti célkitűzésekben a HURWAEP 444 jelű, Duna Szob-Baja közötti szakasza víztest jó ökológiai állapota a tervek szerint 2027-ig érhető el (VKKI 2010).

A környezeti hatásvizsgálat részeként 2012-ben és 2013-ban végzett VKI szempontú alapállapotú felmérések eredményei azt igazolták, hogy a vizsgálati elemek minősítési értékei (víz fizikai és kémiai mutatói: jó; FP: jó; FB: mérsékelt; MF: mérsékelt; MZB: mérsékelt; hal: jó) a VGT-ben foglalt értékeknek megfelelő volt, rosszabb állapotot egyik elem sem mutatott. Összességében a vizsgált Duna-szakasz a VGT-ben meghatározott mérsékelt állapotú volt.

A finomabb felbontású elemzések ugyanakkor kimutatták, hogy a Paksi Atomerőmű üzemelése a kibocsátott melegvíz hőterhelése révén a makrozoobenton, valamint a halak ökológiai struktúrájában okoz kimutatható hatást, míg ugyanez a hatás a fitobenton esetében nem volt kizárható. A közösségszerkezeti mutatókban manifesztálódó hatás  $\Delta t=2,5^\circ\text{C}$  hőmérsékletváltozásig mutatható ki. A hőmérsékletváltozás a Paksi Atomerőmű működése során 2 km hosszúságban jelentkezik az Duna érintett jobb parti szelvényében. A vizsgálatok eredményeként az is igazolható volt, hogy a kimutatott hatás mértéke nem okoz osztálykülönbségnyi romlást a Duna adott szakaszának ökológiai állapotában.

Paks II. beruházás során a hőterhelés jelenti a legjelentősebb környezeti hatást. A legnagyobb kimutatható hőterheléssel 2030-2032 között lehet számolni. Ebben az időszakban mind a Paksi Atomerőmű négy blokkja, mind a Paks II. két blokkja üzemelni fog. A hőterhelés teljes hatásterülete a dunai kibocsátás alvén maximálisan 11 km-es távolságban adható meg. Ez a pont a Duna 1515,8. fkm magasságában található. Ezek alapján megállapítható, hogy a hőterhelés vonatkozásában országhatáron áterjedő szennyezés nem várható.

A korábbi fejezetekben kifejtettek alapján a közvetlen hatásviselő élőlénycsoport a fitobenton, makrozoobenton, valamint a halak lesznek. Közvetett hatásviselőként elsősorban a fogyasztó szervezetek - makrozoobenton, halak - jelenhetnek meg. A legerősebb közvetett hatásként a melegvíz invazív fajok terjedésében játszott szerepe mutatkozik. A hőterhelés

okozta hatás hosszú távú, erős és nagy jelentőségű a hatásterületen. Az ökológiai vizsgálatok eredményei alapján arra lehet következtetni, hogy a hőterhelés hatása egyetlen élőlénycsoport esetében sem fog osztályértéknyi romlást okozni a VKI szempontú minősítés során az érintett alvízi szakaszon. Ezzel együtt az összegzett ökológiai állapotra ugyanez a megállapítás érvényes.

A Paks II. önálló üzemelése során (2037-2085) a modellszámítások eredményeként a hőterhelés mértéke nem fogja elérni a Paksi Atomerőmű kibocsátásának jelenlegi értékét. A hatásterület kiterjedése a dunai kibocsátás alvizén ~1 km lesz. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy 2037-től a mainál kedvezőbb környezeti állapottal lehet a kibocsátás alvizén számolni.

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a Duna adott víztestének környezeti célkitűzéseit, az érintett dunai víztest jó ökológiai állapotának elérését a Paks II. beruházása nem gátolja, amiatt a célkitűzés időpontján nem szükséges módosítani.

## 14 FÖLDTANI KÖZEG ÉS FELSZÍN ALATTI VÍZ A TELEPHELYEN ÉS KÖZVETLEN KÖRNYEZETÉBEN

A földtani közeg és a felszín alatti víz állapotának meghatározása és jellemzése a Paksi Atomerőmű területén, a kijelölt bővítési területre és annak szűk (3 km, a legközelebbi ivóvízbázis, Csámpa) környezetére terjedt ki.

A felszín alatti vízi környezet jellemzése, a vizsgálati területen belül található talajvízre, a lehetséges parti szűrésű kutak vízbázisára és a rétegvízre terjedt ki. Az atomerőmű területén és környezetében jelenleg is üzemelő, több mint 220 db kútból álló felszín alatti vízszint-, és vízminőségi észlelőhálózat, valamint a Csámpai Vízmű kútjai határozták meg a vizsgálati terület horizontális kiterjedését. A vizsgálatok – a rétegvízadók helyzetét figyelembe véve – vertikálisan a felszíntől számított 210 méteres mélységig terjedő földtani térrészt érintették.

A térségben kétféle felszín alatti víz fordul elő: rétegvíz a pannon homokszintekben, amely mélyen, vízrekesztő rétegek alatt helyezkedik el, és e fölött, a pleisztocén-holocén összletben lévő, összefüggő talajvíz.

A telephelyen a talajvízig változó vastagságú és összetételű feltöltés található, amely alatt a Duna áradásából származó újholocén öntésagyag, öntés homok, öntésiszap települ. A Duna medrétől távolodva óholocén futóhomok borítja az eredeti térszint. A fenti rétegeken keresztül függőlegesen szivárogva juthat el a csapadék a talajvízig. Az alacsony árteret a feltöltött hajdani meanderek (lefűződött folyómeder) hálózák be. Jelenleg az árvízi elöntéstől a 96-97 mBf-re kiépített árvédelmi gátak megvédik a területet, de a Duna vízállásváltozásai – elsősorban a lefűződött egykori meder anyagán keresztül – élénken befolyásolják a talajvízszint alakulását.

A Duna felső- és középső-pleisztocén allúviuma fölé, mintegy 6-8 m-rel emelkedik annak óholocén terasza, melynek anyaga aprókavicsos rétegekkel tagolt folyóvízi apró- és középszemű homok. Ennek felszínét újholocén futóhomok borítja. A terasz talajvízállás viszonyait a Duna már kevésbé, vagy alig befolyásolja.

A Duna-völgyét ÉNy felől 160-180 mBf magasságig emelkedő löszplató szegélyezi. A löszplató felszínére hulló és beszivárgó csapadékvíz a vízrekesztő rétegek felett összegyűlve a porózusabb szintekben az erózióbázis (Duna) felé vezetődik. Ez a Duna-völgyi talajvíz tápterülete. A talajvíztároló réteg vízrekesztő fekvését felső-pannóniai üledéksorok alkotják az egész területen, különböző vastagságú homok-, agyagmárga-, márgás kőzetliszt, azaz víztartó és vízrekesztő rétegek váltakozásából állnak. Felső 20-30 m vastag részének vertikális szivárgási tényezője  $10^{-6}$ - $10^{-7}$  m/s. A felső-pannóniai képződmények vastagsága a területen kb. 500 m. A víztartó rétegekben tárolt víz nyomásviszonyai miatt természetes körülmények között a talajvizek nem juthatnak le a rétegvizekhez.

A talajvíz a területen összefüggő rendszert képez, az átlagos talajvízszint a felső finom törmelékes (homokos, kőzetlisztes) képződményekben húzódik, a terepszint alatt 8–10 méteres mélységben. A mindenkori talajvízállást döntően a Duna aktuális vízállása határozza meg.

Magas vízálláskor, árvízkor a folyó betáplál a talajvíztartó rétegekbe, a háttér felől szivárgó talajvíz visszaduzzad, és a talajvíznívó megemelkedik. A Duna vízállás-változásainak hatása – a vízjáték meghaladja a 8,5 métert – a talajvízfigyelő kutak adatai szerint a folyót szegélyező mintegy 200–500 m-es szélességű sávban jelentkezik leginkább, de ez a hatás még a parttól számított 1500 méteres távolságban is kimutatható. A hatás késleltetett, csak a tartós árvizek ideje alatt jelentkezik teljes sávban, a vízszint emelkedés mértéke a parttól távolodva egyre kisebb. Rövid idejű árhullámok idején

mértéke jelentéktelen. Az árhullámok okozta talajvízszint-emelkedés a parttól 100–200 méterre kb. 2 nap múlva jelentkezik.

A hidegvíz-csatorna mellett a maximális talajvízszintek 94 mBf körül várhatók. Az erőmű Dunától távolabb eső területein a sokéves átlagos szezonális vízszintingadozás 2 m körül van. A talajvíz áramlási sebessége nem egyenletes, a vízadó réteg szemcseösszetételétől függően változik.

A talajvíz kémiai összetételét tekintve kalcium-hidrogén karbonátos. A víz összes oldott anyag tartalma átlagosan 300–400 mg/l, pH-ja kissé lúgos, összes keménysége átlagosan 15–25 nk°, a klorid-ion koncentráció jellemzően 20–30 mg/l, szulfát-ion tartalma átlagban 100–150 mg/l. Jellemző a magasabb vas (0,5–1,0 mg/l) és mangán (0,3–0,8 mg/l) tartalom.

## 14.1 A TELEPHELY KÖRNYEZETÉBEN TALÁLHATÓ FELSZÍN ALATTI VIZEK ÁRAMLÁSÁNAK URALKODÓ FOLYAMATAI

### Talajvíz

A Paksi Atomerőmű telephelyének szűkebb környezetében végzett komplex talajvíz és rétegvíz áramlási modellvizsgálatokat, illetve a hozzá tartozó legmobilisabb radioaktív izotóp a trícium ( $^3\text{H}$ ) terjedésének elemzését végeztük el. Mivel az erőmű a Duna partján helyezkedik el, a környezetében uralkodó talaj- és rétegvíz áramlás legfőbb alakító tényezője maga a Duna és a hozzá szorosan kapcsolódó hidegvíz-csatorna. A két fő tényező mellett erős hatása van a Kondor-tónak és a nyugati löszplatónak. Mindezek együttes hatása határozza meg a telephely környezetében a felszín alatti vizek adott időszakra vonatkozó áramlási viszonyait.

A terület az alábbi átfogó sebességtterekkel jellemezhető:

- A főépület északi oldala és a hidegvíz-csatorna közelében többnyire lényegesen nagyobb talajvíz áramlási sebességek alakulnak ki, mint a déli oldalon. A különbség akár 1 – 2 nagyságrend is lehet.
- A délkeleti oldalon két ellentétesen áramló tartomány találkozik. Emiatt az O5 kúttól északi irányban egy lassan mozgó tartomány alakul ki.
- A T kútsor esetén (az O kútsortól keletre) a Kondor-tó felőli áramlás alakul ki.

A maximális sebességek összehasonlítása alapján kijelenthető, hogy a legkisebb sebesség közepes Duna vízszint idején alakul ki,  $V_{\min} = 7,7 \cdot 10^{-6}$  m/s. A legnagyobb sebességek a legkisebb Duna vízálláshoz tartoznak,  $V_{\max} = 1,6 \cdot 10^{-5}$  m/s. A fenti sebességek a Duna és a hidegvíz-csatorna mentén jellemzőek, a főépület közvetlen környezetében a talajvíz áramlása lassabb. Ez napi 0,66 – 1,38 méter megtételét jelentik a hidegvíz-csatorna közelében. A hidegvíz-csatorna és a főépület mellett mért sebességek különbsége akár egy nagyságrendnél is nagyobb lehet. A főépület környezetében számolt naponta megtett utak a hely és idő függvényében 0,028 – 0,53 méter között ingadoznak. A telítetlen zónában vertikális, oszcilláló elmozdulásokat is tapasztalhatunk. Nagysága több nagyságrenddel kisebb, mint a telített zónában kialakult sebesség.

A talajvíz és a felszíni vizek egymásra gyakorolt hatásának értékeléséhez a telephelyre és annak közvetlen környezetére vonatkozóan extrém Duna vízállások esetén fennálló viszonyokat alkalmazó hidrológiai modellt építettünk fel. A kiugró értékeket a paksi vízmérce és a hidegvíz-csatornánál található vízmű tizenhárom éves (2000-2013) adatsorából választottuk ki. A legalacsonyabb vízszint 2011.12.03-án jelentkezett. A paksi vízmércénél 84,81 mBf szintet mértek, míg a hidegvíz-csatornánál 84,3 mBf vízszintet észleltek. A legmagasabb érték 2013.06.11-én jelentkezett. A paksi vízmércénél 94,29 mBf, míg a hidegvíz-csatornánál 94,01 mBf.

Extrém alacsony Duna vízállás esetén a folyamatok követik az alacsony vízállás során definiált folyamatokat, azaz a Halastavaktól a Duna felé keleti áramlás, a hidegvíz-csatorna felé pedig észak-nyugati áramlás figyelhető meg. A jelenlegi erőmű területéről észak-keleti, a tervezett erőmű területéről keleti áramlás figyelhető meg, míg a nyugati löszplató felől keleti irányba áramlik a hidegvíz-csatorna felé a talajvíz. Ez azt jelenti, hogy alacsony Duna vízállás esetén a halastavak forrásként, míg a Duna és a hidegvíz-csatorna nyelőként viselkednek.

Extrém magas Duna vízállás esetén a folyamatok ugyan követik a magas vízállás során definiált folyamatokat, de a visszaduzzasztás sokkal erőteljesebb. A Duna telephely melletti déli részén nyugati irányú duzzasztó hatás figyelhető meg a Halastavak felé. A hidegvíz-csatorna keleti oldalán délkeleti duzzasztó hatás figyelhető meg szintén a Halastavak

irányába. A hidegvíz-csatornától délre az övcsatornánál találkoznak a nyugatra és keletre (nyugati löszplató felől) tartó áramlások. A hidegvíz-csatorna nyugati oldalán (bővítési terület) észak-nyugati áramlás figyelhető meg, mely a nyugati löszplató felől érkező délkeleti áramlással találkozáva lecsillapodik. Ebben az esetben a Duna és a hidegvíz-csatorna képezi a forrás tagokat, míg a halastavak, illetve az övcsatorna pedig a nyelő tagokat.

A modell sebességterét olyan helyekkel kapcsoltuk össze, amelyek esetén feltételeztük, hogy az adott hely, például blokkok alatti terület, technológiai rendszerek, csővezeték adott szakasza trícium forrásként funkcionálhat. A trícium lencse számolása során feltételeztük, hogy a kiválasztott helyeken, a trícium talajba kerülése miatt mindig meghatározott, a terheletlen területre jellemzőnél magasabb koncentráció alakulhat ki. Az ezeken a helyeken feltételezett és a mérési adatokhoz illesztett kezdeti feltételként bevitt trícium mennyiségének további terjedését számolta a modell. A kezdeti feltételként adott tríciumlencsét egy, az időben változó (tranzien) számolást megelőző, időben állandósult állapotnak megfelelő egyenleteket megoldó „steady state” szimulációból kaptuk. A tríciummal kapcsolatos számolások esetén elsősorban a főépület környezetére koncentráltunk. Az elérési idő a főépület és a hozzá legközelebb eső talajvízfigyelő kutak között 1-6 hónap, míg a főépület és a Duna között 12-20 év, Duna vízállástól függően. Ezeket az adatokat a modellszámításon kívül nagyérzékenységtű trícium és oldott héliumizotópokból számolt  $^3\text{H}/^3\text{He}$  vízkorokkal validáltuk.

### **Rétegvíz**

Paks környékén a felső-pannon összlet porózus szintjei rétegvizeket tárolnak. A rétegvizek átlagos mennyisége 1,0-1,5 l/s/km<sup>2</sup>. A megcsapolt felső-pannon vízadó rétegek mélysége 60–229 m között változik. A kutak nyugalmi vízszintjei – létesítésük idején – rendre az adott terepszint felett álltak be, tehát pozitív nyomású kutakról beszélhetünk. A nyomásszintek mértéke +0,1 – +6,7 m között változott. A fajlagos vízhozamok 5,2–87,7 l/perc/m értékek között mozogtak, a kitermelt vizek hőmérséklete 14–23°C között változott a vízadó rétegek mélységétől függően.

A fentiek alapján a felső-pannon üledékes összlet sekély rétegvizei valószínűleg több, egymástól független önálló hidraulikai rendszert képeznek. A nyomásviszonyok alapján kommunikáció csak a rétegvizek felől a talajvíz felé lehetséges.

A rétegvizek minősége elsősorban a vízadó rétegek anyagi összetételétől függ. A vizek alapvíz típusa általában kalcium–magnézium–hidrogén karbonátos, a pH lúgos. Az összes oldott anyag tartalom általában nem éri el az 1000 mg/l-es koncentrációt. A mélyebb rétegekből származó vizek általában több oldott sót tartalmaznak. A klorid-ion tartalom (10–190 mg/l) a mélység függvényében növekszik. A vizek gyakorlatilag szulfátmentesek. A jelentős vas és mangán tartalom miatt a víz kezelésére van szükség.

A Csámpa-pusztai vízbázis látja el a Paksi Atomerőművet ivóvízzel. A jelenlegi állapot szerint 4 darab termelő és 3 darab tartalék kút alkotja a vízkitermelő és megfigyelő rendszert. A termelő kutak összhozama 800 m<sup>3</sup>/nap körül ingadozik, ami Paks II. építési szakaszában körülbelül 1400-1500 m<sup>3</sup>/napra emelkedik az előzetes számítások alapján. A növekmény kb. 650 m<sup>3</sup>/napot tesz ki. Az elmúlt 10 évben (2004 és 2013 közötti időszak) a kitermelés mértéke csökkenő tendenciát mutat, aminek következtében mind a nyugalmi, mind az üzemi vízszintek emelkedtek. Meghatároztuk a termelő kutak környezetében kialakuló áramlási irányokat, az 50 éves elérési idejű pályákat, illetve a megnövekedett kitermelés hatására kialakuló depressziós tölcéseket. A vízbázis hidrológiai modellje alapján kizárt a Paksi Atomerőmű alóli talajvíz eljutása a Csámpa-pusztai vízbázisba, ez ugyanis egy feláramlási terület, tehát a nyomás a mélységgel nő. A rétegvizekben található esetleges frissvíz komponens jelenlétét nagy pontosságú laboratóriumi kontrol-mérésekkel is kizártuk, mind a csámpai, mind pedig az erőmű területén található rétegvízutaknál.

## **14.2 PAKS II. LÉTESÍTÉSÉNEK ÉS ÜZEMELÉSÉNEK HATÁSA A FÖLDTANI KÖZEGRE, ILLETVE A FELSZÍN ALATTI VIZEKRE**

A tervezési szakaszban komolyabb, nagyobb volumenű munkálatokra, így az ezekkel járó hatásokra sem kell számítani a földtani közeget illetően. Csak fakivágások és a közműhálózat áthelyezésével járó kisebb földmunkák várhatók. A beruházási és a felvonulási területen is több talajvíz-megfigyelő kút található, ezek megszüntetéséről/áthelyezéséről gondoskodni kell.

Az új létesítmények alapozásához létesülő munkagödörökből kikerülő talajok általában hulladéknak minősülnek, de elhelyezésük az építési területen biztosítható. A humuszos rétegek kezelésére előzetesen humuszmentesítési tervet kell készíteni. A szelektíven letermelt humuszos termőréteg a beruházási területen depóniába kerülhet és parkosításra

később felhasználható. Egy másik lehetőség, hogy elszállítva az építési területről egy hasonló adottságú területen, termőréteg vastagításra hasznosítják. Az előkészítő munkálatok hatása semleges. Az építkezés során a humuszos talajok kitermelésének hatása egyszeri, időben jól lehatárolható. A jelenlegi eltemetett állapotban lévő humuszos talajok hasznosulnak, így ez a hatás javítónak mondható.

Az alapozási munkagödörök, rézsűk, felvonulási utak létesítésével a talajok kiporzása is előtérbe kerül. Ez a hatás csak a felszíntől számított 20 cm-es mélységig érvényesül. A munkagödörök által feltárt talajok átlagos mértékadó szemcsemérete 0,1–0,3 mm között változik, ezért ezek a talajok szemcseösszetételüknél fogva kiporzásra hajlamosak. A talajok kiporzása különösen a száraz, meleg nyári időszakban jelentkezik. A téli félévben az alacsonyabb hőmérséklet és magas relatív páratartalom miatt a jelenség nem számottevő. A talajok kiporzása, mint hatás a levegő minőségét tekintve kedvezőtlen, különösen a földmunkák szűkebb környezetében, a hatásterület a munkagödörök méreteitől függ. A kiporzás jelensége időszakos, csak a nyitott munkagödörökhöz kapcsolódik, a kedvezőtlen hatás locsolással, illetve a szállító útvonalak kavicsal való felszórásával csökkenthető.

Az alapok munkagödreinek állékonyosságát – a talajvízszint felett – leginkább az intenzív csapadékhullás veszélyezteti. A homokos talajok igen erózió érzékenyek, ezért a munkagödörök megfelelő állapota csak a csapadékvizek szakszerű elvezetésével biztosítható (árkok, aknák, talajstabilizáció, szádfalazás).

A beépítések területén a létesítmények súlyából adódóan, a rétegerhelés növekedése várható. A növekvő rétegerhelés következménye a talajok fokozatos tömörödése, kompakciója. Az egyenletes szemcseméretű homokos üledékek térfogata már a lerakódás után – a szemcsék egyszerű átrendeződése útján akár 20 %-kal csökkenhet. Legnagyobb mértékben a szervesanyag-tartalmú, finomszemű pelites üledékek nyomódnak össze, míg legkevésbé a durvább szemű törmelékeny üledékek (homokos kavics) tömörödnek. A beruházási területen ezek a képződmények mind megtalálhatók, de a létesítmények terhelő hatása elsősorban a homoküledékeket érintheti. Az alapozások hatása az altalajra semleges hatásnak vehető, sőt egyes talajfizikai tulajdonságok (pl. tömörség, víz vezetőképesség) kedvezőbbé válnak. Ugyanakkor a tömörödéssel együtt járó egyenlőtlen talajsüllyedések az építmények szerkezetére károsak lehetnek.

Az új erőmű létesítése során az alapozáshoz lemélyített munkagödör víztelenítése hatással lesz a talajvízszintre, illetve a víztelenítéssel nagy mennyiségű talajvizet fognak eltávolítani, ami a Dunába kerül. A műszaki alaprajzok alapján helyeztük el a blokkok tervezett mélyalapozású épületeit, amiket inaktív cellaként (a felszín alatti vizek áramlásából kiiktatott cellák) vettünk figyelembe a létesítés utáni állapotban. A műszaki adatok alapján a fentebb említett épületek alapozási mélysége 16 és 20 m között feltételezhető. A vizsgálatunk során konzervatív módon, egységesen 20 méteres mélységgel számoltunk. Az új blokkok alapozása valószínűleg nem egyszerre fog történni, ezért a modellben is külön-külön vizsgáltuk a hatásaikat (először Paks II. 1. blokk, aztán a 2. blokk).

A munkagödört, melyet inaktív cellaként vesz figyelembe a modell, drénhálózattal vettük körbe. A drénhálózaton áthaladó víz mennyisége azonos a víztelenítés miatti eltávolítandó víz mennyiségével. A gyakorlatban valószínűleg szükség lesz egyfajta védőfal vagy szádfal elhelyezésére a munkagödör peremén, aminek a visszatöltődés fékezésében, illetve a rézsű fizikai stabilizálásában lesz majd szerepe. A modellben a munkagödört fallal vettük körbe, melynek mélysége néhány méterrel meghaladja a munkagödör 20 méteres mélységét.

A telephely teljes területén található megfigyelő kutakban mért éves vízszintingadozások átlagos értéke valamivel több, mint 3 méter. A telephely északi részén, az építési és felvonulási területen található monitoring kutakban mért éves vízszintingadozások átlagos értéke pedig valamivel több, mint 4 méter. A hatásterület lehatárolásához, a munkagödör víztelenítésének hatását, a telephely összes monitoring kútjában észlelt éves vízszintingadozások átlagos értékével (~3,12 m = 3 m) definiáltuk.

A jelenlegi erőmű északi oldalának közvetlen környezetében 3-3,5 méter leszívás értékek adódnak. Ez nagy valószínűséggel nem okozhat a főépület északi oldalánál statikai problémákat, mivel az épület súlya alatt a talaj az évek során konszolidálódott, illetve jelenleg is érik legalább ekkora hatások a Duna vízszintingadozásának köszönhetően. A második blokk alapozási munkagödreinek víztelenítése folyamán kisebb vízszintcsökkenés észlelhető, mivel a 2. blokkhoz tartozó létesítmények alapterülete kisebb. A hatásterület nem nyúlik el a jelenlegi blokkok északi határvonaláig, így semmilyen hatás nem várható a meglévő blokkok területén. Ugyanakkor az első blokk alapozásánál figyelembe kell venni a második blokk víztelenítésének hatását.

Az alapozási munkagödörök víztelenítése okozta depressziós tölcser "magához húzza" a környezetéből a vizet, amivel a legmobilisabb szennyezőanyag, a trícium is mozog. A trícium csóva alapállapotban a hidegvíz-csatorna irányába, észak-északkeleti irányban áramlik. A víztelenítés hatására a csóva északi irányt vesz fel.



A telephely hidrológiai modelljéből egyértelműen levonható az a két következtetés, hogy a víztelenítésnek csak igen korlátozott hatása van (néhány 10 méter átmérőjű hatásterület), valamint a talajvízbe kerülő bármely szennyező anyag, csak közvetett útvonalon (talajvíz→Duna) juthat a szomszédos országokba. A talajvízbe bármilyen szennyezőanyag kijutása normál üzemben nem engedélyezett. Általában is elmondható, hogy még üzemzavar esetén is, a talajvízbe kikerülő szennyezők mennyisége, csak töredéke a tervezett folyékony kibocsátásnak, így ez országhatáron áterjedő hatást nem okoz, illetve hibahatáron belül nem módosítja az egyébként meghatározó légköri terjedésből származó hatásokat.

A telephely módosított (kiegészítve az új blokkok, meleg- és hidegvíz-csatorna bővítések, egyéb épületek helyzetével, melyek módosíthatják a jelenlegi áramlási viszonyokat) hidrológiai modelljéből származtatott áramlási pályák, elérési idők bemutatása a Duna jellegzetes kisvízi, középvízi és nagyvízi vízszintjeihez igazítottan történt. A modellfuttatások permanens állapotot mutatnak be, ami azt jelenti, hogy a Duna vízszintje állandó az üzemelés egész periódusa során. Paks II. önálló üzemelése 2037-től 2090-ig terjed. Valószínűleg az egyes üzemelési periódusok között lesz átfedés. Paks II. hatása a talajvíz áramlási irányára illetve sebességére csak a mélyalapozású épületek alatti térfogatban, illetve közvetlen környezetében figyelhető meg. Az építmények oldalán eltérítődik az áramlás, de az uralkodó iránya így is a hidegvíz-csatorna felé vezet. Az építmények alatti térfogatban pedig az áramlás sebessége megnő, mivel az agyagosabb réteg és az alapok között kisebb térfogaton keresztül tud áramlani a víz. Az irányok kisvízi és középvízi Duna vízállásoknál nem térnek el az előbb említett iránytól, csak a sebességek változnak, mégpedig úgy, hogy kisvíznél alakulnak ki a legmagasabb sebességek a hidegvíz-csatorna irányába. Hangsúlyozzuk, hogy a permanens modellfuttatások pesszimista becslések és 53 évre vonatkoznak. Olyan kis- és nagyvizek soha nem tudnak kialakulni a Dunán, hogy akár fél évnél tovább tartsanak, mivel a folyó vízhozama és vízszintje állandóan változik.

A számolt áramlási pályák és a technológiai rendszerek feltételezett elhelyezkedése alapján, javaslatot tettünk a monitoring rendszerhez tartozó talajvíz figyelő kúthálózat telepítési helyeire. A monitoring kutakat úgy kell elhelyezni, hogy bárhol is történik ellenőrizetlen szivárgás a talajvízbe, vagy esetleg a telítetlen zónába, a monitoring rendszer ezt nagy biztonsággal képes legyen detektálni, az elérhető legrövidebb időn belül és jóval a szennyező Dunába kerülése előtt. A kutak kialakításánál figyelembe vettük, hogy a két erőmű hatása egyértelműen elkülöníthető legyen, illetve azt, hogy az elsődlegesen érintett réteg, az első vízrekesztő feletti talajvíz zóna. A kúthálózatot két csoportra bontottuk: azonnal megvalósítható, illetve a blokképületekhez közel eső kutakra, melyeket az alapozási és utólagos tereprendezési munkálatok lezárulta után célszerű kialakítani. A rétegvíz kutaknál figyelembe kell venni, hogy egy fűrésztéchnikai hiba, illetve a rétegvíz nyomásszintjének drasztikus csökkenése, még együttes hatással se válthassa ki az esetleges szennyezők vízbázisba migrálását. Mivel sem a létesítési, sem pedig a későbbi üzemeltetési fázisban e kutak lényegi többletinformációt nem szolgáltatnak, így rétegvíz kutakat csak korlátozott számban javaslunk telepíteni.

Mivel normálüzem esetén a két új blokkból, illetve a négy régi és két új blokkból együttesen kibocsátott radionuklidok messze nem növelik a Duna vizének összes alfa aktivitását 0,1 Bq/dm<sup>3</sup>, az összes béta aktivitását pedig 1 Bq/dm<sup>3</sup> aktivitás-koncentrációval, az egyetlen mérhető hatással bíró izotóp a trícium lesz. A két blokk maximum 0,96 Bq/dm<sup>3</sup>-el, míg az együttesen üzemelő négy régi és két új blokk 2,14 Bq/dm<sup>3</sup>-el képes a Duna trícium aktivitás-koncentrációját megemelni kisvíz esetén. Összehasonlításként, a jelenlegi csapadék trícium aktivitáskoncentrációja 0,5-2 Bq/dm<sup>3</sup> az ivóvízkorlát pedig 100 Bq/dm<sup>3</sup>, tehát nincs számottevő hatással sem a Dunára, sem a részben Duna-vizet hasznosító parti szűrésű vízbázisokra, a hatásterület nem értelmezhető.

### 14.3 ÜZEMZAVAROK, HAVÁRIÁK

Mivel az egyes forgatókönyvek a radioaktív szennyező anyagok talajvízbe jutását nem valószínűsítik, így a talajvizek elszennyezése csak közvetett formában lehetséges: Légköri kihullás, illetve kimosódás a talajfelszínre → majd terjedés a telítetlen zónában a telített zóna eléréséig. Ennek a folyamatnak nem lesz hatása a talajvízre a talaj nagy szorpciókészsége, illetve az izotóp-specifikus, akár több száz éves elérési idő miatt (a leszivárgási idő még tríciumra is néhány évtől, 10 éves tartományba eshet). Ugyanakkor az is igaz, hogy a telített zóna esetleges elérése után, a jellemző áramlási viszonyok miatt a talajvíz (és az azzal együtt mozgó anyagok) végső befogadója a Duna lesz. Mivel azonban az elérési idők a telephely és a Duna között még a talajvízzel együtt áramló tríciumra is 12-20 éves tartományba esik, az esetleges események kezelésére, kármentesítésére elegendő idő áll rendelkezésre, még mielőtt a kikerült szennyezőanyagok elérhetnék a Dunát. Így a parti szűrésű vízbázisokra ez az esemény nem lesz hatással.

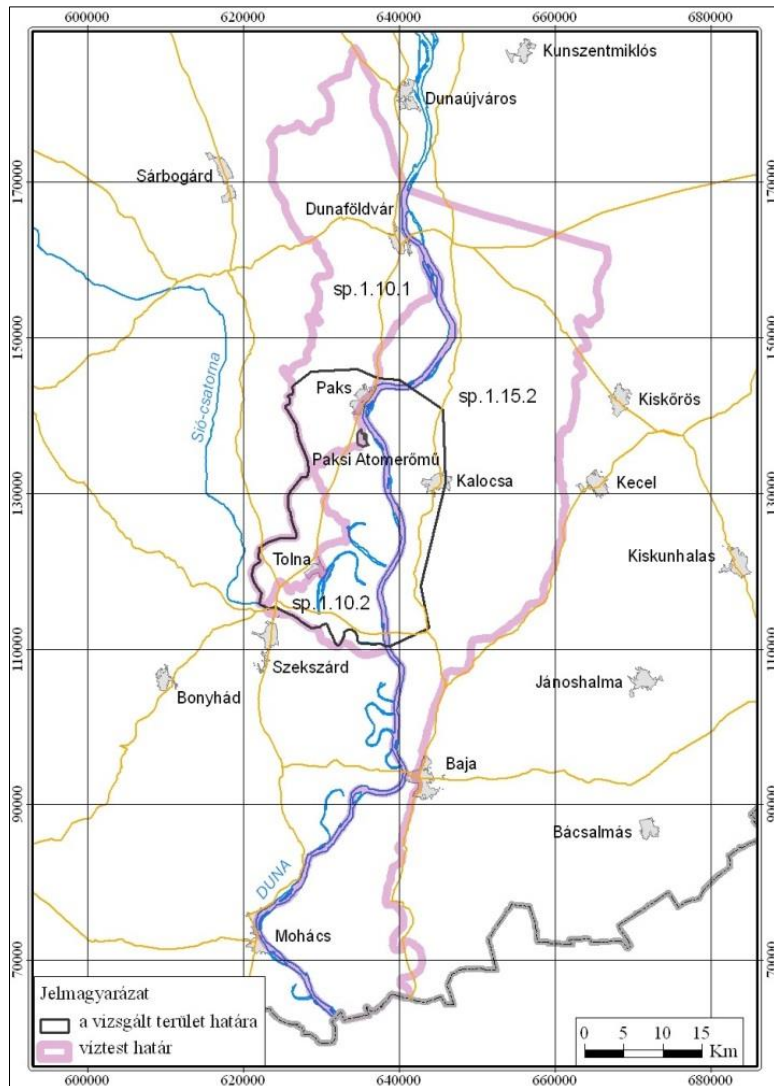
Az új blokkok tervezett területén a legvalószínűbb potenciális szennyező forrásként a vegyszerek tárolása, a transzformátorok olajtartalma, illetve a gázolajtárolás nevesíthető.

Az olajszennyezők terjedését alapvetően 4 folyamat határozza meg, az advektív transzport, a diszperzió, a szorpció, illetve a biodegradáció. Amíg a szivárgási tartományban az olajbeszivárgás befejeződése után csak a talajszemcsékhez adszorbeált (viszonylag kis mennyiségű) olajtartalom marad, addig a kapillaris sávban a szabad olajmennyiség feldúsul és mozgását korlátozza a kapillaris erő hatása. Míg a szivárgó sávban viszonylag gyorsan mozog az olaj, addig a kapillaris sávban hónapok múlva, sőt évek múlva is maradhat nagyobb olajmennyiség. Az olajlencse legnagyobb terjedési sebessége a jellemző földtani közegben maximum a  $10^{-8}$  m/s tartományba eshet. Az üzemi terület kb. 1000 méterre van a Duna part éltől, tehát a migráló olajlencse kb. 3000 év alatt érne el a Dunát. Mivel az olajszennyezők vízben kevésbé oldódnak (20-80 mg/l) a direkt talajvizes transzport nem lesz meghatározó tényező, bár az is 12-20 év múlva érheti el a Dunát. Az olajszármazékokra a jellemző biodegradációs felezési idő 1-2 éves tartományba esik (megfelelő oxigéntartalom biztosítása mellett), így a feltételezett olajlencse lehatárolására és kármentesítésére elegendő idő áll rendelkezésre mielőtt elérné a Dunát.

A nagy mennyiségben használt (raktározott) vegyszerek a következők: Bórsav (szilárd formában és meghatározóan a konténmenten belül), hidrazin, ammónia, nátrium-hidroxid, kálium-hidroxid, sósav és salétromsav. A lefejtő állomás úgy lesz kialakítva, hogy a vegyszerek lefejtésénél ne lehessen vegyszerszivárgás, elfolyás. Annak érdekében, hogy vegyszerek ne kerülhessenek ki a környezetbe havária események kapcsán, megfelelő kármentő medencék lesznek kialakítva, így ezek talaj, talajvíz terhelésével nem kell számolni.

## 15 FÖLDTANI KÖZEG, FELSZÍNI ALATTI VÍZ A DUNA-VÖLGYBEN

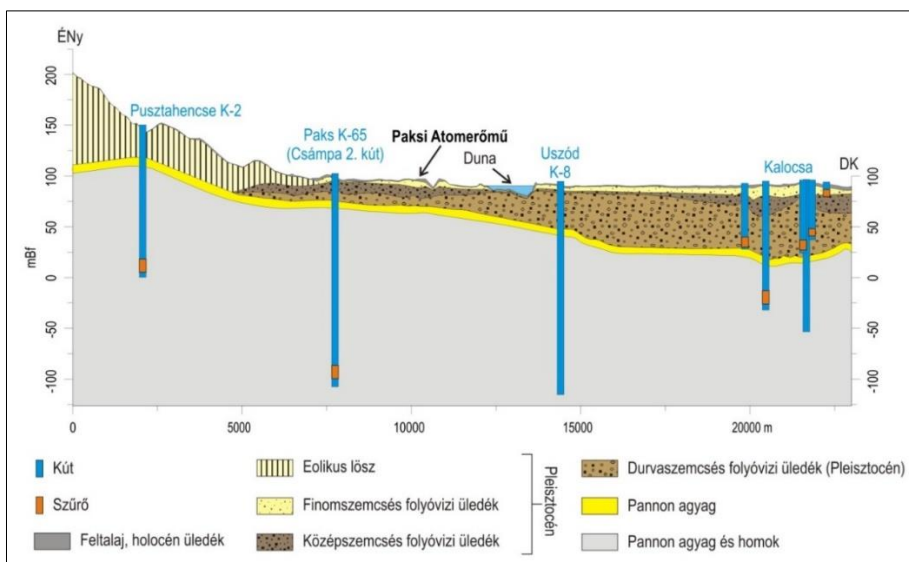
A felszín alatti vizek védelméről szóló 219/2004. (VII.21.) Korm. rendelet 2. sz. mellékletének 2. c) pontja szerint a Paksi Atomerőmű környezete a felszín alatti víz állapota szempontjából érzékeny területnek számít. Paks II. hatása azonban a Duna-völgy hidrogeológiai adottságai miatt a telephelyen kívüli felszín alatti vízre csak közvetett módon, a Dunán keresztül terjedhet.



74. ábra: Az érintett víztestek és a vizsgált terület kapcsolata

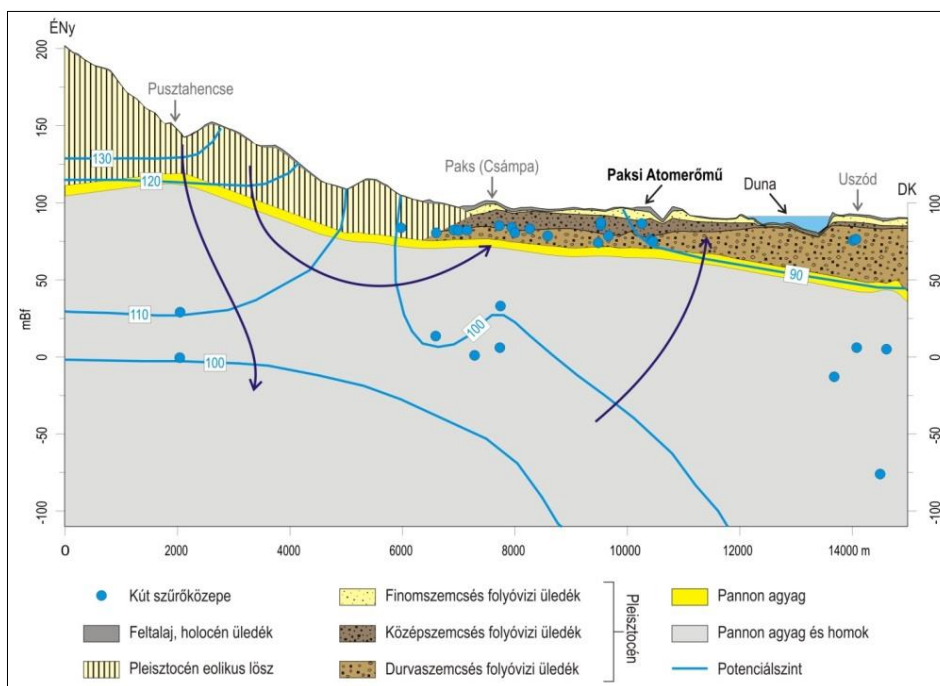
A Duna folyó és a talajvízrendszer kapcsolata sokrétű, a Duna a vízjárásától függő, különböző módon és mértékben hat a talajvízre.

A Duna völgyében a talajvizet a pleisztocén, holocén korú dunai alluviális, kavicsos, homokos öszlet tárolja. A talajvíz általános áramlási iránya a domborzat lejtését követi, a Duna jobb partján ÉNy-ről DK felé mutat, míg a bal parton az áramlás K-ről Ny felé történik. A legmagasabb talajvízszinteket Pakstól Ny-ra a lösz platón találhatjuk. A hidraulikus gradiens a Mezőföldtől a Duna felé jelentősen csökken.



75. ábra: ÉNy-DK irányú hidrogeológiai szelvény a vizsgálati területen keresztül

Természetes potenciál viszonyok között a Duna megcsapolója a háttér felől érkező felszín alatti vizeknek. A Duna a talajvizek vízszint változásaihoz képest igen gyors szintváltozásaival vezérli a partmenti talajvizek szintjét. A nyomásterjedés természetes szivárgási körülmények között csak ritkán jár a talajvíz tartó rétegbe történő tényleges beáramlással. A dunai nyomáshullám a talajvizeket jellemzően inkább visszaduzzasztja, mint visszanyomja a rétegbe.



76. ábra: Potenciál szelvény a Paksi Atomerőműn keresztül

A területen a Paksi Atomerőmű és a vízügyi igazgatóságok által üzemeltetett monitoring rendszerekben mért vízszint idősorok értékelése alapján a Duna hidrodinamikai hatásterülete a jobb parton a legnagyobb árhullámok esetén a parttól kb. 1 000 m-re, a bal parton 1 200 m-re húzódik.

A Duna hidrodinamikai hatásterülete azonban nem egyezik meg a Dunából származó szennyezőanyagok elterjedési területével. Az év nagy részében a háttér felől a Duna felé szivárog a talajvíz, a Duna megcsapolja a talajvíztartót. A Dunából víz természetes állapotban csak a meredek árhullámok során szivárog a talajvíztartó összletbe. A víz csak addig mozog a háttér felé, amíg a Duna vízállása ezt a fordított áramlási rendszert fenntartja.

Azokon a szakaszokon, ahol termelő kútsor üzemel a part mellett, a termelés hatására a Duna felől történő áramlás állandóvá válik.

Üzemelő partiszűrős vízbázis a vizsgált területen csak egy van, a Duna bal partján található, Kalocsa vízellátását biztosító Foktő-Barákai (Kalocsa-Barákai) vízbázis. Egyelőre elvi létesítési engedéllyel rendelkezik, vagyis lekötött vízbázis a Gerjen Észak távlati vízbázis, ahová a Szekszárd vízellátását biztosító vízművet tervezik.

A Paksi Atomerőmű alatti Duna szakasz földtani felépítésének köszönhetően nagy mennyiségű, jó minőségű partiszűrős vízkészlettel rendelkezik. Ennek megfelelően az állam potenciálisan kiaknázzható vízkészletként kezeli ezt a vízmennyiséget. A vízkészletet hosszútávon védendő, ún. távlati vízbázisokat jelöltek ki, amelyeknek a védőterülete meghatározásra került a 123/1997 (VII.18.) Korm. rendelet szerint. A vízbázisok területe a jogszabály szerint fokozottan érzékeny terület. A vizsgálati területen található távlati partiszűrős vízbázisok esetében a potenciálisan kitermelhető vízben a Duna víz részarányát 50 % körüli mennyiségnek becsülik.

A Duna hidrodinamikai hatásterülete nem egyezik meg Paks II. felszín alatti vízre gyakorolt hatásának területével. A telephelyi és a Duna felszíni víz modellezés eredményei azt mutatják, hogy se az üzemelés során, se üzemzavarok esetén, a Dunán nem terjed tovább olyan szennyezőanyag, amivel a közvetett hatások vizsgálatánál számolni kellene.

Paks II. közvetett hatása a Duna-völgy talajvizeire a Duna hőhatásán keresztül nyilvánul meg.

A part menti talajvizek hőmérsékletét a Duna évszakosan változó hőmérséklete befolyásolja. A hőátadás módja és mértéke a mederben elfolyó és a felszín alatt áramló vizek között a mindenkori hidrológiai és hőmérsékleti állapotok eredményeként alakul. A természetes állapotokat módosítja a Paks II. által kiváltott hőterhelés. A felszín alatti vízben a jövőben, térben és időben bekövetkező változásokat numerikus hidrodinamikai és hőtranszport modellezéssel vizsgáltuk.

A felszíni vizekkel ellentétben a jogszabályok nem rendelkeznek a talajvíz hőmérsékletének felső értékéről, ami elérése esetén a talajviztest rossz állapotúvá minősítendő, ezért Paks II. hatását az okozott hőmérsékletváltozás ( $\Delta T$ ) alapján ítélik meg. Alapállapotnak a Paks II. működése nélküli (2014) állapotot tekintjük. A hatást 2032-re a Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes, és 2085-re Paks II. (első blokk leállításkor) önálló működése esetére vizsgáltuk. A Duna hőmérsékleti paramétereit ezen időszakokra a Duna felszíni víz modellezés eredményei szolgáltatták.

A hatások vizsgálatánál a konzervatív becslés, tehát a nagyobb biztonságra törekvés miatt a szélsőséges hidraulikai eseteket (nyári tartós kisvízi állapotot, és nyári kisvíz után érkező árhullám levonulását) vizsgáltuk.

Konklúzióként megállapíthatjuk, hogy Paks II. közvetett hatása még konzervatív becslés esetén sem eredményez monoton, tartós vízhőmérséklet emelkedést a talajvízrendszerben. A talajvíz néhány °C hőmérséklet emelkedése is csak nyári időszakban, tartós kisvízi hidraulikai helyzetben jöhet létre. A hidrodinamikai modellezés szerint a legnagyobb terhelés időszakában, a Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes működése (2032.) esetén a melegvíz bevezetés közelében, a Duna élővízfolyása által legjobban befolyásolt felszínhez közeli rétegekben, a legrosszabb esetben is csak 2,8 °C talajvíz hőmérséklet emelkedés várható. A vizsgálati terület határán, a Sió-csatorna vonalában ugyanekkor néhány tized °C hőmérséklet-emelkedés valószínűsíthető.

Paks II. önálló üzemelése esetén (2086) ezek az értékek a jelenlegi alapállapottal közel azonos nagyságúra csökkennek. A hőmérséklet-emelkedés a Sió-csatorna vonalában már nem mutatkozik.

A víztermelő telepek szempontjából kiemelt fontosságú homokos-kavicsos rétegekben a hőmérséklet emelkedés lényegében az alig kimutatható mértékű, 1 °C alatt marad.

*Jelenlegi ismereteink szerint a talajvíz hőmérsékletében történő néhány °C hőmérséklet emelkedés nem okozza a víztestek minőségi állapotának változását. Nem okoz kárt sem a természetes rendszerekben, sem a vízművek által termelt rétegekben. A vízművek termelésére káros hatással nincsen.*

## 16 ZAJ ÉS REZGÉS

### 16.1 ZAJ- ÉS REZGÉSTERHELÉS ALAPÁLLAPOTI MÉRÉSEK

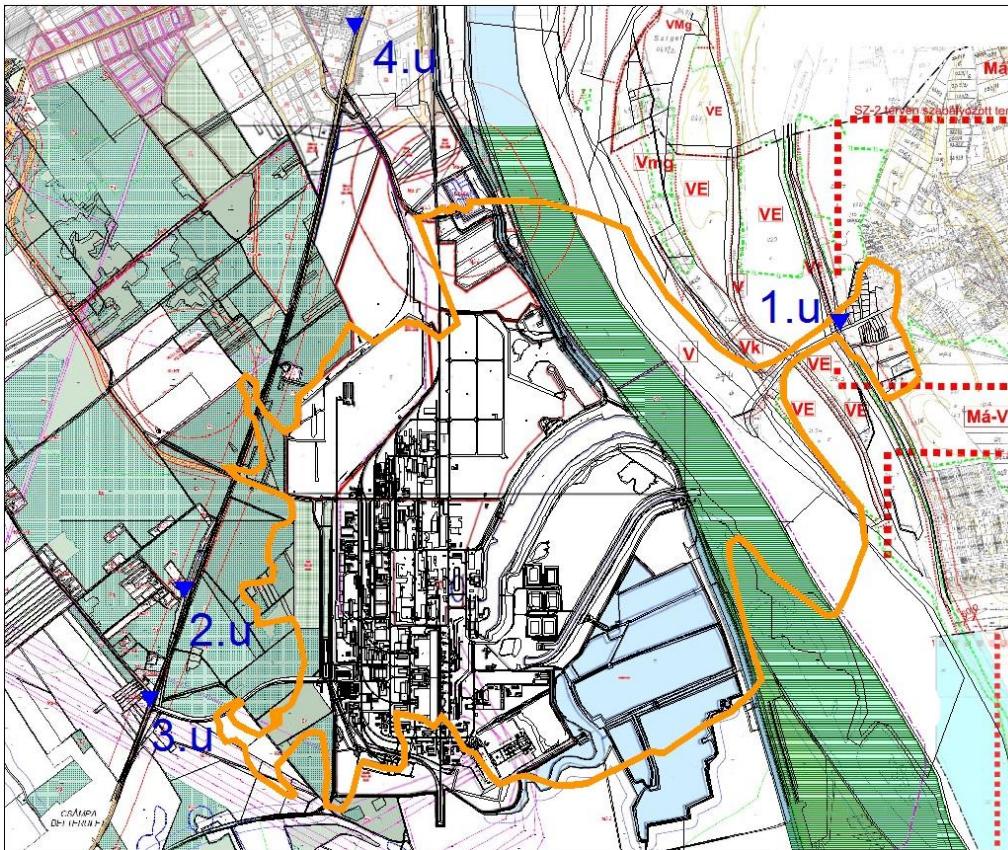
Az erőmű környezetében vizsgált közlekedési zajterhelésekről általánosan elmondható, hogy a lakott területek mellett elhaladó forgalmas utak közlekedési zajkibocsátása igen jelentős, a közlekedés által érintett területek környezeti zajhelyzetét egyértelműen a forgalom eloszlása és sűrűsége határozza meg. A közlekedéssel érintett, vagy forgalmasabb utakhoz közeli lakóterületek alapzajterhelése több esetben is meghaladja a területre érvényes zajterhelési határértékeket. A leginkább forgalmas időszakok a hajnali 5 óra és reggeli 8-9 óra közötti időtartam és a délutáni 15.00-18.00 közötti időtartam, ezek között a forgalom a legtöbb mérési ponton enyhül, és az éjszakai időszakra többségében le is áll. Így zajterhelések és a határérték túllépések is ezekhez a csúcsponti időszakokhoz köthetők. A forgalmas útszakaszoktól mentes Duna-parti lakóházak környezetében az alapzajterhelés mindenhol a megengedett zajterhelési határértékek alatt van.

A beruházás létesítésével kapcsolatban vizsgált összes rezgésmérési pontra elmondható, hogy a rezgésforrástól származó rezgés és Paks II. várható hatásterületén lévő rezgésforrások által indukált közúti és vasúti közlekedési rezgés, rezgésterhelés növekedést okozott. Az alapállapotú rezgésterhelés vizsgálat során mért összes adat kiértékelését követően megállapítható, hogy a mérési/megítélési időre vonatkozó rezgésterhelés mind a három ortogonális irányban kisebb a rezgésterhelési határértéknél, valamint rezgésterhelés legnagyobb értéke mind a három ortogonális irányban kisebb a rezgésvizsgálati küszöbértéknél.

### 16.2 PAKS II. LÉTESÍTÉSÉNEK HATÁSA ÉS HATÁSTERÜLETE

A védendő területekre, illetve védendő építményekre vonatkozóan a zajterhelési határértékek az üzem területén, ill. a távvezetékek mentén végzett építési tevékenység mindegyik fázisában tarthatóak. Az M6-os út melletti védendő pontoknál a zajterhelési határértékek mind az alapterhelés, mind a Paks II. létesítéséből adódó közlekedési forgalom 0,6-0,8 dB zajterhelés növekménnyel együtt tarthatóak. A 6-os út melletti védendő pontoknál a számítási eredmények (és az alapállapotú mérések is) a jelenlegi alapállapotban határérték túllépést igazolnak. A Paks II. létesítéséből adódó közlekedési forgalmnövekmény az alapállapot értékeit várhatóan 0,8-2,1 dB-lel emeli. Az építési időszakban naponta 1 db teherszállító vonat elhaladása esetén a védendőknél a határértékek tarthatóak.

Az üzemi területen történő építés összesített hatásterülete a Paksi Atomerőmű telephelyére, a nem lakott környező területekre, a Dunára és Dunaszentbenedek község nyugati szélén fekvő lakóházaira terjed ki (77. ábra). A vezetéképítés összesített hatásterülete a vezetékektől számított kb. 70 m gazdasági területen, kb. 100-150 m zajtól nem védendő környezetben, és 120-300 m Biritó irányában. (78. ábra) A közúti közlekedésből származó zajterhelés-változás a bontási és építési időszakban 0,6-2,1 dB között alakul, tehát közvetett hatásként a beruházás építési és bontási időszakára a rendelet szerinti hatásterület közúti közlekedésre nem definiálható. A hatásterület elméleti határa egyik vizsgált településre vonatkozóan sem éri el a védendő területet vagy védendő épületet, tehát az időszakos, és kizárólag az alapozási tevékenységekhez kötődő vízszállításnak - ami csekély intenzitású, napi 1 db motorhajó 6 db tolt bárkával közlekedik - nincs hatásterülete. Védendő területen, illetve védendő homlokzatnál a létesítési időszak alatti vasúti szállításból – napi 1 db teherszállító vonat elhaladásából – eredő hatásterület nincs. Paks II. létesítéséből származóan országhatáron áterjedő zajhatás nem valószínűsíthető.



**Paks II.  
 Építkezés hatásterület  
 lehatárolása**

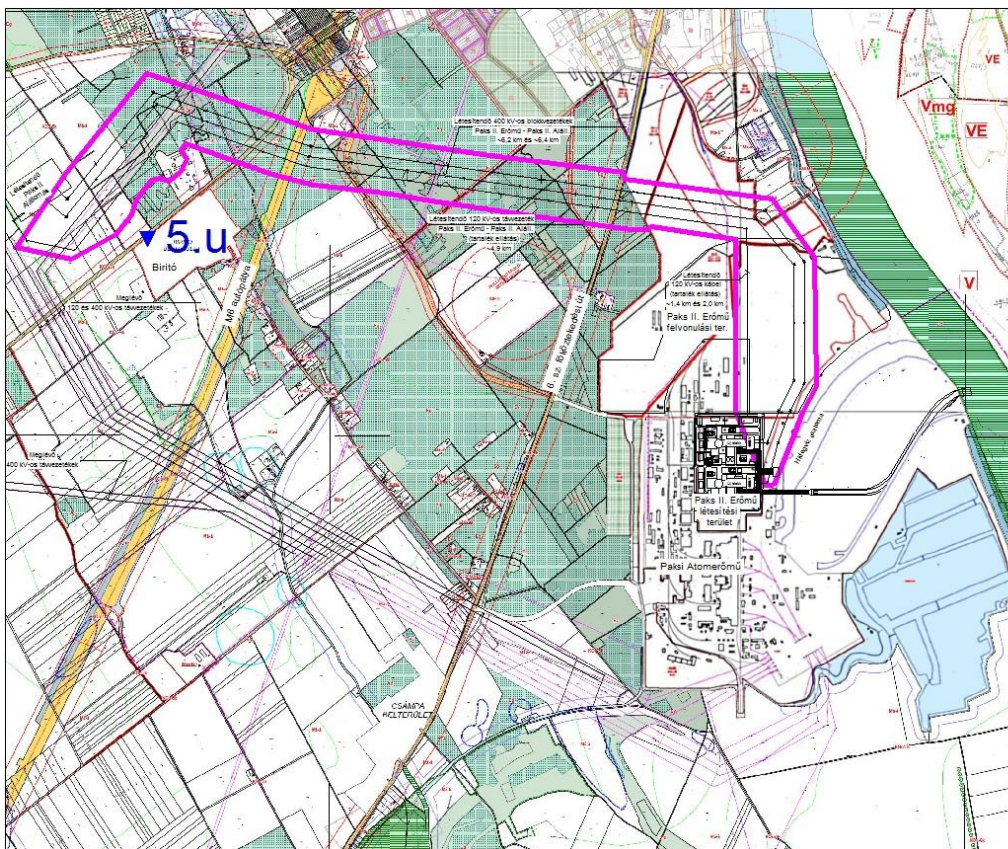
**Jelmagyarázat**  
 — Hatásterület határa  
 ▼ Védendő homlokzat



**MVM ERBE Zrt.**  
 1117 Budapest  
 Budafoki út 95.

Dátum: 2014. május 22.  
 Készítette: Fehér Zsófia  
 Ellenőrizte: Rudi Zsuzsanna

77. ábra: Az üzemi területi építés összesített hatásterülete



**Paks II.  
 Távfvezeték építés  
 hatásterület lehatárolása**

**Jelmagyarázat**  
 — hatásterület határa  
 ▼ védendő homlokzat



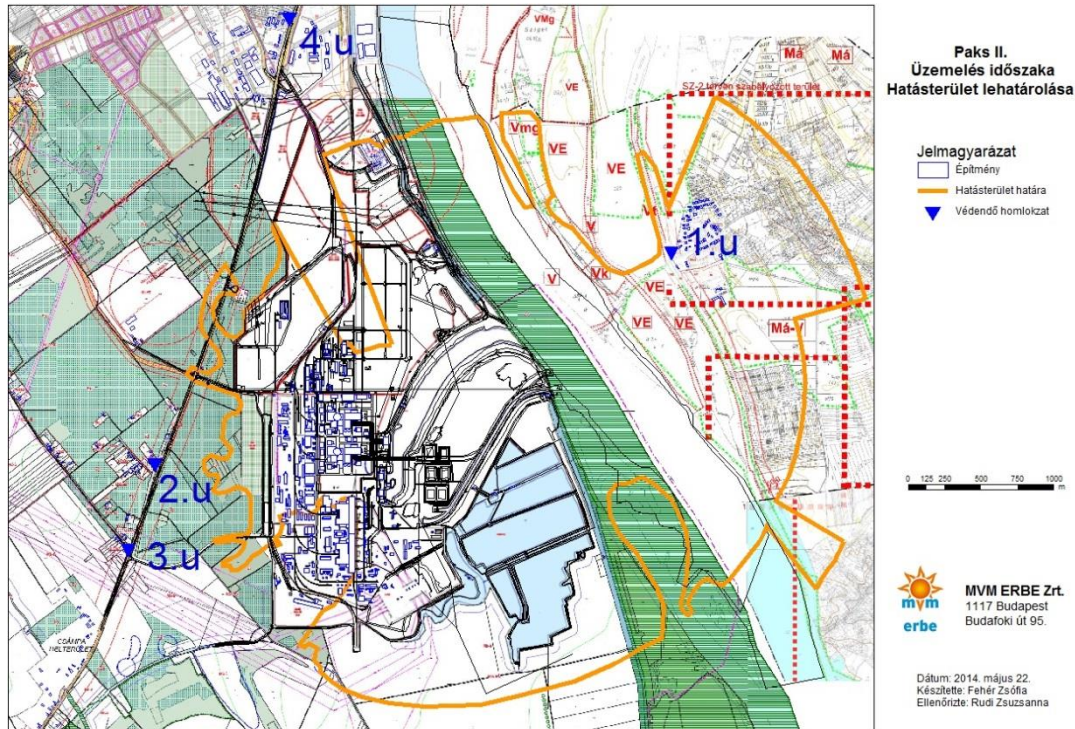
**MVM ERBE Zrt.**  
 1117 Budapest  
 Budafoki út 95.

Dátum: 2014. május 16.  
 Készítette: Fehér Zsófia  
 Ellenőrizte: Rudi Zsuzsanna

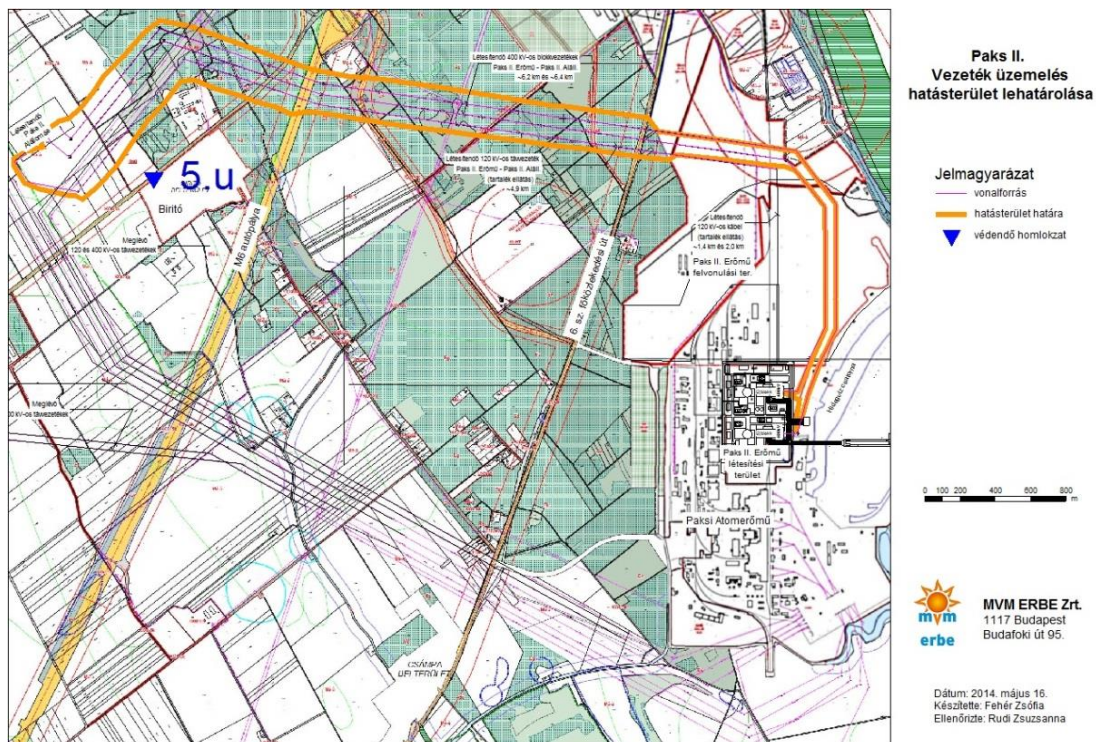
78. ábra: Távfvezeték-építés összesített hatásterülete

### 16.3 PAKS II. ÜZEMELÉSÉNEK HATÁSA ÉS HATÁSTERÜLETE

Az erőmű zajkibocsátása – a szükséges zajcsökkentési intézkedések megvalósításával – a lakott területen a területre érvényes zajterhelési határértékeken belül marad. A távvezetékek működéséből adódó zajterhelés várható mértéke a védendő homlokzatnál minimális. Paks II. üzemelése idején a járulékos közlekedési forgalomból származó forgalomnövekmény érzékelhető zajterhelés-változást nem okoz.



79. ábra: Az üzemelés hatásterülete



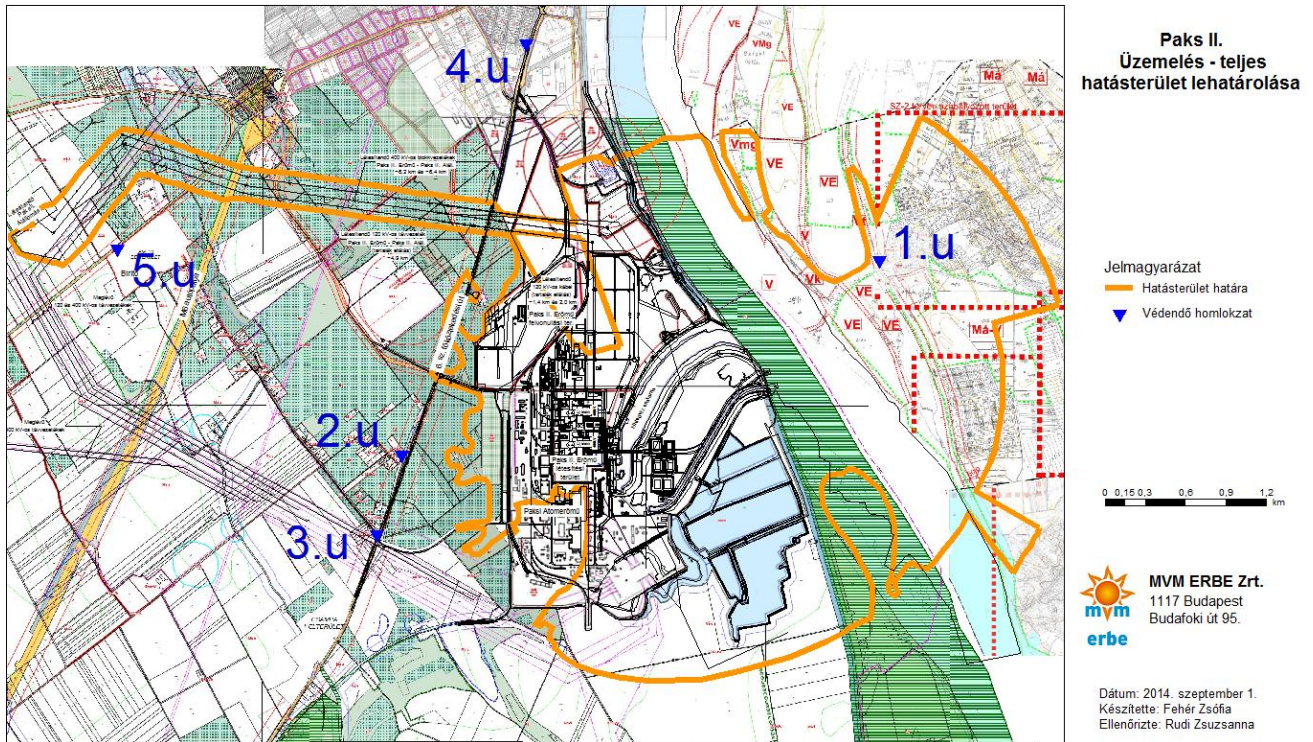
80. ábra: A távvezeték üzemelésének hatásterülete



Paks II. üzemelésének hatásterülete (távvezetékek nélkül) a Paksi Atomerőmű telephelyére, a nem lakott környező területekre, a Dunára, Dunaszentbenedek község egyes ingatlanjaira és részben Uszód ÉNy-i szegletére terjed ki (79. ábra). A távvezeték üzemelésének hatásterülete gazdasági területen közvetlenül a vezetékek alatti terület, nem védett területeken a vezetékektől mért kb. 40-70 m, Biritó irányában max. 80 m. (80. ábra) Közvetett hatásként a beruházás üzemelési időszakában jelentkező járulékos közlekedési zajterhelésre hatásterület nem definiálható. Paks II. üzemeléséből származóan országhatáron áterjedő zajhatás nem valószínűsíthető.

## 16.4 PAKS II. ÜZEMELÉSÉNEK TELJES HATÁSTERÜLETE

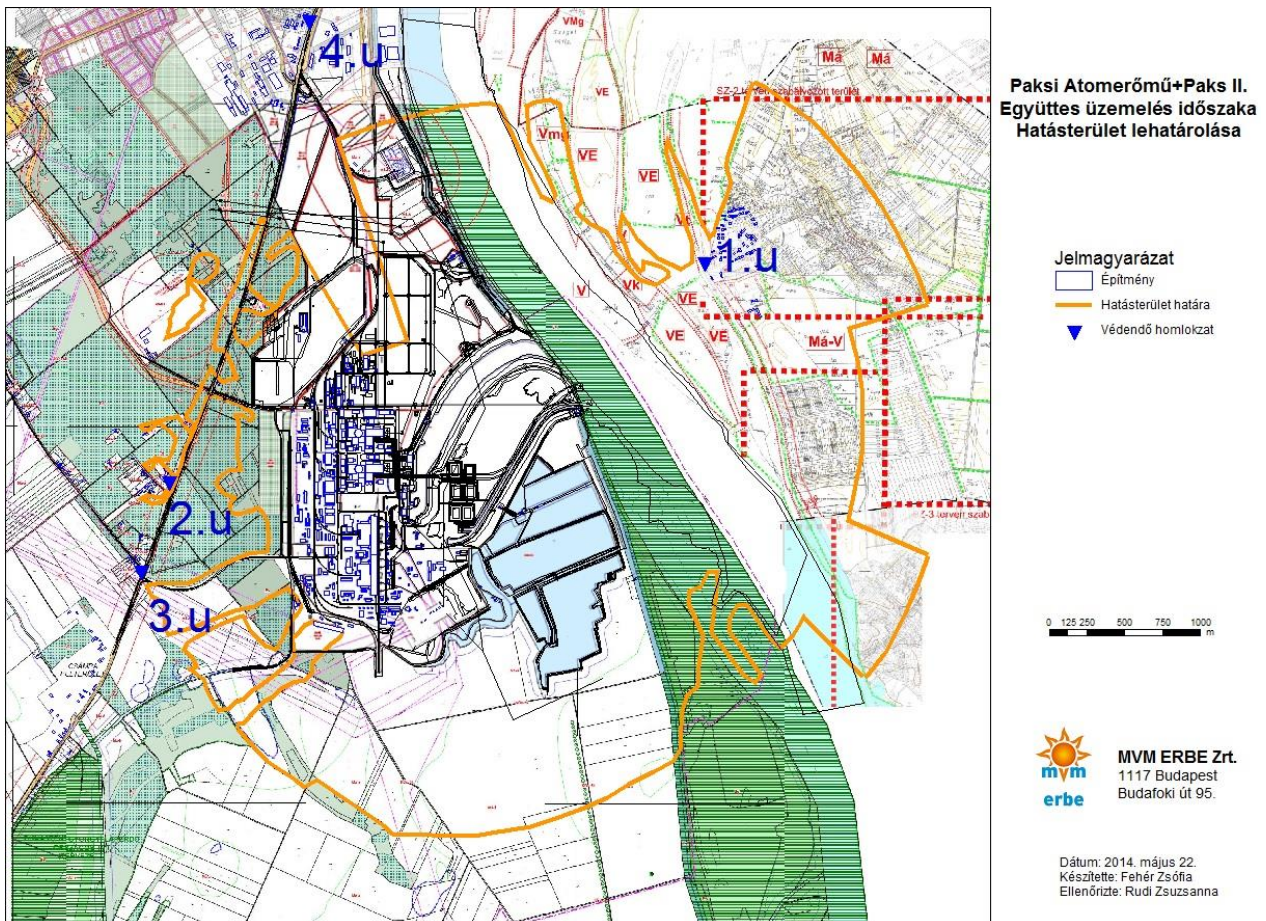
Az üzemelés teljes hatásterülete a közvetlen és közvetett hatások területeinek együttese, melyet a 81. ábra mutat be.



81. ábra: Az üzemelés teljes hatásterülete

### 16.4.1 PAKS II. ÉS A PAKSI ATOMERŐMŰ EGYÜTTES ÜZEMELÉSÉNEK HATÁSA ÉS HATÁSTERÜLETE

Paks II. és a Paksi Atomerőmű együttes működéséből származó zajterhelés várható mértéke – a szükséges zajcsökkentési intézkedések megvalósításával – a védendő homlokzatoknál a területre érvényes zajterhelési határértékekben marad. A Paksi Atomerőmű és Paks II. üzemelésének együttes hatásterülete (távvezetékek nélkül) a Paksi Atomerőmű telephelyére, a nem lakott környező területekre, a Dunára, Dunaszentbenedek és Uszód község egyes ingatlanjaira terjed ki. (82. ábra)



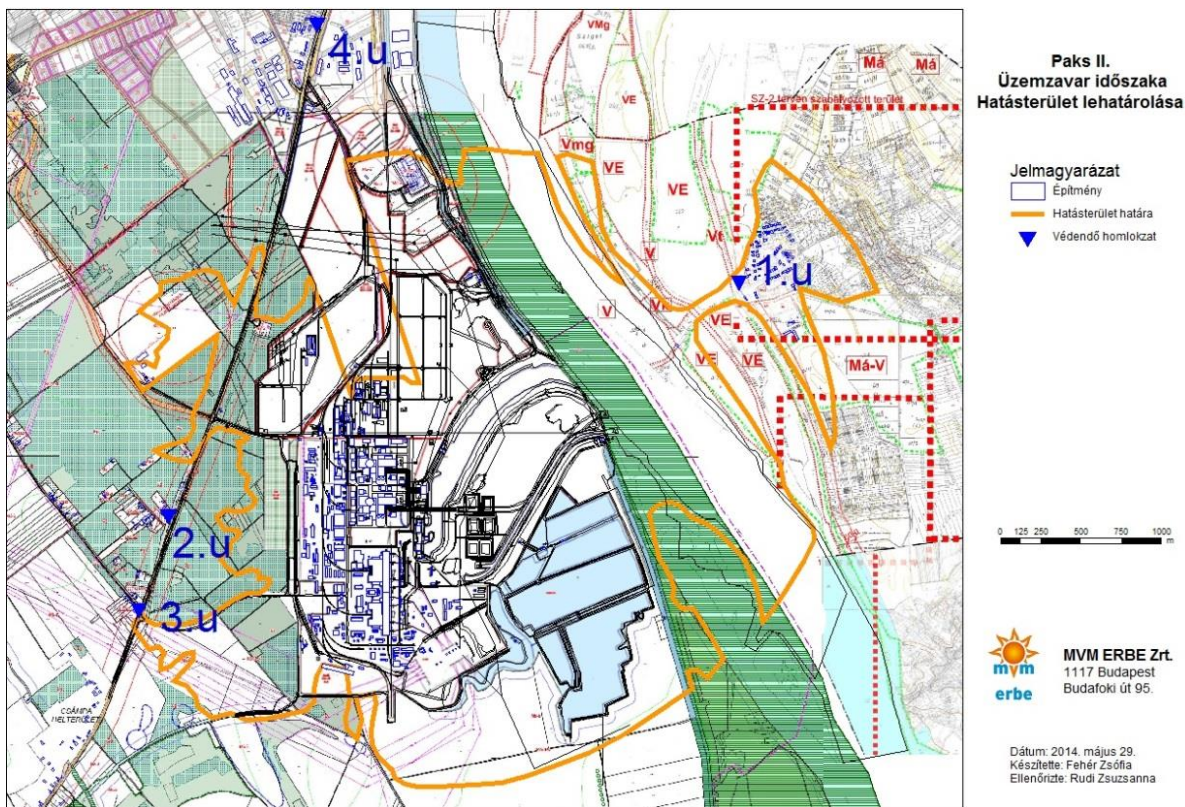
82. ábra: A Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes hatásterülete

A jelenlegi erőmű személyzetének nagyságához viszonyítva a tervezett erőműét, ez utóbbi kisebb, ezért a működéséből adódó közlekedési zajterhelés is várhatóan alacsonyabb lesz, ami nem érzékelhető mértékű forgalom-növekedést és hatásterületben nem kimutatható változást okoz. Paks II. önálló, illetve a Paksi Atomerőművel együttes üzemeléséből származóan országhatáron áterjedő zajhatás nem valószínűsíthető.

## 16.4.2 HAVÁRIÁK HATÁSA ÉS HATÁSTERÜLETE

Az üzemi zajkibocsátás szempontjából a normál üzemeléstől jelentős eltérés a nagyon kis gyakoriságú tervezési üzemzavar esetén következik be. Ezt az esetet a külső villamosenergia-ellátás kiesése jellemzi. Ilyenkor a dízel generátorok indításával biztosítják a biztonságos leállításhoz szükséges fogyasztók ellátását.

Az erőmű zajkibocsátása üzemzavar idején lakott területen a területre érvényes zajterhelési határértékeken belül marad. Paks II. üzemzavar hatásterülete a Paksi Atomerőmű telephelyére, a nem lakott környező területekre, a Dunára, és Dunaszentbenedek község egyes ingatlanjaira terjed ki. (83. ábra)



83. ábra: Paks II. üzemzavar hatásterülete

## 16.5 FELHAGYÁSI TEVÉKENYSÉG HATÁSA ÉS HATÁSTERÜLETE

Az erőmű területén végzett felhagyási tevékenység végzése során a védendő területekre, illetve védendő építményekre vonatkozó zajterhelési határértékek tarthatóak. A felhagyási időszak közvetlen hatásterülete a Paksi Atomerőmű telephelyére, a nem lakott környező területekre, a Dunára és Dunaszentbenedek község nyugati szélén fekvő lakóházaira terjed ki. Hatásterület közötti közlekedésből származó zajterhelés növekedésre nem definiálható.

## 17 LEVEGŐ

### 17.1 ALAPÁLLAPOT VIZSGÁLATOK

A terület alapállapotának jellemzése céljából 2012-2013 évben alapállapot méréseket végeztünk a telephely környezetében. A mérések alapján meghatároztuk a terület légszennyezettségi alapállapotát, majd ez alapján a terület terhelhetőségét.

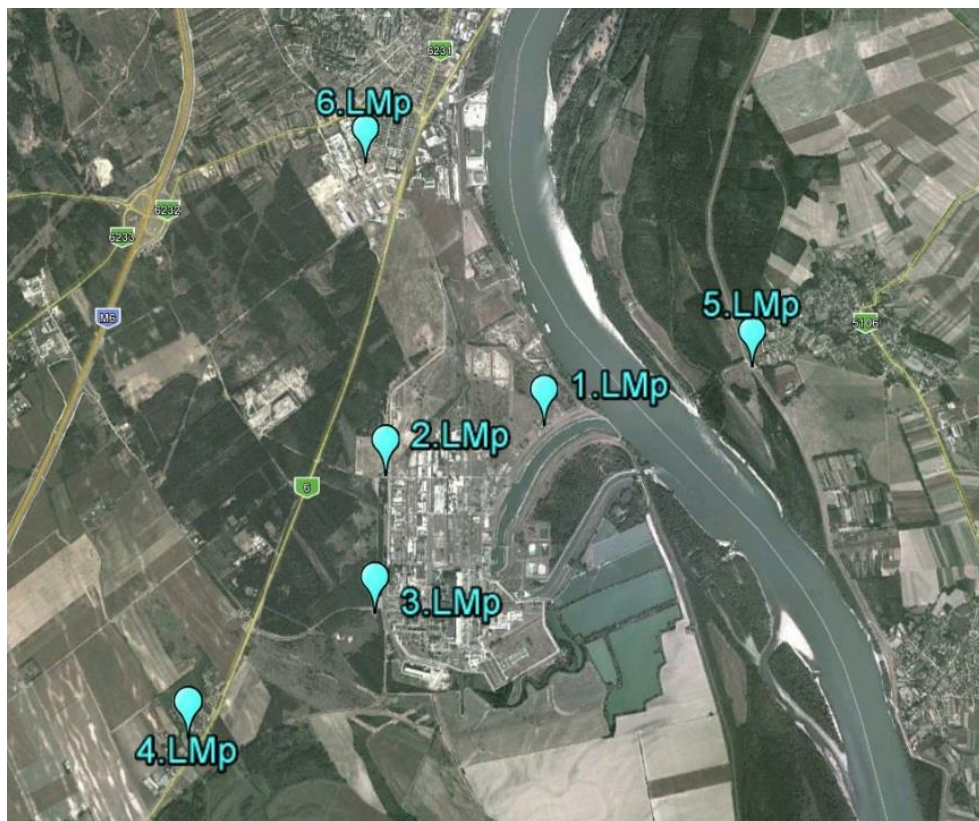
A légszennyezettségi alapállapot meghatározására kijelölt mérési pontok az alábbiak voltak:

- ❖ a telephelyen 1 ponton (1. Lmp - Erőmű fejlesztésre kijelölt területe)
- ❖ az északi bekötőút mellett 1 ponton (2. Lmp - Északi bekötőút mellett)
- ❖ a déli bekötőút mellett 1 ponton (3. Lmp- Déli bekötőút mellett, Meteorológiai Állomás)
- ❖ Paks-Csámpa településen, a 6-os főút melletti lakóingatlanoknál 1 ponton (4. Lmp - Csámpa, Kis utca)
- ❖ a Duna bal partján 1 ponton (5. Lmp - Dunaszentbenedek, 2/3 Gátórház)
- ❖ Paks városban, a Kölesdi út környezetében 1 ponton (6. Lmp - OVIT telep, Dankó Pista u. 1.)

A mérési pontok helyének kiválasztásánál elsődleges szempont volt, hogy a mérési pontok a szerződés műszaki mellékletében rögzített helyszínekhez minél közelebb legyenek, másodlagos szempont volt, hogy a mérésekhez használt eszközök áramellátása és vagyonbiztonsága megoldható legyen.

### A mérési pontok elhelyezkedése

A kijelölt mérési pontok elhelyezkedése az alábbi Google Earth felvételen azonosítható.



84. ábra: A légszennyezettségi mérőpontok elhelyezkedése

A 2012.január 24. és 2013. március 28. között mért NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, TSPM, üledő por, O<sub>3</sub> koncentrációk alacsonyak voltak, a PM<sub>10</sub>-re vonatkozó határérték-túllépések a megengedett szint alatt maradtak.

A mérési eredmények alapján elmondható, hogy a környezeti levegő minősége SO<sub>2</sub>, CO légszennyező anyagok esetében kiváló, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> és O<sub>3</sub> tekintetében jó.

A mérési eredmények kiértékelése alapján meghatároztuk a terület terhelhetőségi értékeit a levegő védelméről szóló 306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet 2. § 40. pontjának megfelelően.

A levegő terhelhetőségi szintjét a légszennyezettségi határérték és az alap levegőterheltség különbsége adja, az alábbiak szerint.

Légszennyező anyag	Alap levegőterheltség	Órai légszennyezettségi határérték	Terhelhetőség
	(µg/m <sup>3</sup> )		
Kén-dioxid (SO <sub>2</sub> )	2	250	248
Nitrogén-dioxid (NO <sub>2</sub> )	24	100	76
Nitrogén-oxidok (NO <sub>x</sub> )	30	100	70
Szén-monoxid (CO)	525	10 000	9 475
Szálló por (PM <sub>10</sub> )	27	50	23
Szálló por TSPM	35	200	165

52. táblázat: A 2012. évi alapállapot mérések összefoglaló értékelése

## 17.2 PAKS II. LÉTESÍTÉSÉNEK ÉS MŰKÖDTETÉSÉNEK KÖZVETLEN HATÁSAI ÉS HATÁSTERÜLETEI

Paks II. létesítésével és üzemeltetésével kapcsolatban a légkörbe kerülő nem radioaktív szennyezőanyagok eloszlásának becslésére, a levegőminőség előrejelzésére és a hatásterületek meghatározására Gauss típusú modellt alkalmaztunk.

A konzervatív becslésekhez a területre jellemző éghajlati adatokat, *átlagos*, illetve *legjellemzőbb* értékeket vettünk figyelembe.

Valós meteorológiai adatbázissal egy teljes évre végeztünk modellszimulációkat, óránkénti kibocsátásokat figyelembe véve. A szimulációkhoz a pontbeli meteorológiai adatokat részben a Paksi Atomerőmű telephelyén található 120 m magas meteorológiai mérőtorony adatai szolgáltatták. A paksi mérőtoronyból a szélirány és szélesség értékek álltak rendelkezésünkre. A szimulációkhoz szükséges egyéb meteorológiai adatokat (melyek a toronymérések alapján nem álltak rendelkezésre) a szabadon hozzáférhető GFS (Global Forecasting System) numerikus előrejelzési modell (<http://www.emc.ncep.noaa.gov/GFS/doc.php>) output mezőiből állítottuk elő. A GFS modell output mezők 0,5 × 0,5 fokos térbeli és 3 órás időbeli felbontásban érhetők el.

A szimulációkhoz a 2011. év meteorológiai adatait vettük figyelembe, mivel ebben az évben többször fordult elő a szennyezőanyagok terjedése és hígulása szempontjából kedvezőtlen időjárási helyzet (pl. ún. hideg légpárna helyzet tartós fennállása 2011. novemberében), ezáltal az eredmények felülbecslést jelentenek.

A modellezésekhez rendelkezésre álltak az építési munkálatokkal kapcsolatos helyhez kötött forrásokra (pont, illetve területi forrásokra) vonatkozó kibocsátási adatok, valamint a beszállításokkal kapcsolatos kibocsátási adatok. A tereprendezés és alapozás időszakára a megmozgatott földmennyiség is számítható volt.

Az üzemeltetés időszakára a megadott pontforrások és beszállítások általi kibocsátásokat vettük figyelembe.

A terjedés szimulációkat a szén-monoxid (CO), a nitrogén-oxidok (NO<sub>x</sub>) a szénhidrogének (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) és a szálló por (PM<sub>10</sub>) esetére végeztük el.

A modellszimulációk során a különböző időszakokra, különböző kibocsátásokra vonatkozóan határoztuk meg a kibocsátások hatására kialakuló koncentráció mezőket, határérték túllépéseket és hatásterületeket.

A vizsgálatokhoz a szükséges határértékeket a levegőterheltségi szint határértékeiről és a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről szóló 4/2011. (I.14.) VM rendelet szerint vettük figyelembe. A csak részben megfeleltethető határértékeket konzervatív módon becsültük. Ezek alapján a nitrogén-oxidok (NO<sub>x</sub>) teljes mennyiségét NO<sub>2</sub>-nek feltételeztük, mivel a határérték NO<sub>2</sub>-re adott a rendeletben. A szénhidrogének (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) teljes mennyiségét benzolnak feltételeztük, mivel a határérték csak benzolra adott a rendeletben.

A vizsgált légszennyezők hatásterületét a levegő védelméről szóló 306/2010. (XII.23.) Korm. rendelet alapján határoztuk meg.

## 17.3 A LÉTESÍTÉS KÖZVETLEN HATÁSAI ÉS HATÁSTERÜLETE

### Létesítés

A létesítés ideje alatt négy időszakot különböztettünk meg, ezek a következők: *bontás, tereprendezés, alapozás és szerkezetépítés.*

A hatásterület minden szennyezőanyag és minden munkafázis esetén a forráspontoktól számított 500 méteres távolságon belül marad valós meteorológiai adatbázissal történő számítás esetén.

Konzervatív meteorológiai adatbázissal történő számítás esetén, a létesítés ideje alatt a hatásterület minden szennyezőanyag és minden munkafázis esetén a forráspontoktól számított 1 000 méteres távolságon belül marad.

A közlekedési eredetű szennyezés hatásterülete NO<sub>x</sub> esetén az út mintegy 100 méteres környezete, a többi szennyező esetén hatásterület nem mutatható ki. Az üzemelés ideje alatt a közlekedési eredetű szennyezés hatásterülete nem mutatható ki. A szennyezés mértéke éves átlagban nem haladja meg CO esetén a határérték 0,1 %-át, NO<sub>x</sub> (NO<sub>2</sub>) és C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> (benzol) esetén a határérték 10 %-át.

Rendkívül kedvezőtlen meteorológiai körülmények között a létesítés időszakában az egészségügyi határérték túllépése is előfordulhat. A legkedvezőtlenebb időjárási körülmények jellemzően a téli időszakban fordulnak elő, amikor a kivitelezés

szünetelhet, illetve a meteorológiai előrejelzések alapján szüneteltethető. Megjegyzendő, hogy hasonló kedvezőtlen (hidegpármás) helyzetekben országsszerte az egészségügyi határértékek túllépése tapasztalható.

### **Monitoring-rendszer a létesítés időszakában**

A Paks II. építési területéhez legközelebbi csámpai lakóépület 1 330 m-re, a paksi lakóépület 2 960 m-re, a dunaszentbenedeki lakóház 2 590 m-re található. A jelentős távolságok miatt e vizsgálati pontokon sem volna szükséges és indokolt a légszennyezettséget monitorozó állomások kialakítása.

Tekintettel azonban a beruházás méreteire, a kivitelezés ~10 évnyi időtartamára, a biztonságra törekvés alapján célszerű a légszennyezettség alakulásának nyomon követése a telepítési területhez legközelebb eső lakóterületeknél.

A javasolt mérési pontok az alábbiak:

- Paks-Csámpa településen, a 6-os főút melletti lakóingatlanoknál 1 ponton
- a Duna bal partján 1 ponton
- Paks városban, a Kölesdi út környezetében 1 ponton

A javasolt légszennyezettségi monitoring az alábbi:

A nitrogén-dioxid (NO<sub>2</sub>), a nitrogén-oxidok (NO<sub>x</sub>), a szén-monoxid (CO) egy óra átlagidőre integrált koncentrációjának folyamatos mérése mobil mérőállomásba telepített analizátorral.

A mérések időtartama mérőpontonként: 14 nap, évszakonként 2, évente összesen 8 alkalommal (8 x 14 nap)

A szállópor 10 µm alatti frakciója (PM<sub>10</sub>), a teljes szálló por (TSPM) szennyezettség mérése, 24 órás expozíciós idő alkalmazásával, szakaszos aktív méréstechnikával.

A mérések időtartama mérőpontonként: 14 nap, évszakonként 2, évente összesen 8 alkalommal (8 x 14 nap).

Az ózon (O<sub>3</sub>) egy óra átlagidőre integrált koncentrációjának folyamatos mérése mobil mérőállomásba telepített analizátorral.

A mérések időtartama mérőpontonként: 14 nap, évszakonként 2, évente összesen 8 alkalommal (8 x 14 nap).

Az ülepedő por szennyezettség mérése passzív méréstechnikával.

A mérések időtartama mérőpontonként: 30 nap, évszakonként 1, évente összesen 4 alkalommal (4 x 30 nap)

A légszennyezettség mérésével párhuzamosan javasoljuk a meteorológiai jellemzők (hőmérséklet, páratartalom, szélesebesség, szélirány) 1 óra időtartamban integrált értékeinek folyamatos regisztrálását is.

A méréseket akkreditált laboratórium végezheti, jóváhagyott típusú műszerekkel.

A méréseket célszerű már a kivitelezési időszak előtt egy évvel korábban megkezdeni, ezzel biztosítva a terület alapszennyezettségének viszonyítási pontként való rögzítését. A mérési programot a kivitelezés teljes időszakában javasoljuk folytatni, biztosítva ezzel az aktuális állapotok rögzítését és dokumentálását.

### **Üzemeltetés**

Az üzemeltetés időszakára a megadott pontforrások és beszállítások általi kibocsátásokat vettük figyelembe. A biztonsági rendszerek üzemzavari villamos energia betáplálását 4 db, egységenként ~7,5 MW<sub>e</sub> teljesítményű dízelgenerátor biztosítja blokkonként, a bevitt tüzelőhő egységenként 18,75 MW<sub>th</sub>. A dízelgenerátorok bármelyike képes biztosítani a szükséges villamosenergia betáplálást egy esetleges vészleállás során. A dízelgenerátorok - normál üzemi körülmények között - tervezetten csak teszt, vagy próbaüzemben működnek. A helyhez kötött légszennyező pontforrások a dízelgenerátorok kéményei. A kibocsátási idő, illetve a kibocsátott szennyezőanyag mennyisége alapján határérték túllépés egyik légszennyező esetén sem várható.

	CO	NO <sub>x</sub>	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>
max. konc. (µg/m <sup>3</sup> ):	107,2	15,3	3,8
határérték túllépés	nincs	nincs	nincs
hatásterület	nincs		

53. táblázat: A dízelgenerátorok próbaüzemének hatásai

Az üzemeltetés során végzett beszámítások hatásairól megállapítható, hogy sem valós, sem konzervatív meteorológiai állapotokkal számolva, határérték túllépés nem fordul elő, a kialakuló légköri koncentrációk igen kicsik.

### Paks II. és a Paksi Atomerőmű együttes üzemelésének hatása

A környezeti levegő 2012-2013 során mért levegőtisztasági alapterheltsége magában foglalja a Paksi Atomerőművel kapcsolatos nem radioaktív kibocsátások hatását is. Ha az alapállapotú mérések eredményeihez hozzáadjuk a Paks II. önálló hatásának modellezésénél kapott eredményeket, akkor kapjuk Paks II. és a Paksi Atomerőmű együttes hatását.

Légszennyező anyag	Alap levegőterheltség	Paks II - dízelgenerátorok próbaüzemének max órai koncentrációi	Paks II. és a Paksi Atomerőmű együttes hatása	Légszennyező határérték órás
	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
Nitrogén-oxidok ( $\text{NO}_x$ )	30	15	45	100
Szén-monoxid (CO)	525	107	632	10 000

54. táblázat: Paks II és a Paksi Atomerőmű együttes üzemeltetésének közvetlen hatása a levegőminőségre

Az eredményekből látható, hogy sem Paks II. önálló üzemelésével, sem Paks II. és a Paksi Atomerőmű együttes üzemelésével kapcsolatos nem radioaktív kibocsátások hatása a fennálló légszennyező viszonyokat érdemben nem módosítja, a lakott területekre nézve *elviselhető-semleges* minőségű lesz.

## 17.4 ÖSSZEFOGLALÁS

A részletes modellezési eredmények alapján megállapítható, hogy a létesítés hatása a telephelyre és közvetlen környezetére terjed ki, még konzervatív meteorológiai körülmények esetén is.

Sem Paks II. létesítésével és üzemelésével kapcsolatban, sem Paks II. és a Paksi Atomerőmű együttes üzemeléséből származóan országhatáron áterjedő nem radioaktív kibocsátásokból származó légszennyező hatás nem valószínűsíthető.

## 18 ÉLŐVILÁG-ÖKOSZISZTÉMA

### 18.1 AZ ERŐMŰ KÖRNYÉKÉNEK VEGETÁCIÓJA ÉS FLORISZTIKAI JELLEMZŐI

A Paksi Atomerőmű 3 km-es körzete tájszerkezeti szempontból meglehetősen heterogén. A telepített lombhullató és fenyőerdők, valamint a mezőgazdasági területek aránya jelentős. Nagyobb területet tesznek ki különböző vízfelületek és az egyre veszélyeztetettebb, értékes homoki gyepek, emellett számottevő a beépített területek aránya. Általánosan jellemző a terület degradációja, a homokpusztai gyepfoltok csökkenése, illetve eltűnése. Meghatározó a tájidegen növényfajok jelenléte, valamint az invazív fajok nagyfokú előretörése. A körzetben értékes, nagyobb egybefüggő természetes terület a Duna és partja, valamint a Dunaszentgyörgyi-láperdő.

Az ökológiai mutatók csoportrészesedését összehasonlítva megállapítható, hogy az elmúlt több mint 10 évben nem történt számottevő változás a terület flórájának jellegében. A térségben a ruderalis csoportok fajai uralkodnak a vizsgált területen, de a stressztűrők aránya is jelentős. Mindez alátámasztja, hogy a terület erős antropogén hatás alatt áll.

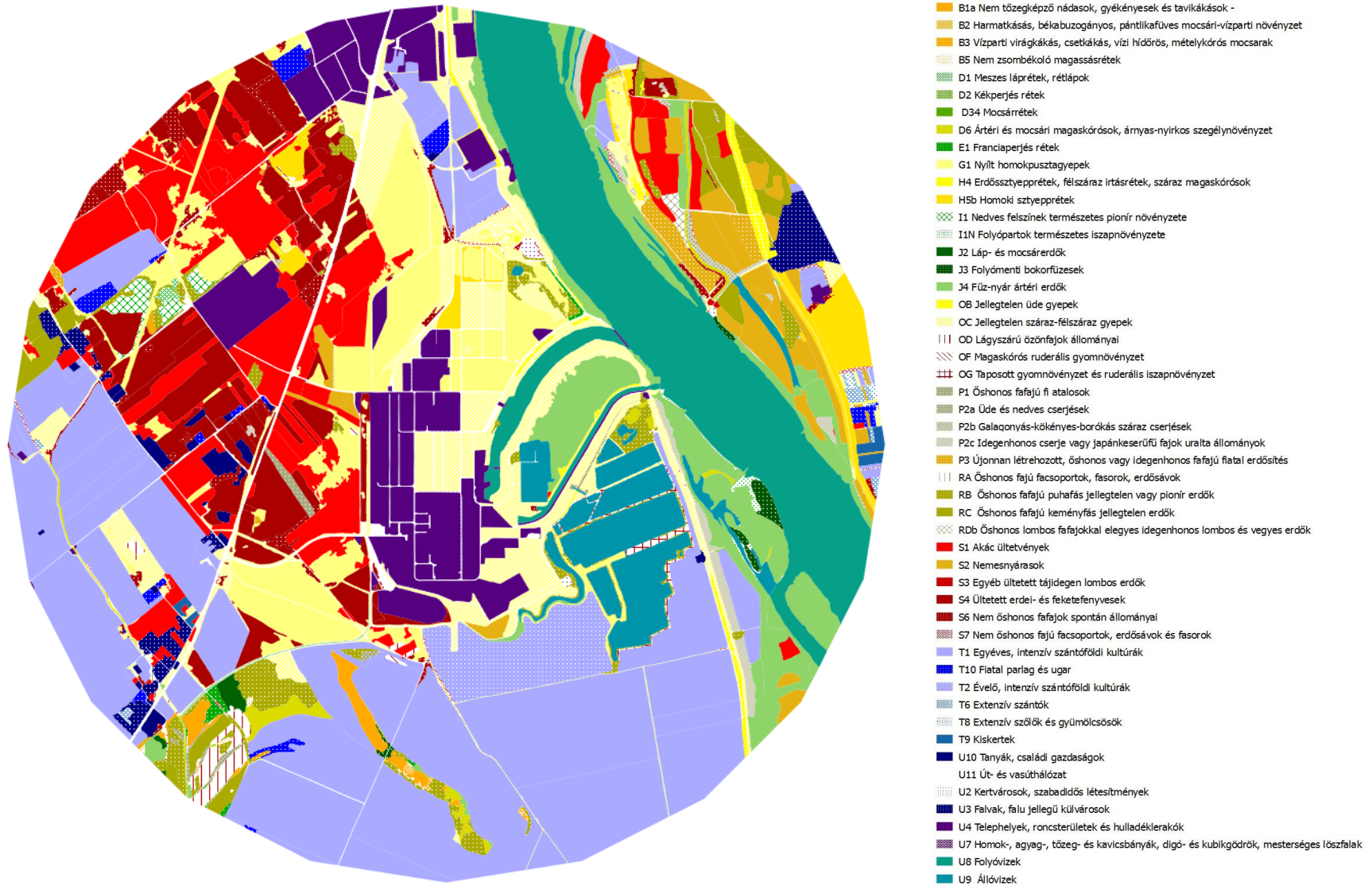
A tervezett erőmű területén jellegtelen száraz- és félszáraz gyepek találhatóak. A gyepek szinte kivétel nélkül nyírt állományok, sok gyomfajjal, és bár részben homokon találhatóak, a homoki gyepek fajai hiányoznak belőlük. Gyakori a friss bolygatás is az állományokban.



85. ábra: Degradált gyepek kőlapokkal a létesítéssel érintett területen

A felvonulási területen a legjellemzőbb növénytakarások a jellegtelen száraz- és félszáraz gyepek, a homoki sztyeprétek, az őshonos fafajú puhafás jellegtelen vagy pionír erdők és a nyílt homokpusztagyeppek. A hideg- és melegvíz-csatorna környezetében a burkolatlan részeken alacsonyra nyírt, vagy másodlagos felszínen kialakuló száraz gyepek, illetve gyomos, üde, gyeppálmányok találhatóak. A csatornák közötti szigeteket jellemzően fűz-nyár ártéri erdő borítja.





86. ábra: A Paksi Atomerőmű 3 km-es környezetének vegetációtérképe

## 18.2 NATURA 2000-ES TERÜLETEK AZ ERŐMŰ 10 KM-ES KÖRNYEZETÉBEN

A Paksi Atomerőmű 10 km-es körzetében lévő Natura 2000-es területek:

**Tolnai-Duna (HUDD20023): A 10 km-es körbe eső területe**

**Dunaszentgyörgyi-láperdő (HUDD20072): 328,03 ha**

**Paksi tarka sáfrányos (HUDD20071): 91,16 ha**

**Tengelici rétek (HUDD20070): 466,35 ha**

**Paksi ürgemező (HUDD20069): 352,14 ha**

**Közép-mezőföldi löszgyepek (HUDD20020): A 10 km-es körbe eső délkeleti néhány 10 ha-os terület**

Paks II. közvetlenül egy Natura 2000 területet érint, a Tolnai-Dunát. A tervezett rekuperációs erőmű és energiatörő műtárgy által érintett keskeny part menti sáv vízjárás által erősen befolyásolt hullámtéri ligeterdő és a gát oldalában található másodlagos, természetvédelmi értékkel nem rendelkező degradált gyepek. A Natura 2000 területen védett és jelölő növényfaj nem található. A fűz-nyár ártéri erdő lombkoronaszintjét nagyrészt fekete nyár és fehér fűz alkotja. A cserjeszintben tömeges a hamvas szeder és cserjés gyalogakác. A beruházás által közvetlenül érintett szakaszon a gyepszintben az inváziós magas aranyvessző mellett szinte kizárólag nitrofrekvens fajok dominálnak.



87. ábra: Fűz-nyár ártéri erdő a csatornák közötti szigeten

## 18.3 PAKS II. HATÁSA A NÖVÉNYVILÁGRA

### 18.3.1 A LÉTESÍTÉS HATÁSA ÉS HATÁSTERÜLETE

#### *A növényzet érintettsége*

Az építési területen a jellegtelen száraz-félszáraz gyepek a tereprendezés következtében eltűnnek. Ezen élőhelyek gyomosak, degradáltak és bolygatottak, természetességük alig haladja meg a legalacsonyabb, 1-es kategóriát. Védett fajokat a biomonitoring itt nem tárt fel. A beruházás által ugyancsak közvetlenül érintett, „Roncsterületek, telephelyek, hulladéklerakók” kategóriába sorolt területeken természetvédelmi érték nem található.

A hideg- és melegvíz-csatorna közötti terület igénybevétele és a Dunaparton a rekuperációs erőmű, illetve az energiatörő műtárgy kialakítása a jelenlegi fűz-nyár ártéri erdő fáinak részleges kitermelésével jár. Az erdő természetessége jó, gyors dinamikájú közösség, regenerálódó képessége – a vízjárási viszonyok változatlan fennállása mellett – kedvező prognózisú.

A beruházáshoz kapcsolódóan kiépülő távvezeték megvalósításakor érintett főbb növénytársulások: egyéves, intenzív szántóföldi kultúrák, jellegtelen száraz-félszáraz gyepek, nem őshonos fajok spontán állományai, akácültvények, ültetett erdei- és feketefenyvesek, gyomos, degradált nyílt homoki gyepek. Az oszlopok helyének kijelölése a természetvédelmi szempontok figyelembevételével történt, ezért az oszlopok építésénél természetvédelmileg értékes növénytársulás megsemmisülésével nem kell számolni.

#### *Az élőhelyek károsodása*

Paks II. felvonulási területén és a távvezeték építési sávjában az élőhelyek a talaj tömörödése miatt kedvezőtlenebbé válnak, az építési munkálatok során a növényzet taposásával és részleges károsodásával kell számolni. A tömörödött talaj vízháztartása is kedvezőtlenebb, a növények nehezebben küzdenek meg pl. a szárazsággal.



88. ábra: Árvalányhajás gyepek a Paksi Atomerőmű belterületén

#### Főbb érintett élőhelyek

Felvonulási terület: jellegtelen száraz-félszáraz gyepek, nyílt homokpusztagyepek, homoki sztyeprétek, őshonos fajú puhafás jellegtelen vagy pionír erdők, nem őshonos fajok spontán állományai, franciaperjés rétek.

A távvezeték nyomvonala: egyéves, intenzív szántóföldi kultúrák, jellegtelen száraz-félszáraz gyepek, nem őshonos fajok spontán állományai, akácültvények, ültetett erdei- és feketefenyvesek, nyílt homokpusztagyepek, őshonos fajú puhafás jellegtelen vagy pionír erdők, nem őshonos fajú ültetett facsoportok, erdősavok és fásorok, homoki sztyeprétek, út-és vasúthálózat

Természetvédelmileg értékesebb területek a nyílt homokpusztagyeppek és a homoki sztyeprétek. E gyepek különböző mértékben degradáltak és ez meghatározza a regenerálódó képességüket is. A természetesebb foltok jól regenerálódnak, különösen, ha van a közelben propagulumforrás, erdőfolt (őshonos fafajú). A degradáltabb gyepek nehezebben, illetve nehezen regenerálódnak. A taposás mellett az aszály és az inváziós fajok szaporodása hátráltató tényező.

#### A védett növények érintettsége

A nyílt homokpusztagyeppek és homoki sztyeprétek élőhelyeken potenciálisan érintett fajok:

Az erőmű területén: pusztai árvalányhaj (*Stipa pennata*), homoki árvalányhaj (*Stipa borysthena*), homoki imola (*Centaurea arenaria*), kisvirágú habszegfű (*Silene borysthena*)

A távvezeték nyomvonalán: homoki imola (*Centaurea arenaria*), fényes poloskamag (*Corispermum nitidum*), pusztai árvalányhaj (*Stipa pennata*), homoki árvalányhaj (*Stipa borysthena*), kései szegfű (*Dianthus serotinus*), kisvirágú habszegfű (*Silene borysthena*)



89. ábra: Kései szegfű (*Dianthus serotinus*)

A létesítés növénytársulások és védendő növényfajok szempontjából vizsgált közvetlen hatásterülete a beruházással érintett felvonulási területre, az összes kapcsolódó építési területre (beleértve a szigetet és Duna-partot is), valamint a távvezeték nyomvonalai építési sávjára terjed ki. A vegetációra ható folyamatok közvetett hatásterülete a beruházással érintett felvonulási területre, az összes kapcsolódó építési területre és közvetlen környezetére (beleértve a szigetet és Duna-partot is), a Paksi Atomerőmű területének néhány 100 m-es környezetére (max. 500 m, Ny-i és D-i irányban kb. 300 m), valamint a távvezeték nyomvonalai építési sávjára, és annak további max. 100 m-es környezetére terjed ki. Paks II. létesítésnek botanikai szempontból országhatáron áttérjedő hatása nincsen.

### 18.3.2 AZ ÜZEMELÉS HATÁSA ÉS HATÁSTERÜLETE

Az üzemelés időszakában az erőmű létesítményekkel sűrűn beépített területén parkosított környezetben ültetett gyepek, illetve másodlagos, degradált gyepek kialakítása, kialakulása valószínűsíthető. A felvonulási területen a beruházás megvalósítását követően regenerálódott felszíneken, a kerítéssel körbevett, továbbiakban megfelelő, tájmegőrző gazdálkodással fenntartott részeken a természetes vegetáció zavartalanul fejlődhet, védett növényeknek nyújthat menedéket. A beruházáshoz kapcsolódó távvezeték üzemelési időszakában a vezeték biztonsági övezetében a művelési módokban korlátozások kerülnek előírásra. Az erőmű vízszintingadozást és hőmérsékletváltozást okozó hatása a parti növényzetre kimutatható hatást nem gyakorol. Az erőműből származó közvetett hatások, pl. légszennyező anyagok ülepedésének hatása botanikai szempontból elhanyagolhatók.

Az üzemelés közvetlen hatásterülete a növénytársulások és védendő növényfajok szempontjából Paks II. teljes területére (felvonulási terület is), a távvezeték biztonsági sávjára az energiatörő műtárgy és a rekuperációs erőmű

környezetére terjed ki. Az üzemelés növénytársulások és védendő növényfajok szempontjából vizsgált közvetett hatásterülete gyakorlatilag megegyezik a közvetlen hatásterülettel, illetve potenciálisan érintett lehet a légszennyezés hatásterületével megegyező terület is. Az üzemelésnek botanikai szempontból országhatáron áttérjedő hatása nincsen.

### 18.3.2.1 Üzemzavarok, balesetek hatása és hatásterülete

A telephelyen lokálisan fellépő üzemzavarok, balesetek nem érintenek természetvédelmileg értékes növényborítottságú területeket. A nem radioaktív kibocsátással járó haváriák sorában a tűzesettel járók az érintett terület kiterjedésének arányában a növényzet károsodását, megsemmisülését jelentik. A Dunával kapcsolatban lévő vizekre, vízrendszerekre vonatkozó haváriák a Duna parti sávjában tenyésző növények és növénytársulások károsodását okozhatják. A nem radiológiai szempontú havária eseti kibocsátásoknak botanikai szempontból országhatáron áttérjedő hatása nincsen.

### 18.3.3 A FELHAGYÁS HATÁSA ÉS HATÁSTERÜLETE

Az erőmű üzemelési időszaka alatt regenerálódott növényzet és élőhelyek érintettségével kell számolni a bontási területeken, illetve a növényekre por ülepedhet ki, a munkagépek szennyezőanyagai kerülhetnek a levegőbe. A bontáshoz kapcsolódó élőhelyi károsodás potenciális forrása az invazív fajok terjedésének. A rekultiváció mértéke szabja meg, hogy az élővilág milyen mértékben veszi újra birtokba a területet. Az erőmű területe összességében azonban elég kicsi ahhoz, hogy jelentős környezetváltozást okozzon a felhagyása. A távvezetékek nyomvonalának területe erősen kitett a gyomosodásnak és az invazív fajok behatolásának, melyek a legnagyobb veszélyt jelentik az őshonos homoki élőhelyekre. Az erőmű felhagyása esetén a fentebb részletezett negatív hatások megszűnnek.

## 18.4 PAKS II. HATÁSA AZ ÁLLATVILÁGRA

### 18.4.1 A LÉTESÍTÉS HATÁSA ÉS HATÁSTERÜLETE

Paks II. létesítése sok közvetlen hatással jár a faunára. A vizsgált Duna-szakasz vízi makroszkópikus gerinctelen fajainak 37 %-a invazív faj. A védett fajok között 3 vízcicsiga, 4 kagyló, 2 szitakötő és 1 kérész faj védett. Kiemelt közösségi jelentőségű faj, a tompa folyamkagyló (*Unio crassus*), amely a Tolnai-Duna Natura 2000-es jelölőfaja, és amely országos védettséget is élvez. Jelenléte többszörösen bizonyított, de populáció nagyságáról és populációdinamikájáról az érintett területen igen keveset tudunk. Ezért fontos lenne a jövőben célzott monitorozással nyomon követni a tompa folyamkagyló populációk alakulását a kérdéses szakaszon. A sárgás szitakötő (*Gomphus flavipes*) nagyobb folyók alsó szakaszainak indikátor faja, Natura 2000-es jelölő faj. Európa valamennyi országában visszaszorulóban van, de a vizsgált területen stabil populációja él. A kérészek közül előkerült dunavirág (*Ephoron virgo*) szintén védett faj.

A hideg- és melegvíz-csatorna szelvény bővítése során elvégzendő munkák sok tekintetben érintik a vízminőséget és a vízi élővilágot, beleértve valószínűleg az előbb említett fajokat is, de csak átmenetileg. A hideg- és melegvíz-csatorna építési munkálatainak hatására a halak valószínűleg elvándorolnak, de a munkák megszűnésével visszatérhetnek. Az új melegvíz-csatorna létesítése újabb, kedvező, változatos élőhelyi viszonyokat teremthet a halak számára.

Az építkezés megkezdése előtt javasolt a műszaki munkákkal befolyásolni kívánt Duna partszakaszok faunájának részletesebb vizsgálata, az üzemeltetés folyamán pedig a monitorozás. (Megjegyzendő, hogy a melegvíz-csatorna új helye kevesebb vízi – beleértve a kételtűeket is – állatfaj és élőhely elpusztításával jár, mint a korábban az Uszód-szigetekre tervezett.)

Paks II. létesítése a területigénybevétel miatt hatással lesz a növényzethez erősen kötődő rovar együttesekre, az egyenesszárnyúakra, egyes lepkékre, talajfelszíni izeltlábuakra. Az egyenesszárnyúak közül különösen érintett, védett fajok a sisakos sáska (*Acrida ungarica*), a barbársáska (*Calliptamus barbarus*) és egy országosan nagyon ritka faj, az apró tarlószáska (*Omocestus minutus*). Meg kell jegyezni, hogy a két előforduló védett sáskafaj országosan nem tartozik a veszélyeztetettek közé. Az Alföldön például helyenként nagy sűrűségben fordulnak elő. A lepkéket tekintve az építési terület és a hideg- és melegvíz-csatorna bővítésének területe már a beavatkozás előtt is rendkívül fajszegény. Védett lepkéfajok a nagy tűzlepke (*Lycaena dispar*) néhány egyedén kívül nem található ezeken a részeken, de ennek a fajnak a népességét bizonyosan nem érintik hátrányosan a munkálatok. Ezért a lepkéket tekintve az építési területen különös beavatkozásra nincs szükség. A szigeten előforduló védett fajok (kis fehérsávosplepke (*Neptis sappho*), nappali

pávaszem (*Nymphalis io*), C-betűs lepke (*N. c-album*), atalantalepke (*Vanessa atalanta*), kék övesbagoly (*Catocala fraxini*), illetve a fokozottan védett magyar színjátszó lepke (*Apatura metis*) populációi nem veszélyeztetettek. A bolygatást követően a környező területekről gyorsan visszatelepülnek. A termőtalaj letermelése során a területeken előforduló talajfauna és talajfelszíni állatok érintettségével, megnövekedett forgalommal és taposással kell számolni. Két védett faj fordul elő a területen, a mezei futrinka (*Carabus granulatus*) a szigeten és a pokoli cselőpók (*Geolycosa vultuosa*) a felvonulási területen. Ezek egyike sem ritka, a számukra alkalmas élőhelyeken hazánkban mindenütt előfordulnak. A rovartáplálék mennyiségének csökkenése a denevérek táplálékbázisát károsítja.

Amennyiben a munkálatok során az érintett élőhelyekkel szomszédos foltokon a növényzet megmarad, ott ezen együttesek fajai többé-kevésbé átvészselhetik a létesítés időtartamát, illetve az eltávolított növényzet helyén létrejövő bolygatástűrő pionír vegetáció a fajok egy része számára alkalmas átmeneti élőhelyül is szolgálhat, bár itt az özöngyomok feldúsulása ezt negatívan befolyásolhatja. Amennyiben a teljes felvonulási terület, mint élőhely érintett, e fajok itteni, jelzett becsült méretű populációi vélhetően a területtel szomszédos, hasonló élőhelyeken fennmaradnak továbbra is.

A távvezetékek oszlopainak telepítésével kapcsolatos munkák miatt nagy területen letermelik a növényzetet. A termőtalaj valamint a fás növényzet eltávolítása is jelentős hatással lesz a növényzetre. A létesítendő blokkvezetékek nyomvonalában a zavart homoki gyepek foltjain valószínűleg a védett sisakos sáska (*Acrída ungarica*), a barbársáska (*Calliptamus barbarus*) és az országosan ritka apró tarlósáska (*Omocestus minutus*) is előfordul. Építéskor eltűnik az élőhelyük, ahogy az itt előforduló farkasalmalepke (*Zerynthia polyxena*), nappali pávaszem (*Nymphalis io*), C-betűs lepke (*N. c-album*), atalantalepke (*Vanessa atalanta*), zöldes gyöngyházlepke (*Argynnis pandora*), csíkos medvelepke (*Euplagia quadripunctaria*), homoki csuklyásbagoly (*Cucullia balsamitae*) és ezüstfoltos csuklyásbagoly (*Cucullia argentea*) élőhelye is.



90. ábra: Csíkos medvelepke (*Euplagia quadripunctaria*)

A távvezetékek oszlopainak kijelölésekor az értékesebb homokpuszta gyepek foltokra figyelemmel voltak, minimalizálva az oszlopok elhelyezésével járó károkat az egyenesszárnyúakra, lepkékre és talajfelszíni ízeltlábúakra. Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a magasfeszültségű villanyoszlopok alatti területen megfelelő későbbi kezelés mellett alkalmas, sőt értékes homokpuszta jellegű élőhelyek jöhetnek létre hosszú távon. A nyomvonal menti beavatkozások a gyepterületek kiterjesztését teszik lehetővé, a nem honos ültetvények rovására. Ennek kapcsán várható, hogy a letermelésre kerülő nagyon fajszegény akác- és fenyőültetvények helyére visszatelepülő gyepek a védett egyenesszárnyú és lepkéfajok is újra megtelepednek.

A Paksi Atomerőmű területén aránylag sok kétéltű, hüllő- és madárfaj fordul elő, mert a terület egy részén (pl. felvonulási terület, sziget) a létrehozás óta viszonylag kevés beavatkozás történt. A kétéltűek és hüllők a földmunkák során (különösen, ha a munkálatok a nyugalmi időszakban, novembertől márciusig zajlanak) érintettek. A kétéltűek és hüllők aktív időszakában elkezdett tereprendezések során az egyedek egy része még el tud menekülni a területről, kihúzódhatnak a terület szegélyére, ahol talán életteret találnak. A gépek állatokat gázolhatnak el. Sötétedés után pedig a kétéltűek a meleg betonra húzódnak, ahol az elütés veszélye fokozott, hiszen a munkálatok az erőmű területén éjjel is folynak.

Paks II. blokkok építése a területen előforduló, költő és táplálkozó madárfajok táplálkozó-, illetve fészkelőhelyét érinti. A fejlesztési és felvonulási területek, valamint a sziget jelenleg igen jó táplálkozóhelyül szolgálnak számos közösségi jelentőségű madárfaj számára (pl. fekete gólya (*Ciconia nigra*), parlagi pityer (*Anthus campestris*), lappantyú

(*Caprimulgus europaeus*) és a területen valószínűleg költő fekete harkály (*Dryocopus martius*), tövisszűrő gébics (*Lanius collurio*) számára.



91. ábra: Táplálkozó hantmadár (*Oenanthe oenanthe*) a fejlesztési területen

A megnövekedett zajterhelés az alábbi közösségi jelentőségű, az érintett területeken költő és táplálkozó madárfajokra fog hatni: barna rétihéja (*Circus aeruginosus*), fekete harkály (*Dryocopus martius*), közép fakopáncs (*Dendrocopos medius*), erdei pacsirta (*Lullula arborea*), örvös légykapó (*Ficedula albicollis*), lappantyú (*Caprimulgus europaeus*), tövisszűrő gébics (*Lanius collurio*), fekete gólya (*Ciconia nigra*), parlagi pityer (*Anthus campestris*), rétisas (*Haliaeetus albicilla*). Minden, az építés során keletkező hulladék veszélyforrás lehet az ott költő- és táplálkozó madárfajok számára, ami akár elhullásukhoz is vezethet (a vízhez kötődő, valamint a nagyobb testű madarak begabalyodhatnak a csomagolóanyagokba, az apró hulladék bekerülhet a madarak tápcsatorájába, stb.)

A blokkvezetékek építése a létesülő távvezetékek talapzatai és a vezetékek nyomvonala alatti területek közvetlen és tágabb környezetében élő költő- és táplálkozó madárfajokra is hatással lesz, leginkább a sólyomalakúakra (*Falconiformes*), a verébalakúakra (*Passeriformes*), a tyúkalakúakra (*Galliformes*) és a bagolyalakúakra (*Strigiformes*).

A villamos rendszerek építése az alábbi közösségi jelentőségű madárfajokat fogja közvetlenül érinteni: vörös kánya (*Milvus milvus*), barna kánya (*Milvus migrans*), barna rétihéja (*Circus aeruginosus*). Emellett a güzüegerekre gyakorolt hatással is számolni kell.

Nem kell számítani arra, hogy a közvetett hatások a vízi fauna és a lepkék esetében jelentős, a természetes fluktuációtól elkülöníthetőek lesznek. A növényzet megváltozó szerkezetével kapcsolatban kevésbé értékes egyenesszárnyú fauna jöhet létre és ez kiterjedhet a nem bolygatott területekre is. A növényzet változásához köthető ízeltlábú közösség-változás a kételtűek és hüllők számára lehet kedvezőtlen, a táplálékbázisuk csökkenését eredményezheti. A talajfelszínen élő ízeltlábú közösségekben invazív, illetve szinantróp (emberekhez kötött) fajok is megjelenhetnek és elterjedhetnek. Az elszigetelődő populációk létszámának csökkenése pedig lokális eltűnésükhöz, vagy genetikai változásukhoz vezethet. A populációk elszigetelődése (fragmentáció) a kételtűek és hüllők és bizonyos mértékig, bár nagyobb térléptékben, a kistestű madarak, a territóriumot tartó madarak, és a területen költő fajok számára is potenciális veszély. Az élőhelyek fragmentációja elsősorban az alábbi közösségi jelentőségű, az érintett területeken költő madárfajokat fogja közvetetten érinteni: fekete harkály (*Dryocopus martius*), erdei pacsirta (*Lullula arborea*), örvös légykapó (*Ficedula albicollis*), parlagi pityer (*Anthus campestris*), tövisszűrő gébics (*Lanius collurio*), lappantyú (*Caprimulgus europaeus*), haris (*Crex crex*).

A zaj, a por, a légszennyezés miatt a kételtű- és hüllőfajok többsége minden bizonnyal távolabbi területeken keres menedéket. A felszálló por lerakódik a növényzetre, amely így direkt módon kihat azok fejlődésére, valamint indirekt módon az ott élő és táplálkozó madarakra is. A zaj szintjének növekedése a békák esetében jelenthet problémát, mert megtéveszti a hímek hívóhangja irányába induló nőstények tájékozódását, ami a szaporodási sikert is befolyásolja. A zajt kerülő értékesebb madarak (fekete gólya (*Ciconia nigra*), parlagi pityer (*Anthus campestris*), rétisas (*Haliaeetus albicilla*), lappantyú (*Caprimulgus europaeus*)) elhagyhatják jelenlegi élőhelyüket, helyüket más, zajtűrő, kevésbé értékes madárfajok veszik át. A blokkvezetékek hatására zavar következhet be a kételtűek embrionális fejlődésében. Az éjszakai mesterséges fény a békák és a góté, szalamandrák tájékozódására, táplálékszerzési stratégiájára, a szaporodásra és a növekedésre, fejlődésre is hatással van.

Az előzőekben említett közvetlen és közvetett hatások érinteni fogják a Paksi Atomerőmű és Paks II. teljes területét, beleértve az új magasfeszültségű vezeték nyomvonalát, annak egy-kétszáz méteres körzetét, a beszállítási útvonalakat, a melegvíz-csatornák kifolyója alatti Duna szakaszt, illetve az ott található faunát.

A létesítés során fellépő munkálatok feltehetően országhatáron áttérjedő környezeti hatást nem gyakorolnak a faunára. Ilyen hatás a Paksi Atomerőmű, Paks II., illetve együttes működésük alatt sem várható, normális üzemmenet esetén.

Az eddigi vizsgálatok alapján feltételezhető, hogy a Dunát érintő beavatkozások értékes vízi makrogerinctelen faunára lesznek hatással. Ezek számbavétele, a szükséges faunisztikai felvételezések elvégzése még az építkezés megkezdése előtt határozottan javasolt. Konkrét környezetvédelmi javaslatok a felvételezések eredményeinek függvényében tehetők.



92. ábra: Kagyló- és csigahéjak a paksi Duna-parton

Általánosságban annyi mondható, hogy a Duna medrét érintő munkák során lehetőség szerint minél kisebb területre kell korlátozni a természetes környezetet zavaró, a partmeder alakulását befolyásoló tevékenységet. A halakat tekintve különösebb környezetvédelmi intézkedésre Paks II. létesítése során nincs szükség, mert a halak többsége a partszegélyt érintő kotrási stb. beavatkozás elől elvándorolhat.

Az értékes egyenesszárnú fajok fennmaradása érdekében az építési területen, illetve annak környezetében megmaradó élőhely-foltokon szükséges a populációk számára kedvező körülmények fenntartása, illetve e körülmények javítása. Ez elsősorban a Paksi Atomerőmű környezetében található homokpusztai élőhelyek állapotának javítását, területük csökkenésének megállítását, esetleg növelését, a selyemkóró és akác terjedésének visszaszorítását jelenti.

A blokkvezetékek építésével a madaraknak okozott negatív hatásokat az oszlopok és vezetékek megfelelő szigetelésével csökkenthetjük, hiszen a madarakat érő áramütések száma ennek következtében kisebb lesz. A távvezetékek alatti terület eredeti homoki vegetációjának és a kapcsolódó faunának helyreállítása megvalósítható élőhely rekonstrukciós feladat, ami komplex természetvédelmi kezelést igényel. Célszerűnek tartanánk a terület környékről gyűjtött maganyaggal való vetését, így is elősegítve a tájrehabilitációt. Ezek a beavatkozások meg fogják gyorsítani a védett és értékes rovarfajok visszatelepülését is. A rekultivációval növelhető a madarak számára megfelelő költő- és táplálkozóhelyek száma és kiterjedése.

Az építkezés területéről szakszerűen be kell fogni minél több kétéltű, hüllő és denevér példányt és a közeli háborítatlan élőhelyekre kell áttelepíteni. Mivel minden kétéltű és hüllő faj védett, ügyelni kell arra, hogy a földmunkák ne a téli hibernáció időszakában történjenek, hanem tavasztól ősziig, amikor a már aktívan mozgó példányok esetleg el tudnak menekülni a területről. A munkák lehetőleg az érintett terület belsejétől a széle felé haladjanak, ne keletkezzenek pangó vizek, a zajt mérsékelni kellene elsősorban a kétéltűek és madarak tavaszi szaporodási időszakában. A madarak szempontjából a munkavégzés kedvező időpontja részben ellentétes, mint a kétéltűek és hüllőkével. A madarak esetében az ősztől tavaszig terjedő munkavégzés a kedvező, míg a kétéltűek és hüllők szempontjából a tavasztól ősziig folyó munka. A probléma szakmailag, ökológiai, kockázatbecslési szempontok szerint nem oldható fel. Ez már a kockázatkezelés területe.





93. ábra: Erőmű környéki gazdag madárvilág

A madarak szempontjából külön kockázatot jelentő hulladékok (elfogyasztás, mechanikai hatások) megfelelő tárolásával a negatív hatások csökkenthető.

Minden állatfajt tekintve fontos, hogy lehetőleg minél több zöldfelület maradjon meg az építkezés során. Lehetőség szerint kerülni kell az élőhelyek fragmentációját, feldarabolódását. Elő kell segíteni, hogy az egyes élőhelyek lehetőleg kapcsolatban maradjanak egymással (ökológiai folyosó). A Duna felőli oldalon, a töltés melletti, eredeti terepfelszínű területrész elkülönítésével biztosítható a növény- és állatfajok túlélési lehetősége, ami különösen a védett fajok szempontjából fontos szempont.

Kiemelt jelentőségű a terület folyamatos biológiai monitorozása. Az eddig elvégzett vizsgálatok megfelelő, korrekt kiindulási alapállapot felvételt (base-line) jelentenek, amelyre a monitorozás biztonsággal építhető. A monitorozás segítségével később az esetleges problémák időben észlelhetők és korrigálhatók.

#### 18.4.2 AZ ÜZEMELÉS HATÁSA ÉS HATÁSTERÜLETE

A normál üzemelés hatótényezői közül a Duna parti régiójában élő vízi makroszkópikus gerinctelenek szempontjából a felmelegedett hűtővíz bevezetés hatásai elsődleges fontosságúak. A Paksi Atomerőmű működésének több évtizedes gyakorlata azt mutatja, hogy a vízhőmérsékleti határértékek fenntarthatók voltak a legmagasabb hőmérsékleti és a legkisebb vízállású periódusok egybeesése esetén is. A hőcsóva hatása a folyó erőmű alatti szakaszának egészét (elsődleges termelés, lebontás, oxigénháztartás) érinti, de a határszélvényben a jobb parton prognosztizált magasabb hőmérsékletek minden bizonnyal jelentős hatással lesznek a jobb parti sáv makroszkópikus gerinctelen társulásaira. A hőmérsékletváltozási modellek bizonytalanságai miatt a prognosztizált Duna víz hőmérsékletek mindenképpen figyelmeztetőek, de a parti sávban élő makroszkópikus gerinctelen társulásokra kifejtett jövőbeli hatásuk csak általánosságban értékelhető. Kevésbé jóslható a jelenlegi állapothoz képest számított többlet hőterhelés hatása, ami minden bizonnyal nehezen lesz elválasztható a klímaváltozással járó vízhőmérséklet-változás okozta folyamatoktól. Míg azonban az előbbi a befolyók alatti szakaszon lokálisan, kb. 1000 méteres távolságban a Duna középvonaláig terjedő sávban jelentkezik csupán, az utóbbi alapvetően, de nem ismert módon változtathatja meg a Duna élővilágának szerkezetét és közösségszerveződési folyamatait. A szitakötők esetében várhatóan a melegvíz befolyástól távolabbi szakaszon jelennek meg azok lárvái.



94. ábra: Sárgás szitakötő (*Gomphus flavipes*)

Paks II. működése során a halakat tekintve két tényező hatását kell különös mértékben figyelembe venni. Az egyik az, hogy a bevezetett víz hozama növekszik, ezért megváltoznak a terület hidrológiai és medermorfológiai viszonyai és ezáltal a halak élőhely használata. A másik a víz hőmérsékletének emelkedése, ami pedig a halak populációdinamikáját és anyagcserefolyamait is befolyásolhatja. A várható hidrológiai és medermorfológiai változások nem tekinthetők károsnak a halak számára. Egy újabb befolyó jelenléte változatos élőhelyi feltételeket teremt, ami a jelenleg üzemelő befolyóhoz hasonlóan akár a halállomány lokális mennyiségi növekedését is eredményezheti. Paks II. működése lokálisan befolyásolhatja a halak térbeli eloszlását, de a Dunai populációk dinamikájára feltehetően nem lesz jelentős mértékű hatása.

Paks II. létesítési munkálatainak befejeződésével területrendezésre kerül sor. Ez azt jelenti, hogy ott fokozatosan a maihoz hasonló, zömmel szárazgyepes, zavartalan élőhelyek jönnek létre ismét. Ezek a területeken a korábbi egyenesszárnyú és talajfelszíni izeltlábú együttesek fokozatosan képesek lesznek újra megtelepedni a környező fennmaradt élőhely foltokról. Így itt ismét értékes együttesek jöhetnek létre és maradhatnak fenn az üzemelés időtartama alatt.

Védett lepkefajok megtelepedése nem várható. Ugyanez igaz a létesítendő távvezetékek mentén kialakuló nyílt, gyepes területekre is. Mindezekhez azonban hosszú idejű, több évtizedes zavartalan környezet szükséges. A szigeten nem várható az ottani lepkefauna természetvédelmi státusában jelentős változás. A normál üzem nem érinti a Paksi ürgemező és a Dunaszentgyörgyi-láperdő élőhelyeit, s az ott élő lepkefajokat sem.

A kételtűek és hüllők számára Paks II. működése közvetlen károsító hatásokat várhatóan nem okoz. Egyes fajok visszatelepülése várható. Ez jelentős tényező, tekintettel arra, hogy minden kételtű és hüllő faj védett.



95. ábra: A zöld gyík (*Lacerta viridis*) jól tűri az antropogén zavarást

A madarakat tekintve várható, hogy a jelenlegi állapothoz hasonlóak fognak megjelenni. A viszonylagos zavartalanságának köszönhetően számos védett és fokozottan védett madárfaj is megtalálja élőhely igényét (leginkább táplálkozó területként). A távvezetékek és az azokat tartó oszlopok megnövekedett száma az üzemelés alatt folyamatos veszélyforrásnak tekinthető, az oszlopok azonban a ragadozómadarak számára pozitív hatással is lesznek, hiszen az oszlopok kiülő alkalmatlanságok is egyben.

A Paks II. létesítése következtében, a Duna megnövekvő hőterhelésének hatásán kívül számítani kell a globális felmelegedés okozta hőmérsékleti változásokra is, együttes hatásukat modellezni, monitorozni szükséges a jövőben. Az eddigi kutatási eredmények azt sugallják, hogy a globális változások csökkenthetik a jelenlegi vízi közösségi struktúrák alkalmazkodóképességét. Figyelembe kell venni, hogy a hőmérséklet-változásnak a makrogerinctelen fajokra gyakorolt hatásáról csak szórványos ismereteink vannak. Az eddigi ismeretek alapján általánosságban kimondható, hogy a víz hőmérsékletének emelkedése legnagyobb hatással az egész életükben vagy egyes fejlődési szakaszukban helyhez rögzült (szesszilis), hidegebb vizet kedvelő szűktűrűsű fajokat fogja érinteni. Hasonló jelentős hatás várható a lassan mozgó, kevésbé mobilis fajoknál (például puhatestűek). Legkevésbé érintettek a mobilis, tágtűrűsű fajok. A klímaváltozás és a melegvíz bevezetés prognosztizált együttes hatásának következményeként a már eddig is megjelent melegebb vizet kedvelő, déli irányból a Dunán felfelé terjeszkedő invazív fajok előfordulása valószínűleg fokozódni fog mind egyedszámukat, mind fajszámukat tekintve. Összességében az egész rendszer produkciója megnőhet (baktériumok, algák, stb) és ez a táplálék hálózaton, az anyagforgalmon keresztül a teljes rendszer működésére kihat.

Az erőmű normál üzemelésekor kibocsátott légszennyező anyagok kiülepedése és a kismértékben megnövekedett zajszint hatása nem lesz kimutatható a lepkefaunán. Az emberi jelenlét és zavarás és a megnövekedett forgalom az antropogén befolyás alatt álló talajfelszíni állatfajok megjelenésének és terjedésének kedvez a beruházás által közvetlenül nem érintett területeken. A levegőbe kerülő szennyező anyagok feldúsulhatnak egyes, a fő közlekedési útvonalak mentén élő kevésbé mozgékony talajfelszíni fajokban. Paks II. üzemelése során megnő a személy- és teherforgalom, így a vele együtt járó zaj, por és légszennyezés. A kétéltű és hüllő fajok többsége elkerüli az ilyen élőhelyeket. A Paks II. területéről kilépő új blokkvezetékek nyomvonala idővel gyíkfajok megtelepedését segítheti elő.

Paks II. üzemelésének hatása a vízi makroszkópikus gerinctelenekre (beleértve a külön vizsgált szitakötőket is) kis mértékben a hidegvíz-csatorna befolyásánál és a melegvíz-csatorna kifolyójánál, valamint az alatta levő Duna szakaszon várható. A felmelegedett hűtővíz bevezetése feltehetően csupán lokálisan (kb. 1 km hosszon) befolyásolhatja a halállomány szerkezetét.

A normál üzemelés közvetlen hatásterülete az egyenesszárnyú rovarok, a lepkék, a talajfelszíni ízeltlábúak és a madarak szempontjából az erőmű teljes területére (felvonulási terület is) és a távvezeték biztonsági sávjára terjed ki. A kétéltűek és hüllők számára Paks II. üzemi területe elsődleges.

A fauna tekintetében nem várható országhatárokon túlterjedő hatás.

#### 18.4.2.1 Üzemzavarok, balesetek hatása és hatásterülete

Az üzemzavarok igen sokfélék lehetnek, ezért a faunára is változatos a hatásuk. Ezeket teljeskörűen nem lehet áttekinteni, csak a legvalószínűbb esetekkel foglalkozunk. Üzemzavar következtében megemelkedett hőmérséklet a vízi ökoszisztémákban a helyhez kötött populációk létszámának csökkenését, a mobilisak elvándorlását fogja okozni. Ez védett fajok (tompá folyamkagyló (*Unio crassus*), sárgás szitakötő (*Gomphus flavipes*), dunavirág (*Ephoron virgo*)) populációi létszámcsökkenésével, megsemmisülésével járhat. Mivel a környezet jelentős részére a száraz élőhelyek a jellemzőek, ezért a kiterjedt tüzek fokozottan veszélyeztetik ezeket. Amennyiben az erőmű környezetében tűz keletkezik, az ott élő szárazföldi állatpopulációk megsérülhetnek, esetleg az erőmű környezetében élő együtteseik eltűnhetnek. Különösen igaz ez a távvezetékek nyomvonala mentén elhelyezkedő fenyves ültetvényekre. A távvezetékek esetében az elektromos kisülések is tűzveszélyt jelentenek. A tüzek következtében felszabaduló légnemű vegyületek (pl. szigetelések anyaga) többsége mérgező, de a kiülepedő maradványok (pernyében lévő anyagok) is mérgezőek lehetnek. A talajfelszínre ömlő kőolajszármazékok a talajban élő állatok fulladását okozzák. A veszélyes vegyszereket tartalmazó hulladékvíz az összetételtől függően elhullást vagy csökkent életképességet okozhat. Mindezek a hatások az aktuális koncentrációktól függően majd.

#### 18.4.3 A FELHAGYÁS HATÁSA ÉS HATÁSTERÜLETE

Paks II. felhagyásával kapcsolatban csak nagyon durva ökológiai becslések tehetőek. A rendelkezésre álló információk pillanatnyilag igen szegényesek. A felhagyás hatása nagymértékben függ a felhagyási technológiától.

A legnagyobb hatással az erőmű és a hozzá kapcsolódó létesítmények (távvezetékek, stb.) teljes bontása jár. Ebben az esetben nagyságrendileg és jellegében hasonló hatásokkal kell számolni, mint az erőmű megépítésekor. Ha a felhagyás technológiája nagyobb felvonulási területek használatát kívánja meg, az ott végzendő munkálatok hatásaként vélhetően élőhelyek sérülnek. Ezeket a károkat a későbbi rehabilitációs munkálatok során a létesítési munkálatokhoz hasonlóan

helyre lehet hozni, amennyiben az élőhelyeket visszaállítják az eredeti, vagy ahhoz hasonló állapotukba. Ennek technológiai körülményei azonban jelenleg nem ismertek, így erről érdemi becsléseket tenni nem lehet.

## 19 NEM RADIOAKTÍV HULLADÉKOK

### 19.1 HULLADÉKFAJTÁK ÉS MENNYISÉGEK

Paks II. létesítése, üzemeltetése és felhagyása során a következő hulladékcsoportok keletkeznek, természetesen fázisonként különböző arányban:

- építési-bontási (inert) hulladék,
- nem veszélyes ipari hulladék,
- veszélyes hulladék,
- kommunális hulladék.

#### Paks II. létesítése

A létesítés munkafolyamatai következtében (atomerőművi blokkok építése, kondenzátor hűtővíz-rendszer létesítése, távvezeték hálózat telephelyi szakaszának létesítése) leginkább építési-bontási (inert) hulladékok keletkeznek, ami a blokkonként 5-5 éves létesítési időszakra összpontosul.

Legnagyobb mennyiségben a munkagödör kialakításakor kitermelt föld, ehhez képest pedig kisebb mennyiségben építési segédszerkezetek és segédanyagok hulladékai keletkeznek.

Paks II. létesítésének munkafolyamatai	Mennyiség	
	[m <sup>3</sup> ]	[t]
Atomerőművi blokkok építése	820 000	1 476 000
Kondenzátor hűtővíz-rendszer létesítése	570 000	1 026 000
Távvezeték hálózat		
telephelyi szakasz létesítése	150	270
telephelyen kívüli szakasz létesítése	650	1170
<b>összesen:</b>	<b>1 390 800*</b>	<b>2 503 440*</b>

Megjegyzés:

\* A kitermelésre kerülő talaj mennyiségek magukban foglalják az építkezés során visszatöltésre kerülő mennyiségeket is.

55. táblázat: Paks II. létesítésének során az építési területről kitermelt föld becsült mennyisége

#### Paks II. üzemelése

Az atomerőmű üzemelésének időtartama alatt a létesítés időszakához képest kisebb volumenben keletkeznek nem radioaktív hulladékok. Az üzemszerűen keletkező hulladék mennyiségek az alábbi táblázatban találhatóak. Ezenkívül eseti jelleggel is keletkeznek hulladékok a karbantartások és átalakítások építési munkái következtében, amelyek jórészt előre nem tervezhető tevékenységek, ebből adódóan nem készült mennyiségi becslés hulladékaikra.

Paks II. üzemszerűen keletkező hulladékai	Mennyiség [t/év]
nem veszélyes hulladék	800
veszélyes hulladék	100

56. táblázat: Paks II. üzemszerűen keletkező hulladékainak becsült mennyisége

#### Paks II. és a Paksi Atomerőmű együttes üzemelése

A két atomerőmű együttes üzemelése során a két erőműben keletkező hulladékmennyiségek összegződnek az együttes üzemelés időtartama alatt. Az összegzett mennyiségek intenzitása évente változni fog, egyrészt az éves hulladékkeletkezés ingadozása miatt, másrészt Paks II. blokkok üzemelésének különböző időpontban történő indítása és a Paksi Atomerőmű blokkjainak különböző időpontban történő leállítása következtében, valamint az eltérő

kampányhosszok miatt. Hulladékkeletkezés szempontjából a legintenzívebb időszak 2030-2032 közötti lesz, amikor mindkét atomerőmű mindegyik blokkja üzemel, a becsült mennyiségeket a 57. táblázat tartalmazza.

	Nem veszélyes hulladék [t/év]	Veszélyes hulladék [t/év]
Paksi Atomerőmű	1434	276
Paks II.	800	100
összesen:	~2240	~380

57. táblázat: Paks II. és a Paksi Atomerőmű együttes üzemelésekor keletkező becsült hulladékmennyiségek

### *Paks II. felhagyása*

Az atomerőmű felhagyás időszakában túlnyomórészt bontási hulladékok fognak keletkezni; feltételezhetjük, hogy nagy mennyiségben. Körülbelül 400 000–500 000 tonna inaktív betonhulladék keletkezik majd az épületek elbontásakor.

## **19.2 HULLADÉKOK GYŰJTÉSE, TÁROLÁS, HASZNOSÍTÁS, ÁRTALMATLANÍTÁS**

Paks II. telephelyen az atomerőmű élettartamának mindegyik fázisában a hulladékok gyűjtését környezetszennyezést kizáró módon kell megvalósítani. Törekedni kell a hulladékok minél nagyobb arányú, fajtánként egymástól elkülönített (szelektív) gyűjtésére. Megfelelő mennyiségű és minőségű gyűjtődényzetet kell biztosítani a munkaterületeken. Munkahelyi gyűjtőhelyeket, valamint ipari és veszélyes hulladék üzemi tárolókat kell kijelölni, a vonatkozó rendeletek előírásai alapján. Gondoskodni kell a hulladékok minél nagyobb arányú hasznosításáról, annak érdekében, hogy minél kisebb részét kelljen hulladéklerakóban lerakással ártalmatlanítani.

A létesítés során keletkező építési területéről kitermelt föld egy része az építkezés során visszatöltésre kerül.

A fennmaradó földmennyiség elhelyezésének lehetséges megoldásai a következők:

- telephelyen belül tereprendezés,
- külső helyszínen tereprendezés céljából történő felhasználás,
- elszállítás hulladéklerakóba, ahol tereprendezési, fedési célra felhasználható.

Amennyiben a kitermelt föld - a későbbi hasznosítás céljából - azonnal nem szállítható el, akkor a területen átmeneti tárolóterületet kell kijelölni.

A hulladékok telephelyről történő kiszállítása – hasznosítás vagy ártalmatlanítás céljából - a következő létesítmény típusokban valósítható meg:

- szelektíven gyűjtött kommunális-, ipari- és építési-bontási hulladékok - hulladékhasznosító szervezetek, feldolgozó üzemek,
- vegyes kommunális hulladék - Paks város kommunális hulladéklerakó telephely,
- építési-bontási hulladék - telephelyen vagy külső helyszínen, inert- esetleg kommunális hulladéklerakó, építési hulladék feldolgozó üzemek,
- veszélyes hulladék termikus hasznosítás – veszélyes hulladék égetők,
- veszélyes hulladék lerakással történő ártalmatlanítás – veszélyes hulladék-lerakó telephely.

A különböző típusú hulladékok elszállításával, hasznosításával vagy ártalmatlanításával minden esetben az aktuális jogszabályoknak megfelelő engedéllyel rendelkező szervezetet kell megbízni.

## 19.3 HATÁSOK ÉS HATÁSTERÜLETEK

### 19.3.1 KÖZVETLEN HATÁSOK

Paks II. élettartamának mindegyik fázisára elmondható, hogy a közvetlen hatások az atomerőművi telephely hulladékok gyűjtésével, tárolásával érintett helyszínein, valamint a hulladékok telephelyen belüli mozgásakor történő kiszóródásakor, elfolyásakor jelentkezhetnek. A hatótényező a földtani közeg állapotában okozhat változást, a felszíni és a felszín alatti vizekre nincs hatással.

**Paks II. üzemelésének, valamint Paks II. és a Paksi Atomerőmű együttes üzemelésének közvetlen hatása a nem radioaktív hulladékok keletkezésének szempontjából mérsékelt lesz.**

**Paks II. létesítésének hatásai intenzívebbek** a keletkező építési hulladék - elsősorban az építési területől kitermelt föld – nagy mennyisége miatt és azért is, mert ez a környezeti hatás blokkonként 5-5 éves létesítési időszakokra összpontosul, **azonban közvetlen hatása** ez esetben is **elviselhető marad a nem radioaktív hulladékok keletkezésének vonatkozásában.**

### 19.3.2 KÖZVETETT HATÁSOK

Paks II. élettartamának mindegyik időszakában közvetett hatásként értelmezhető a hulladékok telephelyről hasznosításra, illetve ártalmatlanításra történő kiszállítása, tehát mint hatótényező fog jelentkezni a szállítási útvonalak (az erőmű É-i bejárata és Paks város kommunális hulladéklerakó telephely közötti útszakasz, illetve a 6-os számú főút és az M6-os autópálya érintett szakaszai) környezetében. A hulladékszállítás a földtani közeg állapotában okozhat változást, az útvonalon esetlegesen kiszóródó hulladékok szennyező hatásainak következtében, továbbá levegőminőséget érintő hatások jelentkeznek az érintett közutak mentén, valamint az atomerőmű közúti közlekedéssel összefüggő összes tevékenysége által okozott zajterhelés növekmény egyik összetevője.

**A nem radioaktív hulladékok keletkezésének közvetett hatásterülete Paks II. élettartamának mindegyik fázisában a közúti hulladékszállítási útvonalak mentén legfeljebb 50–100 m-es sávon belül marad.**

### 19.3.3 ORSZÁGHATÁRON ÁTTERJEDŐ KÖRNYEZETI HATÁSOK

Paks II. élettartama alatt a keletkező nem radioaktív hulladékok környezeti hatásai lokálisak maradnak, országhatáron átterjedő hatás nem várható.

## 20 RADIOAKTÍV HULLADÉKOK ÉS KIÉGETT KAZETTÁK KEZELÉSE ÉS ELHELYEZÉSE

A radioaktív hulladékok gyűjtése, kezelése, tárolása, szállítása, valamint a kiégett fűtőelem-kazetták kezelése, átmeneti majd végleges tárolása kivétel nélkül olyan technológiai lépéseket tartalmaznak, melyek során elsődleges szempont a környezeti elemeket, valamint a telephelyen és a telephelyen kívül tartózkodó személyeket esetlegesen elérő radioaktív sugárzás elleni védelem, illetve a felmerülő hatások lehető legkisebb mértéken tartása.

A kiégett fűtőelem-kazetták a hatályos jogszabályi környezet alapján elkülönülnek a radioaktív hulladékoktól, mivel előbbiek további hasznosításra, illetve újabb nukleáris üzemanyag gyártásához felhasználható hasadóanyagot tartalmaznak. Előbbiek alapján a kiégett fűtőelem-kazetták kezelése is eltér a hagyományos értelemben vett radioaktív hulladékok kezelési eljárásaitól.

### 20.1 RADIOAKTÍV HULLADÉKOK MEGHATÁROZÁSA

A radioaktív hulladékok meghatározása alapvetően az Atv. 2. § 15. pontja alapján történik: „radioaktív hulladék: további felhasználásra már nem kerülő olyan radioaktív anyag, amely sugárvédelmi jellemzők alapján nem kezelhető közönséges hulladékként”.

Minősítésüket, csoportosításukat többféle szempont alapján lehet elvégezni, amelyek alapján gyűjtjük és további kezelésük folytatható. Ilyen csoportosítási lehetőség a keletkezés helye, a halmazállapot, vagy az aktivitás-koncentráció is.

A keletkezés helye szerint a normál üzemmenet alatt lezajló karbantartások során, jellemzően a primerkörhöz kapcsolódó takarítási, dekontaminálási munkák alatt képződő hulladékokat, a felaktiválódott alkatrészek, berendezések cseréje során előálló hulladékokat, valamint a primerköri hűtőközeg tervezett vagy nem tervezett szivárgásait különítjük el.

Halmazállapot szerint szilárd és folyékony halmazállapotú radioaktív hulladékról beszélünk. A szilárd radioaktív hulladékok gyűjtése alapvetően a pontos körülhatárolhatóság miatt lényegesen egyszerűbb, mint a folyékony hulladékoké. A folyékony radioaktív hulladékok gyűjtése többnyire már a keletkezés helyén is speciális technológiai megoldásokat kíván.

Mivel a létesítmény területéről csak szilárd hulladék szállítható ki, ezért a folyékony hulladékok szilárdítása további technológiai lépéseket igényel.

Az aktivitás-koncentráció szerinti elkülönítés a radioaktív hulladékok esetében azt jelenti, hogy az adott hulladékokra és / vagy hulladékcsomagra jellemző aktivitás-koncentráció mértékének megfelelő biológiai és fizikai védelem mellett történhet annak gyűjtése, kezelése, tárolása és szállítása. Az osztályba sorolás radioaktív izotópok aktivitás-koncentrációi ( $AK_i$ ) és a mentességi aktivitás-koncentrációik ( $MEAK_i$ ) hányadosainak összege segítségével számolt ún. hulladék index alapján történik. A **kisaktivitású hulladékok** tárolásához **nincs szükség** sugárvédelmi **árnyékolásra**, elegendő azok elkülönítése egy kijelölt, és korlátozott hozzáférésű tárolóterületre. A **közepes aktivitású** hulladékok tárolóeszközeinek tervezése sugárvédelmi megfontolások alapján történik, de – a nagy aktivitású hulladéktól eltérően – **nem kell számolni a hulladékban fejlődő hővel**. A kis és közepes aktivitású hulladékokat érdemes a benne lévő izotópok felezési ideje alapján is megkülönböztetni: a **rövid élettartamú hulladékban** a meghatározó **izotópok felezési ideje nem haladja meg a 30 évet**.

## 20.2 KIÉGETT FŰTŐELEM-KAZETTÁK JELLEMZŐI

Az Atv. 2. § 14. pontja szerint: „kiégett üzemanyag: az atomreaktorban besugárzott és a reaktorból véglegesen eltávolított nukleáris üzemanyag, amely az atomreaktoron kívüli újrafeldolgozhatósága miatt nem minősül hulladéknak, vagy ha radioaktív hulladéknak minősül, annak végleges elhelyezéséről gondoskodni kell”.

Az atomerőművekben felhasznált üzemanyag állapotát a kiégés mértékével szokták jellemezni, amely megadja, hogy egységnyi tömegű uránt (vagy uránt és plutóniumot) tartalmazó üzemanyagból mennyi energiát nyertek ki a reaktorban eltöltött idő alatt.

A kiégett fűtőelemek végleges elhelyezése, illetve újrahasznosítása szempontjából a kiégett fűtőelem tömege, aktivitása, a bomlásokból származó hőtermelés, valamint a biológiai károsításra jellemző radiotoxicitás egyaránt lényeges.

A fűtőelem-kazettákban végbemenő láncreakció miatt a zónából való kiemelést követően is jelentős aktivitás és ebből eredő hőfejlődés mérhető. A **hőtermelés** a kiégett fűtőelemekben az aktivitással párhuzamosan csökken. Tíz év – pihentető medencében eltöltött – tárolás után a kiégett kazettában fejlődő hő mindössze tízezred része annak a teljesítménynek, amelyet a kazetta a reaktorban normál üzemelés során termelt és ötszázad része annak a maradványhőnek, amellyel a kazetta közvetlenül a reaktor leállása után rendelkezett.

A kiégett üzemanyag **radiotoxicitása** azt mutatja meg, hogy a benne található radioaktív izotópoknak az emberi szervezetbe kerülve milyen potenciális egészségkárosító hatásuk lehetne. A kiégett üzemanyag radiotoxicitása kezdetben több mint tízezerszeresen meghaladja a gyártásához felhasznált természetes urán radiotoxicitását. A természetes uránra jellemző értéket a kiégett üzemanyag több mint százezer év után éri el.

Az atomerőművi blokkok teljesítménye és a felhasznált üzemanyag típusa alapvetően meghatározza a reaktor üzemelése során keletkező kiégett üzemanyag mennyiségét. Általában minél nagyobb teljesítményű egy atomerőművi blokk, annál több kiégett üzemanyag keletkezik.

A kiégett üzemanyag feldolgozásával és üzemanyag gyártásával a feldolgozás melléktermékeként már tovább nem hasznosítható, jellemzően nagy aktivitású radioaktív hulladék képződik.

UO<sub>2</sub> üzemanyaggal és 60 éves üzemidővel számolva a szállítói adatok szerint mintegy 3 135 db kiégett kazetta keletkezik, ebből a kiégett üzemanyag mintegy 1 674 t, blokkonként (58. táblázat).

Reaktor	Hőteljesítmény (MW)	Kazetta kiégés (MWd/kgU)	Kihasználási tényező (%)	Kiégett üzemanyag tömege (t)
VVER-1200	3 200	47,5	90	1 674

58. táblázat: A teljes üzemidő alatt keletkező kiégett üzemanyag mennyisége, blokkonként

A pihentető medencéből eltávolított kiégett üzemanyag további kezelése előtti átmeneti tárolására évekkal az új blokkok indulása után kerül sor. A maradványhő elviteléről a pihentető medencében történt tárolás után is gondoskodni kell, de arra megfelelő lehet pl. a levegővel, illetve természetes huzattal megvalósított hőelvitel is.

## 20.3 ÁLTALÁNOS ELŐÍRÁSOK A RADIOAKTÍV HULLADÉKOKRA

A nukleáris alapú villamos energia-termelés elkerülhetetlen melléktermékei a radioaktív hulladékok, melyek kezeléséről, átmeneti és végleges tárolásáról gondoskodni kell. Radioaktív hulladék minden olyan anyag, amely valamilyen tervezett nukleáris tevékenység során keletkezik, és további felhasználására már nincs igény vagy mód, ugyanakkor a benne lévő radioizotópok koncentrációja meghaladja a környezetbe történő, és biztonságosnak tekintett kibocsátás, vagy kihelyezés (deponálás) határértékeit.

A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet kiterjedt, részletes előírásai, továbbá egyéb hazai jogszabályok és nemzetközi ajánlások alapján valósítható meg a radioaktív hulladékok gyűjtése, nyilvántartása, kezelése, minősítése, csomagolása, szállítása, valamint ideiglenes és végleges tárolása.

A hulladéktermelő szempontjából, a radioaktív hulladék életciklusát nézve, a hulladékkezelési stratégia alappilléreit a (mennyiségi, minőségi) tervezési, keletkezési (és szelektív gyűjtési), kezelési, kondicionálási, belső tárolási, szállítási és



elhelyezési lehetőségek jelentik. A keletkezés és kezelés / kondicionálás szakaszok között az egyik legfontosabb lépés a hulladék lehető legpontosabb azonosítása, a hulladékcsomagok minősítése, címkézése, a nyomonkövethetőség biztosítása érdekében. Az alkalmazható feldolgozási és kondicionálási technológiákat befolyásolják a tárolók hulladék átvételi követelményei, illetve az elhelyezhetőség.

### 20.3.1 KIS ÉS KÖZEPES AKTIVITÁSÚ SZILÁRD RADIOAKTÍV HULLADÉKOK

Az új atomerőmű ellenőrzött zónájában keletkező szilárd hulladékok már a keletkezés helyén **szelektíven gyűjtik**. A hulladékok **válogatására** annak radiológiai paraméterein alapján kerül sor, figyelembe véve a további hulladékkezelési módszereket is.

A potenciálisan inaktív hulladékok **radiológiai minősítést** követően **felszabadításra** kerülnek, és további kezelésük hagyományos hulladékként történik.

A kis aktivitású hulladékok azon része, amely izotóptartalma a **radiológiai minősítés** alapján belátható időn belül eléri a felszabadítási korlátokat, **elkülönített átmeneti tárolásra** kerül, melynek célja a radioizotópok lebomlása után a későbbi felszabadítás.

A tömöríthető hulladékokat **kompaktálják**, ezzel csökkentve a végleges elhelyezésre kerülő hulladékok térfogatát. A kompaktált hulladékok **átmeneti tárolást** követően, szükség esetén, **kondicionálásra** kerülnek a Nemzeti Radioaktív Hulladék-tárolóban (NRHT) elhelyezhető hulladékcsoomag kialakítása céljából. A kondicionált hulladékok **végleges elhelyezésre** kerülnek az NRHT-ban.

### 20.3.2 NAGY AKTIVITÁSÚ SZILÁRD HULLADÉKOK

A karbantartási munkák során keletkező nagy aktivitású szilárd hulladékok **csoomagolásra** kerülnek. A nagy aktivitású hulladékok **térfogatcsökkentésére** is sor kerül, amennyiben a hulladék tulajdonságai azt lehetővé teszik.

A nagy aktivitású hulladékcsomagok **átmeneti tárolása** az erre a célra kialakított tárolóban a blokkok leszereléséig, vagy a nagy aktivitású hulladék-tároló üzembe lépéséig történik.

Az átmeneti tárolást követően a nagy aktivitású radioaktív hulladékok egy Magyarországon létesülő geológiai tárolóban **végleges elhelyezésre** kerülnek.

### 20.3.3 FOLYÉKONY RADIOAKTÍV HULLADÉKOK

A bórsav tartalmú ürítések, légtelenítések, szervezett szivárgások külön kerülnek gyűjtésre, kezelésre, majd ismételt felhasználásra. Ezzel a **bórsav csurgalékvizekbe kerülése minimális lesz**, ezáltal is csökkentve a folyékony radioaktív hulladékok térfogatát.

A gőzfejlesztő leiszapolások tisztító rendszeréből származó ioncserélő gyanta regeneráló, lazító oldatok, a speciális mosoda vizei és a primerköri öltöző zuhanyvizei aktivitástartalmuktól függően kezelés nélkül, vagy szelektív szorbensekkel való tisztítás után **kibocsátásra** kerülnek az ellenőrzött zónából.

A radioaktív csurgalékvizek **térfogatcsökkentést** követően kerülnek **kondicionálásra** (szilárdításra) oly módon, hogy a végtermék kielégítse a végleges elhelyezésre vonatkozó kritériumokat.

A radioaktív csurgalékvizek térfogatcsökkentése során keletkező kondenzátumok ismételt felhasználásra kerülnek, vagy mérlegel felületi vízként kibocsátásra kerülnek a környezetbe.

A kondicionált hulladékok **végleges elhelyezésre** kerülnek az NRHT-ban.

## 20.4 ÁLTALÁNOS ELŐÍRÁSOK A FŰTŐELEM-KAZETTÁKRA

A telephelyre érkező friss-, valamint a reaktorból kiemelt kiégett fűtőelem-kazetták teljes felügyelete és a szükséges kezelési lépések tartoznak e témakörbe.

A friss üzemanyag a fizikai védelmen túl további, különleges (sugárvédelmi) kezelést nem igényel, sugáregészségügyi vonatkozása nincs.

A kiégett fűtőelem-kazetták kezelése lényegesen összetettebb feladat, a vonatkozó jogszabályi előírások és nemzetközi ajánlások összetett technológiai, sugárvédelmi feladatok szigorúan összehangolt működését követelik meg.

A kiégett fűtőelem-kazetták a reaktorból történő eltávolítást követően a **pihentető medencébe** kerülnek, ahol biztosított a **remanens hő eltávolítása**, míg annak mértéke le nem csökken arra az értékre, hogy a fűtőelem száraz átmeneti tárolásra alkalmas legyen.

A pihentető medencében történő tárolást követően a kiégett fűtőelemek átmeneti tárolásra kerülnek. Erre jelenleg két lehetőség áll rendelkezésre:

- a használt fűtőelem-kazettákat az Oroszországi Föderáció területére szállítják ideiglenes technológiai tárolás vagy technológiai tárolás és reprocessálás céljából. A használt fűtőelem-kazettákat, vagy reprocessálás esetén a nukleáris hulladékot Oroszországi Föderáció területén tárolják ugyanannyi időn keresztül, amely időtartamot a 7. cikk 1. bekezdésében említett megállapodás (szerződés) előír a nukleáris fűtőanyag ellátásra (20 év), ezt követően visszaszállítják Magyarországra,
- a használt fűtőelem kazetták hazai átmeneti tárolása.

A KHT-ban a kiégett üzemanyag-kazetták átmeneti tárolására a több évtizedig is lehetséges **hazai átmeneti tárolást** vesszük figyelembe, a blokkok telephelyén vagy annak közvetlen szomszédságában. Az átmeneti tárolás addig tart, míg a kazetták közvetlen végleges elhelyezése nem biztosított.

Az átmeneti tárolást követően a kiégett fűtőelem-kazetták **közvetlen hazai végleges elhelyezésével** számolunk.

## 20.5 LÉTESÍTÉS VÁRHATÓ HATÁSAI

Közvetlen, a radioaktív hulladékok keletkezéséből, gyűjtéséből, kezeléséből, ártalmatlanításából eredő hatás a létesítés során nem várható. Az első töltet a létesítés vége előtt 1 évvel érkezik a telephelyre.

A létesítés során a radioaktív hulladékok tekintetében **közvetlen környezeti hatás nem várható**, így közvetett hatások kialakulásával sem kell számolni.

Radioaktív izotópok emissziója radioaktív hulladékból a létesítés alatt nem várható, így annak közvetlen hatásai, valamint a hatásterület fogalma nem releváns, **közvetett hatás** (vonatkozó hatótényező hiányában) **nem várható**.

A radioaktív hulladékok gyűjtéséből, kezeléséből, tárolásából eredő, **országhatáron áterjedő környezeti hatás hatásterületének meghatározása nem lehetséges, a kiváltó okok hiányában**.

## 20.6 ÜZEMELÉS VÁRHATÓ HATÁSAI

### 20.6.1 RADIOAKTÍV HULLADÉKOK

Egy atomerőmű üzemeltetésének várható hatásait, a radioaktív hulladékok tekintetében azok várható mennyisége és minősége határozza meg.

A tervezett blokk típus tervezése során már kiemelt figyelmet fordítottak arra, hogy a korábbi technológiai megoldásokhoz képest az üzemeltetés folyamán kisebb mennyiségű radioaktív hulladék képződjön. A primerköri rendszerek kialakítása és a technológia nagyobb tömörsége miatt a kis- és közepes aktivitású hulladékok mennyisége jelentősen kevesebb lesz, mint amennyi jelenlegi Paksi blokkokon keletkezik.

Paks II. rendszereit úgy tervezték, hogy az üzemidő alatt keletkező radioaktív hulladékokat képes legyen feldolgozni úgy, hogy a szilárd, folyékony és gáznemű kibocsátások szintje az ésszerűen elérhető legalacsonyabb legyen. A tervezés során figyelembe vették az eddig felhalmozódott tapasztalatokat.

A radioaktív hulladékok kezelése, átmeneti tárolása a konténment melletti Segédépületben történik, halmazállapot és aktivitás-koncentráció szerinti jellemzők alapján. A szelektíven gyűjtött és előkezelt kis és közepes aktivitású hulladékok telephelyen belüli tárolására 10 évig lesz lehetőség. A nagy aktivitású hulladék átmeneti, telephelyi tárolása az üzemidő

végéig megoldható, így végleges tárolóhelyük kiválasztása és a tárolókapacitás kiépítése az üzemidő végéig kell, hogy megvalósuljon.

A szilárd és szilárdított kis és közepes aktivitású hulladék telephelyi, átmeneti tárolását követően az NRHT-ba, felszín alatti tárolóhelyre kerül, közúti szállítással.

A megvalósítandó Paks II. reaktor blokkjainak teljesítményüzeme során képződő kis-, közepes- és nagy aktivitású, szilárd hulladékok évi, blokkonkénti becsült mennyiségi megoszlása az 59. táblázatban látható.

Hulladék	Hulladék mennyisége [m <sup>3</sup> /év]	Hulladék mennyisége kezelés (szilárdítás, aprítás, stb.) után [m <sup>3</sup> /év]	Tárolandó / kezelendő egységek száma
Kis aktivitású szilárd	70	28	140 hordó
Közepes aktivitású szilárd	11	4	20 hordó
Nagy aktivitású szilárd	0,5	-	5 kapszula
Nagyméretű, nem kezelhető (karbantartás / javítás során képződő)	5	-	-
Cementezett bepárlási maradék	25	20	100 hordó
Cementezett ioncserélő gyanta	10	8	40 hordó
Cementezett iszap	0,6	0,5	3 hordó

59. táblázat: Keletkező radioaktív, szilárd hulladékok éves becsült mennyisége, blokkonként [40]

A véglegesen elhelyezésre kerülő hulladék mennyiségének becslésekor az új blokkokkal együtt létesítendő hulladékkezelési és kondicionálási technológiák alkalmazásának hatása is figyelembe lett véve.

## 20.6.2 KIÉGETT FŰTŐELEM-KAZETTÁK

A blokkok ismert adatai alapján megbecsülhető a teljes üzemidő alatt keletkező kiégett üzemanyag mennyisége. UO<sub>2</sub> üzemanyaggal és 60 éves üzemidővel számolva a megadott adatok szerint 1 674 t kiégett üzemanyag keletkezik egy reaktorban, két blokkal számolva ez 3 348 t.

A kiégett fűtőelem-kazetták első lépésben a konténmenten belül található pihentető medencébe kerülnek.

A pihentető medencéből kiemelt fűtőelem-kazetták átmeneti tárolására, az elérhető irodalom és technológiai leírások alapján többféle megoldás kínálkozik. Figyelembe véve a paksi telephely adottságait, valamint a különböző technológiák megvalósításának előnyeit és hátrányait, a telephelyen belüli, felszíni, száraz, konténeres átmeneti tárolás kialakítása a legkedvezőbb. A telephelyen belüli tárolóter kitérés az őrzés-védelem, a társadalmi elfogadottság, a szállítási / logisztikai feladatok és az új blokkok kapcsán egyébként is kialakítandó monitoring rendszer szempontjából is előnyösebb. A rendelkezésre álló információk alapján egy kb. 75 × 100 m-es, megfelelően burkolt felület alkalmas lehet a teljes üzemidő alatt képződő, kiégett kazetták több évtizedig tartó átmeneti tárolására.



96. ábra: Száraz, konténeres tárolás, függőleges elrendezésben [42]



97. ábra: Száraz, vízszintes elrendezésű tároló töltése [43]



98. ábra: Jellemző elrendezés, száraz konténeres tárolás esetén [44]

### 20.6.3 ÜZEMELTETÉS VÁRHATÓ HATÁSAI ÉS HATÁSTERÜLETE

#### **Radioaktív hulladékok**

A kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok gyűjtése és kezelése a Segédépületben fog zajlani. Az alkalmazandó technológiai lépésekből esetlegesen eredő, környezeti elemeket határérték felett terhelő **közvetlen** radiológiai **hatások** hatásterülete az erőmű telephelyére, azon belül a **tároló és kezelő csarnok területére korlátozódik**.

A kondicionált hulladék NRHT-ba történő szállításának útvonala 64 km hosszú. Ebből 49 km az M6-os autópályán halad, így e szakaszon a feltételezeten az úttest szélén álló személy sugárterhelésével nem kell számolni, mivel az autópályák mentén a gyalogos forgalom tilos, továbbá az autópálya részét képező pihenőhelyek és üzemanyagtöltő állomások területén tartózkodó személy a haladósáv tengelyétől olyan távolságra lehet csak, ahol a szállítmány sugárhatása már elhanyagolható. A szállítási útvonal első szakaszán, a Paksi Atomerőmű jelenlegi északi bejáró útjától az M6-ig Paks Város rendezési terve tartalmaz egy rávezető útszakaszt, ami az északi bejáró és a 6-os számú főút keresztesződésétől tart az M6 Paks Dél lehajtójáig, lakott területet nem érintve.

Megállapítható, hogy a lakosságot érő éves sugárterhelés, konzervatív becsléssel is nagyságrendekkel a dóziskorlátozási, illetve a dózismegszorítási szint alatt van, így a **végleges tárolóhelyre történő szállítás során a**

**szállítási útvonal, illetve úttest széle tekinthető a hatásterület szélének**, feltételezve, hogy az út szélén mindig ugyanaz a személy tartózkodik, a szállítójármű elhaladásakor.

A tárolóhelyre szállítást lehetővé tevő csomagolás műszaki kialakítása, annak becsült élettartama és a csomagolás élettartama alatt a befoglalt hulladék radioaktív anyag tartalma nem juthat ki, ezért a **közvetett hatások területe a tárolótér telephelyének határával lesz várhatóan azonos**.

A nagy aktivitású radioaktív hulladék telephelyen belüli tárolási módjának esetleges sugárterhelése a környezeti elemek vonatkozásában a telephely területére, illetve a jelenleg hatóságilag még nem rögzített, biztonsági övezet 500 m-es határával megegyező hatásterületen belülrre korlátozódik.

A nagy aktivitású hulladékok **közvetett hatásainak hatásterülete függ a nevezett hulladékok kezelési és tárolási technológiájától**. Keletkezésüket követően célszerű telephelyi tárolást folytatni, amíg a rövidebb felezési idejű izotópok aránya és ezzel együtt a hőfejlődés is csökken. Ezt követi a végleges tárolóhelyre szállítás és elhelyezés. A jelenleg kiemelten kutatott Bodai Aleurolit Formáció (BAF) szolgálhat országhatáron belüli, végleges tárolóhelyül. Egy ilyen jellegű létesítményből esetlegesen eredő közvetlen vagy közvetett hatás(ok) alapvetően a megvalósított mérnöki gátak előírás szerinti működésén, üzemelésén múlik. A mélygeológiai tárolók akár több tízezer évig is biztonságosan visszatartják a radioaktív izotópokat. Jellemző tárolási technológia, a meghatározott műszaki védelemmel ellátott hulladékcsomagok, a tárolásra szolgáló kamrákat vastag vízzáró betonréteg választja el a természetes közettől, majd a konténerekkel feltöltött kamrák végleges eltömedékelése, illetve betonréteggel történő lezárása. A tároló kamrában, feltöltés és lezárás előtt telepített geofizikai monitoring rendszer adataiból következtetni lehet az esetleges szivárgásra, ami a mélységi tárolótér közvetlen környezetére vonatkozó közvetlen hatásként jelentkezhetne, viszont ennek valószínűsége gyakorlatilag elhanyagolható.

A radioaktív hulladékok kezelésére normál üzemmenet során a vonatkozó szigorú előírások, folyamatleírások betartása esetén, a különböző aktivitás kategóriába tartozó radioaktív hulladékok kezeléséből eredő környezeti hatások nem érhetik el, illetve nem léphetik át az országhatárt. A kiégett fűtőelem-kazettákra is az előzőek vonatkoznak.

### **Kiégett kazetták**

A telephelyen belüli átmeneti tárolás több évtizednyi időtartama után vagy reprocesszáló létesítménybe, vagy végleges tárolóhelyre szállítják a kazettákat (a tárolókonténerben) további manipuláció nélkül, mivel a felszíni tárolókonténerek szállítási tevékenység során is megfelelő védelmet nyújtanak.

A felszíni tárolótéren levő konténerek környezeti sugárterhelése a biztonsági övezet határával megegyező hatásterület határára sem lépi túl a dózismegszorítás értékét.

Reprocesszáló műbe történő szállítás esetén, a kijelölt vasútvonal országhatárig tartó szakaszát vesszük alapul. Az útvonal tervezésekor figyelembe veszik, hogy a meglévő vasúthálózatot alapul véve a lehető legkevesebb lakott területet érintsen a szerelvény, valamint feltétlen elsőbbséggel és biztosítással halad, így a tervezett megállásokat is beleszámítva a tartózkodási idő is minimális.

A **közvetett hatásterület megállapítása az átmeneti tárolást követő kezelés módjától is függ**. Amennyiben reprocesszálás, hasznosítás alá vetik a kazettákat, vagyis további áramtermelés céljából kivonják belőlük a megfelelő hasadóanyagokat, úgy az átmeneti tárolóhelytől a reprocesszáló műbe történő szállítás útvonalát és a hasznosító létesítmény környezetét is figyelembe kell venni. A feldolgozás során viszont a kazetták radioizotóp-készletének egy része nagy aktivitású hulladékká alakul, amelyet a reprocesszáló üzemben (általában üvegesítéssel) megfelelően kondicionálnak. Ez a nagyaktivitású hulladék (az aktuális jogi környezetnek megfelelően) visszakerül az atomerőműbe, ahonnan a nagyaktivitású hulladékoknál ismertetett úton a tervezett mélygeológiai tárolóba kerül.

## **20.6.4 PAKS II. ÉS A PAKSI ATOMERŐMŰ EGYÜTTES ÜZEMÉNEK HATÁSA ÉS HATÁSTERÜLETE**

Az együttes üzem alatt Paks II. reaktorai üzemidejük első évtizedét töltik, az ez idő alatt keletkező radioaktív hulladék és kiégett nukleáris üzemanyag telephelyen belüli elhelyezése, átmeneti tárolása megoldott lesz a közvetlenül a konténment mellett elhelyezkedő Primerköri segédépületben és a pihentető medencében, vagyis radioaktív hulladék kiszállítás a telephelyről, illetve konténmenten kívüli használt üzemanyag-kazetta manipuláció Paks II. esetében nem várható. Ha lesz is radioaktív hulladék kiszállítás végleges elhelyezés céljából az a Paksi Atomerőműből történő kiszállításokhoz képest kis mennyiségben várható. A radioaktív hulladékok és kiégett fűtőelemek tekintetében, az együttes üzem alatt várható hatások szinte kizárólag a Paksi Atomerőmű blokkjain fognak jelentkezni, a blokkok üzemidejének végén

esedékes és szükséges technológiai beavatkozások során képződő ilyen jellegű hulladékok esetleges környezeti hatásai miatt.

Az együttes üzem közös pontja a telephelyről történő radioaktív hulladék kiszállítása közúton, és a kiegészítő fűtőelem kiszállítása vasúton. Az együttes üzem során a Paksi Atomerőmű egymás után leállított blokkjaiból a 20 éves védett megőrzés előkészítése során kis-, és közepes aktivitású hulladék NRHT-ba történő kiszállítása várható a fentebb ismertetett útvonalon és várható radiológiai hatással. A Paksi Atomerőmű leállított blokkjaiból kiemelt, kiegészítő fűtőelem-kazetták a KKÁT-ba kerülnek. Az 50 éves pihentetést elért kazetták KKÁT-ból való kiszállításának pontos ütemezése jelenleg nem ismert, viszont célszerű az additív hatások elkerülése érdekében összehangolni a két létesítmény hulladékainak kiszállítási időpontjait, valamint a szállítással érintett útvonalat.

Paks II. területéről a kis- és közepes, valamint a nagy aktivitású hulladékok telephelyen belüli, több évtizedig tartó átmeneti tárolását figyelembe véve az együttes üzem alatt kiszállítás – a jelenlegi elképzelések mentén – nem várható.

A két létesítmény normál üzemi radioaktív hulladék-kibocsátásának, valamint a hulladékok kezelésének, átmeneti tárolásának hatásterülete a biztonsági övezet határával azonosnak tekinthető.

A Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes üzemelésének országhatáron áterjedő környezeti hatása normál üzem esetén kizárható.

## **20.6.5 TERVEZÉSI ALAPBA TARTOZÓ ESEMÉNYEK HATÁSAI**

Azon radioaktív hulladéktípusok teljes körének gyűjtése és kezelése, amelyek a tervezési alapba tartozó, de normál üzemállapottól eltérő üzemi események során képződnek, megoldható a primerköri segédépületben, így ezen hulladékok közvetlen környezeti hatásainak hatásterülete várhatóan a telephely biztonsági övezetének határára belül lesz, így a közvetett, valamint az országhatáron áterjedő környezeti hatások elemzése nem indokolt.

## **20.7 FELHAGYÁS VÁRHATÓ HATÁSAI**

Függetlenül a Paks II-re jelenleg érvényben levő azonnali leszerelési változattól, az atomerőmű végleges leállítása és az ahhoz kapcsolódó technológiai lépések végrehajtása éveket vesznek igénybe. A bontási munkálatok, az építéshez hasonló hatásokat váltanak ki, azzal a különbséggel, hogy az építéssel ellentétben jelentős mennyiségű kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék keletkezik, amely hulladékáram kezelését a telephelyen belül kell megvalósítani. E nagy mennyiségű hulladék elhelyezése jelentős méretű bányászati tevékenységet, anyagmozgatást igényel, ám az ebből eredő hatások hatásterülete várhatóan az országhatáron belül marad.

# **21 KÖRNYEZETI RADIOAKTIVITÁS - A TELEPHELY KÖRNYEZETÉBEN ÉLŐ LAKOSSÁG SUGÁRTERHELÉSE**

## **21.1 AZ ATOMERŐMŰ 30 KM –ES SUGARÚ KÖRNYEZETI RADIOAKTIVITÁSA**

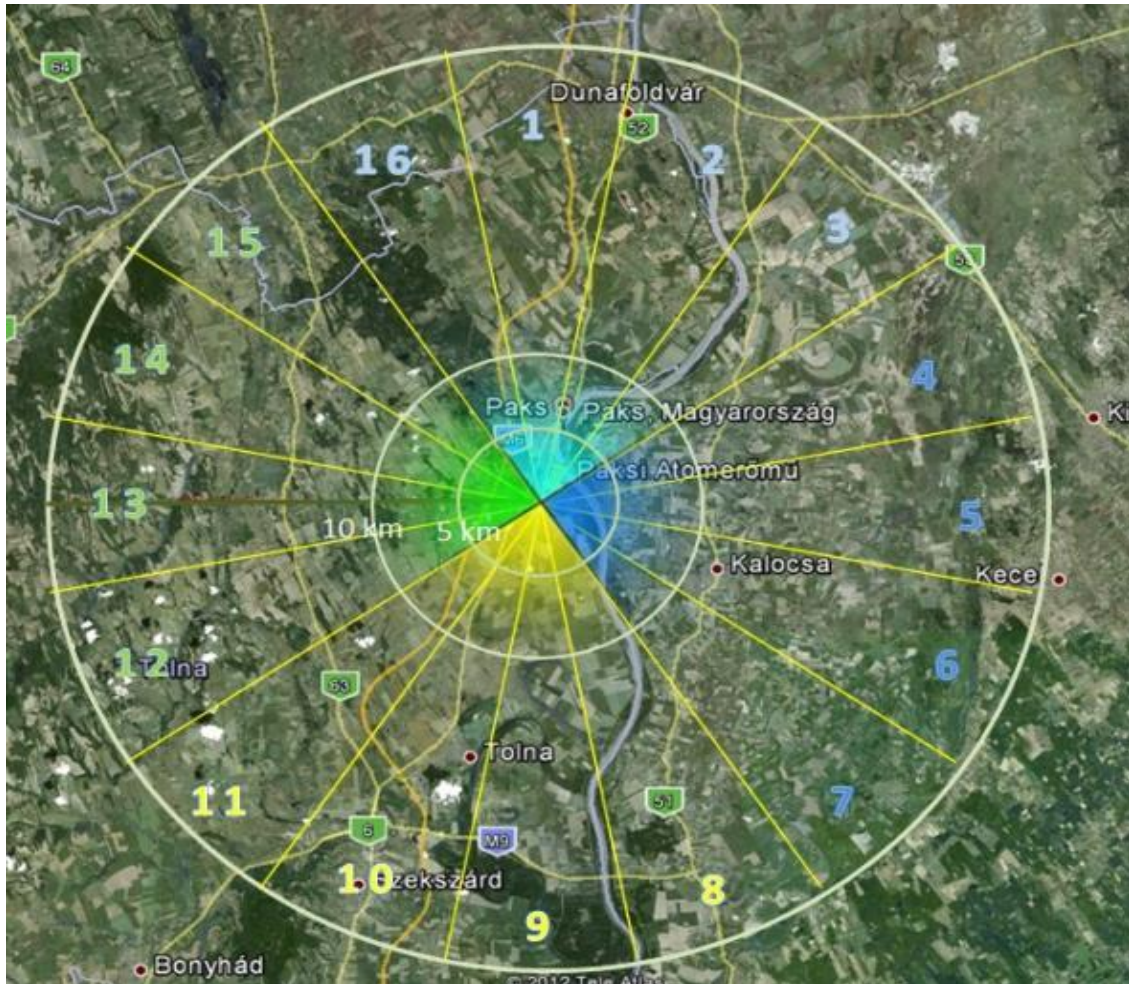
A Paksi Atomerőmű környezetének ellenőrzése a különböző környezeti minták radioaktivitásának mérésével már 1978 óta folyik, kezdve az alapszint (nullszint) felméréstől egészen a folyamatos üzemelési mérésekig. A méréseket a Paksi Atomerőmű, a hatóságok és több más intézmény is végezte, ill. végzi ma is.

A Paksi Atomerőmű környezeti radioaktivitásának jellemzésére a következő környezeti elemek aktivitáskoncentrációi mérési eredményeit használtuk fel:

- környezeti sugárzás dózisteljesítménye,
- in-situ gamma-spektrometriai mérések,
- légköri, talaj- és a fűminták,
- felszíni vízminták,
- iszapminták,

- halminták,
- talajvíz minták
- tej minták.

Az értékeléshez elsősorban a Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (HAKSER) és az Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (ÜKSER) 2001-2011 éves jelentéseit vettük alapul. A rendelkezésre álló 2001-2011 közötti környezeti mérési eredményeket területi elhelyezkedésük szerint csoportokra bontottuk. Az előzetes vizsgálatok alapján az erőmű környezetét 3 távolságra (kisebb, mint 5 km; 5-10 km között; és 10-30 km között) és 4 irányra (Északi, Déli, Keleti; Nyugati) osztottuk fel



99. ábra: A szektorcsoportok felosztása az erőmű 30 km-es környezetében

A dunai víz és iszapminták esetében Paks előtti és utáni Duna szakasz felosztást alkalmaztunk.

A radioaktív anyagok mozgása és megkötődése a környezeti elemekben összetett folyamatok eredménye, így pl. a radioizotópok növényi felvételét számos tényező befolyásolja, a lényegesebbek az alábbiak: a talajszerkezet, a talaj kötöttsége, mechanikai összetétele, a növények gyökérmélysége, a föld alatti és föld feletti növényi részek aránya, a vegetációs időszak hossza, az időjárási, meteorológiai viszonyok.

A környezeti elemek egymásra hatását, azaz ezek kölcsönhatásait a NAÜ ajánlásával az úgynevezett kölcsönhatási mátrixokkal lehet legegyszerűbben leírni. A kölcsönhatások révén lehetséges a környezetbe került radioaktív anyagok mozgásának a leírása is. A természetes élő- és termőhelyek és ezek főbb egymásra hatásai, amelyeken keresztül a radioaktív szennyeződések tovább terjednek, átkerülhetnek egyik helyről a másikra. A kölcsönhatási mátrix átlójában található a főbb környezeti elemek, a mellettük lévő cellák pedig a köztük levő kölcsönhatás közöttük. A kölcsönhatások az óramutató járásával megegyezően értendők a diagonális elemek között.

Az alábbi táblázat mutatja természetes élő- és termőhelyeket és ezek főbb egymásra hatásait, amelyeken keresztül a radioaktív szennyeződések tovább terjednek, átkerülhetnek egyik helyről a másikra.

	1	2	3	4
1	Erdőség	Szél (aeroszol, párolgás) Talajvíz, felszíni víz (lefolyás) Talaj (talajkeveredés) Hamu használat (trágyázás) Állatok trágyájának használata (trágyázás) Szerves bomlástermékek Fatermékek használata	Szél (aeroszol, párolgás) Talajvíz, felszíni víz (lefolyás) Talaj (talajkeveredés) Hamu kiülepedés (égetés) Szerves bomlástermékek Állati táplálékok	Szél (aeroszol, párolgás) Talajvíz, felszíni víz (lefolyás) Talaj (talajkeveredés) Hamu kiülepedés (égetés)
2	Szél (aeroszol, párolgás) Hamu kiülepedés (égetés)	Termőterület	Szél (aeroszol, párolgás) Talajvíz, felszíni víz (lefolyás) Talaj (talajkeveredés) Hamu kiülepedés (égetés) Szerves bomlástermékek Állati táplálékok	Szél (aeroszol, párolgás) Talajvíz, felszíni víz (lefolyás) Talaj (talajkeveredés) Hamu kiülepedés (égetés) Szerves bomlástermékek
3	Szél (aeroszol, párolgás) Hamu kiülepedés (égetés) Házi állatok, állatok trágyája	Szél (aeroszol, párolgás) Hamu kiülepedés (égetés) Állatok trágyájának használata	Füves terület	Szél (aeroszol, párolgás) Talajvíz, felszíni víz (lefolyás) Talaj (talajkeveredés) Hamu kiülepedés (égetés) Szerves bomlástermékek
4	Szél (aeroszol, párolgás, permet) Víz (állatok itatása) Áradás	Szél (aeroszol, párolgás, permet) Talajvíz (befolyás) Szediment (kotrásból) Víz (állatok itatása) Öntözés Áradás	Szél (aeroszol, párolgás, permet) Talajvíz (befolyás) Szediment (kotrásból) Víz (állatok itatása) Öntözés Áradás	Folyó, tó

60. táblázat: Természetes élő- és termőhelyek közötti főbb kölcsönhatások

## A KÖRNYEZETI ELEMÉK MÉRÉSI EREDMÉNYEI – HAKSER ADATOK

Előjáróban fontos megjegyezni, hogy a globális szennyezők, mint a  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  nagy valószínűséggel a nukleáris kísérletekből vagy a csernobili katasztrófából származnak, s a tríciumot ( $^3\text{H}$ ) és a radiokarbont ( $^{14}\text{C}$ ) is nehéz külön választani, hogy kozmogén eredetűek-e vagy globális szennyezők-e, vagy a Paksi Atomerőmű működéséből származnak-e.

Az **aeroszol** aktivitáskoncentráció mérési adataiból csak a  $^{137}\text{Cs}$  és a  $^{131}\text{I}$  térbeli eloszlására (> 10 km-nél) kaptunk értékelhető adatokat. A  $^{131}\text{I}$  11-szer fordul elő 10 km-nél nagyobb távolságnál, amely esetleg lehet kórházi alkalmazásból származó is, illetve a 2011-es adatok lehetnek az Izotóp Intézet Kft. kibocsátásából (vagy Fukusimából) származóak. A **talajminták** állandó időbeli radioaktivitása is azt mutatja (61. táblázat), hogy globális eredetű radioaktív anyagokat találunk inkább az erőmű környezetében, valamint az is, hogy az átlagértékek az országos átlag alatt maradnak:

Nuklid	Év	Átlag [Bq/kg]	Min [Bq/kg]	Max [Bq/kg]	Darab	Országos átlag [Bq/kg]	Vonatkoztatási szint [Bq/kg]
$^{134}\text{Cs}$	2001-2011	-	0,26	2,6	5	-	-
$^{137}\text{Cs}$	2001-2011	9,7	0,5	52	516	17	9,7
$^{90}\text{Sr}$	2001-2011	1,8	0,18	56	183	2,3	1,8

61. táblázat: Talaj aktivitáskoncentráció összesített adatai

A térbeli eloszlást nézve a talaj aktivitáskoncentrációnál is többnyire a globális eredetű radioaktív anyagok fordulnak elő a Paksi Atomerőmű környezetében. A **fű és takarmány** aktivitáskoncentráció térbeli eloszlásánál a talaj radioaktivitásával hasonló jellemzőket találunk, kivéve, hogy itt a trícium is előfordul. A Paks **előtti Duna szakasz vízminta** aktivitáskoncentrációk folyamkilométer szerinti eloszlása is azt mutatja, hogy a Paksi Atomerőmű folyékony kibocsátási pontja előtt is találunk a folyóban radioaktív anyagokat. A három jellemző globális eredetű radioaktív anyag ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^3\text{H}$ ) időben is folyamatosan kimutatható. A Paksi Atomerőmű **utáni Duna szakasz vízmintáiban** közel azonos aktivitáskoncentrációkat találunk, mint a kibocsátási pont előtt, néhol a kibocsátási pont előtti mért érték magasabb, mint a Paks utáni mért érték. A Paksi Atomerőmű előtti Duna szakaszon, az üledékben időben egyenletes a  $^{137}\text{Cs}$  előfordulás. A kibocsátási pont utáni Duna szakasz **üledékében** időben is egyenletesen fordulnak elő a  $^{137}\text{Cs}$  és a  $^{90}\text{Sr}$  radionuklidok, amelyek nem magasabbak jelentősen az erőmű előtti értékeknél. Az **állóvízi vízminta** aktivitáskoncentráció térbeli eloszlása nem tér el a más hazai állóvízi aktivitáskoncentráció értékeitől. Az állóvízi mérhető minták időbeli változása inkább a  $^{90}\text{Sr}$ -ra figyelhető meg, a  $^3\text{H}$  érték az országos átlag ( $^3\text{H}$ : 4,3 Bq/dm<sup>3</sup>) alatt marad. Az



**állóvízi üledék** aktivitáskoncentráció időbeli eloszlása  $^{137}\text{Cs}$  -re mérhető leginkább. Az állóvízi víziállat aktivitáskoncentráció térbeli eloszlására csak néhány értékelhető adat van, ezekben átlagosan 0,22 Bq/kg volt a  $^{137}\text{Cs}$  aktivitáskoncentrációja. Ez az országos átlagot (0,42 Bq/kg) nem haladja meg.

A **tehéntejben** mért aktivitáskoncentrációk területi megoszlásáról csak a  $^{137}\text{Cs}$  és  $^{90}\text{Sr}$  radionuklidokra volt értékelhető adat.

A tehéntej aktivitáskoncentráció időbeli eloszlása egyenletes volt, az országos átlag nagyságrendjébe esnek.

Nuklid	Év	Átlag [Bq/ dm <sup>3</sup> ]	Min [Bq/ dm <sup>3</sup> ]	Max [Bq/ dm <sup>3</sup> ]	Darab	Országos átlag [Bq/ dm <sup>3</sup> ]	Vonatkoztatási szint [Bq/dm <sup>3</sup> ]
$^{137}\text{Cs}$	2001-2011	0,040	0,020	0,073	37	0,055	<b>0,040</b>
$^{90}\text{Sr}$	2001-2011	0,092	0,024	0,93	47	0,066	<b>0,092</b>

62. táblázat: Tehéntej aktivitáskoncentráció összesített adatai

A **dózteljesítmény** (TLD-vel mérve) térbeli eloszlása azt mutatja, hogy a Paksi Atomerőmű környékén az értékek inkább a hazai mért értékek alsó tartományába esnek (átlag: 78 nSv/h).

### A KÖRNYEZETI ELEMEK MÉRÉSI EREDMÉNYEI – ÜKSER ADATOK

Az ÜKSER mérések elsősorban az „A” típusú mérőállomások (A1-A9) és a kontroll mérőállomás (B24) környezetére, illetve a telephelyre és annak közvetlen környezetére estek. Az „A” típusú állomások a Paksi Atomerőműhöz közelebb helyezkednek el, így itt nagyobb valószínűséggel mérhetők az atomerőmű kibocsátásából származó radionuklidok. Itt is csak a mesterséges radionuklidokat vettük alapul.

A **levegőminták** adatai az üzemi mérések alapján azt mutatják, hogy csak néhány, az atomerőműre tipikusan jellemző radionuklidot ( $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ) lehetett csak kimutatni a vizsgált 2001-2011 közötti időszakban. Az „A” típusú állomások és a kontroll „B” típusú állomás  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{14}\text{C}$  és  $^3\text{H}$  aktivitáskoncentráció értékei hasonlóak. A **fallout-, talaj- és fű** minták mérései alapján egyedül a  $^{60}\text{Co}$  radionuklid volt jellemző a Paksi Atomerőműre, a  $^{137}\text{Cs}$  és a  $^{90}\text{Sr}$  nuklidok egyúttal globális eredetű radioaktív izotópok is. A levegő- és fallout minták  $^{131}\text{I}$  radionuklidja a fukushimai atomerőművi baleset és az Izotóp Intézet Kft. kibocsátásaiból származhat. A telephely és annak közvetlen környezetében vett iszap- és talajmintákban az atomerőművi ( $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ) radionuklidok megjelenése az összefolyások, így a felhalmozódás eredménye, de egyértelműen atomerőmű kibocsátási eredetre utal. Ezen felhalmozódási helyeken kívül atomerőművi radionuklidok más környezeti elemekben egyértelműen nem mutathatók ki.

A dózteljesítmény értékek szintén a hazai mért értékek alsó tartományát foglalják el.

Állomás	Dózteljesítmény átlag [nSv/h]	Évek
A1	65,5	2001-2011
A2	66,6	2001-2011
A3	73,3	2001-2011
A4	77,0	2001-2011
A5	73,8	2001-2011
A6	68,7	2001-2011
A7	63,8	2001-2011
A8	82,2	2001-2011
A9	66,4	2001-2011
B24	82,1	2001-2011
Vonatkoztatási szint HAKSER alapján	78	2001-2011

63. táblázat: A dózteljesítmények átlagértékei

## A talajvíz radiológiai eredmények

A Paksi Atomerőmű telephelyén és a környezetében több helyen is létrehoztak mintavevő kutakat, hogy a  $^3\text{H}$  és egyéb radioaktív izotóp aktivitását mérni lehessen a talajvízben. A telephelyen belül található helyekről vett mintákban nagy ingadozással lehet a tríciumot kimutatni. Az értékek átlaga 2 és  $2\,326\text{ Bq/dm}^3$  között változik az évszak, a vízállás és az áramlási sebesség függvényében. Az alábbi általános jellegű következtetések vonhatók le:

- A trícium áramlása többnyire É - ÉK irányú a Paksi Atomerőmű fő épületének szűk környezetében. A terhelés terjedési iránya magas Duna vízszintek esetén É - ÉNy irányba fordul és a terhelés terjedése megtorpan, illetve területe Ny- irányban is kiszélesedik.
- Tríciumon kívül, csak kismértékű  $^{14}\text{C}$  volt kimutatható, más mesterséges eredetű radionuklidot a talajvíz kutakban nem lehet kimutatni.
- A mérési eredmények azt mutatják, hogy a trícium aktivitáskoncentrációk folyamatosan csökkennek.

A trícium ( $^3\text{H}$ ) és a radiokarbon ( $^{14}\text{C}$ ) megjelenése is elsősorban globális eredetből adódik. Erről sajnos országos lefedettséggel bíró mérési adatbázis korlátozottan áll rendelkezésre, de az atomerőmű környékén megjelenő értékek egy része valószínűsíthetően az atomerőműnek tudható be. A telephelyen a felszín alatti vízben való megjelenésük, az biztosan atomerőművi eredetű, viszont a terhelés kiterjedése csak a telephelyre korlátozódik.

## Az atomerőmű környezetében radioizotópok megjelenésének 2012. évi vizsgálatai

Az atomerőmű környezetének jelenlegi állapotának (radioizotópok koncentrációja) jellemzésére 5 vizsgálati helyen, az alábbi méréseket hajtottuk végre: in-situ gamma-spektrometriai (50 mérés), gamma dózisteljesítmény (50 mérés), talaj aktivitáskoncentrációjának mérése (50 db minta mérése), fű, sás és fakéreg aktivitáskoncentrációjának mérése (50 db minta mérése). A vizsgálatok a korábbi Paksi Atomerőmű üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi megalapozása során, morfológiai alapon azonosított potenciális felhalmozódási helyeken kerültek végrehajtásra.



100. ábra: A programban meghatározott mintavételi helyek műholdas képe

A kijelölt mérési helyekről a vegetáció két szakaszában (tavaszi-nyári és késő nyári-őszi) vett talaj és növényi minták radionuklid koncentrációjának meghatározására került sor.

Általánosságban megállapítható, hogy a talaj és növény mintákból mért összes béta-aktivitáskoncentráció a minták többségénél 80 – 95 %-ban a minták  $^{40}\text{K}$  tartalmából származott, így a két érték egymással jó közelítést mutatott. A Paksi Atomerőmű 30 km sugarú környezetében vett talajminták átlagos összes béta-aktivitáskoncentrációja 612 Bq/kg volt. A mért értékek a 410 – 788 Bq/kg tartományon belül változtak. A növényminták átlagos összes béta-aktivitáskoncentrációja tavasszal 706 Bq/kg-nak, ősszel 604 Bq/kg-nak adódott. A mért értékek egy szélesebb tartományon belül, 226 – 1236 Bq/kg között változtak. Látható, hogy a  $^{40}\text{K}$  izotóp esetében leírt évszakos változás természetesen ezen értékek esetében is megjelent.

A Paksi Atomerőmű környezetében vett talajokban a  $^{90}\text{Sr}$  és  $^{137}\text{Cs}$  aktivitás koncentrációkat (átlagosan 1,0 Bq/kg, illetve 16,1 Bq/kg-ot) mértük, a III. vizsgálati helyszínen (átlagosan 0,4 Bq/kg, illetve 7 Bq/kg-ot). Az iszapmintákban a talaj eredményekkel összevetve mind a  $^{90}\text{Sr}$ , mind a  $^{137}\text{Cs}$  izotópok koncentrációit tekintve alacsonyabb értékeket mértünk. Az iszapmintákban az átlagos  $^{90}\text{Sr}$  aktivitáskoncentráció 0,30 Bq/kg volt, a  $^{137}\text{Cs}$  átlagos aktivitáskoncentrációja 5,9 Bq/kg volt. Összehasonlításul a balatoni iszapban mért  $^{90}\text{Sr}$  aktivitáskoncentrációk átlaga 0,92 Bq/kg volt a  $^{137}\text{Cs}$  izotópé 45 Bq/kg volt átlagosan. A Velencei-tó iszapjában az átlagos  $^{90}\text{Sr}$  aktivitáskoncentráció 4,39 Bq/kg volt, a  $^{137}\text{Cs}$  átlagos koncentrációja 31 Bq/kg volt. A növényminták  $^{90}\text{Sr}$  koncentrációja a IV. helyszínen vett mintákban 1,5 Bq/kg. Az összes növényminta eredményéből képzett átlagos  $^{137}\text{Cs}$  aktivitáskoncentráció 0,44 Bq/kg, a  $^{90}\text{Sr}$  aktivitáskoncentrációk átlaga pedig 1,06 Bq/kg volt.

### **Környezeti radioaktivitás összegzése**

Az ÜKSER és HAKSER adatok alapján az atomerőműre jellemző radionuklidok az értékelhető tartományban csak néhány esetben fordultak elő a környezeti ellenőrző mérések során levegő-, fallout-, iszap és talajmintákban, s elsősorban  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  radionuklidokat találtak. A radiojód nuklidok megjelenése olyan esetekben fordult elő, mint a 2003-as üzemzavar, a fukusimai baleset, illetve az Izotóp Intézet Kft. kibocsátása. Az erőműtől távolabbi pontokban a radiojód megjelenése lehet orvosi alkalmazás során történő kikerülés is. A 2001-2011 közötti mérési adatok feldolgozása mellett a Paksi Atomerőmű környezetében lévő vizsgálati helyeken in-situ gamma-spektrometriai és gamma dózisteljesítmény mérések történtek 2012-ben, valamint talaj és növénymintákat is vettünk. A laboratóriumi mérések szintén csak a  $^{90}\text{Sr}$  és  $^{137}\text{Cs}$  radionuklidokat mutatták ki a különböző környezeti mintákban. Egyedül egy helyen (a Paksi Atomerőmű közelében) egyszer tudtunk talajban  $^{60}\text{Co}$  radionuklidot kimutatni. Hasonlóan a 1990-es években ezen a helyeken (amelyek mint felhamozódási pontok lettek kijelölve morfológiai megfontolások és szélirány alapján) végzett mérések is csak egy-két esetben tudtak kimutatni radionuklidot, nevezetesen  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ -et.

Ezek alapján elmondható, hogy az atomerőmű normál kibocsátásának környezeti hatásait, a radionuklidok környezetbeli viselkedését mérésekkel nem lehet követni és azok vándorlását, mozgását nem lehet leírni az egyes környezeti elemekben. A környezeti gamma dózisteljesítmények is azt támasztják alá, hogy az atomerőmű környezetében nem találhatók emelkedett értékű helyek.

## **21.2 A VIZSGÁLT 30 KM SUGARÚ KÖRNYEZETBEN ÉLŐ LAKOSSÁG EGÉSZSÉGÜGYI ÁLLAPOTA**

A telephely környezetében élők egészségügyi állapotának vizsgálatával értékelni kell, hogy az ionizáló sugárzással potenciálisan kapcsolatos megbetegedések milyen gyakorisággal fordulnak elő a telephely 30 km-es környezetében élő népesség körében.

Vizsgálati területnek a Paksi Atomerőmű központjától 30 km-es sugarú kört tekintettük.

Az epidemiológiai jellegű értékelésre konkrétan nem vonatkoznak jogszabályi előírások és rögzített feldolgozási módszerek sincsenek. Az értékelésekhez az Európai Unió és a WHO Európai Iroda által támogatott Biomed 2 program keretein belül szervezett projekt eredményeit összefoglaló kiadványt, módszer gyűjteményt (Lawson A, Biggeri A, Böhning D, Lessafre E, Viel J-F, Bertollini R: Disease Mapping and Risk Assessment in Public Health, Wiley, 1999) tekintettük elsődleges referenciának.

Csak olyan betegségekre, illetve betegségcsoportokra vonatkozó indikátorok képezték a vizsgálat alapját, amelyek a Betegségek Nemzetközi Osztályozásában önálló BNO kóddal rendelkeznek, illetve amelyek esetében a referencia populációra vonatkozó adatelemzés során nem merül fel a jelentési gyakorlat anomáliáira utaló statisztikai eltérés (azaz, amelyek esetében a nemzetközi referencia értékekhez viszonyított magyar referencia adat nem mutat aránytalan nagy

eltérést; s amelyek esetében a referencia populációban a területi eltérések és időbeli trendek nem mutatnak a betegségek természetével össze nem egyeztethető aránytalanságot).

#### *Halál okának diagnózisa*

A Központi Statisztikai Hivatal (KSH) gyűjti Magyarországon hosszú évek óta a halott vizsgálati bizonyítványokat, melyekre a halált megállapító orvos rögzíti a demográfiai adatokat és szintén ő rögzíti a halál okának diagnózisát. A halálóki diagnózis – szemben a hagyományos diagnózissal - nem egy betegség megállapítását jelenti, hanem a halálhoz vezető folyamat megfelelő szabályok szerinti leírását. A folyamat kiindulópontját jelentő kórképet tekintjük az egészségmonitorozás során használható indikátornak, hiszen a betegség kialakulásával kapcsolatos potenciális kockázati tényező lehetséges hatásainak értékelése a projekt alapvető célkitűzése. A településeken évenként megfigyelt halálesetek számát kórképenként összesítve 2001-2010-re vonatkozóan a KSH bocsátotta rendelkezésünkre.

#### *Társadalmi státusz*

A vizsgálati területen belül jelentősek az egyes településeken élők társadalmi-gazdasági státuszbeli különbségei. Mivel ez a státusz befolyással van az életmód számos elemén keresztül a betegségek kialakulásának valószínűségére, a vizsgálatok során ezeket a hatásokat, mint kontrollálandó zavaró tényezőket figyelembe kell venni, aminek első lépése a rájuk vonatkozó adatok begyűjtése. Az adatelemzéseknél a legmegbízhatóbb terület-specifikus társadalmi-gazdasági státusz indikátorok forrása a népszámlálás adatbázisa, amelyet utoljára 2011-ben végeztek, ez az adatbázis ad széles körű információt társadalmi-gazdasági helyzetekre. Mivel a program során olyan betegségek előfordulási gyakoriságát elemeztük, amelyek kialakulásához éveken keresztül ható expozíciókra van szükség, a 2011-es népszámlálási státuszindikátorok alkalmasak a vizsgálat céljainak eléréséhez.

#### *Lakosság-nyilvántartás*

A településsoros lakosság-nyilvántartás az elmúlt 10 évben változó, de jogfolytonosságot mindig biztosító intézményekben zajlott, jelenlegi felelős intézmény: a Közigazgatási és Elektronikus Közszolgáltatások Központi Hivatala (KEKKH). A program során az egyes évekre meghatározott indikátorok számításához az év közepi lakónépeség demográfiai adatainak ismerete szükséges, amit a KEKKH adatai segítségével tudunk előállítani.

#### *Hatásterület meghatározása*

A vizsgálat során a hatásterületen belül település szintű, illetve irányítószámok szerint csoportba rendezett települések adatait dogoztuk fel. A népesség nyilvántartása települések szintjén valósul meg. A halálóki diagnózisok és a fejlődési rendellenességek előfordulása is települések szintjén regisztrált adat, de a szakellátás betegforgalmi adatai a betegek lakóhelyének irányítószámai alapján kerülnek rögzítésre.

A vizsgálatba a 10 km-es körzeten belüli populációt (mint elsődleges potenciális hatásviselőt), a 10-20 km-es sávban élőket (mint másodlagos potenciális hatásviselőket) és a 20-30 km-es sávban belül élő populációt (mint a helyi viszonyokat legjobban tükrözni képes kontroll populációt) külön-külön értékelve vettük figyelembe. A települések zónákon belüli elhelyezkedése illetve az egyes települések erőműtől való távolsága jelentette a kockázati viszonyok területi elrendeződésének alapadatát.

#### *Halálozási kockázat értékelése*

A halálozási adatok az egyes halálokoknak megfelelően kerültek feldolgozásra. Minden halálok esetében értékelésre került a megfigyelt halálozási kockázat és a megfigyelt esetszámok várható értékektől való eltérésének statisztikai értékelése. Statisztikai értékelések készültek a 30 km-es környék településein megfigyelt halálozási kockázatról és annak referencia szinttől való eltérésének statisztikai tesztelése során kapott eredményekről.

#### *Betegségek előfordulási kockázatának elemzése*

A szakellátást nyújtó egészségügyi intézmények jelentései alapján számított előfordulási gyakoriságok betegségcsoportonként kerültek feldolgozásra. Minden betegségcsoport esetében értékelésre került Paks városban megfigyelt morbiditási kockázat és a megfigyelt esetszámok várható értékektől való eltérésének statisztikai értékelése.

A 10 km-enként definiált zónákon belül összegzett relatív kockázat és annak referencia szinttől való eltéréseinek tesztelése, illetve a társadalmi-gazdasági státusszal korrigált lokális kockázatok és az erőműtől mért távolság közti kapcsolat értékelése révén az erőmű potenciális pontforrás szerepét teszteltük.

Összességében a hatásterületen élő populáció egyes kórkép vizsgálati végeredménye a referencia értékekhez viszonyítva kedvezőnek vagy a referencia populációkban megfigyelthez hasonló egészségi állapotúnak jellemezhető. Egyes kórképek vizsgálati végeredményében merült fel a statisztikai mutatók alapján az erőművel kapcsolatba hozható kockázatemelkedés elvi lehetősége.

A daganatokra ható kockázati tényezők leírásához nem fejlesztettünk saját kérdőívet, hanem a Nemzetközi Egészségügyi Világszervezet (WHO) CINDI projektje által kidolgozott, validált illetve publikált, emiatt szabadon felhasználható kérdéseket fordítottuk le.

A háziorvosok bevonásánál olyan vizsgálati megközelítést alkalmaztunk, amely lehetővé tette, hogy az atomerőműből származó expozíció daganatos kockázat befolyásoló képességét számszerűsítsük. A vizsgált expozíciót (a Paksi Atomerőműből a környezetbe kerülő ionizáló sugárzás dóziséját) közvetlen mérési adat helyett, a vizsgálati alanyok lakóhelye és az atomerőmű közötti távolsággal becsültük meg. A kiváltott egészségkárosodás a daganatos megbetegedések háziorvos által regisztrált incidenciája volt. A kontrollált egyéb kockázati tényezők a következők voltak: kor, nem, képzettség, dohányzás, foglalkozási sugárexpozíció, családi daganatos halmozódás, cukorbetegség, magas vérnyomás, ischaemiás szívbetegség. A vizsgálat során 3 megye, a Paksi Atomerőműhöz képest 30 km-nél közelebb elhelyezkedő településeinek folytatták a háziorvosok az adatgyűjtést, nemzetközi standardok alapján összeállított kérdőív segítségével. A háziorvos az általa gondozott, 2010. január 1. és 2012. december 31. közt diagnosztizált, felnőtt daganatos betegeiről kitöltötte az adatlapot, majd korban, nemben és képzettségben megfelelő nem daganatos kontroll pácienszt választott, akiről szintén elkészítette az adatlapot. A feldolgozás során daganat típusonként elemeztük a rizikófaktorok hatását.

A kockázati tényezők elemzése során részben olyan eredményeket kaptunk, melyek az adott daganat természetével összhangban voltak (dohányzás növeli a gégerák, tüdőrák, fej-nyaki daganatok és a húgyhólyagrak kialakulásának esélyét), illetve, amik a minta válogatás hatásait tükrözték. (Mivel kor, nem, képzettség szerint illesztett kontrollok segítségével épült fel az adatbázis, a tökéletes illesztés mellett nem láthattuk volna ezeknek a faktoroknak a kockázatbefolyásoló tulajdonságát annak ellenére, hogy az nyilvánvalóan megvan.)

Az egyes daganatos lokalizációk értékelése során általában nem láttunk pozitív kapcsolatot a Paksi Atomerőmű közelsége és a daganatok előfordulása között. Az emlőrák esetében a statisztikai feldolgozás szignifikáns gyakoriságcsökkenést mutatott az erőmű közelében. Sok daganatos lokalizáció vizsgálatára került sor, ezért az esélyhányadosok eloszlásának értékelése teszi csak lehetővé az erőmű hatásának értékelését. A daganattípusonkénti esélyhányadosok a semleges érték körül egyenletesen szóródnak.

A vizsgálati eredmények együttes értékelése tehát arra mutat, hogy az erőmű környékén tapasztalható daganatos megbetegedési kockázatot nem növeli az erőmű jelenléte.

Összességében megállapítható, hogy a vizsgálat nem talált daganatos megbetegedési kockázatnövekedést a Paksi Atomerőmű közelében élők között.

### **21.3 A TELEPHELY 30 KM-ES KÖRNYEZETÉBEN ÉLŐ LAKOSSÁG JELENLEGI SUGÁRTERHELÉSE**

A lakosság sugárterhelésének becslése a következők szerint történt:

- A telephelyen lévő, jelenleg üzemelő nukleáris létesítmények radioaktív kibocsátási adatai, a direkt és szórt sugárzás dózisteljesítményei, a nukleáris környezetellenőrzés adatai alapján megbecsültük a lakossági sugárterhelését.
- Az egyéb mesterséges forrásokból származó sugárterhelés becsléséhez figyelembe vettük a különböző tevékenységekből, így a radioaktív hulladék elszállítás, friss és kiégett fűtőelem szállítás, sugárforrások mozgatása a telephelyen belül és ipari radiográfiás vizsgálatokból eredő mesterséges sugárterheléseket is.

A sugárterhelés becslését a telephely 30 km-es környezetére, 2001-2011 évek adatainak felhasználásával és nemzetközileg elfogadott módszerekkel, programokkal végeztük el.

A lakosság sugárterhelésének becsléséhez a radioaktív anyagok terjedését meghatározó telephelyi és környezeti jellemzők meghatározása után scenáriókat dolgoztunk ki a feltételezett kibocsátásokra. A sugárterhelés becsléshez figyelembe vettük még a különböző tevékenységekből, forrásokból eredő sugárterheléseket is, így a radioaktív hulladék elszállítását, friss és kiégett fűtőelem szállítást, sugárforrások mozgatását a telephelyen belül és ipari radiográfiás vizsgálatokat. Megjegyeznénk, hogy a Paksi Atomerőműtől közvetlen származó szórt és direkt sugárzás gyakorlatilag elhanyagolható. Minthogy a dózisteljesítmény mérési adatok háttér tartományba esnek, ebből kifolyólag ezekből lakossági sugárterhelést nem lehet számolni a nukleáris létesítményekre vonatkoztatva. A lakosságot elsősorban egyéb sugárforrásokból érheti többlet direkt és szórt sugárzás, így ezért ezekre végeztünk modell számításokat.

A modellezett scenáriók alapján meghatároztuk a kritikus csoport potenciális sugárterheléseit az egyes, illetve a megfelelőképpen összevont esetekre. A sugárterhelés becslését nemzetközileg elfogadott módszerekkel, programokkal végeztük el, s ezekhez az ICRP és IAEA (NAÜ) ajánlásait és adatait használtuk fel.

A számítások alapján értékeltük, hogy a dózismegszorításban meghatározott dózis megfelel-e a Paksi Atomerőmű és a KKÁT üzemeltetéséhez a kritikus (csámpai és gerjени gyermek lakosságot magába foglaló hipotetikus csoport) lakosságra nézve. Ezt az értéket 1998-ban határozták meg 100  $\mu\text{Sv}/\text{év}$  értékben, aminek a 90 %-át a Paksi Atomerőmű, míg 10 %-át a KKÁT használhatja ki.

A légköri terjedés leírására a normál üzemi számítások során a nemzetközi ajánlásokon alapuló ún. szektorra átlagolt Gauss-féle csóvamodellen alapuló eljárást használtuk. A szárazföldi tápláléklánc egyes komponensei szennyeződésének leírása az ún. koncentráció-faktor technikán alapult.

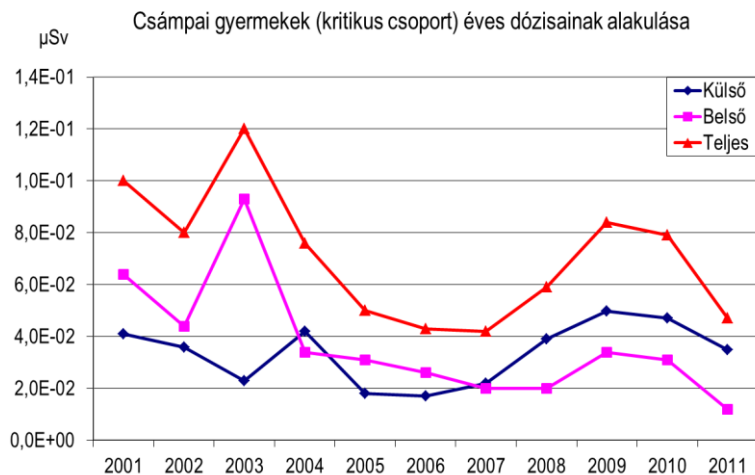
A Dunába történő kibocsátást leíró modell figyelembe veszi, hogy az oldalirányú elkeveredés – a kibocsátási ponttól nagy távolságban is – csak részlegesen valósul meg. A hidrológiai paraméterekből meghatározhatók a távolságfüggő, ún. részleges elkeveredési korrekciós tényezők, amelyek megadják, hogy a dunai kibocsátási ponttól adott távolságban, a jobb parton hányszor lesz nagyobb a radionuklidok koncentrációja a teljes elkeveredéshez képest.

A feladatban megbecsültük a lakosságot érő sugárterheléseket egyéb forrásokból is nemzetközileg használt program alkalmazásával az egyes külső besugárzási útvonalakon és összevetettük az elérhető mérési adatokkal.

### **A légköri kibocsátásokból számolt lakossági sugárterhelés**

A légköri kibocsátásból származó légköri terjedés, a szárazföldi tápláléklánc-elemek koncentrációinak és az egyes besugárzási útvonalakból származó sugárterheléseknek a meghatározása a főként az IAEA Safety Series No. 57 és az IAEA Safety Reports Series No. 19 kiadványokban leírt modelleken alapuló saját fejlesztésű "SS57" nevű programcsomaggal történit. A számítás során az ún. szektorra átlagolt Gauss-féle csóvamodellen alapuló eljárást használtuk. A nemzetközi ajánlásokon alapuló, a világ sok országában összegyűlt tapasztalatokat egyesítő, a rutinszerű gyakorlat számára egyszerűen használható eljárást alkalmaztuk.

Az atomerőműből és a KKÁT légköri kibocsátásokból származó sugárterhelések számítását a 2001-2011 közötti időszak minden évére elvégeztük. A csámpai gyermek (kritikus csoport) korcsoportra vonatkozó számításokat a PA légköri kibocsátásából az alábbi ábra mutatja. Az üzemzavari (2003.) évtől eltekintve 2001 és 2007 között a teljes sugárterhelés folyamatos csökkenést mutatott, ezt követően emelkedés jelentkezett 2009-ig (a 2010-11-es értékek már újra csökkenést mutattak).



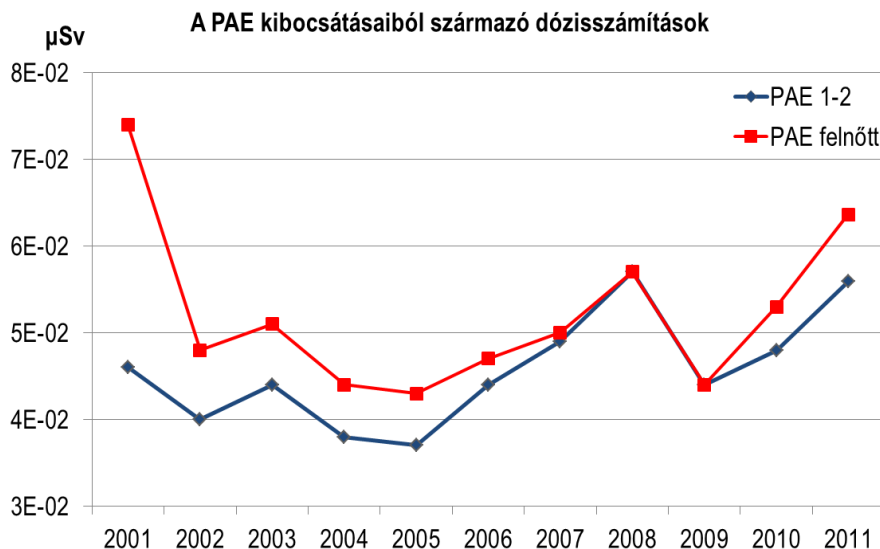
101. ábra: Csámpai gyermekek (kritikus csoport) éves dózisainak alakulása az erőművi kéménykibocsátásokból

### Vízi kibocsátásból származó sugárterhelés

Az atomerőműből történő folyékony kibocsátások végül a Dunába, mint befogadó víztömegbe kerülnek. Konzervatív megközelítés, ha a közbenső szakaszon – gyűjtőtartályok, melegvíz-csatorna – a hígulási, szedimentációs folyamatokat elhanyagoljuk (a radioaktív bomlás a Dunával való terjedés során is elhanyagolható, csak a kiülepedett radionuklidok esetén kell figyelembe venni).

A folyóvízi hígulás és terjedés leírására alkalmazható legegyszerűbb modell teljes elkeveredést tételez fel. A kibocsátás helyéhez eléggé közel ez a feltevés bizonyosan nem teljesül, így a csóvában nagyobb koncentrációk várhatók, mint a teljes elkeveredéssel számoltak. Ennek mértékét nehéz pontosan megadni, mivel egyrészt igen sok paramétertől függ (kibocsátott víz és befogadó víztömegek, hőmérsékletek, áramlási sebességek stb.), továbbá a probléma matematikai kezelése is meglehetősen bonyolult.

A Paksi Atomerőmű és a KKÁT folyékony kibocsátásaiból (közösén kerül a Dunába) származó külső és belső sugárterhelések számítását, a gerjени gyermek (1-2 éves) korcsoportra vonatkozóan az alábbi ábra mutatja.



102. ábra: A Paksi Atomerőmű folyékony kibocsátásából származó sugárterhelések a gerjени gyermek (1-2 éves) és felnőtt korcsoportokra vonatkozóan

### Egyéb forrásokból eredő sugárterhelés

A radioaktív hulladék szállítási útvonalainak egy része lakott terület mellett halad, így viszonylag közel is tartózkodhat civil a teherautóhoz. Ekkor az út mellett tartózkodó ember akár 5 m távolságra is tartózkodhat, így a szállítások során

23,04  $\mu\text{Sv}$  sugárterhelést is kaphat az út mentén tartózkodó (5 perc), ha az átlagos atomerőművi aktivitású hordókkal számolunk. Ez egy abszolút konzervatív becslés, hiszen azt veszi figyelembe, hogy valaki minden szállítás során pont a teherautó mellett tartózkodik.

A **friss fűtőelem** szállításánál két esetet vizsgáltunk, az első eset: amikor az állomáson valamilyen okból (forgalmi akadály) megáll és ekkor a vonatra várakozók egy ideig (1/2 óra), viszonylag közel, 5 m távolságban tartózkodhatnak a vonathoz. Ebben az esetben az egy vasúti kocsiban található fűtőelemektől eredő sugárterhelés: 0,66  $\mu\text{Sv}$ . A második eset: amikor a szerelvény áthalad az állomáson megállás nélkül, 30 km/h sebességgel számolva a kritikus személy, aki szintén az állomáson a vonatra várakozik, 5 m távolságban a szerelvény elhaladása közben 1,17 nSv sugárterhelés éri.

A telephelyen belüli, **kiégett fűtőelem** (C-30-as szállítókonténerrel) KKÁT-ba átszállításból eredő neutron- és gamma-sugárterhelést számoltuk a lakosságra, a telephelytől különböző távolságokra, valamint a kritikus csámpai lakosságra nézve. A számításoknál egy átlagosan kiégett (40,9 GWnap/tU) fűtőelemeket és 3 év pihentetési idejű kazettákat vettünk. A kritikus lakosságnak (1300 m-re a konténer külső falától) sugárterhelésénél az átszállítás idejének 1 óráét és egy év alatt 480 db átszállított kiégett fűtőelemet tételeztünk fel, ami maximális értéknek tekinthető, ebből az okozott sugárterhelés 0,0235 nSv-nek adódott.

A **felületükön radionuklidokat tartalmazó eszközök** telephely területén belüli szállítása esetén is megvizsgáltuk a sugárterhelést különböző távolságokra. A  $^{60}\text{Co}$ -nál (felületén 1  $\mu\text{Sv/h}$  dózisteljesítményű) 500 m-re 5,33E-09  $\mu\text{Sv/h}$  dózisteljesítmény érték adódik, ez azt jelenti, hogy kb. 21 év kellene ahhoz, hogy a felületén radioaktív anyagot tartalmazó eszköz 1 nSv sugárterhelést tudjon okozni.

Az **ipari radiográfias vizsgálatok** során nagy aktivitású sugárforrásokat használnak a különböző radiográfiai vizsgálatokra, s két helyzetben használják a forrásokat: a sugárforrás a saját árnyékoló munkatartójában van és radiográfias vizsgálat alatt, amikor a sugárforrás védelem nélkül tartózkodik a környezetben. A radiográfias vizsgálat alatti számításokat különböző távolságokra végeztük el a 2 TBq  $^{192}\text{Ir}$ , valamint 5 TBq kezdeti aktivitású  $^{75}\text{Se}$  sugárforrásokkal és feltételezve, hogy kb. 2200 vizsgálatot végeznek évente, így ez 1 300 m-re, illetve 500 m-re 0,67  $\mu\text{Sv}$ , illetve 5,62  $\mu\text{Sv}$  sugárterhelést okoz.

### **A lakossági sugárterhelések összegzése**

A modellezés során kapott lakossági sugárterhelések éves szintje minden esetben nagyságrendekkel a dóziskorlátozási (1 mSv), illetve a dózismegszorítási szint (100  $\mu\text{Sv}$  a Paksi Atomerőmű + KKÁT létesítményekre) alatt voltak olyan konzervatív feltételezések mellett is, amelyek a valóságban nagyon kis valószínűséggel fordulhatnak elő. A kibocsátásokból számított sugárterhelési értékek nSv/év nagyságrendbe estek, a további forrásokból (friss fűtőelem-, kiégett fűtőelem-, radioaktív hulladék szállítás, radiográfiai vizsgálatok) eredő hatások nagyobbak lehetnek, de ezek nem állandó estek, legrosszabb körülményeket nézve a lakosság egyedeinek sugárterhelése a  $\mu\text{Sv/év}$  nagyságrendbe eshet, ami több nagyságrenddel a szabályozásban meghatározott érték alatt marad.

*Ekkora mértékű éves sugárterhelés változást mérésekkel gyakorlatilag nem lehet igazolni, így a továbbiakban is a modellezésekre, számításokra kell hagyatkoznunk.*

## **21.4 PAKS II. LÉTESÍTÉSÉNEK HATÁSA A TELEPHELY KÖRNYEZETÉBEN ÉLŐ LAKOSSÁG SUGÁRTERHELÉSÉRE**

Létesítés során a lakosságot érő sugárterhelés elsősorban a radiográfias vizsgálatokból származhat. A radiográfias vizsgálatok számának ismeretében meghatározható az éves lakossági sugárterhelés nagysága. A korábban említett számításokkal nagyságrendileg megegyező értékek várhatók. A radiográfias vizsgálatok sugárterhelését közvetlen hatásnak tekinthetjük, közvetett hatások létesítés fázisában nem értelmezhetők.

## **21.5 PAKS II. ÜZEMELÉSÉNEK HATÁSA A TELEPHELY KÖRNYEZETÉBEN ÉLŐ LAKOSSÁG SUGÁRTERHELÉSÉRE**

### **Légköri kibocsátás sugárterhelése**

Normál üzem esetén a kibocsátások 100 m-en (kémény) és 40 m-en (turbina épület) történnek. A 100 m-es kéménymagasságból kiindulva a Paksi Atomerőmű hasonló viszonyait alapul véve 120 m-es effektív kibocsátási



magassággal és a meteorológiai torony 120 m-es adataival számoltunk. A 40 m-es kibocsátási magasságot 50 m-es effektív magassággal vettük figyelembe, igazodva a meteorológiai torony 50 m-es adataihoz.

A nuklidonkénti kibocsátásokhoz az MVM Paks II. Zrt (orosz fél adatai) [40] által megadott normál üzemi értékekből indultunk ki.

Radionuklid	Kéményen keresztül történő kibocsátás	A turbinaépület teteje felett történő kibocsátás
	I. kibocsátás	II. kibocsátás
	Bq/év	Bq/év
<sup>3</sup> H	7,80E+12	2,40E+09
<sup>14</sup> C (CO <sub>2</sub> )	3,00E+10	-
<sup>14</sup> C (szerves)	5,70E+11	-
<sup>83m</sup> Kr	1,34E+12	5,40E+10
<sup>85m</sup> Kr	4,56E+12	1,22E+10
<sup>85</sup> Kr	7,12E+11	1,32E+08
<sup>87</sup> Kr	2,76E+12	1,28E+11
<sup>88</sup> Kr	1,01E+13	3,00E+11
<sup>131m</sup> Xe	4,98E+11	3,20E+09
<sup>133</sup> Xe	5,62E+13	9,40E+11
<sup>135</sup> Xe	1,51E+13	6,60E+11
<sup>138</sup> Xe	5,72E+11	6,20E+10
<sup>131</sup> I (aeroszol)	4,85E+07	2,48E+05
<sup>132</sup> I (aeroszol)	6,46E+07	8,00E+05
<sup>133</sup> I (aeroszol)	9,20E+07	7,44E+05
<sup>134</sup> I (aeroszol)	4,40E+07	2,24E+05
<sup>135</sup> I (aeroszol)	7,53E+07	5,68E+05
<sup>131</sup> I (elemi)	4,85E+07	2,48E+06
<sup>132</sup> I (elemi)	6,46E+07	8,00E+06
<sup>133</sup> I (elemi)	9,20E+07	7,44E+06
<sup>134</sup> I (elemi)	4,40E+07	2,24E+06
<sup>135</sup> I (elemi)	7,53E+07	5,68E+06
<sup>131</sup> I (szerves)	4,85E+07	3,47E+06
<sup>132</sup> I (szerves)	6,46E+07	1,12E+07
<sup>133</sup> I (szerves)	9,20E+07	1,04E+07
<sup>134</sup> I (szerves)	4,40E+07	3,14E+06
<sup>135</sup> I (szerves)	7,53E+07	7,95E+06
<sup>51</sup> Cr	1,57E+05	3,00E+02
<sup>54</sup> Mn	9,66E+03	4,20E+02
<sup>60</sup> Co	6,20E+04	4,80E+03
<sup>89</sup> Sr	6,50E+05	2,80E+04
<sup>90</sup> Sr	1,19E+03	8,80E+01
<sup>134</sup> Cs	4,00E+07	2,00E+06
<sup>137</sup> Cs	6,06E+07	2,60E+06

Forrás: MIR.1200 Preliminary data and information for safety and environmental licensing, Appendix 3

64. táblázat: A normál üzemi kibocsátások a két blokkra (Bq/év)

A kibocsátott radionuklidokra az alábbi kiegészítő megfontolásokat tettük:

- a tríciumot 100 %-ban vízgőznek tekintettük
- a radiokarbont 5 %-ban CO<sub>2</sub>-nak 95 %-ban szervesnek vettük, a sokéves paksi kibocsátási adatok alapján.
- a radiojódokat 4 %-ban aeroszoknak, 40 %-ban elemi és 56 %-ban szervesnek tekintettük, a Paksi Atomerőmű utóbbi évek kibocsátási adatainak átlagai alapján.

a nemesgázokat elemi gázként, a többi, az előző bekezdésekben nem említett radionuklidot aeroszolként azonosítottuk. A korábban említett „SS57” nevű programot használtuk most is és a fentiek alapján számított koncentrációkból az alábbi dózisoskat határozzuk meg:

- ❖ külső sugárterhelés
  - bemerülési gamma-dózis
  - talajfelszíni gamma-dózis
  - reszuszpenzióból származó gamma-dózis

- bemerülési béta-dózis (bőrdózis)
- ❖ belső sugárterhelés
  - inhalációból származó dózis
  - reszuszpenzióból származó inhalációs dózis
  - élelmiszer fogyasztásból származó lenyelési dózis

A 2009-es meteorológiai adatok alapján a számításokat az 1-2 éves kisgyermek és a felnőttek korcsoportjára végeztük el és az alábbi területi felosztást követtük:

Szektor-csoport	Szektor	Körgyűrű	Távolság [km]
4-7	4,5,6,7	< 1 km	0,5
8-11	8,9,10,11	1-5 km	3
12-15	12,13,14,15	5-10 km	7,5
16-3	16,1,2,3	10-30 km	20
Csámpa	12	Csámpa	1,5

65. táblázat: Kibocsátás számítások területi felosztása

A következő két táblázat alapján látható, hogy az eredmények lényegében hasonlóak a meglévő blokkok kibocsátásából számolt értékekhez, a csámpai kisgyermekre számított teljes-dózis eredmények viszont alatta maradnak a korábbi sokéves maximumoknak. Ez köszönhető egyrészt annak, hogy Csámpa valamivel messzebb és kissé eltérő irányban fekszik az új kéménytől, másrészt a megadott átlagos kibocsátási értékek eltérnek a korábbiaktól.

A kibocsátásoknak megfelelően az egyes nuklidok aránya más, mint a korábbi blokkok esetében, de itt is a nemesgázok külső dózisa ( $^{88}\text{Kr}$  dominál) és a radiokarbonból származó lenyelés a meghatározó. Ezek mellett számottevő dóziszáruléka van a tríciumnak, az (elemi)  $^{131}\text{I}$ -nek és a Cs izotópoknak. Az 1-2 éves kisgyermek dózisa valamivel magasabb a felnőttekéénél és mindkét esetben a külső dózisek a nagyobbak.

Mivel a számított effektív dózisek a vizsgált területen sehol sem haladják meg a  $90 \mu\text{Sv}$  értéket, a legnagyobb számított értékek (az 500 m-re számolt kisgyermek estében is csak  $220 \text{ nSv}$ ) két és fél nagyságrenddel ez alatt maradnak, azt mondhatjuk, hogy semlegesnél nagyobb kockázatot ( $90 \mu\text{Sv}$  értéket meghaladó) nem jelent a biztonsági övezeten túl az erőmű normál üzemi működése.

Távolság	<1 km				1-5 km				5-10 km				10-30 km				1,5 km
	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	12
<b>Bemerülési gamma</b>	1,1E-07	1,3E-07	8,4E-08	7,2E-08	1,5E-08	2,2E-08	9,2E-09	1,4E-08	3,3E-09	5,0E-09	1,8E-09	3,2E-09	5,0E-10	7,7E-10	2,5E-10	5,1E-10	4,0E-08
<b>Felszíni gamma</b>	1,7E-09	2,1E-09	1,4E-09	1,2E-09	3,2E-10	4,8E-10	2,1E-10	3,0E-10	8,8E-11	1,4E-10	5,2E-11	8,7E-11	1,6E-11	2,5E-11	8,3E-12	1,7E-11	7,7E-10
<b>Reszusp. gamma</b>	1,9E-13	2,3E-13	1,5E-13	1,3E-13	2,6E-14	3,8E-14	1,6E-14	2,4E-14	5,9E-15	8,8E-15	3,3E-15	5,7E-15	1,1E-15	1,6E-15	5,5E-16	1,1E-15	6,8E-14
<b>Bemerülési béta*</b>	7,8E-08	9,7E-08	6,2E-08	5,3E-08	1,3E-08	2,0E-08	8,6E-09	1,3E-08	3,5E-09	5,4E-09	2,0E-09	3,5E-09	6,1E-10	9,4E-10	3,1E-10	6,3E-10	3,4E-08
<b>Összes külső</b>	<b>1,1E-07</b>	<b>1,3E-07</b>	<b>8,6E-08</b>	<b>7,4E-08</b>	<b>1,6E-08</b>	<b>2,3E-08</b>	<b>9,5E-09</b>	<b>1,4E-08</b>	<b>3,4E-09</b>	<b>5,2E-09</b>	<b>1,9E-09</b>	<b>3,3E-09</b>	<b>5,2E-10</b>	<b>8,0E-10</b>	<b>2,6E-10</b>	<b>5,3E-10</b>	<b>4,1E-08</b>
<b>Belégzés</b>	6,4E-09	7,5E-09	5,0E-09	3,8E-09	1,2E-09	1,8E-09	7,4E-10	1,1E-09	3,1E-10	4,7E-10	1,8E-10	3,0E-10	6,3E-11	9,3E-11	3,2E-11	6,1E-11	2,8E-09
<b>Reszusp. belégzés</b>	2,2E-12	2,7E-12	1,7E-12	1,5E-12	3,0E-13	4,4E-13	1,8E-13	2,7E-13	6,5E-14	9,7E-14	3,6E-14	6,2E-14	1,1E-14	1,7E-14	5,8E-15	1,1E-14	7,8E-13
<b>Lenyelés</b>	6,7E-08	7,9E-08	5,1E-08	4,2E-08	9,6E-09	1,4E-08	5,8E-09	8,6E-09	2,2E-09	3,2E-09	1,2E-09	2,0E-09	4,0E-10	5,9E-10	2,1E-10	3,9E-10	2,5E-08
<b>Összes belső</b>	<b>7,4E-08</b>	<b>8,7E-08</b>	<b>5,6E-08</b>	<b>4,5E-08</b>	<b>1,1E-08</b>	<b>1,6E-08</b>	<b>6,5E-09</b>	<b>9,8E-09</b>	<b>2,5E-09</b>	<b>3,7E-09</b>	<b>1,4E-09</b>	<b>2,3E-09</b>	<b>4,7E-10</b>	<b>6,9E-10</b>	<b>2,4E-10</b>	<b>4,5E-10</b>	<b>2,8E-08</b>
<b>Teljes</b>	<b>1,8E-07</b>	<b>2,2E-07</b>	<b>1,4E-07</b>	<b>1,2E-07</b>	<b>2,6E-08</b>	<b>3,9E-08</b>	<b>1,6E-08</b>	<b>2,4E-08</b>	<b>5,8E-09</b>	<b>9,0E-09</b>	<b>3,3E-09</b>	<b>5,7E-09</b>	<b>9,9E-10</b>	<b>1,5E-09</b>	<b>5,0E-10</b>	<b>9,7E-10</b>	<b>6,9E-08</b>

\* A bemerülési bétadózis (bördózis) értékének 1 %-a szerepel a külső és a teljes (effektív) dózisokban

66. táblázat: A 2009-es meteorológiai adatok alapján az egyes területeken 1-2 éves kisgyermekre kialakuló dózisok, besugárzási útvonalanként (I+II, Sv)

Távolság	<1 km				1-5 km				5-10 km				10-30 km				1,5 km
	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	12
<b>Bemerülési gamma</b>	1,0E-07	1,3E-07	8,0E-08	6,8E-08	1,4E-08	2,1E-08	8,7E-09	1,3E-08	3,1E-09	4,7E-09	1,7E-09	3,0E-09	4,7E-10	7,2E-10	2,4E-10	4,8E-10	3,8E-08
<b>Felszíni gamma</b>	1,4E-09	1,8E-09	1,2E-09	1,0E-09	2,8E-10	4,3E-10	1,8E-10	2,7E-10	7,8E-11	1,2E-10	4,6E-11	7,8E-11	1,4E-11	2,2E-11	7,4E-12	1,5E-11	6,7E-10
<b>Reszusp. gamma</b>	1,6E-13	2,1E-13	1,3E-13	1,2E-13	2,3E-14	3,4E-14	1,4E-14	2,1E-14	5,2E-15	7,7E-15	2,9E-15	5,0E-15	9,5E-16	1,4E-15	4,9E-16	9,3E-16	6,0E-14
<b>Bemerülési béta*</b>	7,8E-08	9,7E-08	6,2E-08	5,3E-08	1,3E-08	2,0E-08	8,6E-09	1,3E-08	3,5E-09	5,4E-09	2,0E-09	3,5E-09	6,1E-10	9,4E-10	3,1E-10	6,3E-10	3,4E-08
<b>Összes külső</b>	<b>1,0E-07</b>	<b>1,3E-07</b>	<b>8,2E-08</b>	<b>7,0E-08</b>	<b>1,5E-08</b>	<b>2,2E-08</b>	<b>8,9E-09</b>	<b>1,3E-08</b>	<b>3,2E-09</b>	<b>4,8E-09</b>	<b>1,8E-09</b>	<b>3,1E-09</b>	<b>4,9E-10</b>	<b>7,5E-10</b>	<b>2,5E-10</b>	<b>5,0E-10</b>	<b>3,9E-08</b>
<b>Belégzés</b>	9,3E-09	1,1E-08	7,1E-09	5,4E-09	1,6E-09	2,3E-09	9,5E-10	1,4E-09	3,9E-10	5,8E-10	2,2E-10	3,6E-10	7,9E-11	1,1E-10	4,0E-11	7,5E-11	3,8E-09
<b>Reszusp. belégzés</b>	6,1E-12	7,6E-12	4,8E-12	4,3E-12	8,5E-13	1,3E-12	5,2E-13	7,8E-13	1,9E-13	2,9E-13	1,1E-13	1,8E-13	3,5E-14	5,1E-14	1,8E-14	3,4E-14	2,2E-12
<b>Lenyelés</b>	4,1E-08	4,9E-08	3,2E-08	2,6E-08	6,0E-09	8,8E-09	3,6E-09	5,4E-09	1,4E-09	2,1E-09	7,7E-10	1,3E-09	2,7E-10	3,9E-10	1,4E-10	2,6E-10	1,5E-08
<b>Összes belső</b>	<b>5,0E-08</b>	<b>6,0E-08</b>	<b>3,9E-08</b>	<b>3,1E-08</b>	<b>7,5E-09</b>	<b>1,1E-08</b>	<b>4,6E-09</b>	<b>6,8E-09</b>	<b>1,8E-09</b>	<b>2,6E-09</b>	<b>1,0E-09</b>	<b>1,7E-09</b>	<b>3,5E-10</b>	<b>5,0E-10</b>	<b>1,7E-10</b>	<b>3,3E-10</b>	<b>2,0E-08</b>
<b>Teljes</b>	<b>1,5E-07</b>	<b>1,9E-07</b>	<b>1,2E-07</b>	<b>1,0E-07</b>	<b>2,2E-08</b>	<b>3,3E-08</b>	<b>1,3E-08</b>	<b>2,0E-08</b>	<b>5,0E-09</b>	<b>7,5E-09</b>	<b>2,8E-09</b>	<b>4,8E-09</b>	<b>8,4E-10</b>	<b>1,3E-09</b>	<b>4,2E-10</b>	<b>8,2E-10</b>	<b>5,9E-08</b>

\* A bemerülési bétadózis (bördózis) értékének 1 %-a szerepel a külső és a teljes (effektív) dózisokban

67. táblázat: A 2009-es meteorológiai adatok alapján az egyes területeken felnőttekre kialakuló dózisok, besugárzási útvonalanként (I+II, Sv)

### Tervezési üzemzavar sugárterhelése

A TA4 (Tervezési Alap 4) tervezési üzemzavari események vizsgálatához az orosz adatszolgáltatásban [41] lévő DBC4 (Design Basis Category 4) esetet vettük alapul. A TA4/DBC4 esemény esetén a 100 m magas kéményen keresztül történő kibocsátásokat 120 m-es effektív magassággal vettük figyelembe, a "felszíni" kibocsátásoknál az épület tetején lévő ventilátorok 35 m-es magasságával számoltunk. A számításokhoz most is az „SS57” jelű modellünket alkalmaztuk. Két külön esetként vettük figyelembe a korai (10 napos kibocsátások alapján) és késői (30 napos kibocsátások alapján) dózisokat. Mindkét esetben egy meteorológiai helyzetre számítottuk ki a dózisokat az 1-2 éves kisgyermek és a felnőttek korcsoportjára. Nyári kibocsátással számoltunk, a többi paraméter megegyezett a normál viszonyoknál használtakkal. Meteorológiai viszonyok átlagosak, alacsony csapadékkal:

Stabilitási (Pasquill) kategória: D

Szélesség: 5 m/s (18 km/h)

Csapadék: 2,8E-7 m/s (1 mm/h)

A hatásterület számításához közelítésekkel meghatároztuk azt a távolságot, ahol a dózisok maximálisak. A számításokat a következő távolságokra végeztük el a scenárióknál (forgatókönyveknél): 300 m, 400 m (a maximális dózis távolsága), 600 m, 800 m, 3 km, 10 km, 20 km, 30 km.

Korai dózisok: a megadott 10 napos "felszíni" és kémény kibocsátásokból kiszámítottuk a felhőből és a talajfelszíntől származó alábbi dózisokat, majd ezek összegét adtuk meg:

- bemerülési gamma-dózis
- bemerülés béta-dózis (az összegben az 1 %-a szerepel)
- talajfelszíni gamma-dózis
- inhalációból származó dózis
- reszuszpenzióból származó dózisok

Nuklid	10 napos kémény kibocsátás	10 napos "felszíni" kibocsátás
<sup>131</sup> I (elemi)	2,90E+08	2,10E+09
<sup>132</sup> I (elemi)	1,50E+07	1,00E+08
<sup>133</sup> I (elemi)	5,80E+07	4,00E+08
<sup>134</sup> I (elemi)	3,20E+06	2,30E+07
<sup>135</sup> I (elemi)	1,00E+07	7,10E+07
<sup>131</sup> I (szerves)	8,70E+09	6,10E+09
<sup>132</sup> I (szerves)	1,70E+08	1,20E+08
<sup>133</sup> I (szerves)	1,40E+09	9,80E+08
<sup>134</sup> I (szerves)	2,00E+07	1,40E+07
<sup>135</sup> I (szerves)	1,90E+08	1,30E+08
<sup>85m</sup> Kr	9,60E+10	6,70E+08
<sup>87</sup> Kr	4,40E+10	3,10E+08
<sup>88</sup> Kr	1,80E+11	1,20E+09
<sup>133</sup> Xe	9,70E+13	6,80E+11
<sup>135</sup> Xe	3,30E+11	2,30E+09
<sup>138</sup> Xe	7,00E+09	4,90E+07
<sup>134</sup> Cs	6,20E+05	4,30E+07
<sup>137</sup> Cs	2,20E+05	1,60E+07

68. táblázat: A korai kibocsátások (Bq)

Késői dózisok: a megadott 30 napos "felszíni" és kémény kibocsátásokból kiszámítottuk a felhőből és a talajfelszíntől származó alábbi dózisokat, majd ezek összegét adtuk meg:

- bemerülési gamma-dózis
- bemerülés béta-dózis (az összegben az 1 %-a szerepel)
- talajfelszíni gamma-dózis
- inhalációból származó dózis
- reszuszpenzióból származó dózisok
- lenyelésből származó dózis

Nuklid	30 napos kémény kibocsátás	30 napos "felszíni" kibocsátás
<sup>131</sup> I (elemi)	4,30E+08	3,00E+09
<sup>132</sup> I (elemi)	1,50E+07	1,00E+08
<sup>133</sup> I (elemi)	5,80E+07	4,00E+08
<sup>134</sup> I (elemi)	3,20E+06	2,30E+07
<sup>135</sup> I (elemi)	1,00E+07	7,10E+07
<sup>131</sup> I (szerves)	1,40E+10	9,80E+09
<sup>132</sup> I (szerves)	1,70E+08	1,20E+08
<sup>133</sup> I (szerves)	1,40E+09	9,80E+08
<sup>134</sup> I (szerves)	2,00E+07	1,40E+07
<sup>135</sup> I (szerves)	1,90E+08	1,30E+08
<sup>85m</sup> Kr	9,60E+10	6,70E+08
<sup>87</sup> Kr	4,40E+10	3,10E+08
<sup>88</sup> Kr	1,80E+11	1,20E+09
<sup>133</sup> Xe	1,30E+14	9,20E+11
<sup>135</sup> Xe	3,30E+11	2,30E+09
<sup>138</sup> Xe	7,00E+09	4,90E+07
<sup>134</sup> Cs	6,20E+05	4,30E+07
<sup>137</sup> Cs	2,20E+05	1,60E+07

69. táblázat: A késői kibocsátások (Bq)

A számításokat a felnőttek és az 1-2 éves kisgyermek korcsoportjára is elvégeztük, a talajfelszíni depozícióból származó késői dózisokat a felnőtteknél 50, a gyermekeknél 70 évre integráltuk, a belső dózisoknál minden esetben lekötött dózistényezőkkel számoltunk. További konzervatív feltételezésként állandó ott tartózkodást és csak helyben termelt élelmiszer fogyasztását vettük alapul, valamint, hogy nem történik semmilyen óvintézkedés.

Mint az alábbi táblázatból látható, a számított dózis semelyik esetben sem haladta meg a semleges (effektív dózis < 90 µSv/év) hatást (a legnagyobb érték: 21 µSv - a kisgyermek késői dózisa 400 m-en), ezért mondhatjuk azt, hogy a biztonsági övezeten túl csak semleges hatás várható (valójában azon belül is).

Eset/távolság	300m	400m	600m	800m	3km	10km	20km	30km
kisgyermek korai	9,00E-07	<b>1,10E-06</b>	9,02E-07	6,56E-07	1,17E-07	1,59E-08	4,78E-09	2,38E-09
felnőtt korai	5,30E-07	<b>6,53E-07</b>	5,22E-07	3,95E-07	8,40E-08	1,20E-08	3,65E-09	1,85E-09
kisgyermek késői	1,70E-05	<b>2,10E-05</b>	1,61E-05	1,12E-05	8,30E-07	5,30E-08	1,07E-08	4,34E-09
felnőtt késői	1,60E-05	<b>2,00E-05</b>	1,51E-05	1,01E-05	7,75E-07	4,60E-08	8,80E-09	3,46E-09

70. táblázat: Az tervezési üzemzavar összesített teljes dózisa (Sv)

A korai dózisokról elmondható, hogy a közeli távolságokon (pl. a 400 m-es maximum esetében is) a dózis legnagyobb részét az "felszíni" kibocsátású <sup>131</sup>I okozza (elsősorban inhaláció útján), nagyobb távolságokon a nemesgázok, különösen a <sup>133</sup>Xe kéménykibocsátásából származó bemerülési gamma-dózisa kerül előtérbe (ami természetesen

nagyságrendekkel kisebb érték, mint a maximumban számolt dózis). A felnőttek dózisa ebben a scenárióban lényegesen kisebb (a közeli távolságokon közel fele), mint a kisgyermekeké.

A késői dózisos javarésze a közeli távolságokon a két Cs izotóp (és kisebb mértékben a <sup>131</sup>I) "felszíni" kibocsátásából származik (elsősorban a talajfelszíni gamma és lenyelés útján), míg nagyobb távolságokon már itt is főként a <sup>133</sup>Xe kéménykibocsátásából származó bemelegítési gamma-dózisa dominál. A felnőttek dózisa ebben az esetben is kisebb, mint a gyermekeké, de közeli távolságokon csak kismértékben (itt a kisgyermek nagyobb talajfelszíni gamma-dózisát majdnem kompenzálja a felnőttek lenyeléséből származó magasabb dózisa).

### A folyékony kibocsátásokból származó sugárterhelés

A Paksi Atomerőmű folyékony kibocsátási útvonalán (melegvíz-csatorna) a Dunába bejutó, folyékony radioaktív hulladékok elkeveredés és hígulás után eléri a vízkivételi, illetve egyéb hasznosítási pontokat. Ily módon a radioaktív szennyeződés a Duna hasznosítása során közvetlenül, vagy közvetve (a vízi táplálékláncon keresztül) érintkezésbe kerül az emberrel, és külső, ill. belső sugárterhelést okozhat. A sugárterhelés számítására használt modell a NAÜ ajánlásán alapul. Az orosz VVER 1200 MW típusú blokk tervezett folyékony kibocsátásai egy blokkra vonatkoznak és az orosz szállító adatközlésén alapulnak:

Radionuklid	<sup>3</sup> H	<sup>14</sup> C	<sup>131</sup> I	<sup>132</sup> I	<sup>133</sup> I	<sup>134</sup> I	<sup>135</sup> I	<sup>89</sup> Sr
Kibocsátás/blokk	9,1E+12	1,05E+09*	3,5E+07	2,3E+06	1,2E+07	1,4E+06	3,9E+06	8,1E+05
Radionuklid	<sup>90</sup> Sr	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>60</sup> Co	<sup>58</sup> Co	
Kibocsátás/blokk	2,3E+03	8,0E+07	1,2E+08	5,5E+05	6,1E+05	2,5E+06	5,6E+05	

\* becslött érték az Isotoptech Zrt. által

71. táblázat: Az orosz VVER 1200 MW típusú blokk tervezett folyékony kibocsátásai (Bq/év) [30]

A gerjени lakosság – amely egyúttal a tervezett új blokkok vonatkoztatási (kritikus) lakossági csoportját jelenti a folyékony kibocsátások vonatkozásában – 1-2 éves gyermek és felnőtt korcsoportjainak éves sugárterhelését a 72. táblázat foglalja össze. Az eredmények szerint a felnőtt lakosság dózisa – a megadott éves kibocsátások, és feltételezett fogyasztási adatok és életmódjellemzők mellett - meghaladja az 1-2 éves gyermekekét. Mindkét csoportnál – gyakorlatilag 100 %-ban a belső sugárterhelés a meghatározó, ezen belül is a <sup>3</sup>H és a <sup>14</sup>C járuléka a legjelentősebb (a gyermekekénél. A felnőtteknél jelentősnek mondható még a <sup>134</sup>Cs és <sup>137</sup>Cs járuléka is. Mindazonáltal a sugárterhelések – az alkalmazott erősen konzervatív közelítések ellenére is - kicsik, két blokkra számítva is a dózismegszorításnak csak 2-3 ezrelékét teszik ki.

Radionuklid	1-2 éves gyermek			Felnőtt		
	külső	belső	teljes	külső	belső	teljes
<sup>58</sup> Co	4,2E-04	1,2E-03	1,7E-03	4,3E-04	5,8E-04	1,0E-03
<sup>60</sup> Co	1,8E-02	5,2E-02	7,0E-02	1,8E-02	1,6E-02	3,4E-02
<sup>51</sup> Cr	9,0E-06	6,8E-05	7,7E-05	9,2E-06	4,2E-05	5,1E-05
<sup>134</sup> Cs	9,5E-02	2,6E+00	2,7E+00	9,6E-02	1,9E+01	1,9E+01
<sup>137</sup> Cs	1,4E-01	3,4E+00	3,5E+00	1,4E-01	2,0E+01	2,1E+01
<sup>3</sup> H (HTO)	0,0E+00	5,1E+01	5,1E+01	0,0E+00	5,1E+01	5,1E+01
<sup>14</sup> C	0	3,9E+01	3,9E+01	0	3,9E+01	3,9E+01
<sup>131</sup> I	2,2E-04	9,3E-01	9,3E-01	3,5E-04	2,1E-01	2,2E-01
<sup>132</sup> I	7,6E-05	2,0E-04	2,7E-04	1,3E-04	7,9E-05	2,1E-04
<sup>133</sup> I	1,1E-04	2,5E-02	2,6E-02	1,8E-04	6,9E-03	7,0E-03
<sup>134</sup> I	5,3E-05	3,7E-05	9,1E-05	9,2E-05	1,8E-05	1,1E-04
<sup>135</sup> I	9,2E-05	1,3E-03	1,4E-03	1,6E-04	4,4E-04	5,9E-04
<sup>54</sup> Mn	2,7E-04	5,9E-04	8,6E-04	2,8E-04	6,2E-04	9,0E-04
<sup>89</sup> Sr	8,1E-06	3,8E-03	3,8E-03	8,2E-06	1,4E-03	1,4E-03
<sup>90</sup> Sr	5,1E-07	1,7E-04	1,7E-04	5,1E-07	1,5E-04	1,5E-04
<b>Total</b>	<b>2,5E-01</b>	<b>9,7E+01</b>	<b>9,7E+01</b>	<b>2,6E-01</b>	<b>1,3E+02</b>	<b>1,3E+02</b>

72. táblázat: A gerjени lakosság 1-2 éves gyermek és felnőtt korcsoportjainak dózisa az orosz VVER 1200 MW típusú blokkonkénti, éves folyékony kibocsátásából (nSv/év)

## **Paks II. léggöri és vízi kibocsátásaiból származó környezeti aktivitáskoncentrációk és esetleges felhalmozódások kimutathatóságának vizsgálata**

Célunk az volt, hogy megvizsgáljuk, a 2 db orosz VVER 1200 MW típusú blokk léggöri és vízi kibocsátásainak hatása mérhető-e a környezet egyes elemeiben és esetleges felhalmozódásokban. Konzervatív megközelítést alkalmaztunk abban az értelemben, hogy a legnagyobb aktivitáskoncentrációkat hasonlítottuk össze az erőmű által rutinszerűen végzett környezetellenőrzési program kimutatási határaival.

A léggöri kibocsátásnál a 2009-es kibocsátási értékekből származó számított aktivitáskoncentrációkat hasonlítottuk össze az erőmű környezetellenőrző méréseinek jellemző kimutatási határaival. Az egyes távolságokra (<1; 1-5 km, 5-10 km, 10-30 km) meghatározott aktivitáskoncentrációknak (levegő, talajfelszín, hús, gabona, zöldség, tej) vettük a különböző irányokra vonatkozó maximumát, valamint az 1,5 km-re számított értékeket, majd ezeket arányosítottuk a kimutatási határokhoz. Az eredmények azt mutatták, hogy az első (megvalósítható mérést jelentő) csoportba csak néhány radionuklid kimutatására van lehetőség, különösen a trícium és radiokarbon tekintetében. A második (csak nagyobb erőfeszítéssel megvalósítható mérést jelentő) csoportban a levegőkonzentráció néhány radionuklidja mellett még a talajfelszíni aktivitás egyes elemei lennének elvben mérhető pl. elemi jód, radiocézium (ami viszont az erőműtől függetlenül is jelen van, az itt megállapítottnál magasabb koncentrációban), de ezeket inkább a Paksi Atomerőműhöz közelebbi távolságokon lehetne kimutatni. A számítások szerint az összes többi radionuklid a nem-mérhető kategóriába esik.

A vízi kibocsátásnál az aktivitáskoncentrációkat a vízi táplálékláncból a Duna-víz, szedimentum és hal, az öntözési útvonalon keresztül bekapcsolódó talaj, leveles zöldség, takarmány, tehéntej és marhahús környezeti elemekre számítottuk ki léggörinél használt módon. Az első csoportnál - ide csupán a Duna-víz trícium, radiokarbon tartalma, valamint a halban várható <sup>137</sup>Cs aktivitáskoncentráció esett - a rutin ellenőrzési programnál nem lényegesen nagyobb erőforrás-igényű, célzott vizsgálattal, lehetőség lenne az új blokkok hatásának kimutatására. A második csoportnál már sokszorta nagyobb erőfeszítések (igen nagy mintamennyiség, extrém érzékeny mérőberendezés, nagyon hosszú mérési idő) esetén lenne esetleg esély a <sup>137</sup>Cs (Duna vízben, szedimentben és takarmányban) kimutatására. A harmadik csoport esetén az erőmű környezeti hatásának kimutatásának egyáltalán nincs reális esélye.

Összefoglalva elmondhatjuk, hogy a Paks II. normál üzemelésénél a léggöri és a vízi kibocsátásokra tekintettel a radiológiai hatás igen alacsony értékű, nagyságrendekkel a dózismegszorítás (90 µSv/év) alatti.

### **Paks II. üzemelésének hatásterületei**

A radiológiai hatás minősítésénél az alábbi kategorizálást használjuk:

<b>Minősítés</b>	<b>Radiológiai hatás (E=effektív dózis)</b>
semleges	$E < 90 \mu\text{Sv/év}$
elviselhető	$90 \mu\text{Sv/év} < E < 1 \text{ mSv/év}$
terhelő	$1 \text{ mSv/év} < E < 10 \text{ mSv/2 nap vagy } 10 \text{ mSv/esemény}^*$
károsító	$10 \text{ mSv/2 nap vagy } 10 \text{ mSv/esemény} < E < 1 \text{ Sv/esemény}^{**}$
megszüntető	$1 \text{ Sv/élettartam} < E$

\* tápláléklánc hatása nélkül

\*\* teljes élettartamra (felnőttekre 50 év, gyermekekre 70 év), a tápláléklánc hatása nélkül

ahol

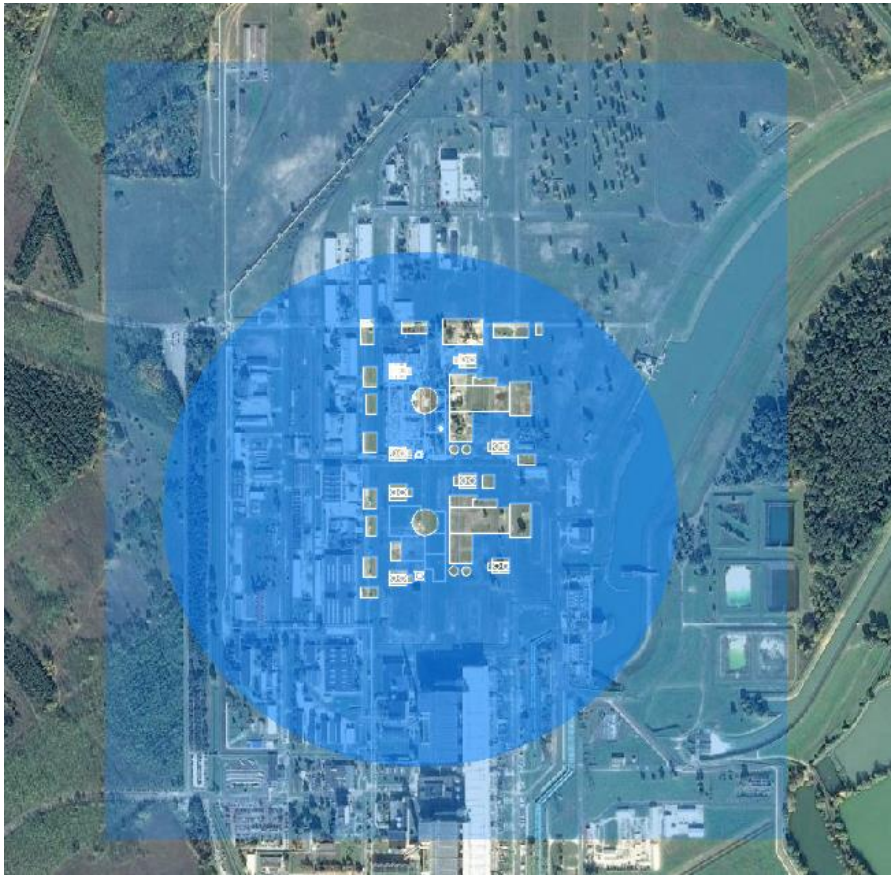
$90 \mu\text{Sv/év}$  az ÁNTSZ-OTH által meghatározott dózismegszorítási érték

$1 \text{ mSv/év}$  a lakossági dóziskorlát

$10 \text{ mSv}$  a normál üzemtől eltérő esetre vonatkozó elkerülhető dózis

$1 \text{ Sv/élettartam}$  a végleges áttelepítésre vonatkozó vészhelyzeti beavatkozási szint.

Az összegzett radiológiai hatások (közvetlen, közvetett) a normál üzemelésnél az 500 m sugarú körön belül a dózismegszorítás alatt (semleges hatás) maradnak, mivel ez teljesül a biztonsági övezet határára is, így: a hatásterület határának **normál üzemelésnél** a biztonsági övezet határa tekinthető.



103. ábra: Paks II. normál üzemelésének hatásterülete: 500 m sugarú kör az 500 m-es biztonsági övezetben

(A hatásterület feltüntetésénél a két kémény középpontját vettük, a hatást e középpont körüli 500 m sugarú körben tüntettük fel. Mint az fenti ábra alapján is látható, e kört magában foglalja az 500 m-es biztonsági övezet.)

**Paks II., a Paksi Atomerőmű és a KKÁT együttes üzemelésének hatása és hatásterülete**

A normál üzemi légtörzi kibocsátások együttes hatása a területen üzemelő három egység (Paks II., Paksi Atomerőmű és KKÁT) összesített maximális teljes dózisait adtuk meg az alábbi táblázatokban a két korcsoportra és az egyes távolságokra. Ezek alapján látható, hogy az összesített dózis két nagyságrenddel a semleges érték alatt marad.

Üzem/terület	Csámpa	<5km	5-10km	10-30km
Paksi Atomerőmű (2009)	8,40E-08	4,00E-08	6,50E-09	1,00E-09
Paks II. (2009)	6,90E-08	3,90E-08	9,00E-09	1,50E-09
KKÁT (2011)	1,40E-09	4,00E-10	6,60E-11	1,00E-11
<b>Összesen</b>	<b>1,54E-07</b>	<b>7,94E-08</b>	<b>1,56E-08</b>	<b>2,51E-09</b>

73. táblázat: Paks II., a Paksi Atomerőmű és a KKÁT teljes dózisa a maximális évből az 1-2 éves kisgyermekekre, Sv

Üzem/terület	Csámpa	<5km	5-10km	10-30km
Paksi Atomerőmű (2009)	6,00E-08	2,90E-08	4,70E-09	7,30E-10
Paks II. (2009)	5,90E-08	3,30E-08	7,50E-09	1,30E-09
KKÁT (2011)	7,00E-10	2,10E-10	3,40E-11	6,60E-12
<b>Összesen</b>	<b>1,20E-07</b>	<b>6,22E-08</b>	<b>1,22E-08</b>	<b>2,04E-09</b>

74. táblázat: Paks II., a Paksi Atomerőmű és a KKÁT teljes dózisa a maximális évből a felnőttekre, Sv

1-2 éves gyermek (nSv/év)	Felnőtt (nSv/év)
1,54E+02	2,04E+02

75. táblázat: A folyékony kibocsátások legnagyobb együttes hatása Gerjenben éves szinten



A normál üzemelésből származó sugárterhelések esetén a hatásterület a Paks II., Paksi Atomerőmű és a KKÁT egyesített biztonsági övezetek határa lesz.

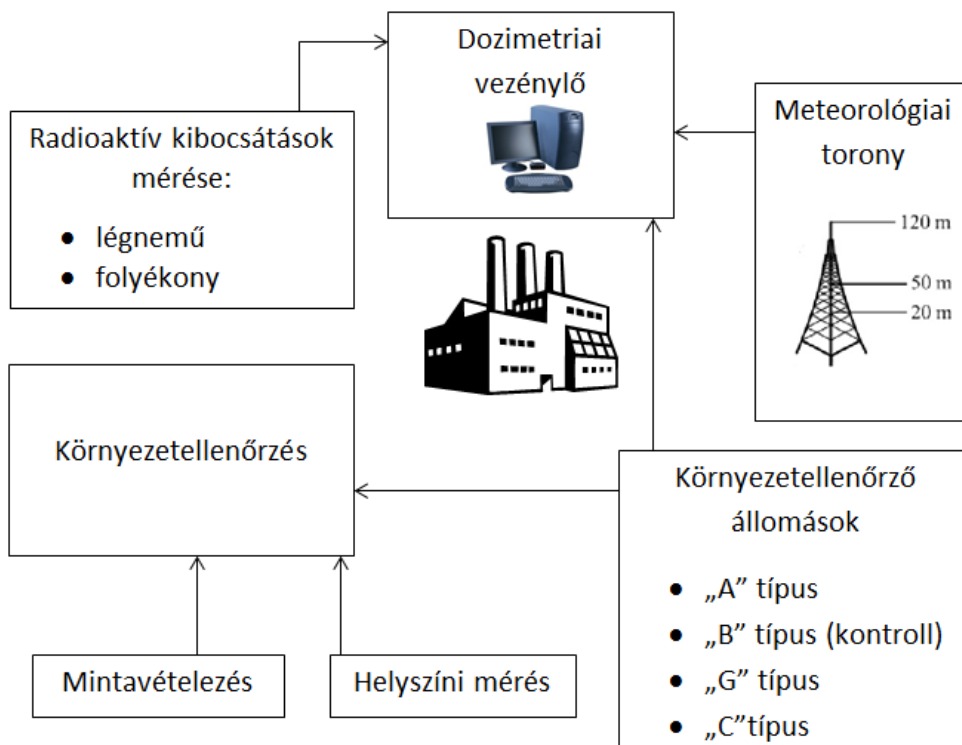
### Javasolt sugárvédelmi ellenőrző rendszer

A jelenleg működő Paksi Atomerőmű környezeti sugárvédelmi monitoring rendszer teljes körűnek tekinthető, nemzetközi szinten mérve is magas színvonalon működik. Folyékony és légnemű kibocsátások mérése kétszintű ellenőrzéssel történik: távmérő rendszerek folyamatos mérésével, illetve mintavételezéssel.

A távmérő rendszerhez tartoznak a távmérő állomások: A (9 db), G (11db) C (15 db) és B (1 db, kontroll) típusú állomások. A Paks II. blokkjai nagyrészt a jelenlegi környezeti-monitoring rendszeren belülre kerülnek, néhány kivétellel:

- Így a Paksi Atomerőmű jelenleg üzemelő környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszerének kiegészítését javasoljuk a Paks II. telephelye körül.
- Az „A” típusú és „G” típusú mérőállomások számának növelését tartjuk szükségesnek.
- A „V” típusú állomások bővítését, az alkalmazott technológia függvényében tartjuk indokoltnak.
- A Környezetellenőrző Laboratórium mintavételezésének és mérésének Paks II. telephely körüli kiterjesztését javasoljuk a jelenlegi környezeti elemekre, ez a folytonosság és az összehasonlítás (vonatkoztatási szint) is fontos.
- Új talajvízfigyelő kutak létrehozása is szükséges, ahogy azt a *Földtani közeg és felszín alatti víz a telephelyen és közvetlen környezetében* című fejezet részletesen tartalmazza.
- A Paks II. blokkjai légnemű és folyékony kibocsátásának kétszintű ellenőrzése céljából, az új kéményekben, illetve folyékony kibocsátási pontokban is telepíteni kell folyamatosan működő, a jelenlegihez hasonló sugárfigyelő detektorokat.

A laboratóriumi méréseknél javasolt az izotóp szelektív mérések előnybe részesítése és kisebb kimutatási határral rendelkező eszközök beszerzése. A javasolt Paks II. sugárvédelmi monitoring rendszer elvi felépítését az alábbi ábra mutatja.



104. ábra: A javasolt Paks II. sugárvédelmi monitoring rendszer elvi felépítése

## **Felhagyásának hatása a telephely környezetében élő népesség sugárterhelésére**

A leszerelésnél a nemzetközi gyakorlat alapján kijelenthető, hogy a normál üzemeléshez képest nagyobb környezeti hatás nem várható, a hatások a már bemutatottakhoz hasonlóak lesznek, csak a kibocsátási pontok és a hulladék mennyisége változhat.

## **22 AZ ÉLŐVILÁG SUGÁRTERHELÉSE**

Az új atomerőművi blokkok paksi telepítését vizsgáló környezeti hatástanulmány e fejezete az élővilág új forrástól eredeztethető sugárterhelésének kérdésével foglalkozott. Az élővilág ilyen természetű vizsgálata egy viszonylag új területe a sugárvédelemnek, kifejezetten erre vonatkozó jogszabályok még nem is léteznek. Nemzetközi tudományos szervezetek azonban már néhány éve javaslatot tettek a terület döntéshozói szinten történő szabályozására. Ennek alapján várható, hogy előbb-utóbb jogszabályok is megjelennek az élővilág fajainak, ill. ökoszisztémáinak az ember által létrehozott ionizáló sugárzás elleni védelmét biztosító korlátozásra.

Az új atomerőművi blokkok létesítésénél ezért már most célszerűnek látszott ezzel a kérdéssel is foglalkozni. Egyrészt a jelenlegi alapszintet meghatározni, ugyanis minden további potenciális sugárterhelés-növekmény ehhez az alapszinthez adódik majd hozzá, továbbá becslést végezni arra nézve, hogy a tervezett blokkok a jelenlegihez képest milyen mértékben növelnék meg a környező szárazföldi és vízi élővilág sugárterhelését. Mivel egy új tevékenységhez köthető és az élővilágnak okozott sugárhatásra nézve nincsen konkrétan kifejezett számértékhez kötött határérték megszabva, a hatás megítéléséhez kézenfekvő összehasonlítási alapul szolgálhat az egyes élőlények természetes háttérsugárzástól eredő dózisteljesítménye. Így, ha az emberi tevékenységgel kapcsolatba hozható járulékos dózisteljesítmény csupán töredéke a természetesnek, az bizonyosan semmilyen módon nem befolyásolja a környezeti rendszerek működését.

Mivel erre a háttér-dózisteljesítményre nézve az élővilágot illetően meglehetősen hiányosak az ismereteink, fel kellett mérni a paksi környezetben a bióta természetes eredetű – az emberi tevékenységtől függetlenül fennálló – sugárterhelését. Ez döntően a földkéregben a Föld kialakulása óta jelenlévő urán, tórium és a kálium 40-es tömegszámú radioaktív izotópjaitól ered, s ennek a hatásnak az élővilág (benne az ember is) mindig is ki volt téve. Az erre a helyszínrre felkutatott sugárvédelmi mérésekből származó mérési adatok, továbbá a hiányzó információk pótlását, ill. kiegészítését célzó saját kísérleti vizsgálatok kellően részletes képet adtak a szárazföldi és vízi élővilágot érő sugárdózisokról. Ezt összegezve az erőmű környezetében élő szárazföldi élőlények háttér-sugárterheléséről elmondható egyrészt, hogy annak mértéke a fajok döntő részénél 0,5  $\mu\text{Gy/h}$  érték alatt van. A meszet halmozó lények, továbbá a mohák mutatnak ettől lényegesen nagyobb, akár még az élővilág fajaira jelenleg javasolt vonatkoztatási szintet is felülmúló értéket. Másrészt úgy tűnik, hogy sok esetben akár kettes/hármas faktossal is alul becsülhetjük adott faj sugárterhelését, ha nem helyspecifikus átviteli tényezőket használunk a belső sugárterhelés számítására. A vízi élőlények esetében szélesebb tartományba esik a természetes alapszint: az életüket teljesen a víztestben leélő, vagy részben annak felszínén és a levegőben élők a szárazföldi növényekhez, állatokhoz közeli dózisteljesítménnyel jellemezhetők, ugyanakkor a főleg a meder fenekén tartózkodók, továbbá a jellegzetes szilárd védőburokban élők (kagyló, csiga) ennél kb. tízszer nagyobb sugárdózissal jellemezhetők.

Az emberi tevékenység által okozott sugárterhelésre egy adott élőhelyre javasolt 10  $\mu\text{Gy/h}$  vonatkoztatási szint az ott ható összes emberi eredetű forrásra értendő, tehát egy tervezett új forrás hatását a már meglévővel együtt kell értékelni. Ezért egyrészt fel kellett mérni a nukleáris fegyverkísérletektől származó (globális kihullás) maradék Paks környéki radioaktív szennyezettségi szintet, valamint a paksi környezetet ért csernobili kihullás jelenlegi hatását. Az élővilág emberi eredetű sugárterheléséhez a ~30 éve üzemelő 4 atomerőművi blokk is járulékot ad légköri és vízi kibocsátásai révén. E három forrás együttesen produkálja az élővilág jelenlegi mesterséges eredetű sugárterhelését.

A fenti komponensekre a szárazföldi környezetben végzett modellszámítási eredményeink alapján megállapítható, hogy az erőmű járuléka (max.  $\sim 10^{-4}$   $\mu\text{Gy/h}$ ) gyakorlatilag elhanyagolható a globális és csernobili eredetű ( $\sim 10^{-3}$   $\mu\text{Gy/h}$ ) sugárterhelés mellett.

A mesterséges eredetű sugárterhelés döntő részét adó globális járulék viszont időben csökkenő tendenciát mutat, mivel az annak értékét meghatározó  $^{137}\text{Cs}$  és  $^{90}\text{Sr}$  izotópok felezési ideje összemérhető a reaktor blokkok élettartamával. Az első új blokk 2025-re tervezett indulásakor a most becsült dózisteljesítmények már 25 %-kal csökkennek, tehát az egyes fajcsoportokra irányadó alapszint a jelenleginek a 3/4-e lesz.

A létesítendő erőműre modellezett külső és belső dózisteljesítmény összegzése az egyes szárazföldi referencia élőlények teljes, Paks II. két blokkjának hosszú ideje fennálló üzemelése eredményeként létrejövő sugárterhelése lesz. Ennek nagysága nyilvánvalóan a radioaktív anyagot a légkörbe kibocsátó szellőző kéményektől való távolságtól függ. A várható maximális érték bőven az atomerőmű telephelyén belül alakul ki, és ennek nagysága a fajok legtöbbször 0,5 nGy/h körül alakul majd. A telephelyen kívüli legközelebbi környezetben (ez a kibocsátási pontoktól kb. 1,5 km) az értékek igen piciny, a jelenlegi alapszintet meg sem közelítő sugárterhelés fellépését jelzik, gyakorlatilag az összes referencia élőlényre nézve. A becsült sugárterhelést elsősorban a már közel 30 éve üzemelő atomerőmű alapszinthez adott járulékaival célszerű összevetni. Ez utóbbiak az A4 állomás környezetére, tehát a leendő Paks II. hatásának leginkább kitett területhez legközelebbi vizsgálati helyre meghatározott dózisteljesítmények. Megállapítható, hogy a tervezett erőmű hatását tekintve nem mutat számottevő különbséget a már üzemelőhöz viszonyítva. A két erőmű még a 2025-re tervezett indításkor is csak kisebb, mint 1-2 % növekményt adna az akkorra még fennálló globális sugárterheléshez.

A mesterséges forrásokra vonatkozó alapszinttel kapcsolatban megjegyzendő még, hogy az az erőmű körüli teljes, a 6-os főút és a Duna közötti területre érvényesnek tekinthető, mivel a becslés alapját képező talajbéli aktivitáskoncentrációk az erre vonatkozó mérések eredményei szerint jelentős különbségeket nem mutattak. Megjegyzendő továbbá az is, hogy az egyes fajcsoportokra kapott, lényeges különbségeket nem mutató, és a természetes háttérhez képest csak kb. 1 %-ot jelentő sugárterhelés értékek azt mutatják, hogy nincsen a fajok között egyetlen sem, amelyik kitétsége folytán kiemelt figyelmet igényelne.

A Paksi Atomerőmű környezetében három vízi élőhely lehet érintett az erőműből történő kibocsátások következtében. Elsősorban a folyékony kibocsátások befogadója, a Duna, annak is különösen a melegvíz-csatorna alatti néhány 100 m-es szakasza. Maga a csatorna ugyan egy ipari létesítmény, az élővilág – ha korlátozott diverzitásban is – már régen elfoglalta, legalábbis a parti szakaszát. Elkülönült élőhelynek tekinthető még a Kondor-tó, amely egy lefűződött ősi holtág, a mesterségesen létesített halastavakon keresztül viszont időszakos kapcsolata lehetséges a melegvíz-csatornával. E három élőhely közül a Dunára koncentráltunk elsősorban, hiszen a jelenlegi és a tervezett erőmű folyékony radioaktív kibocsátásainak ez a befogadója.

A megadott kibocsátási adatokkal végzett modellszámításaink eredménye azt mutatja, hogy a hűtővíznek még közvetlenül a Dunába való érkezése helyén tartózkodó vízi élőlényekre is csak a természetes háttér-sugárterhelés tizedszázad százaléka várható. Nyilvánvalóan a folyásirányban lefele haladva, a hígulás miatt még ennél is kisebb terhelés valószínűsíthető. A 20 pGy/h és 1 nGy/h tartományba eső prognosztizált normál üzemi sugárterhelésben a belső a meghatározó.

organizmus	összes dózisteljesítmény, $\mu\text{Gy/h}$				Paks II járuléka az összes erőművihez %	Paks II járuléka az összes mesterségeshez %
	Paks II	Paksi Atomerőmű	globális	totál		
kétéltű	$9,96 \cdot 10^{-05}$	$5,18 \cdot 10^{-04}$	$5,65 \cdot 10^{-04}$	$1,18 \cdot 10^{-03}$	16,1	8,4
bentikus hal	$5,13 \cdot 10^{-04}$	$1,89 \cdot 10^{-03}$	$2,59 \cdot 10^{-03}$	$5,00 \cdot 10^{-03}$	21,3	10,3
madár	$6,10 \cdot 10^{-05}$	$5,49 \cdot 10^{-04}$	$2,36 \cdot 10^{-04}$	$8,45 \cdot 10^{-04}$	10,0	7,2
kagyló	$4,90 \cdot 10^{-04}$	$1,61 \cdot 10^{-03}$	$2,48 \cdot 10^{-03}$	$4,57 \cdot 10^{-03}$	23,4	10,7
rák	$5,89 \cdot 10^{-04}$	$2,04 \cdot 10^{-03}$	$3,27 \cdot 10^{-03}$	$5,90 \cdot 10^{-03}$	22,4	10,0
csiga	$5,26 \cdot 10^{-04}$	$2,32 \cdot 10^{-03}$	$2,75 \cdot 10^{-03}$	$5,60 \cdot 10^{-03}$	18,5	9,4
rovarlárv	$1,10 \cdot 10^{-03}$	$4,87 \cdot 10^{-03}$	$6,12 \cdot 10^{-03}$	$1,21 \cdot 10^{-02}$	18,5	9,1
emlős	$1,49 \cdot 10^{-04}$	$1,09 \cdot 10^{-03}$	$7,89 \cdot 10^{-04}$	$2,02 \cdot 10^{-03}$	12,1	7,4
pelagikus hal	$1,00 \cdot 10^{-04}$	$7,05 \cdot 10^{-04}$	$5,19 \cdot 10^{-04}$	$1,32 \cdot 10^{-03}$	12,4	7,6
fitoplankton	$8,58 \cdot 10^{-05}$	$4,91 \cdot 10^{-04}$	$2,37 \cdot 10^{-04}$	$8,13 \cdot 10^{-04}$	14,9	10,6
edényes növény	$3,89 \cdot 10^{-04}$	$1,61 \cdot 10^{-03}$	$2,08 \cdot 10^{-03}$	$4,07 \cdot 10^{-03}$	19,5	9,6
zooplankton	$3,16 \cdot 10^{-05}$	$1,72 \cdot 10^{-04}$	$5,38 \cdot 10^{-05}$	$2,58 \cdot 10^{-04}$	15,5	12,3

76. táblázat: Paks II és a meglévő mesterséges források járuléka a dunai vízi élőlények sugárterheléséhez 2025-ben.

Jóllehet a nagy teljesítményű, energetikai célokat szolgáló atomerőművek tervezését, építését, valamint üzemeltetését is a kiemelkedő biztonság jellemzi, elvileg nem lehet kizárni anyaghiba, természeti csapás, esetleg emberi tévedés, mulasztás miatt bekövetkező olyan helyzeteket, amikor a reaktortartályban felszabaduló óriási energia elvezetése nem oldható meg a normál üzemben szokásos módon. Bár az ilyen események bekövetkezésének igen csekély a

valószínűsége, az elképzelhető meghibásodások és következményei legtöbbjét már a tervezésnél figyelembe veszik, így a kezelésükhöz szükséges technológiák az erőmű beruházása során beépítésre kerülnek.

Ma már a telepítés elengedhetetlen követelménye a nemzetközileg elfogadott protokoll szerint elvégzett biztonsági elemzés, amelyet az orosz tervező elvégzett az ún. EUR ajánlásoknak megfelelően, így a lehetséges jelentősebb meghibásodásokra ismert a bekövetkezés valószínűsége, továbbá az azokhoz tartozó radioaktív kibocsátási leltár is. Az orosz fél adatszolgáltatása több ilyen esetet részletesen is tartalmazott, ezekből az ún. TA4 fokozatú tervezési üzemzavarok (gyakoriság:  $10^{-4}$ - $10^{-6}$ /év) egyik megadott forgatókönyvére végeztük el az élővilágot érintő hatás becslését. A vizsgált *nagyon kis gyakoriságú tervezési üzemzavar* egyik jellemzője, hogy csak légköri kibocsátással jár, s az is ellenőrzött körülmények között történik. Ennek két helye lehetséges: egyrészt a normál üzemi légköri kibocsátásokra is üzemszerűen használt 100 m magas kémény, másrészt a szekunder körhöz tartozó 4 db biztonsági gőzfúvató helyén, ami 35 m-es magasságban történő kibocsátást jelent.

A vizsgált üzemi esemény egyes idő periódusaira megadott kibocsátási sebességeket összehasonlítva megállapítható volt, hogy a rövid felezési idejű izotópok ( $t_{1/2}$  ~néhány óra) gyakorlatilag csak az első nap kerülnek ki a környezetbe. Másrészt kiderült, hogy a beépített, és feltehetőleg automatikusan beinduló havária kezelő technológia jó hatásfokkal tartja vissza az elemi állapotban lévő, de hosszabb felezési idejű jódt izotópokat, továbbá, pl. a Cs izotópokat is. A légköri kibocsátás 99,5 %-át a nemesgáz  $^{133}\text{Xe}$  teszi ki, ennek döntő része a 100 m magas szellőző kéményen át jut ki a környezetbe. Az ehhez képest lényegesen hosszabb felezési idejű cézium izotópok kibocsátása 99 %-ban 35 m-en történik, és az adatok szerint ez csak az esemény első napjára korlátozódik. Ami a kibocsátásra kerülő aktivitást illeti, ez tízmilliomod része a xenonénak, és közel azonos a normál üzem során 1 év alatt kibocsátott cézium-aktivitással. Ennek jelentősége abban áll, hogy a fél/egy napra jellemzően állandó szélirány miatt a talaj kihullásból eredő szennyezése csak egy viszonylag keskeny (az éppen uralkodó széliránynak megfelelő) sávban valósul meg. A paksi környezetben a leggyakoribb az ÉNy-ról fújó szél, így az erőműtől DK-re fekvő, főként mezőgazdasági hasznosítású terület lehet érintett egy ilyen esemény tényleges bekövetkezés esetén.

A szárazföldi élővilágot érintő hatás becsléséhez a kibocsátási pontokon távozó radioaktív felhő útját, annak kiterjedését, ill. az abból történő kihullást modelleztük a paksi környezetre a jelenleg is működő blokkokra készült hasonló elemzéseknel használt időjárási helyzetre. Ez Pasquill D kategóriájú állapot (inverziós réteg magassági helye: 560 m), a 120 m-es magasságban 5 m/s sebességgel fúj a szél, és esős idő van végig az esemény ideje alatt. Ez utóbbi feltétel jelentős konzervativitást visz a modellbe, hiszen a száraz kihullást (kiülepedést) lényegesen felülmúlja a csapadék kimosó hatása, így a talaj friss radioaktivitásától származó járulékos dózisteljesítmény felül lesz becsülve.

A korai hatás megítélése érdekében külön kezeltük az első 10 nap alatt kibocsátott radioaktív anyagot, és állandóan egy irányban fújó széllel kalkuláltunk. A kibocsátási pont körül kialakuló radioaktív koncentrációkat (levegő, talaj), továbbá a radioaktív felhőtől származó dózisteljesítményt a kibocsátási hely és a 20 km-es távolság között összesen 20 különböző távolságnál modelleztük a légköri terjedés szimulálására alkalmas programmal. Az eredmények azt mutatták, hogy a 35 m magas kéményekből kikerülő anyagra a koncentrációk maximuma bőven a telephelyen belül van, míg a 100 m-es szellőző kémény esetén 1000 m-en, ami a legvalószínűbb szélirány esetén is még a telephelyen belülrre esik.

izotóp	100 m-es kibocsátási ponttól eredő átlagos aktivitáskoncentráció			35 m-es kibocsátási ponttól eredő átlagos aktivitáskoncentráció		
	100 m	500 m	1500 m	100 m	500 m	1500 m
	<b>levegő, Bq/m<sup>3</sup></b>					
<sup>85m</sup> Kr	$3,74 \cdot 10^{-40}$	$3,50 \cdot 10^{-03}$	$1,46 \cdot 10^{-01}$	$3,30 \cdot 10^{-03}$	$2,66 \cdot 10^{-02}$	$5,62 \cdot 10^{-03}$
<sup>87</sup> Kr	$1,72 \cdot 10^{-40}$	$1,60 \cdot 10^{-03}$	$6,62 \cdot 10^{-02}$	$1,52 \cdot 10^{-03}$	$1,21 \cdot 10^{-02}$	$2,49 \cdot 10^{-03}$
<sup>88</sup> Kr	$7,06 \cdot 10^{-40}$	$6,79 \cdot 10^{-03}$	$3,02 \cdot 10^{-01}$	$5,98 \cdot 10^{-03}$	$5,10 \cdot 10^{-02}$	$1,21 \cdot 10^{-02}$
<sup>131</sup> I	$3,50 \cdot 10^{-41}$	$3,29 \cdot 10^{-04}$	$1,37 \cdot 10^{-02}$	$4,03 \cdot 10^{-02}$	$3,24 \cdot 10^{-01}$	$6,79 \cdot 10^{-02}$
<sup>132</sup> I	$7,20 \cdot 10^{-43}$	$6,73 \cdot 10^{-06}$	$2,79 \cdot 10^{-04}$	$1,08 \cdot 10^{-03}$	$8,58 \cdot 10^{-03}$	$1,75 \cdot 10^{-03}$
<sup>133</sup> I	$5,69 \cdot 10^{-42}$	$5,31 \cdot 10^{-05}$	$2,22 \cdot 10^{-03}$	$6,78 \cdot 10^{-03}$	$5,45 \cdot 10^{-02}$	$1,14 \cdot 10^{-02}$
<sup>133</sup> Xe	$3,78 \cdot 10^{-37}$	$3,55 \cdot 10^{00}$	$1,49 \cdot 10^{02}$	$3,34 \cdot 10^{00}$	$2,71 \cdot 10^{01}$	$5,77 \cdot 10^{00}$
<sup>134</sup> Cs	$2,41 \cdot 10^{-45}$	$2,26 \cdot 10^{-08}$	$9,44 \cdot 10^{-07}$	$2,11 \cdot 10^{-04}$	$1,70 \cdot 10^{-03}$	$3,58 \cdot 10^{-04}$
<sup>134</sup> I	$9,02 \cdot 10^{-44}$	$8,35 \cdot 10^{-07}$	$3,41 \cdot 10^{-05}$	$1,80 \cdot 10^{-04}$	$1,42 \cdot 10^{-03}$	$2,79 \cdot 10^{-04}$
<sup>135</sup> I	$7,80 \cdot 10^{-43}$	$7,28 \cdot 10^{-06}$	$3,03 \cdot 10^{-04}$	$9,87 \cdot 10^{-04}$	$7,90 \cdot 10^{-03}$	$1,64 \cdot 10^{-03}$
<sup>135</sup> Xe	$1,28 \cdot 10^{-39}$	$1,20 \cdot 10^{-02}$	$5,04 \cdot 10^{-01}$	$1,13 \cdot 10^{-02}$	$9,17 \cdot 10^{-02}$	$1,95 \cdot 10^{-02}$
<sup>137</sup> Cs	$8,99 \cdot 10^{-46}$	$9,80 \cdot 10^{-09}$	$5,13 \cdot 10^{-07}$	$8,69 \cdot 10^{-05}$	$9,03 \cdot 10^{-04}$	$2,41 \cdot 10^{-04}$
<sup>138</sup> Xe	$2,82 \cdot 10^{-41}$	$2,59 \cdot 10^{-04}$	$1,03 \cdot 10^{-02}$	$2,38 \cdot 10^{-04}$	$1,85 \cdot 10^{-03}$	$3,53 \cdot 10^{-04}$

izotóp	100 m-es kibocsátási ponttól eredő átlagos aktivitáskoncentráció			35 m-es kibocsátási ponttól eredő átlagos aktivitáskoncentráció		
	100 m	500 m	1500 m	100 m	500 m	1500 m
<b>talaj, Bq/kg</b>						
<sup>131</sup> I	$3,41 \cdot 10^{01}$	$6,80 \cdot 10^{00}$	$2,29 \cdot 10^{00}$	$6,98 \cdot 10^{01}$	$2,31 \cdot 10^{01}$	$6,33 \cdot 10^{00}$
<sup>132</sup> I	$1,45 \cdot 10^{-02}$	$2,87 \cdot 10^{-03}$	$9,89 \cdot 10^{-04}$	$3,90 \cdot 10^{-02}$	$1,67 \cdot 10^{-02}$	$4,19 \cdot 10^{-03}$
<sup>133</sup> I	$1,03 \cdot 10^{00}$	$2,05 \cdot 10^{-01}$	$6,92 \cdot 10^{-02}$	$2,19 \cdot 10^{00}$	$7,62 \cdot 10^{-01}$	$2,06 \cdot 10^{-01}$
<sup>134</sup> Cs	$3,49 \cdot 10^{-03}$	$6,95 \cdot 10^{-04}$	$2,43 \cdot 10^{-04}$	$5,37 \cdot 10^{-01}$	$1,29 \cdot 10^{-01}$	$3,92 \cdot 10^{-02}$
<sup>134</sup> I	$6,89 \cdot 10^{-04}$	$1,36 \cdot 10^{-04}$	$4,78 \cdot 10^{-05}$	$2,51 \cdot 10^{-03}$	$1,27 \cdot 10^{-03}$	$2,96 \cdot 10^{-04}$
<sup>135</sup> I	$4,51 \cdot 10^{-02}$	$8,94 \cdot 10^{-03}$	$3,03 \cdot 10^{-03}$	$1,02 \cdot 10^{-01}$	$3,87 \cdot 10^{-02}$	$1,02 \cdot 10^{-02}$
<sup>137</sup> Cs	$1,30 \cdot 10^{-03}$	$3,02 \cdot 10^{-04}$	$1,32 \cdot 10^{-04}$	$2,21 \cdot 10^{-01}$	$6,88 \cdot 10^{-02}$	$2,66 \cdot 10^{-02}$

77. táblázat: Felszíni és felszín közeli aktivitáskoncentrációk a távolság függvényében 10 napos kibocsátásból.

Az egyes élőlényekre a radioaktív koncentrációk alapján becsült dózisteljesítmény közvetlenül a telephelyen kívül tipikusan néhány nGy/h, a természetes sugárterhelésre jellemző értéknek alig 1 %-a. Amennyiben a modellszámításban a korai szakasz kibocsátási dinamikáját is figyelembe vesszük (a rövid felezési idejű izotópok praktikusán csak az első napon kerülnek ki a környezetbe), akkor az 1. napra ugyan nagyobb dózisteljesítmények adódnak minden élőlény esetén (a természetes háttér sugárterhelés 5-10 %-a), viszont az ezt követő 9 nap során a dózisteljesítményt a korábban a talajra kihullott radioaktív anyagtól (cézium- és jód-izotópok) eredő külső sugárterhelés dominálja. A számszerű eredmények alapján megállapítható, hogy a tárgyalt TA4 besorolású üzemi esemény – a kedvezőtlennek tekinthető meteorológiai feltételek mellett is – hatását illetően semleges a környező élővilágra. Ez egyben azt is jelenti, hogy nem beszélhetünk hatásterületről az üzemzavari kibocsátás korai következményeként.

A vizsgált üzemzavar késői hatásának megítélése a 30 napra megadott kibocsátási adatok felhasználása alapján történt, a már korábban említett meteorológiai feltételek mellett. A szél továbbra is az üzemzavar kezdetekor észlelt irányba fúj, az eső változatlanul esik. Ezek a feltételek meglehetősen konzervatív becslést eredményeznek, hiszen a teljes kibocsátott radioaktív anyag egy meghatározott irányba mozog, csak egy keskeny sávban várható a hatás.

izotóp	100 m-es kibocsátási ponttól eredő átlagos aktivitáskoncentráció			35 m-es kibocsátási ponttól eredő átlagos aktivitáskoncentráció		
	100 m	500 m	1500 m	100 m	500 m	1500 m
<b>levegő, Bq/m<sup>3</sup></b>						
<sup>85m</sup> Kr	$1,25 \cdot 10^{-40}$	$1,17 \cdot 10^{-03}$	$4,89 \cdot 10^{-02}$	$1,10 \cdot 10^{-03}$	$8,85 \cdot 10^{-03}$	$1,87 \cdot 10^{-03}$
<sup>87</sup> Kr	$5,70 \cdot 10^{-41}$	$5,31 \cdot 10^{-04}$	$2,20 \cdot 10^{-02}$	$5,06 \cdot 10^{-04}$	$4,04 \cdot 10^{-03}$	$8,30 \cdot 10^{-04}$
<sup>88</sup> Kr	$2,36 \cdot 10^{-40}$	$2,27 \cdot 10^{-03}$	$1,01 \cdot 10^{-01}$	$1,99 \cdot 10^{-03}$	$1,70 \cdot 10^{-02}$	$4,03 \cdot 10^{-03}$
<sup>131</sup> I	$1,87 \cdot 10^{-41}$	$1,75 \cdot 10^{-04}$	$7,32 \cdot 10^{-03}$	$2,09 \cdot 10^{-02}$	$1,68 \cdot 10^{-01}$	$3,52 \cdot 10^{-02}$
<sup>132</sup> I	$2,41 \cdot 10^{-43}$	$2,24 \cdot 10^{-06}$	$9,28 \cdot 10^{-05}$	$3,60 \cdot 10^{-04}$	$2,87 \cdot 10^{-03}$	$5,85 \cdot 10^{-04}$
<sup>133</sup> I	$1,89 \cdot 10^{-42}$	$1,77 \cdot 10^{-05}$	$7,38 \cdot 10^{-04}$	$2,26 \cdot 10^{-03}$	$1,81 \cdot 10^{-02}$	$3,78 \cdot 10^{-03}$
<sup>133</sup> Xe	$1,69 \cdot 10^{-37}$	$1,58 \cdot 10^{+00}$	$6,65 \cdot 10^{01}$	$1,51 \cdot 10^{00}$	$1,22 \cdot 10^{01}$	$2,61 \cdot 10^{00}$
<sup>134</sup> Cs	$8,05 \cdot 10^{-46}$	$7,53 \cdot 10^{-09}$	$3,15 \cdot 10^{-07}$	$7,04 \cdot 10^{-05}$	$5,67 \cdot 10^{-04}$	$1,19 \cdot 10^{-04}$
<sup>134</sup> I	$3,00 \cdot 10^{-44}$	$2,78 \cdot 10^{-07}$	$1,14 \cdot 10^{-05}$	$6,03 \cdot 10^{-05}$	$4,73 \cdot 10^{-04}$	$9,28 \cdot 10^{-05}$
<sup>135</sup> I	$2,60 \cdot 10^{-43}$	$2,42 \cdot 10^{-06}$	$1,01 \cdot 10^{-04}$	$3,28 \cdot 10^{-04}$	$2,64 \cdot 10^{-03}$	$5,46 \cdot 10^{-04}$
<sup>135</sup> Xe	$4,29 \cdot 10^{-40}$	$4,02 \cdot 10^{-03}$	$1,69 \cdot 10^{-01}$	$3,77 \cdot 10^{-03}$	$3,06 \cdot 10^{-02}$	$6,52 \cdot 10^{-03}$
<sup>137</sup> Cs	$3,00 \cdot 10^{-46}$	$3,28 \cdot 10^{-09}$	$1,71 \cdot 10^{-07}$	$2,90 \cdot 10^{-05}$	$3,01 \cdot 10^{-04}$	$8,06 \cdot 10^{-05}$
<sup>138</sup> Xe	$9,06 \cdot 10^{-42}$	$8,33 \cdot 10^{-05}$	$3,32 \cdot 10^{-03}$	$7,94 \cdot 10^{-05}$	$6,16 \cdot 10^{-04}$	$1,18 \cdot 10^{-04}$
<b>talaj, Bq/kg</b>						
<sup>131</sup> I	$2,90 \cdot 10^{01}$	$5,81 \cdot 10^{00}$	$1,95 \cdot 10^{00}$	$5,78 \cdot 10^{01}$	$1,85 \cdot 10^{01}$	$5,13 \cdot 10^{00}$
<sup>132</sup> I	$4,81 \cdot 10^{-03}$	$9,57 \cdot 10^{-04}$	$3,30 \cdot 10^{-04}$	$1,30 \cdot 10^{-02}$	$5,58 \cdot 10^{-03}$	$1,40 \cdot 10^{-03}$
<sup>133</sup> I	$3,42 \cdot 10^{-01}$	$6,82 \cdot 10^{-02}$	$2,31 \cdot 10^{-02}$	$7,30 \cdot 10^{-01}$	$2,54 \cdot 10^{-01}$	$6,87 \cdot 10^{-02}$
<sup>134</sup> Cs	$3,46 \cdot 10^{-03}$	$6,90 \cdot 10^{-04}$	$2,40 \cdot 10^{-04}$	$5,32 \cdot 10^{-01}$	$1,28 \cdot 10^{-01}$	$3,88 \cdot 10^{-02}$
<sup>134</sup> I	$2,29 \cdot 10^{-04}$	$4,52 \cdot 10^{-05}$	$1,60 \cdot 10^{-05}$	$8,38 \cdot 10^{-04}$	$4,21 \cdot 10^{-04}$	$9,87 \cdot 10^{-05}$
<sup>135</sup> I	$1,50 \cdot 10^{-02}$	$2,98 \cdot 10^{-03}$	$1,01 \cdot 10^{-03}$	$3,40 \cdot 10^{-02}$	$1,29 \cdot 10^{-02}$	$3,38 \cdot 10^{-03}$
<sup>137</sup> Cs	$1,31 \cdot 10^{-03}$	$3,03 \cdot 10^{-04}$	$1,32 \cdot 10^{-04}$	$2,22 \cdot 10^{-01}$	$6,89 \cdot 10^{-02}$	$2,66 \cdot 10^{-02}$

78. táblázat: Felszíni és felszín közeli aktivitáskoncentrációk a távolság függvényében 30 napos kibocsátásból.

A modellszámítás eredménye szerint a telephelyen kívül meghatározó lesz a talajra került radioaktív anyagtól származó dózisteljesítmény, amihez a 35 m-es kibocsátásból származó kihullás adja a döntő járulékot. Maguk a becsült dózisteljesítmény értékek ebben az esetben is jellemzően kicsik, az erőmű környezetében egyetlen élőlény esetében sem éri el a megfelelő természetes háttér sugárterhelés 10 %-át.

A késői hatást illetően is megállapítható tehát, hogy a vizsgált TA4 besorolású üzemi esemény hatását illetően semleges a környező élővilágra. Itt külön is ki kell emelni, hogy az esemény során végig változatlanok tekintett időjárási körülmények a kibocsátásoktól eredeztethető messze legnagyobb hatást eredményezték, hiszen a teljes kidobott radioaktivitás egy viszonylag szűk sávra korlátozódott. Ha eme konzervativizmust tovább növeljük azzal, hogy a két kibocsátási pont hatásaként becsült dózisteljesítmények összegét tekintjük az élővilágot terhelőnek, akkor legfeljebb egyes lények esetében duplázódik a várható hatás, de még ez is bőven belül marad a természetes szint 10 %-án. Ez azt jelenti, hogy az üzemzavari kibocsátás következményeként nem beszélhetünk kimutatható hatásról, így hatásterületről sem.

## **23 KÖRNYEZETI HATÁSSAL JÁRÓ BALESETEK MEGELŐZÉSÉRE, EZEK BEKÖVETKEZÉSE ESETÉN A KÖRNYEZETI KÖVETKEZMÉNYEINEK CSÖKKENTÉSÉRE IRÁNYULÓ INTÉZKEDÉSEK**

Általános veszélyhelyzetek és környezeti hatásokkal járó balesetek megelőzésére, illetve ezek bekövetkezése esetén a környezeti következményeinek csökkentésére irányuló intézkedéseket tartalmaz majd az engedélyeztetés egyik későbbi szakaszában elkészítendő, a jelenlegi paksi atomerőműves gyakorlatnak megfelelő Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv (ÁVIT). Ebben a tervben részletezzük majd az új blokkokat is érintő, vagy potenciálisan érintő veszélyhelyzetek (nukleáris létesítményi veszélyhelyzete, radiológiai veszélyhelyzetek, természeti és ipari katasztrófák, tüzesetek, egyéb rendellenességek) kezelésére vonatkozó intézkedéseket, amelyek az elhárítást végző személyzet és az országos rendszerben dolgozó együttműködő partnerek részére komplex tervet tartalmaznak a baleset bekövetkezésének megakadályozására, a bekövetkezett esemény elhárítására, a hatások mérséklésére vonatkozóan.

Az Engedélyes az új blokkok üzemeltetése során radioaktív anyagok kikerülésével járó balesetek környezeti hatásainak elhárítására, illetve a bekövetkezett balesetek kezelésére, felszámolására és a környezeti hatások csökkentésére irányulóan a jelenlegi paksi atomerőműves gyakorlatnak megfelelően Nukleárisbaleset-elhárítási és Intézkedési Tervet (NBEIT) fog alkalmazni. Az NBEIT az új blokkok területét érintő nukleáris létesítményi és radiológiai rendkívüli események és veszélyhelyzetek kezelésére, elhárítására és felszámolására ad majd útmutatást és fogalmaz meg intézkedéseket úgy, hogy az elhárítást végző személyzet részére a kialakult helyzetet minden tekintetben kezelő terv álljon rendelkezésre. A terv a nukleáris létesítményi és radiológiai rendkívüli esemény és veszélyhelyzet kiváltó okaként figyelembe veszi mind a belső, mind a külső okokra visszavezethető eseményeket. Az NBEIT sugárvédelmi és technológiai intézkedés-rendszere biztosítja a radiológiai hatások környezeti terjedésének megakadályozását, így az egészségügyi, gazdasági és egyéb hatások csökkentésének a leghatékonyabb eszköze. Ezeknek az intézkedéseknek az alkalmazása a Paksi Atomerőműben jelenleg is működő és a nukleáris hatóság által rendszeresen ellenőrzött rendszerben valósul meg, az új blokkok kapcsán az Engedélyes ezt tekinti majd alapként saját rendszerének kiépítése és működtetése során. A kiépítésre kerülő rendszer a balesetek megelőzésében és a kialakult környezeti helyzetek kezelésében, a hatások mérséklésében játszott szerepének megfelelően a védelmi és elhárítási funkciókat az Országos Nukleárisbaleset-Elhárítási Intézkedési Tervhez illeszkedve valósítja meg.

## 24 ÖSSZEFOGLALÁS

2014. január 14-én a Magyar Kormány megállapodott az Oroszországi Föderáció Kormányával a két ország között évtizedekkel korábban megkötött nukleáris együttműködési szerződés felújításáról. A két kormány megállapodását az Országgyűlés a Magyarország Kormánya és az Oroszországi Föderáció Kormánya közötti nukleáris energia békés célú felhasználása terén folytatandó együttműködésről szóló Egyezmény kihirdetéséről szóló *2014. évi II. törvényben* fogadta el. A megállapodás alapján a Paksi Atomerőmű területén az Orosz Illetékes Hatóság fővállalkozásában további két új, 1 200 MW teljesítményű blokk épül.

A beruházás célja közcélú villamosenergia-termelés, korszerű, III+ generációs, nyomottvizes, legalább 60 év élettartamú atomerőművi blokkokkal, a *Nemzeti Energiastratégiában lévő ütemezés szerint*, 2025 és 2030 évekre tervezett kereskedelmi üzem kezdettel.

A Paks II. Atomerőmű környezeti hatásvizsgálatának elvégzését bemutató és összegző környezeti hatástanulmány (KHT) az Előzetes konzultációs dokumentációban (EKD) számításba vett változatok közül a megvalósításra kiválasztott orosz atomerőművi technológiát, valamint fő kapcsolatait, a hűtővíz kivételt és a felmelegedett melegvizet Dunába bocsátását, valamint az erőműben megtermelt villamosenergia kiszállítását biztosító blokkvezetékeket vizsgálta a jelentős környezeti hatások megítélhetősége szempontjából.

A környezeti elemek / rendszerek alapterheltségének, a környezet jelenlegi állapotának felmérése és ez alapján az alapállapot jellemzése, értékelése céljából, a tervezett atomerőművi blokkok telepítési területén, valamint az előzetesen becsült hatásterületek alapján kijelölt vizsgálati területeken 2012. március 1-jétől kezdődően történtek vizsgálatok és elemzések, döntően 2012-ben, egyes esetekben 2013-ban is.

*A Paks II. Atomerőmű környezeti hatásvizsgálat több hónapos folyamata - mindezeket figyelembe véve - a 2014. márciusi műszaki feltételrendszer és telepítési helyszínrajz alapján zajlott.*

*Mind a hatótényezők meghatározásakor, mind a kiváltott hatások számításakor, modellezésekor a legnagyobb környezeti hatást kiváltó tényezőket vettük alapul, a környezetvédelmi szempontokon túl a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok konzervatív megközelítési alapelvét is szem előtt tartva.*

Paks II. környezeti hatástanulmánya az alábbi témakörökre terjedt ki:

- ❖ a tervezett atomerőművi beruházás részletes ismertetése, a technológiai alapadatok bemutatása,
  - a tevékenység volumene, a telepítés és a működés megkezdésének várható időpontja és időtartama,
  - a tervezett technológia megvalósításának leírása,
  - a tevékenység megvalósításához szükséges létesítmények felsorolása és helye,
  - a vízellátás biztosítása,
  - a megvalósítás során keletkező hulladék- és szennyvízkezelés,
  - az anyagfelhasználás főbb mutatói,
  - a tevékenységhez szükséges teher- és személyszállítás nagyságrendje,
- ❖ a kiválasztott telepítési terület, valamint közvetlen és tágabb környezetének bemutatása, a tevékenység helye és területigénye, a telepítési helyszínrajz bemutatása
- ❖ a környezet egyes elemeire és rendszereire az erőművi technológia által gyakorolt környezeti hatások megadása, kiszámítása,
- ❖ a tervezett beruházás hatásterületeinek lehatárolása,
- ❖ országhatáron átnyúló hatások bemutatása.

Paks II. környezeti hatástanulmánya az egyes környezeti elemek, illetve rendszerek szempontjából elemezte és értékelt, hogy a beruházás különböző időszakában jelentkező hatótényezők milyen hatásfolyamatokat, hatásokat okoznak és azoknak milyen a területi kiterjedése, azaz a hatásterülete.

A hatások minősítése a hatótényezők → hatásfolyamatok → hatásviselők (a hatás által érintettek) logikai folyamat végigkövetése alapján történt, figyelembe véve a tervezési területen az érintett környezeti elemek / rendszerek alapterheltségét, valamint a Paks II teljes élettartama alatt várható környezeti, természeti alapállapot változásokat is (pl. klímaváltozás).

A hatásvizsgálat során az új atomerőművi blokkoknak és kapcsolódó létesítményeinek hatótényezőit létesítés-építés /szerelés, üzemeltetés, valamint felhagyás szerint csoportosítva vizsgáltuk, az igénybe veendő területek számba vétele alapján, az egyes szakaszokat a legjellemzőbb *hatótényező-csoportok* szerint csoportosítva. A létesítmény jellegére tekintettel az egyes hatótényezők közül az emissziókat és a hulladékokat hagyományos, nem radioaktív kibocsátású, valamint radioaktív kibocsátású csoportokra osztottuk, az alábbiak szerint:

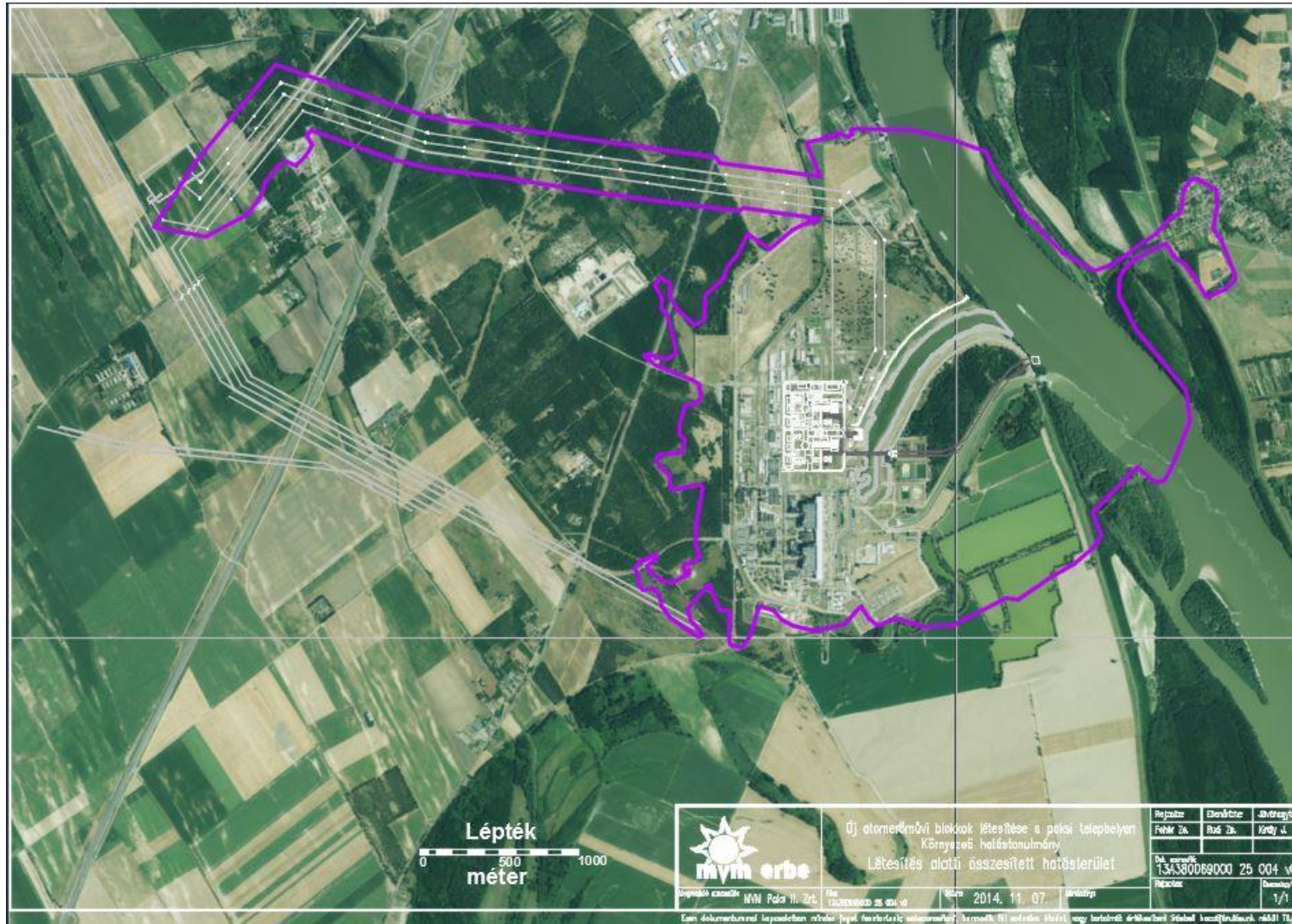
- ❖ *környezeti elemek igénybevétele*
- ❖ *szennyezőanyag kibocsátások és hulladékok*
  - *hagyományos, nem radioaktív szennyezőanyag kibocsátások és hulladékok keletkezése és kezelése*
  - *radioaktív kibocsátások és radioaktív hulladékok keletkezése és kezelése*
- ❖ *kiégett fűtőelem-kazetták*
  - *reaktorzónából kiemelt fűtőelem-kazetták kezelése, tárolása*

Az üzemelő Paksi Atomerőmű működésének környezeti hatásait a hatásvizsgálat során részletes mérésekkel, számításokkal meghatározott környezeti alapállapot már jellemzi, annak részét képezvén. A Paksi Atomerőmű üzemidő-hosszabbításából adódó együttes üzemelések hatásait az akkor majd várható környezeti alapállapot figyelembe vételével vizsgáltuk meg.

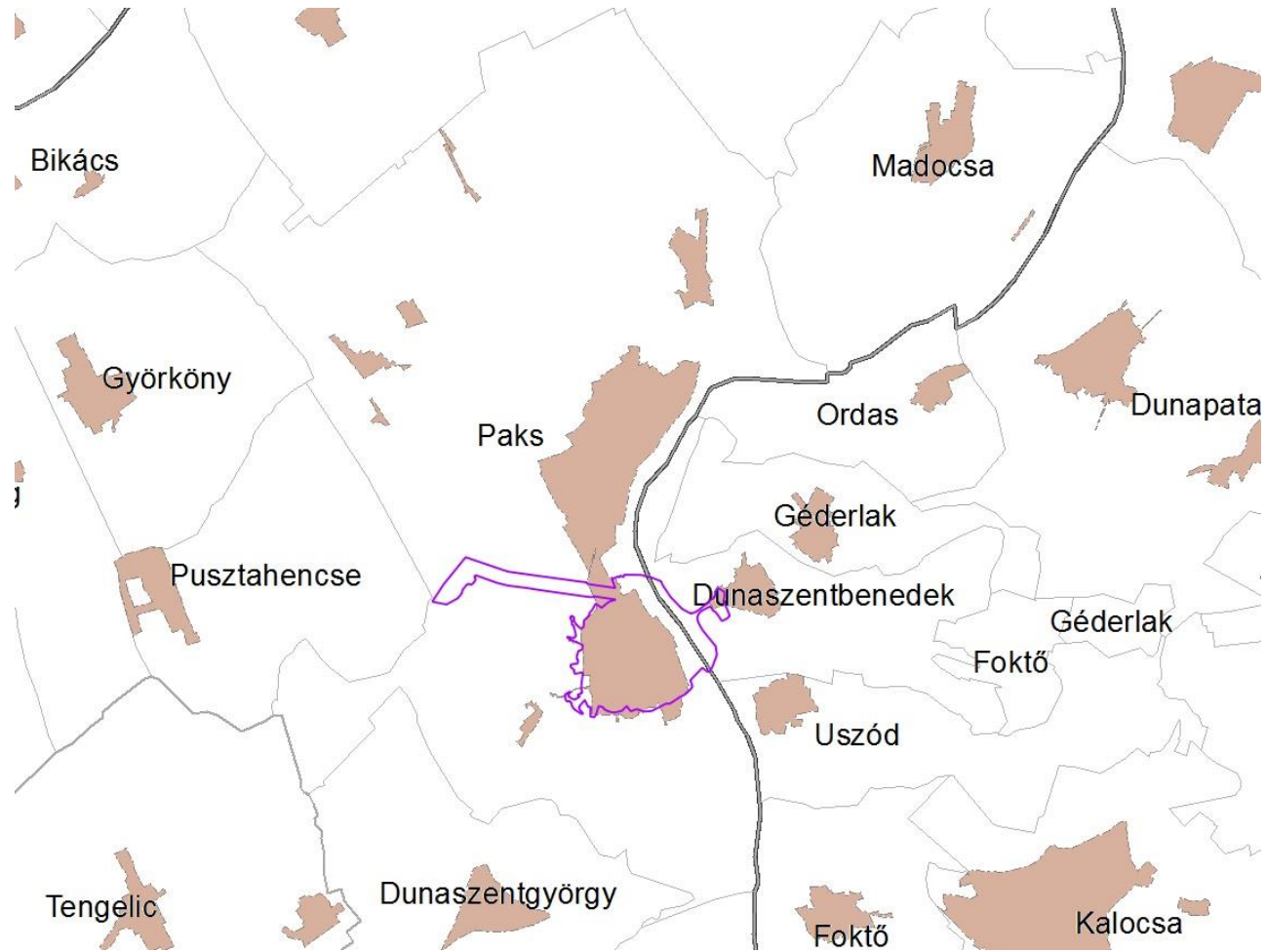
Összegzőképpen térképen is lehatároltuk a közvetlen hatások összesített hatásterületét is, ami az egyes szakterületi hatásterületek összesítéséből, az egyes hatásterületek legszélső kontúrvonalainak megjelenítésével adódott.

A környezeti hatásvizsgálat részletes elemzése szerint Paks II. létesítése Dunaszentbenedek és Paks települések, Paks II. üzemelése pedig Dunaszentbenedek, Paks és Uszód települések területét érinti.



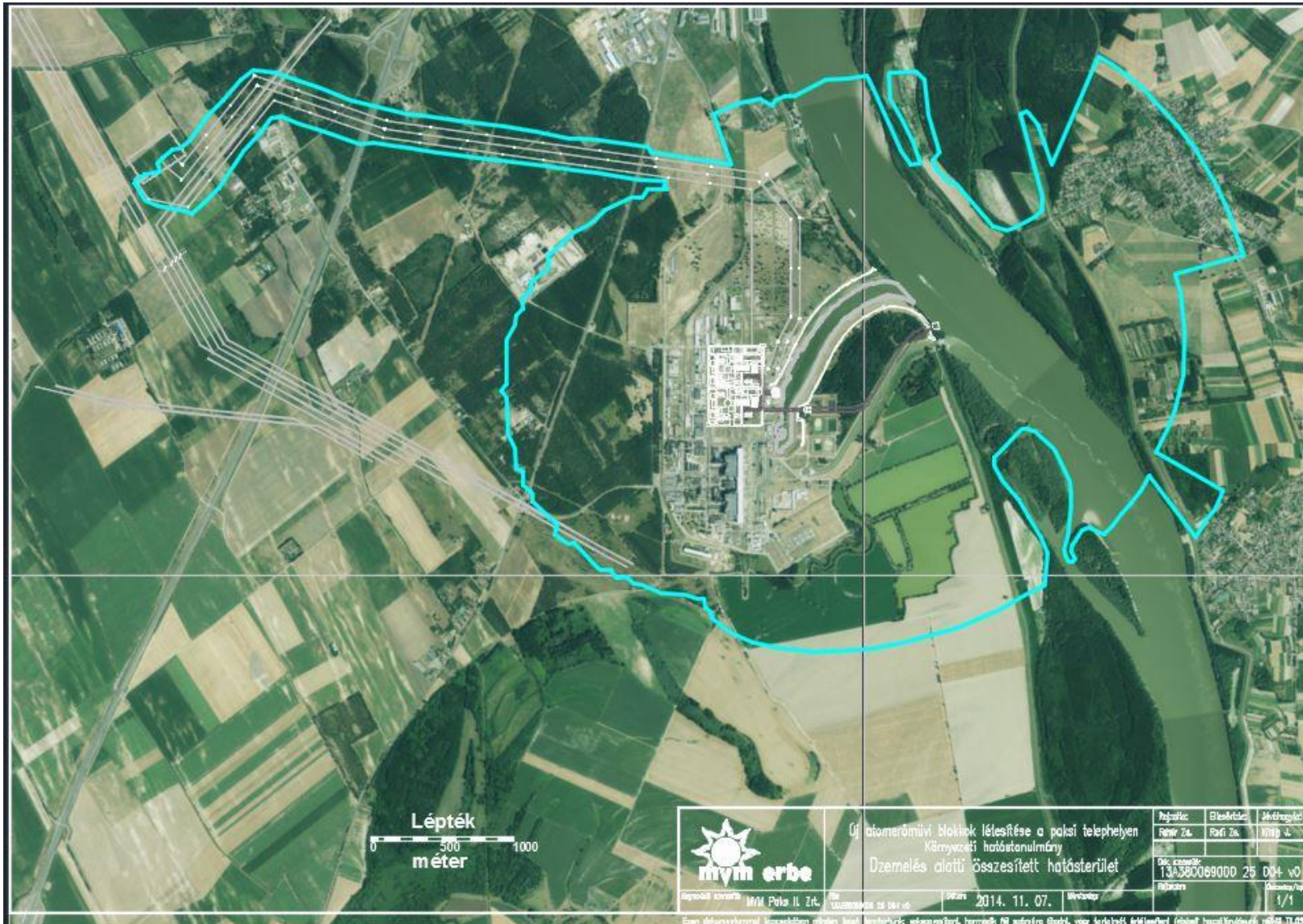


105. ábra: Paks II létesítésének összesített hatásterülete

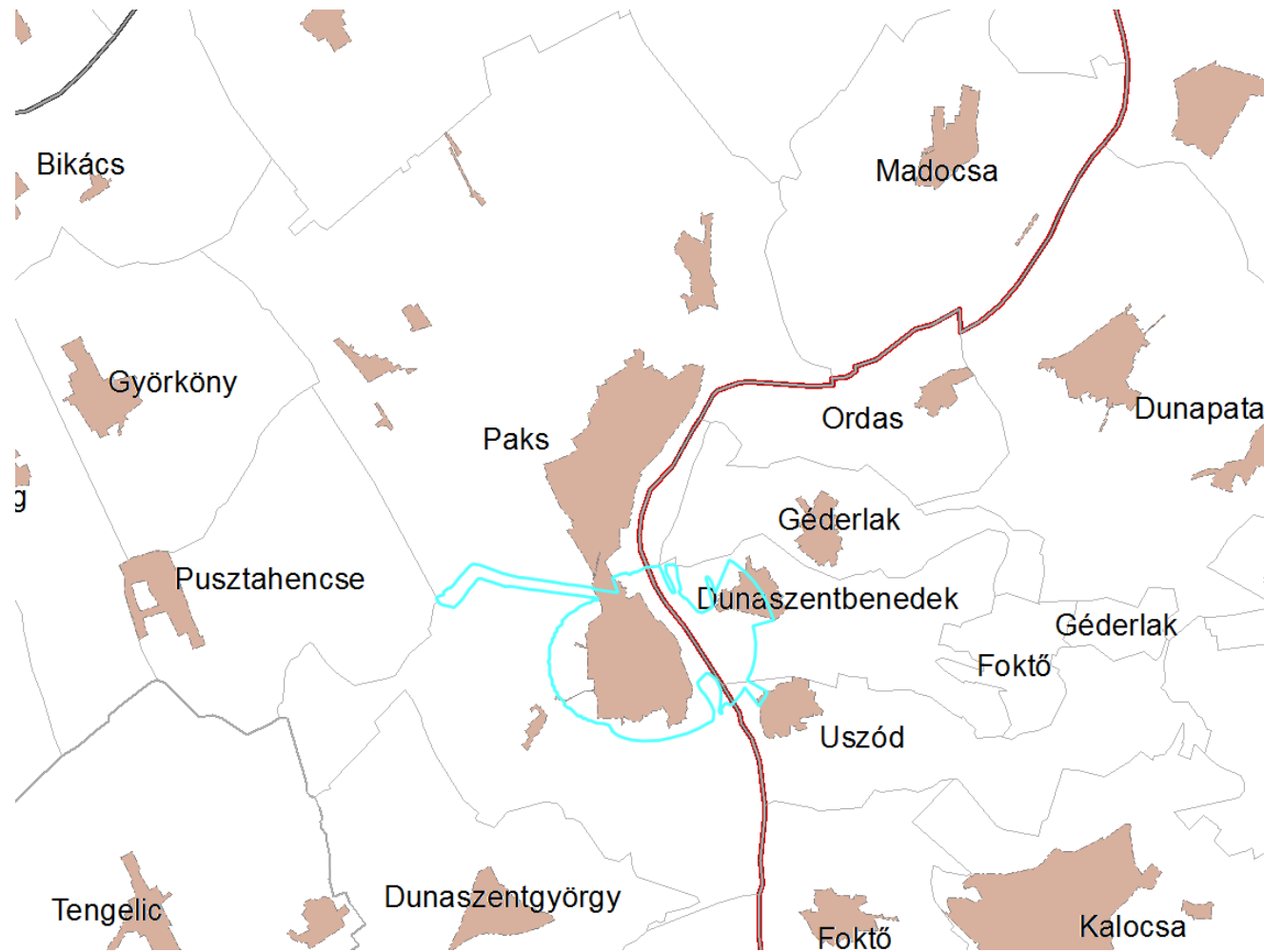


Forrás: [http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR\\_GIS/teirgis\\_kozigazgatas/MapServer/WMS/Server](http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR_GIS/teirgis_kozigazgatas/MapServer/WMS/Server)

106. ábra: Paks II létesítésének összesített hatásterülete közigazgatási határokkal



107. ábra: Paks II üzemelésének összesített hatásterülete



Forrás: [http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR\\_GIS/teirgis\\_kozigazgatas/MapServer/WMServer](http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR_GIS/teirgis_kozigazgatas/MapServer/WMServer)

108. ábra: Paks II üzemelésének összesített hatásterülete közigazgatási határokkal

Paks II. üzemelése Dunaszentbenedek, Paks, Uszód települések területét érinti.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. Új atomerőművi blokkok létesítése - Előzetes Konzultációs Dokumentáció, PÖYRY ERŐTERV ZRt, 2011.01.31.
- [2] [http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR\\_GIS/teirgis\\_corine2006/MapServer/WMS/Server](http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR_GIS/teirgis_corine2006/MapServer/WMS/Server)
- [3] [http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR\\_GIS/teirgis\\_kozigazgatas/MapServer/WMS/Server](http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR_GIS/teirgis_kozigazgatas/MapServer/WMS/Server)
- [4] <http://nuclearinfo.net/Nuclearpower/CurrentReactors>
- [5] [http://theresilientearth.com/files/images/european\\_nuc\\_plants.jpg](http://theresilientearth.com/files/images/european_nuc_plants.jpg)
- [6] [http://www.animatedsoftware.com/hotwords/nuclear\\_reactor/nuclear\\_reactor.htm](http://www.animatedsoftware.com/hotwords/nuclear_reactor/nuclear_reactor.htm)
- [7] Nagy Sándor, Nukleáris kapacitás fenntartás, Engedélyezési feladatok, Budapest, 2014.04.23.
- [8] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. Új atomerőművi blokkok létesítése, Előzetes konzultációs dokumentáció, PÖYRY ERŐTERV, 2011.04.15.
- [9] dr. Czibolya László, Magyar Atomforum Egyesület, Paksi Atomerőmű III. Az atomerőmű biztonsága, 2013.
- [10] dr. Gadó János, A biztonság fogalma és mérhetősége
- [11] dr. Lux Iván, Országos Atomenergia Hivatal, Az atomenergia-felhasználás szabályozásának jogi rendszere
- [12] Országos Atomenergia Hivatal 1.48. sz. útmutató, Útmutató az INES besorolás elvégzéséhez nukleáris és radiológiai események kapcsán Verzió száma: 2. 2013. április
- [13] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. Új atomerőművi blokkok létesítése, Előzetes konzultációs dokumentáció, PÖYRY ERŐTERV, 2012.10.05.
- [14] <http://atomeromu.hu/download/1450/A%20tervezett%20blokkok%20helye.jpg>
- [15] Paksi Atomerőmű Zrt. 1-4. blokk; Végleges Biztonsági jelentés 2013
- [16] Dr. Csom Gyula, Atomerőművek, Magyar Atomforum Egyesület, Budapest, 2004. június
- [17] Kibocsátás- és környezetellenőrzés a Paksi Atomerőműben, Dr. Bujtás Tibor, Debrecen, 2009.09.04.
- [18] MVM Paks II. Zrt. Ranga Tibor, 2014.04.25.
- [19] Sugárvédelmi tevékenység a Paksi Atomerőműben 2013-ban, (Éves jelentés), MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Biztonsági Igazgatóság Sugár- és Környezetvédelmi Főosztály, Paks, 2014. március hó)
- [20] A hatósági környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszer (HAKSER) 2012. évi jelentése
- [21] <http://www.okser.hu>
- [22] Az Országos Környezeti Sugárvédelmi ellenőrző rendszer (OKSER) 2012. évi Jelentése Budapest, 2013.12.27.
- [23] IAEA Nuclear Energy Series: Efficient Water Management in Water Cooled Reactors (No. NP-T-2.6), IAEA, Bécs, 2012.
- [24] Development of Environmental Impact Assessment Related Requirements for NPP Projects Report of Environmental Impact Assessment Co-ordination Group of EUR, Date of issue of this report: 28/06/2011
- [25] A paksi telephelyen létesítendő új atomerőművi blokkok hűtési alternatíváinak összehasonlító vizsgálata, MVM ERBE Zrt., 2012. július.
- [26] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. A Paksi Atomerőmű Zrt. területén létesítendő új blokkok hűtési lehetőségeinek vizsgálata, Döntés előkészítő tanulmány, I. kötet, GEA EGI Energiagazdálkodási Zrt, Budapest, 2011.05.04.
- [27] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. A Paksi Atomerőmű Zrt. területén létesítendő új blokkok hűtési lehetőségeinek vizsgálata, Döntés előkészítő tanulmány, III. kötet, PÖYRY ERŐTERV ZRt, Budapest, 2011.05.04.
- [28] A paksi telephelyen létesítendő új atomerőművi blokkokhoz kapcsolódó, tájképbe illeszthető hűtőtornyos hűtési alternatívák részletes vizsgálata, MVM ERBE Zrt, 2012. június
- [29] <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Russia--Nuclear-Power>
- [30] MIR.1200 Preliminary data and information for safety and environmental licensing, Report, 2010. A.H.Обысова
- [31] MVM Paks II. Zrt.
- [32] A paksi telephelyen létesítendő új atomerőművi blokkok tervezett Duna-víz használatának elvi vízjogi engedélyezési dokumentációja, MVM ERBE Zrt.
- [33] Döntés előkészítő elemzés a paksi telephelyen létesítendő új atomerőművi blokkok ivóvíz-betáplálása, illetve szennyvíz-elvezetése témakörökben, MVM ERBE Zrt, 2013.
- [34] Elpanneteknik references, Finland's Olkiluoto 3 Nuclear plant
- [35] ERBE Fővállalkozói Terjedelmen Kívüli Tételek elemzése, 2013.

- [36] Lévai Projekt, Új atomerőmű létesítése, Döntés-előkészítő Megvalósíthatósági Tanulmány, PÖYRY ERŐTERV Zrt.
- [37] Elemzés az új atomerőmű blokkok munkaerőigényének meghatározásához, MVM ERBE Zrt., 2013.
- [38] MVM Zrt Új atomerőművi blokkok létesítése – A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése 1/2. Kötet, PÖYRY ERŐTERV Zrt, 2012. január
- [39] Irányelvek; Tanács 2011/70/Euratom Irányelve, EU, 2011.07.19.
- [40] EPC-Contract, Construction of Paks Nuclear Power Plant units 5 and 6, Hungary, Appendix 1.2, Part 1.2.1 Nuclear Island, 02-05-02 Radioactive Waste Treatment and Storage Systems (Gaseous, Liquide and Solid Waste) rev 0.0, 2014. 09. 15. [19.14]
- [41] Data for NPP environmental impact analysis (AES-2006 with VVER-1200)
- [42] Palo Verde, Arizona, Griselda Nevarez
- [43] Millstone Power Station Waterford, Connecticut, (AP Photo / Dominion Resources)
- [44] HaddamNeck atomerőmű, EastHampton, Connecticut állam