KÖRNYEZETI HATÁSTANULMÁNY

2026. június 25.

A PAKSI ATOMERŐMŰ TOVÁBBI ÜZEMIDŐ-HOSSZABBÍTÁSA



MVM
Paksi Atomerőmű

ALÁÍRÓ LAP

	Szervezet	Név	Aláírás	Dátum
Összeállította	AFRY ERŐTERV ZRt.	Gátiné Magyar Rozália		2026.06.25.
		Hayer Péter		2026.06.25.
		Romenda Tamás		2026.06.25.
Készítette Telephely-jellemzés	AFRY SOM System Kft.	Puskás Anita		2026.06.25.
		Lehoczki Márk Dr. Tóth László (GeoRisk Kft.) Siklóssy Tamás (NUBIKI Kft.)		
Készítette Földrajz, klíma-meteorológia, társadalmi gazdasági elemzések	HUN-REN CSFK	Dr. Szalai Zoltán		2026.06.25.
		Dr. Uzzoli Annamária, Dr. Lennert József, Dr. Barcza Zoltán, Dr. Kalmár Tímea		
Készítette: Levegőtisztaság-védelem	MVM ERBE Zrt.	Nagyné Juhász Emőke		2026.06.25.
		Pintér Dávid		
Készítette Felszíni és felszín alatti vizek védelme, földtani közeg védelme, hulladékgazdálkodás	NATURAQUA Zrt.	Kerékgyártó Tamás		2026.06.25.
		Budai Tímea, Czinkota Zsuzsanna, Kristóf Gergely, Kovács Balázs Maján György, Nagy Péter (Kék Csermely Kft.) Halasi-Kovácsné Benkhard Borbála Rita, PhD (SCIAP Kft.) Hajnal Andor (Isotoptech Zrt.)		
Készítette Hidrológia-meteorológia	BME	Dr. Fleit Gábor		2026.06.25.
		Honti Márk		
Készítette: Élővilág-, természetvédelem	BioAqua Pro Kft.	Dr. Kiss Béla		2026.06.25.
		Dr. Müller Zoltán, Pócsik Judit, Dr. Gulyás Gergely		
Készítette: Zaj- és rezgésvédelem	MVM ERBE Zrt.	Nagyné Juhász Emőke		2026.06.25.
		Dr. Fehér Zsófia		
Készítette: Tájvédelem, települési környezet	ÖKO Zrt.	Magyar Emőke		2026.06.25.
		Szappanos Márton, Dr. Tombácz Endre		
Készítette: Környezeti radioaktivitás	SOMOS Kft.	Dr. Nagy Gábor		2026.06.25.
		Dr. Solymosi Máté, Kristóf Krisztina		
Készítette: Élővilág sugárterhelése	Isotoptech Zrt.	Dr. Janovics Róbert		2026.06.25.
		Veres Mihály, Dr. Dezső Zoltán, Dr. Rinyu László		
Készítette: Sugárvédelem, lakosság sugárterhelése	HUN-REN EK	Dr. Rudas Csilla		2026.06.25.
		Dr. Jakab Dorottya, Rékasi Zsófia, Dr. Pántya Annamária, Brockhauser Barbara		
Készítette: Humán-egészségügy	V-MED Bt.	Prof. Dr. Sándor János		2026.06.25.
Ellenőrizte	MVM ERBE Zrt.	Simon Réka		2026.06.25.
Ellenőrizte	AFRY SOM System Kft.	Kunner Mihály		2026.06.25.
Jóváhagyta	MVM ERBE Zrt.	Halász Gábor		2026.06.25.

MÓDOSÍTÁSOK JEGYZÉKE

Verzió:	Fejezet / Oldal:	Változtatás jellege:	Kelt:
O	Teljes dokumentum	Első kiadás	2026.03.02.
A	Teljes dokumentum	Második kiadás	2026.06.25.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés 10

1.1. Előzmények 10

1.2. Az előzetes konzultációt lezáró hatósági vélemény és a nyilvánosság észrevételei 14

1.3. A tervezett tevékenység meghatározása, célja, indoklása 38

1.3.1. A tervezett tevékenység azonosítása, volumene, megkezdésének időpontja és időtartama, alternatívák figyelembevétele 38

1.3.2. A tervezett tevékenység célja, indoklása 39

1.4. A kérelmező MVM Paksi Atomerőmű Zrt. bemutatása, azonosító adatai, a környezeti hatástanulmányt készítők adatai 43

1.4.1. Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. azonosító adatai 43

1.4.2. A Környezeti hatástanulmány készítőinek adatai 43

1.5. A környezeti hatásvizsgálati eljárás és kapcsolata az egyéb engedélyezési eljárásokkal, a tervezett tevékenység hatásvizsgálatának sajátosságai 46

1.5.1. A környezeti hatásvizsgálat és az egyéb hatósági engedélyezési eljárások jogszabályi háttere 46

1.5.2. A tervezett tevékenység környezeti hatásvizsgálatának sajátosságai 48

1.6. A környezeti hatástanulmány készítésének módszere 51

1.6.1. A hatásvizsgálat logikai folyamata, fázisai 51

1.6.2. A felhasznált főbb dokumentumok 52

1.6.3. A környezeti hatások minősítése, kritériumai 52

1.6.4. Összetartozó tevékenység megvalósításának vizsgálata 54

1.6.5. A környezeti hatástanulmány struktúrája, felépítése 55

1.6.6. Minősített adatok, üzleti titkot képező adatok felhasználása 58

1.7. Az atomerőmű üzemidő-hosszabbítás nemzetközi helyzete, gyakorlata 58

2. A további üzemidő-hosszabbítás, az atomerőmű telephelye és a nukleáris energiatermelés technológiája 60

2.1. Az atomerőmű telephelye és környezete 60

2.1.1. A telephely földrajzi elhelyezkedése 60

2.1.2. A telephely és közvetlen környezetének területhasznosítása 63

2.1.2.1. A telephely kialakítása, területigénye 63

2.1.2.2. Területhasználat, településrendezési előírásokkal való összhang vizsgálata 67

2.1.2.3. A paksi telephelyen meglévő és tervezett egyéb nukleáris létesítmények 73

2.1.2.3.1. A kiégett fűtőelemek átmeneti tárolása 73

2.1.2.3.2. Új atomerőművi blokkok létesítése 74

2.1.3. Vízrajzi jellemzők, vízhasználat 75

2.1.4. A telephelyre jellemző, emberi eredetű külső veszélyek és a külső veszélyek kombinációi 77

2.1.4.1. Egyedi emberi eredetű veszélyek 78

2.1.4.2. A Paksi Atomerőmű nukleáris biztonságát veszélyeztető, egyedi emberi eredetű veszélyek környezeti hatásának értékelése 84

2.1.4.3. Telephelyi tevékenységek során lehetséges, környezeti hatással járó nem nukleáris balesetek 85

2.1.4.4. A Paksi Atomerőmű nukleáris biztonságát veszélyeztető külső veszélyek kombinációi 86

2.1.5. A telephely geológiai, tektonikai, szeizmológiai és geotechnikai jellemzői 88

2.1.5.1. A paksi telephely környezetének geológiai-tektonikai jellemzése 89

2.1.5.2. A telephely és környezetének szeizmicitása ... 89
2.1.5.3. Geodinamikai monitoring eredmények ... 90
2.1.5.4. A paleoszeizmikus vizsgálatok eredményei ... 90
2.1.5.5. A földrengés-veszély valószínűségi módszerrel történő meghatározása ... 91
2.1.5.6. Geotechnikai jellemzés – talajfolyósodás-veszély elemzése ... 92
2.1.5.7. A telephelyen és környezetében lévő vetők által okozott felszíni elmozdulás-veszély ... 92
2.1.6. A telephely vízföldtani jellemzői ... 94
2.1.7. A telephely hidromorfológiai jellemzői ... 95
2.1.8. Demográfiai jellemzők ... 96
2.2. A tervezett tevékenység bemutatása ... 100
2.2.1. A villamosenergia-termelés létesítményei, a technológia és üzemeltetési folyamatok általános bemutatása ... 100
2.2.1.1. A Paksi Atomerőmű technológiája, fő műszaki jellemzői ... 100
2.2.1.2. Az energiatermelés létesítményei ... 110
2.2.1.3. Kapcsolódó tevékenységek és létesítmények ... 113
2.2.1.3.1. Vízellátás, szennyvízkezelés ... 113
2.2.1.3.2. A tevékenységhez szükséges teher- és személyszállítás ... 114
2.2.1.3.3. Egyéb kapcsolódó tevékenységek, technológiai rendszerek ... 116
2.2.1.4. Állapot-fenntartási, öregedéskezelési rendszer ... 116
2.2.2. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítése, a további üzemeléshez tervezett tevékenységek, átalakítások ... 118
2.2.2.1. Alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer kialakítása ... 118
2.2.2.2. Biztonsági dízelgenerátorok cseréje, kihelyettesítő dízelgenerátor létesítése ... 125
2.2.2.3. Az atomerőművi üzemanyag beszerzésének diverzifikációja ... 126
2.2.2.4. A kiégett üzemanyag-kezelés átalakítása ... 129
2.2.2.5. Egyéb tervezett intézkedések, beavatkozások ... 132
2.2.2.6. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítő tevékenységeinek értékelése a várható környezeti hatások szempotjából ... 140
2.2.3. A további üzemidő-hosszabbítás nukleáris biztonsági engedélyezésének megalapozásához szükséges tevékenységek ... 140
2.2.3.1. Nukleáris biztonsági hatósági eljárások ... 140
2.2.3.2. A nukleáris biztonsági engedélyezést megalapozó vizsgálatok ... 141
2.2.3.3. Az öregedéskezelési programok felülvizsgálata ... 142
2.3. Tervezési üzemállapot és az attól eltérő, esetlegesen környezetterhelést okozó üzemállapotok, haváriák lehetőségei ... 144
2.3.1. Az atomerőmű üzemállapotai, radiológiai hatással járó események ... 144
2.3.2. A környezeti hatások szempontjából releváns üzemállapotok és konfigurációk ... 145
2.3.3. Hagyományos környezeti hatással járó havária események ... 146
2.3.3.1. A fő nukleáris technológia üzemzavarai ... 146
2.3.3.2. A fő nukleáris technológián kívüli havária események ... 147
2.3.3.2.1. Veszélyes anyagok, talajszennyezés ... 147
2.3.3.2.2. Vízszennyezés ... 148
2.3.3.2.3. Tűzesetek ... 148
2.3.3.3. A környezeti hatásvizsgálatban vizsgált havária események ... 148
2.4. Környezetvédelmi létesítmények és intézkedések, a kibocsátás- és környezetellenőrző rendszerek ... 149
2.4.1. A környezeti kibocsátások és környezet állapotának ellenőrzése ... 149
2.4.2. A radioaktív kibocsátás- és környezetellenőrző rendszer felépítése és működése ... 154
2.4.2.1. A kibocsátás-ellenőrzési rendszer működése és felépítése ... 154
2.4.2.1.1. A Légköri kibocsátás ellenőrzése ... 156
2.4.2.1.2. A folyékony kibocsátás ellenőrzése ... 158

2.4.2.1.3. Az alkalmazott mérési módszerek ... 159
2.4.2.2. A környezet-ellenőrző rendszer működése és felépítése ... 159
2.4.2.3. Az ellenőrző rendszer módosítása ... 165

3. A hatótényezők és a vizsgálati terület (potenciális hatásterület) meghatározása ... 167
3.1. Hatótényezők, hatásfolyamatok meghatározása ... 167
3.1.1. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítésének környezeti hatótényezői ... 167
3.1.2. A további üzemidő-hosszabbítás alatti üzemelés környezeti hatótényezői ... 169
3.2. A vizsgálati terület lehatárolása ... 172

4. A hagyományos környezeti jellemzők jelen állapota és az üzemidő-hosszabbítás miatt várható változások ... 173
4.1. A levegőminőségre gyakorolt hatások ... 173
4.1.1. Légszennyezettségi határértékek, irányértékek ... 173
4.1.2. A környezet alapállapotának ismertetése ... 173
4.1.3. A vizsgált terület terhelhetősége ... 174
4.1.4. A légköri szennyezőanyag terjedés modellezése ... 174
4.1.5. A légszennyezőanyag kibocsátás forrásai ... 175
4.1.6. Az atomerőmű jelenlegi hatásai és a további üzemidő-hosszabbítás miatt várható változások ... 175
4.1.7. Országhatáron átterjedő környezeti hatások lehetősége ... 182
4.2. Klimatikus viszonyok, az éghajlatváltozással szembeni kitettség és érzékenység vizsgálata ... 182
4.2.1. A telephely környezetének meteorológiai jellemzői ... 182
4.2.2. Az éghajlatváltozás előrejelzése ... 184
4.2.3. Az erőmű további üzemelésének hatásai a meteorológiai és klimatikus viszonyokra ... 188
4.2.3.1. A beépítettségből eredő urbán hatás ... 188
4.2.3.2. A Duna hőterheléséből eredő hatások ... 189
4.2.3.3. A tervezett csúcshűtő rendszer üzemeléséből eredő hatások ... 190
4.2.4. Az éghajlatváltozással szembeni kitettség és érzékenység vizsgálata ... 191
4.2.4.1. A vizsgálat módszere, az alkalmazott megközelítés ... 191
4.2.4.2. Klímasemlegességi részvizsgálat ... 192
4.2.4.3. Klímaalkalmazkodási részvizsgálat ... 193
4.2.4.4. A tervezett tevékenység hatása a feltételezhető hatásterület éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási képességére ... 195
4.3. A felszíni vizekre gyakorolt hatások vizsgálata ... 198
4.3.1. A víz és az üledék fizikai, kémiai jellemzőinek értékelése, bakteriológia ... 199
4.3.2. A vizsgált felszíni vizek biológiai értékelése ... 201
4.3.3. A Víz Keretirányelv szempontú értékelés ... 206
4.3.4. A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának hatásértékelése ... 208
4.3.4.1. A hatásértékelés szempontjai ... 208
4.3.4.2. A Paksi Atomerőmű melegvíz-csatornáján kibocsátott felmelegedett hűtővíz hatásai az akvatikus élőlényközösségekre ... 210
4.3.4.3. Hatótényezők, hatásviselők, hatások ... 212
4.3.5. Háváriaesemények értékelése ... 215
4.3.6. Országhatáron átterjedő hatások értékelése ... 215
4.4. A felszín alatti vizekre és a földtani közegre gyakorolt hatások ... 215
4.4.1. Lokális vizsgálatok ... 215
4.4.2. Regionális vizsgálatok ... 217
4.4.2.1. Az atomerőmű normál üzemelésének jelenlegi hatásai ... 219
4.4.2.2. Az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer üzemeltetésének hatásai ... 220
4.4.2.3. A további üzemidő-hosszabbítás hatásai ... 220

4.5. Az élővilágra és ökoszisztémára gyakorolt hatások 223
4.5.1. A vizsgálati terület és a vizsgálati időszak 223
4.5.2. A környezet további üzemidő-hosszabbítást megelőző állapotának összefoglaló értékelése 225
4.5.3. Az atomerőmű jelenlegi hatásai és a további üzemidő-hosszabbítás miatt várható változások 225
4.5.3.1. A tényleges élővilágvédelmi hatásterületek lehatárolásának módszertani megközelítése 225
4.5.3.2. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítése keretében végzett építési munkák élővilágvédelmi hatásterülete 225
4.5.3.3. Az üzemelés élővilágvédelmi hatásterülete a további üzemidő-hosszabbítás időszakában 227
4.5.3.4. A Paksi Atomerőmű elmúlt üzemidőszakára jellemző normál üzemelés hatásai 228
4.5.3.5. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítésének várható hatásai 230
4.5.3.6. A további üzemidő-hosszabbítás miatt várható hatások 231
4.5.3.7. Havária események hatásai 232
4.5.3.8. Országhatáron átterjedő környezeti hatások lehetősége 233
4.6. A tájképre és tájhasználatra gyakorolt hatások 233
4.6.1. A jelenlegi állapot táji jellemzői 234
4.6.1.1. A térség természet- és tájföldrajzi helyzete, tájtörténete 234
4.6.1.2. Felszínborítás, tájhasználatok, tájszerkezet 236
4.6.1.3. Táji értékek 239
4.6.1.4. Főbb tájhasználati konfliktusok és az erőműhöz kötődő tájhasználati értékek 240
4.6.1.5. Tájkép, tájkarakter 240
4.6.2. A tájra gyakorolt hatások 241
4.6.2.1. Jelenlegi üzemelés 241
4.6.2.2. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítésének hatásai 241
4.6.2.3. A Paksi Atomerőmű önálló üzemelésének hatásai 244
4.6.2.4. A telephelyen üzemelő és tervezett nukleáris létesítmények együttes hatásai 245
4.7. A települési környezetre gyakorolt hatások 247
4.7.1. A jelenlegi állapot területszerkezeti és településkörnyezeti jellemzői 248
4.7.1.1. A város és térsége az országos, megyei területfejlesztési, területrendezési dokumentumokban 248
4.7.1.2. Paks város településkörnyezeti jellemzői 251
4.7.2. A települési környezetre gyakorolt hatások 256
4.7.2.1. A Paksi Atomerőmű önálló üzemelésének hatásai 256
4.7.2.2. A telephelyen üzemelő és tervezett nukleáris létesítmények együttes hatásai 257
4.7.2.3. Havária és országhatáron átterjedő hatások 259
4.8. Nem radioaktív hulladékok kezelése 259
4.9. A zaj- és rezgésállapotra gyakorolt hatások 262
4.9.1. Zaj szempontú alapállapot, az üzemi és a közúti forgalom indukálta háttérterhelés 263
4.9.2. A Paksi Atomerőmű normál üzemelésének jelenlegi hatásai 264
4.9.3. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítésének várható hatásai 267
4.9.4. A további üzemidő-hosszabbítás miatt várható változások 269
4.9.5. Havária események hatásai 273
4.10. Társadalmi és gazdasági hatások 276
4.10.1. A telephely és tágabb környezete demográfiai jövőképe 276
4.10.2. A telephely és tágabb környezete gazdasági helyzete és annak várható alakulása 278
4.10.3. A telephely és tágabb környezete közlekedési helyzete és annak várható előrejelzése 284
4.10.4. A várható társadalmi és gazdasági következmények összegzése 287

5. A környezeti radioaktivitás jellemzése és az üzemidő-hosszabbítás miatt várható változások 289
5.1. A radioaktív anyagok kibocsátásai a Paksi Atomerőműből 289
5.1.1. Az atomerőmű jelenlegi radioaktív kibocsátásai 289
5.1.2. A radioaktív anyagok várható kibocsátásai a további üzemidő-hosszabbítás időszakában 293
5.2. A környezet radioaktivitásának jellemzése 293
5.2.1. Az atomerőmű radiológiai környezetellenőrzésének eredményei 293
5.2.2. Az atomerőmű üzemelésének hatásai a környezet radioaktivitására 295
5.2.2.1. A Paksi Atomerőmű önálló üzemelésének hatásai 295
5.2.2.2. A telephelyen üzemelő és tervezett nukleáris létesítmények együttes hatásai 295
5.3. A lakosság sugárterhelésének vizsgálata 295
5.3.1. A vizsgálat módszere, terjedelme, kiinduló adatai 295
5.3.2. A radiológiai hatások minősítési rendszere 296
5.3.3. A vizsgált üzemállapotok és az elemzések köre 297
5.3.4. Az atomerőmű jelenlegi radiológiai hatásai 299
5.3.4.1. Az atomerőmű normál üzemi működéséből adódó lakossági dózisok 299
5.3.4.2. Az atomerőmű üzemzavari radioaktív kibocsátásai 301
5.3.5. Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása miatt várható változások 301
5.3.5.1. A további üzemelés időszakában várható lakossági sugárterhelés értékelése a korábbi elemzések alapján 301
5.3.5.1.1. A Paksi Atomerőmű önálló üzemelésének radiológiai hatásai 301
5.3.5.1.2. A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének radiológiai hatásai 302
5.3.5.1.3. Az üzemzavarok radiológiai hatásai 303
5.3.5.2. Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása időszakában várható lakossági sugárterhelés értékelése új elemzések alapján 304
5.3.5.2.1. A vizsgálat módszere, kiinduló adatai 304
5.3.5.2.2. A Paksi Atomerőmű önálló üzemelésének radiológiai hatásai 305
5.3.5.2.3. A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének radiológiai hatásai 313
5.4. A lakosság egészségi állapotára gyakorolt hatások 313
5.4.1. Az 1. fázis vizsgálatai 314
5.4.2. A vizsgálat 2. fázisa háziorvosok bevonásával 315
5.4.3. A további üzemidő-hosszabbítás során várható hatások 316
5.5. Az élővilág sugárterhelése 317
5.6. Radioaktív hulladékok és kiégett fűtőelemek keletkezése és kezelése 320
5.6.1. A radioaktív hulladékok keletkezése, kezelése és tárolása 320
5.6.1.1. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítése során keletkező radioaktív hulladékok keletkezése, kezelése, átmeneti tárolása 321
5.6.1.2. A további üzemidő-hosszabbítás során keletkező radioaktív hulladékok keletkezése, kezelése 325
5.6.1.3. A radioaktív hulladékok végleges elhelyezése 328
5.6.2. A kiégett fűtőelemek átmeneti tárolása 329
6. A felhagyás környezeti következményei (az atomerőmű leszerelése) 330
6.1. A leszerelés szempontjából mértékadó jogszabályi előírások 331
6.2. A leszerelés végrehajtása, tevékenységei 332
6.3. A leszerelés várható környezeti hatásainak áttekintése 333
7. A környezeti hatások és területi kiterjedésük összegzése 339
7.1. Összesítő értékelés a végső hatásviselők szempontjából 339
7.2. A hatásfolyamatok területi kiterjedése 348

8. Az országhatáron esetlegesen átterjedő környezeti hatások vizsgálata 354
8.1. Az országhatáron átterjedő hatások értékelésének szempontjai 354
8.1.1. A hatásvizsgálatra vonatkozó nemzetközi és hazai előírások 354
8.1.2. Az országhatáron átterjedés lehetősége szempontjából vizsgált környezeti hatások, üzemállapotok, események 355
8.2. Hagyományos és az élővilág sugárterhelésére vonatkozó környezeti hatások 355
8.3. A további üzemidő-hosszabbítása alatt várható dunai hőterhelés hatásai 356
8.4. A további üzemidő-hosszabbítása alatt várható radiológiai hatások 358
8.4.1. Értékelési módszer, kiinduló adatok 358
8.4.2. A Paksi Atomerőmű önálló üzemelésének országhatáron átterjedő radiológiai hatásai 359
8.4.2.1. Normál üzemi állapot 359
8.4.2.2. Tervezési üzemzavar 361
8.4.2.3. A további üzemidő-hosszabbítás alatt végbemenő potenciális változások hatása 362
8.4.2.4. Súlyos baleset 363
8.4.3. A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének országhatáron átterjedő radiológiai hatásai 366
9. A meghosszabbított üzemidő alatti várható környezetterhelés csökkentésére, nyomonkövetésére vonatkozó intézkedések 367
Rövidítésjegyzék 368
Mellékletek 372

Mellékletek:

1. melléklet: A levegőminőségre gyakorolt hatások
2. melléklet: A telephely éghajlati jellemzése
3. melléklet: A felszíni vizekre gyakorolt hatások
4. melléklet: A felszín alatti vizekre és a földtani közegre gyakorolt hatások lokális értékelése
5. melléklet: A felszín alatti vizekre gyakorolt hatások regionális értékelése
6. melléklet: Az élővilágra és ökoszisztémára gyakorolt hatások
7. melléklet: A tájképre, tájhasználatra és a települési környezetre gyakorolt hatások
8. melléklet: Nem radioaktív hulladékok kezelése
9. melléklet: A zaj- és rezgésállapotra gyakorolt hatások
10. melléklet: Társadalmi és gazdasági hatások
11. melléklet: A telephely és környezete jelenlegi radiológiai állapota
12. melléklet: A lakosság sugárterhelése
13. melléklet: A lakosság egészségügyi állapota
14. melléklet: Az élővilág sugárterhelése

1. Bevezetés

1.1. Előzmények

A Paksi Atomerőmű a magyar villamosenergia-rendszer meghatározó alapegysége, fő funkciója a villamosenergia-termelés. Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. által üzemeltetett atomerőmű négy, VVER-440/V-213 típusú reaktorblokkból áll, melyek 1982 és 1987 között léptek üzembe. A Paksi Atomerőmű névleges villamos teljesítménye jelenleg 2026,6 MW. Az atomerőmű a közel 16 GWh/év termelésével a magyarországi villamosenergia-termelésben meghatározó szerepet tölt be, annak több mint 40%-át adja.

A Paksi Atomerőmű alaperőműként, viszonylagosan egyenletes terheléssel üzemel. Az erőmű négy blokkjához tartozó turbinák kondenzátoraiban hűtési célra frissvízhűtést alkalmaznak. A szükséges hűtővíz mennyiséget az erőművi vízkivételi művek szivattyúi emelik ki a Dunából, a felmelegedett hűtővíz a melegvíz-csatornán keresztül kerül a folyóba visszavezetésre. Az erőműben termelt villamos energia 400, illetve 120 kV-os feszültségszinten kapcsolódik az országos villamosenergia-rendszerre.

Az Európai Unió klímapolitikai céljai szerint 2050-re a klímasemlegesség elérése a cél az unióban, melyet valamennyi tagország megerősített és határozottan elkötelezett annak végrehajtásában. Az atomenergia és a megújuló energiaforrások képesek szén-dioxid-kibocsátásmentes villamosenergia-termelésre. A Paksi Atomerőmű szerepe meghatározó a magyarországi klímasemlegességi célok eléréséhez.

A Paksi Atomerőműben az üzemelés kezdete óta számos biztonságnövelő intézkedés, modernizációs program valósult meg, melyek közül a jelentősebbek a következők voltak:

- AGNES (Advanced General and New Evaluation of Safety – a biztonság új, korszerű és teljes felülvizsgálata) projekt (1991-1994),
- biztonságnövelési program (1996-2002),
- földrengésveszélyeztetettség vizsgálat, rekonstrukció (1993-2002),
- reaktorvédelmi rekonstrukció (1993-2004),
- súlyos balesetek kezelése (2008-2014),
- célzott biztonsági felülvizsgálatok intézkedései (2011-2024).

A 2000-es évek elején a nemzetközi trendeknek megfelelően az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. – műszaki-tudományos, illetve gazdasági háttérintézmények bevonásával – kezdte vizsgálni az erőmű eredetileg 30 évre tervezett üzemideje meghosszabbításának lehetőségét. Az elvégzett részletes megvalósíthatósági vizsgálatok eredményei alapján megállapításra került, hogy lehetőség van az üzemidő legalább 20 évvel történő meghosszabbítására. Az alkalmazott üzemeltetési és karbantartási gyakorlat, a szerkezetek és rendszerelemek robosztus konstrukciója, illetve a számos felújítás és biztonságnövelő intézkedés eredményeként az erőmű állapota lehetővé tette a 30 éven túli biztonságos üzemelést. Az első 20 éves üzemidő-hosszabbítás megvalósításáról 2003-ban született döntés.

Az atomerőmű első üzemidő-hosszabbításának környezeti hatástanulmánya 2006-ban készült el, amely megállapította, hogy az üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi szempontból megvalósítható. A Paksi Atomerőmű blokkjainak az eredetileg tervezett (30 éves) üzemidőn túli 20 évvel történő üzemeltetésére az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a Dél-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség 100562-023-197/06 ügyszámon, K6K8324/06 iktatószámon, 2006. október 25-én kiadott határozatával kapott környezetvédelmi engedélyt. A Paksi Atomerőmű blokkjaira vonatkozó jelenleg hatályos, a módosításokkal egységes szerkezetbe foglalt 391-18/2017 ügyiratszámú – 2018-2024 között többször módosított – környezetvédelmi engedély blokkonként került kiadásra. Az engedély érvényessége – az egyes blokkok 20 éves üzemeltetésének megfelelően – 2032 és 2037 között jár le.

Az atomerőmű szakemberei már 2013-ban, az első üzemidő-hosszabbítási projekt végrehajtása során elkezdtek foglalkozni az engedélyeztetés alatt lévő 50 (30+20) éves üzemidőn túli további üzemidő-hosszabbítás lehetőségével. Az akkor elvégzett elemzések a megfelelőséget eleve

20+10, azaz összesen 60 évre igazolták, így már a 2010-es években látható volt, hogy az atomerőmű rendelkezhet a tovább-üzemeléshez szükséges tartalékokkal.

2019-ben az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. vállalati stratégiája keretében indult el a további üzemidő-hosszabbítás lehetőségének vizsgálata, majd 2020-ban megalapozó elemzés készült a jogi, műszaki és gazdasági megvalósíthatóságra, igazolva az akkor figyelembe vett további 10 éves üzemelésre vonatkozó megtérülést. Bár a további üzemidő-hosszabbítás gazdasági és klímapolitikai előnyei nyilvánvalóak voltak, továbbá akkor már több ország is foglalkozott a működő atomerőművek üzemidejének 60-ról 80 évre, sőt 80-ról 100 évre való kiterjesztésével – a Paks II. Atomerőmű eredetileg tervezett ütemű megvalósításának változása miatt – a paksi projekt indításáról csak később született döntés.

Egy atomerőművi üzemidő-hosszabbítás előkészítésének időigénye közel 10 év. Figyelembe véve, hogy az 1. blokk üzemideje 2032-ben jár le, Magyarország Kormánya 2022 nyarán döntött a Paksi Atomerőmű üzemideje további meghosszabbításának előkészítéséről, kormány-határozatban tűzte ki feladatként a Technológiai és Ipari Miniszter részére az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítási projektjének előkészítését. Ehhez kapcsolódóan megkezdődtek a további üzemidő-hosszabbítás feltételeinek megteremtéséhez szükséges tevékenységek.

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a tulajdonos MVM Zrt. felkérése alapján 2022 szeptemberében megalapította a További Üzemidő-hosszabbítás Kiemelt Projektet. A projekt keretében végrehajtandó feladatok közé tartozik a környezeti hatásvizsgálat elvégzése, beleértve a környezeti hatástanulmány elkészítését megalapozó szakterületi vizsgálatok végrehajtását, az előzetes konzultációs és a környezetvédelmi engedélyezési eljárás lefolytatását. A projekt terjedelmébe tartoznak továbbá azok a műszaki elemzési feladatok, amelyek célja az atomerőmű építményei, építményszerkezetei és berendezései állapotának részletes felmérése, az öregedési folyamatokat időben észlelő, az öregedés hatását hatékonyan megelőző, illetve azokat javító jelenlegi öregedéskezelési programok felülvizsgálata, szükség esetén új programok kidolgozása. Az elvégzendő vizsgálatok eredményei alapján szintén a projekt keretében kerül elkészítésre a további üzemidő-hosszabbítás végrehajtási programja, a nukleáris hatósági engedélyezési eljárásokhoz szükséges engedélykérelmek, illetve az azokat megalapozó dokumentációk.

A Paksi Atomerőműnek, mint létesítménynek az élettartamát azok a szerkezetek és rendszerelemek határozzák meg, amelyek nem cserélhetők, nem felújíthatók (hosszú élettartamúak), vagy az ezzel járó költségek és leállási idő olyan nagy, hogy műszaki-gazdasági értelemben a csere nem észszerű.

A rendelkezésre álló anyagvizsgálati, elemzési, karbantartási eredmények alapján az erőmű szakemberei arra a következtetésre jutottak, hogy a nukleáris biztonság szempontjából legfontosabb berendezések (pl. a reaktortartály vagy a gőzfejlesztők) egyike esetén sem kell ellehetetlenüléssel vagy kiugró költséggel számolni az erőmű 70 (30+20+20) évre kiterjesztett üzemeltetése során. A cserélhető, felújítható rendszerelemek biztonságos üzemelése az előirányzott és az erőmű üzemeltetésének részét képező öregedéskezelési, illetve rekonstrukciós programok végrehajtásával a további üzemelés időszakában is fenntartható. A vizsgálatok során figyelembe vették a 70 év alatt a külső és a belső körülményekben, illetve műszaki-tudományos ismeretekben bekövetkező változásokat.

A fentieknek megfelelően – figyelembe véve továbbá az atomerőművek üzemidő-hosszabbítására vonatkozó nemzetközi gyakorlatot – az atomerőmű további üzemeltetésére vonatkozó műszaki és környezetvédelmi vizsgálatok 20 éves további üzemidő-hosszabbítással, azaz összesen 70 éves teljes üzemidővel számolnak. Ez az időtartam magában foglalja az eredetileg tervezett 30 éves üzemidőt, az engedélyezett és folyamatban lévő (első) 20 éves üzemidő-hosszabbítást és – a jelenlegi környezeti hatásvizsgálat tárgyát képező – tervezett további 20 éves üzemidő-hosszabbítást.

A hatályos törvényi szabályozás alapján üzemelő atomerőmű további üzemidő-hosszabbításához nem szükséges az Országgyűlés előzetes elvi jóváhagyását kérni. Ennek ellenére megtörtént az Országgyűlés tájékoztatása az előző üzemidő-hosszabbítás előkészítésének megkezdéséről. A Kormány ezért azt a döntést hozta, hogy az Országgyűlést a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításával kapcsolatos tevékenységek megkezdéséről előzetesen tájékoztatja. Az Országgyűlés az atomerőmű meglévő blokkjai

üzemidejének további meghosszabbításáról szóló 56/2022. (XII. 8.) OGY határozatával döntő többséggel (170 igen szavazattal, 8 nem szavazat ellenében, 1 tartózkodás mellett) elfogadta és tudomásul vette az atomerőmű blokkjainak további üzemidő-hosszabbítását, ami – a határozat szerint – az ország energiafüggetlenségi, klímavédelmi és ellátásbiztonsági céljait szolgálja.

Az Euratom szerződés beruházásokra vonatkozó 4. fejezetének 41. cikke értelmében az üzemidő-hosszabbítási projekt bejelentés-köteles az Európai Bizottság részére. Az Országos Atomenergia Hivatal és az Energiaügyi Minisztérium bevonásával történt egyeztetést követően a European Commission Directorate-General for Energy Unit ENER D.2 – Nuclear energy, nuclear waste and decommissioning részére 2023. október 26-án megküldésre került a projektet bemutató dokumentum. Ezzel a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának hivatalos bejelentése az Európai Bizottság részére megtörtént. 2025. januárjában a Bizottság kiegészítő kérdéseket tett fel a projekttel kapcsolatban, amelyekre a válaszok 2025. április 9-én megküldésre kerültek. Az eljárás a Bizottság lezáró véleményének kiadásával zárul.

A környezeti hatásvizsgálati és egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet értelmében az atomerőmű üzemidejének meghosszabbítása környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenység, amely a környezetvédelmi hatóság által kiadott, véglegessé vált környezetvédelmi engedély birtokában végezhető. A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításához – az atomerőművel mint kiemelt létesítménnyel kapcsolatos környezetvédelmi hatósági ügyekben különös illetékességgel rendelkező környezetvédelmi hatóság – a Baranya Vármegyei Kormányhivatal által lefolytatott környezeti hatásvizsgálati eljárás alapján, az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. részére kiadott környezetvédelmi engedély szükséges. A környezeti hatásvizsgálat eredményeit a kérelmezőnek a Környezeti hatástanulmányban (KHT) kell bemutatnia.

A környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenységek esetében a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet ún. előzetes konzultációs eljárás lefolytatására biztosít lehetőséget a környezethasználó részére a környezetvédelmi hatóság és az érintett közigazgatási szervek véleménye, valamint a nyilvánosság észrevételeinek megismerésére érdekében, amely a környezeti hatásvizsgálati eljárást megalapozó KHT összeállításához további támpontokat, szempontokat adhat. Az érintett nyilvánosságba beleértendő az országhatáron átterjedő környezeti hatások vizsgálatáról szóló, Espooban (Finnország), 1991. február 26. napján aláírt egyezmény kihirdetéséről szóló 148/1999. (X. 13.) Korm. rendelet szerinti nemzetközi környezeti hatásvizsgálati eljárásban résztvevő nyilvánosság is.

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjai üzemidejének további 20 évvel történő tervezett meghosszabbítására vonatkozóan 2024. szeptember 26-án előzetes konzultációt kezdeményezett az illetékes környezetvédelmi hatóságként eljáró Baranya Vármegyei Kormányhivatalnál, a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 4. számú melléklete szerinti tartalmi követelményeknek megfelelő dokumentum (Előzetes konzultációs dokumentum /EKD/) benyújtásával. Az előzetes konzultáció kérelmezésének célja az volt, hogy a KHT kidolgozására a környezetvédelmi hatóság, valamint a bevont közigazgatási szervek véleményének, illetve a nyilvánosság észrevételeinek figyelembevételével kerülhessen sor.

A Baranya Vármegyei Kormányhivatal az előzetes konzultációt lezáró, 383-100/2024. ügyiratszámú, 2024. október 24-én kiadott véleményében megállapította, hogy a Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjai további üzemidő-hosszabbításával (TÜH) kapcsolatban az előzetes konzultáció során a környezetvédelmi engedélyezést kizáró ok nem merült fel. A környezetvédelmi hatóság megállapította továbbá, hogy a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 1. számú mellékletének 31. pontja *(„Atomerőmű, atomreaktor, valamint atomerőmű, atomreaktor üzemidejének hosszabbítása, továbbá atomerőmű, atomreaktor felhagyása, azaz a nukleáris üzemanyag és létesítmény egyéb radioaktív anyaggal szennyezett alkotórészeinek végleges eltávolítása méretmegkötés nélkül”*) alapján a TÜH környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenységnek minősül, amely környezetvédelmi engedély birtokában kezdhető meg, illetve folytatható. A környezeti hatásvizsgálati eljárás lefolytatása iránti kérelemhez csatolni szükséges a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 6. és 7. számú mellékletei szerinti tartalommal összeállított környezeti hatástanulmányt (KHT), a Baranya Vármegyei Kormányhivatal előzetes konzultációt lezáró véleményében megfogalmazott követelmények figyelembevételével. A Baranya

Vármegyei Kormányhivatal előzetes konzultációban kialakított véleménye – amely magába foglalja a környezetvédelmi hatóság szakmai állásfoglalását és az előzetes konzultációba bevont közigazgatási szervek szakvéleményeit, valamint a nyilvánosság észrevételeit – az *1.2. fejezetben* kerül összefoglalásra.

Tekintettel arra, hogy az atomerőmű a 148/1999. (X. 13.) Korm. rendelettel kihirdetett Espooi Egyezmény I. Függelékében, a várhatóan jelentős országhatáron átterjedő hatást előidéző tevékenységek között szerepel – a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendeletben a nemzetközi környezeti hatásvizsgálati eljárásra vonatkozóan előírtakkal összhangban – a konzultáció lehetőségének biztosítása céljából megtörtént a vélelmezhetően hatásviselő külföldi érdekelt felek értesítése. A külföldi érdekelt felekkel való kapcsolattartás a környezetvédelemért felelős minisztérium feladata.

Az előzetes konzultáció megindulásáról a Baranya Vármegyei Kormányhivatal tájékoztatta az illetékes Energiaügyi Minisztériumot, lehetőséget biztosítva ezáltal a feltételezhető országhatáron túli hatásviselő felek számára az előzetes konzultációs eljárásban történő nemzetközi részvételt. Az Energiaügyi Minisztérium 2024. október 30-án 31 részes felet (a Magyarországgal szomszédos országok, valamennyi EU tagállam, továbbá az Egyesült Királyság, Norvégia és Svájc) értesített.

Az előzetes konzultációs eljárás során 2025. január 22-ig érkeztek észrevételek az értesített országoktól, mindössze 8 potenciális hatásviselő fél részéről érkezett visszajelzés. A hatásvizsgálati eljárásban való előzetes részvételi szándékát Ausztria, Lettország, Románia és Horvátország jelezte, Finnország, Lengyelország és Csehország tájékoztatást kért a környezeti hatásvizsgálat eredményéről.

A további üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi engedélyezési eljárásával kapcsolatos feladatok végrehajtására az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2023 folyamán kötött fővállalkozói szerződést. A feladatok teljesítéséhez a Paksi Atomerőmű További Üzemidő-hosszabbítás Kiemelt Projekt keretében működő környezetvédelmi engedélyezési munkacsoport felügyeletével önálló projektszervezet alakult, melyet az MVM ERBE Energetika Mérnökiroda Zrt. mint fővállalkozó irányít az AFRY SOM System Kft., és az AFRY ERŐTERV ZRt. energetikai mérnökirodák bevonásával. A környezeti hatásvizsgálat egyes szakterületeihez tartozó vizsgálatok, elemzések elvégzésére megfelelő referenciákkal rendelkező szakmai szervezetek, tudományos intézmények kerültek bevonásra. Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a környezet-védelmi szakmai feladatok felügyeletére Környezetvédelmi Szakértői Testületet hozott létre, amelynek tagjai a vonatkozó szakterületek magyarországi elismert tudományos szakértői.

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. TÜH Kiemelt Projektje keretében 2024-2025 folyamán folytatódtak a TÜH előkészítésével kapcsolatos műszaki elemzési feladatok, megvalósíthatósági vizsgálatok. Ezek eredményeként több, a környezeti hatások vizsgálata szempontjából figyelembe veendő, a TÜH végrehajtásához szükséges beruházás, átalakítás került meghatározásra. Ennek megfelelően az elvégzett környezeti hatásvizsgálat során áttekintésre – és a várható környezeti hatások jelentősége, valamint a hatások részletes vizsgálatának szükségessége szempontjából – elemzésre kerültek az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. által a TÜH előkészítéseként végrehajtani tervezett tevékenységek. A számottevő környezeti hatással járó tevékenységként azonosított TÜH előkészítő munkálatok, illetve beruházások várható hatásai jelen hatásvizsgálatban szintén elemzésre és értékelésre kerültek.

Jelen dokumentum a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása környezetvédelmi engedélyezését megalapozó, az elvégzett környezeti hatásvizsgálat eredményeit bemutató Környezeti hatástanulmány (KHT), amely a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 6. és 7. számú mellékletei szerinti tartalmi követelményeknek megfelelően, valamint a Baranya Vármegyei Kormányhivatal előzetes konzultációt lezáró, 383-100/2024. ügyiratszámú véleményében megfogalmazottak szerint került kidolgozásra.

1.2. Az előzetes konzultációt lezáró hatósági vélemény és a nyilvánosság észrevételei

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. által üzemeltetett Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjainak további üzemidő-hosszabbításáról szóló előzetes konzultáció a Baranya Vármegyei Kormányhivatal Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Hulladékgazdálkodási Főosztályának Környezetvédelmi Osztályánál 2024. szeptember 26-án került megindításra. Az előzetes konzultáció megindításáról a Kormányhivatal 2024. szeptember 30-án a hivatalában és a honlapján közleményt tett közzé. Az érintettek a kérelem, az EKD és a közlemény elektronikus példányába a Kormányhivatal ügyfélszolgálatán, a tervezett TÜH helye szerinti Paks település, valamint az EKD-ban lehatárolt hatásterülettel érintett további települések jegyzőinél tekinthettek be. A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításával kapcsolatos kizáró okokra és a környezeti hatástanulmány tartalmára vonatkozóan a közlemény megjelenését követő 21 napon belül lehetett észrevételt tenni a környezetvédelmi hatóságnál. A Baranya Vármegyei Kormányhivatalhoz, a Paksi Jegyzőhöz, valamint a többi érintett település jegyzőihez az érintett nyilvánosság részéről észrevétel nem érkezett.

A 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet előírásainak megfelelően, a rendelet 12. számú melléklete szerint vizsgálandó szakkérdések tekintetében a Baranya Vármegyei Kormányhivatal megkereste a rendelet mellékletében meghatározott közigazgatási szerveket, hogy az EKD-ban foglaltak figyelembevételével adják meg észrevételeiket a Paksi Atomerőmű TÜH-re vonatkozóan. Az észrevételeiket az *1.2-1. táblázatban* felsorolt közigazgatási szervek adták meg.

1.2-1. táblázat: A vizsgálandó szakkérdések tekintetében észrevételt tett közigazgatási szervek

	Közigazgatási szerv megnevezése	Hivatkozási szám
1.	Tolna Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály	TOR/71/00481-2/2024.
2.	Budapest Főváros Kormányhivatala Építésügyi és Örökségvédelmi Főosztály Építésügyi és Örökségvédelmi Osztály	BP/2602/00899-2/2024 BP/2602/00899-3/2024
3.	Tolna Vármegyei Kormányhivatal Földhivatali Főosztály Földhivatali Osztály 3. (Paks)	13225/2024.
4.	Tolna Vármegyei Kormányhivatal Állami Főépítész Iroda	TOB/200167-2/2024.
5.	Baranya Vármegyei Kormányhivatal Agrárügyi Főosztály Erdészeti és Földművelésügyi Osztály	BA/52/07513-2/2024.
6.	Országos Atomenergia Hivatal	OAH-2024-06015-0004/2024.
7.	Fejér Vármegyei Kormányhivatal Tűzvédelmi, Iparbiztonsági és Vízügyi Hatósági Főosztály Vízügyi és Vízvédelmi Osztály	30407/200-1/2024.ált.

A Baranya Vármegyei Kormányhivatal a TÜH átfogó véleményezése érdekében megkereste továbbá az *1.2-2. táblázatban* felsorolt egyéb szerveket, melyek a TÜH-re vonatkozó véleményeiket szintén megadták. A megkeresett közigazgatási és egyéb szervek észrevételei a Kormányhivatal 383-100/2024. ügyiratszámú véleményének mellékleteit képezik.

1.2-2. táblázat: A vizsgálandó szakkérdések tekintetében észrevételt tett egyéb szervek

	Egyéb szerv megnevezése	Hivatkozási szám
1.	Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóság Bányászati és Gázipari Főosztály Pécsi Bányafelügyeleti Osztály	SZTFH-BANYASZ/12100-2/2024
2.	Tolna Vármegyei Kormányhivatal Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Hulladékgazdálkodási Főosztály	TOG/81/00166-7/2024.
3.	Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság	006648-002/2024.
4.	Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság	Szfvár-004249-0006/2024
5.	Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság	008023-0055/2024.
6.	Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság	DDNPI/2160-2/2024.
7.	Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság	ÁLT/1913-6/2024

A 383-100/2024. ügyiratszámú hatósági vélemény szerinti megállapítások az *1.2-3. táblázatban* kerültek összefoglalásra, ennek részeként megadva, hogy a véleményben megfogalmazott egyes feladatok teljesítésének – szükség szerint részletezett – bemutatását a KHT melyik fejezete, melléklete tartalmazza. Ezt követően a táblázat tömören összefoglalva az adott feladat, előírás teljesítésére vonatkozó információt is megadja. A hatósági véleményben megfogalmazottak teljes terjedelmű bemutatása érdekében a táblázatban azok a megállapítások is szerepelnek, amelyek nem tartalmaznak a KHT-ban teljesítendő feladatot, például azért, mert ténymegállapítást tesz és nem végrehajtandó feladatot fogalmaz meg. Ez utóbbiak esetében a táblázat értelemszerűen nem tartalmaz a teljesítésre vonatkozó információt bemutató részt.

Az előzetes konzultációban vizsgálandó szakkérdések tekintetében észrevételt tett közigazgatási szervek véleményei az *1.2-4. táblázatban* kerültek összefoglalásra, amelynek tartalma az *1.2-3. táblázat* tartalmával azonos módon került összeállításra.

A TÜH átfogó véleményezése érdekében megkeresett egyéb szervek véleményei az *1.2-5. táblázatban* kerültek összefoglalásra, annak megjelölésével, hogy az egyes előírások teljesítésére a KHT melyik szakterületi mellékletében, illetve fejezetében kerül sor.

Az Espooi Egyezmény előírásai szerint az Energiaügyi Minisztérium által az előzetes konzultáció keretében értesített külföldi hatásviselő felek részéről beérkezett észrevételek és az azokra adott válaszok a KHT *Közérthető összefoglalójának* függelékét képező *Nemzetközi fejezetben* kerülnek összefoglalásra.

1.2-3. táblázat: Az előzetes konzultációt lezáró hatósági vélemény összefoglalása

	Hatósági vélemény megállapítása	A teljesítést tartalmazó KHT fejezet, melléklet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
I.			
1.	A Környezethasználó által üzemeltetett Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjainak további üzemidő-hosszabbításával kapcsolatban az előzetes konzultáció során az EKD-ban foglaltak és a rendelkezésre álló információk alapján környezetvédelmi engedélyezést kizáró ok nem merült fel.	–	Nem tartalmaz a KHT-ban teljesítendő feladatot.
2.	A 314/2005. (XII. 25.). Korm. rendelet 1. számú melléklete 31. pontja („Atomerőmű, atomreaktor, valamint atomerőmű, atomreaktor üzemidejének hosszabbítása, továbbá atomerőmű, atomreaktor felhagyása, azaz a nukleáris üzemanyag és létesítmény egyéb radioaktív anyaggal szennyezett alkotórészeinek végleges eltávolítása méretmegkötés nélkül”) alapján a tervezett üzemidő-hosszabbítás környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenységnek minősül, amely környezetvédelmi engedély birtokában kezdhető meg, illetve folytatható.	–	Nem tartalmaz a KHT-ban teljesítendő feladatot.
3.	A Környezethasználónak a környezeti hatásvizsgálati eljárás lefolytatása iránti kérelemhez csatolni szükséges a 314/2005. (XII. 25.). Korm. rendelet 6. és 7. számú mellékletei szerinti tartalommal összeállított KHT-t, a jelen vélemény II. szakaszában megfogalmazott követelmények figyelembevételével.	–	Nem tartalmaz a KHT-ban teljesítendő feladatot.
4.	A 314/2005. (XII. 25.). Korm. rendelet 7. § (3) bekezdése szerint a környezeti határtanulmány egyes részeit a tartalmi követelményeknek megfelelő részszakterületeken – a környezetvédelmi, természetvédelmi, vízgazdálkodási és tájvédelmi szakértői tevékenységről szóló 297/2009. (XII. 21.) Korm. rendelet alapján – szakértői jogosultsággal rendelkező szakértő készítheti el.	*1.4. fejezet*	A KHT-t a tartalmi követelményeknek megfelelő részszakterületeken a hivatkozott jogszabály szerinti jogosultsággal rendelkező szakértők készítették. A szakértők szakterületi jogosultságai – a Magyar Mérnöki Kamara közhiteles névjegyzéke, illetve az Agrárminisztérium Természetvédelmi és Tájvédelmi Szakértői Névjegyzéke bejegyzéseire való hivatkozásokkal került igazolásra.
5.	A BVMKH felhívja a Környezethasználó figyelmét arra, hogy a 314/2005. (XII. 25.). Korm. rendelet 7. § (3a) bekezdése szerint, ha a KHT minősített adatot vagy üzleti titoknak	*1.6.6. fejezet*	A dokumentációban bemutatott adatok és információk a nyilvánosság számára teljeskörűen megismerhetők, nyilvánosságra nem hozható, elkülönített munkarészeket (minősített adatot vagy üzleti titoknak minősülő adatot) a dokumentáció nem tartalmaz.

	Hatósági vélemény megállapítása	A teljesítést tartalmazó KHT fejezet, melléklet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
	minősülő adatot tartalmaz, akkor azokat a kérelemhez külön iratban kell csatolni.		
6.	Továbbá a kérelemhez mellékelni kell a környezetvédelmi és természetvédelmi hatósági eljárások igazgatási szolgáltatási díjairól szóló 14/2015. (III. 31.) FM rendelet 2. számú melléklet 8.2. pontjában meghatározott („Atomerőmű, atomreaktor, valamint atomerőmű, atomreaktor üzemidejének hosszabbítása, továbbá atomerőmű, atomreaktor felhagyása, azaz a nukleáris üzemanyag és létesítmény egyéb radioaktív anyaggal szennyezett alkotórészeinek végleges eltávolítása”) igazgatási szolgáltatási díj megfizetését igazoló befizetési bizonylatot vagy annak másolatát.	–	Nem tartalmaz a KHT-ban teljesítendő feladatot.
7.	A Környezethasználó a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet. 5/B. § (8) bekezdése alapján jelen vélemény megadását követő két éven belül nyújthat be kérelmet a környezetvédelmi engedély megszerzésére irányuló eljárás lefolytatására.	–	Nem tartalmaz a KHT-ban teljesítendő feladatot.
II. A környezeti hatástanulmány követelményei			
1.	**Zaj- és rezgésvédelmi szempontból:**		
1.1.	A KHT zajvédelmi munkarészét az EKD 6.7. pontjában foglaltaknak megfelelően kell elkészíteni, figyelemmel a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól szóló 284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet, a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról szóló 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet, valamint a zajkibocsátási határértékek megállapításának, valamint a zaj- és rezgés-kibocsátás ellenőrzésének módjáról szóló 93/2007. (XII. 18.) KvVM rendelet rendelkezéseire is.	*4.9. fejezet, 9. melléklet*	A KHT zajvédelmi munkarésze az EKD 6.7. pontjában foglaltaknak megfelelően, valamint a hivatkozott jogszabályokban foglaltak szerint készült. Ezek részletes ismertetését a hivatkozott KHT melléklet és KHT fejezet tartalmazza.
1.2.	A zajvédelmi munkarészben meg kell adni az egyes vizsgálati pontokat érő, a Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjaitól származó zajterhelés környezeti zajméréssel meghatározott nagyságát, meg kell határozni a telephely közvetett és közvetlen hatásterületét és azokat érvényes szabályozási tervlapon szükséges ábrázolni. Amennyiben megállapítható,	*4.9. fejezet, 9. melléklet*	A KHT zajvédelmi munkarészében bemutatásra kerülnek a vizsgált pontokon végzett környezeti zajmérés eredményei, a TÜH időszakában várható zajterhelés modellszámítással meghatározott értékei és a zajvédelmi szempontú hatásterületek.

	Hatósági vélemény megállapítása	A teljesítést tartalmazó KHT fejezet, melléklet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
	hogy a Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjainak közvetlen hatásterülete fedésbe kerül zajvédelmi szempontból védendő területtel, épülettel, helyiséggel, akkor annak zajforrásaira vonatkozóan zajkibocsátási határértékek megállapítása válik szükségessé.		A vizsgálati pontokon végzett zajmérések alapján a távoli védendő objektumoknál az üzemből származó zajterhelés olyan alacsony a háttérterhelés viszonylatában, hogy nem mutatható ki. Ezért zajmodellel kerültek meghatározásra a nem mérhető alacsony terhelési értékek. A modell a zajforrásokhoz közeli terepi mérési adatokra alapozva számolta a távoli pontok zajterhelését. A közvetlen és közvetett hatásterületek meghatározásra kerültek. Jelen állapotban nem szükséges zajkibocsátási határérték megállapítása az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. részére, mivel kritikus védendőt a Paksi Atomerőmű hatásterülete nem érint. A jövőbeni fejlesztések kapcsán az üzembe helyezést követően szükséges kérelmet benyújtania, amennyiben a zajterhelések visszamérése alapján az indokolt. A Paks II. megvalósulását követően a Paksi Atomerőműnek és Paks II.-nek együttesen szükséges betartania a határértékeket.
2.	**Levegőtisztaság-védelmi szempontból:**		
2.1.	A nem radioaktív légszennyezés tekintetében vizsgálni szükséges a P3, P4, P5, P6, P7, P8 azonosítószámú légszennyező pontforrásokhoz kapcsolódó, biztonsági dízelgenerátorokhoz pontforrásonként 1-1 db 15 D100 típusú (kétütemű) 4502 kW/db névleges bemenő hőteljesítményű dízelmotorok, valamint a P9, P10, P11, P12, P13, P14 azonosítószámú légszennyező pontforrásokhoz kapcsolódó, biztonsági dízelgenerátorokhoz pontforrásonként 1-1 db PILSTICK típusú (négyütemű) 6285 kW/db névleges bemenő hőteljesítményű dízelmotorok élettartamát megbízhatóságát, légszennyezőanyagok kibocsátásait az üzemidő hosszabbítás szempontjából figyelembe véve a 140 kW_{th} és annál nagyobb, de 50 MW_{th}-nál kisebb teljes névleges bemenő hőteljesítményű tüzelőberendezések működési feltételeiről és légszennyező anyagainak kibocsátási határértékeiről szóló 53/2017. (X. 18.) FM rendeletben foglaltakat, valamint a 2030. január 1. napjától érvényes előírásait is.	*2.2.2.2. fejezet* *4.1. fejezet,* *1. melléklet*	A biztonsági dízelgenerátorok légyszennyezőanyag-kibocsátásait a KHT hivatkozott levegőtisztaság-védelmi munkarésze vizsgálja, légköri terjedési modellszámítással. A dízelgenerátorok állapotára, további üzemeltetésére vonatkozó terveket a KHT *2.2.2.2. fejezete* mutatja be. A dízelgenerátorokhoz tartozó légszennyező pontforrásokra vonatkozóan ismertetésre kerültek a légszennyezőanyag-kibocsátási határértékek a jelenlegi és a 2030. január 1. utáni időszakra. A kibocsátási határértékek az 53/2017. (X. 18.) FM rendelet alapján kerültek meghatározásra a rendelet 2029 év végig, és a 2030. év elejétől érvényes időállapota alapján.

	Hatósági vélemény megállapítása	A teljesítést tartalmazó KHT fejezet, melléklet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
2.2.	Ha szükséges a biztonsági dízelgenerátorokhoz kapcsolódó motorok teljes vagy részleges cseréje, úgy az erre vonatkozó terveket is be kell mutatni és hatásaikat megvizsgálni.	*2.2.2.2. fejezet* *4.1. fejezet,* *1. melléklet*	A biztonsági dízelgenerátorok tervezett cseréjére, illetve a kihelyettesítő biztonsági dízelgenerátor telepítésére vonatkozó információt a *2.2.2.2.* fejezet mutatja be, a várható környezeti hatásokat a KHT hivatkozott levegőtisztaságvédelmi munkarésze értékeli, illetve ismerteti a vonatkozó környezetvédelmi követelményeket.
3.	**Földtani közeg védelmének szempontjából:**		
3.1.	A környezeti hatástanulmányt a felszín alatti vizek védelméről szóló 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet 4. számú mellékletére tekintettel kell benyújtani.	*4.4. fejezet,* *4. melléklet*	A földtani közegre gyakorolt hatások vizsgálatát a jogszabályban megadott struktúrának, a vizsgált tevékenységre vonatkoztatható releváns tartalmi követelményeknek megfelelően a *4. melléklet* tartalmazza, a vizsgálat eredményeit a *4.4. fejezet* foglalja össze. A szakterületi melléklet tartalmazza a 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet 4. számú mellékletében előírt valamennyi releváns vizsgálatot és értékelést. A földtani közeg és a felszín alatti víz szennyeződése kizárólag havária eseményhez köthetően fordult elő, illetve fordulhat elő, amelynek értékelése kiterjedt a szennyeződés-terjedési folyamatok, továbbá a humán-egészségügyi és környezeti kockázatok vizsgálatára is.
4.	**Környezeti sugárvédelmi szempontból:**		
4.1.	Nyilatkozzon arról, hogy az eddig meghatározott 90 µS/év dózismegszorításból származtatott légköri és folyékony kibocsátási határértékeket kívánja- e a továbbiakban is alkalmazni. Továbbá a környezeti hatástanulmány mellékleteként nyújtsa be a Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjaira vonatkozó kibocsátási határértékeinek meghatározásáról szóló dokumentumot.	*5.1.1. fejezet*	Az *5.1.1 fejezetben* bemutatott indokolás alapján az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. továbbra is a 90 µS/év dózismegszorításból származtatott légköri és folyékony kibocsátási határértékeket kívánja alkalmazni. A légköri és folyékony kibocsátásokra vonatkozó határértékek változatlan fenntartásából következően az ezek megalapozásaként a környezetvédelmi hatósághoz benyújtott és a hatóság által elfogadott dokumentumok továbbra is érvényesek, amelyek ismertetését az *5.1.1. fejezet* tartalmazza.
4.2.	Részletesen mutassa be, a Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjainak működését tekintve minden lehetséges radioaktív légköri és folyékony kibocsátási útvonalat, módot és pontot.	*5.1.1. fejezet*	A Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjainak működését tekintve a lehetséges radioaktív légköri és folyékony kibocsátási útvonalak, módok és pontok a TÜH időszakában is azonosak lesznek a jelenleg is ismert és engedélyezett kibocsátási útvonalakkal, módokkal és pontokkal.
4.3.	Ismertesse a Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjaira vonatkozó kibocsátás- és környezetellenőrző rendszer felépítését és működését. Amennyiben a sugárzás ellenőrző rendszerek	*2.4.2. fejezet*	A Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjaira vonatkozó kibocsátás- és környezetellenőrző rendszer felépítését és működését részletesen bemutató *2.4.2. fejezet* külön alfejezetben ismerteti az ellenőrző

	Hatósági vélemény megállapítása	A teljesítést tartalmazó KHT fejezet, melléklet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
	felújítása érinti a mindenkor hatályos kibocsátás- és környezet ellenőrzési szabályzatot, úgy azok felülvizsgálata is szükségessé válhat.		rendszer módosítás szükségességének kérdéskörét. A Paksi Atomerőmű közvetlen szomszédságában épülő Paks II. Atomerőmű kibocsátás- és környezet ellenőrzésére a Paksi Atomerőmű kibocsátás- és környezetellenőrző rendszere alapvetően megfelel, azaz a két erőmű együttes kibocsátásainak ellenőrzésére, azonban néhány pontban szükséges módosítani azt. A szükséges módosítások bemutatását a hivatkozott fejezet tartalmazza. A hatályos kibocsátás- és környezet ellenőrzési szabályzat felülvizsgálatára és módosítására a Paks II. Atomerőmű létesítési ütemtervéhez igazítottan kerülhet sor.
4.4.	Az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről szóló 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet 10. § (1) bekezdés b) pontjában foglaltak maradéktalan teljesítése érdekében az egyre szélsőségesebb időjárási viszonyok és Paks II. Atomerőmű Zrt. által létesítendő 5-6. blokkok üzembe helyezésével várható együttes hatások miatt szükséges a Környezethasználó részéről a Duna hőterhelésének széles körű vizsgálata, ajánlott a hőterheléshez kapcsolódó üzemviteli rendszer továbbfejlesztése, valamint indokolt lenne azon alternatív technológiai beavatkozások bemutatása is, ami a Dunába kibocsátandó víz hőjének csökkenését segítené.	*4.3. fejezet* *3. melléklet*	A szélsőséges időjárási viszonyok, valamint a Paks II. új blokkjainak üzembevétele miatt várható együttes hatások és azok részeként a Duna hőterhelésének széleskörű vizsgálata kiemelt vizsgálati területe volt a KHT megalapozásának. Mindezek részletes leírását a hivatkozott KHT fejezet és melléklet tartalmazza. Ezek részeként kerül bemutatásra és értékelésre az – a Paks II. Atomerőművel való együttes üzemelés időszakára tervezett – alternatív technológia (egy új, alternatív melegvíz-csatorna mellett telepítendő, a Paks II. Atomerőmű esetében tervezettel lényegében azonos technológiájú csúcshűtő rendszer megvalósítása), amely alkalmazásával a szélsőséges időjárási körülmények és a Paks II. Atomerőművel való együttes üzemelés esetén is biztosítható a Duna hőterhelésére vonatkozó korlát betartása. A rendszer kiépítése azért is elsődleges, mert annak időszakos üzemeltetésével a Paks II. Atomerőmű üzembe lépését követően elkerülhetők lesznek az utóbbi években előfordult, a nyári meleg időszakban a Duna hőmérsékletére vonatkozó korlát betartása érdekben végrehajtott kényszerű villamos teljesítmény leterhelések.
4.8.	Vizsgálja felül, aktualizálja és nyújtsa be „A Paksi Atomerőmű hőterheléséhez kapcsolódó üzemviteli rendszer továbbfejlesztése és az elkeveredés javításának vizsgálata” című, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszéke által 2010. év szeptember hónapjában összeállított tanulmányába foglalt módszertant.	*2.4.1. fejezet*	„A Paksi Atomerőmű hőterheléséhez kapcsolódó üzemviteli rendszer továbbfejlesztése és az elkeveredés javításának vizsgálata” című, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszéke által készített tanulmányban foglalt módszertan felülvizsgálatát és aktualizálását a KHT megalapozásaként elvégzett elemzéseket készítő Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék elvégezte. A felülvizsgált tanulmány

	Hatósági vélemény megállapítása	A teljesítést tartalmazó KHT fejezet, melléklet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
			átadásra került a Baranya Vármegyei Kormányhivatal részére. Emellett a hivatkozott KHT fejezetben a „A Duna élővilágának a hőterhelés elleni védelme” című részben az aktualizálás eredményei is bemutatásra kerültek, amelynek lényege a jelenleg alkalmazott rendszer és módszer alkalmasságának – teljesítendő célnak való – megfelelősége.
4.9.	Térjen ki a feltételezhetően legnagyobb radioaktív kibocsátással járó tervezési alapot meghaladó üzemállapotok, üzemzavarok esetére is, ahol a kibocsátás szempontjából meghatározó izotópokra vonatkozóan határozza meg a feltételezhetően országhatáron túl kialakuló aktivitáskoncentráció értékeket, valamint a várható dózis értékeket	*8. fejezet* *Nemzetközi fejezet*	A KHT megalapozásaként elvégzett elemzések kiterjedtek a feltételezhetően legnagyobb radioaktív kibocsátással járó tervezési alapot meghaladó üzemállapotok, üzemzavarok esetére is. Ezek részeként a kibocsátás szempontjából meghatározó izotópokra vonatkozóan, a feltételezhetően országhatáron túl kialakuló aktivitáskoncentráció értékek, valamint a várható dózis értékek meghatározásra kerültek. Az elvégzett elemzéseket és eredményeiket a hivatkozott *8. fejezet*, valamint a KHT-hoz tartozó, jogszabályban előírt *Nemzetközi fejezet* is tartalmazza.
5.	**Táj- és természetvédelmi szempontból:**		
5.1.	A Tervezett üzemidő-hosszabbítás vonatkozásában a teljes hatásterületen meg kell vizsgálni a melegvíz-csatornából a Duna folyamba juttatott hűtővíz okozta (mennyiségi, minőségi és hőmérsékleti) hatásokat a Dunára, illetve annak élővilágára.	*4.3. fejezet* *3. melléklet*	A melegvíz-csatornából a Duna folyamba vezetett felmelegedett hűtővíz okozta (mennyiségi, minőségi és hőmérsékleti) hatások részletes vizsgálata a KHT megalapozásának kiemelet vizsgálati területe volt, figyelembe véve egyrészt az éghajlatváltozásból eredő hatásokat, másrészt a Paks II. Atomerőmű üzembevételével a Duna hőterhelésének növekedését eredményező hatásokat is. A Duna hőterhelésére vonatkozóan jogszabályban előírt korlát betartását mind a Paksi Atomerőmű, mind a Paks II. Atomerőmű esetében, kifejezetten erre a célra létesítendő egy-egy csúcshűtő rendszer időszakos üzemeltetésével fogják biztosítani. A különböző üzemállapotok hatásait a hivatkozott melléklet és KHT fejezet mutatja be.
5.2.	A hidegvizes-csatorna kotrásából származó mederanyag a Dokumentációban foglaltak szerint a jövőben a Duna sodorvonalába kerül elhelyezésre állandósított bevezetéssel. Szükséges annak vizsgálata, hogy a hidegvizes-csatorna kotrásából származó mederanyag elhelyezésének és a Tervezett üzemidő-hosszabbításnak milyen együttes, összeadódó (kumulatív) hatásai lesznek a Duna folyóra és	*4.3. fejezet* *3. melléklet*	A hidegvíz-csatorna kotrásának vízjogi engedélye alapján a kotrásból származó mederanyag parti bevezetése lett engedélyezve, ezért a *3. melléklet 6.3. fejezetében* ennek hidrológiai, vízminőségi és ökológiai hatásai kerültek részletes értékelésre. A vizsgálatok kiterjedtek a hidegvíz-csatorna kotrásából származó zagy bevezetésének hidrológiai, vízminőségi és ökológiai hatásaira.

	Hatósági vélemény megállapítása	A teljesítést tartalmazó KHT fejezet, melléklet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
	annak élővilágára – tekintettel a kotrási időszakokra és a kikotort anyagmennyiségekre.		Összefoglalóan megállapítható, hogy a kotrási zagy dunai jobbparti bevezetése hosszú távú, erős, és nagy jelentőségű hatásként értékelhető. A Nagy-sarkantyú szelvényéig lokálisan várható az érintett élőlénycsoportok ökológiai állapotának romlása is, így a hatás ezen az állandó hatásterületen lokálisan terhelő lesz a hatásviselő biológiai elemek szempontjából. Ugyanakkor a víztest léptékében, figyelembe véve annak lokális kiterjedését ez a hatásváltozás is várhatóan elviselhető az élőlényközösségek szempontjából. Bár a kibocsátás periodikus lesz, az üledék átstrukturálódása okán az állandó hatás kimutatható kiterjedése várhatóan a Nagy-sarkantyúig fog terjedni, de a kibocsátási időszakokban a hatás érzékelhető lesz az Uszódi-mellékág alsó szelvényéig.
5.3.	A környezetvédelmi engedélykérelem mellékleteként a Tervezett üzemidő-hosszabbítással érintett Natura 2000 területre (Tolnai Duna HUDD20023) vonatkozóan be kell nyújtani az európai közösségi jelentőségű természetvédelmi rendeltetési területekről szóló 275/2004. (X. 8.) Korm. rendelet 14. számú melléklete alapján összeállított hatásbecslési dokumentációt.	*6. melléklet* függeléke (Natura 2000 hatásbecslési dokumentáció)	Az alternatív melegvíz-csatorna és a kapcsolódó, a Duna hőterhelésére vonatkozó korlát betartását biztosító csúcshűtő rendszer létesítése miatt, mint a tervezett üzemidő-hosszabbítással érintett Natura 2000 területre (Tolnai Duna HUDD20023) vonatkozó hatásbecslési dokumentációt a hivatkozott függelék tartalmazza. A hatásbecslési dokumentáció a hivatkozott jogszabályi előírás szerinti tartalommal került összeállításra.
5.4.	Dolgozzon ki természetvédelmi intézkedési tervet arra az esetre, ha a továbbüzemeltetés során a közvetlen hatásterület élővilágában drasztikus változás következne be (pl. dunai halpusztulás).	*4.5.1. fejezet*	Az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódó környezeti hatások az erőmű több évtizedes eddigi működésének tapasztalatai alapján ismertek, a KHT-ban részletesen bemutatásra kerültek. A TÜH időszakra vonatkozóan elvégzett elemzések eredményei alátámasztják, hogy az erőmű környezeti hatásait illetően a klímaváltozáshoz köthetően sem várhatók olyan változások, amelyek az eddigiekhez képest nagymértékű eltérést jelentenének. A Duna hőterhelése tekintetében a rendelkezésre álló beavatkozási lehetőségek (az atomerőmű leterhelése, illetve a tervezett csúcshűtő rendszer megvalósítása) biztosítják, hogy a változó klimatikus viszonyok mellett is biztosítható a korlátok betartása. Természetvédelmi intézkedési terv készítése abban az esetben indokolt, ha az erőmű üzemeléséhez kapcsolódóan jelentős károsító hatás következtében valamely természetvédelmi szempontból jelentős faj vagy élőhely esetében számottevő pusztulás, degradáció lenne észlelhető. Az atomerőmű környezeti

	Hatósági vélemény megállapítása	A teljesítést tartalmazó KHT fejezet, melléklet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
			kibocsátásait illetően a TÜH időszakában azonban nem várható ilyen mértékű változás, így a továbbiakban sem merülhet fel olyan – a meglévő szabályozás alkalmazásával nem kezelhető – rendkívüli esemény, amely természetvédelmi intézkedési terv kidolgozását szükségessé tenné.
5.5.	Mutassa be milyen biológiai monitoringot terveznek a Tervezett üzemidő-hosszabbítás folyamán – különös tekintettel a Natura 2000 jelölő fajokra és élőhelyekre.	*3. melléklet*	A *3. melléklet 6.8. fejezete* részletesen mutatja be a TÜH időszakában javasolt környezetellenőrző monitorozó rendszert. A fejezetben a dunai vízminőséget vizsgáló kémiai és az egyes, VKI, illetve természetvédelmi szempontú biológiai monitorozó rendszer leírása található meg. A javasolt rendszer egyrészt támaszkodik a jelenleg működtetett monitorozó rendszer tapasztalataira, de azt kiegészíti a KHT-t megalapozó vizsgálatok eredményeivel is
5.6	Mutassa be a telephelyen belüli és a telephelyen kívüli (körüli) természeti állapotot, a telephely természetvédelmi szempontú fejlesztésének bemutatásával, különös tekintettel a takaró- és körbefásítások őshonos fafajokra történő fokozatos átalakítására, az inváziós fajok (gyalogakác, selyemkóró, solidágó, stb.) visszaszorítására, új élőhely-fejlesztésekre (pl. fészkelőhelyek létesítése, odúk kihelyezése, meglévő élőhelyek fejlesztése, szakszerű zöldfelület-rendezések, növényesítések stb.).	*6. melléklet*	A telephelyen belüli és a telephelyen kívüli (körüli) természeti állapot (alapállapot) bemutatására a *6. mellékletben* került sor. A telephelyen belüli és azon kívüli területek természetvédelmi szempontú fejlesztését az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. együttműködésben a szomszédos nukleáris létesítmények engedélyeseivel, az RHK Kft.-vel és a Paks II. Atomerőmű Zrt.-vel kiemelt prioritású feladatként kezeli. Ennek részeként hangsúlyt fektetnek arra, hogy a telephelyen és a telephely közvetlen környezetében a növénytelepítések és a növényzetkezelési munkálatok során az ökológiai-természetvédelmi szempontok is érvényesüljenek. Ennek keretében biztosítják, hogy a takaró- és körbefásítások, illetve a telephelyen belüli faültetések során őshonos és tájhonos fajokat ültessenek, illetve fokozatosan ilyen fajokra cseréljék a meglévő nem őshonos és tájhonos faegyedeket. Hangsúlyt fektetnek arra, hogy minél kisebb teret engedjenek az idegenhonos, inváziós fajok megjelenésének és esetleges terjedésének, hiszen a klímaváltozáshoz kapcsolódóan a jövőben várható újabb inváziós fajok potenciális megjelenése a térségben, így a telephely környezetében is. Ezek teljesítésére MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a további üzemidő-hosszabbítás megvalósításától függetlenül zöldterület fejlesztési koncepció kidolgozását kezdte meg, amelynek célja a fentiek

	Hatósági vélemény megállapítása	A teljesítést tartalmazó KHT fejezet, melléklet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
			mellett a terület vízmegtartóképességének fokozása, összetettebb ökológiai hálózatok kialakítása.
5.7.	Végezze el a Paksi Atomerőmű éjszakai világítása okozta fényszennyezés hatásainak vizsgálatát, különös tekintettel a denevér- és rovarfaunára, valamint az éjjel vonuló madárfajokra.	*4.5. fejezet* *6. melléklet*	A KHT részeként elvégzett vizsgálatok eredményei szerint a fényszennyezésből eredő hatótényezők esetében is megállapítható érzékelhető, negatív irányú hatás, de a hatás mértéke ezen hatótényező esetében is csupán kis mértékű, elviselhető, az alkalmazott hatásminősítő rendszer szerinti kategorizálás alapján.

1.2-4. táblázat: Az előzetes konzultáció során észrevételt tett közigazgatási szervek véleményének összefoglalása

Közigazgatási szerv véleménye	A teljesítését tartalmazó KHT fejezet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
1. Tolna Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály		
Az előzetes konzultációs dokumentáció alapján a tervezett további üzemidő-hosszabbítással kapcsolatban kizáró ok nem merült fel, közegészségügyi, környezet- és településegészségügyi szempontból kifogást nem emelek. Az előzetes konzultációs dokumentációban tett javaslatok alapján kidolgozásra kerülő környezeti hatástanulmány népegészségügyi szempontból megfelelő részletességű lehet, kiegészítése nem indokolt.	–	Nem tartalmaz a KHT-ban teljesítendő feladatot.
2. Budapest Főváros Kormányhivatala Építésügyi és Örökségvédelmi Főosztály Építésügyi és Örökségvédelmi Osztály		
A Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjainak további üzemidő-hosszabbítása előzetes konzultáció vonatkozásában, melyhez – figyelemmel a kulturális örökség védelmével kapcsolatos szabályokról szóló 68/2018. (IV. 9.) Korm. rendelet 88. paragrafusában foglaltakra – örökségvédelmi szempontból az alábbi megjegyzéssel kikötést nem teszek. Amennyiben a távlati tervként jelzett „Tervezett berendezés- és eszközcserék, felújítások, rekonstrukciók” földmunkával járó tevékenységet vonnának maguk után, úgy a további eljárások során egyedileg vizsgálni kell az örökségi érintettséget.	–	Földmunkával járó tevékenység esetén (alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúcshűtőrendszer építése) az örökségi érintettség vizsgálat tárgyát fogja képezni.

Közigazgatási szerv véleménye	A teljesítését tartalmazó KHT fejezet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
3. Tolna Vármegyei Kormányhivatal Földhivatali Főosztály Földhivatali Osztály 3. (Paks)		
Szakhatósági hozzájárulásomat az alábbi kikötésekkel adom meg: – Amennyiben termőföld más célú hasznosítása történik – mely a hasznosítási kötelezettségtől történő olyan időleges vagy végleges eltérés, amellyel a termőföld a továbbiakban mezőgazdasági hasznosításra alkalmatlanná válik -, az illetékes földhivataltól a szükséges engedélyt meg kell kérni, mivel a termőföld védelméről szóló 2007. évi CXXIX. törvény 10. §-a értelmében *„ingatlanügyi hatósági engedéllyel lehet termőföldet más célra hasznosítani”*. Az engedély hiánya esetén a más hatóságok által kiadott engedélyek nem mentesítik az igénybevevőt az e törvényben foglalt jogkövetkezmények alól. – A szakhatósági eljárás tárgyát képező földrészlettel / földrészletekkel szomszédos termőföldek megfelelő mezőgazdasági hasznosítását a tervezett tevékenység ne akadályozza.	–	Termőföld igénybevétele a TÜH-hoz kapcsolódóan nem tervezett.
4. Tolna Vármegyei Kormányhivatal Állami Főépítész Iroda		
Magyarország és egyes kiemelt térségeinek területrendezési tervéről szóló 2018. évi CXXXIX. törvény 4/7. melléklet 1.13. pontja szerint „Paks I.” meglévő atomerőműként került megjelölésre és a 2. mellékletet képező az Ország Szerkezeti Tervén szerepel „atomerőmű (meglévő)” jellel a Paksi atomerőmű. A Tolna Megyei Önkormányzat Közgyűlésének Tolna megye területrendezési tervéről szóló 8/2020. (X. 29.) önkormányzati rendelet 1. melléklet 2.8.1. pontban „meglévő atomerőmű” megnevezéssel és a 2. mellékletet képező térségi szerkezeti tervlapján szerepel „atomerőmű (meglévő)” jellel a Paksi Atomerőmű. Előzőek alapján a területrendezési tervekkel való összhang biztosított.	*2.1.2.2. fejezet*	Paksi Atomerőmű által igénybe vett terület használatának jelenlegi és a településrendezési tervekben rögzített módja megegyezik. A TÜH előkészítésének keretében megépíteni tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz nyomvonala részben – a jelenlegi övezeti besorolás szerint – vízgazdálkodási területeket (halastavak, Duna parti sávja) is érint. A Gip-M/PI jelű ipari gazdasági terület és a V-6 jelű vízgazdálkodási terület határainak módosítására lesz ezért szükség, annak érdekében, hogy a melegvíz-csatorna szakasz a Gip-M/PI jelű építési övezetben kerüljön elhelyezésre.

Közigazgatási szerv véleménye	A teljesítését tartalmazó KHT fejezet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
5. Baranya Vármegyei Kormányhivatal Agrárügyi Főosztály Erdészeti és Földművelésügyi Osztály		
Az Erdészeti Hatóság a megküldött dokumentációt áttanulmányozta és megállapította, hogy a tevékenység helye a Paksi Atomerőmű meglévő telephelye. A vizsgálat tárgya meglévő, jelenleg is üzemelő létesítmény a már rendelkezésre álló építményekkel, berendezésekkel, infrastruktúra elemekkel, melynek üzemidő hosszabbítása nem jár további erdőterületek igénybevételével. A környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 12. melléklet 5. pontjában meghatározott szakkérdés szerint az erdészeti szakkérdés vizsgálatának feltétele, hogy a kérelmezett tevékenység az Adattárban nyilvántartott erdő vagy azzal szomszédos földrészlet igénybevételével megvalósuló tevékenység engedélyezését előzze meg. Fentiek miatt az Erdészeti Hatóság az erdészeti szakkérdés vizsgálatára előírt feltétel teljesülése hiányában az előzetes konzultáció során észrevételt nem tesz.	*4.6. fejezet* *7. melléklet*	A Duna hőterhelésére vonatkozó korlát betartását biztosító alternatív technológia, az alternatív melegvíz-csatorna mellett megépülő csúcshűtő rendszer új építmények, berendezések megépítése az atomerőmű közvetlen közelében lévő zöldterület, illetve erdőterület igénybevételével is jár. Az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. törvény 82. § (4) bek. értelmében az erdészeti hatóságnak csereerdősítést kell előírnia természetes és természetszerű erdő esetén 0,5 ha vagy azt meghaladó mértékű, egyéb besorolású erdő esetében 1 ha vagy azt meghaladó mértékű üzemtervezett erdő igénybevétele esetén. Jelen esetben a tervezett igénybevétel 0,78 ha kiterjedésű származékerdőt érint, így csereerdősítés nem kötelező, az igénybevétel erdőjárulék megfizetésével megvalósítható. Ettől függetlenül javasolható, hogy az igénybe vett terület helyett az OTrT által erdősítésre javasolt területen, célszerűen az erőmű környezetében védőfásításként új erdő telepítésére kerüljön sor.
6. Országos Atomenergia Hivatal		
Az EKD-ban foglaltak nem mondanak ellent az atomenergia biztonságos alkalmazására és a nukleáris baleset-elhárításra vonatkozó hatályos jogszabályi előírásoknak (1996. évi CXVI. törvény, 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet, 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet). Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény 17. § (2) bekezdés 1. b) pontja értelmében a további blokkonként történő üzemidő-hosszabbításhoz az OAH által kiadott engedélyek is szükségesek. Az OAH ezekben az eljárásokban érvényesíti az atomenergia biztonságos alkalmazásával, sugárvédelemmel és a nukleáris baleset-elhárítással kapcsolatos követelményeket.	–	Nem tartalmaz a KHT-ban teljesítendő feladatot.
7. Fejér Vármegyei Kormányhivatal Tűzvédelmi, Iparbiztonsági és Vízügyi Hatósági Főosztály Vízügyi és Vízvédelmi Osztály		
A rendelkezésre álló nyilvántartás szerint a telephely üzemelő vagy távlati ivóvízbázis védőterületét nem érinti. A felszín alatti vizek védelméről szóló 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet 7. § (4) bekezdésén alapuló 1:100.000-es méretarányú	–	Nem tartalmaz a KHT-ban teljesítendő feladatot.

Közigazgatási szerv véleménye	A teljesítését tartalmazó KHT fejezet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
érzékenységi térkép alapján a terület szennyeződés-érzékenységi besorolása a felszín alatti víz állapota szempontjából: érzékeny terület (ezen belül 2.c) besorolású). A kérelmezett tevékenység nincs hatással az árvíz és jég levonulására. A vizek lefolyására és állapotára kifejtett káros hatás megelőzhető körültekintő üzemeltetéssel, valamint a vonatkozó jogszabályokban foglaltak betartásával. A benyújtott dokumentációban foglaltak ellen vízgazdálkodási és vízvédelmi szempontból nem emeltem kifogást, külön előírást nem tettem. Az üzemidő-hosszabbítással kapcsolatban kizáró ok nem merült fel. A dokumentáció szerint az azonosított hatásterület alapján a felszíni vizekre gyakorolt környezeti hatások tekintetében még a felmelegedett hűtővíz visszavezetés okozta Duna hőterhelésből eredő, az élővilágra gyakorolt hatások esetében, a hat blokk egyidejű üzemeltetési időszakában sem várható országhatáron átnyúló környezeti hatás. A környezetvédelmi engedélyezési eljáráshoz szükséges környezeti hatástanulmány tartalmára vonatkozóan – a jogszabályban előírt tartalmi elemeken túl – további feltételeket nem állapítottam meg.		

1.2-5. táblázat: Az előzetes konzultáció során észrevételt tett egyéb szervek véleményének összefoglalása

Egyéb szerv véleménye	A teljesítését tartalmazó KHT fejezet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
1. Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóság Bányászati és Gázipari Főosztály Pécsi Bányafelügyeleti Osztály		
A környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 5/A. § (1) bekezdés a) pontja alapján a Bányafelügyeletnek hatáskör hiányában nem áll módjában szakmai állásfoglalást adni az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. által üzemeltetett Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjainak további üzemidő-hosszabbításáról szóló előzetes konzultációhoz.	–	Nem tartalmaz a KHT-ban teljesítendő feladatot.

Egyéb szerv véleménye		A teljesítését tartalmazó KHT fejezet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
2. Tolna Vármegyei Kormányhivatal Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Hulladékgazdálkodási Főosztály			
Levegőtisztaság-, zaj és rezgés elleni-, illetve földtani közeg védelem területén:			
Az EKD-ban bemutatottak alapján az üzemidő-hosszabbításra vonatkozóan elvi kifogás nem merült fel, a környezeti hatástanulmányt a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 6. számú mellékletében foglalt tartalmi követelményeknek megfelelően szükséges elkészíteni.		*4.1. fejezet* *4.4. fejezet* *4.9. fejezet* *1. melléklet* *4. melléklet* *9. melléklet*	A levegőtisztaság-védelmi munkarészt az *1. melléklet* tartalmazza, a vizsgálat eredményeit a *4.1. fejezet* foglalja össze. A zajvédelmi munkarészt a *9. melléklet* tartalmazza, a zajvizsgálat eredményeit a *4.9. fejezet* foglalja össze. A földtani közegre gyakorolt hatások vizsgálatát a *4. melléklet* tartalmazza, a vizsgálat eredményeit a *4.4. fejezet* foglalja össze. A környezeti hatástanulmány a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 6. számú mellékletében foglalt tartalmi követelményeknek megfelelően került összeállításra.
Hulladékgazdálkodás területén:			
Az EKD-ban bemutatottak alapján az üzemidő-hosszabbításra vonatkozóan elvi kifogás nem merült fel, a környezeti hatástanulmányt a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 6. számú mellékletében foglalt tartalmi követelményeknek megfelelően szükséges elkészíteni.		*4.8. fejezet* *8. melléklet*	A nem radioaktív hulladékok keletkezését, kezelését a *8. melléklet* mutatja be, a vizsgálat eredményeit a *4.8. fejezet* foglalja össze. A környezeti hatástanulmány a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 6. számú mellékletében foglalt tartalmi követelményeknek megfelelően került összeállításra.
Táj- és természet védelme területén:			
A benyújtandó környezeti hatásvizsgálati dokumentációnak a kötelező tartalmi elemeken túl különösen az alábbiakra kell kiterjednie:			
1.	A Duna hőterheléséből adódó, a folyam élővilágát, illetve a folyammal közvetlenül érintett hullámteret és élővilágát érő hatások vizsgálata aktualizált klimatológiai és hidrológiai előrejelzések alapján és a tervezett üzemelési ciklusra vonatkozóan. Ennek keretében részletesen vizsgálni kell a korábbi (Paks I. és Paks II.) környezeti hatásvizsgálati dokumentációkban nem szerepelő művi elemek („csúcshűtőrendszer”, a melegvíz-csatorna torkolata előtt kicsatlakozó és a hidegvíz-csatorna jégmentesítését és havária vízpótlását biztosító torkolati visszakeverő rendszer) környezeti hatásait is.	*4.3. fejezet* *3. melléklet*	A Duna hőterhelésére vonatkozó értékelést a *3. melléklet* tartalmazza, a vizsgálat eredményeit a *4.3. fejezet* foglalja össze. A KHT megalapozásaként a korábbi (Paksi Atomerőmű első üzemidő-hosszabbítása. és Paks II.) környezeti hatásvizsgálati dokumentációkban nem szerepelő művi elemek (csúcshűtő rendszer, a melegvíz-csatorna torkolata előtt kicsatlakozó és a hidegvíz csatorna jégmentesítését és havária vízpótlását biztosító torkolati visszakeverő rendszer) környezeti hatásainak szükséges terjedelmű vizsgálata is megtörtént.

Egyéb szerv véleménye		A teljesítését tartalmazó KHT fejezet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
2.	A hidegvizes csatorna rendszeres kotrásából származó mederanyag sodorvonali bevezetésének környezeti hatásai.	*4.3. fejezet* *3. melléklet*	A hidegvíz-csatorna kotrásából származó mederanyag bevezetés hatásainak vizsgálatát a *3. melléklet* tartalmazza, a vizsgálat eredményeit a *4.3. fejezet* foglalja össze. A hidegvíz-csatorna kotrásának vízjogi engedélye alapján a kotrásból származó mederanyag parti bevezetése lett engedélyezve, így a *3. melléklet 6.3. fejezetében* ennek hidrológiai, vízminőségi és ökológiai hatásai kerültek részletes értékelésre. Összességében a hidegvíz-csatorna kotrásából származó zagy dunai jobbparti bevezetése hosszú távú, erős, és nagy jelentőségű hatásként értékelhető. A Nagy-sarkantyú szelvényéig lokálisan várható az érintett élőlénycsoportok ökológiai állapotának romlása is, így a hatás ezen az állandó hatásterületen lokálisan terhelő lesz a hatásviselő biológiai elemek szempontjából. Ugyanakkor a víztest léptékében, figyelembe véve annak lokális kiterjedését ez a hatásváltozás is várhatóan elviselhető az élőlényközösségek szempontjából. Bár a kibocsátás periodikus lesz, az üledék átstrukturálódása okán az állandó hatás kimutatható kiterjedése várhatóan a Nagy-sarkantyúig fog terjedni, de a kibocsátási időszakokban a hatás érzékelhető lesz az Uszódi-mellékág alsó szelvényéig.
3.	A környezeti hatásvizsgálati dokumentáció önálló fejezetrészeként Natura 2000 hatásbecslési dokumentációt is be kell nyújtani az európai közösségi jelentőségű természetvédelmi rendeltetésű területekről szóló 275/2004. (X. 8.) Korm. rendelet 14. melléklete szerinti adattartalommal, annak szintén kiemelten kell foglalkoznia a Duna hőterheléséből, illetőleg az üzemszerű kotrások mederanyagának sodorvonali bevezetéséből származó, az érintett Natura 2000 terület jelölő fajait és élőhelyeit érő környezeti hatásokkal.	*6. melléklet*	A Natura 2000 területekre vonatkozó hatásbecslési dokumentációt a *6. melléklet* függeléke tartalmazza. A Natura 2000 hatásbecslés az előírt szempontok és jogszabályban rögzített követelmények szerint került összeállításra.
3. Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság (ADUVIZIG)			
Elfogadva azokat a bemutatott külföldi gyakorlatokat, miszerint az atomerőművek az eddigi magyarországinál nagyobb mértékű üzemidő-hosszabbítás után is üzemképesek és üzembiztosak maradnak, szükségesnek tartjuk hangsúlyozni, hogy a tárgyi ügyben a helyi sajátosságokat és jellemzőket figyelembe véve		*1.5.2. fejezet*	A Paks II. Atomerőmű építéséből eredő környezeti hatások figyelembevételének szempontjait az *1.5.2. fejezet* tartalmazza. A környezeti hatásvizsgálat a leírt szempontoknak megfelelően került elvégzésre.

Egyéb szerv véleménye	A teljesítését tartalmazó KHT fejezet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
kell eljárni és a legnagyobb biztonságra kell törekedni mind az emberi, mind a környezeti tényezők vonatkozásokban. Megítélésünk szerint ilyen helyi sajátosságnak lehet tekinteni az erőmű közvetlen szomszédságában megépülő Paks II. Atomerőművet és annak környezetre gyakorolt hatását is. Emiatt az Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság kiemelten fontosnak tartja, hogy a Paksi Atomerőmű további 20 éves üzemidő hosszabbítási környezetvédelmi engedélyezési eljárás során az időközben megépülő és üzembe álló Paks II., és a meglévő atomerőmű együttes működésének környezetre gyakorolt hatása részletesen bemutatásra kerüljön a készülő KHT-ban, bemutatva az építés és az együttes működés különböző fázisait is.		
Az EKD céljának és jellegének (konzultációs anyag) betudhatóan az anyagban közölt következtetéseket és megállapításokat nem támasztják alá számszerű adatok. Ezeket a KHT-ban részletesen be kell mutatni annak érdekében, hogy az értékelés menete követhető és megítélhető legyen.	A KHT vonatkozó, érintett fejezetei.	Az EKD-ban tett megállapítások minden esetben a rendelkezésre álló adatok elemzésének eredményein alapultak, ezek részletes bemutatására terjedelmi okokból nem került sor. Az EKD-ban bemutatott érintett terjedelem felülvizsgálatával, valamint a KHT megalapozásaként elvégzett új vizsgálatok alapján a KHT-ban részletesen bemutatásra került a jogszabályban és az EKD-ra kiadott hatósági véleményben megfogalmazottak szerinti hatásvizsgálati tartalom, ideértve a közölt következtetéseket, megállapításokat és azok megalapozását.
Fontosnak tartjuk, hogy a KHT-ben bemutatott adatok minél aktuálisabbak legyenek, különösen annak fényében, hogy a jelen eljárásban megszerezni kívánt környezetvédelmi engedély a korábbi üzemidő-hosszabbítás letelte után (2032-2037 után) lép életbe, ugyanakkor pl. a klímaváltozás hatására (hőmérséklet emelkedés, szélsőséges időjárási és hidrológiai folyamatok gyakoriságának a növekedése) utóbbi időben gyorsuló változások a régebbi adatok statisztikai kiértékelési eredményeit megváltoztathatják. Különösen érvényes ez a folyékony kibocsátásokkal érintett, az ADUVIZIG kezelésében lévő Duna folyamra és az azt érő hőterhelésre, illetve ennek következményeként az érintett Duna-szakasz ökológiai állapotára. Fenti célt szolgálhatják a 2032-2037-ig terjedő időszak monitoring-tevékenységének eredményei is, melyek tovább	*3. melléklet* *4. melléklet* *5. melléklet*	Az ellenőrző monitoring rendszerre vonatkozó információkat a *3-5. mellékletek* tartalmazzák. A *3. melléklet 6.8. fejezete* részletesen mutatja be a TÜH időszakában javasolt környezetellenőrző monitorozó rendszert. A fejezetben a dunai vízminőséget vizsgáló kémiai és az egyes, VKI, illetve természetvédelmi szempontú biológiai monitorozó rendszer leírása található meg. A javasolt rendszer egyrészt támaszkodik a jelenleg működtetett monitorozó rendszer tapasztalataira, de azt kiegészíti a KHT-t megalapozó vizsgálatok eredményeivel is.

Egyéb szerv véleménye	A teljesítését tartalmazó KHT fejezet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
árnyalhatják, finomíthatják az atomerőmű üzemeltetését, a kiadásra kerülő engedélyek üzemeltetésre vonatkozó előírásait. Ebből kiindulva célszerűnek tartjuk az ellenőrző monitoring rendszer olyan szempontú felülvizsgálatát és átalakítását is, hogy az már a jelenlegi engedély hatálya alatt is segítse a második üzemidő-hosszabbítás időszakát (vizsgált komponensek, vizsgálati helyszínek és gyakoriságok).		
Az EKD az 1.5.4. fejezetében (Nyilatkozat összetartozó tevékenység megvalósításáról) megállapítja, hogy „… ennek megfelelően a tevékenység telepítési helyén vagy a szomszédos ingatlanokon nem tervezett azonos jellegű más tevékenység, mellyel összeadódva a jelen EKD-ban vizsgált tevékenység elérné a tevékenységre a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 1. vagy a 3. számú melléklete szerinti meghatározott küszöbértéket. …”. A megállapítás arra alapozott, hogy a terület közvetlen szomszédságában tervezett Paks II. erőmű és a KKÁT önálló környezetvédelmi engedéllyel rendelkezik. Véleményünk szerint az azonos tevékenységű, és így azonos jellegű kibocsátásokkal rendelkező erőművek – bár jogilag valóban jelenleg külön állnak – a környezeti hatások szempontjából nem kezelhetők külön, mivel mindkettő építésénél, üzemeltetésénél és megszüntetésénél tekintettel kell lenni a másik, közvetlenül szomszédos létesítmény hatásaira.	*1.6.4. fejezet*	Az összetartozó tevékenység vizsgálatát az *1.6.4. fejezet* tartalmazza. Az egyes létesítményekre vonatkozó KHT és egyéb dokumentumok vizsgálják és értékelik az egyes létesítmények kumulatív hatásait. Ennek megfelelően a jelen KHT is részletesen elemezi azon hatásokat, amelyeknél az együttes hatás értelmezhető. Ezek részletes bemutatását a KHT vonatkozó fejezetei és az érintett szakterületi mellékletek tartalmazzák.
Az EKD 2.1.5. „A telephelyre jellemző emberi eredetű külső veszélyek és a külső veszélyek kombinációi” c. fejezet környezeti hatással járó telephelyi tevékenységek részében leírásra kerül az, hogy a környezetterheléssel járó súlyos balesetek kezelésére az üzem felkészült. Célszerűnek látszik ezen események felsorolása, listázása a KHT-ban, illetve a havária tervek alapján ezek kezelésének bemutatása vagy az erre vonatkozó szövegrész hivatkozása.	*2.3. fejezet* Szakterületi mellékletek	Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-nek a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet szerint elkészített biztonsági jelentése tartalmazza a Paksi Atomerőmű telephelyén folytatott veszélyes tevékenységek felmérését, értékelését és a biztonsági irányítási rendszer bemutatását, amelyet a KHT hivatkozik és röviden össze is foglal. Emellett ismerteti az erőmű üzemeltetéséhez szükséges veszélyes anyagot, amely a fent hivatkozott Kormányrendelet értelmében a mennyisége miatt fontos veszélyforrásnak tekintendő. A havária esetek leírását és azok kezelésének módját az említett biztonsági jelentés tartalmazza részletesen. Az esetlegesen környezetterhelést

Egyéb szerv véleménye	A teljesítését tartalmazó KHT fejezet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
		okozó üzemállapotokat és haváriákat a KHT *2.3. fejezete*, azok kezelését a szakterületi mellékletek ismertetik.
A Paksi Atomerőmű nukleáris biztonságát veszélyeztető külső veszélyek kombinációit bemutató részben megállapításra kerül, hogy „a vizsgálat eredményei alapján összességében megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű megfelelően védett a tervezési alapba tartozó veszélykombinációk hatása ellen. A rendelkezésre álló előrejelzések nem mutattak rá olyan jövőbeni változásokra, amelyek alapján a következmények számottevő módosulása lenne prognosztizálható. Következésképpen a külső veszélyek kombinációi a további meghosszabbított üzemidő alatt sem veszélyeztetik az erőművet olyan mértékben, hogy az érdemi hatással lenne az erőmű környezetére.” Célszerűnek ítéljük bemutatni a KHT-ben, hogy a kijelentést milyen előrejelzések alapozzák meg, vízgyűjtő-gazdálkodási szempontból különös tekintettel például a külső körülmények (időjárás) miatt felmelegedő befogadó és a bevezetett hűtővíz éppen előbbi okok miatti magasabb hőmérséklete esetére, vagy a kisvízszintek süllyedésére vonatkozóan.	*2.1.4. fejezet* *3. melléklet*	Minden esetben az egyedi veszélyekre készített előrejelzésekre támaszkodott a külső veszélyek kombinációjára irányuló elemzés, amelyet az egyedi veszélyekre vonatkozó KHT-részek ismertetnek. A szélsőségesen magas hűtővízhőmérséklet tekintetében megállapítható volt, hogy még 40°C-os Dunavíz-hőmérséklet esetén is biztosítható a stabil blokkállapot, így a prognózisokban szereplő értékek sem veszélyeztetik érdemben a nukleáris biztonságot. A kisvízszintek süllyedésére vonatkozóan meghatározott intézkedések is kellő tartalékot biztosítanak a vízkivételhez. Vízgyűjtő-gazdálkodási szempontból a változó külső körülmények hatásainak értékelését a *3. melléklet* mutatja be.
Az EKD 5.2.2. fejezetnek a Duna Paks feletti vízhozamának és vízszintjének alakulása bekezdésben bemutatott elemzés 2013 előtti eredmények alapján készült. A kapcsolódó 5.2.2-3. ábrán bemutatásra kerül az éves kis-, közép- és nagyvízállások változásának logaritmikus kiegyenlítése a Duna 1531,3 fkm szelvényében. Ez az ábra is csak 2013-ig mutatja be a változásokat. Célszerűnek látjuk az elemzést legalább a referenciadátumnak megfelelő időpontig frissíteni (2023. december 31.), továbbá ennek megfelelően az azóta eltelt időben végbemenő változásokat és azok alapján meghatározott trendeket figyelembe venni és ezek alapján meghatározni különösen a kisvízszintek várható alakulását.	*4.3. fejezet* *3. melléklet*	Az aktualizált adatok alapján elvégzett vizsgálatokat a *3. melléklet*, illetve a *4.3. fejezet* tartalmazza. Az idősorelemzések kiegészítésre kerültek a 2023-as évvel bezárólag. A múltbeli adatokra megtörténtek a trendelemzések; a várható kisvízszintek alakulása pedig a klímamodellek eredményeire építve, fizikai-alapú, hidrológiai modellezéssel kerültek meghatározásra.
Az eltelt időben végbement változásokat és a tapasztalt trendeket (pl. a Duna medrének mélyülése) a hidromorfológiai jellemzők és vizsgálatok esetében is figyelembe kell venni.	*4.3. fejezet* *3. melléklet*	A vonatkozó vizsgálatokat a *3. melléklet*, illetve a *4.3. fejezet* tartalmazza. A múltbeli adatok trendelemzése elvégzésre került, a jövőre vonatkozó előrejelzések pedig egy, a klímaváltozás fényében

Egyéb szerv véleménye	A teljesítését tartalmazó KHT fejezet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
		megváltozó vízhozamelőrejelzéseket is figyelembe vevő, 1D hidro-morfodinamikai modell alapján készültek.
Az erőmű üzemeltetési feltételeit alapvetően meghatározó Dunai vízszintek várható alakulásának a bemutatására célszerűnek ítéljük megvizsgálni és bemutatni az alábbiakat: – vízállások idősorok lineáris trendjének összehasonlítása a logaritmikus közelítéssel, – vízszint, vízhozam és mederváltozási jellemzők között kimutatható tapasztalati összefüggések, – a mederanyag és a meder alatti talajrétegek feltárási eredményei alapján várható-e a medersüllyedési folyamatok megváltozása, – az erőmű szelvényétől felvíz irányba található legközelebbi eróziós küszöbök milyen hatást gyakorolhatnak a kisvizek alakulására a medersüllyedés figyelembevételével.	*4.3. fejezet* *3. melléklet*	A vonatkozó vizsgálatokat a *3. melléklet*, illetve a *4.3. fejezet* tartalmazza. Elvégzésre került a vízhozamok logaritmikus regresszióelemzése a vízhozamok relatív csökkenése ütemének számszerűsítésével. Bemutatásra kerültek a kis-középvizes tartományra meghatározott vízhozamgörbék 10 éves időablakokra, ami alapján került számszerűsítésre a medersüllyedés mértéke.
A KHT-ban részletesen, adatokkal alátámasztva be kell mutatni a hűtővíz bevezetés hatásának változását, különös tekintettel a tanulmányban is említett dunai hőmérséklet növekedésre, az előrejelzésekre, valamint figyelembe kell venni a Paks II. Atomerőmű üzembe lépését követő változásokat. Erre azért is szükség van, mert az üzemidő-hosszabbítás a két erőmű egymás melletti működésének időtartamát is jelentősen megnöveli a korábban tervezettekhez képest, tehát sokkal hosszabb időszakban nyilvánul meg ez a hatás. A vizsgálatok során figyelemmel kell lenni a kisvizes, az extrém meleg időszakokra és a téli működésnél a kialakuló hőlépcsőre is.	*4.3. fejezet* *3. melléklet*	A Duna hőterhelésére vonatkozó értékelést a *3. melléklet* tartalmazza, a vizsgálat eredményeit a *4.3. fejezet* foglalja össze. A *3. melléklet* részletesen tárgyalja az egyes üzemállapotok (szcenáriók) környezeti hatásait, amelynek klímatikus és hidrológiai alapjait a 2060-ig terjedő klímamodellek, és az ez alapján elkészített hidrológiai modellek adják. A hatásértékelés valamennyi üzemállapot során konzervatív megközelítéssel, a kritikus állapotokra vonatkozóan készült el, vagyis a számítható legnagyobb hatást mutatja be. Az ökológiai elemzések alapján a téli hőlépcső nem jelent ilyen kritikus állapotot.
Részletesen, számszerűen kell bemutatni a szennyvizek bevezetésével kialakuló terhelésre vonatkozó változásokat (koncentrációk és éves bevezetett anyagmennyiségek), kitérve a Paks II.-vel történő együttes működés hatására is.	*4.3. fejezet* *3. melléklet* *4. melléklet*	A szennyvízbevezetés hatásainak vizsgálatát a *3.* és *4. melléklet* és a *4.3. fejezet* tartalmazza. A *4.3. fejezet* valamennyi szcenárióra vonatkozóan adatokkal és számítással alátámasztott módon mutatja be a tisztított szennyvíz, illetve havária eseményként a tisztítatlan szennyvíz dunai bevezetésének vízminőségi és ökológiai hatásait
Az EKD 5.3.4. havária események hatásai fejezetben célszerű lenne bemutatni, hogy a fejezet megállapításaihoz milyen feltételezett káresemények vizsgálata alapján jutottak el.	*2.3.3 fejezet*	A KHT-ban vizsgált havária eseményeket a *2.3.3 fejezet* ismerteti.

Egyéb szerv véleménye	A teljesítését tartalmazó KHT fejezet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
		A KHT-ban vizsgálandó havária esetek kiválasztásának elve az volt, hogy a vizsgálandó esemény az okozott környezeti hatás tekintetében burkolja ez egyéb, szóba jöhető havária esetetek hatásait.
Az EKD 5.5.2. „További üzemidő-hosszabbítás során várható hatások” fejezetében a Paksi Atomerőmű önálló működésére megadott hatások és a két erőmű együttes működésére megadott hatások esetében is a bemutatott táblázatok alapján makrozoobenton és halak vonatkozásában a hatásminősítés semleges hatást mutatott ki. Ugyanakkor a részünkre megküldött dokumentum korábbi részei szerint a hatásterületen vannak kimutatható hatások és azok a semlegesnél rosszabb állapotra utalnak: – Makrozoobenton – 2 km-en belül kimutatható, jelentős hányadban invazív és agresszívan terjeszkedő idegenhonos elemek jelenléte (5.3. fejezet - 130. oldal) – Halak – az atomerőmű melegvíz kibocsátása a halak közösségszerkezeti mutatóiban $\Delta t_{víz}$=2,5°C értékig kimutatható változást okoz. A melegvíz kibocsátása faji szinten is érzékelhető változást jelent a korábbi vizsgálatok szerint. A közeli alvízi szakasz, elsősorban a holtágakkal érintett kisebb áramlással és sekélyebb vízzel jellemezhető területek több invazív, elsősorban pionír halfaj kibocsátási gócaként jelenhetnek meg a melegvíz kibocsátás közvetett hatásaként. (5.3. fejezet - 130. oldal). Célszerűnek látszik az egymásnak ellentmondó adatok tisztázása, összevetése, magyarázata.	*3. melléklet* *6. melléklet*	A vízi élővilágra gyakorolt hatások vizsgálatát és értékelését a *3. melléklet* tartalmazza. A Paksi Atomerőmű kibocsátásainak az akvatikus szervezetekre gyakorolt hatásait a 3. melléklet mutatja be részletesen. A KHT-ban az említett ellentmondások korrekcióra kerültek az élővilágvédelmi munkarészben (*6. melléklet*) foglaltak módosításával.
A 8. fejezetben a hatásterületek lehatárolását, illetve az összesítő táblázatokat az észrevételek alapján történt felülvizsgálatok szerint javasolt véglegesíteni. A hatásterületeket bemutató táblázatokat az együttes működést jellemző adatokkal is ki kellene egészíteni a KHT-ban.	*7. fejezet* Szakterületi mellékletek	Az egyes környezeti elemekre vonatkozó hatásterületek lehatárolását a szakterületi mellékletek tartalmazzák, az összesített hatásterületeket a *7. fejezet* mutatja be. Azon környezeti hatások esetében, amelyeknél a Paksi Atomerőmű környezeti hatásai, illetve hatásterületei a Paks II. környezeti hatásaival összeadódva határozhatók meg (pl. Duna hőterhelése, zajkibocsátás), a hatásterületek ennek megfelelően kerültek bemutatásra.

Egyéb szerv véleménye	A teljesítését tartalmazó KHT fejezet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
Az EKD-ban foglaltak alapján az erőmű közvetlen, földrajzilag a Duna-völgynek megfeleltethető hatásterületein jellemző feláramlási hidrodinamikai jelleg következtében az esetleges felszíni szennyezésnek a felszín alatti vízkivételek vízkémiai peremétereire gyakorolt hatása elenyészőnek tekinthető. Ugyanakkor a felszín alatti vízkivételek által generált depressziós terek a feláramlási jelleget nagy valószínűséggel módosíthatják, tehát azok hatásterületén belül kialakulhatnak mélységgel csökkenő nyomáspotenciálok, tehát lokális leáramlási zónák is, melyek növelhetik a felszíni szennyezések felszín alatti vízbe való bevezetésének a kockázatát.	*4. melléklet* *5. melléklet*	A nyomáspotenciálokat és azok változásait a *4. és 5. mellékletek* mutatják be. A Paksi Atomerőmű TÜH vizsgálata keretében a Csámpa-pusztai vízbázis volt vizsgálattal érintett. Ehhez felhasználásra került a „Paks – Csámpa ivóvízbázis Védőidom és védőterület Felülvizsgálati dokumentáció” is, mely az ivóvízbázis védőterület kijelölésével és biztonságban tartásával foglalkozik. A dokumentációban olvasható, hogy a Hidrogeológiai „B”, vagyis az 50 éves elérési időhöz tartozó áramvonalak által meghatározható védőterület legmagasabb (a felszínhez legközelebb eső) pontja a felszín alatt 80 m-ben (17 mBf-ben) került meghatározásra. A TÜH KHT készítése során a Paksi Atomerőmű és Paks II. üzemelése esetén 2,5-szörös hozamemelkedés volt feltételezve, melynek hatása szintén nem érte el a felszínt, csak a 6. modellréteget (pannon iszapos-agyagos homokot) érintette, mely réteg fedőjének terepszint alatt 73 méterben (24 mBf-ben) található. Bizonyított tehát, hogy a vízbázis kútjai körül kialakuló depressziós tér nem éri el a felszínt, vagyis az ivóvizet tároló rétegek nem veszélyeztetettek a felszíni szennyeződések által. A Paksi Atomerőmű telephelyen előforduló sekély szennyeződéseket a *4. melléklet* mutatja be. A telephelyi szennyeződések nem érhetik el a Csámpa-pusztai vízbázis kútjait, mert a megnövelt termelés hatása is csak a pannon iszapos-agyagos réteget érintették, felszíni metszete nincs, valamint az utánpótlódási terület a nem a Paksi Atomerőmű telephely irányába mutat, épp ellenkezőleg, a vízbázis kútjaihoz nyugat- északnyugat irányból áramlik a víz. Általánosságban elmondható, hogy az üzemelő vízbázisoknak hatóságilag kijelölt védőövezetei vannak, melyek előírásait betartva időben észlelhető a víz minőségének változása.
A részletes környezetvédelmi hatásvizsgálat során javasoljuk figyelembe venni, hogy a jelenlegi üzemnek megfelelő és a Paks II.-vel való együttes üzemeltetés során kialakuló hőcsóva által érintett távlati és üzemelő partiszűrésű vízbázisok előterében a hőterhelés következtében esetlegesen kialakuló mikrobiológiai és hidrológiai változások miként befolyásolhatják a kolmatált	*5. melléklet*	A vízbázisokra gyakorolt hőterhelés hatásait az *5. melléklet* ismerteti. A Paksi Atomerőmű és a Paks II. kolmatált zónára történő hatásának vizsgálatát az *5. melléklet 6.4. fejezete* fejti ki részletesen. Összefoglalva elmondható, hogy önmagában a kolmatáció mértékének emelkedése, az ezzel együtt járó a

Egyéb szerv véleménye	A teljesítését tartalmazó KHT fejezet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
mederfenék üledékeinek litológiáját és hidrodinamikai paramétereit, ezáltal a partiszűrés hatásmechanizmusát és hatékonyságát.		felszíni és felszín alatti vizek közötti kommunikáció csökkenése a Paksi Atomerőmű és a jövőben a Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes felszín alatti vizekre gyakorolt hatását tovább csökkenti, ebből a szempontból kedvező, de a parti szűrésű rendszerek telepítésére, üzemeltetésére kedvezőtlen hatással lenne. A Paksi Atomerőmű partiszűrésű monitoring rendszer 2. szelvénye alátámasztja, hogy a kolmatált zóna tisztító hatása jelenleg is kimutathatóan fennáll. A kolmatált zónára vonatkozó hatás mértéke elfogadható, beavatkozást nem igényel
4. Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (KDTVIZIG)		
A KDTVIZIG véleménye alapján a Paksi Atomerőmű 1-4 blokkjának további üzemidő-hosszabbításáról szóló előzetes konzultációs anyag vízgazdálkodási érdeket nem sért, az abban foglaltakat elfogadja.	–	Nem tartalmaz a KHT-ban teljesítendő feladatot.
A véleményben megjegyzésre került, hogy a Duna nagyvízi medrének kezelője az Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság, a Duna medrét érintő kérdésekkel részletesebben ők foglalkoznak, az atomerőmű folyóvízre gyakorolt hatásait ők véleményezik.	–	Nem tartalmaz a KHT-ban teljesítendő feladatot.
5. Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (DDVIZIG)		
A DDVIZIG „Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. által üzemeltetett Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjainak további üzemidő-hosszabbításáról szóló előzetes konzultáció” dokumentációját áttekintette, azzal kapcsolatban javaslatot, észrevételt nem tett.	–	Nem tartalmaz a KHT-ban teljesítendő feladatot.
6. Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság		
Természetvédelmi szempontból a tervezett további üzemidő-hosszabbítással kapcsolatban kizáró ok nem merült fel.	–	Nem tartalmaz a KHT-ban teljesítendő feladatot.
Természetvédelmi szempontból a környezetvédelmi engedély mellékleteként benyújtandó környezeti hatástanulmánynak vizsgálnia szükséges az alábbiakat:		
– A Paksi Atomerőmű üzemelésének hatásai a Dunaszentgyörgyi láperdő természetvédelmi terület és Natura 2000 terület természeti állapotára, különös tekintettel annak mindenkori vízellátására, a védett és jelölő fajok és élőhelyek ökológiai vízigényének biztosítására, az eseti többletvíz biztosítás lehetőségeinek vizsgálatára, valamint a melegvíz-	*6. melléklet*	A vízi élővilágra gyakorolt hatások vizsgálatát a *3. melléklet* tartalmazza. Az érintett Natura 2000 terület hatásbecslését a *6. melléklet* függeléke tartalmazza. Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. és a Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság tárgyban létrejött egyeztetése alapján lehetőség van a téli vízkivételre a láperdő elárasztására, amennyiben a faddi

Egyéb szerv véleménye	A teljesítését tartalmazó KHT fejezet	Feladat, előírás teljesítésének összefoglalása
csatornában kialakuló vízhozam, vízminőség és vízhőmérséklet változásainak a terület élővilágára gyakorolt hatásainak vizsgálatára.		Duna-holtág nyári vízszintjei emellett is biztosítható, illetve tisztázásra kerül, hogy a megvalósításhoz milyen egyéb, az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. hatáskörén kívül eső feltétel biztosítása szükséges a megvalósításhoz.
– A Paksi Atomerőmű hűtővizének, illetve annak mennyiségi, minőségi és hőmérsékleti változásainak hatásai a befogadó víztestekre és azok élővilágára.	*4.3. fejezet* *3. melléklet*	A víztestekre és a vízi élővilágra gyakorolt hatások vizsgálatát a *3. melléklet* tartalmazza. A *3. melléklet* valamennyi szcenárióra a TÜH teljes időszakára vonatkozóan elkészített klímamodellek és hidrológiai modellek alapján, a 2002-2023 között végzett biológiai vizsgálatok archív adatai, valamint a 2024-ben és 2025-ben elvégzett recens felmérések adatalapú statisztikai értékelésével végezte el a hatásértékelést
– A Paksi Atomerőmű kivilágítása okozta fényszennyezés esetleges hatásainak vizsgálata, különös tekintettel a denevér- és rovarfaunára, valamint az éjjel vonuló madárfajokra.	*4.5. fejezet* *6. melléklet*	A fényszennyezés hatásainak vizsgálatát a *6. melléklet* és a *4.5. fejezet* tartalmazza. A KHT részeként elvégzett vizsgálatok eredményei szerint a telephelyi térvilágításából eredő hatótényező esetében is megállapítható érzékelhető, negatív irányú hatás, de a hatás mértéke ezen hatótényező esetében is csupán kis mértékű, elviselhető, az alkalmazott hatásminősítő rendszer szerinti kategorizálás alapján.
A tervezett üzemidő-hosszabbításnak természetvédelmi szempontból jelentős, az országhatáron átterjedő hatása csak havária esemény bekövetkezte esetén feltételezhető.	*8. fejezet*	Az országhatáron átterjedő hatások vizsgálatát a *8. fejezet* tartalmazza. Országhatáron átterjedő, a természeti környezetre vonatkozó hatás havária esemény során sem várható. A súlyos balesetekre elvégzett sugárvédelmi elemzések szerint az országhatáron túli lakosságot és így a természeti környezetet is érintő hatások a feltételezhető legkedvezőtlenebb esetben sem térnek el jelentős mértékben az egész Földre átlagolt éves természetes háttérsugárzás 2,4 mSv értéktől.
7. Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság (KNPI)		
A megküldött dokumentáció, valamint a rendelkezésünkre álló adatok alapján az erőmű további üzemeltetése a KNPI működési területén táj- és természetvédelmi szempontból nem okoz további káros hatást, az előzetes konzultációs dokumentációban foglaltakkal kapcsolatban az Igazgatóságunk észrevételt nem tesz.	–	Nem tartalmaz a KHT-ban teljesítendő feladatot.

1.3. A tervezett tevékenység meghatározása, célja, indoklása

1.3.1. A tervezett tevékenység azonosítása, volumene, megkezdésének időpontja és időtartama, alternatívák figyelembevétele

A tervezett tevékenység a négy VVER-440/213 típusú, nyomottvizes, könnyűvíz moderátorú, termikus reaktorblokkal üzemelő Paksi Atomerőmű üzemidejének, azaz a villamosenergia-termelő tevékenységének további 20 évvel történő meghosszabbítása. Az erőmű további üzemidő-hosszabbítása a környezeti hatásvizsgálati és egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 1. számú mellékletének 31. pontjába sorolható (*„Atomerőmű, atomreaktor, valamint atomerőmű, atomreaktor üzemidejének meghosszabbítása”* – méretmegkötés nélkül), azaz környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenység, melynek megkezdéséhez környezetvédelmi engedély szükséges. A tervezett tevékenység részét képezik továbbá a TÜH előkészítéseként végrehajtani tervezett, a *2.2.2. fejezetben* bemutatott tevékenységek, átalakítások.

A tervezett további üzemidő-hosszabbítás az atomerőmű mind a négy blokkjára vonatkozik, amely blokkonként értendő, az egyes blokkok üzembehelyezési időpontjainak figyelembevételével. A tevékenység megkezdésének tervezett időpontja a jelenleg hatályos 391-18/2017 ügyiratszámú, többször módosított környezetvédelmi engedély – blokkonként meghatározott – érvényességének vége az *1.3.1-1. táblázat* szerint. A további üzemidő-hosszabbítás blokkonkénti időtartama az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. szándéka szerint az adott blokk meghosszabbított üzemideje utolsó évének végéig tart (*1.3.1-1. táblázat*).

A Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjainak névleges villamos teljesítménye – blokkonként rendre 508,6; 506,0; 506,0; 506,0 MW, a létesítmény összesített névleges villamos teljesítménye 2026,6 MW. A további 20 éves üzemidő-hosszabbítás megvalósításával az atomerőmű rendelkezésre álló villamosenergia-termelési kapacitás-kihasználásának tervezett időbeli megoszlása az *1.3.1-2. táblázat* szerint alakul. Az atomerőmű üzemeltetése a TÜH időszakában is alaperőműként, folyamatos és közel egyenletes terheléssel tervezett, a blokkok leállítására csak az időszakos karbantartások alkalmával tervezetten és ütemezetten kerül sor.

1.3.1-1. táblázat: A további üzemidő-hosszabbítás tervezett időtartama

Atomerőművi blokk / rendszer	Üzembe helyezés időpontja	50 éves üzemidő vége / további 20 éves üzemidő-hosszabbítás kezdete	Tervezett további 20 éves üzemidő-hosszabbítás vége
1. blokk	1982.12.14.	2032.12.14.	2052.12.31.
2. blokk	1984.08.26.	2034.08.26.	2054.12.31.
3. blokk	1986.09.15.	2036.09.15.	2056.12.31.
4. blokk	1987.08.09.	2037.08.09.	2057.12.31.
Közös rendszerek		2037.08.09.	2057.12.31.

1.3.1-2. táblázat: Az atomerőmű kapacitás-kihasználásának tervezett időbeli megoszlása a TÜH időszakában

Időtartam	Az atomerőmű összesített villamos teljesítménye [MW]	Üzemelő blokkok
2032.12.14. – 2052.12.31.	2 026,6	1-4.
2053.01.01. – 2054.12.31.	1 518,0	2-4. (1. blokk leállt)
2055.01.01. – 2056.12.31.	1 012,0	3-4. (1-2. blokk leállt)
2057.01.01. – 2057.12.31.	506,0	4. (1-3. blokk leállt)

A TÜH előkészítéseként tervezett tevékenységek, átalakítások közül számottevő építési munkával járó tevékenység az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúcshűtő rendszer kialakítása, melynek célja az atomerőműben a hűtési célra felhasznált, ezáltal felmelegedett Duna víz hőmérsékletének csökkentése a folyóba történő visszavezetést megelőzően. Az

alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a csúcshűtő rendszer megvalósításához kb. 950 m hosszúságú, vasbeton burkolatú csatorna, vízépítési műtárgyak, mesterséges huzatú hűtőcellák, valamint az ahhoz kapcsolódó szilárd burkolatú út és földkábel kiépítése szükséges. Ezeknek a művi elemeknek az elhelyezése az atomerőmű meglévő melegvíz-csatornájától délre eső területrészen, döntően Gip-M/PI jelű ipari gazdasági terület építési övezetében – azaz beépítésre szánt területen – tervezett. Az építmények által igénybe vett összes terület közel 10 ha.

Tekintettel a telepítési terület építési övezeti besorolására (beépítésre szánt), valamint a telepítendő építmények, művi elemek területigényére, a tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a csúcshűtő rendszer létesítése a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 3. számú melléklete 128. pontjába tartozik *(„egyéb, az 1-127/A. pontba nem tartozó építmény vagy építményegyüttes beépített vagy beépítésre szánt területen, 2 ha területfoglalástól”*), azaz a környezetvédelmi hatóság döntésétől függően környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenység. Mivel azonban az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a csúcshűtő rendszer a TÜH előkészítési tevékenységek részét képezi, a – 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendeletben a hatásvizsgálatra vonatkozóan meghatározott tartalmi követelmények szerint – elvégzett környezeti hatásvizsgálat, illetve elkészített KHT kiterjedt ezen létesítmények építéséből és üzemeltetéséből eredő környezeti hatások vizsgálatára is. Az elvégzett vizsgálatok terjedelme és mélysége ezáltal a környezeti hatásvizsgálat részletezettségének felel meg a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 6. számú mellékletében a KHT tartalmára vonatkozó követelményeknek megfelelően.

Az atomerőmű TÜH-re mint tervezett tevékenységre vonatkozó környezeti hatásvizsgálat az erőmű mind a négy blokkjára vonatkozik, beleértve a TÜH megvalósításához tervezett előkészítő tevékenységeket is. Ennek megfelelően a jelen KHT-ban bemutatott vizsgálatok az atomerőmű négyblokkos üzemére vonatkozóan kerültek elvégzésre.

A tevékenység helye Magyarország, Tolna vármegye, Paks város közigazgatási területe (7030 Paks, hrsz.: 8803/17.), a Paksi Atomerőmű meglévő telephelye.

A számításba vett változat kizárólag a meglévő atomerőmű üzemidejének további meghosszabbítása a meglévő telephelyen és technológiával, beleértve az ehhez szükséges, a *2.2.2. fejezetben* bemutatott tervezett átalakításokat. Más telepítési, technológiai vagy egyéb változatok jelen esetben nincsenek. Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának megvalósítása mellett a jogszabály szerinti alternatívaként csak az atomerőmű blokkjainak további üzemidő-hosszabbítás nélküli leállítása, a villamosenergia-termelési tevékenységének felhagyása értelmezhető a jelenleg engedélyezett 50 éves üzemidő végén. Az atomerőmű leszerelésére vonatkozó információkat a *6. fejezet* tartalmazza.

1.3.2. A tervezett tevékenység célja, indoklása

A tervezett tevékenység célja az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. által a Paksi Atomerőmű üzemeltetésével jelenleg is végzett kereskedelmi célú villamosenergia-termelés fenntartása az erőmű meglévő négy reaktorblokkjának további 20 éves üzemeltetésével. A Paksi Atomerőmű az utóbbi évtizedben (2015 és 2024 között) évi 15,7-16,3 TWh villamos energiát állított elő, magas teljesítménykihasználás mellett. Ezáltal a hazai villamosenergia-termelés több, mit 40%-át (az utóbbi időszakban közel 48%-át) a Paksi Atomerőmű adja.

A Paksi Atomerőmű biztonságos, kedvező árú és környezetbarát villamosenergia-termelése több mint 40 éve biztosítja Magyarország villamosenergia-szükségletének jelentős hányadát. Az atomerőmű tervezett üzemidő-hosszabbítása ezáltal Magyarország hosszútávú energiafüggetlenségi, klímavédelmi és ellátásbiztonsági céljait szolgálja. A TÜH előkészítésére vonatkozó kormánydöntés indokai között szerepelt a nemzetközi energiapiac helyzetének, a villamosenergia-áraknak és igényeknek, valamint az ellátásbiztonsági kockázatoknak az alakulása az elmúlt időszakban.

A Paksi Atomerőmű tervezett üzemidő-hosszabbításának indokai között alapvetően a klímapolitikai célok teljesítése, a jövőbeni villamosenergia-igények kielégítése, az ellátásbiztonság biztosítása, gazdasági és költséghatékonysági okok, valamint az importfüggőség csökkentése szerepel.

Klímapolitikai keretek és a dekarbonizációs célok teljesítése

A technológiai társadalmak környezeti hatása jelentős, a globális felmelegedés mérséklése, megállítása korunk talán legfontosabb kihívása. Az éghajlatváltozásról szóló Párizsi Megállapodásban rögzített klímapolitikai célok szerint 2050-re a klímasemlegesség elérése a cél az Európai Unióban. Az EU valamennyi tagállama – köztük Magyarország is – aláírta és megerősítette a 2016-ban hatályba lépett Párizsi Megállapodást. A vállalások teljesítése érdekében a klímavédelemről szóló 2020. évi XLIV. törvény célul tűzte ki, hogy Magyarország a 2050. évre eléri a teljes klímasemlegességet, azaz az üvegházhatású gázok még fennmaradó hazai kibocsátása, valamint elnyelése a 2050. évre egyensúlyba kerül.

A földgáz energiahordozó tekintetében az EU kiszolgáltatott a külső beszállítóknak, ezért a jövőben az energiaigény kielégítése kapcsán a karbonsemleges, megfizethető árú, magas ellátásbiztonságú villamos energia előállítása a prioritás, amelyre alapvetően az atomerőművi blokkok alkalmasak. Magyarország esetében ez a Paksi Atomerőmű üzemelő négy blokkjának további üzemidő-hosszabbításával és a Paks II. Atomerőmű két új blokkjának üzembe lépésével valósulhat meg.

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításával számol a Nemzeti Energia- és Klímaterv 2024. évi felülvizsgált változata is. A dokumentum rögzíti, Magyarország célja, hogy a magyar villamosenergia-termelés legnagyobb része két forrásból származzon, atomenergiából és megújuló energiából, utóbbi a hazai adottságoknak megfelelően elsősorban naperőművekből. Ezek nem egymást kiváltó vagy kizáró technológiák, hanem egymást támogató megoldások, és mindkettő tiszta energiaforrásnak tekinthető. Magyarország villamosenergia-termelésének közel felét a karbonsemleges nukleáris energia adja. A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítási projekt és a Paks II. üzembe lépésével ez az arány hosszú távon is fenntartható.

A TÜH projekt tehát teljes mértékben harmonizál Magyarország Nemzeti Energia- és Klímatervével (NEKT), kiemelkedően fontos támogatást adva hazánk 2050-es teljes klímasemlegességi célkitűzései teljesítéséhez.

Az Európai Unió „Fit for 55” csomagja és Magyarország törvényben rögzített célkitűzései megkövetelik az üvegházhatású gázok kibocsátásának radikális csökkentését, valamint a nettó zéró üvegházhatásúgáz-emisszió elérését 2050-re. A 2024-ben felülvizsgált NEKT azonban azt is világossá teszi, hogy a magyar villamosenergia-szektor dekarbonizációja nem épülhet kizárólagosan az időjárásfüggő megújuló energiaforrásokra, hiszen azok nem tudják teljesíteni az ellátásbiztonsági célokat, folyamatos rendelkezésre állásuk és folyamatos termelésük nem biztosítható.

A hazai fotovoltaikus napenergia beépített kapacitások rendkívül gyors növekedése (amely 2026 nyarán már meghaladta a 8000 MW-ot, és a NEKT előrejelzései szerint 2030-ra eléri a 12 000 MW-ot) strukturális aszimmetriát hoz létre a villamosenergia-rendszerben. A napenergia termelési profilja időjárásfüggő és ciklikus, az éjszakai órákban, valamint a téli rendszerterhelési csúcsok idején a rendelkezésre állása minimális vagy nulla.

Ezzel szemben a Paksi Atomerőmű folyamatosan, 90% feletti teljesítmény-kihasználási tényezővel termel tiszta, szén-dioxid-mentes villamos energiát. Amennyiben a meglévő paksi blokkokat 2032-2037 között leállítanák, a kieső évi kb. 16 TWh villamos energiát – a Paks II. indítása ellenére – nagyrészt fosszilis (főként földgáztüzelésű) erőművek beléptetésével vagy importtal kellene pótolni, ami ellentétes a dekarbonizációs célokkal és drasztikusan növelné a szektor szén-dioxid-kibocsátását. Az import kapcsán fontos hangsúlyozni, hogy azokban az esti, éjszakai órákban, illetve későőszi-téli időszakokban, amikor a magyar villamosenergia-rendszer importra szorul, a szomszéd országokban a magyarhoz hasonló az időjárásfüggő megújuló források rendelkezésre állása (a szomszéd országokban tipikusan ugyanúgy nem süt a nap, nem fúj a szél, mint nálunk), ráadásul a szomszéd országok jelentős széntüzelésű erőművi kapacitásai (melyek jelenleg fontos szerepet játszanak a régió villamosenergia-ellátásában, így a Magyarországra irányuló importban is) leállításra várnak, így a 2030-as évek közepétől nem számolhatunk azzal, hogy ezek a környező országokban ma működő fosszilis források akkor is rendelkezésre állnának. Ezért rendkívül lényeges, hogy a paksi TÜH projekt által további 20 évre biztosítani szándékozott évi 16 TWh mennyiségű karbonsemleges zsinóráram továbbra is rendelkezésre álljon.

A klímapolitikai célok teljesítése az ellátásbiztonsági célokkal – többek között – a paksi TÜH projekten keresztül kapcsolhatóak össze, megvalósításuk együtt lehetséges.

A villamosenergia-igények jövőben várható alakulása és az ellátásbiztonság

A nemzeti és globális trendek egyaránt a villamosenergia-igények masszív növekedését mutatják. A hazai rendszerterhelési csúcsok folyamatosan új rekordokat döntöttek az elmúlt években (meghaladva a 8000 MW-ot), és a jövőbeli növekedésre utaló tényezők sokkal erősebbek, mint a csökkenés irányába ható hatások. A növekedést az alábbi fő folyamatok hajtják:

- Az ipari elektrifikáció és a high-tech gyártás: A hazánkban kiépült és még fejlesztés alatt lévő járműipari létesítmények, az ezekhez kapcsolódó nagyléptékű akkumulátorgyártás, valamint a digitalizáció velejárójaként megjelenő adatközpontok hatalmas, folyamatos és stabil zsinóráram-termelést igényelnek. Ha a termelőüzemeink csak akkor működnének, amikor süt a nap és/vagy fúj a szél, az üzemek gazdaságos működtetése és a munkaerő hatékony alkalmazása nem lenne lehetséges.
- Közlekedés elektrifikációja: Az elektromos járművek (személygépkocsik, buszok) térnyerése, a kötött pályás városi (metró, villamos, troli) és távolsági (vasúti) közlekedés fejlesztése jelentős többlet villamosenergia-igénnyel jár.
- Fűtés elektrifikációja: A lakossági és ipari fűtési és hűtési rendszerek tekintetében egy csendes forradalom zajlik, az épületek hőellátása egyre több helyen hőszivattyúkra alapul. Ezek a lokális kibocsátástól mentes, jól szabályozható készülékek nagyon fontos szerepet játszanak az importföldgáz-igény és a városi légszennyezés csökkentésében, így nem csak energia- és klímapolitikai célokat szolgálnak, hanem javítják a komfortot és a levegőminőséget is. Bizonyos, hogy a fűtési rendszerek átállítása hőszivattyúkra földgázt takarít meg, de eközben villamosenergiaigény-növekedést eredményez, elsősorban olyan időszakokban, amikor a napenergia kevésbé áll rendelkezésre. A nyári hőhullámok gyakoriságának növekedése miatt a légkondicionálás, az épülethűtés terjedése is az áramigény növekedésével jár, itt megfelelő időbeli összehangolással a napenergia is segítségünkre lehet.
- Magyarország gazdaságának fejlődése önmagában is a villamosenergia-igény növekedését vetíti előre, ahogy az látható más fejlett országok esetében is. Egyértelmű trend, hogy olyan ipari folyamatok, amelyek hagyományosan fosszilis energiahordozók segítségével kerülnek kielégítésre, villamos energiára kerülnek átállításra, így az energiaellátási-mixben a villamos energia folyamatosan értékelődik fel.

Lényeges aspektus, hogy a villamosenergia-piacokon nem csak energiapolitikai és közgazdaságtani, hanem fizikai törvények is fontos szerepet játszanak, sőt bizonyos helyzetekben prioritást kapnak. Nem lehetséges egy ország biztonságos energiaellátását 100%-ban időjárásfüggő megújulókra alapozni, ugyanis a villamosenergia-rendszer stabilitásához forgótömegekkel rendelkező, szinkron üzemű, szabályozható erőművek is szükségesek. A meglévő paksi blokkok megtartása a fizikai egyensúly záloga, hiszen a paksi turbinák forgó tömege olyan fizikai jellemzőket ad a villamos hálózatnak, ami lehetővé teszi a rendszer szabályozását és biztosítja a stabilitás feltételeit.

A NEKT 2024-es aktualizált változatának prognózisa szerint a hazai bruttó villamosenergia-igény a jelenlegi kb. 46-47 TWh-ról 2030-ra 53 TWh-ra, 2040-re 68-72 TWh-ra, 2050-re pedig akár 89-103 TWh-ra is növekedhet. Ebben a környezetben a meglévő paksi blokkok 2000 MW-os összteljesítménye, közel 16 TWh mennyiségű éves termelése és rendszerstabilizálási-rendszerszabályozási funkciója nélkülözhetetlen pillér marad.

Gazdasági indokoltság és költséghatékonyság

A villamosenergia-piacon az atomerőműveknek versenyképesnek kell lenniük. A TÜH gazdasági előnyei a következőkben foglalhatók össze:

- Rendkívül alacsony fajlagos beruházási költség: Egy működő atomerőmű üzemidő-hosszabbítása – még a szükséges jelentős felújításokkal, berendezés cserékkel együtt is – csupán töredéke (kb. 10-25%-a) egy teljesen új nukleáris kapacitás (zöldmezős

beruházás) felépítési költségének. Mivel a kezdeti tőkeberuházás pénzügyi érelemben már teljesen leíródott, a termelt villamos energia önköltsége rendkívül alacsony lesz, ami hozzájárul a lakossági áramárak alacsony értéken tartásához és az ipari versenyképesség fenntartásához. Emellett a további üzemidő-hosszabbításhoz szükséges előkészítő munkák időigénye is töredéke egy új atomerőmű-beruházásnak.

- Villamosenergia-rendszer szintű költségek minimalizálása: Ha a meglévő 2000 MW-ot megújulókkal és hálózati szintű akkumulátoros energiatárolókkal próbálnánk kiváltani, az a jelenlegi technikai fejlettségi szinten műszakilag nem megvalósítható, a villamosenergia-hálózat olyan mértékű átalakítását és kiegyenlítő-kapacitási beruházásokat igényelne, amelynek költségei nagyságrendekkel haladnák meg a paksi TÜH költségét. A földgáztüzelésű erőművekkel való kiváltás technikailag nyilván lehetséges, de az növelné a földgázimport-függőséget, jelentősen növelné az áramárakat és az ország energiaszektorának szén-dioxid-kibocsátását. A paksi atomerőmű ezen felül kihasználja a már meglévő, robusztus átviteli hálózati kapcsolatokat.
- Az üzemeltetés határköltsége: A további üzemidő-hosszabbítás jelentős gazdasági előnye még, hogy Magyarország villamosenergia-rendszerében marad 2000 MW-nyi olyan kapacitás, aminek a változó költsége (javarészt az üzemeltetés üzemanyag-költsége) alacsony és közvetlenül nem függ a földgázbeszerzés árától. Ez nagyban segíti, hogy a nemzetközi földgáz és árampiacon megfigyelhető áringadozások kevésbé hassanak a hazai áramellátás költségeire, így hozzájárul az árak volatilitásának mérsékléséhez.

Szinergia a Paks II. projekttel és az importfüggőség csökkentése

A magyar energiapolitika egyik sarokköve a külföldi árambehozataltól való függőség csökkentése. Magyarország jelenleg strukturális importőr, az éves villamosenergia-szükséglet 20-25%-a külföldről (Csehország, Szlovákia, Ausztria, Lengyelország stb.) származik. Ez komoly ellátásbiztonsági kockázatot hordoz, különösen a geopolitikai feszültségek (pl. az ukrajnai háború infrastrukturális hatásai) fényében.

Lényeges látni a jelenlegi geopolitikai, energia- és klímapolitikai helyzetben, hogy a Paks II. Atomerőmű megépülésével a meglévő paksi blokkok nem válnak feleslegessé. A 2024-es NEKT számai és a rendszerszintű modellezések (pl. a BME NTI számításai) rávilágítanak, hogy az emelkedő trendet mutató áramfogyasztás miatt a Paksi Atomerőmű (2000 MW) és a Paks II. Atomerőmű (2400 MW) blokkjainak párhuzamosan kell üzemelniük ahhoz, hogy az ország villamosenergia-import részaránya tartósan 20% alá szoruljon, és a dekarbonizált ellátás biztosított legyen. A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű 6 blokkja együttesen kb. 4400 MW tiszta alaperőművi kapacitást jelent, ami a jövőbeli rendszerterhelések mellett is megfelelő alapot biztosít a megújuló energiahordozó alapú erőművek rendszerintegrációjához.

Következtetések

A Paksi Atomerőmű meglévő négy blokkjának további üzemidő-hosszabbítása a 2050-es évek végéig nem csupán egy opció, hanem Magyarország stratégiai érdeke. Az intézkedést teljes körűen indokolják:

- A fizikai valóság és a hálózati stabilitás fenntartása az időjárásfüggő megújulók (Magyarország esetében elsősorban a napenergia) integrációja mellett.
- A klímasemlegességi célok elérése 2050-re a szén-dioxid-mentes alaperőművi termelés megőrzésével.
- A növekvő ipari és lakossági áramigények biztonságos, importfüggőséget mérséklő kielégítése.
- A kiemelkedően magas gazdasági megtérülés és az alacsony fogyasztói árak biztosítása.

A Paksi Atomerőmű négy VVER-440/V213 blokkjának további üzemidő-hosszabbítási projektje során a hazai korszerű, nemzetközi szabályozási gyakorlatra alapuló előírások és a műszaki tapasztalatok alkalmazása garantálja, hogy a szükséges célzott felújítások, beruházások elvégzése révén a blokkok a 2050-es évek végéig a magyar energiaellátás biztonságának, az energia- és klímavédelmi stratégia, valamint a gazdaság fejlesztésének szilárd alapját jelenthessék.

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása lehetőségének vizsgálata 2022 közepére gazdasági és politikai okokból is aktuálissá vált. Magyarország Kormánya a kialakult helyzetre reagálva hozta meg az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítás előkészítésének megkezdésére vonatkozó döntését. Módosítva ezzel azt a korábbi döntést, hogy a Paksi Atomerőmű 50 éves üzemeltetését követő leállítása után a hazai nukleáris energiatermelés kizárólag a Paks II. Atomerőmű két új blokkjának villamosenergia-termelési kapacitására korlátozódjon.

A TÜH megalapozó tevékenységek körébe tartozik a Paksi Atomerőmű tovább-üzemeléséhez kötődő környezeti hatások jelen vizsgálata is, melynek célja a TÜH környezetvédelmi szempontú megvalósíthatóságának részletes értékelése, illetve a szükséges környezetvédelmi engedély kérelmezése.

1.4. A kérelmező MVM Paksi Atomerőmű Zrt. bemutatása, azonosító adatai, a környezeti hatástanulmányt készítők adatai

1.4.1. Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. azonosító adatai

A környezetvédelmi engedély kérelmezője az MVM Paksi Atomerőmű Zrt., azonosító adatai az alábbiak:

Megnevezés:	
Rövidített név:	MVM Paksi Atomerőmű Zrt.
Teljes név:	MVM Paksi Atomerőmű Zártkörűen Működő Részvénytársaság
Székhely:	7030 Paks, helyrajzi szám hrsz.: 8803/17.
Levelezési cím:	7031 Paks, Pf.: 71.
Elektronikus levélcím:	atomeromu@npp.hu
Honlap:	atomeromu.mvm.hu
Telefonközpont:	+36 (75) 505-000
Cégjegyzékszám:	17-10-001113
Adószám:	10742833-2-17
Főtevékenység:	3511 Villamosenergia-termelés
Környezetvédelmi Ügyfél Jel (KÜJ):	100 203 714
Környezetvédelmi Területi Jel (KTJ):	100 294 388
Statisztikai számjel:	10742833-3511-114-17
A jelenlegi villamosenergia-termelő tevékenységre vonatkozó környezetvédelmi engedély száma:	391-18/2017 (2018-2024 között többször módosítva)

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a villamosenergia-termelő tevékenységére vonatkozóan az MSZ EN ISO 14001:2015 szabvány alapján 2002 óta tanúsított környezetközpontú irányítási rendszert működtet. A rendszer működésének megfelelőségét évente felülvizsgálati auditok, háromévente okiratmegújító auditok bizonyítják. A környezetirányítási rendszer hatálya kiterjed valamennyi működési folyamatra, minden munkavállalóra, szervezeti egységre és valamennyi munkavégzésre irányuló egyéb jogviszonyban álló személyre, valamint a szerződéses partnerekre és azok alkalmazottaira is.

1.4.2. A Környezeti hatástanulmány készítőinek adatai

A KHT szakterületi munkarészeit az MVM ERBE Zrt. (1117 Budapest, Budafoki út 95.), az AFRY SOM System Kft. (1117 Budapest, Infopark sétány 3.) és az AFRY ERŐTERV ZRt. (1117 Budapest, Infopark sétány 3.) mérnökirodák közreműködésével és szakmai koordinálásával a környezeti hatásvizsgálatba bevont szakmai szervezetek készítették el.

A KHT-t az AFRY ERŐTERV ZRt. állította össze. A dokumentáció elkészítésében együttműködő szakmai szervezetek és szakterületeik a következők voltak:

- MVM ERBE Energetika Mérnökiroda Zrt.:
  - Projektvezetés.
  - A sugárvédelemmel nem összefüggő (hagyományos) vizsgálatok szakmai irányítása.
  - Levegőtisztaság-védelem.
  - Zaj- és rezgésvédelem.
  - Élővilágvédelmi felmérés.
  - A KHT összeállításával kapcsolatos feladatok szakmai koordinációja.
- AFRY SOM System Mérnöki Iroda Kft.:
  - A sugárvédelemmel összefüggő vizsgálatok szakmai irányítása.
  - Telephely-jellemzés.
  - A KHT összeállításával kapcsolatos feladatok szakmai koordinációja.
- AFRY ERŐTERV Energetikai Tervező és Vállalkozó ZRt.:
  - Erőműtechnológia.
  - A KHT összeállításával kapcsolatos feladatok szakmai koordinációja.
  - A KHT összeállítása.
- HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont (HUN-REN CSFK):
  - Telephely-jellemzés (földrajz, meteorológia, társadalmi-gazdasági vizsgálatok).
- GeoRisk Földrengés Mérnöki Iroda Kft.:
  - Telephely-jellemzés (geológia, szeizmológia-tektonika, geotechnika).
- NUBIKI Nukleáris Biztonsági Kutatóintézet Kft.:
  - Telephely-jellemzés (külső veszélyek vizsgálata).
- Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ (NNGYK), Közegészségügyi Laboratóriumi és Módszertani Főosztály:
  - Levegőtisztaság-védelem.
- NATURAQUA Környezetvédelmi, Tervező és Szolgáltató Zrt.:
  - Felszíni és felszín alatti vizek védelme.
  - Földtani közeg védelme.
  - Nem radioaktív hulladékok kezelése.
- SCIAP Kutatás-fejlesztési és Tanácsadó Kft.:
  - Felszíni vizek védelme, vízi élővilág védelme.
- Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék (BME VVT):
  - Felszíni vizek védelme.
- Kék Csermely Vízvédelmi és Környezetgazdálkodási Tervező és Szervező Kft.:
  - Felszíni és felszín alatti vizek védelme.
- Isotoptech Nukleáris és Technológiai Szolgáltató Zrt.:
  - Élővilág sugárterhelésének vizsgálata.
  - Felszín alatti vizek védelme.
- HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont (HUN-REN EK), Atomenergia-kutató Intézet:
  - Sugárvédelem, a lakosság sugárterhelésének vizsgálata.
- SOMOS Környezetvédelmi Fejlesztő Szolgáltató és Kereskedelmi Kft.
  - Környezeti radioaktivitás vizsgálata.
- BioAqua Pro Környezetvédelmi, Szolgáltató és Tanácsadó Kft.:
  - Élővilág-, természetvédelem.
- ÖKO Környezeti, Gazdasági, Technológiai, Kereskedelmi, Szolgáltató és Fejlesztési Zrt.:
  - Települési környezet, tájvédelem.
- V-MED Oktatási, Kutatási és Szolgáltató Bt.:
  - A lakosság egészségügyi állapotának vizsgálata.

Az egyes szakterületi szakértők felsorolását és szakterületi jogosultságaik igazolását – a Magyar Mérnöki Kamara közhiteles névjegyzéke[1], illetve az Agrárminisztérium Természetvédelmi és Tájvédelmi Szakértői Névjegyzéke[2] aktuális adataival összhangban – az *1.4.2-1. táblázat* tartalmazza.

1.4.2-1. táblázat: A KHT elkészítésében közreműködő szakértők és szakterületi jogosultságaik

Szervezet	Szakértő / szakterület(ek)	Kamarai szám(ok) / jogosultságok, engedélyek kódjai, szakértői névjegyzéki bejegyzés elérhetősége
AFRY ERŐTERV ZRt.	Gátiné Magyar Rozália Sugárvédelem	01-15651, 01-64695 EN-A, NSZ-3., NSZ-11., NSZ-17., NSZ-19. SVR-HA18098 https://www.mmk.hu/nevjegyzek?id=1961
AFRY ERŐTERV ZRt.	Hayer Péter Hulladékgazdálkodás, levegőtisztaság-védelem, víz- és földtani közeg védelem, zaj- és rezgésvédelem	01-2861 SZÉM5, SZÉM6, EN-HŐ, EN-ME, EN-VI, SZKV-1.1., SZKV-1.2., SZKV-1.3., SZKV-1.4. https://www.mmk.hu/nevjegyzek?id=52880
AFRY ERŐTERV ZRt.	Romenda Tamás Hulladékgazdálkodás, levegőtisztaság-védelem, víz- és földtani közeg védelem, zaj- és rezgésvédelem, klímavédelem	01-12548, 01-64686 SZKV-1.1., SZKV-1.2., SZKV-1.3., SZKV-1.4., K-Sz, NSZ-3., NSZ-11., NSZ-17., NSZ-19., NSZ-20. SVR-HA19197 https://www.mmk.hu/nevjegyzek?id=2056
BioAqua Pro Kft.	Dr. Kiss Béla Hidrobiológia, ökológia	SZ-050/2011., SZ-018/2018. SZTV, SZTjV https://ttsz.am.gov.hu/szakertok/338
MVM ERBE Zrt.	Dr. Fehér Zsófia Zaj- és rezgésvédelem, élővilágvédelem	13-11655, Sz-001/2010., SZKV-1.1., SZKV-1.2., SZKV-1.3., SZKV-1.4., SZTV, SZTjV https://www.mmk.hu/nevjegyzek?id=12495 https://ttsz.am.gov.hu/szakertok/82
MVM ERBE Zrt.	Nagyné Juhász Emőke Víz- és földtani közeg védelem	01-11964, 01-66916 SZKV-1.1., SZKV-1.2., SZKV-1.3., SZKV-1.4., SZVV-3.1., SZVV-3.9., SZVV-3.10., VZ-TEL, VZ-TER, ME-VZ, MV-VZ, VZ-VKG https://www.mmk.hu/nevjegyzek?id=51823
MVM ERBE Zrt.	Pintér Dávid Levegőtisztaság-védelem, klímavédelem	07-01251 SZKV-1.1., SZKV-1.2., SZKV-1.3., K-Sz https://www.mmk.hu/nevjegyzek?id=37132
NATURAQUA Zrt.	Kerékgyártó Tamás Víz- és földtani közeg védelem, klímavédelem	05-01890 SZKV-1.3., SZVV-3.1., SZVV-3.5., SZVV-3.9., SZVV-3.10., K-Sz https://www.mmk.hu/nevjegyzek?id=68324

[1] www.mmk.hu/informaciok/nevjegyzek
[2] ttsz.am.gov.hu/szakertok/szemelyek

Szervezet	Szakértő / szakterület(ek)	Kamarai szám(ok) / jogosultságok, engedélyek kódjai, szakértői névjegyzéki bejegyzés elérhetősége
Kék Csermely Kft.	Maján György Víz- és földtani közeg védelem	01-3036 SZKV 1.1., SZKV-1.3., VZ-TEL, VZ-TER, ME-VZ, MV-VZ, VZ-VKG https://www.mmk.hu/nevjegyzek?id=30131
ÖKO Zrt.	Magyar Emőke Tájvédelem, települési környezet	SZ-033/2009. SZTV, SZTjV https://ttsz.am.gov.hu/szakertok/186
AFRY SOM System Kft.	Puskás Anita Nukleáris környezetvédelem, radioaktív hulladék kezelés	17-06000 NSZ-19., NSZ-20. https://www.mmk.hu/nevjegyzek?id=84969
SOMOS Kft.	Dr. Nagy Gábor Sugárvédelem	13-15382, 13-66064 NSZ-10.2., NSZ-11. SVR-HA16235 https://www.mmk.hu/nevjegyzek?id=61318
V-MED Bt.	Prof. Dr. Sándor János Humánegészségügy	Közegészségtan-járványtan szakvizsga, megelőzőorvostan és népegészségtan szakvizsga

1.5. A környezeti hatásvizsgálati eljárás és kapcsolata az egyéb engedélyezési eljárásokkal, a tervezett tevékenység hatásvizsgálatának sajátosságai

1.5.1. A környezeti hatásvizsgálat és az egyéb hatósági engedélyezési eljárások jogszabályi háttere

A környezet védelmének általános szabályairól szóló, 1995 évi LIII. törvény 68. §-a értelmében a környezetre jelentős, illetve várhatóan jelentős mértékben hatást gyakorló tevékenységek megkezdése előtt környezeti hatásvizsgálatot kell végezni és környezetvédelmi engedélyt kell szerezni az illetékes környezetvédelmi hatóságtól. Ezen tevékenységek körét, továbbá a környezetvédelmi engedélyezési eljárás módját, fázisait, a környezetvédelmi hatóság részére benyújtandó dokumentumok tartalmi követelményeit a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet tartalmazza. A környezeti hatásvizsgálatok a Kormányrendelet szerint nemcsak új létesítményekre, hanem a meglévőkben történő, a rendeletben meghatározott változtatásokra, módosításokra – ezáltal az atomerőmű üzemidő-hosszabbítására – is vonatkoznak.

A környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenységek esetében – az 1995 évi LIII. törvény 67. §-a értelmében – a környezethasználó (kérelmező) előzetes konzultációt kezdeményezhet a környezetvédelmi hatóságnál. A 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 5/A. § (2) bek. értelmében az előzetes konzultáció célja, hogy a környezethasználó a KHT tartalmi követelményeiről a környezet- és természetvédelmi, valamint a Korm. rendelet 12. számú mellékletben meghatározott egyéb szakkérdésekre kiterjedő írásos véleményt kapjon a környezetvédelmi hatóságtól. Az előzetes konzultáció célja továbbá, hogy a nyilvánosság – a dokumentumok közzététele útján – a tervezett tevékenységgel kapcsolatos észrevételeit kifejtse.

Az előzetes konzultációt követő környezeti hatásvizsgálati eljárást a környezetvédelmi hatóság a környezethasználó kérelmére indítja meg. A kérelem mellé csatolni kell a hatóság előzetes konzultáció során adott véleménye, valamint a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 6. számú melléklete szerinti általános tartalmi követelményeknek megfelelő KHT-t.

Az atomerőművek üzemeltetése az országhatáron átterjedő környezeti hatások vizsgálatáról szóló, 1991. február 26-án, Espooban (Finnország) aláírt és a 148/1999. (X. 13.) Korm. rendelettel kihirdetett egyezmény (I. függelékének) hatálya alá tartozó olyan tevékenység, amely várhatóan jelentős, országhatáron átterjedő környezeti hatást idézhet elő. Amennyiben az

előzetes konzultáció során vizsgált tevékenységgel kapcsolatban országhatáron átterjedő jelentős környezeti hatás bekövetkezése feltételezhető, a környezetügyért felelős Minisztérium értesíti a külföldi hatásviselő feleket a tervezett tevékenységről, illetve az arra vonatkozóan folyamatban lévő környezeti hatásvizsgálati eljárásról. Amennyiben a külföldi hatásviselő fél az értesítésre adott válaszában bejelenti, hogy részt kíván venni a környezeti hatásvizsgálati eljárásban, akkor az eljárást az Espooi Egyezmény előírásai figyelembevételével kell tovább folytatni (nemzetközi környezeti hatásvizsgálati eljárás). Ennek során a KHT és a kapcsolódó dokumentumok megküldésre kerülnek a hatásviselő felek részére, valamint – a külföldi hatásviselők tájékoztatása és véleménye megismerése érdekében – konzultáció kerül lefolytatásra az érintett külföldi hatásviselőkkel. A környezetvédelmi hatóság a környezetvédelmi engedély tárgyában meghozott döntéséhez figyelembe veszi a nemzetközi eljárásban a külföldi hatásviselőktől kapott véleményeket, észrevételeket.

Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbításához a környezetvédelmi engedélyezési eljárást követően nukleáris biztonsági és villamosenergia-ipari engedélyezési eljárások lefolytatása is szükséges.

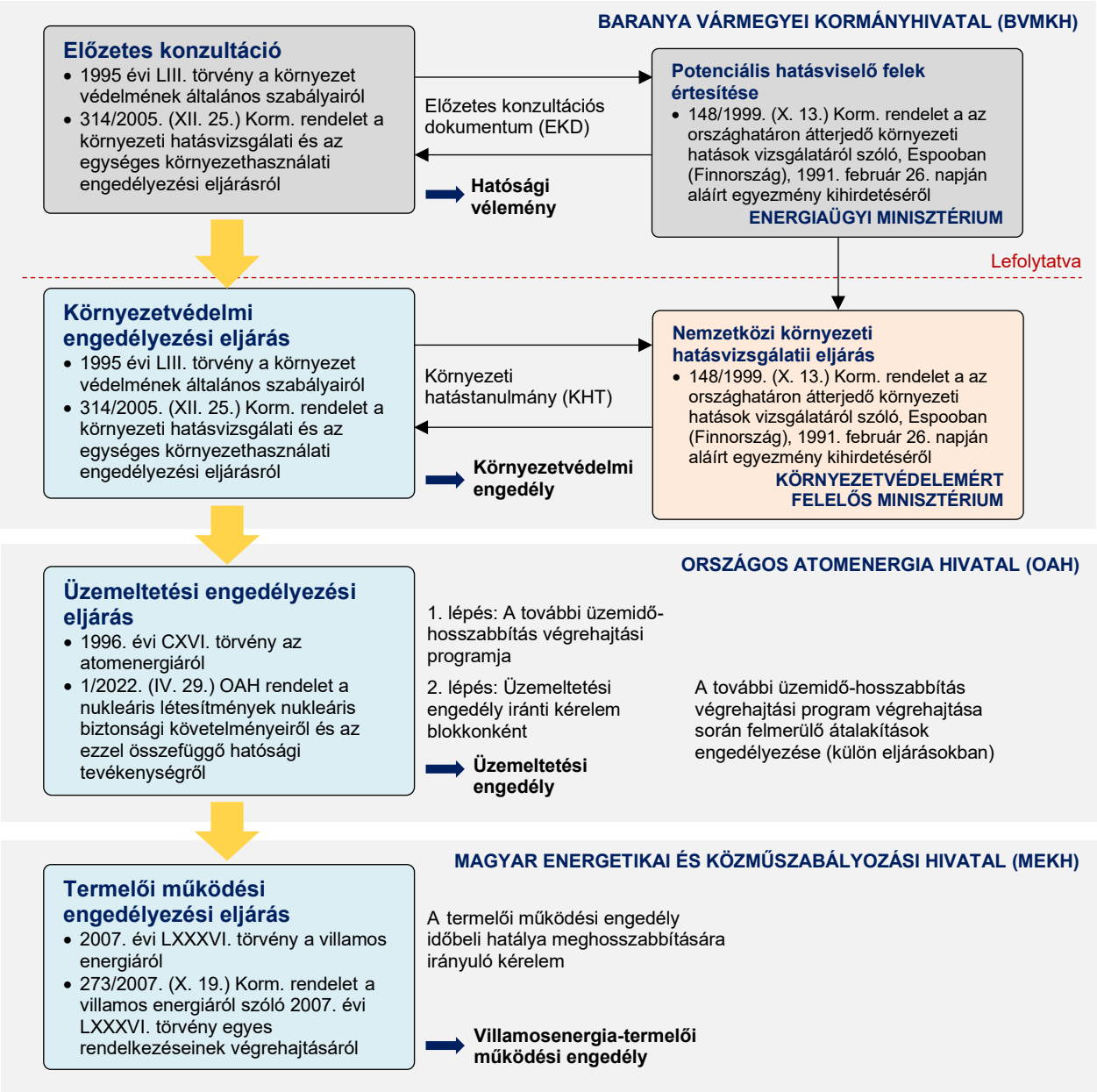
Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény 17. § (2) bek. 1 b) pontjában megfogalmazottak szerint az atomenergia-felügyeleti szerv, azaz az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) hatáskörébe tartozik a nukleáris létesítmény létesítéséhez, bővítéséhez, üzembe helyezéséhez, üzemeltetéséhez, tervezett üzemidején túli üzemeltetéséhez, – a jelen vizsgálat tárgyát képező – tervezett üzemidőn túli üzemeltetést követő további üzemeltetéséhez (TÜH), valamint az üzemen kívül helyezéséhez, megszüntetéséhez szükséges nukleáris biztonsági engedélyezés. A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet 18. § (1) bek. e) pontja értelmében a nukleáris biztonsági hatóság, az OAH által kiadott üzemeltetési engedély szükséges a nukleáris létesítmény üzemeltetése, tervezett üzemidején túli üzemeltetése mellett a tervezett üzemidőn túli üzemeltetést követő további üzemeltetéséhez (TÜH) is. A végleges környezetvédelmi engedély megszerzése előfeltétele a TÜH-re vonatkozó nukleáris biztonsági (üzemeltetési) engedély kiadásának.

Az atomerőmű blokkjai tervezett üzemidőn túli üzemeltetést követő további üzemeltetésére irányuló szándékát az engedélyes – a hatályos üzemeltetési engedély érvényességének lejárta előtt legkésőbb négy évvel – bejelenti a nukleáris biztonsági hatóságnak, egyidejűleg benyújtja a tervezett üzemidőn túli üzemeltetést követő további üzemeltetés feltételeinek megteremtésére előirányzott végrehajtási programját. Az OAH a végrehajtási programot – amennyiben az megfelel az OAH rendeletben foglalt követelményeknek – jóváhagyja, és annak végrehajtását ellenőrzi. A TÜH végrehajtási program teljesítése során felmerülő átalakítások elvégzéséhez szükséges engedélyeket a hatályos üzemeltetési engedély fennállása alatt, a vonatkozó tevékenység engedélyezésére irányadó szabályok szerint külön kell beszerezni.

Az OAH a tervezett üzemidőn túli üzemeltetést követő további üzemeltetést az engedélyes kérelmére kiadott új üzemeltetési engedélyben engedélyezi. Az engedély iránti kérelmet atomerőművi blokkonként kell benyújtani, legkésőbb az érvényes üzemeltetési engedély lejárta előtt egy évvel. Az engedélyezés részletes szabályait az 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet mellékleteit képező Nukleáris Biztonsági Szabályzatok 1. és a 4. kötetei tartalmazzák.

A villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény 74. § (1) bek. b) pontja értelmében az 50 MW és az ezt meghaladó névleges teljesítőképességű erőmű villamosenergia-termelése a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) által kiadott villamosenergia-termelői működési engedély birtokában végezhető. A törvény 75. § (4) bek. értelmében a működési engedély meghosszabbítására az engedély megadására vonatkozó szabályokat kell alkalmazni. A termelői működési engedély időbeli hatályát atomerőmű esetében legkorábban az engedély lejárta előtt öt évvel lehet meghosszabbítani. A termelői működési engedély időbeli hatálya meghosszabbítására irányuló kérelmet legkésőbb az engedély lejárta előtt 180 nappal kell benyújtani. Az engedélyezés részletes szabályait a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 273/2007. (X. 19.) Korm. rendelet határozza meg.

A teljes engedélyezési folyamatról, annak jogszabályi hátteréről az *1.5.1-1. ábra* ad áttekintést.



1.5.1-1. ábra: Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának engedélyezési folyamata

1.5.2. A tervezett tevékenység környezeti hatásvizsgálatának sajátosságai

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának környezeti hatásvizsgálata több szempontból is speciálisnak tekinthető egy hagyományos, jellemzően új tevékenységre vonatkozó hatásvizsgálathoz képest. Ezek a sajátosságok a hatásvizsgálatra vonatkozó jogszabályi előírások tükrében az alábbiak:

- A tervezett tevékenység hatásvizsgálati szempontból legfontosabb specialitása az, hogy egy már évtizedek óta működő létesítményre vonatkozik az eljárás. Általános esetben egy működő tevékenység által okozott környezeti hatások felmérésére, értékelésére a környezeti felülvizsgálatokat alkalmazzák, az atomerőmű üzemidejének meghosszabbítása azonban környezeti hatásvizsgálat-köteles tevékenység.
  Jelen esetben tehát a környezeti hatásvizsgálati eljárás lefolytatása szükséges, szemben a környezetvédelmi felülvizsgálati eljárással, annak ellenére, hogy egy meglévő tevékenység további folytatásáról van szó, amelynél jórészt nem becslésen, hanem valós

mérési, tapasztalati eredményeken alapulhatnak a továbbiakban várható környezeti hatásokra vonatkozó előrejelzések.

- A 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet nem határoz meg külön, önálló követelmény-rendszert a meglévő létesítmények módosításához tartozó hatásvizsgálat elvégzéséhez. Az új létesítményekre kialakított hatásvizsgálat tartalmi követelményei azonban nem mindenben alkalmazhatók a működő üzemek módosítása esetén. Új tevékenységnél a KHT-ban kiemelkedő fontosságú kérdés, hogy a tervezett tevékenység és a hozzá tartozó létesítmények az adott környezetbe illeszthetők-e. A jogszabály tartalmi követelményei is e kérdéskörre koncentrálnak. Jelen esetben ez csak a TÜH előkészítéseként tervezett átalakítások (pl. alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a kapcsolódó csúcshűtő rendszer kialakítása /*2.2.2. fejezet*/) lehet kérdés, hiszen a villamosenergia-termelés mint tevékenység már beillesztett a környezetbe, az atomerőmű 1982 óta üzemel. Mivel várhatóan az erőműhöz kapcsolódó jelenlegi környezeti hatások, hatásfolyamatok lesznek a későbbiekben is meghatározók, így az erőmű jelenlegi környezeti hatásainak elfogadhatósága lényeges szempont a későbbi tevékenység megítélése szempontjából is. Mind az előzetes konzultációhoz elkészített EKD, mind a KHT hangsúlya ezért a jelenlegi állapot bemutatásán van, a jelenlegi környezeti hatások is értékelésre, minősítésre kerülnek. (A jelen állapot minél teljesebb körű bemutatása érdekében az EKD és a KHT kidolgozásának részeként környezeti állapot értékelő vizsgálati program is végrehajtásra került a KHT megalapozása érdekében.)
  A környezeti hatásvizsgálatnak jelen esetben arra kell koncentrálnia, hogy a jelenlegi állapot elfogadható-e, és hogy a tovább üzemeltetett erőmű kumulatív környezeti hatásai a várható 20 éves élettartam növekmény miatt hogyan változnak. Figyelembe kell venni továbbá a környezeti jellemzők várható változását is (pl. klímaváltozás, Duna hidrológiai jellemzőinek előre jelezhető változásai, népesség, a környezetben folyó emberi tevékenység).
- Sajátosság az is, hogy mivel jelen esetben atomerőmű volt a vizsgálat tárgya, így nemcsak hagyományos környezeti kibocsátásokkal kellett számolni, hanem radiológiai kibocsátásokkal is. Minden környezeti elem, rendszer tekintetében mindkét vizsgálati megközelítés alkalmazásra került. (A radioaktivitással, illetve sugárvédelemmel nem összefüggő, környezeti hatások, illetve szakterületek a továbbiakban a dokumentumban „hagyományos”-ként kerülnek említésre.) Ehhez kapcsolódó további lényeges körülmény, hogy az alkalmazott fogalmak, meghatározások az egyes szakterületek alkalmazott gyakorlatának megfelelőek. Erre példa, hogy a hagyományos szakterület esetében alkalmazott havária fogalma a radioaktivitással, illetve sugárvédelemmel összefüggő szakterületek esetében – a Nukleáris Biztonsági Szabályzatokban alkalmazottak szerint – az üzemzavar és baleset fogalmának feleltethető meg.
- Meglévő létesítményeknél a környezeti hatótényezőket és hatásfolyamatokat, valamint az ezek következtében beálló állapotváltozásokat az eddigi működés során végzett monitoring tevékenység eredményeivel lehet jellemezni és a további üzemidő-hosszabbítás időszakára becsülni. A környezeti elemek, rendszerek jelen állapota alapvetően meghatározza a továbbműködés során várható környezeti állapotot is. Ennek oka az is, hogy a tervezett üzemidő-hosszabbítás nem igényli az atomerőmű villamosenergia-termelő technológiájának átalakítását, módosítását, vagy jelentős átépítést a működő erőműben. A TÜH végrehajtását megalapozó tevékenység alapvetően a meglévő erőművi épületek, építmények, létesítmények, berendezések felülvizsgálatát, ellenőrzését, állagmegóvását, az elöregedő berendezések, alkatrészek cseréjét, felújítását jelenti, mely tevékenységek az atomerőmű normál üzemi (azaz 2032-2037-ig engedélyezett) működéséhez is alapvetően szükséges munkák része. A TÜH megvalósításának előkészítése keretében azonban néhány olyan átalakítás is tervezett (*2.2.2. fejezet*), amelyek lehetséges környezeti hatásainak a hatásvizsgálata is megtörtént a KHT megalapozásának részeként.
- A hagyományos környezeti hatásvizsgálatoknál vizsgálandó telepítési fázis (azaz a jogszabály értelmezése szerint „a tevékenység gyakorlásához szükséges feltételek megteremtése, különösen a területfoglalás, az építési terület előkészítése, az építés, a

berendezések felszerelése") jelen esetben csak részlegesen értelmezhető. Telepítési fázisként a TÜH előkészítéseként tervezett átalakítások végrehajtása (elsősorban az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és kapcsolódó csúcshűtő rendszer kialakítása), továbbá az egyes berendezések modernizációjával, rekonstrukciójával, cseréjével kapcsolatos egyéb tevékenységek vehető figyelembe. Ezeknek a tevékenységeknek egy jelentős része azonban a normál üzemi működés során is folyamatos, ezért ennek a fázisnak az önálló vizsgálata csak a számottevő, a normál üzemeléshez képest többletként jelentkező környezeti hatásokra vonatkozóan szükséges. Az üzemelés során folyamatosan végzett tevékenységekből eredő hatások viszont már az első üzemidő-hosszabbítására vonatkozó KHT részeként (mint az atomerőmű továbbüzemelése) kezelésre, értékelésre és engedélyezésre került.

A telepítési, azaz a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása előkészítési fázisa részeként környezeti szempontból a normál üzemi fenntartási, karbantartási munkákon túlmutató, nagyobb volumenű, nagyobb gyakoriságú, esetleg kampányidőszakot igénylő, ezért többlet környezeti hatással járó beavatkozásokat kellett értékelni jelen hatásvizsgálat részeként. Ezek a tevékenységek az EKD kidolgozásával párhuzamosan elvégzett, a további üzemidő-hosszabbítást megalapozó műszaki szempontú részletes állapot- és állagfelmérési vizsgálatok eredményeként kerültek meghatározásra.

- A továbbüzemelés hatásainak értékeléséhez jól megalapozott hatásértékelést lehet adni a legtöbb szakterület tekintetében, hiszen a Paksi Atomerőmű előző élettartam hosszabbításának és teljesítmény-növelésének környezetvédelmi engedélyezéséhez kapcsolódóan a részletes szakterületi felmérések adatai hozzáférhetők, felhasználhatók, ugyanúgy, mint a környezetvédelmi engedélyben szereplő előírt monitorozási tevékenység eredményei. Közel egy évtizeddel később a paksi telephelyen létesítendő új atomerőművi blokkok (Paks II.) környezetvédelmi engedélyezéséhez szükséges környezeti hatásvizsgálat előkészítését megalapozóan újabb felmérések, mérések, vizsgálatok történtek a Paks II. feltételezett hatásterületén, amely jelentős részben átfed a Paksi Atomerőmű hatásterületével, ezért az onnan származó adatokat az alapállapot változásának jellemzésénél szintén figyelembe lehetett venni.

  A hatásvizsgálatban a vizsgált időszakokban kapott eredmények, illetve eltéréseinek vizsgálata alapján az esetleges változások okát kellett azonosítani, és kiszűrni azokat a hatótényezőket, melyek a Paksi Atomerőmű üzemelésétől függetlenül hatottak, és azokat, melyek kifejezetten az atomerőmű üzemszerű működéséhez kapcsolódó hatótényezőkhöz köthetők.
- Sajátos szempontja az elvégzett vizsgálatoknak az is, hogy a Paksi Atomerőmű telephelye mellett, az üzemelő 1-4. blokkok területével szomszédos területen épül a Paks II. Atomerőmű két új blokkja (az 5. és 6. blokk), amely a Paks II. Atomerőmű Zrt. – mint az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-től független társaság – beruházásában létesül. Alapul véve az új blokkok tervezett ütemű megvalósítását és azt a körülményt, hogy az építési fázishoz tartozó jelentős környezeti hatásokat eredményező tevékenységek a TÜH kezdeti időszakra befejeződnek, a TÜH időszakra vonatkozó jelen KHT a két erőmű együttes üzemelésének hatásait értékelte. Ennek megfelelően a Paksi Atomerőmű hatásainak önálló vizsgálata mellett a hat erőműblokk (Paksi Atomerőmű négy meglévő és Paks II. Atomerőmű két új blokkja) együttes üzemeléséből eredő összeadódó hatások értékelése is megtörtént. A Paksi Atomerőmű TÜH időszakot megelőző üzemeltetésének és a Paks II. Atomerőmű építésnek hatásait, azok elfogadhatóságát és megengedhetőségét a Paks II. Atomerőműre vonatkozó KHT értékelte. Az új blokkok létesítésében bekövetkező változások hatásai – akár a műszaki tartalom, akár az ütemezés esetében – azon vizsgálatok felülvizsgálataként kezelhetők.
- Az atomerőművek esetében a felhagyás (leszerelés) a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet értelmében önálló hatásvizsgálat köteles tevékenység, így jelen környezetvédelmi engedélyezési eljárás részeként e fázis ismertetése csak elvi szintű bemutatásra terjed ki.
- A meghosszabbított üzemidő alatt keletkező többlet kiégett üzemanyag, illetve radioaktív hulladék elhelyezésével kapcsolatos – az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-től független, önálló

szervezet (Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. /RHK Kft./) által végzett – tevékenységek külön környezetvédelmi engedélyezési eljárások keretében kerülnek engedélyezésre. A TÜH során keletkező kiégett üzemanyag átmeneti tárolásával, valamint a radioaktív hulladékok végleges elhelyezésével kapcsolatos információk jelen KHT-ban való bemutatása – hasonlóan az atomerőmű leszereléséhez – csak ismertetés jellegű.

- A fentiekben leírtakból következik, hogy a hatásterület lehatárolásának is el kell térni a megszokottaktól. A jogszabály szerint *„a közvetlen hatásterületek az egyes hatótényezőkhöz hozzárendelhető területek, amelyek lehetnek a földbe, vízbe, levegőbe való egyes anyag- vagy energiakibocsátások terjedési területei az érintett környezeti elemben, valamint a föld, víz, élővilág, épített környezet közvetlen igénybevételének (területfoglalás), a tájban várható változások területei”*. A közvetett hatások hatásterületei pedig *„a közvetlen hatások területein bekövetkező környezeti állapotváltozások miatt továbbterjedő hatásfolyamatok terjedési területe azon környezeti elemek és rendszerek szerint, amelyeket valamely hatásfolyamat érint”*. A jogszabályi idézetből látható, hogy a hatásterület minden esetben valamilyen kimutatható környezeti állapotváltozás térbeli kiterjedéséhez köthető. Jelen esetben számottevő térbeli kiterjedéssel is jellemezhető állapotváltozással nem kell számolni. Így a hatásterület meghatározásánál alapvetően a jelen állapot, a jelenlegi működés kimutatható, számítható, modellezhető állapotváltozási területeiből kellett kiindulni. Ugyanakkor a környezeti elemek kalkulálható változásait is figyelembe kellett venni a hatásértékelés során. Amennyiben valamely környezeti elemben, rendszerben a jelenlegi állapothoz képest eltérő hatásterülettel kellett számolni a továbbüzemelés során, az a hatásterület lehatárolásánál külön bemutatásra került.

A környezeti hatásvizsgalatban a figyelembe vett alapadatok, a környezet állapotára vonatkozó általános információk referencia dátuma 2024. december 31. volt, amely a szakterületek vizsgálati sajátosságainak figyelembevételével került módosításra és ismertetésre egyes esetekben.

1.6. A környezeti hatástanulmány készítésének módszere

1.6.1. A hatásvizsgálat logikai folyamata, fázisai

A környezeti hatásvizsgálat alapvető célja a vizsgált tevékenység következtében a környezet egyes elemeiben, rendszereiben beálló változások előre becslése, és minősítése a végső hatásviselőkben beálló változások alapján. Ehhez első lépésként az erőművi technológia, illetve az ahhoz kapcsolódó tevékenységek kerültek áttekintésre annak érdekében, hogy az egyes környezeti hatótényezők (pl. környezeti anyag- és energiakibocsátások, hulladékkeletkezés, zajterhelés stb.) azonosíthatók legyenek. Ezek ismeretében a hatásvizsgálatoknál a legfontosabb a „hatótényező → közvetlen hatások → közvetett hatások, azaz a hatásfolyamatok → közvetlen és közvetetten érintettek, azaz hatásviselők → végső hatásviselők” logikai lánc áttekintése volt. A hatásvizsgálat becsléseinek elvégzéséhez elsőként tehát meg kellett határozni a vizsgált tevékenység hatótényezőit és az ezekből elinduló hatásfolyamatokat, illetve le kellett határolni a vizsgálati területet. Az állapotváltozások becslése a következő lépések szerint történt:

- A tervezett tevékenység (technológia, működési folyamatok, anyagfelhasználás, kapcsolódó tevékenységek, környezeti kibocsátások) áttekintése.
- Környezeti hatótényezők meghatározása.
- Hatásfolyamatok feltérképezése.
- A feltételezett teljes hatásterület, azaz a vizsgálati terület előzetes lehatárolása.
- Környezetállapot leírása (a potenciális hatásviselők érzékenységének megállapítása),
- Hatásfolyamatok és az állapotváltozások becslése.
- Állapotváltozások értékelése, a hatásterületek környezeti elemenkénti végső lehatárolása, a lehatárolt elemi hatásterületek összegzése, a tervezett tevékenység teljes hatásterületének meghatározása.
- Javaslatok a kedvezőtlen hatások elkerülése, mérséklése érdekében.

Az EKD elkészítése során a TÜH várható környezeti hatásainak és a hatásterület előzetes becslésére került sor, amely a végrehajtott szakterületi vizsgálati programok eredményei ismeretében jelen KHT-ban került pontosításra, illetve kiegészítésre.

Az atomerőmű telephelye és környezete alapállapotának felmérése, valamint a KHT elkészítésének megalapozásához szükséges vizsgálatok végrehajtása céljából 13 szakterületi vizsgálati program került végrehajtásra.

A radiológiai és hagyományos szakterületeket átfogó vizsgálati programok végrehajtása keretében összegyűjtésre, feldolgozásra és értékelésre kerültek a telephelyre vonatkozóan – mind a Paksi Atomerőmű üzemeléséhez, mind a Paks II. létesítéséhez kapcsolódóan – elvégzett korábbi környezetvédelmi vizsgálatok eredményei, dokumentumai. A vizsgálati programok kiterjedtek továbbá minden olyan szakterületi vizsgálat (helyszíni mérések és mintavételek, modellszámítások, adatfeldolgozások és értékelések) elvégzésére, amelyek a KHT elkészítéséhez elengedhetetlenül szükségesek.

A KHT-ban a TÜH-hoz kötődően várható környezeti hatások becslése egyrészt az atomerőmű eddigi üzemelése során végzett környezeti monitoring eredményein, üzemeltetési tapasztalatokon és korábban elvégzett elemzések, modellszámítások eredményein, másrészt a vizsgálati programok keretében végzett új helyszíni mérések, mintavételek és elemzések eredményein alapul. Ezek az adatok és információk tartalmuk, részletezettségük alapján megfelelő szakmai alapot biztosítottak a jelen KHT elkészítéséhez.

1.6.2. A felhasznált főbb dokumentumok

A KHT kidolgozása során alapadatforrásként az alábbi főbb dokumentumok kerültek felhasználásra:

- A Paksi Atomerőmű üzemelésére vonatkozó hatályos környezetvédelmi engedély és annak módosításai.
- A Paksi Atomerőmű első üzemidő-hosszabbításának környezeti hatásvizsgálatával kapcsolatos dokumentumok:
  - Az első üzemidő-hosszabbítás környezeti hatásvizsgálatát megalapozó telephely jellemzési program szakterületi zárójelentései (2002-2006).
  - Az első üzemidő-hosszabbításra vonatkozó környezeti hatástanulmány (KHT).
- A Paksi Atomerőmű hatályos Végleges Biztonsági Jelentése (VBJ).
- Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. éves jelentései (környezetvédelmi, sugárvédelmi), a környezetvédelmi hatóság részére benyújtott időszakos jelentései, adatszolgáltatásai, környezetellenőrzési adatai.
- Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. környezetvédelmi tárgyú belső szabályzatai, eljárásrendjei.
- A Paks II. Atomerőmű létesítésével kapcsolatos dokumentumok:
  - A Paks II. Atomerőmű létesítésére és üzemeltetésére vonatkozó környezeti hatástanulmány (KHT) és kiegészítései.
  - A Paks II. Atomerőmű nukleáris biztonsági telephely engedélyezésének dokumentumai (Telephely Biztonsági Jelentés és kiegészítései).
  - A Paks II. Atomerőmű Zrt. Első Beton előtti Előzetes Biztonsági Jelentése (EB EBJ).
  - A Paks II. Atomerőmű Zrt. adatszolgáltatása.
- Hivatalos statisztikák, adattárak (pl. KSH online adatbázisai, közúti adatbank).
- Térképek, műholdfelvételek.

1.6.3. A környezeti hatások minősítése, kritériumai

A környezeti hatások minősítésénél figyelembe vett legfontosabb tényezők a következők voltak:

- Határérték, vagy más elfogadott normarendszer valamilyen határpontjának a meghaladása.
- A hatás térbelisége (nagy kiterjedés növelheti a hatásviselők számát és így a hatás jelentőségét is).

- A hatás időbelisége (tartóssága).
- A folyamatok visszafordíthatósága.
- A káros vagy kedvezőtlen hatásfolyamatok kialakulásának megakadályozási, csökkentési lehetősége.
- A becslések megbízhatósága, bizonytalansága.

A hatásvizsgálatokban a becsült környezeti hatások miatt előre jelzett változások minősítése nem jelenhet meg mindig számszerűen (pl. az élőközösségben beálló változások). Ezért általában minősítési kategóriák bevezetése volt szükséges. Jelen vizsgálatban a változások becslésénél a hatástanulmányoknál alkalmazott, a környezeti elemek belső állapotváltozására vonatkozó minősítési kategóriák kerültek alkalmazásra. Az állapotváltozások jelen hatásvizsgálatban alkalmazott általános minősítését az *1.6.3-1. táblázat* adja meg.

1.6.3-1. táblázat: A környezeti hatások okozta állapotváltozások alkalmazott általános minősítési kategóriái

Minősítés	Magyarázat
Megszüntető	Azok a változások tartoznak ide, ahol egy környezeti elem, rendszer valamilyen önállónak tekintett minősítési egysége vagy az elem és rendszer egésze, vagy az elem, rendszer valamilyen önálló összetevője megszűnik létezni. Szintén ide tartozik, ha az elemnek vagy rendszernek megszűnnek azok a jellemzői, amelyek a besorolást meghatározták (pl. a termőföld beépítés során megszűnik termőföldként funkcionálni.)
Károsító	A kategória két tényező együttes megjelenését tételezi fel. Az egyik a vonatkozó határérték, előírás stb. meghaladása és ezzel az illető elemnek egy rosszabb minőségi osztályba kerülése. Itt nem feltétlenül jogi formába öntött határpontok meghaladásáról van szó. A második feltétel a változás visszafordíthatatlansága vagyis, hogy a változás következményeit csak emberi beavatkozás korrigálhatja. (Az adott környezeti elem belső folyamatai, öntisztulási, regenerációs képessége ezt már nem teszi lehetővé.) Visszafordíthatatlannak tekintjük és így a károsító kategóriába soroljuk azokat a változásokat is, melyek ideiglenesek ugyan, de periodikusan ismétlődőek (pl. napi terhelési csúcsok).
Terhelő	Két megkülönböztethető eset sorolható ide: Az elsőnél az előzőekben leírt irreverzibilitás fennáll ugyan, de a változás nem jelenti határérték vagy más minősítési korlát átlépését. A második esetnél a korláttúllépés megtörténik, de a hatás erre irányuló beavatkozás nélkül visszafordítható. Vagy azért, mert a hatótényező egyszeri, megszűnő jellegű vagy azért, mert a hatások folyamatosan jelentkeznek, de intenzitásuk elhanyagolható.
Elviselhető	Amennyiben kimutathatók nem kívánatos változások (pl. alkalmi, vagy csekély mértékű határérték közeli kibocsátás), de ezek nem befolyásolják az adott vizsgálati egység semmilyen lényeges tulajdonságát. Itt nem lehet szó tartós vagy gyakori határérték túllépéséről. Ezek a változások a tapasztalatok szerint általában kis területre korlátozódnak.
Semleges	Az a hatás tartozik ide, melynek léte igazolható, de az okozott változás olyan kicsi, hogy nem érzékelhető. Voltaképpen a semleges hatás nem hatás, és csak az abiotikus elemeknél értelmezhető, az élő szervezeteknél és a rendszereknél jobb, ha a nincs hatás vagy a nem kimutatható kifejezéssel élünk.
Javító	Azok a változások, amelyek egy környezeti elem, rendszer valamilyen mennyiségi vagy minőségi jellemzőjét pozitív irányba mozdítják el. Minden olyan javulást ide sorolunk, amikor új érték nem keletkezik, hanem a meglévő értékek növekednek.

A hatásbecslés során az egyes környezeti hatások okozta állapotváltozások fenti minősítése mellett azok tartóssága és jelentősége is értékelésre került. A várható környezeti hatások időtartamuk (tartósságuk) alapján lehetnek rövidtávúak (max. néhány hónap), középtávúak (max. 3 év) és hosszú távúak (3 évnél hosszabb). A hatások jelentőségük alapján lehetnek kis jelentőségűek, közepes jelentőségűek és nagy jelentőségűek. A terhelő, valamint a nagy jelentőségű hatás feleltethető meg a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet szerinti jelentős hatásnak.

1.6.4. Összetartozó tevékenység megvalósításának vizsgálata

A 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 2. § (2) bek. e) pontja értelmében összetartozó tevékenységnek minősül a rendelet 3. számú melléklet szerinti és az 1. vagy 3. számú mellékletbe tartozó tevékenységgel[3] azonos, a környezethasználó által e tevékenységekkel azonos vagy szomszédos ingatlanon, közös beruházási céllal megkezdeni tervezett olyan tevékenység, amely a 3. számú melléklet szerinti tevékenységnek minősül, vagy olyan tevékenység, amely a 3. számú mellékletben meghatározott küszöbérték alá esik, azonban megkezdése esetén az 1. vagy 3. számú mellékletbe tartozó tevékenységgel együtt a 3. számú mellékletben meghatározott küszöbérték teljesül.

A Paksi Atomerőmű tervezett további üzemidő-hosszabbítása a Korm. rendelet 1. számú mellékletébe tartozik (31. pont), azaz méretmegkötés nélkül, önmagában környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenység. A Paksi Atomerőmű telephelyén az atomerőmű üzemeltetésével összefüggésben a további üzemidő-hosszabbítás megkezdését követően a Korm. rendelet 1. vagy 3. számú mellékletébe tartozó egyéb tevékenység megkezdése nem tervezett.

A Paksi Atomerőmű telephelyével szomszédos ingatlanokon az alábbi, a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet hatálya alá tartozó tevékenységek folynak, illetve tervezettek:

- Kiégett Kazetták Átmeneti tárolója (KKÁT) /üzemelő nukleáris létesítmény/:
  - Besorolása a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet szerint: 1. számú melléklet 17. pont: *„Kiégett nukleáris üzemanyag átmeneti vagy végleges tároló”* (méretmegkötés nélkül).
  - Engedélyes: Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (RHK Kft.).
  - Érvényes engedély ügyiratszáma: 1449-42/2025. (a Baranya Vármegyei Kormányhivatal által 2025. június 3-án kiadott környezetvédelmi működési engedély).
- Paks II. Atomerőmű /létesítés alatt álló nukleáris létesítmény/:
  - Besorolása a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet szerint: 1. számú melléklet 31. pont: *„Atomerőmű, atomreaktor”* (méretmegkötés nélkül).
  - Engedélyes: Paks II. Atomerőmű Zrt.
  - Érvényes engedély iktatószáma: 78-140/2016. (a Baranya Megyei Kormányhivatal által 2016. szeptember 29-én kiadott környezetvédelmi engedély).

A Paksi Atomerőmű telephelyével szomszédos ingatlanon végzett tevékenységek tehát önmagukban is a környezetvédelmi hatóság által kiadott engedélyekhez kötöttek, az engedélyes mindkét létesítmény esetében egy önálló, az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-től független társaság. A szomszédos Paks II. Atomerőmű – mint azonos tevékenység – szintén méretmegkötés nélkül hatásvizsgálat-köteles, a beruházója a Paks II. Atomerőmű Zrt., mely a létesítményre vonatkozóan érvényes környezetvédelmi engedéllyel rendelkezik.

A Paksi Atomerőművel szomszédos ingatlanon helyezkedik el továbbá a meglévő, a MAVIR Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt. által üzemeltetett Paksi 400/120 kV-os transzformátorállomás. A 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 3. számú mellékletének 127/A. pontja értelmében transzformátor-alállomás létesítése abban az esetben vizsgálat-köteles, ha védett természeti területen, Natura 2000 területen helyezkedik el. A meglévő Paksi transzformátorállomás védettség alatt álló területeket nem érint, azonban a 2 hektárnál nagyobb területfoglalása, illetve a területének építési övezeti besorolása (beépített vagy beépítésre szánt terület) miatt – a jelenlegi szabályozás szerint – a Korm. rendelet 3. számú mellékletébe (128. pont) tartozik *(„egyéb, az 1–127/A. pontba nem tartozó építmény vagy építményegyüttes beépített vagy beépítésre szánt területen, 2 ha területfoglalástól”*). A transzformátorállomás azonban egy meglévő, önálló létesítmény, melynek engedélyese a MAVIR Zrt. önálló, az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-től független társaság.

[3] A 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 1. számú melléklete a környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenységeket, a 2. számú melléklete az egységes környezethasználati engedélyhez kötött tevékenységeket, a 3. számú melléklete a környezetvédelmi hatóság előzetes vizsgálatban hozott döntésétől függően környezeti hatásvizsgálatra kötelezett tevékenységeket sorolja fel tételesen.

A transzformátor-állomás tervezett bővítése 2026-2030 között valósul meg, melynek engedélyeztetése a MAVIR Zrt. feladata.

A fentiek alapján a Paksi Atomerőmű TÜH mint vizsgált tevékenység telepítési helyén vagy a szomszédos ingatlanokon nem tervezett azonos jellegű más tevékenység, mellyel összeadódva a jelen KHT-ban vizsgált tevékenység elérné a tevékenységre a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 1. vagy a 3. számú melléklete szerinti meghatározott küszöbértéket. A tervezett TÜH megvalósításához kapcsolódóan új nyomvonalas létesítmény (pl. villamos légvezeték, út, vasúti pálya, csatorna) nem tervezett.

A fentiek értelmében a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításával kapcsolatos összetartozó tevékenység megvalósítására nem kerül sor. Az egyes létesítményekre vonatkozó KHT és egyéb dokumentumok pedig vizsgálják és értékelik az egyes létesítmények kumulatív hatásait.

1.6.5. A környezeti hatástanulmány struktúrája, felépítése

A Paksi Atomerőmű TÜH-re vonatkozó környezeti hatásvizsgálat számos témakört felölelő vizsgálatokat, elemzéseket, modellszámítási feladatokat foglal magába, melyek több szakterület (műszaki, környezet- és természetvédelmi, sugárvédelmi, meteorológiai, hidrológiai stb.), illetve kiterjedt szakértői kör összehangolt munkájával kerültek elvégzésre. A hatásvizsgálat eredményeit bemutató KHT célkitűzése volt, hogy az egyes rész-szakterületek által elvégzett vizsgálatok nagy terjedelmű – a szöveges információk mellett számítási, modellezési eredményeket tartalmazó táblázatok, diagramok, térképek, ábrák, fényképek, mérési jegyzőkönyvek formájában – rendelkezésre álló eredménye áttekinthető, strukturált formában kerüljön bemutatásra, a jogszabályban előírt egyéb tartalmi elemek bemutatását is beleértve. Ennek érdekében KHT-hoz – egy-egy témakört felölelő – szakterületi mellékletek kapcsolódnak, továbbá a környezetvédelmi engedélyezést megalapozó dokumentumok részét képezi a KHT közérthető összefoglalója és – a szintén a jogszabályban előírt – nemzetközi fejezet.

A KHT a jogszabályi előírások (314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 6. és 7. számú mellékletében előírtak), valamint a környezetvédelmi hatóság előzetes konzultációt lezáró véleményében megfogalmazott tartalmi követelmények szerint került összeállításra:

- az 1. fejezetében összefoglalja az előzményeket, azaz bemutatja az előzetes konzultáció során a hatóságok, illetve a bevont egyéb szervek által tett, valamint a nyilvánosság részéről érkezett észrevételeket, bemutatja a KHT kidolgozásában közreműködő szakmai szervezeteket, intézményeket az egyes szakterületekhez rendelten,
- a 2. fejezetében ismerteti a tervezett tevékenységet, beleértve a telephely, az erőművi technológia, a kapcsolódó műveletek és létesítmények részletes leírását,
- a 3. fejezetében azonosítja és bemutatja a vizsgálandó környezeti hatótényezőket, hatásfolyamatokat,
- a 4. fejezetében az egyes szakterületek által elvégzett vizsgálatok eredményei alapján bemutatja és értékeli a tervezett tevékenység előkészítéséből és végrehajtásából eredően várható hagyományos környezeti hatásokat, azok értékelését és minősítését környezeti elemek, illetve rendszerek szerinti bontásban,
- az 5. fejezetében bemutatásra és értékelésre kerülnek a környezeti radioaktivitás jellemzői és az üzemidő-hosszabbítás miatt várható változások,
- a 6. fejezetében áttekintésre kerülnek az atomerőmű felhagyásának környezeti hatásai,
- a 7. fejezetében bemutatja a várható környezeti hatásokra vonatkozóan lehatárolt hatásterületeket térképi formában környezeti elemenként és összesítve,
- a 8. fejezetében az országhatáron esetlegesen átterjedő környezeti hatások kerülnek vizsgálatra és értékelésre,
- a 9. fejezetében a TÜH időszakra vonatkozóan javasolt környezetvédelmi intézkedések kerülnek bemutatásra.

A KHT megállapításainak, következtetéseinek alapjául szolgáló, az egyes szakmai szervezetek, illetve szakértői csoportok által elkészített önálló szakterületi mellékletekben kerülnek részletesen

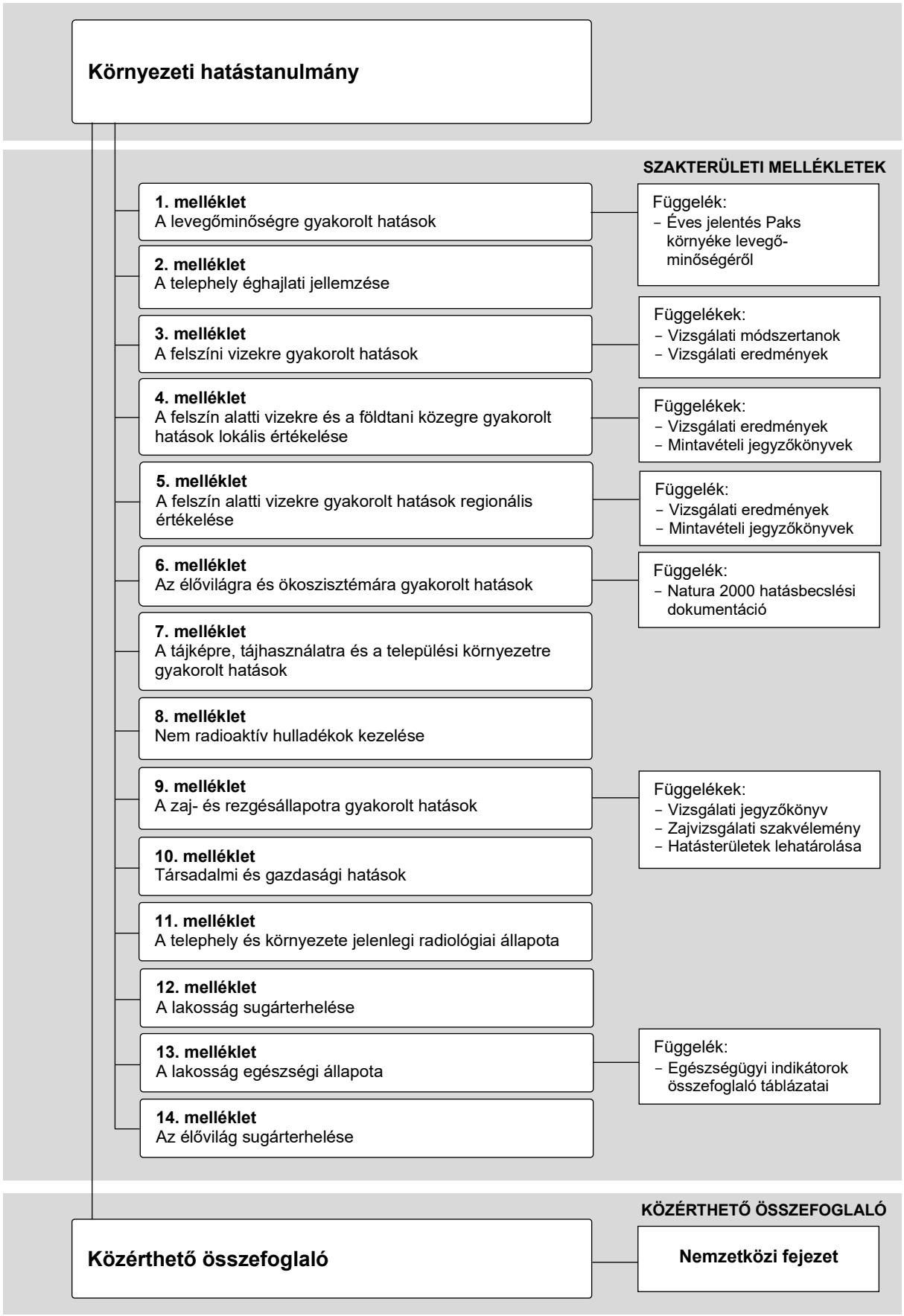
bemutatásra az adott szakterületi vizsgálatra vonatkozó jogszabályi és egyéb követelmények, a felhasznált alapadatok, adatforrások, kitérve az alkalmazott elemzési módszertan áttekintésére is. A szakterületi mellékletek ismertetik az adott szakterületi vizsgálathoz figyelembe vett környezeti alapállapot jellemzőit, valamint a TÜH miatt várható környezeti hatások vizsgálatának részleteit, az elemzési eredményeket, megállapításokat, következtetéseket. A szakterületi mellékletek az alábbi vizsgálati területekre vonatkozóan teljes körűen, dokumentálják az elvégzett hatásvizsgálat eredményeit:

- a levegőminőségre gyakorolt hatások,
- a telephely éghajlati jellemzése,
- a felszíni vizekre (és a vízi élővilágra) gyakorolt hatások,
- a felszín alatti vizekre és a földtani közegre gyakorolt hatások lokális értékelése,
- a felszín alatti vizekre gyakorolt hatások regionális értékelése,
- az élővilágra és ökoszisztémára gyakorolt hatások (Natura 2000 hatásbecslés),
- a tájképre, tájhasználatra és a települési környezetre gyakorolt hatások,
- hulladékgazdálkodás,
- a zaj- és rezgésállapotra gyakorolt hatások,
- társadalmi és gazdasági hatások,
- a telephely és környezete jelenlegi radiológiai állapota,
- a lakosság sugárterhelése,
- a lakosság egészségügyi állapota,
- az élővilág sugárterhelése.

A KHT közérthető összefoglalója a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 6. számú mellékletében előírtak szerint a hazai és külföldi nyilvánosság részére mutatja be a tervezett tevékenységet és annak várható környezeti hatásait.

A közérthető összefoglalóhoz kapcsolódóan, önálló dokumentumként összeállított – a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 14. § (1) bek. szerint hivatkozott – nemzetközi fejezet bemutatja az országhatáron esetlegesen átterjedő környezeti hatások vizsgálatának részletes eredményeit, valamint az előzetes konzultáció keretében értesített országok által tett észrevételek, kérdések összefoglalását és az azokra adott válaszokat.

A KHT dokumentáció felépítését, az egyes dokumentumrészek egymáshoz való kapcsolódását az *1.6.5-1. ábra* szemlélteti.



1.6.5-1. ábra: A KHT dokumentáció felépítése

1.6.6. Minősített adatok, üzleti titkot képező adatok felhasználása

Jelen KHT, valamint a hozzá kapcsolódó szakterületi mellékletek nem tartalmaznak minősített adatot vagy üzleti titkot képező adatokat. A dokumentációban bemutatott adatok és információk a nyilvánosság számára teljeskörűen megismerhetők, nyilvánosságra nem hozható, elkülönített munkarészeket a dokumentáció nem tartalmaz.

1.7. Az atomerőmű üzemidő-hosszabbítás nemzetközi helyzete, gyakorlata

Az elmúlt évek energiaellátási krízisei, a geopolitikai feszültségek, a szigorodó dekarbonizációs célszámok és a villamosenergia-felhasználás folyamatos növekedését okozó energiaellátási technológiai átalakulás alapvető fordulatot hoztak a globális energiapolitikában. Világossá vált, hogy a 100%-ban időjárásfüggő megújuló energia-hordozókra épülő forgatókönyvek komoly hálózati stabilitási és ellátásbiztonsági kockázatokkal járnak, és a fogyasztóknak, a fejlett országok gazdaságainak folyamatos és biztonságos villamosenergia-ellátásra van szükségük. Emiatt az új atomerőművek építése mellett a meglévő nukleáris kapacitások hosszú távú üzemeltetése (angolul Long Term Operation /LTO/) az energiaellátási függetlenség és a klímavédelmi célok elérésének első számú, legköltséghatékonyabb eszközévé vált világszerte.

Az atomerőművek nemzetközi szabályozási trendjei ma már egyértelműen a 60, 70 vagy akár 80 éves teljes üzemidő irányába mutatnak, különösen a robusztus felépítésű nyomottvizes (nyugati PWR és VVER) technológiák esetében. Néhány meghatározó ország ezirányú tevékenységének áttekintése alapján a jelen helyzet egyértelmű trendet mutat.

Az amerikai Nukleáris Szabályozó Hatóság (US NRC) alakította ki a világ egyik legszigorúbb, mégis leginkább kiszámítható keretrendszerét az ún. Subsequent License Renewal (SLR) programmal, míg az atomerőművek alapengedélyei eredetileg 40 évre szóltak, a blokkok első 20 éves üzemidő-hosszabbítási programja ezt 60 évre módosította. Az SLR program kifejezetten a 60 és 80 év közötti biztonságos működést célozza meg, ez tulajdonképpen az amerikai szabályozás szerinti, a paksi blokkok esetén jelen dokumentációban is tárgyalt további üzemidő-hosszabbítási (TÜH) projekt amerikai megfelelője. Az SLR keretében a hatóság kiemelten vizsgálja a nem cserélhető komponensek (pl. a reaktortartály), a beton épületszerkezetek és a földalatti kábelrendszerek öregedési mechanizmusait, kitér a szükséges berendezés-cserékre és felújításokra. A szabályozási cél egyértelműen az, hogy a létesítmények üzemeltetési engedélyei egymás utáni lépésekben, akár többször is meghosszabbíthatóak legyenek mindaddig, amíg az üzem biztonságosan lehetséges. Az engedélyezési rendszer lehetővé teszi a 80 éves üzemidő eléréséig, vagy akár az azon túli üzemeltetést is.

Svájcban a Beznau, Gösgen és Leibstadt erőművek biztosítják az ország áramtermelésének mintegy harmadát. A svájci szövetségi kormány megbízásából készült 2026. májusi hivatalos jelentés megállapította, hogy a Gösgen és Leibstadt blokkok 80 éves üzemeltetése műszakilag teljesen megvalósítható és piaci alapon is nyereséges. Ennek beruházási igénye blokkonként 0,7-1,2 milliárd svájci frank (CHF) közötti modernizáció. Az üzemidő-hosszabbítás kritikus fontosságú a téli áramhiány és a túl nagy importfüggőség kialakulásának elkerülése érdekében.

Svédországban az energiapolitika radikális fordulatát jelzi a Vattenfall stratégiai döntése. A közműcég és partnerei elvi határozatot hoztak a Forsmark és a Ringhals atomerőművek (összesen 5 blokk) üzemidejének 60-ról 80 évre történő meghosszabbításáról. Ez a döntés 800 TWh tiszta villamos energiát biztosít a svéd fogyasztóknak és az ipari elektrifikációnak a 2060-as évekig. A szükséges beruházásokat 40-50 milliárd svéd koronára (3,7-4,6 milliárd EUR) becsülik, melyeket a 2030-as években hajtanak végre a turbinák, kondenzátorok és az irányítástechnika cseréjével.

Franciaország, mint az Európai Unió legnagyobb atomerőművi kapacitással rendelkező tagállama, szintén nagy erőkkel dolgozik az üzemidő-hosszabbításon. Ott az atomerőművek üzemidő-hosszabbításának engedélyezése egy sajátos, kétlépcsős folyamatban zajlik. A francia nukleáris biztonsági hatóság (ASNR) először egy flotta-szintű, úgynevezett generikus (elvi) jóváhagyást ad ki az azonos típusú reaktorokra, amelyet később az egyes blokkok egyedi, tízéves felülvizsgálata és engedélyezése követ. A flotta-szintű, elvi jóváhagyások tekintetében

Franciaországban jelenleg összesen 52 blokk üzemidő-hosszabbítása van engedélyezve a tervezett 40 évről 50 évre, a 900 MW-os flotta mind a 32 blokkja és az 1300 MW-os flotta 20 blokkja rendelkezik az elvi engedéllyel. Az elvi engedély birtokában a gyakorlatban az engedélyek véglegesítése folyamatosan, ütemezetten történik. Franciaországban is minden atomerőművi blokknak 10 évente átfogó időszakos biztonsági felülvizsgálaton kell átesnie. Ha ezt sikeresen teljesíti, akkor lehetséges ténylegesen az adott blokk üzemidő-hosszabbítása. (Érdemes megemlíteni, hogy Franciaországban ezeken kívül üzemel még négy 1450 MW-os ún. N4 típusú és 1 darab 1600 MW-os EPR (European Pressurised Reactor) blokk, ezek még túl fiatalok ahhoz, hogy a 40 éven túli üzemidő-hosszabbításuk aktuális legyen.

Belgiumban az ukrajnai háború és az energiaválság hatására törölték a korábbi, az atomenergia teljes kivezetését célzó terveket. A kormány először a két legújabb blokk, a Doel 4 és a Tihange 3 üzemidejének 10 éves meghosszabbításáról döntött. Az Európai Bizottság jóváhagyta a belga állami támogatási csomagot, amely egy, a hosszú távú megtérülést biztosító Contract-for-Difference (CfD) ármechanizmuson és a BE-NUC nevű, 50-50%-os állami-magán (Engie/Electrabel) vegyesvállalat létrehozásán alapul. 2026. tavaszán a belga kormány felfüggesztette a korábban leállított reaktorok szétszerelését, fenntartva azok esetleges újraindítási lehetőségét a növekvő geopolitikai kockázatok közepette.

A holland kormány a nukleáris energiát helyezte klíma- és energiapolitikája középpontjába. Nemrégiben benyújtották az atomenergia-törvény módosítását, amely lehetővé teszi a jelenlegi egyetlen (Borssele) atomerőmű üzemidejének meghosszabbítását a jelenleg rögzített 2033-as határidőről 2054-re. Ezzel párhuzamosan létrehozták a NEO NL állami vállalatot két új, nagykapacitású blokk felépítésére és üzemeltetésére.

Finnországban a Fortum vállalat üzemeltetésében lévő Loviisa Atomerőmű VVER-440-es blokkjai 2050-ig kaptak további üzemeltetési engedélyt a finn kormánytól, ez 70 éves teljes üzemidőt jelent. A biztonság és stabilitás fenntartására egy 1 milliárd eurós, 10 fő elemből álló modernizációs programot hajtanak végre.

Csehországban a ČEZ energiavállalat bejelentette, hogy a Dukovany Atomerőműben működő négy – a Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjaival gyakorlatilag megegyező, eredetileg 440 MW-os (mára 500 MW-ra növelt teljesítményű) – VVER-440/V213 blokk esetében megkezdte az előkészületeket a 80 éves teljes üzemidő elérésére. A cseh ipari minisztérium hangsúlyozta, hogy a 80 éves üzemidő nem helyettesíti, hanem logikusan kiegészíti az új atomerőművi blokk építéseket a nemzeti energiastratégia részeként.

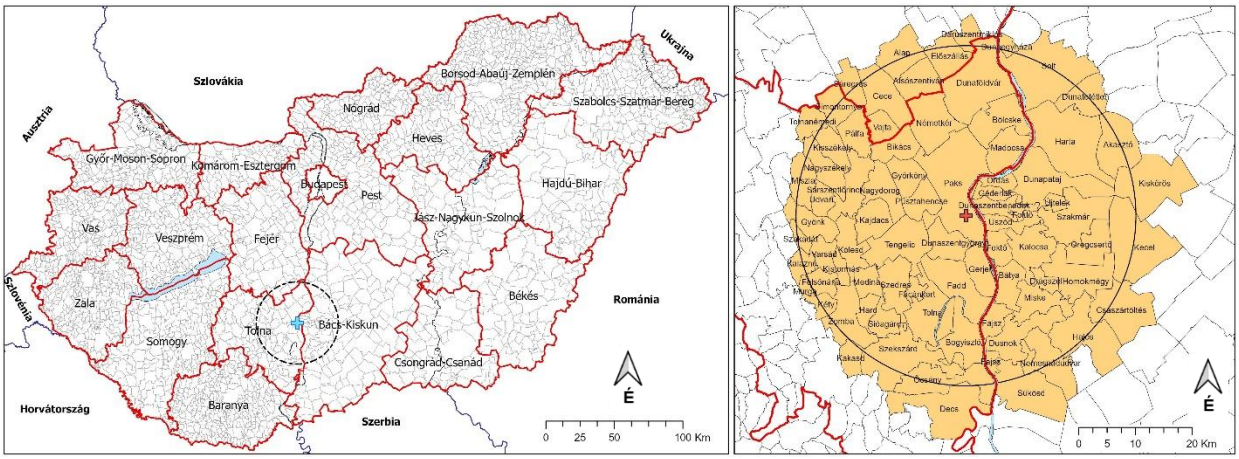
A fenti nemzetközi helyzetkép nagyon jól mutatja, hogy a paksi blokkok további üzemidő-hosszabbítása jól illeszkedik a nemzetközi trendekbe. Magyarország energiastratégiai és műszaki szempontból is számos országhoz hasonló lépésekre készül a meglévő atomerőművi blokkok üzemidő-hosszabbításával, ami nemcsak műszakilag lehetséges, biztonságos, hanem pénzügyileg is az optimális opció a karbonsemleges alaperőművi villamosenergia-termelés fenntartására. Több ország tervei azt is jól mutatják, hogy az újonnan épülő blokkok (mint a Paks II., a cseh új blokkok vagy a svéd és holland projektek) nem kiváltják, hanem kiegészítik a meghosszabbított üzemidejű, az 1970-es, 80-as években épített könnyűvíz hűtésű és könnyűvíz moderálású atomerőműveket. A jövőbeni jelentős villamosenergiaigény-növekedést csak így lehet stabilan rendelkezésre álló, karbonsemleges villamos energiával lefedni.

2. A további üzemidő-hosszabbítás, az atomerőmű telephelye és a nukleáris energiatermelés technológiája

2.1. Az atomerőmű telephelye és környezete

2.1.1. A telephely földrajzi elhelyezkedése

A Paksi Atomerőmű telephelye a dél-dunántúli régióban, Tolna vármegye keleti határán, a Dunától 1 km-re nyugatra, a folyó 1527. fkm szelvényénél, a 6. sz. főközlekedési úttól 1,5 km-re keletre található. A telephely Budapesttől 118 km-re délre, Paks város központjától pedig 5 km-re délre helyezkedik el. A legközelebbi országhatárszakasz délre található, légvonalban 63 km-re, a Dunán folyásirányban 94 km-re, az országhatár az 1433 fkm-nél húzódik. Az atomerőmű tágabb környezetének vizsgálatára vonatkozóan kijelölt 30 km sugarú kör területe Bács-Kiskun, Fejér és Tolna vármegyék, illetve ezeken belül 75 település területét érinti, összesen 282 743 ha területen (*2.1.1-1. ábra*). Az erőmű telephelyének tágabb – 30 km sugarú – környezetét átnézeti térképen a *2.1.1-2. ábra* mutatja.



2.1.1-1. ábra: A vizsgálati terület földrajzi kiterjedése

A kijelölt körzetet (Paksi régiót) a Duna két részre osztja. A Duna-Tisza-közén található rész teljes területe a dunántúli keleti és középső területével (Mezőfölddel) együtt a síkvidéki jellegű Alföld nagytájhoz tartozik, míg annak nyugati egysége a dombsági jellegű Dunántúli-dombság nagytáj részét képezi (*2.1.1-3. ábra*).

Az említett két nagytáj (Alföld, Dunántúli-dombság) alapvetően egymáshoz hasonló, de néhány paraméterében mégis különböző jellegű kistájak mozaikjaiból áll össze. Az Alföldhöz tartozik a Solti-sík (16 385 ha) a Kalocsai-sárköz (89 790 ha), a Bugaci-homokhát (6636 ha), a Közép-Mezőföld (29 310 ha), a Dél-Mezőföld (50 157 ha), a Tolnai-sárköz (33 923 ha) és a Sárvíz-völgy (16 174 ha) kistájak. A Dunántúli-dombság ide eső része a Tolnai-hegyhátra (36 341 ha) és a Szekszárdi-dombságra (4026 ha) osztható. A telephely a Dél-Mezőföld és a Tolnai-sárköz kistájak határán található.

A telephely környezete domborzati viszonyait tekintve nagyobb részben tökéletes síkság, kisebb részben lapos, enyhén hullámzó felszínű síkvidéki, részben dombsági táj. A Duna jobb és bal partja környezetében az átlagos terepszint 93-94 m. E mellett megtalálhatók a nyugat-északnyugati lösszel fedett, enyhén hullámos mezőföldi területek, ahol a legmagasabb pont Györkönynél (214 m) van, illetve a dombsági területek, ahol a legmagasabb pont Szekszárdnál (255 m) található.

A telephely földrajzi elhelyezkedése és annak földrajzi jellemzői a földtörténeti léptékben mérve állandónak tekinthető, azok átalakulásával nem kell számolni a jövőben.

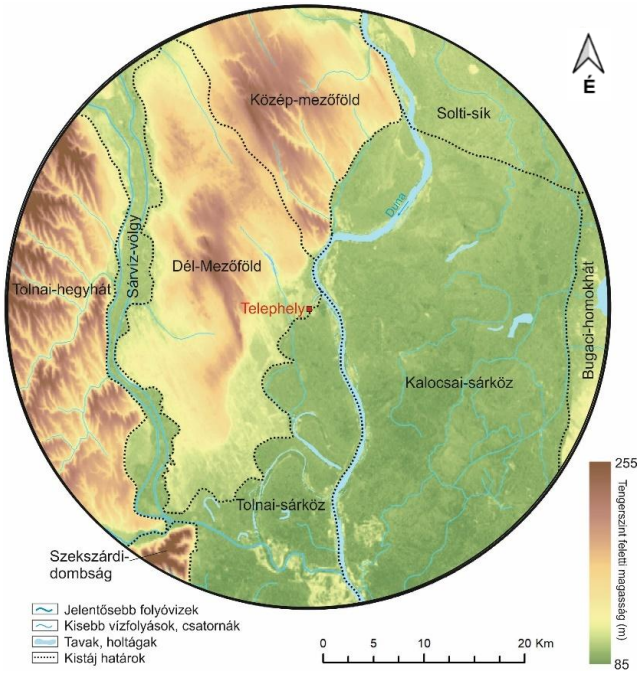


Forrás: Nemzeti Térinformatikai Alaptérkép (NTA), Lechner Tudásközpont

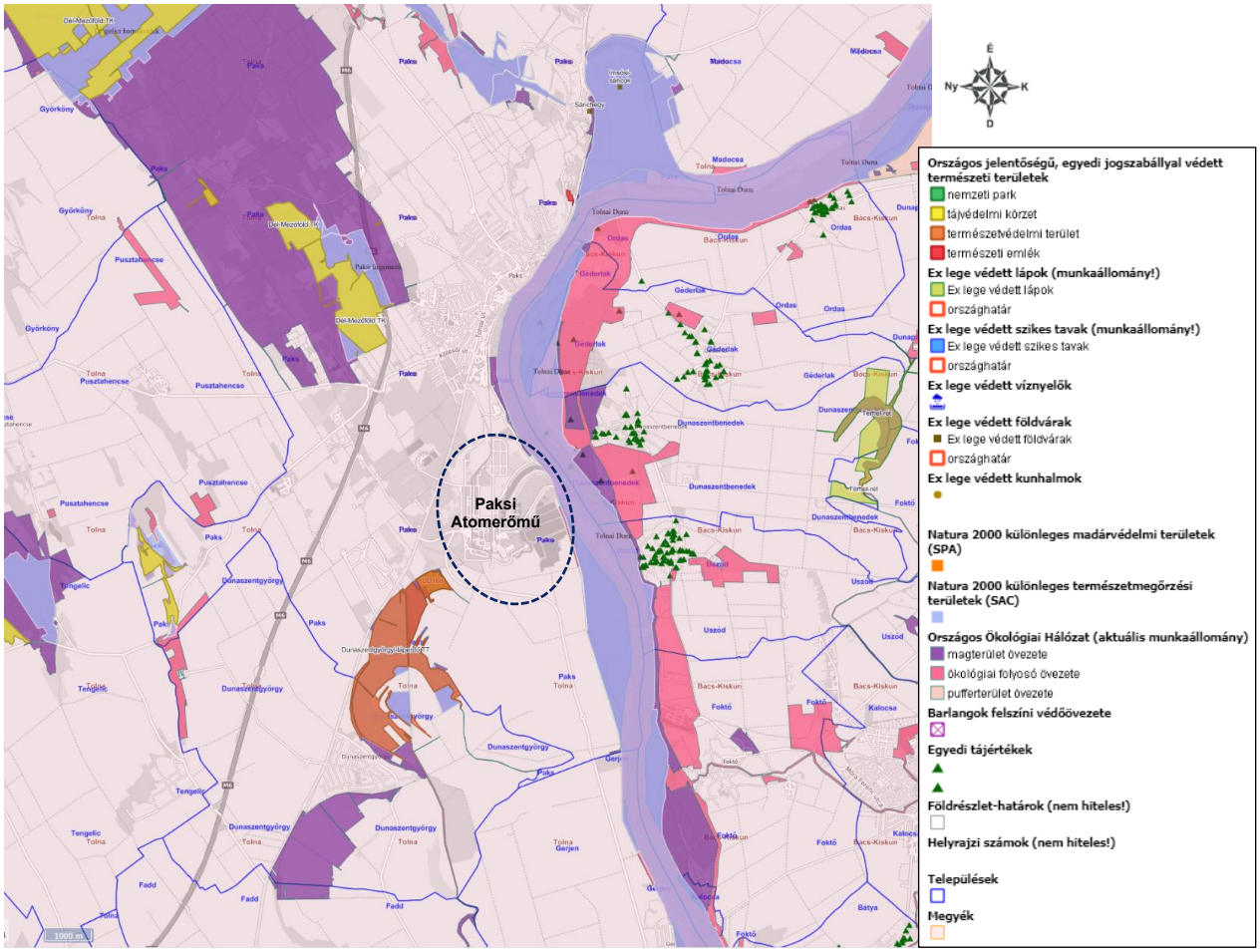
2.1.1-2. ábra: A Paksi Atomerőmű telephelye és tágabb (30 km sugarú) környezete

A 30 km sugarú körzetben (Paksi régió) jelentős a Natura 2000 és az országos védettségű területek kiterjedése. A Natura 2000 hálózatba tartozó Különleges Madárvédelmi Területek nagysága 26 603 ha, míg a Különleges Természetmegőrzési Területek kiterjedése 42 495 ha. A területi átfedések miatt azonban a Natura 2000 területek kiterjedése 50 937 ha a vizsgált régióban. A nemzeti parki és egyéb védett területek nagysága 20 243 ha. A Natura 2000 hálózattal való területi átfedések miatt az országos védelem alatt álló területek összesített nagysága 51 765 ha, ami a teljes terület 18,3%-a. A védett természeti területeket a telephely környezetében a *2.1.1-4. ábra* mutatja.

Paks területén három országos jelentőségű védett terület található, amelyből csak egy, a paksi löszfal földtani alapszelvény természeti emlék (2 hektár) helyezkedik el teljesen a közigazgatási területen belül. A Dél-Mezőföldi Tájvédelmi Körzet, valamint a Dunaszentgyörgyi láperdő Természetvédelmi Terület összesen 604 ha-ral érintik Paksot. A Natura 2000 területek településhatáron belül található területe 2319 ha-t tesz ki. Az országos védettségű és Natura 2000 Különleges Természetmegőrzési Területek együttesen 2496 ha-t tesznek ki Paks településterületéből.



2.1.1-3. ábra: A vizsgálati terület természetföldrajzi viszonyai



Forrás: Természetvédelmi Információs Rendszer (TIR)

2.1.1-4. ábra: Védett természeti területek a Paksi Atomerőmű telephelye környezetében

2.1.2. A telephely és közvetlen környezetének területhasznosítása

2.1.2.1. A telephely kialakítása, területigénye

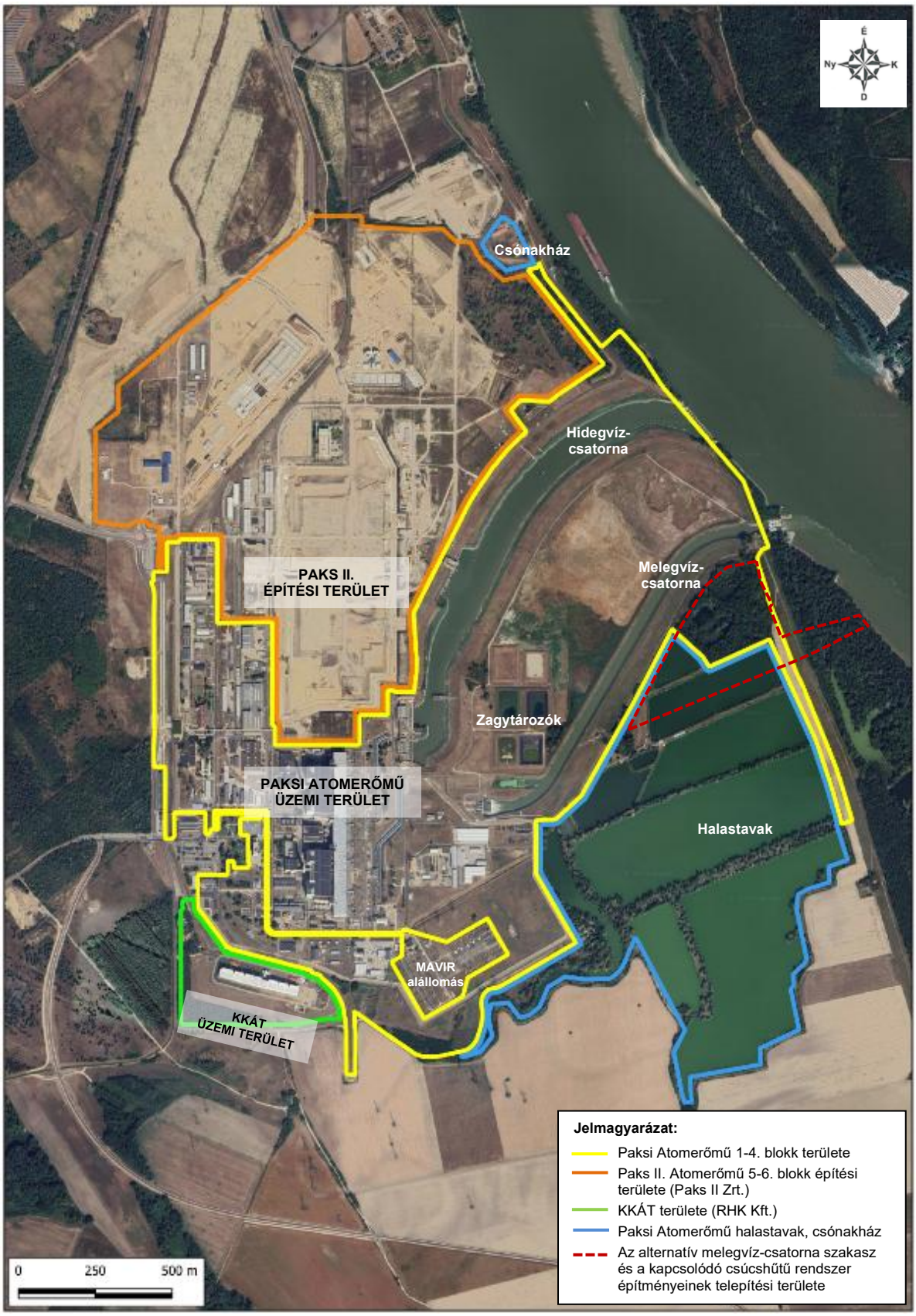
A paksi telephely Paks város közigazgatási területén, belterületen helyezkedik el, a terület az alábbi három fő részre tagozódik:

- A Paksi Atomerőmű 1-4. blokk üzemi területe (8803/17 hrsz.):
  Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. által üzemeltetett 1-4. blokk, a hozzá kapcsolódó turbinagépház, vízkivételi mű, valamint ezek kiszolgálásához a segédberendezések, rendszerek, iroda-, karbantartó- és raktárépületek helyezkednek el ezen a területrészen.
- A Paks II. Atomerőmű 5-6. blokk területe (8803/16 hrsz.):
  Az atomerőmű meglévő 1-4. blokkjaitól északra fekvő terület, amely az új, a Paks II. Atomerőmű Zrt. beruházásában épülő Paks II. Atomerőmű (5-6. blokk) elhelyezésére kijelölt terület. A beruházási területen jelenleg az 5-6. blokkok építési munkái zajlanak.
- A Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójának (KKÁT) üzemi területe (8803/2 hrsz.):
  Az 1-4. blokk üzemi területétől délnyugatra található területen helyezkedik el a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft. (RHK Kft.) mint a nukleáris létesítmény engedélyese által fenntartott KKÁT, illetve az ahhoz kapcsolódó egyéb épületek, építmények.

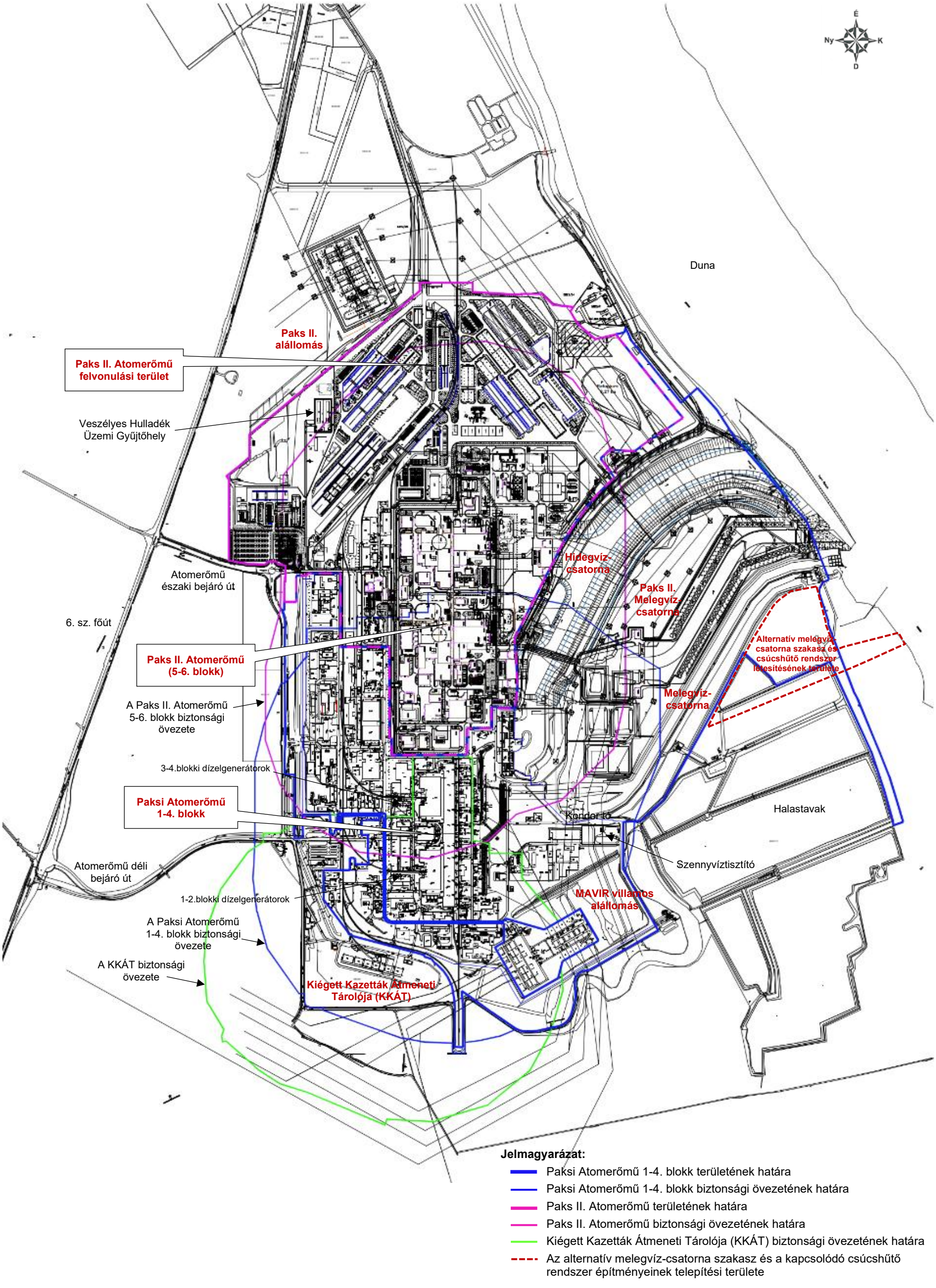
A Paksi Atomerőmű telephelyének központi EOV koordinátái: X: 136667,09 m, Y: 635005,39 m. Az erőmű üzemi területéhez tartoznak a zagytárolók, valamint a hideg- és melegvíz-csatorna. Az erőmű telephelyét és közvetlen környezetét műholdfelvételen – a Paks II. Atomerőmű építési területének és a KKÁT területének feltüntetésével – a *2.1.2.1-1. ábra* mutatja. Az erőmű telephelyének helyszínrajza a *2.1.2.1-2. ábrán* látható. A helyszínrajzon a jelenleg építés alatt álló Paks II. Atomerőmű épületei, építményei, berendezései, az új melegvíz-csatorna, a Paks II. Atomerőműhöz tartozó új alállomás és a felvonulási terület építményei is feltüntetésre kerültek. A Paksi Atomerőműhöz kapcsolódó veszélyes és ipari hulladék üzemi gyűjtőhely a Paks II. Atomerőmű építési területén található. Ahogy a helyszínrajzon látható, a meglévő hideg- és melegvíz-csatorna közötti terület nagyobb része a Paks II. Atomerőmű melegvíz-csatornája és kapcsolódó létesítményei üzemi területe lesz. A helyszínrajzon (és a *2.1.2.1-1. ábrán*) feltüntetésre került továbbá a Paksi Atomerőmű TÜH előkészítése részeként kialakítani tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz és kapcsolódó csúcshűtő rendszer építményeinek, berendezéseinek telepítési területe is. Ez utóbbi létesítésére a Paksi Atomerőmű és Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének időszakában a – Dunából kivett, és a technológia által felmelegedett hűtővíz folyóba való visszavezetését megelőző – hűtés biztosítása érdekében, a Duna hőterhelésnek csökkentése céljából van szükség (A tervezett átalakítás műszaki ismertetése a *2.2.2.1. fejezetben* található.)

A Paksi Atomerőmű 1-4. blokk üzemi területe az MVM Paksi Atomerőmű Zrt., a Paks II. Atomerőmű 8803/16 helyrajzi számú területe a Paks II. Atomerőmű Zrt. tulajdona. A Paksi Atomerőmű területeinek külső telekhatárát és az üzemi területeken belül elkülöníthető területrészeket a *2.1.2.1-3. ábra* mutatja. A tényleges üzemi területeken kívül a tartalék üzemi terület, a halastavak, a megközelítési útvonalak és az erdők külső területeknek tekinthetők. Ezek jelenlegi nagyság szerinti megoszlását, azaz az atomerőmű telephelyének területigényét a *2.1.2.1-1. táblázat* mutatja. Tekintettel arra, hogy a tervezett új melegvíz-csatorna szakasz nyomvonala (*2.2.2.1. fejezet*) a halastavak által igénybe vett 8803/11 helyrajzi számú területrész északi részén húzódik, a csatornaszakasz megépítése előtt a két telek közötti telekhatár módosítása válik szükségessé, annak érdekében, hogy az új csatornaszakasz a 8803/17 helyrajzi számú üzemi területre kerüljön. Ezáltal az atomerőmű üzemi területe (8803/17 hrsz.) a csatornaszakasz által igénybe vett terület méretével növekedni, a halastavak által érintett ingatlan (8803/11 hrsz.) területe pedig azzal azonos mértékben csökkenni fog.

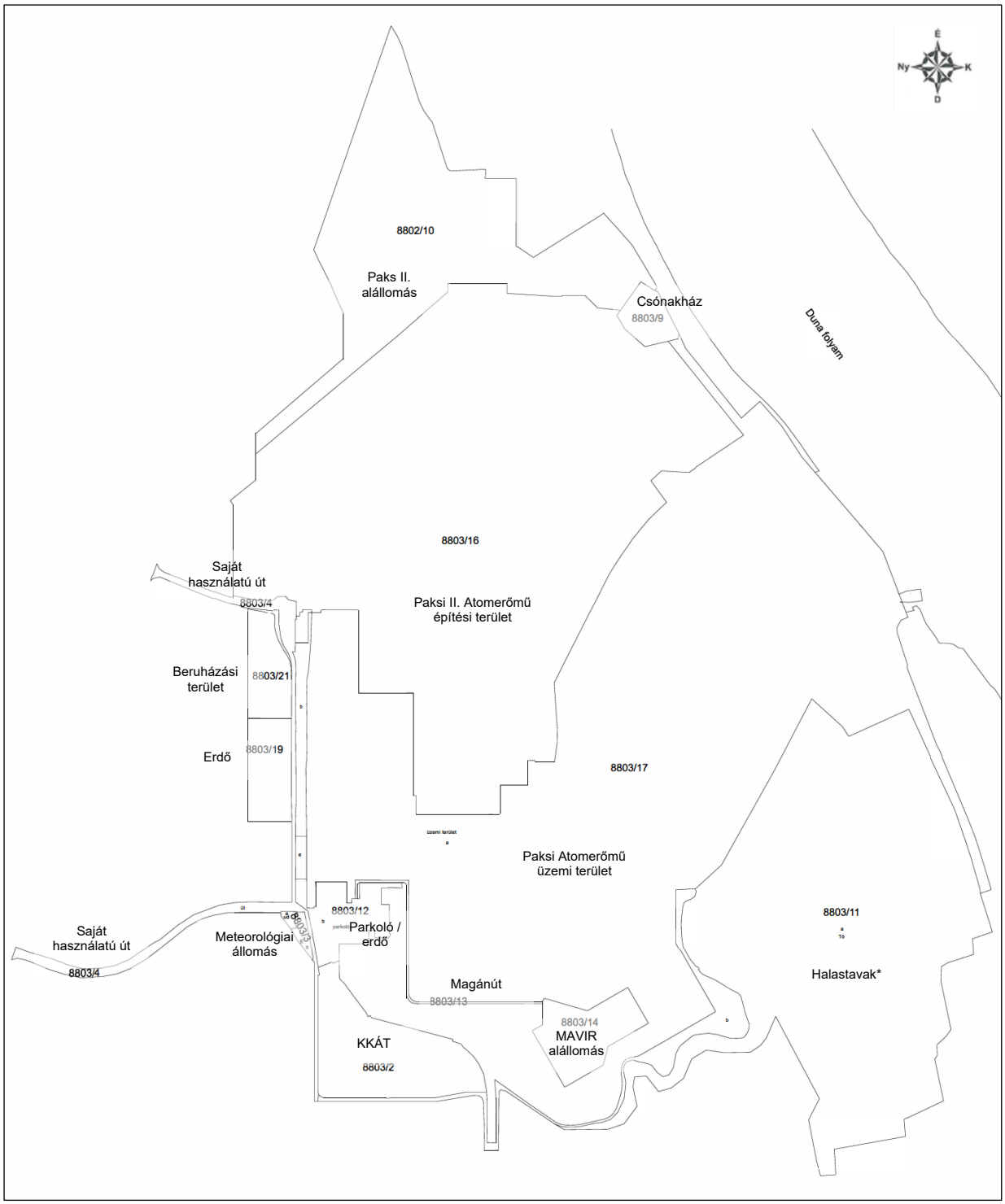
A Paksi Atomerőmű telephelyén belül csak a nukleáris energiatermeléshez kapcsolódó tevékenység folyik. Ezen a tevékenységen kívül az üzembiztonságot befolyásoló más tevékenység nincs.



2.1.2.1-1. ábra: A Paksi Atomerőmű telephelye és környezete műholdfelvételen, a Paks II. Atomerőmű építési területének és a KKÁT területének feltüntetésével



2.1.2.1-2. ábra: A Paksi Atomerőmű és közvetlen környezete helyszínrajza a Paks II. Atomerőmű tervezett épületeivel, építményeivel



* A tervezett új melegvíz-csatorna szakasz nyomvonala a halastavak által igénybe vett 8803/11 helyrajzi számú területrész északi részén húzódik, ezért a csatornaszakasz megépítése előtt telekhatár-rendezés válik szükségessé.

2.1.2.1-3. ábra: A Paksi Atomerőmű telekhatára és belső területek megoszlása

A Paksi Atomerőmű területét biztonsági övezet veszi körül, amely a nukleáris létesítmény és a radioaktívhulladék-tároló biztonsági övezetéről szóló 246/2011. (XI. 24.) Korm. rendelet alapján az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) által határozatban került kijelölésre. A biztonsági övezet földfelszíni távolsága az atomerőmű legkülső technológiai védelmet jelentő falának síkjától számítottan 500 m (*2.1.2.1-2. ábra*). A hivatkozott kormányrendelet nukleáris létesítmények biztonsági övezete átfedésben lehet. A biztonsági övezet határán a folyamatosan ott tartózkodó személyt a létesítmény szabályszerű működése során a környezetbe kibocsátott vagy kikerülő radioaktív anyagok sugárzása révén nem érheti nagyobb sugárterhelés 100 µSv/év-nél.

Szintén 500 m-es biztonsági övezet került kijelölésre a Paksi Atomerőművel szomszédos KKÁT és Paks II. Atomerőmű területe körül is (*2.1.2.1-2. ábra*). A biztonsági övezetekben a hivatkozott kormányrendelet szerinti korlátozások érvényesek.

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása miatt új, a nukleáris technológiához kapcsolódó épületek, építmények építése az atomerőmű üzemi területén nem tervezett, ezáltal a jelenleg kijelölt biztonsági övezet kiterjedését a tervezett tevékenység nem befolyásolja.

2.1.2.1-1. táblázat: Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. üzemi területe, és az azzal szomszédos ingatlanok adatai az ingatlan-nyilvántartás szerint

Helyrajzi szám	Megnevezés		Terület [ha]
8803/2	a alrészlet	Kivett üzemi terület (az RHK Kft. által fenntartott KKÁT üzemi területe)	11,3742
	b alrészlet	Erdő	2,4119
8803/3	Kivett beépítetlen terület (meteorológiai állomás)		0,7191
8803/4	Kivett saját használatú út (bekötőút /északi, déli, összekötő/)		6,6368
8803/20	Kivett beruházási terület		0,2538
8803/21	Kivett beruházási terület		4,2682
8803/19	Erdő		4,7664
8803/9	Csónakház		2,5271
8803/11	a alrészlet	Halastó*	93,1596
	b alrészlet	Kivett üzemi terület	5,8775
8803/12	b alrészlet	Kivett parkoló	5,3354
	c alrészlet	Erdő	0,5057
8803/13	Kivett közforgalom elől elzárt magánút		0,6556
8803/16	Kivett üzemi terület (a Paks II. Atomerőmű 5-6. blokk területe, a Paks II. Atomerőmű Zrt. tulajdona)		157,8856
8803/17	a alrészlet	Üzemi terület (Paksi Atomerőmű 1-4. blokk)*	214,2264
	b alrészlet	Kivett beruházási terület	2,4532

* A tervezett új melegvíz-csatorna szakasz nyomvonala a halastavak által igénybe vett 8803/11 helyrajzi számú területrész északi részén húzódik, ezért a csatornaszakasz megépítése előtt telekhatár-rendezés válik szükségessé. A 8803/17 a és a 8803/11 a ingatlanok területe várhatóan változni fog.

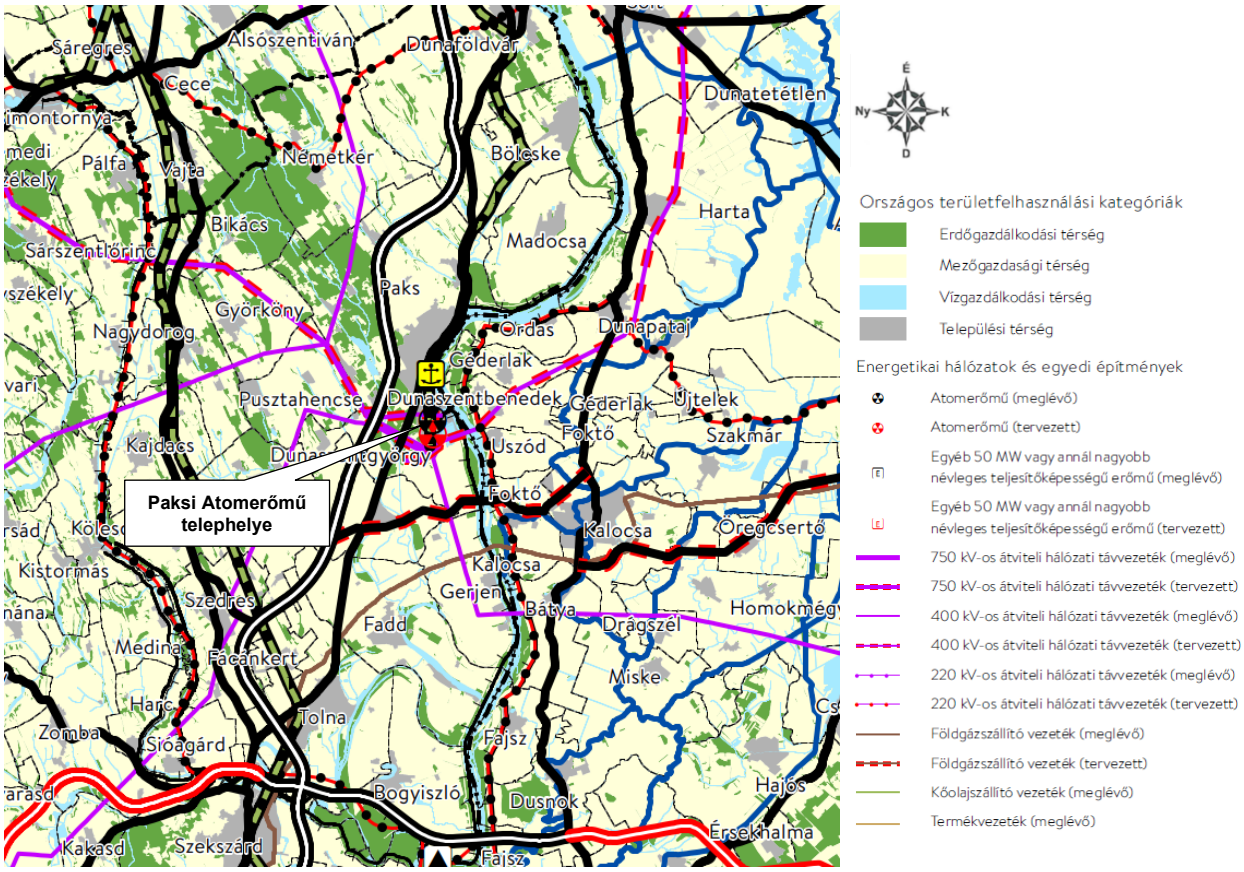
2.1.2.2. Területhasználat, településrendezési előírásokkal való összhang vizsgálata

Az erőműtelephely és szűkebb környezete területhasználatának jellemzésére, illetve a településrendezési előírásokkal való összhang vizsgálatára az országos és vármegyei szintű területrendezési tervek, valamint a Helyi Építési Szabályzat (HÉSZ) alapján került sor, a HÉSZ szerinti övezetek bemutatásával, az alábbi jogszabályok figyelembevételével:

- Magyarország és egyes kiemelt térségeinek területrendezési tervéről szóló 2018. évi CXXXIX. törvény,
- Tolna Megyei Önkormányzat Közgyűlésének 8/2020.(X. 29.) önkormányzati rendelete Tolna megye területrendezési tervéről,
- Paks Város Önkormányzata Képviselő-testületének 33/2016. (VIII. 22.) önkormányzati rendelete Paks Város Helyi Építési Szabályzatáról,
- Paks Város Önkormányzata Képviselő-testületének többször módosított 92/2016. (VIII. 17.) számú ÖK. határozata Paks Város Településszerkezeti Tervének felülvizsgálatáról.

A Magyarország és egyes kiemelt térségeinek területrendezési tervéről szóló 2018. évi CXXXIX. törvény 4/7. mellékletének 1.13. pontja szerint „Paks I.” meglévő atomerőmű telephelyeként szerepel, amely a törvény 2. számú mellékletében (Az Ország Szerkezeti Terve) is feltüntetésre került (*2.1.2.2-1. ábra*). Az atomerőmű további üzemeltetése ezáltal összhangban van az Országos Területrendezési Terv (OTrT) előírásaival és az Ország Szerkezeti Tervével. Az Ország Szerkezeti Terve alapján az atomerőmű telephelyétől északi irányban települési

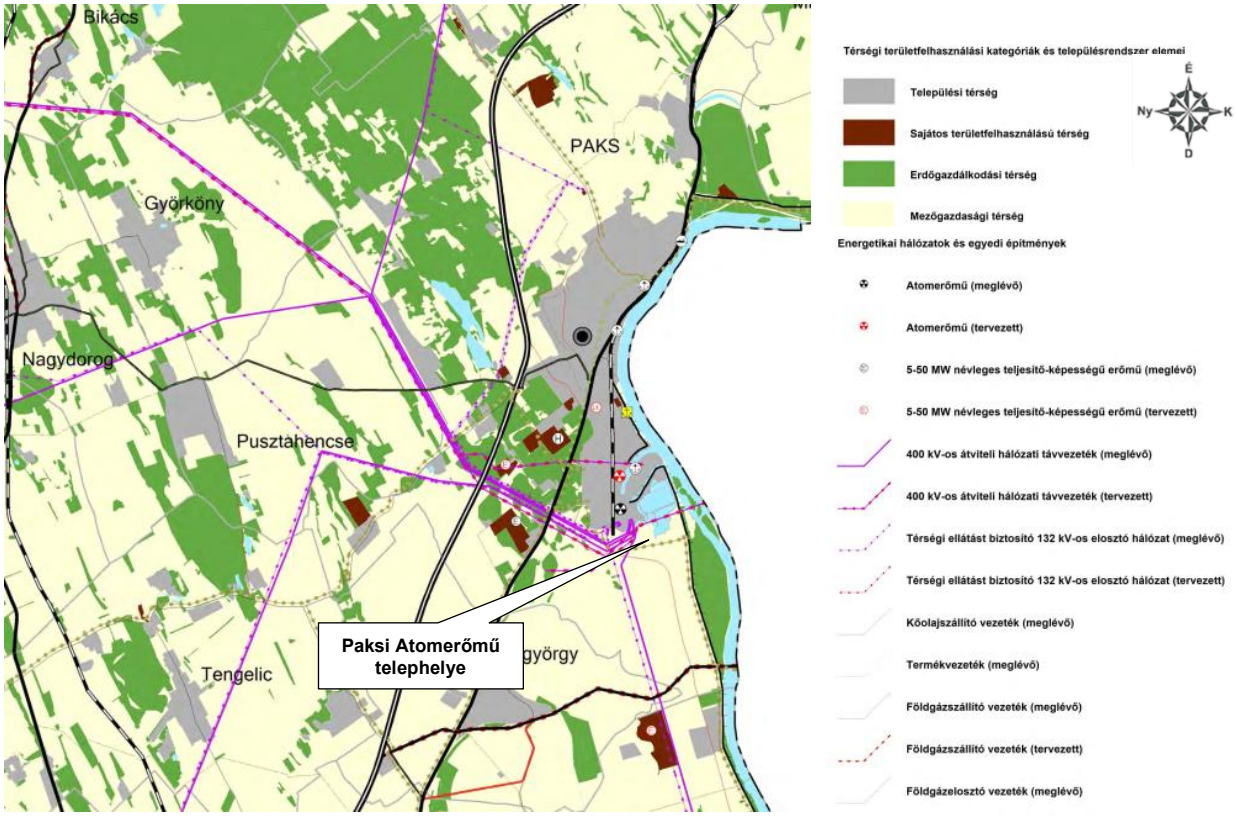
térség, nyugati irányban erdőgazdálkodási térség, déli irányban erdőgazdálkodási, mezőgazdasági és vízgazdálkodási térség, keleti irányban vízgazdálkodási térség, azon erdőgazdálkodási, mezőgazdasági és települési térség területfelhasználású területek helyezkednek el. Az erőműtelephely települési térség területfelhasználású kategóriába tartozik.



Forrás: Az 2018. évi CXXXIX. törvény 2. mellékletének kivonata, Lechner Tudásközpont Területi, Építészeti és Informatikai Nonprofit Kft. Térbeli Szolgáltatások Igazgatósága 2021. április

2.1.2.2-1. ábra: A Paksi Atomerőmű telephelye az Ország Szerkezeti Tervében

A Tolna Megyei Önkormányzat Közgyűlésének Tolna megye területrendezési tervéről szóló 8/2020. (X. 29.) önkormányzati rendelete 1. mellékletének 2.8.1. pontjában a „Paks I.” 2000 MW teljesítménnyel meglévő atomerőműként szerepel a Tolna vármegyei műszaki infrastruktúra-hálózatok és egyedi építmények rendszerében, amely a rendelet 2. mellékletében (Térségi szerkezeti terv) is feltüntetésre került (*2.1.2.2-2. ábra*). Az atomerőmű további üzemeltetése ezáltal összhangban van Tolna vármegye területrendezési tervének előírásaival és a Térségi szerkezeti tervvel. Az atomerőmű telephely, illetve a környező területek területfelhasználási besorolása a Térségi szerkezeti tervben megegyezik az Ország Szerkezeti Tervében megadott besorolással.



Forrás: A Tolna Megyei Önkormányzat Közgyűlésének 8/2020.(X. 29.) önkormányzati rendelete Tolna megye területrendezési tervéről, 2. melléklet: Térségi szerkezeti terv kivonata

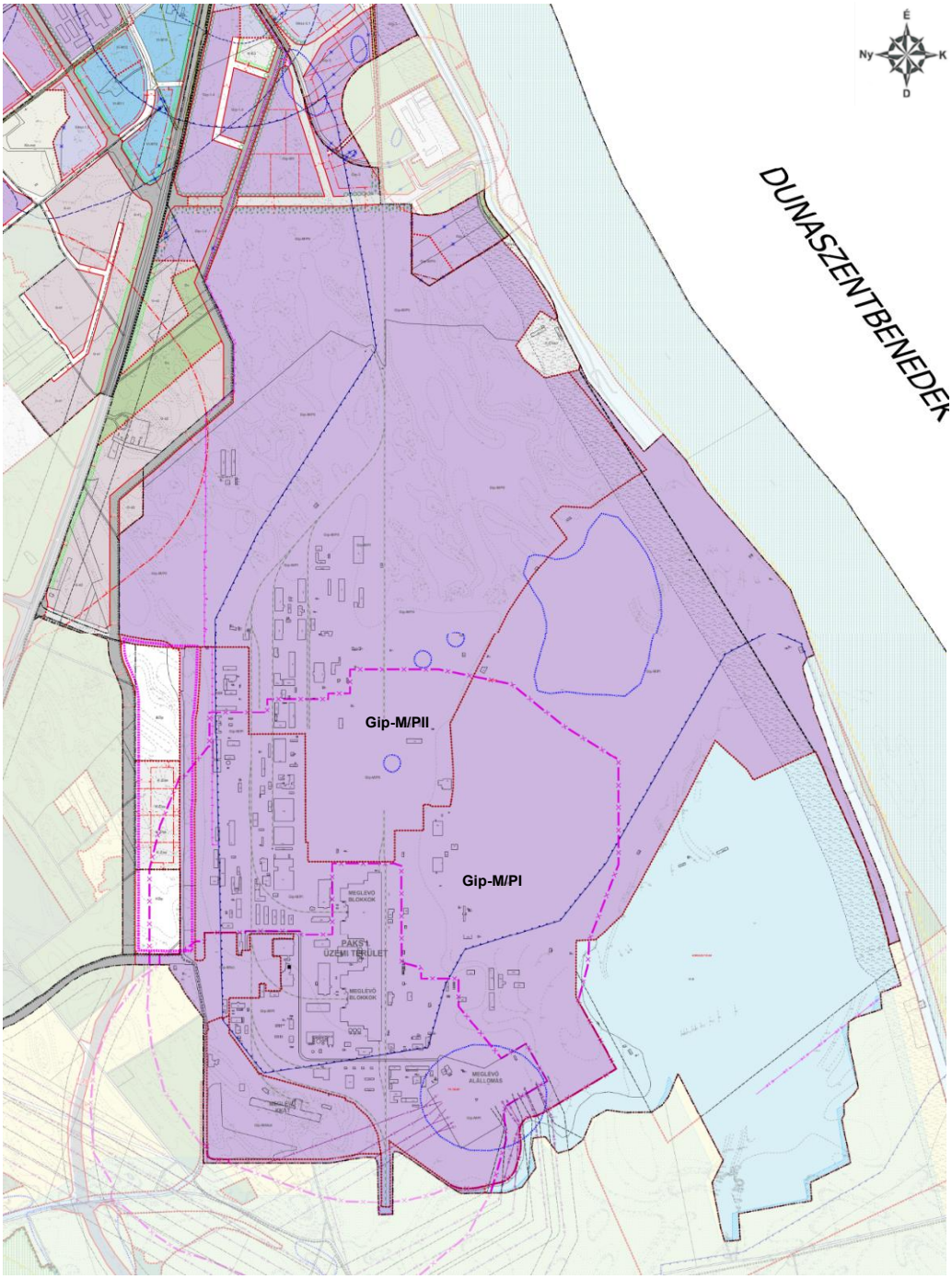
2.1.2.2-2. ábra: A Paksi Atomerőmű telephelye Tolna vármegye területrendezési tervében

Paks Város Önkormányzata Képviselő-testületének Paks Város Helyi Építési Szabályzatáról (HÉSZ) szóló 33/2016. (VIII. 22.) önkormányzati rendelete 1. melléklete (Paks Város Szabályozási Terve) 1/a mellékletét képező belterületi szabályozási terv B26-B27 szelvényei alapján (*2.1.2.2-3. ábra*) a Paksi Atomerőmű üzemi területe Gip-M/PI jelű ipari gazdasági terület építési övezetében helyezkedik el. A Gip-M jelű övezet atomerőművi ipari-gazdasági területeket (meglévő és új atomerőmű, meglévő és új alállomás, közlekedési területek, a kiégett kazetták átmeneti tárolója, továbbá atomerőművi területekhez kapcsolódó további ipari-gazdasági terület) jelent. A Gip-M jelű övezet az alábbi építési övezetekre oszlik:

- Gip-M/t az atomerőművek területéhez közvetlenül nem kapcsolódó, de atomerőművi ipari-gazdasági terület,
- Gip-M/PI a meglévő atomerőmű, valamint a meglévő alállomás területe,
- Gip-M/PII az új atomerőmű, valamint az új alállomás területe,
- Gip-M/kkát a kiégett kazetták átmeneti tárolójának területe,
- Gip-M/kö az atomerőművek közlekedési területe.

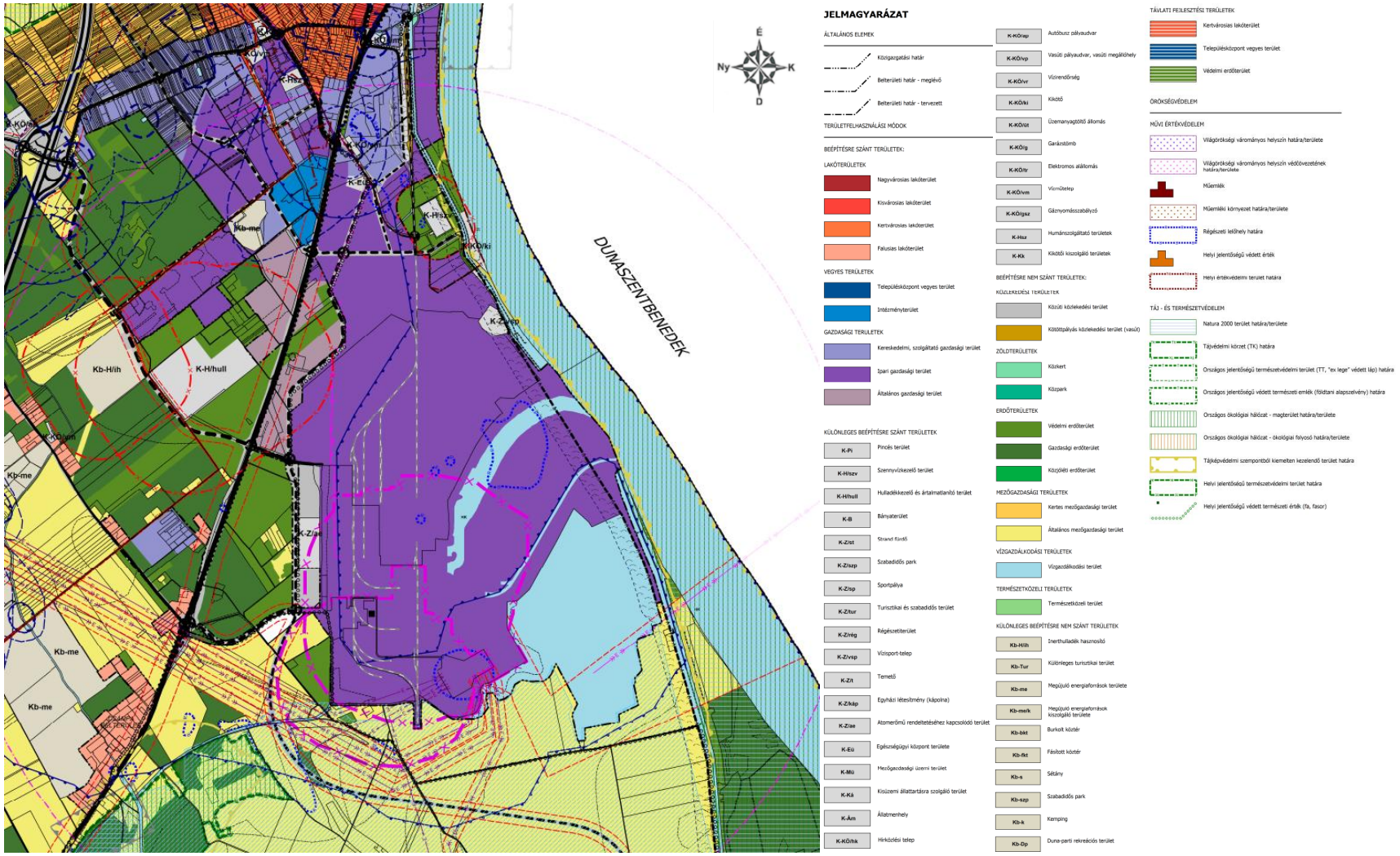
A HÉSZ előírásai szerint a Gip-M/PI jelű építési övezet a meglévő atomerőmű területét, továbbá a meglévő alállomás és a hozzá közvetlenül kapcsolódó villamos távvezetékek (szabadvezetékek és kábelek) területét foglalja magába. A területen a meglévő és az új atomerőmű, valamint a meglévő és az új alállomás üzemeléséhez, továbbá az új atomerőmű építéséhez szükséges rendeltetések helyezhetők el.

Paks Város Önkormányzata Képviselő-testületének Paks Város Településszerkezeti Tervének felülvizsgálatáról szóló többször módosított 92/2016. (VIII. 17.) számú ÖK. határozatával elfogadott Településszerkezeti Tervet a *2.1.2.2-4. ábra* mutatja. Az ábrán látható, hogy a Paksi Atomerőmű üzemi területe a Paks II. Atomerőmű és a KKÁT területével együtt Gip – ipari gazdasági terület besorolású övezetben helyezkedik el.



Forrás: Paks Város Önkormányzata Képviselő-testületének Paks Város Helyi Építési Szabályzatáról szóló 33/2016. (VIII. 22.) önkormányzati rendelete 1. melléklete (Paks Város Szabályozási Terve) 1/a mellékletét képező belterületi szabályozási terv B26-B27 szelvényei

2.1.2.2-3. ábra: A Paksi Atomerőmű telephelye Paks Város Szabályozási Tervében



Forrás: Paks Város Önkormányzata Képviselő-testületének többször módosított 92/2016. (VIII. 17.) számú ÖK. határozata Paks Város Településszerkezeti Tervének felülvizsgálatáról (kivonat)

2.1.2.2-4. ábra: A Paksi Atomerőmű telephelye Paks Város Településszerkezeti Tervében

A *2.1.2.2-4. ábra* mutatja az erőműtelephely szomszédságában meglévő vagy – a településrendezési tervekben szereplő – tervezett terület-felhasználási módokat, melyek az alábbiak:

- Északi irányban: Gip-M/PII – ipari gazdasági terület: a Paks II. atomerőmű, valamint a hozzá tartozó alállomás területe.
- Keleti irányban: Duna folyam – V-1 – vízgazdálkodási terület: Duna folyam medre és parti sávja.
- Déli irányban: Horgásztavak – V-6 – vízgazdálkodási terület: egyéb folyóvizek, állóvizek medre és parti sávja, Má-á – általános (jellemzően szántóföldi) mezőgazdasági övezetek, Má-k – korlátozott használatú mezőgazdasági övezetek.
- Nyugati irányban: Ev – védelmi rendeltetésű erdőterületek, KÖp – parkolási célú közlekedési területek, Má-k – korlátozott használatú mezőgazdasági övezetek.

A fentiek alapján megállapítható, hogy Paksi Atomerőmű által igénybe vett terület használatának jelenlegi és a településrendezési tervekben rögzített módja a fentiek alapján megegyezik. A TÜH előkészítésének keretében megépíteni tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz nyomvonala részben – a jelenlegi övezeti besorolás szerint – vízgazdálkodási területeket (halastavak, Duna parti sávja) is érint. A Gip-M/PI jelű ipari gazdasági terület és a V-6 jelű vízgazdálkodási terület határainak módosítására lesz ezért szükség, annak érdekében, hogy a melegvíz-csatorna szakasz a Gip-M/PI jelű építési övezetben kerüljön elhelyezésre. Az atomerőmű telekhatárán kívüli, földmedrű csatornaszakasz V jelű vízgazdálkodási építési övezetben kerül kialakításra, ahol Paks Város HÉSZ-a szerint építményeket elhelyezni csak a vízgazdálkodási szempontok figyelembevételével, külön jogszabályban foglaltak szerint lehet. Ez a csatornaszakasz érint továbbá egy keskeny, Ev jelű védelmi rendeltetésű erdőterületet. A HÉSZ értelmében erdőterületeken a konkrét építési területek kijelölését megelőzően mérnökgeológiai szempontok alapján kell vizsgálni a terület felszínmozgásra való hajlamát. Felszínmozgás veszélyes területeken mérnökgeológiai, geotechnikai vizsgálatokra kell alapozni az építési területek kijelölését, az építmények létrehozásának egyedi feltételeit. Egyéb tekintetben az atomerőmű további-üzemidő hosszabbításának megvalósítása a meglévő, üzemelő telephelyen a településrendezési eszközökkel összhangban van.

A vizsgált terület és Paks város kapcsolata az atomerőművel a terület- és településfejlesztési dokumentumokban megfogalmazott szerepe alapján került vizsgálatra az alábbiak szerint:

- Tolna Megye Területfejlesztési Koncepciója és Programja 2021-2030 (2021) kiemeli a Paksi Atomerőmű bővítésének fontosságát, amelynek jelentős társadalmi, gazdasági, infrastrukturális és környezeti hatásokat tulajdonít, melyek kezelése kiemelten fontos feladat. A dokumentum a Közép-Duna Menti Kiemelt Térség fejlesztési elképzeléseinek megvalósulását támogatja a paksi bővítés kapcsán, így itt is szerepel az energetikai kutatás-fejlesztési együttműködések megalapozása, de ugyanakkor a hagyományos könnyűipar megerősítésével a gazdaság diverzifikálása is.
- Közép-Duna Menti Kiemelt Térség Területfejlesztési Koncepciója 2021-2035 és Stratégiai Programja 2021-2027 (2021) kiemeli, hogy a Paksi Atomerőmű fejlesztése országos feladat, de jelentős hatással van a térség fejlődésére, különösen a munkaerőpiacon és a vállalkozásfejlesztésen keresztül. A fejlesztési irányok között szerepel a Paksi Atomerőmű által generált lehetőségek kihasználása, mind a gazdaság- mind a humánerőforrásfejlesztés területén. A területfejlesztési koncepció és stratégiai program kiemelt célja, hogy a vizsgált terület „zöld zónává" váljon, ahol a dinamikus energiaipar, az innovatív megoldások és az egyedi természeti és kulturális értékek figyelembevételével minden szektorban fenntartható és innovatív megoldások és fejlesztések dominálnak.
- Paks Integrált Településfejlesztési Stratégiája (ITS) I.-II. kötet (Terra Stúdió 2014) szerint a helyzetfeltárás és értékelés alapján Paks város gazdaságát alapvetően határozza meg az atomerőmű, amely épp ebből következően erősen egypólusú, és annak bővítésével a jövőben ez még hangsúlyosabbá is válik. Emellett tárgyalja az atomerőmű szerepét a település életének több aspektusából, pl. oktatás, kultúra, turizmus, egészségügy és sport. Az ITS kiemeli, hogy az atomerőmű és a város között biztos alapokon nyugvó együttműködés alakult ki az elmúlt évtizedekben. A megfogalmazott stratégiai fejlesztési

célok több tekintetben építenek a Paksi Atomerőműre és különösen a Paks II. létesítésének várható gazdasági és társadalmi hatásaira.

2.1.2.3. A paksi telephelyen meglévő és tervezett egyéb nukleáris létesítmények

A Paksi Atomerőmű üzemi területével közvetlenül szomszédos, attól délnyugatra lévő 8803/2 helyrajzi számú területen helyezkedik el az RHK Kft. tulajdonában lévő Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója (KKÁT). A Paksi Atomerőmű 1-4. blokk területétől északra, az azzal közvetlenül szomszédos 8803/16 helyrajzi számú terület a Paks II. Atomerőmű Zrt. beruházásában épülő Paks II. Atomerőmű 5-6. blokkok elhelyezésére kijelölt terület.

2.1.2.3.1. A kiégett fűtőelemek átmeneti tárolása

A Paksi Atomerőmű kiégett fűtőelemei kezelésének jelenleg alkalmazott stratégiája, hogy a kiégett üzemanyagot hosszabb időre átmeneti tárolóban helyezik el, amíg döntés születik az újrafeldolgozásukról vagy a végleges elhelyezésükről. Miután kiemelik az atomerőmű reaktorából a kiégett üzemanyagot, azt 3-5 év időtartamra az atomerőműben lévő vizes, ún. pihentető medencében helyezik el. Az előírt pihentetési időszak leteltével a kazettákat az atomerőműből átszállítják a KKÁT-ba (*2.1.2.3.1-1. ábra*). Az átszállításhoz a kiégett kazettákat – egyszerre maximum 30 darabot – az atomerőműben vízzel töltött szállítókonténerbe helyezik. A konténert vasúti szerelvénnyel, erre a célra kialakított felépítménnyel rendelkező vasúti teherkocsin szállítják át az átmeneti tárolóba.



Forrás: Az RHK Kft. weboldala (www.rhk.hu)

2.1.2.3.1-1. ábra: A KKÁT és a Paksi Atomerőmű főépületei

A KKÁT egy moduláris, kamrás típusú létesítmény, a GEC Alsthom cég MVDS (Modular Vault Dry Storage – Moduláris Száraz Tároló) típusú, passzív hűtési elven működő átmeneti tárolója, mely a kiégett fűtőelem-kazetták száraz tárolását biztosítja. A tároló létesítmény fogadó élületét és az első – három kamrás – tároló modult 1997-ben helyezték üzembe. A létesítmény moduláris kialakításának megfelelően az újabb négy, illetve öt kamrás modulokat a paksi reaktorokból származó kiégett fűtőelemkazetták keletkezési ütemével összhangban bővítik. 2025-ig bezárólag összesen 28 tárolókamrát helyeztek üzembe. Az átmeneti tárolás a jelenlegi tervek szerint legalább 50 évet jelent.

A tároló földfelszíni épület, amelyben a kazettákat a vízzel telt konténerből kivéve egy szárító berendezés segítségével teljesen megszárítják, majd egyenként, az átrakógéppel zárt tárolócsövekben helyezik el. A tárolócsövek vasbetonfalakkal körülvett kamrákban sorakoznak, függőleges helyzetben. A tárolócsövek körüli, majdnem 2 m vastag vasbetonkamra megfelelő árnyékolást biztosít a radioaktív sugárzás ellen. A tárolás száraz körülmények között történik, a termelődő maradék hőt pedig a levegő természetes huzathatásán alapuló hűtési rendszer szállítja el. A hűtőlevegő a tárolócsövek között áramlik, ezért a kazettákkal közvetlenül nem érintkezik.

A 2025. év végi adatok alapján 11 317 db kiégett fűtőelem kazettát tárolnak a létesítményben. A tároló létesítmény tervezett és engedélyezett tárolókapacitását a Paksi Atomerőmű első 20 éves üzemidő-hosszabbítása során keletkező kiégett fűtőelem kazetták számának figyelembevételével alakították ki. Ennek megfelelően a tároló létesítmény összesen 33 kamrás kiépítésével a létesítmény tárolókapacitása 17 743 db kazetta lesz.

A 20 éves további üzemidő-hosszabbítás során keletkező 6144 db kiégett fűtőelemkazetta átmeneti tárolását az RHK Kft. a KKÁT jelenlegi telephelyén belül tervezi megvalósítani. Ennek előkészítése – beleértve a környezetvédelmi engedélyezését is – már 2025-ben megkezdődött.

2.1.2.3.2. Új atomerőművi blokkok létesítése

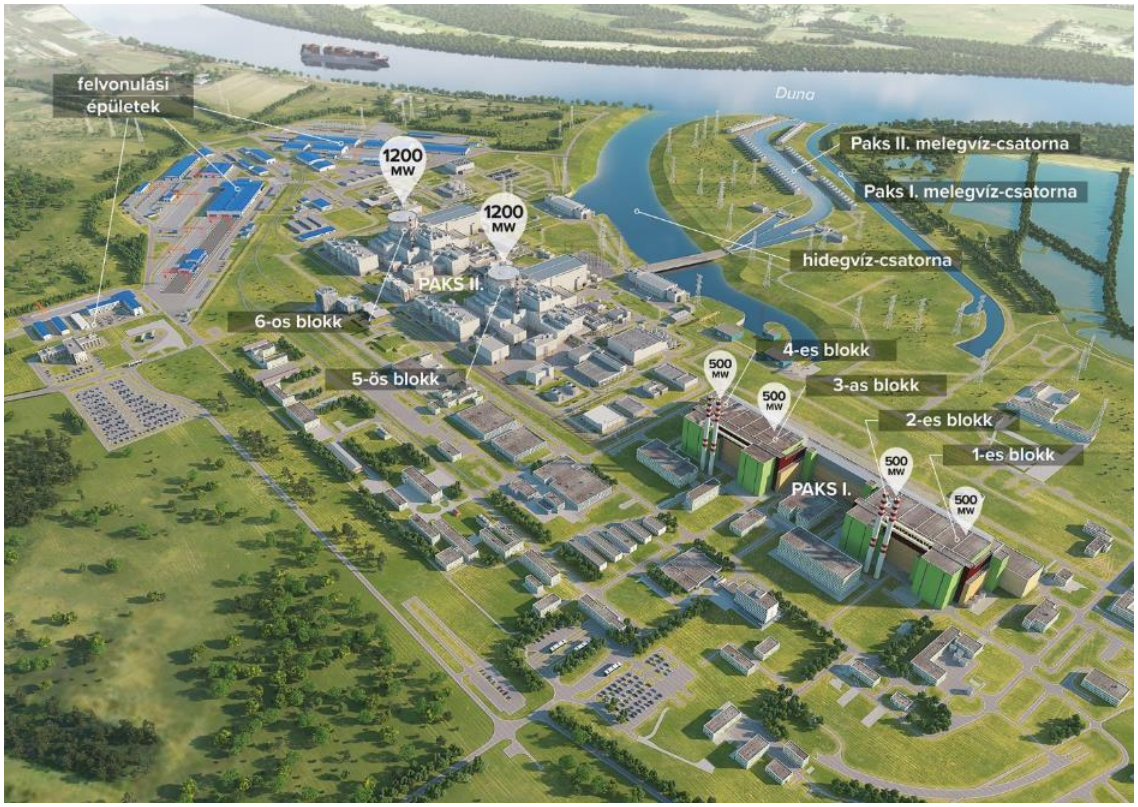
A Magyarország Kormánya és az Oroszországi Föderáció Kormánya között a nukleáris energia békés célú felhasználása terén folytatandó együttműködésről szóló egyezmény értelmében két új VVER-1200, V-527 típusú 3200±128 MW_{th} névleges termikus teljesítményű, távhőt szolgáltatni képes reaktorblokk (Paks II. Atomerőmű 5-6.blokk) tervezése, megépítése, üzembe helyezése és leszerelése valósul meg a Paksi Atomerőmű telephelyével szomszédos telephelyen.

A Paks II. Atomerőmű két blokkjához – a Paksi Atomerőmű 1-4. blokknál alkalmazotthoz hasonlóan – a kondenzátorok hűtéséhez a Dunából kiemelt frissvízhűtést terveznek alkalmazni. A szükséges hűtővíz mennyiséget a Paksi Atomerőművel közös hűtővíz csatornából a Paks II. saját vízkivételi műveinek szivattyúi emelik ki, a felmelegedett hűtővíz a Paks II. saját melegvíz-csatornáján keresztül kerül a folyóba visszavezetésre. A felmelegedett hűtővíz Dunába való visszavezetése előtti hűtésének lehetőségét hűtőcellasorokból álló ún. csúcshűtő rendszer biztosítja. (Ezzel lényegében azonos rendszer megvalósítása tervezett a Paksi Atomerőmű esetében is a közös üzem időszakára a Paksi Atomerőmű melegvíz-csatornájának déli oldalalán alternatív melegvíz-csatorna kialakításával együtt.)

A Paks II. Atomerőműben termelt villamos energia kiszállítása az országos villamosenergia-rendszerre a Paks II. Atomerőműhöz létesülő új Biritó villamos alállomás felé vagy a meglévő Paks alállomás felé fog történni 400 kV feszültségszinten. Az építési fázisban lévő Paks II. Atomerőmű legfontosabb műszaki jellemzői a következők:

Bruttó villamos teljesítmény:	1262 MW_e / blokk.
Nettó névleges kiadott blokkteljesítmény:	1184 MW / blokk.
Reaktor névleges hőteljesítménye:	3200 MW / blokk.
Teljesítményváltozás üzemi tartománya:	20-100%
Maximális hőmérséklet emelkedés a kondenzátor hűtővízben:	8°C.
Hűtővíz felhasználás (Dunából kiemelt hűtővíz):	132 m^3/s.
Tervezett élettartam:	60 év.

A Paks II. Atomerőmű látványterve a Paksi Atomerőmű épületeinek feltüntetésével a *2.1.2.3.2-1. ábrán* látható.



Forrás: A Paks II. Atomerőmű Zrt. weboldala (www.paks2.hu)

2.1.2.3.2-1. ábra: A Paks II. Atomerőmű látványterve

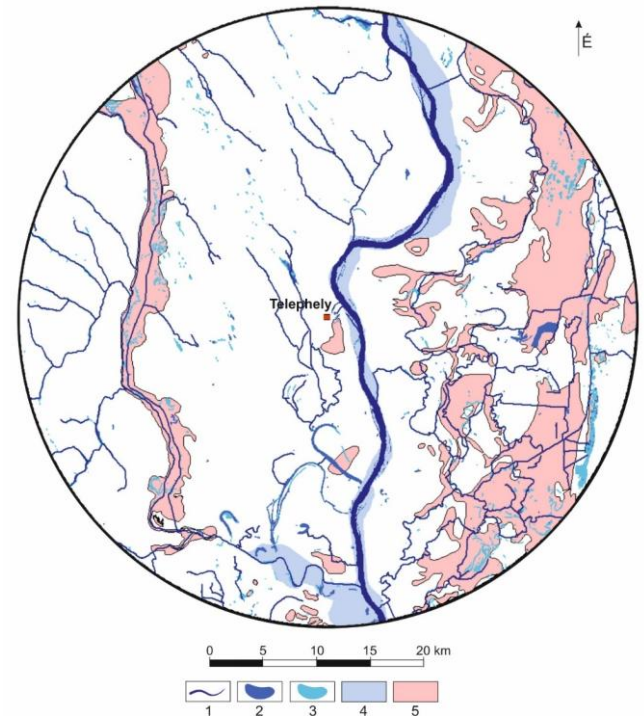
2.1.3. Vízrajzi jellemzők, vízhasználat

A telephely térsége vízrajzának alapját a Duna és az ahhoz délen becsatlakozó Sió és Sárvíz vízfolyások alkotják, amelyekhez közvetlenül a völgytalpakon található holtágakból csatornákkal kisebb felszíni vizek kapcsolódnak. A Duna a telephely környezetében 71 km hosszú és középvíz esetén mellékágaival, de holtágak nélkül, 4287 ha területet fed le, amely egyben a terület erózióbázisát is képezi. A Dunán kívül a nagyobb vízfolyások a Sió (hossz 73 km, teljes vízfelület 243 ha), a Sárvíz (hossz 49 km, teljes vízfelület 86 ha) és a Völgységi-patak (hossz 9 km). A Dunától nyugatra eső rész magasabb helyzetű területein kis vízgyűjtőkkel rendelkező patakok és az azok vizeit befogadó nagyobb vízfolyások adják a vízhálózat rajzolatát. A Dunát kísérő és az attól keletre eső nagy kiterjedésű területegységeket vízrajzi szempontból a korábbi holtágak és az azokat egymással és a folyóval összekötő csatornahálózat jellemzi (*2.1.3-1. ábra*).

A domborzati-geomorfológiai jellemzők alapján dombvidéki jellegű területeken (96 780 ha) és a tökéletes síkságon (185 963 ha) kialakult vízhálózat különböztethető meg. A dombvidéki jellegű vízhálózat a Mezőföld (58 767 ha), a Tolnai-hegyhát és a Szekszárdi-dombság területeiről (a két utóbbi együttesen 38 013 ha) lefolyó, nagyobb részben a Sió-Sárvíz rendszer vízfolyásaiba (pl. Kisszékelyi-árok), kisebb részben a Dunába torkolló patakok teszik ki (pl. Nagykarácsonyi-vízfolyás).

A felszíni vízfolyások mellett állóvizek is találhatók itt, amelyek részben duzzasztott tavak (pl. Matild-tó a Nagykarácsonyi-vízfolyásnál) vagy halastavak (pl. Nagy-Gyönk-völgyi patak felső szakaszán), környezetükben pedig időszakosan elöntött vizenyős, lápos-mocsaras területek vannak (összesen 78 ha-ra kiterjedően). A vizsgálati terület tökéletes síkvidéki részein kialakult vízhálózat alapvetően a két nagy egységhez (Duna és Sió-Sárvíz rendszer) kapcsolható. A Duna bal, illetve jobb parti területén kizárólag a Duna pleisztocén-holocén időszaki folyásirány-változásaiból eredő felszínformák határozzák meg a vízhálózat rajzolatot, összesen 107 965 ha területen. A Sió-Sárvíz rendszerében pedig alapvetően a két megnevezett vízfolyás hozta létre az alapvető geomorfológiát összesen 30 500 hektáron. A két terület határa a Dél-Mezőföld és a

Szekszárdi-dombság közötti terület, amely a Sió Sióagárd és Palánkpuszta közötti szakaszának környezete. Itt lép ki a Sió a Duna-menti síkra, ahonnan egykori dunai holtág határozza meg a folyásirányát egészen a torkolatig.



1. Felszíni vízfolyások, 2. Tavak és holtágak, 3. Szárazabb időszakokban is mocsaras/lápos/vízjárta térszínek, 4. Nagyvízi meder, 5. Rendszeresen belvízjárta területek.

2.1.3-1. ábra: A vizsgálati terület fontosabb felszíni vizei és az ezekkel összefüggésbe hozható területi adottságok

A vizsgálati terület Dunától nyugatra eső része a Mezőföld közelsége miatt egy kisebb területet (47 362 ha) jelent, amely több részre bontható. Északon a Bölcske és Paks közötti szakasz (Madocsai-öblözet) egy nagyjából 15 km hosszú tökéletes síkvidéki terület, amely legszélesebb pontján megközelítőleg 7 km. Itt a folyó jelenlegi főmedre eltávolodott a Mezőföld peremétől és az egykori pleisztocén mederben létrehozott, 12,6 km hosszú Dunakömlődi-főcsatorna adja a területegység vízrajzi tengelyét. A csatorna egyrészt a Mezőföld irányából érkező patakok vizét gyűjti be, másrészt a csatorna és a Duna közötti területen létrehozott, összesen 15,2 km hosszúságú csatornahálózat vizeit vezeti el. A másik terület Pakstól délre található, ahol a Duna végleg eltávolodik a Mezőföld peremétől, egy északról déli irányba kiszélesedő tökéletes síkvidéki részt hozva létre. Ez a terület Pakstól a vizsgálati terület déli határáig tart, amely 33,5 km hosszú, legszélesebb pontját (14 km) pedig Palánkpusztánál éri el. Vízrajzi szempontból ez a rész elhagyott Duna-medrekkel sűrűn átszőtt. E mederváltozatok vagy vízzel kitöltött holtágakként vagy a mederben létrehozott csatornákként jelennek meg.

A vizsgálati terület Dunától keletre eső részén a Duna pleisztocén végi és holocén mederváltozásainak nyomán alakult ki a mai domborzat, amelynek a vízhálózat szempontjából elsősorban az egykori medrekben és holtágakban kialakult tavak és az azokat összekötő csatornarendszer képezi az alapját és egyben meghatározzák a vízhálózat alapvető szerkezetét, amelyek az öntözőcsatornákkal együtt egy komplett hálózatot alkotnak. Itt összesen 1093 km hosszú csatornarendszer található, amely négy helyen kapcsolódik a folyóhoz. A vizsgált területen összesen 461 ha-on alakultak ki tavak, amelyek elsősorban a Duna korábbi mederváltozásaiból eredeztethető morotvatavak. Ezek környezetében elsősorban, de más területeken is előfordulnak lápos-mocsaras részek, amelyek összesen 1020 ha-t fednek le.

A Sió-Sárvíz rendszer vízhálózatára jellemző, hogy a Sárvíz-völgyében található két, szinte teljes egészében csatornázott mederbe terelt vízfolyás egymással párhuzamosan halad északról déli irányba.

A nagyobb esőzések és a hóolvadás időszakában a dunai nagyvíz szélsőséges esetben 15 133 ha területet is érinthet. A telephely 30 km-es környezetéhez tartozó 75 vizsgált településből 22 esetében a külterületek elöntésveszélyes részek (pl. Paks, Dunapataj, Harta, Dunaújváros, Rácalmás, Bogyiszló stb.). Emellett nagyobb területen (51 421 ha) belvíz is megjelenik.

A telephely környezetében nagy kiterjedésben (összesen 82 860 ha) találhatók vízminőség-védelem alatt álló részek. Legnagyobb összefüggő ilyen terület a Duna jobb parti részein 39 843 ha-t, bal parti részein pedig 38 854 ha-t foglal magában. Ezeken kívül a bal parton további négy kisebb folt található, összesen 846 ha terület, míg a jobb parton kisebb-nagyobb foltokban összesen 3317 ha-os terület áll vízminőségvédelem alatt.

A tágabb környezetben lévő települések különböző hosszúságú közüzemi ivóvíz hálózattal rendelkeznek, aminek a teljes hossza 1922 km. A szolgáltatott ivóvíz mennyisége éves szinten 9,95 millió m^3. A szennyvízelvezetésre szolgáló közcsatorna hálózatának teljes hossza 1446 km, de 23 településen nincs ilyen szolgáltatás (pl. Alap, Pálfa, Kajdacs). A közcsatorna hálózatba kerülő szennyvíz mennyisége éves szinten 6,71 millió m^3.

A tágabb környezethez tartozóan vannak alapvetően mezőgazdasági célokat szolgáló vízkivételi helyek, ezek a kutak többé-kevésbé egyenletesen helyezkednek el a területen. Két-három sűrűsödési zóna figyelhető meg, amelyek közül a legmarkánsabb a keleti részen, a Duna-völgyi-főcsatorna, a Büdös-tói (VII.-) csatorna és a Rekettye-Bogárzó-csatorna által határolt területen található.

A vízhasználat jövőbeli alakulásában az emberi beavatkozások szerepét és az azok nélküli hatásokat kell figyelembe venni. Az előbbi kapcsán a csatornahálózat bővülésével lehet számolni, de ez a meglévő életminőség szintjét számottevően nem fogja növelni. Az utóbbi kapcsán megállapítható, hogy a jövőben pusztán a természetes folyamatok nem fogják befolyásolni a javarészt mesterségesen meghatározott felszíni folyóvíz-rendszer vonalvezetését.

2.1.4. A telephelyre jellemző, emberi eredetű külső veszélyek és a külső veszélyek kombinációi

Az atomerőművekre vonatkozó nukleáris biztonsági követelmények teljesítésének fontos terjedelme a technológiai megfelelőségek igazolása mellett a természeti, illetve az emberi eredetű veszélyekkel szembeni megfelelő védettség igazolása. A természeti eredetű veszélyek esetében a rendkívül alacsony valószínűségű, nagyon ritka, 10 000 évente előforduló események eseteire is igazolni kell a megfelelő védettséget. Ebből következően a KHT részeként vizsgált TÜH időszakban nem feltételezhetők olyan természeti eredetű változások, amelyek lényegesen megváltoztatnák a nukleáris biztonsági követelmények teljesítésének igazolására vonatkozó, az atomerőmű Végleges Biztonsági Jelentésében bemutatott elemzések eredményeit, következtetéseit.

Az éghajlatváltozás TÜH időszakra vonatkozó, az atomerőmű környezeti hatásait befolyásoló változásai – mindezektől függetlenül – az egyes vizsgálati szakterületek elemzési részét képezték.

A KHT keretei között így két szakterület volt az említett terjedelmen túlmenően részletes elemzés tárgya. Egyrészt a jelen *2.1.4. fejezet* tartalma szerinti emberi eredetű külső veszélyek és a külső veszélyek kombinációi, másrészt a *2.1.5. fejezetben* a telephely geológiai, tektonikai, szeizmológiai és geotechnikai jellemzői.

Ez utóbbi esetben érvényes, hogy a TÜH időszak 2032-től 2057-ig terjedő időtartama nem összemérhető a geológiai, tektonikai változások időléptékével. Az erre a szakterületre vonatkozó információk így alapvetően tájékoztatási célt szolgálnak, hiszen környezeti hatásokkal nem, vagy csak rendkívül kis valószínűségű balesetekkel hozhatók összefüggésbe.

2.1.4.1. Egyedi emberi eredetű veszélyek

A fennálló környezeti állapot és a létesítmény környezeti hatásai értékelése érdekében az képezte a telephelyre jellemző, emberi tevékenységből eredő külső veszélyek vizsgálatának tárgyát, hogy az emberi tevékenységgel összefüggésben lehetséges külső események a további meghosszabbított üzemidő alatt veszélyeztetik-e az erőművet olyan mértékben, amely érdemi hatással lenne az erőmű környezetére.

A vizsgálat a rendelkezésre álló ismeretek alapján, a Paksi Atomerőmű érvényes Végleges Biztonsági Jelentésében (VBJ) szereplő információk felhasználásával készült. A vizsgálat minden egyes veszélyt okozó tevékenység esetében magában foglalta a Paksi Atomerőmű telephelyjellemzésének és az egyes veszélyekkel szembeni védettség igazolására vonatkozó elemzések eredményeinek áttekintését és azok érvényességének értékelését a TÜH időszakára, támaszkodva a rendelkezésre álló információkra.

Közúti szállítás

Az atomerőmű működésére esetlegesen veszélyt jelentő áruk közúti szállítása az erőmű telephelyének környezetében vezető két fő szállítási útvonalon, a 6. számú főközlekedési úton és az M6-os autópályán zajlik. A blokkok közelítőleg 1300 m távolságra találhatók a 6. számú főközlekedési út legközelebbi szakaszától, amelyen az atomerőmű biztonsága szempontjából legfontosabb közúti teherforgalom folyik. Az erőmű közúti szállításból származó veszélyeztetettségének jellemzése során megtörtént annak a vizsgálta, hogy egy lehetséges közúti szállítási baleset hatása (nyomáshullám, hősugárzás, illetve mérgező hatású gázok) előre meghatározott, a biztonságot befolyásoló, kritikus szinten elérheti-e a telephely területét, a szűrési szintet meghaladó gyakorisággal. A nukleáris biztonsági elemzésekben a szűrési szint a vizsgált esemény bekövetkezési gyakoriságának az a küszöbértéke, amely alatt az adott esemény bekövetkezésének gyakorisága olyan alacsony, hogy azt a vizsgálatban már nem szükséges figyelembe venni. A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet alapján az ember okozta külső veszélyek vizsgálatánál ez a szűrési szint 10^{-7}/év.

Az elvégzett terjedésszámítások alapján megállapítható, hogy az M6-os autópálya paksi szakaszán a veszélyes anyagok szállításakor bekövetkező balesetek hatása az atomerőmű telephelyén kisebb a szűrési kritériumnál. A 6. számú főúton összesen 6 olyan veszélyes árufajtát szállítanak (ammónia, klór, sósavgáz, szénhidrogéngáz-keverék (metán), benzin, PB-gáz), amelyek valóban veszélyt jelenthetnek az atomerőmű telephelyén. Az e veszélyes anyagok szállítása során feltételezett balesetekre is következményelemzések készültek. A számítások eredményei alapján egyedül a klór szállítása során bekövetkező baleset hatása haladja meg az előírt szűrési kritériumot a telephelyen. Ugyanakkor, figyelembe véve a blokkvezénylői személyzet rendelkezésére álló védőeszközöket is, az atomerőműnek megfelelő a védettsége a klórgáz szállítása során lehetséges balesetekből eredő hatásokkal szemben.

Vízi szállítás

Az atomerőmű működésére esetlegesen veszélyt jelentő áruk vízi szállítása a Dunán mint folyami szállítási útvonalon zajlik. Az erőmű vízi szállításból származó veszélyeztetettségének jellemzése során megtörtént annak a vizsgálata, hogy egy lehetséges vízi szállítási baleset hatása (nyomáshullám, hősugárzás, mérgező hatású gázok, illetve veszélyes anyagok beúszása a telephelyre) előre meghatározott, a biztonságot befolyásoló, kritikus szinten elérheti-e a telephely területét, a szűrési szintet meghaladó gyakorisággal. A vizsgálat során ki lett jelölve az a Paks környéki Duna-szakasz, ahonnan a szabadba kerülő veszélyes anyag káros hatást fejthet ki az atomerőmű telephelyére. Az elemzésben az atomerőmű szelvényétől a folyásiránnyal ellentétes irányban 10 km-esre, folyásirányban 5 km-esre becsült hatástávolság volt releváns (ez utóbbi csak a hajókról kikerülő gáznemű anyagokra vonatkozik). Az atomerőmű környezetében lévő Duna szakaszon történő vízi szállítás során feltételezett baleseti események következményeinek értékelése alapján összességében kijelenthető, hogy az erőmű telephelyén nem kell számolni veszélyhelyzet kialakulásával vízi szállítás miatt.

Vasúti szállítás

A MÁV 42. számú, 40 km hosszú, Mezőfalva-Paks közötti egyvágányú, részben villamosított vasútvonala fekszik legközelebb az atomerőmű telephelyéhez. A vonal teljes hossza (Pusztaszabolcs és Paks között) 79 km, a Mezőfalváról induló szárnyvonal végállomása Pakson van. A paksi végállomástól az atomerőmű telephelyének területére iparvágány vezet, az atomerőmű telephelyét csak célszerelvények érhetik el. Az erőmű vasúti szállításból származó veszélyeztetettségének jellemzése során megtörtént annak a vizsgálta, hogy egy lehetséges vasúti szállítási baleset hatása (nyomáshullám, hősugárzás, illetve mérgező hatású gázok) előre meghatározott, a biztonságot befolyásoló, kritikus szinten elérheti-e a telephely területét, a szűrési szintet meghaladó gyakorisággal.

A rendelkezésre álló adatok alapján nincs olyan, veszélyes anyagot tartalmazó szállítmány, amely rendszeresen, vasúton történő beszállítással érkezik az erőmű telephelyére, így sem a Paksi Atomerőmű VBJ, sem a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet alapján készített, az atomerőmű katasztrófavédelmi engedélyét megalapozó Biztonsági Jelentés nem tartalmaz vasúti úton történő szállítással kapcsolatos baleseti forgatókönyvet. Mindemellett a teljesség érdekében következményelemzés készült egyrészről a paksi vasútállomáson végzett veszélyesanyag-kezelés, másrészről turbinaolaj célszerelvénnyel történő szállítása során feltételezett balesetre. Az elemzés tanúsága szerint egyik vizsgált meteorológiai állapot fellépése esetén sem jelenik meg a szűrési koncentrációnál nagyobb koncentrációban mérgező anyag az atomerőmű telephelyén, továbbá az atomerőmű megfelelően védett a turbinaolaj vasúti szállításakor bekövetkező balesetéből adódó hatásokkal szemben.

A friss nukleáris üzemanyag atomerőműbe és a kiégett üzemanyag blokkokból a KKÁT-ba való szállítása jelenleg vasúton történik. A szállítást speciális konténerrel, szigorú eljárásrend alapján, szabályozott módon végzik, ezzel jelentős védettséget biztosítva egy esetleges szállítási baleset hatása ellen is. Ezek alapján megállapítható, hogy egy nukleárisfűtőelem-szállítás során bekövetkező balesetnek nincs számottevő hatása a blokkok biztonságára.

Megjegyzendő, hogy a TÜH időtartama alatt az üzemanyag vasúti átszállítási módja változhat. A szomszédos létesítményeket közvetlenül összekötő úton teherjárművel való szállítás lehetősége is figyelembevételre kerül.

Légtérhasználat

Az érvényes szabályozás szerint, biztonsági előírások miatt, a magyar légtér légi közlekedés céljára történő kijelöléséről szóló 26/2007. (III. 1.) GKM-HM-KvVM együttes rendelet alapján a Paksi Atomerőmű körüli 3 km sugarú kör tiltott légtér, a 463443É 0185110K középpont körül 5950 m repülési magasságig.

A légtérhasználattal kapcsolatos vizsgálatok során megállapítást nyert, hogy a telephely veszélyeztetettségének értékelésénél jelenleg nem kell figyelembe venni a „közeli” repülőtereket, azok elhanyagolható hatása miatt, de figyelemmel kell kísérni a változásokat e repülőterek használatában. Megtörtént az erőmű telephelye 30-50 km-es környezetében meglévő sport-, magán- és mezőgazdasági célú repülő- és felszállóhelyek felmérése mind a repülőgépek, mind a helikopterek vonatkozásában. A felszálló és leszálló létesítményeket és a jellemző forgalmi irányokat tekintve a repülő- és felszállóhelyek távolsági elven kiszűrhetők, nem jelentenek közvetlen kockázatot a telephelyre mindaddig, amíg a forgalmi és légtérhasználati jellemzők nem változnak jelentősen, illetve nem változik a kalocsai repülőtér használata, forgalma.

A telephelyre történő repülőgép-rázuhanás veszélyének jellemzése során a légtérhasználatról gyűjtött információk alapján statisztikai értékelés készült az egységnyi területre vonatkoztatott baleset-gyakoriságról (esemény/év/területegység). A számított lezuhanási ráták figyelembevételével, az egyes légijármű-kategóriákat külön megvizsgálva, megállapítható volt, hogy a könnyű repülőgépek és a helikopterek kivételével légi jármű lezuhanása mint veszélyforrás gyakoriságalapon kiszűrhető a további értékelésből.

Bár a könnyű repülőgépek és a helikopterek rázuhanása csak kisebb mértékben veszélyezteti a blokkok biztonságát, mint a nagyobb méretű, tömegű és sebességű repülőgépek rázuhanása,

szükség volt a lezuhanásuk következményeinek célzott értékelésére, mivel a rázuhanási gyakoriság a vizsgálat eredményei alapján meghaladja a szűrési értéket. Az elvégzett rendszertechnikai elemzés eredményei értelmében könnyű repülőgépek és helikopterek rázuhanása elhanyagolható hatással van az atomerőmű biztonságára.

Parkolóhasználat

Az atomerőmű parkolóhasználatból származó veszélyeztetettségének jellemzése során megtörtént annak a vizsgálta, hogy egy lehetséges parkolótűz hatása (nyomáshullám, hősugárzás, illetve mérgező hatású gázok) előre meghatározott, a biztonságot befolyásoló, kritikus szinten elérheti-e a telephely területét, a szűrési szintet meghaladó gyakorisággal. Az elvégzett következményelemzések eredményei alapján megállapítható volt, hogy az erőműhöz tartozó parkolóterületen a blokkokhoz legközelebbi pontban (az irodaépülettel szemben) feltételezett esemény sem vezet olyan következményhez, amely veszélyezteti az atomerőmű biztonságát.

Az eredmények azt mutatják, hogy még számításokban a legkisebb értékkel jellemzett, elhanyagolható hatású túlnyomás határa sem éri el az irodaépületet. Ezzel teljesen azonos értelmű megállapítások tehetők a tűzgömb és a tócsatűz hősugárzási zónáira is. Mindemellett egy parkolótűz esetén az üzemanyag égésén felül számolni kell egyéb gépjárműalkatrészek égésével (főként gumiabroncs) és az azok égése során keletkező mérgező anyagok, mérgező égéstermékek megjelenésével. A számítások tanúsága szerint azonban a parkolóhasználatból adódó mérgezőanyag-kibocsátás hatása sem veszélyezteti az erőmű biztonságát.

A KHT-t megalapozó vizsgálatok során értékelésre került az új blokkok üzemeltetéséhez kapcsolódó és az attól független parkolóhasználat, melynek eredményeként arra lehet következtetni, hogy a meglévőknél számottevően közelebbi parkolók létesítése nem várható, a terjedésszámítások eredményei szerint pedig jelentős tartalék tapasztalható a hatástávolságban.

Erdőhasználat

Az erdőhasználat erdőtűz fellépése esetén veszélyeztetheti az atomerőmű működését. A működést esetlegesen veszélyeztető erdőtűz az atomerőmű üzemi területe (kerítés), az erőmű északi és déli bekötőútja és a 6. számú főút által lehatárolt, valamint a déli bekötőúttól délre fekvő területrészeken alakulhat ki. Az erőmű erdőtűzből származó veszélyeztetettségének jellemzése során megtörtént annak a vizsgálata, hogy egy lehetséges erdőtűz hatása (hősugárzás, illetve mérgező hatású gázok) előre meghatározott, a biztonságot befolyásoló, kritikus szinten elérheti-e a telephely területét, a szűrési szintet meghaladó gyakorisággal.

A telephelyjellemzés keretében elvégzett következményelemzés és szakértői értékelés alapján megállapítható volt, hogy a telephely környező erdőktől való távolsága és a tűz jellege miatt a közvetlen hősugárzás nem jelent veszélyforrást az erőmű blokkjai tekintetében. Nem volt kizárható azonban, hogy a füst kedvezőtlen szélirány esetén átterjedhet a telephelyre. Részletes elemzéssel igazolható volt, hogy a füstben lévő szénmonoxid koncentrációja nem ér el olyan értéket a telephelyen, hogy a szénmonoxid a blokkok szellőzőrendszerén bejutva a vezénylői személyzet cselekvőképességét befolyásolhassa. Az elemzések kimutatták, hogy az égés során keletkező igen kis méretű szilárd részecskék közvetlen egészségi hatása elhanyagolható.

Ipari létesítmények üzemeltetése (kivéve a Paks II. Atomerőművet)

A vizsgált ipari létesítmények körébe tartoznak egyrészről a Paksi Atomerőmű telephelyén, de a technológiai épületein kívül található ipari létesítmények, másrészről a környező ipari létesítmények mint önálló veszélyes ipari üzemek, ideértve a KKÁT-t is. Az erőmű veszélyes ipari létesítmények üzemeltetéséből származó veszélyeztetettségének jellemzése során megtörtént annak a vizsgálata, hogy egy veszélyes ipari létesítmény lehetséges balesetéből származó hatása (nyomáshullám, hősugárzás, mérgező hatású gázok, berendezések hibás működésekor keletkező repülő tárgy), valamint elektromágneses és radiológiai hatása előre meghatározott, a biztonságot befolyásoló, kritikus szinten elérheti-e a telephely területét, a szűrési szintet meghaladó gyakorisággal.

A telephelyen lévő ipari létesítmények nem-nukleáris baleseteiből származó veszélyeztetettség értékelése során részletes vizsgálat tárgyát képezték a veszélyes, hagyományos ipari létesítmények, a veszélyes anyagok tárolóhelyei, valamint az üzemi területen tárolt veszélyesanyag-fajták és azokat kezelő rendszerek. Az e vizsgálatok során végzett terjedési modellszámítások eredményei alapján kijelenthető, hogy az erőmű területén található sósavgáz baleset esetén történő kikerülésétől eltekintve nem kell számolni veszélyhelyzet kialakulásával az atomerőmű telephelyén a telephelyen található ipari létesítményekben kezelt veszélyes anyagok baleseti kikerüléséből származóan, mert a vizsgált anyagféleségek veszélyeztető hatása távolsági alapon kiszűrhető. További következményelemzés segítségével megállapítható volt, hogy az atomerőmű a sósavoldat átfejtésekor bekövetkező balesetből adódó hatásokkal szemben is megfelelően védett.

Megtörtént az elektromos, mágneses és elektromágneses terek, elektromágneses interferenciák és talajbeli örvényáramok hatásának vizsgálata és értékelése. Megállapítható volt, hogy a villamos és mágneses erőterekből, valamint a jelenleg jellemző talajáramokból származó hatás a telephelyen olyan mértékű, hogy az nem jelenthet veszélyt az atomerőműre. Az elektromágneses terek és sugárzás nem zavarják az épületekben elhelyezett eszközöket, mivel azok megfelelnek a vonatkozó elektromágneses megfelelőségi (EMC) szabványoknak. A készülékek fémházas kivitele, nagyfrekvenciásan árnyékolt kábelek, illetve optikai átvitel alkalmazása biztosítja a védelmi szint elvárt értékét a szabadtéri készülékeknél.

Felmérésre kerültek a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) sz. Korm. rendelet 1. mellékletében megadott veszélyes anyagokat, illetve azokat tartalmazó termékeket előállító, felhasználó, raktározó vagy szállító környező üzemek.

A vizsgált terület Tolna és Bács-Kiskun vármegyére terjedt ki, ahol összesen 18 olyan ipari objektumot azonosítottak, amely a veszélyes ipari kategóriába tartozik. Ebből két olyan létesítmény működik az atomerőmű 15 km-es körzetén belül, amely a 219/2011. (X. 20.) sz. Korm. rendelet szerint veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemnek minősül. Az egyik egy bútoripari szivacsot előállító cég, a Vitafoam Magyarország Kft. (Ipari Park, Paks), a másik egy műtrágya-raktározással foglalkozó vállalkozás, a Linzer Agro Trade Kft. kalocsai üzeme.

A 18 veszélyes üzem között mindössze 5 felső küszöbértékű található. Ezek – a közelítőleg 28 km-re lévő Szekszárdi Növény Zrt. kivételével – az atomerőmű 30 km-es körzetén kívül, légvonalban mérve a telephelytől 40-90 km közötti távolságra helyezkednek el.

A veszélyes üzemekben folyó tevékenység, a jelenlévő anyagok és azok mennyisége alapján megítélhető volt, hogy a telephely 10 km sugarú környezetében (illetve Tolna és Bács-Kiskun vármegyék egész területére kiterjedően is) – a Vitafoam Magyarország Kft. kivételével – az üzemekben feltételezhető súlyos balesetek a távolság miatt nem idéznek elő olyan hatást, amelynek fizikai jellemzői meghaladnák az elemzésben alkalmazandó kritériumokat a telephely határán belül.

Az elvégzett vizsgálatok szerint a Vitafoam Magyarország Kft. telephelyén feltételezhető balesetek hatása közül csak a mérgező hatású gázok terjedésére volt indokolt részletes következményelemzést végezni. A késztermék égésének vizsgálati eredményei alapján megállapították, hogy nem jelenik meg ERPG-2 értékű (15 ppm) koncentráció a telephelyi határon belül. Következésképpen a telephely 10 km-es környezetében lévő veszélyes ipari létesítmények súlyosbaleseti forgatókönyveinek értékelése alapján kijelenthető, hogy nem kell veszélyhelyzet kialakulásával számolni a telephely környezetében lévő ipari létesítmények miatt. A vizsgálat megállapította továbbá, hogy szállításon keresztüli áttétellel is jelentkezhet az atomerőmű tágabb környezetében lévő, potenciálisan veszélyes, vegyi anyagokat felhasználó létesítmények hatása az atomerőműre, amellyel a fenti fejezetrészek foglalkoznak részletesen.

A Paks, Dunaföldvári úti MOL üzemanyagtöltő-állomás van a legközelebb a telephelyhez, távolsága 3,9 km a telephelytől. Az üzemanyagtöltő-állomás nem minősül veszélyes üzemnek, ezért nem áll rendelkezésre biztonsági elemzés vagy biztonsági jelentés erről a létesítményről. Ugyanakkor e potenciális veszélyeztető tényezőre is készült részletes következményelemzés.

Az elemzés eredményeinek tanúsága szerint a telephelyhez legközelebbi üzemanyagtöltő-állomáson lehetséges baleseti esemény nem veszélyezteti a telephely biztonságát: sem a tűzgömb hősugárzási zónája, sem a legkisebb értékű (2,0 kPa) túlnyomás-kialakulást ábrázoló görbe nem éri el a telephely határát. Megállapítható, hogy a telephelyhez legközelebb eső üzemanyagtöltő állomáson feltételezhető esemény sem vezet olyan következményhez, amely veszélyeztetné az erőmű biztonságát.

A telephely közelében egy, a Paks és Fadd közötti nagyközép-nyomású acél gázvezeték helyezkedik el. Konzervatív értékek alkalmazásával készült terjedésszámítások alapján megállapítható, hogy az E.ON nagyközép-nyomású gázvezeték szivárgásából vagy töréséből eredően semmilyen közvetlen veszélyhatás nem érheti az erőmű telephelyét.

A környező ipari létesítmények közül a nukleáris balesetekből származó veszélyeztetettség tekintetében a KKÁT hatását kellett részletesen vizsgálni. Az elvégzett elemzés alapján nincs olyan egyedi esemény, amelynek a KKÁT telephelyén kívüli radiológiai következménye meghaladná az 5 mSv-es határértéket. A Paksi Atomerőműre gyakorolt hatás értékelése során megállapítható volt, hogy a KKÁT Végleges Biztonsági Jelentése alapján nem azonosítható olyan, a tervezési alapba tartozó egyedi esemény, amely radiológiai következmények révén veszélyeztetné az erőműblokkokat.

Az atomerőmű a vonatkozó hatósági engedélyezési eljárásokban ügyfélként kontrollt gyakorolhat arra nézve, hogy a környezetében milyen veszélyes ipari üzemeket lehet telepíteni.

A Paks II. Atomerőmű üzemeltetése

Szisztematikusan fel lettek mérve a tervezett új blokkok üzemeltetéséből származó emberi eredetű veszélyek, és elkészült a veszélyek fellépési esélyének, valamint az üzemelő négy blokkra gyakorolt hatásának módszeres vizsgálata és értékelése annak megítélésére, hogy a telephely közvetlen szomszédságában a meghosszabbított üzemidő alatt üzemelő új blokkok hogyan befolyásolják a Paksi Atomerőmű telephelyén lévő létesítmények környezeti hatását. E vizsgálatok részét képezték az új blokkok létesítésiengedély-kérelmének támogatására elvégzett feladatoknak.

Megtörtént a veszélyes kémiai anyagok kezelése során feltételezhető balesetek Paksi Atomerőmű biztonságára gyakorolt hatásának részletes vizsgálata, ideértve a mérgező, a robbanás-, illetve tűzveszélyes anyagok telephelyi szállítását, tárolását és feldolgozását. Az alábbi megállapítások tehetők az új blokkok telephelyén veszélyes kémiai anyagok kezelése során lehetséges balesetekből származó veszélyeztetettségről:

- A Paksi Atomerőmű telephelyén nem alakul ki a szűrési kritériumot meghaladó túlnyomás egyik robbanásveszélyes anyag kezelése során lehetséges baleset hatására sem, azaz a robbanásveszélyes anyagok robbanását kísérő nyomáshullám hatásalapon kiszűrhető a Paksi Atomerőmű biztonságát veszélyeztető hatások köréből.
- Egyes tárolók tüzéből származó hatások, konzervatív módszerrel elvégzett számítások eredményei alapján, meghaladják a 4 kW/m^2 szűrési értéket a Paksi Atomerőmű telephelyének határán. További vizsgálatok ugyanakkor rámutattak arra, hogy sem a Paksi Atomerőmű biztonság szempontjából fontos épületei, sem az épületeken kívül elhelyezkedő, biztonság szempontjából fontos rendszerek és rendszerelemek sérülése nem várható a szűrési szintet meghaladó hősugárzás következményeként. Összességében megállapítható, hogy egy tűzveszélyes anyagok kezelése során lehetséges balesetet kísérő hősugárzás hatásalapon kiszűrhető a Paksi Atomerőmű biztonságát veszélyeztető hatások köréből.
- A Paksi Atomerőmű telephelyén nem alakul ki a szűrési értéknél nagyobb nyomásterhelést eredményező nyomáshullám robbanásveszélyes, éghető gázok, gőzök és aeroszolok kibocsátásának lehetősége miatt, veszélyes besorolású anyagok kezelésekor feltételezhető baleset során bekövetkező robbanást kísérően. Az ilyen módon kialakuló nyomáshullám ezért hatásalapon kiszűrhető a Paksi Atomerőmű biztonságát veszélyeztető hatások köréből.
- A mérgező gőzök, gázok és aeroszolok légköri kibocsátása esetén kialakuló felhő nem éri el az üzemelő blokkok telephelyét, azaz bármely mérgező anyag kezelése során

lehetséges baleset miatti kikerülést követően kialakuló mérgező gázfelhő hatásalapon kiszűrhető a Paksi Atomerőmű biztonságát veszélyeztető hatások köréből.

Az üzemeltetés időszakában az új atomerőmű telephelyén használt azon berendezések mechanikai romboló hatása veszélyeztetheti a Paksi Atomerőmű blokkjait, amelyek hibás működése, integritásának megbomlása repülő tárgyak elszabadulásával járhat. Az elvégzett vizsgálatok alapján megállapítható volt, hogy a Paksi Atomerőművet veszélyeztető hatások köréből kiszűrhetők mindazon, az új atomerőmű üzemeltetése során lehetséges események, amelyek repülő tárgyak elszabadulása miatt mechanikai romboló hatással járhatnak.

Az esetlegesen kikerülő közeg mennyiségi és minőségi jellemzői alapján elemzés készült az új blokkok telephelyén, valamint zárt épületszerkezetein belül cseppfolyós közeget szállító vagy tároló rendszerek meghibásodásának a Paksi Atomerőmű biztonságára gyakorolt hatásáról.

Az elvégzett vizsgálat szerint az új blokkok elárasztási forrásainak hatásánál lényegesen nagyobb a Paksi Atomerőmű tervezési alapjában figyelembe vett szélsőséges esőzés hatása, így az új blokkok üzemeltetése során feltételezhető, elárasztással járó események nem veszélyeztetik a Paksi Atomerőmű biztonságát.

Megtörtént az új atomerőmű üzemeltetésekor rendellenes működés esetén lehetséges szélsőséges elektromágneses hatásokból származó veszélyeztetettség vizsgálata és értékelése is. Megállapítható volt, hogy a vizsgált szélsőséges elektromágneses hatások nem okoznak kritikus mértékű zavarokat a Paksi Atomerőmű biztonsági rendszereiben. Mindemellett a tervező által használt szabványok alkalmazása biztosítja, hogy az új blokkok EMC-tervezésének köszönhetően csak elfogadhatóan alacsony mértékű zavaró hatással kelljen számolni az új blokkok közvetlen környezetében.

Az új blokkok esetleges nukleáris baleseteinek számottevő szerepük lehet a Paksi Atomerőmű blokkjainak környező nukleáris létesítmények radiológiai következményekkel járó baleseteiből származó veszélyeztetettségében. Ebben az összefüggésben az új blokkok tervezésen túli üzemzavarai a mértékadók, hiszen a tervezési üzemzavarokból származó kibocsátások a kellő mértékű konzervativizmussal meghatározott hatósági korlátok alatt vannak, így érdemben nem lehetnek hatással sem a telephelyre, sem az erőművi blokkokra. A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet mellékleteit képező Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (NBSZ) 3a.2.4.0700. számú követelménye szerint az új blokkoknak teljesíteniük kell a korlátozott (radiológiai) környezeti hatás kritériumát. Ennek értelmében az új blokkok TAK1 üzemállapotához vezető komplex üzemzavarok és – a 2. szintű PSA elfogadási kritériumainak teljesítése mellett – a TAK2 üzemállapotokhoz vezető súlyos balesetek esetén sem lehet szükség sürgős óvintézkedésre a blokkoktól mért 800 m távolságon túl. Bár a 4. blokki blokkvezénylő beszívónyílásai hozzávetőlegesen 450 m-re helyezkednek el a tervezett új blokkok reaktoraitól, az új blokkok nukleáris balesete a korlátozott környezeti hatásnak köszönhetően várhatóan nem igényel jelentős járulékos intézkedést a Paksi Atomerőmű blokkjain. A Paks II. Előzetes Biztonsági Jelentésében a Paksi Atomerőmű területén várható hatásokról megállapításra került, hogy léteznek bevált műszaki és adminisztratív megoldások, amelyekkel biztosítható a Paksi Atomerőmű biztonságos üzemének kiszolgálása.

A létesítés alatt álló Paks II. Atomerőmű telephelye a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet szerint felső küszöbértékű veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem kategóriájába sorolandó. A Paks II. Atomerőmű katasztrófavédelmi engedélyezését megalapozó Biztonsági jelentés alapján a tervezetten jelenlévő veszélyes anyagok a következők: gázolaj, hidrazin-hidrát, ammónium-hidroxid, cink-acetát, nátrium-hipoklorit, hidrogén, kálium-permanganát, oxigén, salétromsav, biocid, acetilén, festékek (toluol tartalmú), lakkok, heptán.

A Paks II. Zrt. átfogó kockázatértékelés alapján, a kockázatot csökkentő műszaki megoldások bevezetésével alakítja ki a telephelyi építményeket és létesítményeket. Az üzemeltető felkészült beavatkozó szervezetet hoz létre, rendelkezni fog a telephelyen bemutatott veszélyes anyagok felitatásához, közömbösítéséhez, elnyeletéséhez szükséges műszaki biztonsági, védelmi zárakkal, anyagokkal és eszközzel. A hidrazin-hidrát, biocid és egyéb vegyszernek minősülő

anyagokat kezelő épületben beépített tűzjelző és tűzoltó berendezések lesznek kiépítve. Azokban az épületekben, ahol gázolaj kezelése történik, tűzjelző és tűzoltó berendezések kerülnek kiépítésre.

A hidrazin-hidrátot kezelő helyiség, az ammónium-hidroxidot kezelő helyiség, a nátrium-hipokloritot kezelő helyiség és a salétromsavat kezelő helyiségek automatikus tűzjelző rendszerrel lesznek felszerelve.

A folyékony halmazállapotú gázolajat, hidrazint, ammónium-hidroxidot, cinkacetátot, nátrium-hipokloritot és biocidot kezelő berendezések kármentővel és/vagy csurgalékvíz-gyűjtőzsomppal (gyűjtőmélyedés) ellátottak. A tűzveszélyes, vagy robbanóképes anyagokat (gázolaj, hidrogén, oxigén, hidrazin-hidrát) használó technológiai egységek körül a potenciálisan robbanásveszélyes légkör jelenlétének valószínűsége alapján ún. ATEX[4] zónák kerülnek kialakításra, az ehhez tartozó biztonsági előírások és berendezések alkalmazásával.

A Paks II. Atomerőmű 5. és 6. blokk működésének és a normál üzemtől való esetleges eltérés eseménysorainak a biztonsági jelentésben bemutatott vizsgálata során, az elvégzett kockázatelemzés alapján megállapításra került, hogy a Paks II. Atomerőmű 5. és 6. blokk a fent felsorolt anyagok használata során, a technológia normál üzemtől eltérő működése, a telephelyen kívül sem ipari, sem lakott területet nem érint. A vizsgálat a fent hivatkozott rendeletben foglaltakkal összhangban történt, és az eredménye megfelel a rendeletben foglalt kritériumoknak.

A lehetséges eseménysorokat megvizsgálva megállapításra került, hogy azoknak nincs hatása a telephelyen kívül. A teljes körű vizsgálat alapján megállapításra került az is, hogy a hidrogén- és hidrazin-hidrát-kikerülések a mérvadó eseménysorok.

A Paks II. Atomerőmű telephelyére elvégzett, a környező lakosságot figyelembe vevő kockázatelemzés nem mutatott társadalmi kockázatot. A hidrazin-hidrát szabadtéri kikerülésének elemzése kimutatta, hogy a hatás a telephelyen belül marad, és az esemény előfordulásának esélye a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendeletben foglaltakkal összhangban lévő, kis mértékű. A telephelyen a hidrogén kikerülés elemzése kimutatta, hogy az esetleges hőhatás és légnyomás-növekedés a telephelyre korlátozódik, és az esemény előfordulásának esélye a rendeletben foglaltakkal összhangban lévő, kis mértékű.

Az egyéni kockázatok tekintetében megállapítható, hogy az összesített hatások alapján számított hatás a Paks II. Atomerőmű telephelyen kívül sem ipari, sem lakott területet nem érint, azaz a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendeletben foglaltakkal összhangban állnak.

Katonai létesítmények üzemeltetése

A Paksi Atomerőmű közvetlen környezetében nem található fontos katonai objektum. A tágabb környezetben Kalocsa közigazgatási területén két, a térség északkeleti részén pedig, Akasztó térségében egy ilyen objektum helyezkedik el. Az erőmű környezetében lévő katonai létesítményekből és az azokban folyó tevékenységből származó veszélyeztetettségének jellemzése során megtörtént annak a vizsgálata, hogy egy lehetséges baleset hatása (nyomáshullám, hősugárzás, mérgező hatású gázok terjedése) előre meghatározott, a biztonságot befolyásoló, kritikus szinten elérheti-e a telephely területét, a szűrési küszöbértéket meghaladó gyakorisággal. Megállapítható volt, hogy a környező katonai létesítményekből és tevékenységből származó veszélyforrást részben magukban foglalják a szállítással és repülőgép-rázuhanással kapcsolatos veszélyek. Az ezen felül maradó veszélyekből származó veszélyeztetettség mértéke pedig elhanyagolható.

2.1.4.2. A Paksi Atomerőmű nukleáris biztonságát veszélyeztető, egyedi emberi eredetű veszélyek környezeti hatásának értékelése

A vizsgált, az atomerőmű környezetében végzett tevékenységek során feltételezett baleseti események hatásainak értékelése alapján összességében kijelenthető, hogy az erőmű

[4] A robbanásveszélyes környezetben használt berendezésekkel foglalkozó európai irányelv, mely előírja az üzem területének zónákra osztását, a robbanásveszély jelenlététől és mértékétől függően.

megfelelően védett e hatásokkal szemben, nem kell veszélyhelyzet kialakulásával számolni e tevékenységekből adódóan. A rendelkezésre álló előrejelzések az elvégzett vizsgálatok alapján nem mutattak rá olyan jövőbeni változásokra, amelyek alapján a hatások vagy a baleset-gyakoriságok számottevő módosulása lenne prognosztizálható. Következésképpen, a veszélyt jelentő egyedi külső emberi tevékenységek során feltételezhető balesetek hatásai a további meghosszabbított üzemidő alatt sem veszélyeztetik az erőművet olyan mértékben, hogy az érdemi hatással lenne az erőmű környezetére. Mindemellett az emberi tevékenységekhez kapcsolódó telephelyjellemzőket és azok változását – tekintettel a gazdasági környezet folyamatos változására – az erőmű üzemideje alatt folyamatosan monitorozni kell az atomerőmű telephelye környezetében. Ennek részeként az egyes külső emberi tevékenységekből adódó veszélyeztetettséget időszakosan – az Országos Atomenergia Hivatal előírásának megfelelően a tízévenkénti időszakos biztonsági felülvizsgálatok keretében – felül kell vizsgálni és újra kell értékelni. Ezeket a monitorozási tevékenységeket a nukleáris biztonsági követelmények és a létesítményre kiadott engedélyek szerint végzik.

2.1.4.3. Telephelyi tevékenységek során lehetséges, környezeti hatással járó nem nukleáris balesetek

Az atomerőmű üzemeltetésével, azaz a villamosenergia-termeléssel összefüggő telephelyi tevékenységek során lehetséges nem nukleáris balesetek mint további emberi eredetű veszélyek is hatást gyakorolhatnak a környezetre. Az emberi eredetű külső veszélyek vizsgálatának másik fő célja annak vizsgálata és értékelése volt, hogy e veszélyek környezeti hatása is elhanyagolható marad-e a további meghosszabbított üzemidő alatt. Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-nek a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet szerint elkészített biztonsági jelentése tartalmazza a Paksi Atomerőmű telephelyén folytatott veszélyes tevékenységek felmérését, értékelését és a biztonsági irányítási rendszer bemutatását. Az emberi eredetű külső veszélyekből származó, nem radiológiai hatású környezetterhelés és környezet-igénybevétel értékelése e biztonsági jelentés alapján készült.

A biztonsági jelentésben dokumentált elemzés keretében felmérésre és jellemzésre kerültek a Paksi Atomerőmű telephelyén, valamint technológiai épületeiben kezelt veszélyes anyagok, ideértve azok területi elhelyezését, mennyiségét és a telephelyen belüli lehetséges szállítási útvonalakat. Részletesen vizsgálva lettek a biztonság szempontjából releváns veszélyforrások, a súlyosbaleseti eseménysorok, azonosításra kerültek a legsúlyosabb környezeti következményekkel járó események, meg lettek határozva a veszélyes anyagok esetleges kikerülésekor és terjedésekor fellépő káros következmények. Megtörtént a lehetséges súlyos balesetekkel kapcsolatos kockázatok kvalitatív (minőségi), majd a műszaki kockázatok kvantitatív (mennyiségi) valószínűségi elemzése és értékelése.

A hidrazin az egyetlen olyan, az erőmű üzemeltetéséhez szükséges veszélyes anyag, amely a fent hivatkozott kormányrendelet értelmében a mennyisége miatt fontos veszélyforrásnak tekintendő. Minden releváns tényezőt figyelembe véve megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű telephelyén a környezetterheléssel járó súlyos balesetekből származó veszélyeztetés elfogadható mértékű.

Az üzem megfelelően felkészült az ilyen jellegű haváriák kezelésére, beleértve a hidrazin-hidrát kezelése során elképzelhető baleseteket is. A Paksi Atomerőmű technológiájában nem prognosztizálható olyan mértékű változás, amely érdemben befolyásolná a veszélyes anyagok kezelését az erőműben, és a haváriaesetek felülvizsgálatát vagy kiegészítését tenné szükségessé. Így e veszélyek környezeti hatása is elhanyagolható marad a meghosszabbított üzemidő alatt. Mindemellett az üzemeltető a jövőben is folyamatosan gondoskodik arról, hogy elfogadhatóan kicsi legyen a környezetterheléssel járó súlyos balesetekből származó veszélyeztetés mértéke, ahogyan az üzem is mindig felkészült lesz a lehetséges haváriák kezelésére.

2.1.4.4. A Paksi Atomerőmű nukleáris biztonságát veszélyeztető külső veszélyek kombinációi

Az egyszeres veszélyek mellett – a rendelkezésre álló vizsgálati eredmények célzott értékelésével – a teljesség érdekében megtörtént a külső veszélyek kombinációinak vizsgálata és értékelése is.

Veszélykombinációk kiválasztása

A részletes elemzést igénylő külsőveszély-kombinációk kiválasztása érdekében első lépésként meghatározásra került a veszélykombinációk kiindulási listája. A teljesség igényével történt meg a szóba jöhető egyedi külső veszélyforrások listájának összeállítása, felhasználva a tárgyhoz tartozó hazai és nemzetközi hatósági előírásokat és ajánlásokat, a valószínűségi biztonsági elemzésekre vonatkozó szabványokat, útmutatókat, valamint a mértékadó nemzetközi gyakorlatot is. Bár a veszélykombinációk azonosításához az egyedi veszélyek teljes listájából kell kiindulni, lehetőség van több veszélyforrásnak a vizsgálat köréből történő kiszűrésére relevancia- vagy gyakoriságalapon, még a veszélykombinációk képzése előtt. Az egyedi veszélyek 37 elemű, veszélykombinációk képzésére összeállított listája a következő volt:

- földrengés keltette rezgésszerű talajmozgás,
- talajfolyósodás,
- villámárvíz,
- hirtelen hóolvadásból eredő elárasztás,
- elárasztás (árvíz),
- magas talajvízszint,
- fel- vagy alvízi folyóágak elzáródása miatti elárasztás / alacsony vízszint,
- fel- és alvízi létesítmények sérüléséből adódó elárasztás,
- csapadék,
- hó,
- extrém magas hőmérséklet,
- extrém alacsony hőmérséklet,
- magas hűtővíz-hőmérséklet,
- magas páratartalom,
- aszály miatti alacsony folyószint,
- jegesedés,
- jégeső,
- villámcsapás,
- erős szél, vihar,
- tornádó,
- vízfelszíni jég,
- jégtorlasz,
- pára, köd,
- vízkivételt veszélyeztető dunai szennyezés,
- erdőtűz,
- robbanás ipari tevékenység során,
- veszélyes kémiai anyag kikerülése ipari tevékenység során,
- szilárd vagy folyékony anyag folyóba kerülése folyami szállítás során,
- szállításból adódó robbanás,
- veszélyes kémiai anyag kikerülése szállításkor,
- robbanás vezetékes szállítás során,
- veszélyes kémiai anyag kikerülése vezetékes szállításkor,
- repülőgép-rázuhanás (átrepülések),
- elektromos hálózat instabilitása,
- elektromágneses interferencia,
- nagyfeszültségű örvényáram,
- emberi eredetű tevékenység okozta tűz.

A nemzetközi jó gyakorlattal összhangban úgynevezett keresztkorrelációs táblázat összeállatása és használata segítette a Paksi Atomerőmű esetében ténylegesen vizsgálandó veszélykombinációk kijelölését, kiindulva a relevancia- és gyakoriságalapon előszűrt külső veszélyekből.

Veszélykombinációk szűrése

A veszélykombinációk szóba jöhető listáján szereplő esemény- vagy jelenségkombinációk többlépcsős szűrésnek lettek alávetve, a veszélycsoportok alábbi bontásában:

- hidrológiai veszélyek,
- emberi tevékenységből eredő külső veszélyek,
- hűtővíz rendelkezésre állását befolyásoló dunai szennyezés,
- földtudomány releváns területeihez kapcsolódó veszélyek,
- meteorológiai veszélyek.

A veszélykombinációk szűrése alapján az alábbi kombinációk részletes vizsgálata vált szükségessé:

- emberi tevékenységből eredő külső veszélyek szélsőséges meteorológiai körülmények mellett,
- erős szél és csapadék és villámcsapás (vihar),
- erős szél és hó,
- szélsőségesen magas hőmérséklet és magas hűtővíz-hőmérséklet,
- szélsőségesen alacsony hőmérséklet és vízfelszíni jég (és jegesedés és hó),
- több ipari létesítményben egyidejűleg bekövetkező baleset (pl. földrengés hatására),
- földrengés és szélsőségesen magas vagy alacsony hőmérséklet együttes fellépése,
- hidrológiai veszélyek kombinációi,
- földtudományok területein szóba jöhető veszélyek kombinációi.

A terhelési értékek meghatározása a tervezési alap szintjén

A meteorológiai körülmények jelentősen befolyásolják a tűznek, illetve a mérgező gázok kibocsátásának a hatásait. További vizsgálatok készültek annak meghatározására, hogy egy veszélyesanyag-kezelés során lehetséges balesetnek lehet-e a szűrési szintet meghaladó gyakorisággal számottevő hatása az erőmű biztonságára, szélsőséges meteorológiai körülmények között. Az elemzés eredménye alapján a veszélyesanyag-kezelés során lehetséges balesetek észszerűen feltételezhető szélsőséges időjárási körülmények között sem veszélyeztetik nagyobb mértékben az atomerőmű biztonságát, mint az eredetileg figyelembe vett, nem szélsőséges időjárási viszonyok mellett.

Földrengés, esetlegesen erős szél mint közös ok miatt egyidejűleg több környező ipari létesítményben felléphet az ott kezelt veszélyes anyagok kibocsátásához vezető baleset. További vizsgálatok készültek annak meghatározására, hogy egy ilyen balesetnek lehet-e a szűrési szintet meghaladó gyakorisággal számottevő hatása az erőmű biztonságára. Az elemzések eredményeinek tanúsága szerint a balesetek feltételezett helye és távolsága, illetve a különböző típusú források eltérő hatásai miatt az atomerőmű veszélyeztetettsége nem változik abban az esetben, ha több létesítményben egyszerre következik be baleset.

Szélsőségesen magas vagy szélsőségesen alacsony hőmérséklet és földrengés együttes fellépésére, viharra, valamint hófelhalmozódás és erős szél együttes fellépésére mint veszélykombinációk esetében meghatározásra kerültek a tervezési alapba tartozó, azaz 10^{-4}/év-es gyakorisággal fellépő veszélykombinációkat jellemző terhelési értékpárok. A hóvihar az intenzív havazások esetén fellépő erős szelek relatív gyakoriságával volt leírható. A szélsőséges meleg és hideg a tervezési alapban figyelembe vett terhelések (léghőmérséklet és hűtővíz-hőmérséklet) összetartozó értékeivel került jellemzésre.

Az erőmű védettségének értékelése a tervezési alap szintjén

A földrengésből vagy szélsőséges melegből, illetve hidegből mint egyedi veszélyekből adódó sérülések, illetve eseménysorok hatásukban felülmúlják (burkolják) az együttes fellépésből adódható eseménysorokat, hiszen jelentős mértékű sérülés csak a tervezési alapba tartozó egyedi veszélyeknél nagyobb terhelést okozó veszélyek fellépése esetén várható, az együttes fellépés meghaladási gyakorisága pedig nagyságrendekkel kisebb, mint az egyedi veszélyeké. Kivételt képez ez alól az az üzemzavari eseménysor, amikor mérsékelten szélsőséges hőmérséklet esetén mérsékelten nagy földrengés hatására kiesik az erőmű hűtési vagy fűtési rendszere, hiszen ez esetben a tervezési alapba tartozó egyedi veszélyekből származónál kisebb terheléseknél is felmerül jelentős következményű sérülések lehetősége. Megtörtént a földrengés és a szélsőséges meleg és hideg blokkokra való együttes hatásának részletes vizsgálata, ami alapján összefoglalóan megállapítható volt, hogy a tervezési alapba tartozó meleg időben fellépő földrengés mint veszélykombináció hatásaival szemben az erőmű olyan jelentős tartalékkal tekinthető védettnek, hogy a szélsőséges melegben fellépő földrengés hatásai a további meghosszabbított üzemidő alatt sem veszélyeztetik az erőművet olyan mértékben, amely érdemi hatással lenne az erőmű környezetére.

A szélsőséges csapadékból, szélsőséges szélterhelésből, valamint villámcsapásból mint egyedi veszélyekből adódó sérülések, illetve eseménysorok esetében az az üzemzavari eseménysor adódott vizsgálandónak, amikor szélsőséges csapadék mellett nagy erejű szél vagy villámcsapás a külső hálózat elvesztéséhez vezet, hiszen ez esetben szükséges a dízelgenerátorok üzemeltetése, amelyek hűtővize szintén a csapadékvíz-elvezetőn keresztül jut a déli övcsatornába, továbbterhelve a csapadékvízelvezető-rendszert. 2017-ben két tehermentesítő vezetéket építettek ki a II. kiépítéshez tartozó dízelgépház környezetében. Az átalakítás megvalósítását követően a csapadékvíz-elvezető hálózat képes a tervezési alapba tartozó, sőt, még a 10^{-7}/év gyakoriságú csapadékmennyiséget és blokkonként egy dízelgenerátor üzemelése során keletkező vizet együtt megfelelő módon elvezetni. Következésképpen a tervezési alapba tartozó vihartevékenység mint veszélykombináció hatásaival szemben az erőmű olyan jelentős tartalékkal tekinthető védettnek, hogy a vihar hatásai a további meghosszabbított üzemidő alatt sem veszélyeztetik az erőművet olyan mértékben, amely érdemi hatással lenne az erőmű környezetére.

A korábban elkészített ellenőrző szilárdsági számítások és az egyszeres veszélyekre vonatkozó részletes vizsgálatok alapján megállapítható volt, hogy az erőműépületek szél és hó együttes fellépése miatti sérülékenységét burkolja az egyedi terhekből adódó sérülékenység. Következésképpen az erőmű biztonság szempontjából fontos épületei védettnek tekinthetők a tervezési alapba tartozó terheléskombinációk ellen, és védettek is maradnak az üzemidő végéig, ha az egyedi veszélyekkel szembeni védettséget fenntartják. Megtörtént annak részletes vizsgálata, hogy intenzív havazás során fellépő erős szél hatására eltömődhetnek-e a dízelgépházak, illetve a főépületi szellőzések légbeszívói. Az erőmű szakértőinek véleménye szerint egyrészt a nagy tározókapacitásnak és az azonnali hóeltakarításnak köszönhetően nem várható a szellőzőnyílások havazás miatti eltömődése, másrészt a dízelgépek korlátlan ideig üzemeltethetők belső légbeszívás mellett. Következésképpen a biztonság szempontjából fontos szellőzőrendszerek és a dízelgépek védettnek tekinthetők a tervezési alapba tartozó terheléskombinációk ellen, valamint a hóvihar hatásai a további meghosszabbított üzemidő alatt sem veszélyeztetik az erőművet olyan mértékben, hogy az érdemi hatással lenne az erőmű környezetére.

A szélsőséges melegre és a szélsőséges hidegre adott erőművi válasz megfelelő módon jellemezhető az e veszélykombinációkat alkotó veszélyekre adott válasz vizsgálatának eredményeivel, hiszen például a szélsőséges meleg vizsgálatakor a Duna-víz hőmérsékletét is figyelembe vették. Következésképpen nem indokolt e veszélyek veszélykombinációkként való értékelése.

2.1.5. A telephely geológiai, tektonikai, szeizmológiai és geotechnikai jellemzői

A paksi telephely atomerőmű létesítésére történő kiválasztásnak köszönhetően a paksi terület, Magyarország legjobban megkutatott és vizsgált területe. A paksi telephely földtudományi vizsgálata, és ehhez kapcsolódóan a Pannon-medence földtani megismerését is célzó tudományos kutatás hat évtizede folyik. A telephelyen végeztetett célzott kutatások és a témakörhöz kapcsolódó akadémiai kutatások lehetővé tették a telephely komplex geológiai, szeizmotektonikai és geotechnikai sajátosságainak megismerését és a nukleáris biztonsági követelmények szerinti értékelését. Mindezek alapján történt a telephelyen lévő három nukleáris létesítmény (a Paksi Atomerőmű, a Kiégett kazetták Átmeneti Tárolója és a Paks II. Atomerőmű) tervezése, biztonságának elemzése és az időben legrégebben létesített atomerőmű biztonságának jelentős mértékű növelése, illetve ezek hatósági jóváhagyása. A felsorolt mindkét üzemelő létesítmény, illetve az építési fázisban lévő két új erőműblokk is megfelel az adott létesítményre vonatkozó, a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok részeként előírt geológiai, tektonikai, szeizmológiai és geotechnikai követelményeknek.

A paksi telephely komplex szeizmotektonikai sajátosságokkal rendelkezik. A telephelyen és környezetében lévő vetőrendszer létezése ismert volt jóval a telephely kiválasztása előtt is. Ugyanakkor a vetőrendszer aktivitása, amely a telephely földrengés veszélyeztetettségének meghatározása szempontjából kardinális kérdés volt, vita tárgyát képezte. A vetők aktivitására

közvetlen empirikus bizonyíték nem volt, a vetők negyedidőszaki reaktiválódását csupán az 1911. évi kecskeméti földrengés indikálta.

A Paks II. projekt telephelyvizsgálati programjának tervezésekor központi kérdés volt a vetőrendszer pontos feltérképezése, a negyedidőszaki aktivitásra utaló morfológiai és paleoszeizmikus jelek vizsgálata, együtt az igen részletes geofizikai, mikroszeizmikus és űrgeodéziai mozgásvizsgálatokkal. A Paks II. telephely-vizsgálatához kapcsolódóan elvégzett Földtani Kutatási Program igazolta a feltérképezett Dunaszentgyörgy-Harta szerkezet negyedidőszaki reaktiválódását. Ugyanakkor azt is megállapította, hogy ezen a vetőrendszeren nem képzelhető el akkora földrengés, amely a nukleáris biztonság szempontjából szignifikáns, permanens felszíni oldaleltolódást hozna létre.

2.1.5.1. A paksi telephely környezetének geológiai-tektonikai jellemzése

A területen hat meghatározó geológiai horizont különíthető el, melyek jelentős fejlődéstörténeti, illetve fácies egységeket határolnak el egymástól:

a) Pre-kainozoos aljzat.
b) Alsó- középső-miocén geológiai horizont.
c) Pannóniai képződmények eróziós települési felszíne.
d) Algyői Formáció konkordáns települési felszíne.
e) Algyői és a rá települő Újfalui, illetve Zagyvai Formáció határa.
f) Negyedidőszaki képződmények eróziós diszkordancia feküszintje.

A felületek meghatározása a területre eső geofizikai és fúrásos adatok alapján történt. A negyedidőszaki képződmények feküfelszínének koncepciója 1329 fúrás rétegsorának értékelésével és szoftveres modellezésével került kialakításra. A fejlődéstörténet egymástól jól elkülöníthetően az alábbi szakaszokra bontható:

a) Pre-miocén fejlődési szakasz.
b) Kora- és középső-miocén fejlődési szakasz.
c) Késő-miocén–pliocén fejlődési szakasz.

A területet a pannon során mérsékelt süllyedés jellemezte, ezért az Endrődi Formáció felett hiányoznak a deltalejtő előtti mélymedencében képződő turbidites eredetű képződmények (Szolnoki Formáció). Az Endrődi Formációra így közvetlenül az Algyői Formáció rétegei következnek.

A terület meghatározó szerkezeti eleme a pre-kainozoos aljzatban mintegy 100 km hosszan követhető, KÉK-NyDNy-i irányítottságú „Kapos-vonal”. A vetőtérképezés eredményeit felhasználva a kutatási területen összesen 41 db, földtani és geometriai szempontból is konzisztens 3D numerikus vetőfelületet azonosítottak, amelyek egy része nem éri el a pannon-negyedidőszaki határt. A vetők térképezése pontos adatokat szolgáltatott a vetők geometriájára és stílusára vonatkozóan. Meghatározó szerepű a Kapos-vonalból Dunaszentgyörgynél északkeleti irányba kiágazó és a telephely alatt elhaladó Dunaszentgyörgy-Harta vetőzóna, amely a Kapos-vonal keleti szakaszával együtt a terület neotektonikus aktivitást mutató oldal-eltolódásos szerkezeti eleme.

A vetők aktivitása csaknem egy évszázada tudományos vita tárgya volt, amely így meghatározta a 2011-et követő vizsgálatok fő irányát is. A paleoszeizmikus vizsgálatok eredményeinek bemutatásánál ez részleteiben is ismertetésre kerül.

2.1.5.2. A telephely és környezetének szeizmicitása

A magyarországi földrengés tevékenység meglehetősen diffúz, intraplate szeizmicitásként jellemezhető. A teljes Kárpát-Pannon régió (44°-50° É, 13°-28° K) 757 038 km^2 területére a log$N$ = 5,84-1,07 M_w földrengés gyakoriság összefüggés érvényes, ahol N az adott magnitúdójúnál nagyobb földrengések éves száma. Ez azt jelenti, hogy a teljes területen $M_W \geq 6$

földrengés 3,8 évenként fordul elő; $M_W \geq 5$ földrengés évente három; $M_W \geq 4$ földrengés pedig évente harminchat keletkezik átlagosan.

A telephely és környezetének aktivitása a Pannon-medence középső részére jellemzően igen alacsony. A földrengések gyakran nem köthetők egyértelműen tektonikai szerkezetekhez, mivel a szeizmotektonikai és geológiai ismeretek pontatlansága miatt nem dönthető el, melyik rengést melyik törés okozta.

A magyarországi és a Paks környéki földrengéseket nagy érzékenységű mérőhálózattal monitorozzák 1995 óta. Figyelembe véve a mérőhálózat észlelési képességének Paks környéki fókuszáltságát, nagy biztonsággal kijelenthető, hogy a három évtizedes megfigyelési időszak alatt Paks közvetlen környezetében nem volt olyan földrengés, melynek magnitúdója elérte volna az M_L = 1,0 értéket. Ily módon az itteni szerkezetek recens aktivitása egyre növekvő valószínűséggel zárható ki, azaz szeizmikusan aktív vető Paks telephely környezetében nem azonosítható. A telephely közelében más geofizikai, geológiai és geomorfológiai megfigyelések alapján azonosított / feltételezett vető sem mutat szeizmikus aktivitást a 0,75-1 magnitúdó tartományban sem.

Az 1995-ben kezdődő paksi mikroszeizmikus monitorozás és a Paks II. Földtani Kutatási Program keretében 2016-ban létrehozott új lyukszeizmográf állomásoknak köszönhetően 6002 kis és közepes magnitúdójú földrengést regisztráltak az 1995-2024 időszakban Magyarországon és környezetében (45,5°-49,0° É, 16,0°-23,0° K). A rengések a –0,8-5,7 magnitúdó tartományban voltak. Ezek közül 1082 rengés epicentruma esik a telephely 100 km-es környezetébe.

Historikus forrásból összesen 4071 rengés ismert a 456-1994 időszakban. Mára tehát a magyarországi földrengés katalógus nagyobb része műszeresen meghatározott esemény, melyek epicentruma és mélysége egy nagyságrenddel pontosabban ismert, mint a historikus rengéseké.

A monitorozás eredményeképpen lényegesen megbízhatóbbá vált a földrengések gyakoriságára vonatkozó Gutenberg-Richter reláció, amely a veszélyeztetettségi számítások legfontosabb bemenő adata. Paks környezetében a földrengések gyakoriság sűrűsége az országos átlagnál alacsonyabb, annak negyede-ötöde.

A mikroszeizmikus monitorozás az utolsó átfogó szeizmológiai elemzés, a Paks II. Földtani Kutatási Program befejezése óta, a 2017-2024 időszakban 563 kisebb földrengést azonosított a paksi telephely 100 km-es környezetében. Ezek közül 36 volt a telephelyhez 50 km-nél közelebb, 3 pedig 30 km-nél közelebb. A legközelebbi esemény telephelytől való távolsága 22 km volt, magnitúdója 1,9.

2.1.5.3. Geodinamikai monitoring eredmények

Az űrgeodézia GNSS (Global Navigation Satellite System) vizsgálati módszerével kapott eredményei az utóbbi huszonöt évre vonatkozóan azt mutatják, hogy a paksi telephely 30 km-es sugarú környezetében a lokális, relatív jelenkori horizontális kéregmozgás-sebességek 0,5 mm/év szint alatt vannak. A nagyobb arányú űrgeodéziai kéregmozgás vizsgálatok pedig egyenletes, diffúz deformáció eloszlást feltételezve ugyanerre a területre 0,2-0,4 mm/év sebességű É-D és K-Ny-i kompressziót jeleznek. A terület vertikális felszínmozgásai 1 mm/év hibahatár alattiak. Ez alól csak egy-két kivétel van, ahol az észlelt mozgás tranziens, kompakciós, technogén eredetű.

A GPS-adatok is egyértelműen azt mutatják, hogy a területen térképezett vetők mentén számottevő jelenkori oldalelmozdulás nincs, a két nagyszerkezeti egység egymáshoz képest lényegében nem mozog, vagy ez a mozgás a 0,1 mm/év szint alatt van.

2.1.5.4. A paleoszeizmikus vizsgálatok eredményei

A telephely környezetében lévő vetők feltérképezése 2D és 3D szeizmikus vizsgálatokkal megtörtént. A negyedidőszaki rétegeket elérő vetők felszíni és felszínközeli manifesztációját leginkább árkolással lehet feltárni. A Paks II. Földtani Kutatási Program végrehajtása során

létesített árkokat nagyfelbontású geofizikai vizsgálatokkal és sekélyfúrásokkal készítették elő. A telephelyen, illetve a telephely közelében (M6-os autópálya bevágás, kikötői partfal) feltárt képlékeny deformációs szerkezetek demonstrálták a késő-pleisztocén aktivitást, amely az értékelők számára a vélelmezett vagy várt eredmény bizonyítását jelentette.

A telephelyen és a telephely tágabb környezetében végzett feltárások részletes és a Földtani Kutatási Programban adott értelemzés kritikai felülvizsgálata és a paleoszeizmikus jelek tudományos jellemzésére 2020-ban kerül sor. Feltételezték, hogy a laza üledékben megfigyelt talajfolyósodás okozta deformációk legalább 5-ös magnitúdójú földrengések eredményeként jöhettek létre, amelyek a kormeghatározás alapján nagyságrendileg ezeréves időközönként, a késő pleisztocénben, 20 ezer évvel ezelőtt történtek a Dunaszentgyörgy-Harta-vetőzónán. A törések közvetlen környezetében a homokrétegek néhány centiméteres helyi deformációja, illetve dilatációi nem bizonyítják a törés két oldalán lévő homoktesteknek egymáshoz képest vízszintes vagy függőleges elcsúszását. Ez azzal magyarázható, hogy az alaphegységben és idősebb kainozoos kőzetekben még egyértelmű elmozdulást a felszín közeli laza üledékek felveszik, így a felszín már nem deformálódik észrevehetően. A megfigyelhető hasadékok legtöbbje valószínűleg nem a vetőágak közvetlen, felszínig hatoló folytatása, hanem közvetetten, a földrengéshullámok hatására kialakult tágulásos hasadék, illetve benyomulásos telér.

Ezt az értékelést a NAÜ TECDOC-1767 jelzetű „The contribution of palaeoseismology to seismic hazard assessment in site evaluation for nuclear installations” c. dokumentuma mint mértékadó módszertani útmutató alapján felülvizsgálták abból a szempontból, hogy adatokat nyerjenek a felszíni elmozdulás-veszély elemzéséhez.

Az elemzés lényeges megállapításai a következők szerint foglalhatók össze. Az azonosított deformációk „földrengések környezeti hatásaiként” határozhatók meg (a TECDOC-1767 szerint: Earthquake Environmental Effect – EEE), amelyek a késő-pleisztocén aktivitást igazolják. A kor meghatározása megfelelőnek tekinthető, de a földrengések környezeti hatásai alapján a vetőt lokalizálni csak igen nagy hibával lehet, ha egyáltalán. Az a feltételezés, hogy kutatóárkokban látottak az árok alatt húzódó vető aktivitásának következménye, logikus, de nem kizárólagos, hiszen a vízkiszökést okozó talajfolyósodás feltétele nem az, hogy alatta legyen a vető, hanem az, hogy a talaj vízzel telített kohéziómentes szemcsés szerkezetű legyen, amelyre hat a földrengés okozta talajmozgás. Az $M_W \geq 5$ mint minimális magnitúdó becslés nem vette figyelembe, hogy a késő-pleisztocén a paleo-talajfolyósodás létrejöhetett a legújabb kutatások szerint akár $M_W \gtrsim 4$ magnitúdójú rengés esetén is.

2.1.5.5. A földrengés-veszély valószínűségi módszerrel történő meghatározása

A földrengés-veszély valószínűségi módszerrel történő elemzésének alapját a szeizmotektonikai/szeizmogén zónák modelljei képezik. A 1990-években készült első ilyen elemzésben – igen kis súllyal – modellezték a telephely környezetében lévő vetőket is, jóllehet akkor a NAÜ által felkért, nagytekintélyű tudósok a vetőket inaktívnak minősítették. Az elemzés alapját képező három szeizmogén zóna-modellt az immáron több mint 30 éve folyó és az egyre bővülő tudásbázis alapján fejlesztették ki. Ugyanígy a több évtizedes tapasztalat alapján választották ki a csillapítási egyenleteket, a jelenleg elérhető legkorszerűbb szoftvert alkalmazták a logikai fa alapú elemzéshez, amelynek három fontos kimenete van: a feltételes alapkőzeti veszélyeztetettségi görbe, a válaszspektrum (Uniform Hazard Response Spectrum – UHRS) és a veszély deaggregációja.

A szabadfelszíni jellemzőket a fiatal rétegek nemlineáris viselkedését figyelembe vevő eljárással, a pontosított talajmodell alapján számították ki. A tervezés alapját képező 10^{-4}/év gyakoriságú maximális vízszintes gyorsulást tekintve az eredmény az elmúlt harminc évben különböző modellek alapján és szoftverek segítségével kapott eredmények lénygében azonos, szignifikáns eltérést nem mutató eredményre vezetett.

A korábbi elemzésekhez képest eltérés a vertikális komponens válaszspektrumát tekintve volt azonosítható. Ennek oka, hogy a vertikális komponens az új tudományos ismereteknek megfelelően és a telephelyi sajátosságokat figyelembe véve került kiszámításra.

A Paksi Atomerőmű Végleges Biztonsági Jelentésnek a Paks II. Földtani Kutatási Program tanulságait és eredményeit figyelembe vevő frissítése során 2021-ben igazolták, hogy a 2016-ban kapott földrengés veszélyeztetettség eredmények összhangban vannak a korábbi elemzésekkel mind az alapkőzeti, mind a felszíni horizontális UHRS tekintetében, az eltérések pedig kezelhetőek voltak a szerkezetek alaplemezére ható input inkoherenciájának figyelembevételével.

2.1.5.6. Geotechnikai jellemzés – talajfolyósodás-veszély elemzése

A Paksi Atomerőmű telephelyén jelentősebb helyszíni kiegészítő geotechnikai vizsgálatok 2014-ben folytak, elsősorban a talajfolyósodás és a talajsüllyedés vizsgálatának céljából. Ehhez hasznos kiegészítő információt adott az új blokkokra végzett kiterjedt mérnökgeológiai program. Az utóbbiak eredményeit áttekintve azt lehet megállapítani, hogy ezen új adatok nincsenek lényeges befolyással az eddigi adatokra épített statisztikus talajmodell érvényességére, azt megerősítik, és azzal összhangban vannak.

A globális talajfolyósodás lehetőségének vizsgálata a biztonsági földrengésnek megfelelő (10^{-4}/év) valószínűségi szintre történt, a mérnökszeizmológiai gyakorlatban legáltalánosabban használt feszültségalapú empirikus módszerrel, valamint a pórusvíznyomás növekedését és disszipációját figyelembe vevő effektív feszültség módszerrel, a telephelyet reprezentáló átlagos rétegsorra, és átlagos talajvízszintre.

A kapott eredmények azt igazolták, hogy 10^{-4}/év valószínűségi szinten nem kell a teljes rétegsort érintő, globális talajfolyósodással számolni. A talajfolyósodás lokális bekövetkezésének, a laterális változékonyságnak és a folyósodás miatt bekövetkező szabadfelszíni süllyedéseknek a vizsgálata azt mutatja, hogy a biztonsági földrengésnek megfelelő (10^{-4}/év) valószínűségi szinten a legnagyobb süllyedés a 3-4. blokki reaktorépület ÉNy-i sarkánál várható, nagysága konzervatív becslés szerint 5,08 cm. A Földtani Kutatási Program tanulságait és eredményeit figyelembe vevő, 2021-ben elvégzett értékelések során igazolták azt is, hogy a talajfolyósodásra vonatkozó eredmények összhangban vannak az eddigi elemzésekkel.

2.1.5.7. A telephelyen és környezetében lévő vetők által okozott felszíni elmozdulás-veszély

A telephelyen és környezetében negyedidőszakban aktívnak minősített vetők részletes elemzése arra irányult, hogy választ kapjunk arra a kérdésre, hogy történhet-e a vetőn olyan méretű földrengés, amely esetében a vető menti elmozdulás a felszínen is megjelenhet. A felszínen is megjelenő vető esetében meg kell határozni a veszélyeztetettségi görbéjét, amely alapján lehet eldönteni, hogy az elmozdulás mértéke és/vagy gyakorisága alapján az a nukleáris biztonságot veszélyezteti-e, vagy irreleváns, mert a nukleáris biztonságot veszélyeztető, szignifikáns méretű elmozdulás vagy nem, vagy elhanyagolhatóan kis éves gyakorisággal fordulhat elő.

A szűrés alapját a „practical elimination”, a gyakorlati kizárhatóság elve képezi (lásd a NAÜ SSR-2/1 tervezésre vonatkozó 20. követelményét és a 6.27 és 2.11 bekezdéseket, valamint a WENRA „Report – Practical Elimination Applied to New NPP Designs – Key Elements and Expectations” 2019 dokumentumot). Gyakorlatilag kizártnak tekinthető az ilyen esemény, vagy szcenárió, ha az fizikailag nem következhet be (ha nincs vulkán, nincs vulkánkitörés sem), vagy ha az esemény következtében a nagy/korai kibocsátás bekövetkezésének valószínűsége rendkívül kicsi (10^{-6}/év – 10^{-7}/év), amit nagy megbízhatósággal demonstrálni lehet.

Fontos megemlíteni, hogy a negyedidőszaki aktivitás, ami megnyilvánulhat akár felszíni elmozdulásként is, nem azonos a nukleáris biztonság megítélése szempontjából lényeges fogalommal a kapabilitással. A kapabilitás ugyanis a vető azon potenciáját jelöli, hogy a felszínen olyan elmozdulást képes létrehozni, aminek hatása lehet a nukleáris biztonságra. Azaz, ha az elmozdulás a vető mentén a felszínen megjelenhet, az okozhat-e olyan hatásokat, amelyek biztonsági funkciót veszélyeztethetnek. Az elmozdulást akkor nevezzük szignifikánsnak, ha ez lehetséges. Ennek eldöntése atomerőmű biztonsági elemzői és tervezői, ezen belül is leginkább szerkezet-tervezői és építőmérnöki kompetencia kérdése.

Általános szabályként, minden elemzés nélkül is kijelenthető a 10 centiméteres elmozdulás a nukleáris biztonság szempontjából elhanyagolhatónak minősíthető. De példaként említhető az új paksi blokkokra vonatkozóan, hogy a nukleáris sziget épületeinél, amelyek estében a normálüzemet nem korlátozó dőlés mértéke 1/1000, az alaplemez jellemző méretét tekintve nagyságrendileg 0,1 m egyenlőtlenséget engednek, míg rendkívüli hatásként ennek háromszorosát, 0,3 m-t. Normál vasbeton épületekre a szabványok szerint (például EUROCODE 7) repedésekkel a 1/300 mértékű relatív elmozdulásnál kell számítani.

A vető menti felszíni elmozdulás nukleáris biztonságot veszélyeztető hatásának értékeléséhez meg kell határozni a felszíni elmozdulás veszélyeztetettségi görbéjét, és az elmozdulás-gyakoriság alapján el kell dönteni, hogy az elmozdulás okozhat-e olyan biztonsági funkció-vesztést, ami a nukleáris biztonsági követelmények zónaolvadásra és a nagy/korai kibocsátásokra vonatkozó valószínűségi korlátait sértik.

A NAÜ SSR-1 és az SSG-9 (Rev. 1) fogalmazza meg a kapabilitás meghatározását, amely három attribútumot ad meg: (a) ismétlődő jelleggel szignifikáns felszíni elmozdulást okozó rengések voltak (a szignifikanciát a nukleáris biztonságot érintő mérték-gyakoriság alapján és nem neotektonikai értelemben kell felfogni); (b) szerkezeti kapcsolat van egy felszíni elmozdulást okozó vetővel; (c) lehet a vetőn akkora rengés, amely a felszínen elmozdulást okoz. Bármelyik feltétel igaz, a vető kapabilis, de ez nem jelenti automatikusan azt, hogy a nukleáris biztonság szempontjából releváns.

Előzetes szűrést lehet végezni a vetőre jellemző maximális lehetséges magnitúdó alapján. Erre konkrét adat nincs, az árkolás közelítőleg M_W 4 és 5 közötti értéket valószínűsít. Közvetett módon, a vetők hosszából lehet maximális magnitúdót becsülni, illetve a felszakadás maximális méretéből, amelyet a vető hossza és a szeizmogén réteg vastagsága határoz meg. A rendelkezésre álló empirikus korrelációk alapján, de a valószínűségi földrengés-veszély elemzéshez meghatározott, valamint a telephelyet magában foglaló forrásterületek adatai alapján is a maximális magnitúdó 5,9 és 6,7 között lehet. Ebből a felszíni elmozdulás valószínűsége – az alkalmazott empirikus formulától függően – 0,1 és 0,8 között lehet. Itt már csak az a kérdés, milyen éves gyakorisággal következhet be, például 6,7 magnitúdójú rengés. Ez a figyelembe vett magnitúdó-gyakoriság függvény alapján 10^{-7}/év és 10^{-8}/év között van. Ha a nagy/korai kibocsátásra vonatkozó követelmény a meglévő erőműnél 10^{-5}/év kumulált (Nukleáris Biztonsági Szabályzatok[5] 3.2.4.0900. pont szerinti követelmény), azaz egy eseményre 10^{-6}/év, akkor a veszély már ezen kritérium alapján kiszűrhető.

A NAÜ SSR-1 követelménye és az SSG-9 (Rev. 1) útmutatója, amennyiben a negyedidőszaki aktivitás a felszíni elmozdulás lehetőségét indikálja, valószínűségi felszíni elmozdulás-veszély elemzését írja elő annak eldöntésére, hogy a veszély a nukleáris biztonság szempontjából releváns-e. Ennek az alapja a konkrét vető/vetők aktivitásának magnitúdó-gyakoriság függvénnyel történő jellemzése. A rendelkezésre álló adatok ehhez nem elegendőek, s ha a telephely szeizmicitásának, geodinamikai sajátosságainak figyelembevételével bármilyen extenzív kutatást is indítanának, ehhez elegendő adat aligha képződne, különös tekintettel arra, hogy a vetőn történő oldaleltolódás a laza üledékben, a megfolyósodásra hajlamos telített laza fedőrétegben csak rendkívül nagy rengések esetén lehetne látható.

Ezekre a vetőkre nem lehet a klasszikus valószínűségi felszíni elmozdulás-veszély elemzési módszereket (Probabilistic Fault Displacement Hazard Analysis – PFDHA) alkalmazni a vetőkre vonatkoztatható magnitúdó-gyakoriság reláció hiányában. A paleoszeizmikus adatok mennyisége ehhez nem elegendők, de nem is alkalmasak a magnitúdó pontos meghatározására, a történelmi és a műszeres földrengés rekordok pedig egyáltalán nem igazolják a vetők aktivitását. Ugyanakkor a PFDHA módszer koncepcióját követve, a felszíni elmozdulás-veszély veszélyeztetettségi görbéjét a valószínűségi földrengés-veszély elemzés (Probabilistic Seismic Hazard Assessment – PSHA) eredményeire támaszkodva több megközelítésben is elő lehet állítani. A veszélyeztetettségi görbe alapján a felszíni permanens elmozdulás veszély mértéke a

[5] A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet mellékletei.

praktikusan elhanyagolható, még a 10^{-7}/év gyakorisági szinten sem szignifikáns, valamint a szakadékszél jelenség is kizárható.

2.1.6. A telephely vízföldtani jellemzői

A felszín alatti víztér tekintetében elmondható, hogy a talajvíztároló összlet vízzáró feküjét a jelenlegi terepszint alatt 30-40 m mélységben települt és általában folyóvízi erózióval letarolt, pannon tavi agyag képződmény képezi. Helyenként azonban idősebb pleisztocén rétegeket is találhatunk, melyek eolikus eredetűek, illetve azok átalakult változatai.

A talajvíz tárolása és vezetése szempontjából leglényegesebb az új-pleisztocén folyóvízi üledék, mely Pakstól a Sió-torkolatig húzódó fiatal süllyedékben jött létre, regionális kiterjedésű és mintegy 20 m vastagságú. A réteg alsó tagozata 10-15 m vastagságú rosszul osztályozott, görgeteges, homokos kavics, kavicsos homok, de helyenként beékelődött homokszintek is előfordulnak benne. Ez a térség legjobb vízvezető képességű képződménye, döntően ez határozza meg a talajvíz mozgását, tározódását. Az új-pleisztocén folyóvízi üledék felső 5-10 m-es tagozata feltehetően árvízi elöntésből származó üledék, finomhomokos szórványkavics. Ez a réteg közvetlen kapcsolatban áll a Duna medrével, ebben a rétegben alakult ki a Duna jelenkori közepes-, kisvízi medre.

A pleisztocén víztartó rétegekre holocén rétegek települtek, melyek vastagsága 5-10 m. A Dunát szegélyező 1-3 km-es sávban a Duna újholocén üledékei alkotják a fedőt, anyaguk folyóvízi kavics, homok, öntésiszap, öntés agyag, lösziszap. Távolabb, a Duna üledékből származó futóhomok lepel alkotja a felső szintet, ami helyenként elfedett fosszilis talajrétegeket tartalmaz.

A szélfújta területeken a morfológiai formák közül a 6-8 m vastag, félig kötött homokdombokban a szélbarázda és a maradékgerinc ismerhető fel. Eolikus származása ellenére anyaga viszonylag rosszul osztályozott, jó szivárgási tényezője következtében lehetővé teszi, hogy a felszínre hullott csapadék jelentős része beszivárogjon a talajba. Az erőműtől ÉÉNy-ra magasan (160-180 mBf) kiemelt löszplató húzódik ÉNy felé. A lösz fiatalabb felső tagozatai laza településűek, nagy hézagtérfogatuk következtében viszonylag jó vízvezetők. Ez lehetővé teszi a beszivárgó csapadékvíz mélybe vezetését. A vályogszintek (agyag) határán a víz az erózióbázis (Duna) felé áramlik.

Az ismertetett vízföldtani szerkezetet két tényező módosítja:

1. A Duna parti sávját feltöltött hajdani meanderek hálózzák be, melyek az általános földtani képet jelentősen módosítják és az áramlási viszonyokat is befolyásolhatják.
2. A terület beépítése során jelentős mértékben megváltoztak az eredeti morfológiai- és talajviszonyok, az eredeti térszint 0-7 m vastag helyi anyagból származó feltöltés borítja. A beépítés a talajvíz áramlását is módosíthatja a mélyalapozású építmények és a felszín alatti létesítmények környezetében. Ezek a változások azonban csak a létesítmények közvetlen környezetében érvényesülnek, nagyobb területet érintő hatásuk nem mutatható ki.

A talajvíz a negyedkori (felső pleisztocén, holocén) porózus homokos-kavicsos összletben szivárog a megcsapoló dunai élővízfolyás irányába. A talajvíz szivárgását a szivárgás tulajdonságai és iránya alapján, három jellemző zónára lehet osztani.

Az első zóna, amelynek szivárgási iránya egyenletes, a Duna élővízfolyása irányába mutat. Irányát nem változtatja meg, a hidraulikus gradiens értéke csekély mértékben változik. Közvetlen szivárgás-hidraulikai kapcsolatban áll a Mezőföld területén beszivárgó csapadékvizek által táplált háttér talajvízzel.

A második zóna, az átmeneti vagy pangó zóna, amelynek jellemző szivárgási iránya változatlanul a megcsapoló dunai irányba mutat, a talajvíz hidraulikus gradiense viszont jelentősen lecsökken, bizonyos szivárgás-hidraulikai helyzetekben az értéke pedig 0 lesz.

A harmadik zóna, a dunai hatásterület zónája, ahol a talajvíz jellemző szivárgási iránya kétirányú lehet, amelyet a mindenkori dunai vízállás befolyásol. Magas és tartós árhullám idején a talajvíz szivárgási iránya a háttér felé mutat, ebben az időszakban emelkedik a talajvíz nyomásszintje.

Tartós dunai középvízi, illetve kisvízi időszakban a talajvíz szivárgási iránya megváltozik és a Duna élővízfolyásának, a megcsapolás irányába mutat. Ebben az időszakban csökken a talajvíz nyomásszintje.

A talajvíz áramlási iránya, illetve az áramlás sebessége elsősorban a talajba bejutó szennyeződések szempontjából fontos, mivel az esetlegesen fellépő szennyeződés nyomon követhető az áramlás ismeretében. A talajba havária következtében, folyadék formájában bejutó szennyeződés egy része megtapad a talajszemcsék felületén, másik része függőleges szivárgás után elérve a talajvíz mindenkori szintjét szétoszlik, keveredik a talajvízzel, majd azzal együtt mozog. A mozgás sebessége specifikus, a szennyezőanyag fajtájától függően egyedien változik.

A vizsgált terület két jellegzetes zónára osztható, a háttérterületre és a Duna felszíni vízfolyását kísérő sávra. Közöttük átmeneti zóna található. Az erőmű és környékének talajvizét a nyugati oldalról – a Paks-Mezőföldi magasabb térszintből – a talajvíz horizontális szivárgása táplálja.

A vizsgált területen a talajvíz áramlásának irányát két fő tényező határozza meg. Az egyik a Duna vízállása, a másik a háttér felőli beszivárgáson keresztül a csapadék. A Duna vízállása mindkét irányba változtathatja a talajvíz szintjét és áramlási irányát. A Duna talajvíz leszívó hatása a hátteret illetően kisebb mértékben érvényesül, így a háttérterületen nagyobb talajvízkészlet marad vissza a víztartó rétegben.

Jellemző talajvíz áramlási irány a Ny-K-i, ami az erőmű területére benyúló hidegvíz-csatorna környezetében lokálisan DNy-ÉK-ire, illetve a csatorna partjára merőlegesen módosul. Az átlagos hidraulikus gradiens a területen 2,5-3 m/km. Alacsony és közepes Duna-vízállásnál a folyó leszívó hatása érvényesül, míg nagy vízállásnál visszaduzzasztja a talajvizet. Tehát a talajvízszint-észlelő kutakban a vízszint a Duna vízjárásának megfelelően változik, azonban ez a hatás a folyótól távolodva folyamatosan gyengül. A talajvízben az árvíz hatására kialakuló nyomáshullámok terjedési sebessége ~100 m/nap.

A monitoring kutakban mért talajvízszintek jól követik a Duna vízszintváltozásait, az árhullámok levonulását. A Duna vonalától mintegy 1 km-es sávban érzékeltetik hatásaikat, attól távolodva hatásuk jelentősen lecsökken és időben is eltolódik.

2.1.7. A telephely hidromorfológiai jellemzői

A Paksi Atomerőmű közvetlen környezetének és a tágabb térségnek is meghatározó vízfolyása a Duna. A Dunából az 1526,6 fkm-nél kiágazó hidegvíz-csatornán keresztül biztosítják az atomerőmű hűtővízellátását. A felmelegedett hűtővíz a melegvíz-csatornán keresztül kerül visszavezetésre a főmederbe.

A Dunaföldvár és a déli országhatár közötti folyószakaszon a középvízi meder átlagos szélessége 400-600 m, az atomerőműnél (1527 fkm) 430 m, az árvízi mederszélesség 1,1-1,2 km. Az 1970-es évek végén kidolgozott szabályozási tervek alapján a Dunaföldvár – déli országhatár közötti folyószakasz részben szabályozottnak tekinthető. Ennek eredményeként a középvízi szabályozás stabilizálta a főmedret. Azonban mind a szűkítés okozta sebességnövekedés, mind a rövidülés miatti esésnövekedés a folyó hordalékszállító képességének növekedésével jár, így medermélyülési folyamat indult el. A vízszintsüllyedési folyamat megállítása érdekében az utóbbi 20 évben alacsonyabb szinttel és módosított helyszínrajzi elrendezéssel épültek a szabályozási művek.

Az atomerőművi vízkivétel helyétől északra, közvetlenül Paks város fölött a Duna nagy kanyarral nyugati irányból déli irányba fordul. Emiatt a sodorvonal a jobb part felé kilendül, így a város mellett végighúzódó partvonal mentén és az alatt is, e homorú partot kőburkolattal védik az oldalazó erózió ellen. A folyó középvízi medrének stabilizálása keretében a domború parton 1530-1533 fkm között 600-750 méterenként sarkantyúkat létesítettek. A bal part mentén a szegélyzátonyok képződése jelenleg is folyik, egészen az 1525,5 fkm-ig.

Az 1526 fkm-nél a sodorvonal a bal part közelébe helyeződik át. Az atomerőmű melegvíz-csatornájának visszavezetése alatt, ahol a jobb parti hullámtér fokozatosan kiszélesedik, a jobb part közelében egy kb. 2 km hosszú zátonysziget húzódik. Ezt a hajózás szempontjából kedvezőtlen zátonyosodást már több évtizeddel ezelőtt sarkantyúkkal úgy szabályozták, hogy

lehetővé tegyék a beöblösödés folyamatos természetes feltöltődését. A jobb parti biztosítással egyidejűleg, a szemben lévő parton, Uszódnál kb. 400 m-enként rövid sarkantyúkat építettek. Ezekkel a bal part vonalát is teljes mértékben stabilizálták.

A Duna mindenkori vízhozamát elsősorban az Alpok hóolvadása és csapadékjárása határozza meg. Áradásai jellemzően a kora tavaszi hóolvadáshoz, valamint a nyár eleji csapadékmaximumhoz és gleccserolvadáshoz kapcsolódnak. Az atomerőmű 1527,0 fkm-nél lévő szelvényében a vízszintváltozás a paksi mérőállomás (1531,3 fkm) alapján jellemezhető, mely 1868. január 1-je óta üzemel. A mérce „0” pontjának magassága 85,38 mBf. Az észlelések kezdete óta mért legalacsonyabb vízszint (LKV) -97 cm (84,41 mBf, 2018. október 26). A legnagyobb jégmentes vízszint (LNV) +891 cm (94,29 mBf), és 2013. június 11-én észlelték. A legnagyobb jeges vízszint (LNV) 1876. február 27-én alakult ki +1006 cm-es vízállással (95,44 mBf). Az éves abszolút vízszintváltozás elsősorban az árvizek tetőzési szintjétől függ: többnyire 6-7 m, de egyes szélsőséges vízjárású években megközelíti a 9 m-t.

Az atomerőmű telephelyén kialakított feltöltés szintje 97,00 mBf. Ez közel 3,0 m-rel magasabb a mértékadó árvízszintnél (94,05 mBf), és kb. 1,4 m-rel magasabb, mint a 10 000 éves visszatérési idejű (0,01%-os számított előfordulási valószínűségű) jégmentes árvíz szintje, valamint magasabb, mint az erőmű szelvényében a Duna balparti árvédelmi töltésének 96,60 mBf-es koronaszintje. Mindezeket figyelembe véve az atomerőmű telephelye árvízvédelmi szempontból biztonságosnak tekinthető. A jelenlegi lefolyási viszonyok mellett kizárható olyan árhullám kialakulása, amely az atomerőmű telephelyének elárasztását eredményezné.

Az atomerőmű térségében a Duna-meder átlagos mélysége a kisvízszint alatt 4 m, a sodorvonalban 5-6 m. A meder anyagát főleg kavicsos homok és homokos kavics alkotja. A melegvíz-csatorna torkolata alatt a megnövekedő vízsebesség és turbulencia a meder jelentős kimélyülését eredményezte. Ugyanakkor a jobb part menti szegélyzátony (Uszódi-zátony) magassága megnőtt, felszínén állandó növényzet telepedett meg, és a kavicsos homok felett megkezdődött a finomszemű áradmányos fedőüledék lerakódása. Szintén a kisvízi meder mélyülésével magyarázható, hogy az 1525,6-1526,1 fkm között a bal part mentén is egy vékony, hosszú szegélyzátony kezdett kialakulni.

2.1.8. Demográfiai jellemzők

A demográfiai jellemzők bemutatása elsősorban helyzetelemzésre épült, amelynek célja az aktuális, részben a közelmúlt demográfiai és népesedési folyamatainak áttekintése volt, kisebb részben kiegészülve az 1990 utáni hosszú idősoros vizsgálatokkal a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) adatai alapján. Ennek során a telephely és 30 km-es környezetében vizsgált 75 településre vonatkozóan a népesség számában bekövetkező változások azonosítására, a lakónépesség földrajzi eloszlásában tapasztalható területi különbségek értékelésére, valamint a lakosság demográfiai jellemzőinek (pl. összetétel) vizsgálatára került sor. A főként népszámlálási adatbázisokra támaszkodó leíró statisztikai elemzések lehetővé teszik a települési vizsgálatokat, azonban nem alkalmasak a településen belüli különbségek bemutatására. Ezek az eredmények egyúttal megalapozzák népességszám-változásra vonatkozó előszámításokat.

A 2022. évi népszámlálás alapján a telephely és környezete (Paksi régió) lakónépességének száma 203 961 fő volt (ez az ország népességének 2,1%-a). A vizsgált települések túlnyomó többségében folyamatos népességcsökkenés tapasztalható 1990 óta az országos tendenciáknak megfelelően. A vizsgált 32 év alatt összesen 38 785 fővel lett kisebb a népességszám (*2.1.8-1. táblázat*). A csökkenés mértéke (16 százalékpont) közel kétszeresen haladta meg az 1990-2022 között bekövetkezett országos fogyást (8 százalékpont).

2.1.8-1. táblázat: A lakónépesség változása Magyarországon és a Paksi régióban (1990-2022)

Terület	Lakónépesség száma [fő]				Változás 1990-2022 között [fő]	Változás mértéke 1990-2022 között [%] (1990=100%)
	1990	2001	2011	2022		
Paksi régió	242 746	241 642	223 947	203 961	-38 785	-16,0
Magyarország	10 374 823	10 200 298	9 985 722	9 610 403	-764 420	-7,0

Forrás: Központi Statisztikai Hivatal (KSH) népszámlálási adatok

Néhány főbb demográfiai mutatószám megoszlása a Paksi régióban a települések között meglévő területi különbségekre hívja fel a figyelmet a 2022. évi népszámlálás adatai alapján (*2.1.8-2. táblázat*). Jellemző eltérések vannak a városok és a falvak között, elsősorban a települések népességnagyság-kategóriái szerint.

2.1.8-2. táblázat: Néhány demográfiai mutatószám megoszlása a Paksi régió településeiben, 2022

Település	Lakónépesség száma [fő]	Öregedési index* [%]	Élveszülések száma [fő]	Halálozások száma [fő]	Odavándorlások száma [fő]	Elvándorlások száma [fő]
Foktő	1 409	145,7	9	31	75	105
Vajta	791	107,6	9	8	62	55
Sáregres	687	97,6	11	9	47	50
Miszla	255	229,2	3	7	16	23
Fajsz	1 532	170,1	17	20	97	100
Bogyiszló	1 982	139,0	20	40	106	103
Géderlak	864	158,2	9	18	61	78
Kistormás	272	117,4	4	5	30	27
Dusnok	2 671	149,3	15	36	110	122
Paks	**17 827**	**153,0**	**157**	**179**	**796**	**1 016**
Gerjen	1 151	138,2	9	19	52	50
Kalocsa	14 619	201,3	96	250	761	834
Bölcske	2 593	136,5	26	34	169	158
Varsád	337	151,2	1	4	23	19
Nagyszékely	380	105,1	2	5	20	28
Tengelic	2 013	176,9	17	30	160	164
Nagykarácsony	1 308	133,5	12	22	100	104
Drágszél	288	293,5	4	8	46	40
Dunapataj	3 017	199,0	15	49	235	208
Öregcsertő	708	193,0	2	14	66	50
Őcsény	2 213	140,8	14	35	189	158
Kiskőrös	13 320	166,1	92	228	586	552
Pálfa	1 435	156,1	12	26	117	69
Dunaszentgyörgy	2 434	117,6	27	30	151	154
Kölesd	1 322	109,1	16	21	72	109
Császártöltés	2 115	216,3	11	28	107	103
Tolnanémedi	922	168,1	7	15	57	69
Dunaszentbenedek	714	145,8	5	17	37	45
Bátya	1 825	176,1	16	39	135	120
Bikács	381	150,0	2	5	31	35
Györköny	985	134,4	12	12	76	58
Cece	2 529	105,7	30	35	163	133
Kajdacs	1 062	111,4	19	20	110	75
Harc	769	102,3	5	15	60	67
Dunatetétlen	510	160,6	4	5	31	23
Németkér	1 539	145,2	18	30	90	106
Szakadát	214	331,8	1	2	14	22
Felsőnána	570	88,2	4	12	26	43
Ordas	427	151,4	9	7	27	32
Uszód	846	168,0	4	15	86	92
Szedres	1 974	148,9	18	37	129	133
Nagydorog	2 462	117,9	22	34	152	130
Harta	3 368	208,5	28	48	155	179
Hajós	2 700	238,4	8	37	113	126
Fadd	4 012	123,5	35	61	279	260

Település	Lakónépesség száma [fő]	Öregedési index* [%]	Élveszülé-tések száma [fő]	Halálozások száma [fő]	Odavándor-lások száma [fő]	Elvándorlá-sok száma [fő]
Szakmár	1 082	179,3	7	25	97	94
Kecel	7 932	153,0	77	125	336	358
Pusztahencse	917	95,5	10	14	60	84
Előszállás	2 419	125,5	22	36	185	156
Simontornya	3 581	185,1	29	66	225	216
Sárszentlőrinc	954	128,6	6	13	69	63
Dunaegyháza	1 458	122,7	12	25	160	124
Sükösd	3 340	176,6	17	77	200	194
Udvari	268	200,0	4	6	9	20
Zomba	1 849	181,4	13	22	91	115
Kéty	631	99,0	6	9	25	38
Akasztó	3 138	138,4	31	43	206	194
Szekszárd	30 057	212,6	215	484	1 826	2 073
Kalaznó	132	177,8	1	2	7	13
Fácánkert	664	95,2	5	6	76	55
Tolna	10 697	158,9	92	152	528	613
Alsószentiván	543	195,2	6	12	62	51
Sióagárd	1 183	154,3	4	19	95	78
Alap	1 856	116,3	23	44	124	92
Kisszékely	290	506,7	1	6	37	26
Homokmégy	1 191	197,9	11	18	104	90
Solt	5 990	160,6	59	93	340	348
Madocsa	1 746	119,3	18	24	74	95
Gyönk	1 648	329,9	9	82	167	98
Medina	688	112,0	4	13	63	42
Miske	1 609	121,3	19	25	151	179
Dunaföldvár	8 176	135,4	59	136	533	485
Nemesnádudvar	1 636	161,3	16	24	51	71
Újtelek	364	346,4	1	11	34	22
Daruszentmiklós	1 072	85,6	14	17	126	114

* A népesség idősödésének egyik mérőszáma, amely egyben a jövőbeni tendenciákat vetíti előre, a 14 éves és ennél fiatalabb népességre jutó idősek (65 évesek és annál idősebbek) arányát mutatja.

Forrás: KSH Népszámlálás 2022

A 2022. évi népszámlálás alapján a népesség földrajzi elhelyezkedésére a város-vidék megosztottság jellemző. A legnépesebb Szekszárd, Paks és Kalocsa, de általában a városok koncentrálják a helyi lakónépesség döntő többségét. A területen megfigyelhető népességfogyás legnagyobb részben a községeket és nagyközségeket érintette. Vannak olyan települések (pl. Szakadát, Udvari, Kalaznó), ahol majdnem a felére csökkent a lakónépességszám 1990-2022 között. A városok népességszáma 2022-re 75-90%-ára csökkent az 1990. évi értéknek. A Tolna vármegyében található települések a vármegyei átlagnál mérsékeltebb népességfogyást éltek meg. A Fejér vármegyében lévő vizsgált településeken a vármegyei átlagnak megfelelő volt a csökkenés, míg Bács-Kiskun vármegyében lévők esetében az ottani átlagnál nagyobb mértékű volt a fogyás ez idő alatt.

A népességfogyás mellett a korösszetétel változása is jelentékeny demográfiai átalakulást eredményezett a telephely és környékén 1990-hez képest. Folyamatosan csökkent a fiatalabb és nőtt az idősebb korcsoportok aránya, az országos átlaghoz képest nagyobb mértékben. A 0-19 évesek aránya a teljes népességen belül közel 10 százalékponttal csökkent 2022-re 1990-hez képest, míg a 60 éves és idősebbek aránya több mint 10 százalékponttal növekedett. A 40-59 éves korcsoportban nem volt tapasztalható aránycsökkenés (*2.1.8-3. táblázat*). A korösszetétel változásának eredményeként az eltartottsági ráta 67,6%, az országban pedig 54,0% volt 2022-ben.

2.1.8-3. táblázat: A korcsoportok lakónépességen belüli arányának változása a Paksi régióban (%), 1990-2022

Korcsoport	1990	2001	Változás 1990-2001 között (százalék-pont)	2011	Változás 2001-2011 között (százalék-pont)	2022	Változás 2011-2022 között (százalék-pont)	Változás 1990-2022 között (százalék-pont)
0-19 éves	28,1	23,4	-4,7	19,4	-4,0	18,7	-0,7	-9,5
20-39 éves	28,0	27,2	-0,8	26,3	-0,9	22,3	-4,0	-5,6
40-59 éves	25,0	28,5	3,5	29,4	1,0	29,5	0,1	4,5
60≤ éves	18,9	20,9	2,0	24,9	4,0	29,5	4,6	10,6

A népesség nemek szerinti megoszlásában 60 éves korig férfitöbblet tapasztalható, majd az után válik uralkodóvá a nők többsége. Összességében a teljes vizsgált népességet alapul véve 6033 fős nőtöbblet figyelhető meg (2022).

A telephely és környékén az elmúlt 30 évben folyamatosan növekedett az időskorú népesség aránya, ami az öregedési index értékének emelkedésével járt és egyúttal hatással volt a 60 év felettiek területi eloszlására is. A mutató átlagértéke 189,9% a vizsgált területen, amely számottevően meghaladja az országos átlagot (141,5%) (2022). Főként a kis lélekszámú falvakban magas az időskorú népesség aránya.

A népesség fogyása és a korösszetételének átalakulása hátterében a negatív természetes népmozgalmi folyamatok állnak. A telephely és környéke népesedési helyzetében a természetes fogyás 1990 óta van jelen, azóta közel a hatszorosára nőtt az értéke. Az itt élő népességre jellemző élveszületési arányszám értéke 8‰ (az országos átlag 9,1‰), a halálozási arányszám 15,8‰ (14,1‰), a természetes fogyás -7,7‰ (-5,0‰), a teljes termékenységi mutatószám 1,51 (1,52) volt 2022-ben. A születések számának a csökkenése folyamatos volt 1990 óta, de a halálozási arányszám legutóbbi növekedése valószínűleg a 2020-2022 közötti COVID-19-járvány eredménye.

A természetes szaporodás negatív egyenlegét a vándorlási veszteség tovább mélyítette és emiatt a tényleges szaporodás értéke, tehát a népességszám tényleges, a vándormozgalom hatását is tartalmazó változása is negatív volt a telephely és környékén 1990 után. Míg 1990-2001 között 22 olyan település volt a vizsgált 75-ből, amit tényleges szaporodás jellemzett, vagyis növekedett a népessége, addig 2011-2022 között már csak négy ilyen volt (Fácánkert, Györköny, Dunaegyháza, Harta). Abszolút értelemben a legnagyobb volumenű – 1000 fő feletti – tényleges fogyás a nagyobb népességszámú településeket (Szekszárdot, Kalocsát, Paksot és Soltot) érintette az elmúlt években.

Az egyéb demográfiai jellemzők kapcsán megállapítható a 2022. évi népszámlálás adatai alapján, hogy a telephely és környékén 2001-től csökkent a családok, házasok és háztartások száma, nőtt az egyedülálló háztartások száma, de ezek megfelelnek az országos folyamatoknak. Kedvező, hogy a száz háztartásra jutó foglalkoztatottak száma kismértékben nőtt, de ez elsősorban Paksnak és Szekszárdnak köszönhető. Az iskolai végzettség folyamatos javulása tapasztalható Paks és környékén, főként 2001 óta. Számottevően csökkent az alacsony iskolai végzettséggel rendelkezők aránya, nőtt a középfokú – főként érettségivel járó – végzettségűek aránya, illetve megkétszereződött a felsőfokú végzettségűek aránya 20 év alatt, részesedésük a 7 év feletti népesség iskolai végzettségéből 14,6% (2022).

Összességében a telephely és környékén a népességszám-változást a népességfogyás, a korszerkezet átalakulása és az aktív korú népesség arányának csökkenése, az idősödés felgyorsulása, a többségében inkább negatív vándormozgalmi tényezők (elvándorlás) határozzák meg. Ezek a demográfiai tényezők és folyamatok hatással vannak a népességszám jövőbeli alakulására. A 2026 és 2030-as évek közötti időszakban a Paks II. Atomerőmű építése során növekedhet az átmenetileg Paks és környékén lakók száma. Ez a változás azonban majd várhatóan visszaigazodik az előzőekben leírt trendeknek megfelelően a két új blokk üzembevételét követően.

2.2. A tervezett tevékenység bemutatása

A Paksi Atomerőmű üzemeltetése a TÜH időszakában a jelenleg is alkalmazott erőművi technológiával, termelőkapacitással és anyagfelhasználási jellemzőkkel tervezett, a meglévő villamosenergia-termelő berendezések, illetve infrastruktúra további használatával. A TÜH előkészítésével kapcsolatos műszaki elemzések, megvalósíthatósági vizsgálatok eredményeként azonban az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. néhány olyan műszaki-technológiai átalakítást és számos technológiai rekonstrukciót tervbe vett, amelyek megvalósításából, illetve az átalakított rendszerek üzemeltetéséből eredő környezeti hatásokat jelen vizsgálatban elemezni és értékelni kellett. Az ezek terjedelmébe tartozó átalakítások környezeti hatások szempontjából meghatározó feladata a Dunára vonatkozó hőmérsékleti korlát betartását – a Paks II. Atomerőművel való együtt üzemelés időszakban is – biztosító csúcshűtő rendszer és a kapcsolódó alternatív melegvíz-csatorna szakasz kiépítése. A tervezett műszaki átalakítások a *2.2.2. fejezetben* kerülnek részletesen ismertetésre.

A Paksi Atomerőmű 391-18/2017 ügyiratszámú hatályos környezetvédelmi engedélyének 1. számú mellékletében rögzített, a környezetvédelmi engedély szempontjából lényeges, fő technológiai berendezések és feladataik a további üzemidő-hosszabbítás miatt alapvetően nem változnak, működési időtartamuk azonban meghosszabbodik. A meglévő berendezések további üzemeltethetőségének műszaki feltételeit a *2.2.3. fejezetben* bemutatott, jelenleg is folyamatosan végzett állapotfenntartási, illetve rekonstrukciós tevékenységek teremtik meg.

2.2.1. A villamosenergia-termelés létesítményei, a technológia és üzemeltetési folyamatok általános bemutatása

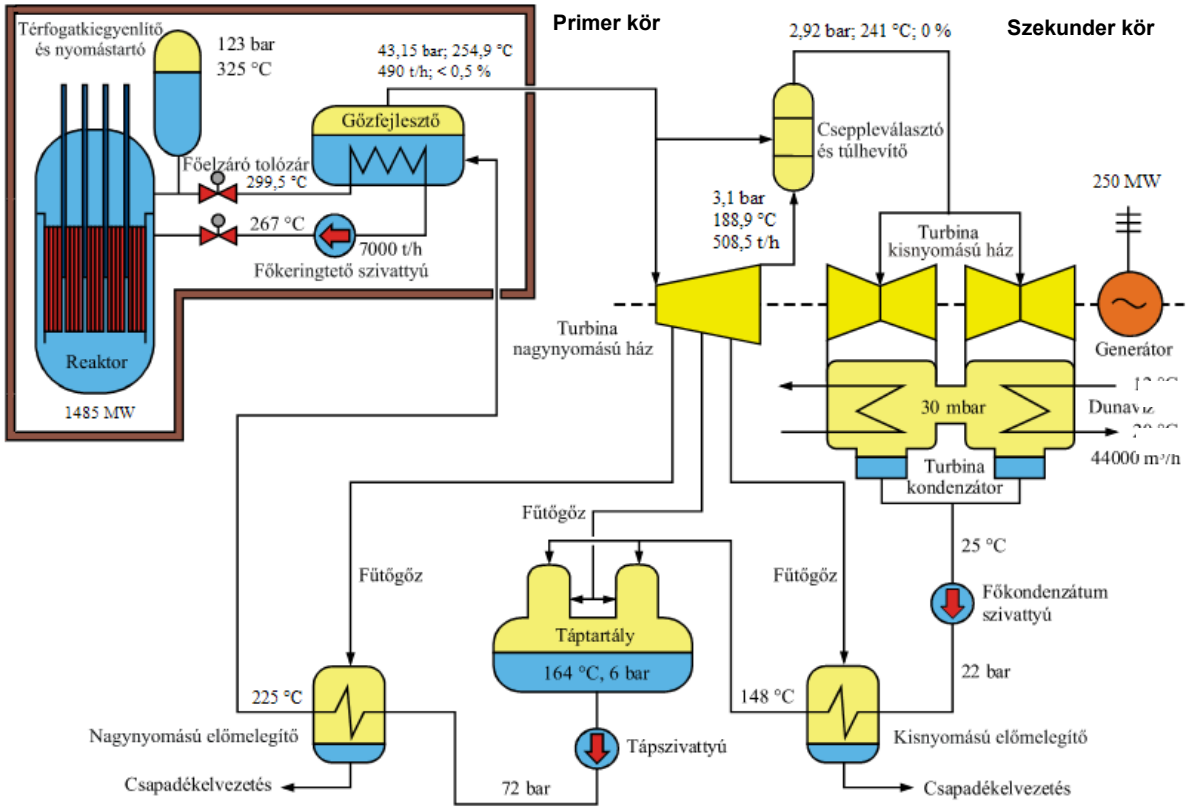
2.2.1.1. A Paksi Atomerőmű technológiája, fő műszaki jellemzői

A Paksi Atomerőműben négy VVER-440/213 típusú reaktor működik. A VVER elnevezés a „víz-vizes energetikai reaktor” rövidítéséből adódik, a „440” szám pedig arra utal, hogy az atomerőművi blokk eredeti névleges villamos teljesítménye 440 MW volt. Az erőmű összesített villamos teljesítménye így 1760 MW-ra adódott. Az első blokk üzembe helyezésétől eltelt időszak alatt az 1-4. blokkok villamos teljesítménye az erőműben végrehajtott modernizációs tevékenységeknek köszönhetően első lépésben blokkonként 470 MW-ra növekedett, majd újabb teljesítménynövelés megvalósításával blokkonként rendre 508,6; 506,0; 506,0; 506,0 MW-ra, a létesítmény összesített névleges villamos teljesítménye ezáltal 2026,6 MW-ra emelkedett.

A reaktorok nyomottvíz-hűtésű – az energiatermelést biztosító láncreakció fenntartásához a gyors neutronok lassítását biztosító – könnyűvíz moderátorú, termikus reaktorral üzemelő, telített gőzkörfolyamatú erőművi rendszerek. Az egyes blokkok kétkörös kialakításúak. Ennek megfelelően radioaktív primerkörből és nem radioaktív szekunderkörből állnak. A reaktorok alapvető műszaki paramétereit a *2.2.1.1-1. táblázat* foglalja össze. Az atomerőmű főberendezéseinek sematikus ábrája, az erőművi körfolyamat elvi működése a *2.2.1.1-1. ábrán* látható.

2.2.1.1-1. táblázat: A paksi atomerőmű reaktorainak fő műszaki paraméterei

Reaktor típus	Nyomottvizes, vízhűtésű, vízmoderátorú VVER-440/213 típusú energetikai reaktor
A reaktor hőteljesítménye	1485 MW
Primerköri hurkok száma, reaktoronként	6
A primerkör össztérfogata	237 m^3
Primerkör nyomása	123 bar
Hőhordozó hőmérséklet	299,5°C
Turbinák száma blokkonként, reaktoronként	2



2.2.1.1-1. ábra: Az energiatermelésben részt vevő főberendezések sematikus ábrája

A reaktor aktív zónájában elhelyezett fűtőelemek urán-dioxid fűtőanyagában lévő ^{235}U izotópok termikus neutronok által előidézett hasadása eredményeképpen keletkező energiát a primerkör hűtőközege (123 bar nyomású 267°C hőmérsékletű víz) veszi fel. A primer hűtőkörben a vizet nagyon nagy nyomáson tartják (123 bar), emiatt az még a magas üzemi hőmérsékleten sem forr fel. A 299,5°C hőmérsékletűre felmelegedett primerköri vizet a gőzfejlesztőbe vezetik, amelynek kis átmérőjű csöveiben átadja hőjét a szekunderkör vizének. A szekunder hűtőkörben levő víz nyomása sokkal alacsonyabb (43,15 bar), mint a primerkörben lévőé, emiatt a gőzfejlesztőben a felmelegedett víz felforr. Innen kerül (cseppleválasztás után) a gőz a nagynyomású, majd a kisnyomású turbinára, a telített gőz működteti a turbinákat. A turbinák által meghajtott generátorok termelik a villamos energiát. A turbinából kilépő gőz a kondenzátorban cseppfolyósodik, ahonnan előmelegítés után újra a gőzfejlesztőbe kerül. A primer és a szekunderkör vize nem keveredik egymással, a hűtőközegbe került radioaktív anyagok a primerkörben maradnak, nem kerülnek a turbinába és a kondenzátorba. A szekunderköri gőz fázisú hűtőközeg a hő mechanikus energiává való átalakításával hűl le, a maradék hőt pedig a kondenzátorok folyóvíz oldali melegítésével adja le, melyet a Duna vizével hűtenek le. A felmelegedett hűtővizet visszavezetik a Dunába.

A primer- és szekunderkörök legfontosabb technológiai berendezései a következők:

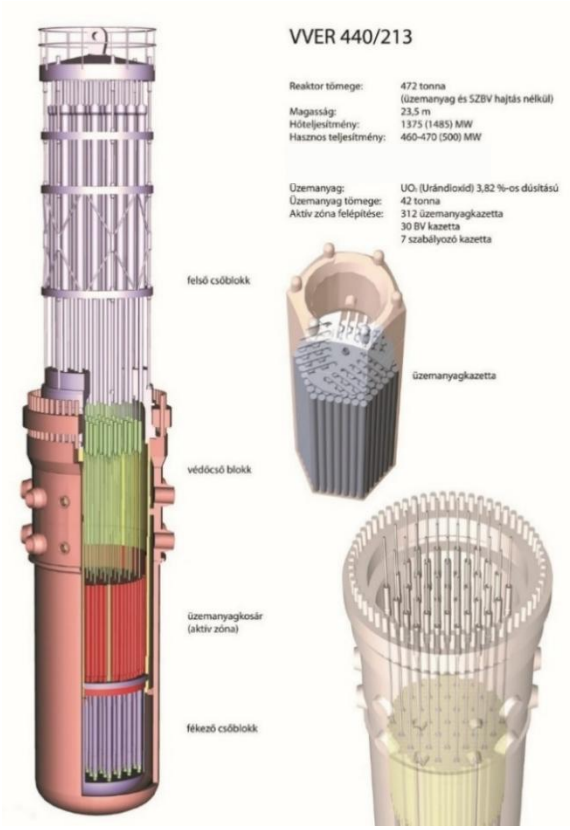
- Primerkör:
  - reaktortartály és a felső blokk,
  - főkeringtető vezeték és főelzáró tolózár,
  - főkeringtető szivattyú,
  - gőzfejlesztő,
  - térfogat-kiegyenlítő.
- Szekunderkör:
  - telített gőzös gőzturbina,
  - generátor,
  - kondenzátor,

- kisnyomású szivattyú,
- kisnyomású előmelegítők,
- gáztalanító táptartály,
- nagynyomású előmelegítő,
- tápszivattyúk,
- nedvességleválasztó és gőztúlhevítő.

Az atomerőmű alaperőműként, viszonylagosan egyenletes terheléssel üzemel. A termelt villamos energia 400, illetve 120 kV-os feszültségszinten kapcsolódik az országos villamosenergia-rendszerre. A villamos betáplálási rendszert úgy alakították ki, hogy az országos hálózatról történő leszakadás esetén is biztosított a blokkok létfontosságú biztonsági berendezéseinek üzemeltetése.

A primerkör kialakítása és berendezései

A primerkör a tartály típusú reaktorból, 6 párhuzamosan kapcsolt hurokból és az egyik hurokhoz csatlakozó térfogat-kiegyenlítőből áll. Minden egyes hurokhoz egy főkeringtető szivattyú, egy gőzfejlesztő berendezés és két főelzáró tolózár, valamint a berendezéseket összekötő, rozsdamentes acélból készült 500 mm átmérőjű csővezeték tartozik. A reaktor a következő szerkezeti egységekből áll:



2.2.1.1-2. ábra: A reaktortartály

- Reaktortartály: Feladata az aktív zónában megvalósuló szabályozott, önfenntartó nukleáris láncreakció révén termelt hőenergia biztonságos előállítása és átadása a primerkörnek. Ennek a funkciónak az ellátásához a tartálynak egyrészt biztosítania kell a hőtermelő folyamathoz szükséges szerkezeti elemek elhelyezését, azok megfelelő rögzítését, valamint a biológiai védelmet, másrészt lehetővé kell tenni az üzemanyag üzemeltetési ciklusonkénti cseréjéhez szükséges karbantartási feltételek biztosítását is. A reaktortartály függőleges elhelyezésű, hengeres edény elliptikus fedéllel és fenékkel (*2.2.1.1-2. ábra*). A tartály anyaga nagyszilárdságú ötvözött szénacél, amelynek a belső felületét, valamint az osztósík felületét – a korrózió csökkentése érdekében – korrózióálló rozsdamentes acél bevonattal (plattírozás) látták el.
- Reaktortartályon belüli berendezések: A reaktortartályon belüli berendezések (akna, az aknafenék, a kiemelhető kosár, a védőcsövek blokkja és a közbenső rúd) az aktív zóna reaktortartályban való rögzítésére és a hőhordozó reaktoron belüli áramlásának irányítására szolgálnak.
- Aktív zóna: Az aktív zóna a reaktor azon része, ahol a szabályozott nukleáris láncreakció révén nagymennyiségű hőenergia szabadul fel. Az aktív zóna összesen 349 hatszög alapú hasáb formájú fűtőelem kötegből (kazettából) áll, amelyből 312 fix helyzetű fűtőelem köteg és 37 mozgatható szabályozó és biztonságvédelmi (SZBV) rúd. A zóna ekvivalens átmérője 2,66 m, magassága 2,5 m. A fűtőelem kötegeket alul a kosárfenék, felül a védőcsőblokk alsó lemeze rögzíti, biztosítva azok vibrációmentes megfogását.

A VVER-440 erőművekben alacsony dúsítású keramikus urándioxid üzemanyagot használnak. A fűtőelem kötegek a VVER-440 típusú reaktorokkal működő atomerőművek nukleáris üzemanyagának egységei, amelyek alapvető feladata a hőenergia termelése hasadóanyag bomlása révén. A Paksi Atomerőműben jelenleg 15 hónapos üzemeltetési ciklust alkalmaznak, az üzemanyagkazetták több ciklust töltenek a reaktorban

- Felső blokk a szabályozó és biztonságvédelmi rendszer (SZBV) hajtásaival: Feladata a reaktor tartály felülről történő lezárása, valamint azon helyezkednek el a reaktor szabályozó és biztonságvédelmi rendszer hajtásai, a tartályon belüli mérőrendszer mérőkábelei és csatlakozói, a mérőkábelek kivezetése, tömítése és a védőcsövek. A felső blokk akadályozza meg a reaktorakna felfelé történő elmozdulását. A felső blokk fő elemei: a fedél, SZBV hajtástokok, SZBV hajtások hűtőköreinek kollektorai és csővezetékei, légtelenítő kollektor és csővezetékei, traverzek, a fedél hőszigetelő blokkjainak fémszerkezetei.
- Reaktor főosztósík tömítőelemei: A reaktor főosztósík tömítőelemeinek feladata a reaktortartály és a felső blokk közötti tömítés biztosítása.

A primerkör részét képezik továbbá az alábbi berendezések:

- Főkeringtető vezeték és a főelzáró tolózár: A főkeringtető kör feladata, hogy a reaktor aktív zónájában keletkező hőenergia révén felmelegedett primerköri hőhordozót elvezesse a reaktor kilépő csonkjától a gőzfejlesztőhöz, onnan a lehűlt közeget a főkeringtető szivattyúhoz, majd a reaktor belépő csonkjához juttassa vissza. A hurkok hideg és meleg ágában elhelyezett főelzáró tolózárak feladata szükség esetén a hurok gőzfejlesztőt és főkeringtető szivattyút tartalmazó részének leválasztása a reaktorról.
- Főkeringtető szivattyú: Feladata a primerköri hőhordozó keringtetése a reaktoron, a primerköri hurkokon és a gőzfejlesztőkön keresztül, így biztosítva a reaktorban keletkező hőenergia elszállítását a gőzfejlesztőbe, valamint az üzemanyag kazetták hűtését. A primerköri víz keringtetését hurkonként egy szivattyú végzi, amely a hurok hidegágában van elhelyezve.
- Gőzfejlesztő: Feladata a reaktorban megtermelt hőenergia átadása a szekunderköri hőhordozónak, így a turbinák meghajtásához szükséges száraz telített gőz előállítása. A gőzfejlesztő vízszintes elrendezésű, felfüggesztett, hőátadó csőkötegekkel, két végén elliptikus fedéllel rendelkező hengeres hőcserélő. A primerköri hőhordozó a csőkötegeken belül áramlik, amelyek a primerköri hűtőközegből a szekunderköri hűtőközegbe történő hőátadással biztosítja a szekunderoldali száraz telített gőz előállítását, valamint hermetikusan elválasztja a radioaktív primerkört a szekunderkörtől.
- Térfogat-kiegyenlítő: A térfogat-kiegyenlítő és nyomástartó rendszer feladata a nyomás létrehozása a blokk indításakor és a kör állandó nyomáson tartása stacioner üzemmódban, valamint a nyomás ingadozások korlátozása átmeneti üzemmódokban. A nyomástartás mellett a térfogat-kiegyenlítő fontos feladata a primerköri víztérfogat szabályozása. A térfogat-kiegyenlítő függőleges elrendezésű, szigetelt szénacél tartály, amelynek a belső falát ausztenites plattírozással látták el.

A primerkörhöz csatlakozó segédrendszerek a következők:

- Pótvíz és bóros szabályozás rendszere: A rendszer feladata a primerköri szervezett és szervezetlen szivárgások pótlása, a primerköri vízüzem egyensúlyának biztosítása, a lassú reaktivitás-változások kompenzálása a bórsavoldat koncentrációjának változtatásával. Üzemzavari esetekben a reaktorvédelmi működés részeként bórsavat juttat a primerkörbe, biztosítva a megfelelő szubkritikusságot.
- Primerköri víztisztító rendszerek: A primerköri technológiai berendezések biztonságos és rendeltetésszerű üzemeltetésének fontos tényezője a primerköri hűtőközeg tisztasága, amit folyamatos víztisztítással érnek el. A primerkörhöz kapcsolódó víztisztítási feladatokat hat önálló rendszer biztosítja. A víztisztító rendszerek a következő feladatokat látják el:
  - a primerköri hőhordozó részáramban történő tisztítása,

- a primerköri szervezett szivárgások és leürítésekből származó vizek tisztítása, a megtisztított és megfelelő töménységű bórsav oldat biztosítása a primerkör egyéb technológiai rendszerei számára,
- a primerköri padlóvizek tisztítása,
- a pihentető és átrakó medence, az üzemzavari bórsav tartályok és a buborékoltató kondenzátorok bóroldatának tisztítása,
- a gőzfejlesztők szekunder oldali leiszapolásának tisztítása,
- a tömény bóroldat visszanyerése az indításkor és a bóros szabályozáskor leengedett hőhordozóból.

- Szervezett szivárgások rendszere, szivárgás ellenőrző rendszerek: Feladata a primerköri hőhordozó közeg mennyiségének megőrzése a fővízköri berendezésekből tervezetten elszivárgott, valamint az egyéb tervezett módon kikerült primerköri víz összegyűjtésével és a fővízkörbe való visszajuttatásával. A szivárgásellenőrző rendszer lehetővé teszi a fővízköri fő berendezések karimás kötéseinek tömítettség ellenőrzését és folyamatos információt szolgáltat a kezelőszemélyzetnek a primerköri főberendezések karimás kötéseinek állapotáról.
- Közbenső hűtőkörök: A primerköri főberendezések egyes elemei folyamatos hűtést igényelnek. Mivel ezek a berendezések a primerköri vízzel közvetlenül érintkeznek, a hűtést biztosító környezeti hűtővíz és a hűtendő berendezés közé egy zárt rendszerű közbenső hűtőkört iktattak. A zárt körben lévő sótalanvíz radioaktivitását folyamatosan ellenőrzik. Közbenső hűtőkörrel rendelkeznek a szabályozó és biztonságvédelmi rudak hajtásai, a főkeringtető szivattyúk, a zóna üzemzavari hűtőrendszer szivattyúi.
- Speciális csatorna és padlóvíz rendszer: Rendeltetése a fő- és segédépületi helyiségek padlóvizeinek összegyűjtése és előzetes tisztítása a mechanikai szennyezőktől, ülepítéssel és szűréssel. A reaktorépület összes helyisége rendelkezik speciális lefolyóval, a padlóra kerülő folyadék befogadására. A víz a lefolyókból a csővezetékeken gravitációsan folyik a zsomptartályokba, ahonnan a víztisztítóra kerül.

A szekunderkör

A szekunderkör feladata a primerkörből történő hőelvonás biztosítása a gőzfejlesztőkön keresztül, a gőzfejlesztőkben előállított 46 bar-os száraz telített gőzt eljuttassa a két turbogépcsoporthoz és a keletkező kondenzátumot visszajuttassa a gőzfejlesztőkbe. Lehűtéskor és üzemzavari esetben biztosítja a primerkörből történő hőelvonást a gőzfejlesztőkön keresztül. A szekunder oldali hőelviteli funkciót teljesítő rendszerek a következők:

- Főgőzrendszer: Feladata egyrészt a gőzfejlesztőkben termelt frissgőz turbinákhoz juttatásával a turbinák munkagőz igényének kielégítése, ezáltal a primerkörben keletkező hő szekunderkörbe történő elvezetése. Másrészt biztosítja a háziüzemi gőzrendszerek megtáplálását, valamint részt vesz a blokk lehűtésében és felfűtésében is. A 6 db gőzfejlesztőben keletkező gőz gőzfejlesztőnként külön gőzvezetéken keresztül jut el a főgőzkollektorba. Minden egyes főgőzvezetéken biztonsági szelepek, gyorsműködésű pneumatikus szakaszoló tolózár és főgőztolózár került beépítésre.
- Turbina és generátor: A gőzfejlesztőkben termelt gőz hő- és mozgási energiáját mechanikus forgó mozgássá kell alakítani, hogy az a generátort forgásba hozza és ezáltal elektromos áramot állítson elő. Ebben az energiaátalakító folyamatban a gőzturbina feladata, hogy a gőzfejlesztőkben termelt telített gőz hőenergiáját mechanikai energiává (forgó mozgássá) alakítsa, hozzájárulva ezzel a szekunderköri hőelvonás folyamatához. Egy blokkhoz két turbina tartozik, a turbina háromházas kivitelű, egy nagynyomású és két kisnyomású házból áll. A generátorok kétpólusú, háromfázisú szinkrongépek, forgórészük közvetlen hidrogén-, állórész tekercselésük pedig közvetlen vízhűtésű, az egyéb aktív részek (lemeztest) hőelvezetése felületi (közvetett) hidrogén hűtéssel történik.
- Csepp leválasztó és túlhevítő: Az atomerőmű gőzturbinái száraz telített gőzzel üzemelnek. A nagynyomású házba belépő gőz kezdeti nedvességtartalma közelítőleg nulla, ami a turbinában a sorozatos expanzió hatására folyamatosan emelkedik. A nagynyomású házból kilépő gőz nedvességtartalma már olyan magas (kb. 12%), hogy az további

munkavégzésre már nem alkalmas. Ezért a kisnyomású házak elé egy-egy cseppleválasztó túlhevítő berendezés került beépítésre. A cseppleválasztóban először a vízcseppek mechanikus leválasztása történik, majd a két túlhevítő fokozatban a gőz túlhevítésével megvalósul a maradék nedvességtartalom eltávolítása.

- Főkondenzátum rendszer: A kondenzátorból a táptartályba juttatja a gőz lekondenzálódásával keletkezett vizet, a táptartályból pedig a tápvíz rendszer látja el a gőzfejlesztőket. Az egy blokkhoz tartozó két turbinához egy-egy, azonos felépítésű főkondenzátum rendszer tartozik.
- Tápvízrendszer: Feladata a táptartályokban tárolt tápvíz gőzfejlesztőkbe juttatása, a tápvíz előmelegítése a nagynyomású előmelegítőkön, és részvétel a primerkör lehűtésében és felfűtésében. Az üzemi tápvízrendszer 2 gáztalanítós táptartályból, 5 tápszivattyúból, 6 nagynyomású előmelegítőből és 6 gőzfejlesztő szintszabályozó szelepcsoportból, illetve az azokat összekötő vezetékekből és armatúrákból áll.
- Sótalanvíz rendszer: A sótalanvíz rendszer feladata, hogy biztosítsa a blokkok tápvíz tartalékát, a szekunderköri hűtőközeg veszteségek pótlását a kondenzátorokba vagy a táptartályokba történő betáplálással, és ellátja tömszelence záró és hűtővízzel a lehűtő szivattyúkat, valamint a főkondenzátum rendszer kiesése esetén a tápszivattyúkat. A sótalanvíz rendszer kiépítésenként közös rendszer (külön rendszer van kialakítva az 1-2., és a 3-4. blokkhoz). A sótalanvíz előállítását a pótvíz-előkészítő üzem Duna-vízből végzi. A sótalanvíz készlet tárolása kiépítésenként 3, egyenként 1000 m^3-es tartályban történik. A tartályok álló, hengeres kivitelűek, az 1. és a 3. blokk mellett az udvartéren helyezkednek el.
- Lehűtő rendszer: A szekunderkörön keresztül a primerkör lehűtésére és a remanens hő elvezetésére szolgál. A rendszer feladata a blokk tervezett, illetve üzemzavari leállításakor a primerkör megfelelő sebességgel történő lehűtése a szekunderkörön keresztül, az üzemen kívüli reaktorban termelődő ún. remanenshő (maradékhő) elvezetése, valamint a blokk indításakor a primerkör felfűtésének segítése. A lehűtőrendszer üzembevételére csak üzemzavari vagy normál lehűtéskor kerül sor.

Hűtővízrendszerek

Az atomerőmű számos rendszerének és berendezésének működtetése megfelelő hűtővízellátást igényel. Az erőmű hűtővíz rendszere a következő alrendszerekből áll: biztonságihűtővíz-rendszer, technológiaihűtővíz-rendszer, kondenzátor hűtővíz-rendszer. Mindhárom alrendszer hűtővízigényét, más-más technológiai követelménynek megfelelően, de végső soron a Dunából biztosítják. A szükséges vízmennyiségek kivételét az 1-2., illetve a 3-4. blokkhoz tartozó vízkivételi művek biztosítják az atomerőmű hidegvíz-csatornáján keresztül.

A biztonsági hűtővízrendszer feladata olyan berendezések ellátása hűtővízzel, amelyek a blokk normál üzeménél biztonságos, állandó hűtést igényelnek, illetve a blokk normál, valamint üzemzavari lehűtését szolgálják. Figyelembe véve, hogy a zóna üzemzavari hűtőrendszer, az erőmű biztonsági filozófiájának megfelelően három független rendszerből áll, a függetlenség elvének megőrzése céljából a biztonsági hűtővízrendszer is három független ágból épül fel. A biztonsági hűtővízrendszert a vízkivételi műben elhelyezett hűtővízszivattyúk látják el vízzel.

A technológiaihűtővíz-rendszer az erőmű energiatermelő folyamatában, technológiájában résztvevő normál üzemi fogyasztók hűtő- és egyéb víz szükségleteit látja el. Fogyasztói nem tartoznak a létfontosságú (a normál üzemi fogyasztók nukleáris biztonság szempontjából fontos) berendezések körébe. A kondenzátorok hűtővízellátó rendszeréről leágaztatott rendszer nyomásfokozó szivattyúkkal és szűrőberendezéssel üzemel.

A kondenzátorhűtővíz-rendszer szolgáltatja a turbinákban munkát végzett gőz csapadékká történő átalakításához (kondenzációjához), valamint a turbina és a generátor egyes segédrendszereinek működéséhez szükséges hűtővizet. A hűtővíz forrása nyers Duna-víz, mely a hidegvíz-csatornán keresztül jut a vízkivételi műhöz. A kondenzátorhűtővíz-rendszer a vízkivételi mű gerincvezetékéről négy lecsatlakozáson át kapja a vizet.

A kondenzátorhűtővíz-szivattyúk által szállított víz a nyersvízmedencébe jut, a további szakaszon gravitációsan áramlik keresztül. A nyersvízmedencéből a víz négy dobszűrőn halad át. A szűrt

víz a dobszűrőkről a szűrtvízmedencébe, majd innen (blokkonként egy-egy) gerincvezetékbe jut. A gerincvezetékeken egyenként négy lecsatlakozás található a turbinák kondenzátoraihoz. A két gerincvezetékről egy-egy leágazáson keresztül jut el a víz a technológiai szivattyúházba. A felmelegedett hűtővíz a kondenzátorból a zártszelvényű vasbeton csatornákba kerül, majd a szinttartó bukón, a melegvíz-csatornán és az energiatörő műtárgyon át a Dunába jut.

Szellőző- és klímarendszerek

A szellőző- és klímarendszerek feladata, hogy biztosítsák a potenciálisan szennyezett területek levegőjének megfelelő elszívását és kezelését, valamint a berendezések üzemeltetéséhez és a személyzet tartózkodásához szükséges üzemi viszonyokat.

A szellőztető rendszerek az atomerőmű ellenőrzött zónájának üzemi helyiségeit és az ellenőrzött zónán kívül elhelyezett villamos és irányítástechnikai biztonsági rendszerek helyiségeit szolgálják ki. Az ellenőrzött zóna szellőztető rendszerei és az azon kívüli szellőztető rendszerek egymástól fizikailag el vannak választva. Azokban az elszívórendszerekben, ahol az elszívott levegőnek radioaktív aeroszolokkal való szennyezettségével kell számolni, az elszívott levegő szűrőn halad keresztül. Az ellenőrzött zónából a levegő a környezetbe csak az ellenőrzött kibocsátási pontokon, a szellőzőkéményen keresztül távozhat.

Üzemzavari rendszerek

Az atomerőmű üzemzavari rendszereit úgy alakították ki, hogy azok megfeleljenek a biztonsági követelményeknek, azaz a normál üzemi berendezések bármilyen meghibásodásakor biztosítaniuk kell az aktív zóna biztonságos üzemállapotba hozását, és meg kell tudniuk akadályozni a radioaktív anyagok megengedettnél nagyobb mértékű környezetbe való kikerülését. Ennek a követelménynek a teljesítésére a biztonság szempontjából fontos védelmi rendszerek redundáns (többszörözött), illetve a közös okú hibák kiküszöbölésére diverz (eltérő) kialakításúak. Az üzemzavari rendszerek az alábbiak:

- Zóna üzemzavari hűtőrendszerek: a blokk alapvető biztonsági berendezései, melyek közös rendeltetése, hogy hűtőközegvesztéssel járó üzemzavari esetekben bóros hűtővíz bejuttatásával megakadályozzák az aktív zóna olyan mértékű károsodását, ami a nem megengedett radioaktív kibocsátáshoz vezethetne.
- Gőzfejlesztők üzemzavari rendszerei: A gőzfejlesztők megbízható vízellátása céljából üzemzavari, valamint kiegészítő üzemzavari tápszivattyú rendszerek állnak rendelkezésre. Az üzemzavari tápvízrendszer feladata, hogy az üzemi tápszivattyúk kiesése esetén, a gőzfejlesztők vízellátását biztosítsa a gáztalanító táptartályból. A kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer a gőzfejlesztők vízutánpótlását biztosítja a sótalanvíz tartályokból a tápvízellátásban bekövetkező olyan nagymértékű üzemzavar esetén, amelyek során a gőzfejlesztőket a kiszáradás veszélye fenyegeti. Egy blokkhoz két kiegészítő üzemzavari tápszivattyú tartozik. A szivattyúk és az azonos kiépítéshez tartozó másik blokki kiegészítő üzemzavari tápszivattyúk közös szívóággal csatlakoznak a három 1000 m^3-es sótalanvíz tartályhoz.

  A gőzfejlesztők hőátadó cső-, illetve kollektor-töréses üzemzavarainak következmény csökkentése érdekében kialakításra került egy szekunderoldali lefúvató rendszer. A minden egyes gőzfejlesztő alatt elhelyezett, 5 szelepből álló rendszer képes olyan mennyiségű közeg hermetikus tér felé történő lefúvatására, amely garantálja, hogy a nyomás a legnagyobb keresztmetszetű csővezetéktörés esetén sem emelkedik a gőzfejlesztő biztonsági szelepek nyitási értékéig. A rendszer kialakításával gyakorlatilag nullára csökken az aktivitás kikerülés egy ilyen üzemzavar esetén.

Lokalizációs rendszerek

Az erőmű túlnyomásra méretezett helyiségrendszere, azaz hermetikus tere, a primerkört magába foglaló épületszerkezet. Feladata, hogy a hűtőközegvesztéssel járó üzemzavarok esetén megakadályozza a radioaktív közeg kijutását a környezetbe. Az épületszerkezetet a tervezési üzemzavar esetén fellépő nyomásnak megfelelően méretezték. A lokalizációs rendszer részei:

- Passzív nyomáscsökkentő rendszer (lokalizációs torony): Feladata a primerkör üzemzavari sérülési állapotában a túlhevített hőhordozó kitágulásakor keletkezett gőz nyomásának csökkentése kondenzálással. A lokalizációs torony két fő részből áll, a buborékoltató kondenzátorból és a légcsapdákból. Csőtöréses üzemzavar esetén a buborékoltató kondenzátor tálcáiban levő vízrétegen átbuborékolva a gőz lekondenzál, a levegő a nyomáskülönbség hatására a légcsapdákba kerül.
- Sprinkler rendszer: A konténment nyomáscsökkentő rendszerének aktív eleme, feladata a hermetikus térben az üzemzavar során kialakuló nyomás csökkentése, a hermetikus helyiségek atmoszférájában lévő jód lekötése, valamint az atmoszféra hűtése.
- Hermetikus tér izoláló rendszere: Feladata a hermetikus térben radioaktív anyagok kijutását eredményező üzemzavar során a hermetikus helyiségek és a bennük található technológiai rendszere elszigetelése a környezettől.
- Hidrogénkezelő rendszer: Feladata üzemzavar esetén a hermetikus térbe jutó hidrogén eltávolítása.

Villamos berendezések, biztonsági dízelgenerátorok

Az erőmű négy blokkja alaperőműként az Országos Villamos Energia Rendszer számára termel villamos energiát. Ennek megfelelően az erőmű villamos rendszereinek első részét a villamos energiát előállító és az országos hálózatba eljuttató berendezések alkotják. Az erőmű gőzturbina-generátor egységei által megtermelt villamos energiát generátor kapocs feszültségű megszakítón keresztül tokozott sínhíd szállítja a főtranszformátorokhoz, melyek azt 400 kV-os feszültségszintre transzformálják. Az egy reaktorblokkhoz tartozó két főtranszformátor blokkvezetéken keresztül csatlakozik az országos alaphálózat részét képező 400 kV-os alállomásba. Az erőmű villamos berendezéseinek másik jelentős részét a háziüzemi villamos berendezések alkotják, melyek a technológiai rendszereket látják el az üzemükhöz szükséges segédenergiával.

Az erőmű technológiájának egy része a nukleáris biztonság fenntartására szolgál. Biztonsági funkciójuk ellátásához ún. biztonsági villamosenergia-ellátást igényelnek. Egyes technológiák villamosenergia-ellátásának kimaradási ideje nem haladhatja meg a másodperc tört részét sem. Az ilyen berendezések táplálására szolgálnak a szünetmentes villamosenergia-ellátó rendszerek.

A háziüzemi hálózaton bekövetkező váratlan meghibásodás, feszültségkimaradás vagy frekvencialetörés esetén az adott blokkhoz tartozó dízelgenerátor gépegységek automatikusan indulnak, és a biztonsági villamos energiaellátó hálózathoz kapcsolódva önálló energiaforrásként biztosítják az érintett technológiai rendszerek villamosenergia-ellátását. A biztonsági rendszerek hármas redundanciájából következően blokkonként három független dízelgenerátor van beépítve, melyek helyhez kötött légszennyező pontforrások.

Az 1-2. blokkokhoz 3-3 db 15D100 típusú (kétütemű) 4502 kW/db névleges bemenő hőteljesítményű (1,6 MW villamos teljesítményű), a 3-4. blokkokhoz 3-3 db 18PA4 V 185 VG GANZ-SEMT PIELSTIK típusú (négyütemű) 6285 kW/db névleges bemenő hőteljesítményű dízelgenerátor tartozik. A dízelgenerátorok a blokk normál üzeme mellett készenléti állapotban vannak, indításukra csak a normál üzemtől eltérő üzemállapotokban, valamint az időszakos, üzemi próbák alkalmával kerül sor.

Irányítástechnika

Az atomerőmű technológiájának, nukleáris és gépészeti folyamatainak, berendezéseinek ellenőrzésére, biztonságos és gazdaságos üzemvitelének biztosítására kiterjedt irányítástechnikai rendszer szolgál. A blokk valamennyi üzemállapotában az irányítástechnikai rendszer feladata a szükséges védelmi és automatikus működések, az operátori beavatkozási lehetőségek és az adott üzemállapotot jellemző információk biztosítása és az adott biztonsági funkciók teljesülésének ellenőrzése, valamint a nem megengedett beavatkozások tiltásának megvalósítása.

Radioaktívhulladék-kezelés

A Paksi Atomerőmű telephelyén ideiglenesen tárolják az üzemelés alatt keletkező radioaktív hulladékokat, amelyek halmazállapot szerint lehetnek szilárdak vagy folyékonyak. A radioaktív hulladékokat aktivitáskoncentráció és dózisteljesítmény szerint nagyon kis aktivitású, kis és közepes aktivitású és nagy aktivitású kategóriákba sorolják. Az atomerőmű üzemeltetése során keletkező szilárd radioaktív hulladékok főbb forrásai a következők:

- elhasználódott és felaktiválódott, vagy felületileg szennyezett berendezések, szerelvények, hőszigetelések stb.,
- átalakításokból származó építési anyagok (betontörmelék, faanyag stb.),
- karbantartó műhelyekben képződő fémhulladékok, forgácsok, elhasználódott szerszámok,
- karbantartás és üzemeltetés során keletkező „puha” hulladékok (ruhák, egyéni védőfelszerelések, törlőrongyok, fóliák stb.),
- reaktorból kivett komponensek (szabályozó kazetták abszorbensei, közbenső rudak, hőelemek stb.).

A kis- és közepes aktivitású hulladékok átmeneti tárolását – a térfogat csökkentésével és a végleges elhelyezésre alkalmas hulladékcsomagok előkészítésével – az atomerőmű telephelyén biztosítják. Az átmeneti tárolást követően ezek a radioaktív hulladékok az RHK Kft. által üzemeltetett, Bátaapátiban található Nemzeti Radioaktívhulladék-Tárolóba (NRHT) kerülnek elhelyezésre. Az RHK Kft. által végleges elhelyezésre átvehető hulladékcsomagok kialakítását megfelelő hulladékkezelési és kondicionálási technológiákkal biztosítják az atomerőműben.

A kis- és közepes aktivitású szilárd radioaktív hulladékok gyűjtése, kezelési technológiái úgy kerültek kialakításra, hogy a hulladék átvételi követelmények kielégíthetőek legyenek. Tárolásuk az RHK Kft. részére történő átadásig az erőmű fő- és segédépületeiben történik. Az alábbi konkrét hulladékfajták különböztethetők meg:

- 200 literes hordóba helyezhető hulladékok.
- 200 literes hordóba nem helyezhető, nagyméretű hulladékok:
  - feldarabolást követően nagyobb méretű konténerekbe helyezhetők el és cementpéppel kitöltve adhatók át végleges elhelyezésre.
- A Folyékony Hulladékvíz Feldolgozó (FHF) technológiából kikerülő bórax:
  - az FHF technológiával felszabadítható minőségű metaborát állítható elő, a visszanyert bórax felszabadítás után veszélyes hulladékként ártalmatlanításra kerül.
- Különféle szűrőpatronok:
  - az FHF technológiából keletkező cézium szűrők dózisteljesítmény mérést követően kezelés nélkül kerülnek konténerekbe csomagolásra.

A hulladékcsomagok átadásának ütemezésénél figyelembe veszik, hogy mindig legyen legalább egy évnyi tartalékkapacitás az erőmű telephelyén az esetlegesen visszanyert radioaktív hulladékcsomagok, illetve a nem várt események esetén keletkező hulladékok számára.

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. és az RHK Kft. együttműködésével olyan hulladékcsomag konstrukció került kifejlesztésre, amellyel a biztonság azonos szintjén költséghatékonyan lehet kihasználni a bátaapáti NRHT-ban kialakításra kerülő tárolótereket. A kis- és közepes aktivitású szilárd hulladékok elhelyezéséhez merevített fémkonténereket alkalmaznak, amelyekben 4 db 200 l-es hordó kerül elhelyezésre. A hulladékcsomagok szabad üregeinek kitöltése folyékony radioaktív hulladék felhasználásával készült cementpéppel történik (ezzel az eljárással további radioaktív hulladék helyezhető el). A kompakt hulladékcsomagok előállítására az atomerőmű telephelyén kerül sor, az NRHT-ba való kiszállítás közúton, erre a célra kialakított és hatósági engedéllyel rendelkező tehergépkocsival történik. Az új hulladékcsomagok üzemszerű előállítása várhatóan 2029-ben kezdődik meg.

A folyékony radioaktív hulladékokat (bepárlási maradék, evaporátor savazó oldatok, elhasznált primerköri ioncserélő gyanták) a segédépületi átmeneti folyékony radioaktív hulladéktároló tartályokban gyűjtik. Az FHF technológiával nem kezelhető folyékony radioaktív hulladékokat – a végleges tárolóba szállítás előtt – az atomerőműben szilárdítják, mert a végleges tárolóban csak szilárd hulladékok helyezhetők el.

A folyékony hulladékok feldolgozására szolgáló FHF technológia üzemszerű alkalmazása 2010-ben kezdődött, a technológia üzemeltetésével tárolókapacitás szabadul fel, így a folyékony radioaktív hulladékok átmeneti tárolása, figyelembe véve a – folyékony hulladékok szilárdítására alkalmazásra kerülő – cementező technológia üzembe vételét is, hosszú távon biztosított. A folyékony radioaktív hulladékok szilárdítása tároló tartályonként történik, a tartályokban található hulladék kémiai összetételének megfelelő cementezési receptúra egyedi hatósági engedélyezést követően alkalmazható. A folyékony radioaktív hulladékok feldolgozásának, kondicionálásának ütemezésénél figyelembe veszik, hogy mindig legyen legalább két évnyi tartalékkapacitás a nem várt események esetén keletkező hulladékok számára.

A nagy aktivitású szilárd radioaktív hulladékokat az atomerőmű területén ideiglenes jelleggel tárolják az erre a célra kialakított csőkutakban. A tároló kutakban el nem helyezhető, nagy méretű hulladékok gyűjtésére ólomkonténerekben van lehetőség. A nagy aktivitású hulladékok kezelési koncepciója szerint a hulladékok az atomerőmű leszereléséig a telephelyen kerülnek átmeneti tárolásra, és leszereléskor a többi nagy aktivitású hulladékkal együtt kezeli, illetve helyezi el az RHK Kft. az akkorra már üzemelő, a nagy aktivitású hulladékok elhelyezésére szolgáló végleges tárolóban.

Az atomerőmű üzemvitele során keletkező gáz halmazállapotú radioaktív hulladékok egy részét a szellőző rendszerek szűrőberendezései tisztítják. A hidrogénégető rendszer a primerköri hőhordozóban, valamint a pótvízként beadott közegben oldott állapotban lévő gázokat (hidrogén, nemesgázok, oxigén stb.) szabályozottan hígítja és elégeti. A speciális gáztisztító rendszerek folyamatosan fogadják és tisztítják a blokkokon keletkező gázelegyeket, melyek tisztítás után a szellőzőkéménybe jutnak.

Fűtőelemek kezelése és tárolása

Az atomerőmű üzemanyagaként felhasznált fűtőelem kötegek kezelését és tárolását két részre lehet osztani. Az első az erőműbe beérkező friss fűtőelemek kezelése és tárolása. Ezeknél a reaktorokban történő felhasználást (besugárzást) megelőzően nincs szükség sugárvédelmi árnyékolásra vagy hűtésre. A friss fűtőelemek – erőmű gazdaságos működtetéséhez szükséges mennyiségű készletezett – tárolása a reaktorcsarnokban lévő, erre a célra szolgáló helyiségben biztosított ikerblokkonként.

A már besugárzott, illetve a kiégett, azaz a reaktorokban tovább már nem használt 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.

A besugárzott fűtőelemek erőművön belüli tárolására mind a négy reaktorberendezés közvetlen szomszédságában egy-egy ún. pihentető medence szolgál. A pihentető medence feladata a kiégett fűtőelem kötegek reaktorból történt kirakása után azok tárolása arra az időtartamra, amíg az üzemanyag fajlagos aktivitása és hőfejlődése olyan értékre csökken, amely a rendelkezésre álló szállítástechnikai eszközökkel már lehetővé teszi a kiégett üzemanyag kiszállítását az erőműből. A pihentető medencét átrakócsatorna köti össze a reaktorakna felső részével, az átrakómedencével. A pihentető medence önálló hűtőkörrel rendelkezik, amely a fűtőelem kötegek maradványhőjének elvonását biztosítja.

A pihentető medencében történő 3-5 éves tárolást követően a kiégett fűtőelem kazettákat jelenleg az erre a célra kialakított C30-as szállító rendszerrel, vízzel töltött speciális szállítókonténerben, vasúti szerelvénnyel szállítják át a KKÁT-ba, ezzel biztosítva a reaktorok folyamatos üzemeltetéséhez szükséges szabad pihentető medence tároló kapacitást. A rendszer a TW-C30-as jelű speciális konténer szállító vasúti kocsiból és a 30 db fűtőelem kazettát befogadni képes C30-as szállító konténerből áll. A pihentető medencéből kiszállításra kerülő kiégettfűtőelem-kazettákat a reaktorhoz tartozó aknában helyezik a C30-as szállítókonténerbe, a kazetták szállítókonténerből való kiemelését követő szárítására a KKÁT-ban kerül sor.

Kommunikációs és hírközlési rendszerek

Az atomerőmű rendelkezik mindazon vezetékes és vezeték nélküli hírközlési eszközzel, amelyek biztosítják az erőmű operatív hírközlését, távbeszélő forgalmának lebonyolítását, mérési, jelzési

adatátvitel végrehajtását, beszéd és adatkapcsolatát a villamosenergia-ipari távbeszélő rendszerrel, a dolgozók, a hatóságok és lakosság tájékoztatását, riasztását.

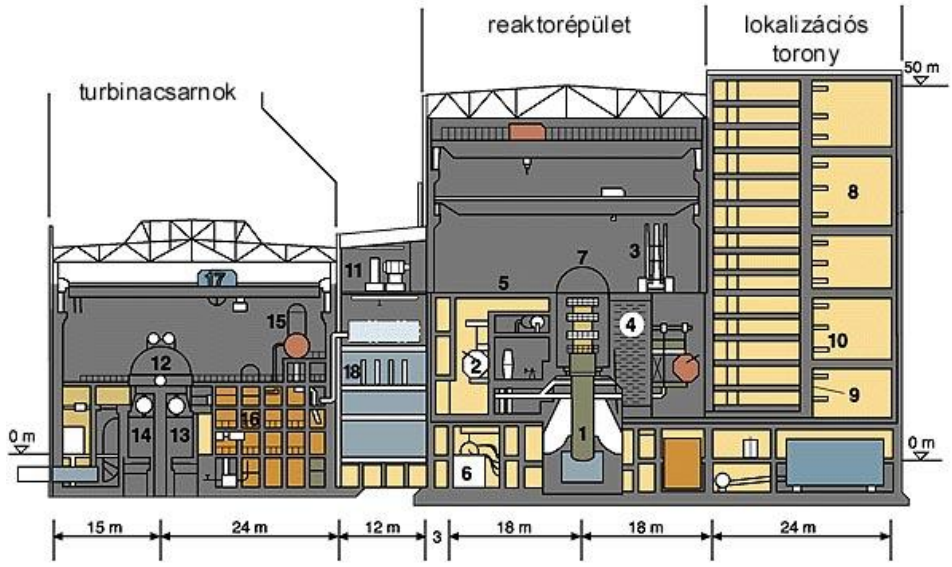
2.2.1.2. Az energiatermelés létesítményei

Az egyes reaktorok ikerblokk kialakítású épületekben helyezkednek el (I. kiépítés: 1-2. blokkok, II. kiépítés 3-4. blokkok), a két-két reaktort magában foglaló ikerblokk a *2.2.1.2-1. ábrán* látható. A reaktorépületek felső része szokványos ipari épület, általános gépészeti berendezésekkel. Az épület alsó részében van elhelyezve a reaktor a primerkörrel és a gőzfejlesztőkkel. A reaktort sugárvédelmi árnyékolás veszi körül. A reaktorépület alsó része elkülönített, zárt teret képez reaktoronként. Az elkülönített épületrészek (ún. hermetikus terek) a reaktorok saját üzemzavari-, és lokalizációs rendszereihez vannak csatlakoztatva. A hermetikus tér olyan nyomásálló teret jelent, amely kiállja az üzemzavari hő- és nyomásterhelést és biztosítja a radioaktív anyagok visszatartását üzemzavari helyzetben is.



2.2.1.2-1. ábra: A Paksi Atomerőmű ikerblokkjainak látképe

A Paksi Atomerőmű biztonsági rendszerei az ún. mélységben tagolt védelem alapelvét követik, ennek részeként a környezet és a nukleáris fűtőelemek között több, a radioaktív kibocsátást akadályozó rendszer (védelmi gát) húzódik. Ezeken a passzív gátakon kívül aktív védelmi rendszerek is vannak. Üzemzavarok alatt és után megfelelően méretezett rendszerek szolgálják a reaktor hűtését. Áramkiesés esetén tartalék dízelgenerátorok lépnek működésbe. Az üzemi főépületet és az erőmű főbb berendezéseit magába foglaló épületegyüttes keresztmetszetét a *2.2.1.2-2. ábra* mutatja.



1.	Reaktor	7.	Reaktorcsarnok	13.	Kondenzátor
2.	Gőzfejlesztő	8.	Lokalizációs torony	14.	Turbinaház
3.	Átrakógép	9.	Buborékoltató tálcák	15.	Tápvíztartály
4.	Pihentető medence	10.	Légcsapda	16.	Előmelegítő
5.	Biológiai védelem	11.	Szellőző	17.	Turbinacsarnok daruja
6.	Kiegészítő tápvízrendszer	12.	Turbina	18.	Műszer helyiségek

2.2.1.2-2. ábra: Az erőmű főbb berendezéseit tartalmazó épületegyüttes keresztmetszete

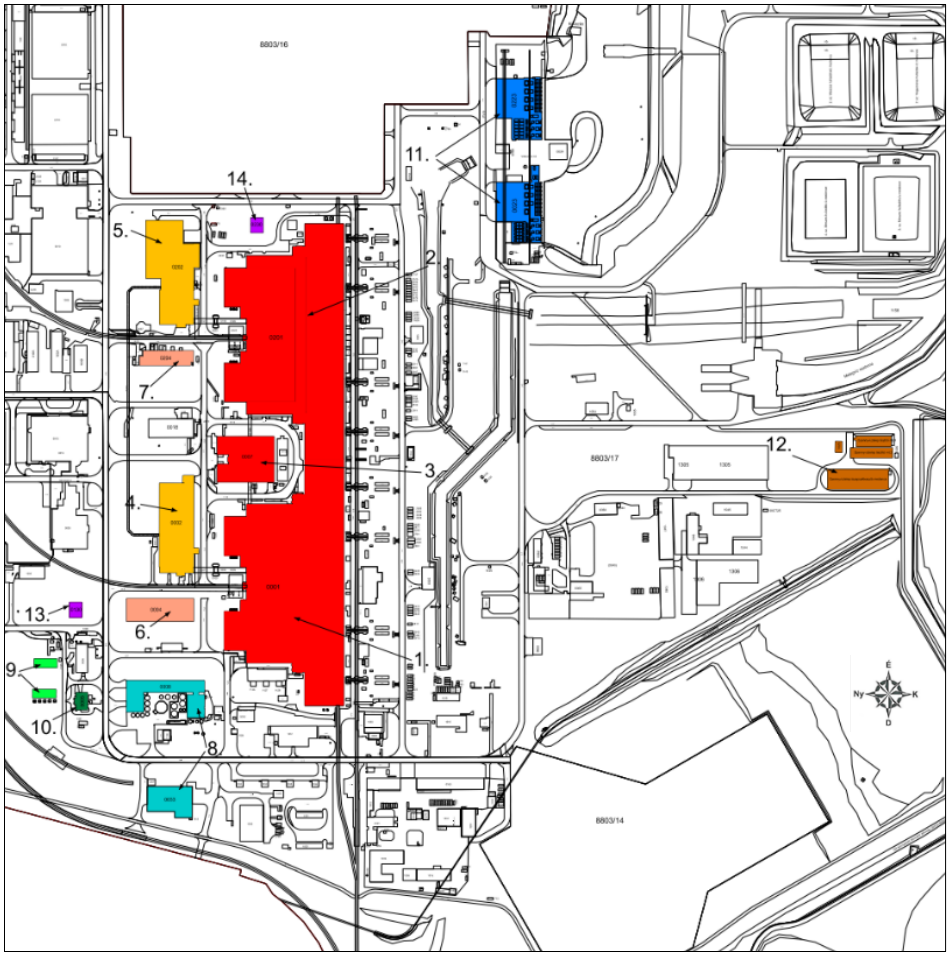
Mind a négy reaktorhoz egy közös turbinaház tartozik, amely a reaktorépületek közvetlen szomszédságában helyezkedik el. Minden reaktorhoz 2 turbina tartozik, az erőmű összesen 8 turbinával rendelkezik. A főtranszformátorokat közvetlen a turbinaépület mellett helyezték el, azonban a kapcsolótér a turbinaépülettől biztonságos távolságban van kialakítva. Így pl. tűz esetén a kapcsolótér és a turbinaház nem veszélyeztetik egymást.

Az erőmű kialakítását és elrendezését tekintve a következő főbb épületeket, építményeket, építészeti szerkezeteket (*2.2.1.2-3. ábra*) kell megkülönböztetni (a felsorolásban nem szerepelnek a telephelyen található irodák, raktárak és más épületek):

- Üzemi főépületek: Az energiatermelés központjai, az épületek a tervezés szempontjából két-két blokkból álló – lényegileg azonos – egységre tagozódnak. Az üzemi főépületek a technológiának megfelelően a primer- és szekunderkört magába foglaló részekre, illetve villamos kapcsolóházakra tagozódnak.
- Segédépületek: Kiépítésenként egy-egy segédépület szolgál a víztisztító berendezésekben és az ellenőrzött zóna területén keletkezett radioaktívan szennyezett folyékony és szilárd hulladékok tárolóinak elhelyezésére, valamint a hulladékok kezelésével kapcsolatos technológiai rendszerek befogadására. A segédépületek a főépületekhez híddal és alagúttal csatlakoznak, egymással is össze vannak kötve egy csőhíddal, amely a folyékony hulladékok transzportálására szolgál.
- Dízelgenerátor épületek: A két dízelgenerátor épületben 6-6 dízelgenerátor gépegység került elhelyezésre, amely az atomerőmű biztonsági 6 kV-os elosztóinak villamos betáplálás forrását képezi adott üzemzavari helyzetben.
- Baleseti dízelgépházak: Az északi és déli baleseti dízelgépházakban egy-egy dízelgenerátor gépegység került elhelyezésre, melyek az atomerőmű rendszereiben történő esetleges baleset esetén a balesetkezelésben érintett gépészeti, villamos és irányítástechnikai rendszerek villamosenergia-ellátására szolgál.
- Egészségügyi és laboratóriumi épület: Az épület az 1-4. blokk kiszolgálására épült. A két üzemi főépület között helyezkedik el, azokkal egy-egy kétszintes közlekedőhíddal összekötve, melyeken az öltözők és a főépületben levő munkahelyek közötti személyforgalom, valamint a könnyű teherforgalom bonyolódik. Az összetett rendeltetésű létesítmény tulajdonképpen a „zsilip” szerepét tölti be az ellenőrzött zóna és az üzemi terület között. Az épület ellenőrzött zónájában találhatók a primerköri öltözők, mosdók, zuhanyzók, mosodák, a Dozimetriai Szolgálat, a sugárvédelmi ellenőrzőrendszer vezénylői, a radiokémiai-, a kibocsátásellenőrző, az anyagvizsgáló laboratóriumok.
- Vegyi és pótvíz előkészítő: Az épület az üzemeltetéséhez szükséges sótalanvíz előállítására, valamint a primer és szekunderköri vegyszerszükségletet biztosító technológiai- és kiszolgáló rendszerek elhelyezésére szolgál. Az udvartéren technológiai külső tartálypark létesült. A technológiai csatlakozások csőhídon, vasbeton technológiai csatornákon keresztül történnek.
- Vízkivételi mű, vízvezénylő: Az erőmű hűtővízellátását biztosító vízkivételi mű három egységre tagozódik. Az 1-2., valamint a 3-4. blokkokhoz önálló vízkivételi művek tartoznak. A két vízkivételi műhöz egy közös vezénylő épület létesült, amely a villamos berendezések működtetési, ellenőrzési és szabályozási feladatait ellátó berendezések részére épült. A hidegvíz-csatorna végén létesült két szivattyútelep emeli ki az igényelt kondenzátor és biztonsági hűtővíz mennyiségét. A biztonsági hűtővizet közvetlenül a fogyasztókhoz, a kondenzátor hűtővizet a szivattyúüzem nyomóoldalán lévő nyersvíz medencébe továbbítják. A szűrt nyersvíz medencékkel egybeépített szűrőházban helyezkednek el a gépészeti berendezések, valamint a nyers és a szűrt víz tároló medencék.
- Szinttartó bukó: Feladata a hűtővíz forgalom gravitációs úton történő működéséhez szükséges vízszint biztosítása, valamint a melegvíz-visszakeverés lehetőségének biztosítása a hidegvíz-csatornába. A vasbeton szerkezetű műtárgy a melegvíz-csatorna zártszelvényű vasbeton szakasza és a nyíltszelvényű földmedrű szakasza között helyezkedik el.
- Melegvíz-csatorna: Feladata az erőmű üzemeltetése során felmelegedett hűtővíz elvezetése a befogadóba, a Dunába. A melegvíz kivezetést részben ikerszelvénnyel

megépített, zártszelvényű vasbeton csatorna „bukóműtárggyal” és az ehhez csatlakozó burkolt, nyíltszelvényű csatorna biztosítja. A melegvíz-csatorna surrantó és energiatörő vasbeton műtárggyal csatlakozik a Dunához.

- Melegvíz visszakeverő rendszer: A melegvíz-csatorna torkolata előtt csatlakozik ki a hidegvíz-csatorna jégmentesítését és a havária visszakeverést biztosító visszakeverő rendszer. A melegvíz visszakeverés célja, téli időszakban a vízkivételi mű szivattyúi előtt az öblözeti tér jégmentesítése, valamint a Dunán esetlegesen előforduló alacsony vízállás esetén a vízpótlás, hasonlóan a havária rendszerhez. A havária rendszer (a melegvíz-csatornából induló, a hidegvíz-csatornába csatlakozó 2 db acél csővezeték) a Dunán esetlegesen előforduló alacsony vízállás, illetve tartósan alacsony hőmérséklet esetén történő üzemeltetésre létesült. A rendszer gyakorlati funkciója ugyanakkor csak a jégmentesítésre (és a vízkészlet használat optimalizálására) korlátozódik. Alacsony vízállás esetén vízpótlásra azonban nincs használatban, arra egyéb megoldások (szivattyúk használata) szolgálnak.
- Blokki szellőzőkémények: A szellőzőkémények feladata az erőmű primerköri helyiségeiből a szellőző rendszerek által továbbított szűrt levegő kibocsátása. Az 1-2., illetve a 3-4. blokk kiszolgálására 1-1 db 100 m magasságú, vasbeton szerkezetű, iker szellőzőkémény épült. Mindkét kémény kétaknás, természetes huzatú ikerkémény.



1. I. Üzemi főépület (0001)
2. II: Üzemi főépület (0201)
3. Egészségügyi és laborépület (0007)
4. I. Segédépület (0002)
5. II. Segédépület (0202)
6. I. Dízelgépház (0004)
7. II. Dízelgépház (0204
8. Vegyi vízelőkészítő (0008) és pótvízelőkészítő (0033)
9. Hidrogén-, nitrogén-tartálypark
10. Hidrogén üzem épülete (0005)
11. I-II. Vízkivételi mű (0023-0223)
12. Szennyvíz tisztító telep
13. Déli baleseti dízelgépház (0130)
14. Északi baleseti dízelgépház (0230)

2.2.1.2-3. ábra: A Paksi Atomerőmű telephelyén lévő fontosabb épületek, építmények

- Hidrogén-, nitrogén-tartálypark: Feladata a tartálykocsin érkező, a generátor hűtésére szolgáló hidrogéngáz, valamint a generátor vészhelyzeti leürítésére, illetve a primerköri technológia vizeknek a rendszerből való kiszorítására, a mérőrendszerek kiszolgálására szolgáló nitrogéngáz tárolása cseppfolyós és légnemű állapotban. A 15 db gázállapotú hidrogén, illetve a 10 db gázállapotú, valamint 4 db cseppfolyós halmazállapotú nitrogén tárolására létesített tartályok meghibásodása esetére a telephelyi technológiai létesítmények és irodák védelmét vasbeton falak biztosítják.

2.2.1.3. Kapcsolódó tevékenységek és létesítmények

2.2.1.3.1. Vízellátás, szennyvízkezelés

Vízhasználat, vízellátás

A létesítmény vízfelhasználása a funkció alapján két fő csoportba sorolható:

- Hűtés céljára az erőmű a Dunából a nyitott hidegvíz-csatornán keresztül vételez vizet, mely a felhasználást követően a nyíltszelvényű melegvíz-csatornán át maradéktalanul visszajut a Dunába mint befogadóba.
- Az erőmű technológiai vízveszteségeinek pótlására szolgáló ipari víz a dunai vízkivételből származik, a tűzivíz forrása a partiszűrésű kúttelep (melegvíz-csatornai tartalékkal), az ivóvíz és használati vizek forrása pedig a csámpai kúttelep 9 db mélyfúrású kúttal (rétegvíz).

A lekötött éves vízigény a felszíni vízkivételből 2,9 milliárd m^3/év, a vízműkutakból 200 000 m^3/év. A kondenzátorhűtővíz-rendszer elméleti vízigénye egy reaktorblokk esetén 25 m^3/s, négy blokk egyidejű üzemének elméleti vízigénye: 100 m^3/s (360 000 m^3/h). Az 1-4. blokk vízigénye 2,5-3,1 milliárd m^3/év, amely magában foglalja a 72 millió m^3/év biztonsági hűtővízigényt is. Az évi felhasznált kontingens mennyiségét befolyásolja a karbantartás miatti leállások és a visszaforgatás csökkentő hatása.

Kommunális szennyvíztisztítás és -elhelyezés

A Paksi Atomerőmű területén kiépített szennyvízcsatorna-hálózat üzemel. Az erőmű kommunális szennyvizeinek, az egészségügyi és laboratóriumi épület hulladék vizeinek, valamint esetileg a mérlegen felüli vizek fogadója és tisztítója az erőműhöz tartozó 1870 m^3/nap kapacitású kommunális szennyvíztisztító. A szennyvíztisztító telep 2 db tömbösített TABTA típusú műtárgysorból áll. Mindkét műtárgysornál a tisztítási technológia mechanikai és totáloxidációs tartományban levezetett eleveniszapos rendszerű teljes biológiai tisztítás. A fölösiszap iszapszikkasztó ágyakra kerül.

Az I. műtárgysor (670 m^3/nap) felületi légbeviteli eszközökkel (rotorok) biztosítja a megfelelő oxigénkoncentrációt a medencékben. Az iszaprecirkulációt a rotorok szívóhatása automatikusan biztosítja. A II. műtárgysor (1200 m^3/nap) mélylégbefúvásos rendszerű. Az előlevegőztető medencében 1 db Jet aerator, a levegőztető tározó medencében 1+1 db Jet aerator, a levegőztető medencékben finombuborékos mélylégbefúvás biztosítja a megfelelő oxigénkoncentrációt és az elegy keverését. A levegőztető medencékben 2+2 db iszapsűrítő blokk került elhelyezésre, valamint az iszaprecirkulációt biztosító szivattyúk.

Üzemszerűen a korszerűsített II. műtárgysor üzemel, az I. sor tartalék. A tartalék I. műtárgysor üzembevételét az erőmű bejelenti a vízügyi hatóságnak.

A kommunális szennyvíztisztító telepről elvezetett tisztított szennyvíz acél csővezetéken a melegvíz-csatornába csatlakozik közvetlenül az energiatörő műtárgy előtt. A csatornába való bevezetés előtt mintavételi akna található, amely az erőmű V3 jelű mintavételi helye.

Az utóülepítőből kikerülő fölösiszapot iszapsűrítőbe vezetik, ahol különválik az iszapvíz és az iszap. A sűrítési idő 4-6 óra. A sűrített iszapot az iszapvezetéken keresztül viszik az 1200-1300 m^2 felületű iszapágyra további víztelenítés céljából. A kiszáradt iszap a radioaktív koncentráció ellenőrzése után – annak eredményétől függően – kerül elhelyezésre. Amennyiben nem kell

radioaktív hulladékként kezelni, úgy veszélyes hulladéknak minősül, és a veszélyes hulladékokra vonatkozó jogszabályok szerint kerül ártalmatlanításra.

Ipari szennyvíztisztítás és -elhelyezés

A vízkivételi műnél beépített szűrők visszaöblítéséből eredő hulladékvíz, a gerebtisztítóknál vízzel eltávolított hulladék és egyéb, a vízkivétel üzeméből eredő hulladékvizek befogadójául a melegvíz-csatorna közvetlenül a bukó utáni szakasza szolgál.

A vízlágyító hulladékvizeinek kezelése az erőmű ipari zagyrendszerének részét képezi. Feladata a vegyszeres szennyvizek fogadása, tisztítása és a tisztított víz kibocsátása a befogadóba. A vízlágyítóból származó szennyvizek kezelése két lépcsőben történik. Az első lépcsőt az átemelő szívóaknájában végbemenő spontán semlegesítés képezi. A második lépcső a zagytározó, amely a fázisleválasztás és az ülepítés feladatát látja el. A 2 db 10 000 m^3-es zagytározó medence a vízlágyító berendezés hulladékvizeinek kezelésére, ülepítésére szolgál. A zagymedencéből a kezelt (tisztított) víz túlfolyón keresztül gravitációsan távozik a melegvíz-csatornába. A szivárgás és a talajvíz minőségének ellenőrzésére a zagytér környezetében megfigyelőkutak létesültek.

Technológiai olajos hulladékvizek

Az olajos szennyvizek keletkezési helyükön tisztításra kerülnek. A személygépkocsi mosónál a tisztított szennyvizet az erőmű kommunális szennyvízrendszerébe vezetik, a többi keletkezési hely esetében (tűzoltólaktanya autómosó, hordós olajtároló, tehergépkocsi mosó) megfelelő tisztítás után az erőmű csapadékvíz elvezető hálózatába kerül.

Csapadékvíz elvezetés

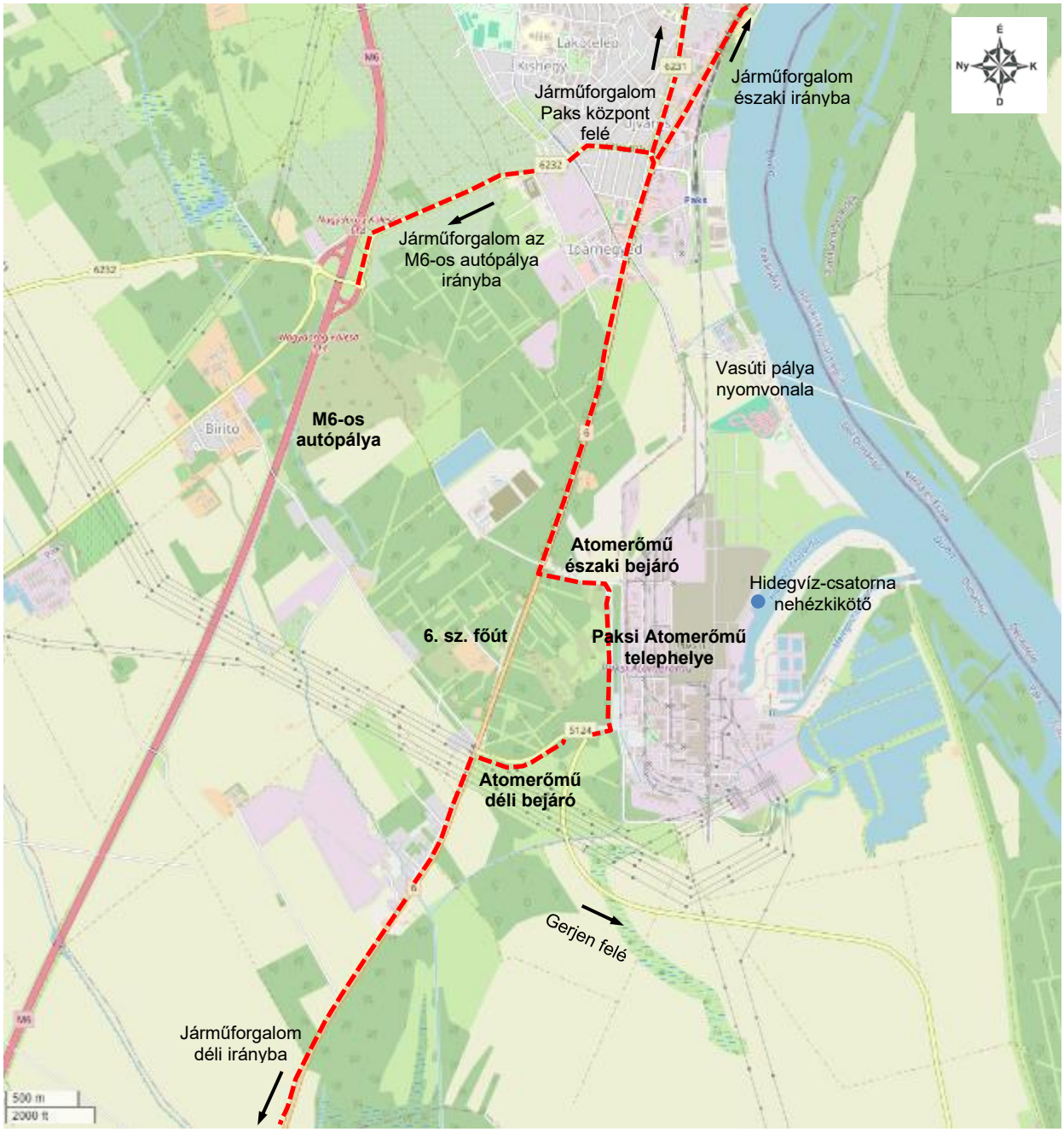
A csapadékvíz-csatornák az épületek tetővizeit és az utakról, zöld területekről összegyűlt csapadékvizet vezetik az erőmű külső részén húzódó övárkokba. A Paksi Atomerőmű területén 5 főgyűjtő csapadékcsatorna áll rendelkezésre. Az üzemen belüli csapadékcsatorna hálózat az üzemterületen kívüli övcsatorna rendszerbe csatlakozik. Az Északi övcsatorna által szállított csapadékvíz befogadója a hidegvíz-csatorna, a Déli övcsatornába vezetett csapadékvíz befogadója a melegvíz-csatorna.

2.2.1.3.2. A tevékenységhez szükséges teher- és személyszállítás

Az atomerőmű telephelye közúton északi és déli irányból közelíthető meg a 6. sz. fő közlekedési útról, melyről egy-egy leágazás (északi és déli bejáró) vezet az erőműterülethez (*2.2.1.3.2-1. ábra*). A telephely déli irányból, a Paks – Gerjen összekötő útról is megközelíthető, amely az erőmű déli bejáró útjába csatlakozik. A telephely az M6-os autópálya felől a 113 km szelvénynél Paks-dél csomóponton lehajtva a 6232. jelű úton Paks területét érintve (Kölesdi út – Dankó Pista utca), majd a 6. sz. főút Paks alatti szakaszára térve északi irányból közelíthető meg. A paksi vasúti végállomásról az iparvágányon keresztül az erőmű telephelyét csak célszerelvények érhetik el, kizárólag teherszállítási céllal, vasúton személyszállítás nem történik. A KKÁT-ban átmeneti tárolásra kerülő kiégett fűtőelem kazetták az atomerőműből dízelmozdony által vontatott vasúti szerelvényen érkeznek a KKÁT telephelyére. Fűtőelem kiszállításra az erőműből évente 10-12 alkalommal kerül sor, egy-egy szállítás időtartama legfeljebb néhány óra. A vasúti szállítás tehát eseti jellegű, az ahhoz kapcsolódó környezeti hatások szempontjából elhanyagolható volumenű.

Az erőmű telephelye vízi úton is megközelíthető, a hidegvíz-csatorna nehézkikötővel rendelkezik. A vízi szállítás szintén eseti jellegű, kizárólag teherszállítási célú, az abból eredő környezeti hatások szempontjából elhanyagolható volumenű. A Paksi Atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódó teher- és személyszállítás volumenének meghatározásához a *2.2.1.3.2-1. ábrán* feltüntetett szállítási útvonalak szolgáltak alapul. Az erőműhöz kapcsolódó személy- és teherszállítás alapvetően közúton történik. Figyelembe véve az atomerőmű telephelyére történő, a gépjárművek számára és fajtájára vonatkozóan rendelkezésre álló beléptetési adatokat, a telephelyi gépkocsiparkolók jellemző napi kihasználtságát, valamint a tömegközlekedési

autóbuszforgalmat, a Paksi Atomerőmű üzemeltetéséhez kapcsolódó közúti járműforgalom a *2.2.1.3.2-1. táblázat* szerinti adatokkal jellemezhető.



2.2.1.3.2-1. ábra: Az erőműtelephely megközelítési útvonalai

A megadott járműdarabszámokhoz naponta egy forduló, azaz megérkezés az erőműhöz, majd különböző időtartamú tartózkodást követően a telephelytől való elhaladás vehető figyelembe. Az erőműhöz érkező és onnan távozó gépjárművek feltételezetten kb. 2/3 arányban az északi, kb. 1/3 arányban a déli irányban haladnak, a járműforgalom kb. 10%-a megy tovább az M6-os autópályára, 90%-a a 6. sz. főúton marad.

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának időszakára – az erőmű üzemeltetéséhez kapcsolódóan – a jelenleg is fennálló teher- és személyszállítási igények számottevő változásával nem kell számolni. Figyelembe véve, hogy az atomerőműben felhasznált anyagok, eszközök, egyéb áruk beszállítása továbbra is a jelenleg tapasztalt gyakoriságúnak és volumenűnek tekinthető, valamint az üzemeltetői, karbantartói létszámot illetően sem prognosztizálható a jövőre nézve számottevő változás, a tevékenységhez kapcsolódó teher- és személyszállítás

nagyságrendjét a jelenlegivel egyezőnek lehet becsülni a további üzemidő-hosszabbítás időszakára vonatkozóan is.

A TÜH előkészítése keretében tervezett átalakításokhoz – elsősorban az alternatív melegvíz-csatorna és a kapcsolódó csúcshűtő rendszer kialakításához – kötődően a telephelyre irányuló teher- és személyszállítás (építőanyagok, építési személyzet) volumenének időszakos növekedésével azonban számolni kell. Az építési munkák, illetve az azokhoz kapcsolódóan becsülhető forgalomnövekedés a *2.2.2.1. fejezetben* kerülnek bemutatásra.

2.2.1.3.2-1. táblázat: A Paksi Atomerőmű üzemeltetéséhez kapcsolódó közúti járműforgalom

Járműfajta	Átlagos napi forgalom* [jármű/nap]		
	Nappal	Éjjel	Összesen
Teherszállítási forgalom			
Tehergépjármű átlagos napi forgalom (jellemzően kisteherautó)	450	40	490
Személyszállítási forgalom			
Személygépkocsi	1 920	220	2 140
Autóbusz	316	58	374
Motorkerékpár	90	–**	90

* A járműdarabszámok a felülbecslés javára történő egyszerűsítésekkel kerültek meghatározásra.
** Elhanyagolható mértékű.

2.2.1.3.3. Egyéb kapcsolódó tevékenységek, technológiai rendszerek

Az atomerőműben számos olyan technológiai rendszer van, amely biztonsági besorolása alapján a nukleáris biztonságot nem befolyásolja, illetve a termeléshez közvetlenül nem kapcsolódik. Ezek a rendszerek az erőmű általános működéséhez szükségesek. A felsorolt rendszerek feladata veszélyes anyagok, illetve hagyományos veszélyes hulladékok kezelése, szállítása, tárolása, így meghibásodásuk esetén fennáll a környezetszennyezés lehetősége. Ezek a következők:

- ipari hulladékvíz gyűjtő, átemelő és elvezető rendszer,
- ipari zagytér (mésziszap, vegyszeres medencék),
- vegyszerlefejtő és speciális vegyszerelőkészítő,
- vegyszerátadó és adagoló rendszerek,
- vegyszeres hulladékvíz kidobó vezetékek,
- turbina olajrendszer,
- olajlefejtő állomás és vészleürítő rendszer,
- gépházi és tápszivattyú olajrendszer,
- biztonsági dízelgenerátorok kenőolaj, fáradtolaj és gázolaj rendszere,
- kommunális szennyvízvezeték hálózat,
- vegyszerraktár.

2.2.1.4. Állapot-fenntartási, öregedéskezelési rendszer

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. irányítási rendszere a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (NBSZ) *„Nukleáris létesítmények irányítási rendszerei”* c. 2. kötetében megfogalmazott követelmények alapján az atomerőmű teljes működésére kiterjed, így lefedi a karbantartási, próba- és felügyeleti program végrehajtásához szükséges tevékenységeket is. A kapcsolódó tevékenységek folyamatokba szervezettek, a folyamatok végrehajtási módját eljárásrendek írják le. Az irányítási rendszer követelményei alapján a kidolgozott és alkalmazott eljárások rendszeresen felülvizsgálatra kerülnek, illetve a működési tapasztalatok alapján és a várt eredményeken keresztül a validálásuk is megtörténik.

Az atomerőművi blokkok üzemeltetése részeként a blokkokon üzem közben, illetve főjavítás során végrehajtandó karbantartási, próba- és felügyeleti programmal összefüggő feladatok

tervszerű végrehajtása érdekében az atomerőmű átfogó munkatervezési és irányítási rendszert működtet. A munkatervezési és irányítási rendszer működési folyamatait, valamint az ellátási lánc folyamatait a munkairányítás főfolyamat foglalja magába. A főfolyamat lefedi a Középtávú főjavítási terv összeállítását, az adott blokki főjavítás tervezését, valamint a létesítményi munkák operatív irányítását kezdve a munkamegrendeléstől, a munkák priorizálásán, munkatervezésen, biztonsági értékelésen át az állapotfüggő beavatkozások, a szabványok, gyártóművi vagy belső előírások által meghatározott programok ciklikus végrehajtásáig, valamint a hirtelen felmerülő javítási, állagmegóvási feladatok végrehajtásáig. A munkairányítási főfolyamat tartalmazza a munkák végrehajtásához szükséges anyag- és szolgáltatástervezés, nyomon követés rendszerét is annak érdekében, hogy minden feladat a prioritásának megfelelő sürgősséggel elvégzésre kerüljön, ne merüljön fel anyag- vagy erőforráshiány. A főfolyamat munkahét és főjavítás értékelésen keresztül visszacsatolásokat valósít meg annak érdekében, hogy a teljesítmény folyamatosan javulhasson.

Az állapot-fenntartási rendszer meghatározó elemei a karbantartási program hatékonyságának monitorozása, a kitűzött karbantartási célok elérésének értékelése és ezáltal a program hatékonyságának igazolása, szükség szerinti korrekciója.

A program meghatározó műszaki befolyással bír az operatív üzemviteli feladatok irányítására és végrehajtására, valamint az erőmű technológiai berendezésein és rendszerein bekövetkező nem tervezett események nyomán szükségessé váló beavatkozások műszaki döntéshozatali mechanizmusára.

A berendezésszintű élettartam-gazdálkodás egy olyan összetett irányítási gyakorlat működtetését jelenti, amely keretében az atomerőmű vezetése gondoskodik arról, hogy a biztonsági relevanciával, funkcióval bíró berendezések a teljes üzemidő alatt az elvárt teljesítményparaméterek szerinti teljesítőképességgel rendelkezésre álljanak.

Az atomerőművi rendszerek műszaki állapot fenntartásának szisztémájára vonatkozó aktuális követelmények azonosítását, szakmai tartalmát és a mindennapi gyakorlati megvalósulását naprakészen a rendszer műszaki alapdokumentuma foglalja össze és írja le.

Az állapot-fenntartási célok teljesüléséhez a kialakított struktúra megtervezi és műszakilag előkészíti az öregedési folyamatok kezelését, a középtávú és éves karbantartási programokat, továbbá a megelőző karbantartási, próba- és felügyeleti programot annak biztosítására, hogy a rendszerek és rendszerelemek megtartsák a tervezési követelményeknek megfelelő jellemzőiket. Ütemezi és előkészíti a műszaki felülvizsgálatokat, állapotfelügyeleti tevékenységeket, meghatározza a felújítások és a cserék műszaki tartalmát és időzítését.

Öregedéskezelési rendszert dolgoztak ki, és működtetnek az atomerőműben. Az öregedéskezelési program kidolgozása során az összes romlási mechanizmus azonosításra került a biztonság szempontjából fontos berendezések esetében. Az öregedéskezelési program össze van hangolva a karbantartási folyamatokkal, a rendszerelemek minősítési eljárásaival.

Az átfogó öregedéskezelési program létrehozásakor és működtetésekor figyelembe vették a környezeti körülményeket, a folyamatok feltételeit, az üzemi ciklusokat, a karbantartási terveket, a tervezett üzemidőt és a próbák ütemezését.

A Paksi Atomerőmű öregedéskezelési folyamata intézkedéseket tartalmaz, amelyek szükségesek az öregedési mechanizmusok kialakulásának megelőzéséhez, detektálásához. Az öregedési hatások értékelésére az üzemeltető olyan monitorozási, tesztelési, mintavételezési és ellenőrzési tevékenységet folytat, amely biztosítja az üzemközben nem várt folyamatok vagy romlások időben történő azonosítását és a szükséges megelőző, javító intézkedések megtételét. Az atomerőműben alkalmazott időszakos vizsgálatok rendszere megfelel az ASME Boiler & Pressure Vessel Code, Section XI: Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components követelményeinek, aminek 2001-es verziója magyar szabványként (MSZ 27011) kiadásra került.

A műszakilag megfelelő állapot fenntartása nem igényel külön előkészítést, mivel az átfogó öregedéskezelési programot folyamatosan frissítik, aktualizálják az erőmű megbízható és biztonságos, folyamatos üzemeltetése érdekében.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a Paksi Atomerőműben a berendezések, építmények állapotát az üzemeltetés részeként folyamatosan felügyelik, a szükséges karbantartásokat,

felújításokat tervezetten elvégzik, amely tevékenységek megalapozzák az atomerőmű elvárt műszaki állapotának szinten tartását, ezáltal a további üzemidő-hosszabbítás megvalósíthatóságát.

2.2.2. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítése, a további üzemeléshez tervezett tevékenységek, átalakítások

A TÜH előkészítésével kapcsolatos műszaki elemzések, megvalósíthatósági vizsgálatok eredménye alapján az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. az alábbi műszaki-technológiai átalakításokat tervezi megvalósítani, amelyek a várható környezeti hatások jellege, jelentősége, illetve a hatások részletes vizsgálatának szükségessége szempontjából elemzésre és értékelésre kerültek:

- alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer kialakítása,
- 1-2. blokki üzemzavari kihelyettesítő biztonsági dízelgenerátor létesítése,
- az atomerőművi üzemanyag beszerzésének diverzifikációja,
- a kiégett üzemanyag-kezelés átalakítása,
- egyéb tervezett rekonstrukciók, intézkedések, beavatkozások.

2.2.2.1. Alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer kialakítása

A Paksi Atomerőmű technológiai rendszereinek végső hőelvonása a Dunából vett frissvizes hűtéssel történik. A Duna jobb partjára telepített erőműhöz a hűtővizet az erre a célra kialakított hidegvíz-csatornán keresztül vezetik a blokkokhoz, majd a technológia által felmelegedett hűtővizet a melegvíz-csatornán keresztül juttatják vissza a Dunába. A Duna hőterhelésére vonatkozó – jogszabályban rögzített – korlát szerint a bevezetési ponttól folyásirányban számolva 500 m-re a teljes keresztszelvényben maximum 30°C hőmérséklet engedhető meg. Az előírt hőmérsékleti korlát betartását a kritikus időszakokban jelenleg az erőmű villamos teljesítményének szükséges mértékű csökkentésével biztosíthatják, amely a nukleáris biztonság fenntartását nem befolyásolja, de egyrészt termeléskiesést eredményez az atomerőmű villamosenergia-termelésében, másrészt energiaellátási kockázatot jelent az országos villamosenergia-rendszer szempontjából.

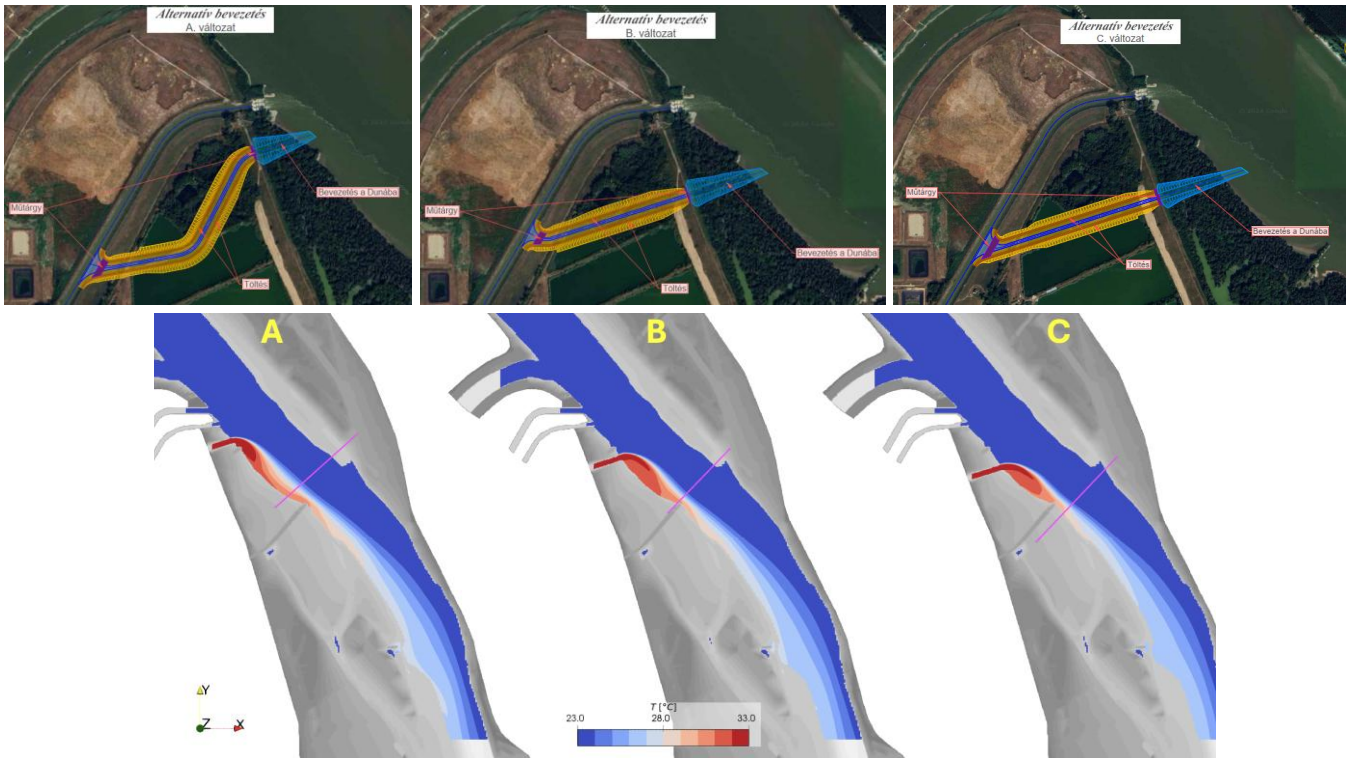
A klímaváltozás a jövőben várhatóan önmagában is növelni fogja azon időszakok előfordulási gyakoriságát, amelyek esetében a jelenlegi hőelvezető rendszer mellett növekvő mértékű és növekvő gyakoriságú leterhelésekre lenne szükség a 30°C-os korlát betartásához. A szükséges leterhelések számát és mértékét ezek mellett az új paksi blokkok (Paks II. Atomerőmű) üzembe lépése is tovább növeli.

A Paksi Atomerőmű blokkjainak további üzemidő-hosszabbítására vonatkozó döntést követően a fenti körülmények szükségessé tették a hőterhelési korlát hosszú távú betartását biztosító intézkedések, műszaki megoldások vizsgálatát. Az elvégzett vizsgálatok célja a felmelegedett hűtővíz jelenlegi Dunába vezetési pontjának délebbre helyezését biztosító műszaki megoldások vizsgálata volt. Ezzel – a Paks II. Atomerőmű tervezett melegvíz-bevezetési helyétől távolabbi új bevezetési ponttal – a két erőműtől származó felmelegedett hűtővíz csóva elkeveredési viszonyai kedvezőbbé tehetők. Emellett a vizsgálat célja volt, annak meghatározása, hogy a Paksi Atomerőmű felmelegedett hűtővizének Dunába visszavezetését megelőző hűtése milyen módon valósítható meg mesterséges hűtőrendszerek alkalmazásával.

Az új bevezetési pont meghatározására két fázisban került sor, amelynek első részeként a jelenlegi bevezetési pontól valamivel nagyobb távolságokra kialakításra kerülő alternatívák is figyelembevételre kerültek. Ezek a megoldások a kedvezőtlenebb eredmények és feltételek okán azonban elvetésre kerültek.

Az alternatív vízbevezetési pont optimális helyének, második fázisban történő részletes elemzése – figyelembe véve az ahhoz tartozó 500 m-es referencia szelvény elhelyezkedését – három változatra történt, a jelenlegi bevezetési ponttól délre, mintegy 350 m-es távolságon belül. Az új vízbevezetési hely mindhárom vizsgált változat („A”, „B” és „C”) esetében a meglévő melegvíz-csatornából kiágazó alternatív melegvíz-csatorna szakasz létesítésével alakítható ki a

2.2.2.1-1. ábrán latható módon. Az egyes visszavezetési pontok értékeléséhez hőterjedési modellszámítások kerültek elvégzésre annak meghatározása érdekében, hogy melyik visszavezetési pont adja a hőcsóva elkeveredése szempontjából a legkedvezőbb eredményeket.



Az egyes melegvíz bevezetési pontokhoz tartozó 500 m-es referencia szelvényt az alsó ábrákon folytonos magenta színű vonal jelöli.

2.2.2.1-1. ábra: A vizsgált alternatív melegvíz bevezetési helyek („A”, „B” és „C” változat) és az azokra vonatkozó hőterjedési modellszámítások eredménye

Az elvégzett számítások eredményei alapján a vizsgált alternatív visszavezetési pontok közül egyértelműen a „C”-jelű a legkedvezőbb a hőcsóva elkeveredése szempontjából, sőt, a tényleges maximális vízhőmérsékletek tekintetében ez lényegesebb kedvezőbb viszonyokat biztosít még a jelenlegi állapotnál is. Ebben az esetben a bevezetési ponthoz tartozó 500 m-es referencia szelvény a jelenlegi bevezetési ponttól alvízi irányban kb. 800 m-re található Nagy-sarkantyú alvízi oldalára esik. A sarkantyú orránál kialakuló nagy turbulencia jelentős keverő hatással bír, melyet korábbi tanulmányok is kimutattak már mind terepi mérési, mind numerikus modellezési eszközökkel.

A meglévő és az új csatornaszakasz által közrefogott területen elhelyezhető a kiegészítő hűtési rendszer (ún. csúcshűtő rendszer). Ennek feladata az atomerőműben a hűtési célra felhasznált, ezáltal felmelegedett Duna víz hőmérsékletének csökkentése a folyóba történő visszavezetést megelőzően. A hűtőrendszer működtetésével csökkenthető az erőmű, a Duna hőterhelési korlátok miatt szükséges visszaterhelésének mértéke és időtartama.

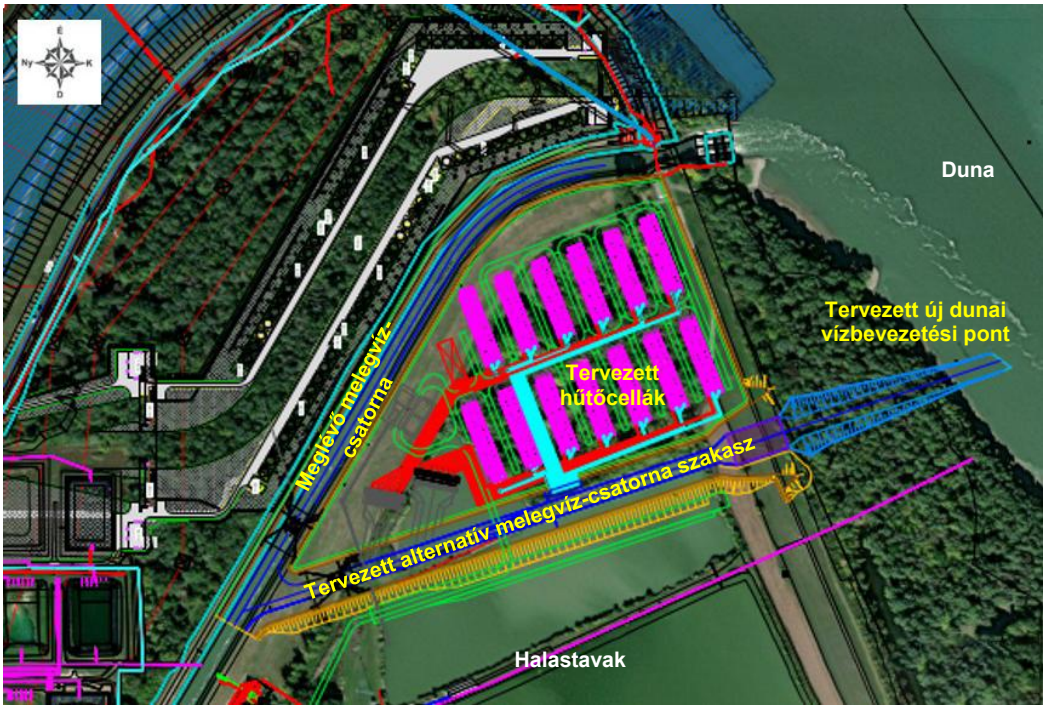
A nemzetközi gyakorlatban atomerőművek esetében a leggyakoribb frissvízhűtéssel kombinált mesterséges hűtési megoldás a mesterséges huzatú nedves hűtők (hűtőcellák) alkalmazása. A Paks II. Atomerőműhöz létesítendő csúcshűtő rendszer is ezzel a technológiával tervezett. Ennek megfelelően a felmelegedett hűtővíz Dunába visszavezetését megelőző hűtésére a Paksi Atomerőmű esetében is hűtőcellák kerültek figyelembevételre. A hűtőcellás hűtőrendszer – a moduláris felépítéséből adódóan – a szükséges kapacitással (cellaszám), és a rendelkezésre álló területhez illeszthető elrendezéssel alakítható ki. A hűtési technológia kiválasztásánál – üzemeltetési és karbantartási szempontokra tekintettel – fontos szempont volt, hogy a Paks II. Atomerőmű melegvíz-csatornája mellett tervezettel azonos technológiájú, ahhoz hasonló kialakítású hűtőrendszer létesüljön.

A fenti változatok figyelembevételével elvégzett elemzések eredményei alapján az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a meglévő melegvíz-csatornából kiágazó alternatív melegvíz-csatorna szakasz („C” változat) és ehhez kapcsolódóan hűtőcellákból álló csúcshűtő rendszer létesítését tervezi, melynek célja:

- a Paks II. Atomerőművel való együttes üzemelés során a Dunába visszavezetésre kerülő felmelegedett hűtővíz hőmérsékletének korlátozhatósága a környezeti viszonyoknak megfelelően,
- a dunai ökoszisztéma védelme a maximális kibocsátási hőmérséklet korlátozásával,
- a Duna magas vízhőmérséklete miatti visszaterhelések számának minimális szintre való csökkentése,
- a meglévő energiatörő műtárgy rekonstrukciós lehetőségének biztosítása.

A tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz nyomvonala a meglévő melegvíz-csatornából ágazik ki, annak jobb partján, az övcsatorna szivattyútelepét követő szakaszon (*2.2.2.1-2. ábra*). Az új, kb. 950 m hosszúságú csatornaszakasz a meglévő melegvíz-csatorna méreteivel megegyezően kerül kialakításra, fenékszintje 90,2-90,5 mBf szint között változik, és 20 m fenékszélességű, két oldalt 1:2-es rézsűjű, vasbeton burkolatú csatorna. Az új csatornaszakasz dunai torkolatánál energiatörő műtárgy létesül, mely a meglévő melegvíz-csatornában lévőhöz hasonló kialakítású surrantós műtárgy vízládával kiegészítve.

Az új melegvíz-csatorna szakasz nyomvonala az árvízvédelmi töltés és a Duna közötti hullámtéren 2,1 ha terület igénybevételével érinti a Tolnai Duna Natura 2000 területet, egyben az Országos Erdőállomány Adattárban erdőrészletként nyilvántartott 306/A jelű erdőterületet, és az Országos Ökológiai Hálózatba tartozó magterületet és ökológiai folyosó területet, azokat keresztezi (*2.2.2.1-2. ábra*). Az új csatorna szakasz építési munkái érintik továbbá a meglévő halastavak északi területeit kb. 5 ha nagyságú területrész igénybevételével.



2.2.2.1-2. ábra: Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a hozzá kapcsolódó csúcshűtő rendszer elrendezése

A meglévő és az új csatornaszakasz által közrefogott területen kerülnek elhelyezésre a hűtőcellák és a hozzájuk tartozó technológiai segédrendszerek (szivattyútelep és csővezeték hálózat, a villamosenergia-ellátás berendezései és építményei, belső úthálózat, közművek). A meglévő és az új csatornaszakasz közötti terület kb. 97,0 mBf szintig feltöltésre kerül, melyhez le kell termelni

a területen jelenleg meglévő, kb. 8 ha kiterjedésű növényzetet. A terület feltöltéséhez kb. 700 000 m^3 földanyag szükséges.

Az új csatornaszakasz bal partján létesül a hűtési rendszerekhez tartozó szivattyútelep. Az energiatörő műtárgy és a szivattyútelep közötti szakaszon szinttartó műtárgy kerül beépítésre az új melegvíz-csatorna medrébe. A csatorna felső szakaszának megfelelő vízszint-szabályozásához szinttartó bukó kialakítása tervezett. A hűtőcellákra a felmelegedett hűtővizet az új melegvíz-csatornára telepített szivattyútelep (műtárgy, gépészeti és villamos rendszerek) emeli rá.

Az alternatív melegvíz-csatorna szakaszból szivattyúkkal kiemelt víz a hűtőcellákba jut, ahol a hűtendő vizet fúvókák, illetve az ún. cseppképző betét használatával apró cseppekre bontják, ezáltal nagy hőleadó felületet hozva létre. A lehulló cseppek az átáramló levegőnek adják át a hőt és közben lehűlnek. A levegőáramlást a hűtőcella tetején elhelyezett ventilátor biztosítja.

A hőelvonás a cseppek felületén a szenzibilis (érzékelhető) hőátadással és párolgással (latens (rejtett) hőátadás) történik. A nedves hűtés akkor is képes lehűteni a vizet, ha a környezeti levegő hőmérséklete magasabb, mint a hűtendő víz hőmérséklete. Ekkor a hőelvonás teljes egészében a párolgáson alapul. Ennek során a párolgáshoz szükséges energia (párolgáshő) a víz saját belső energiájából származik, ami a vízcsepp hőmérsékletét csökkenti.

A lehűlt vízcseppek a cellák alatti medencébe hullanak, ahonnan az összegyűlt, lehűlt víz gravitációsan visszafolyik a csatornába, a szinttartó bukó utáni szakaszon.

A két melegvíz-csatorna szakasz által közrefogott területre tervezetten 78 db mesterséges huzatú hűtőcella kerül telepítésre 13 cellasorba rendezve. Egy hűtőcella mérete 16,8x16,8 m, magassága 15 m.

A tervezett beruházás részét képezi továbbá egy új, kb. 400 m hosszúságú szilárd burkolatú út, és az új csatornaszakaszon átívelő üzemi híd építése is.

Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a kapcsolódó csúcshűtő rendszer megvalósításához szükséges művi elemek a következők:

- kb. 950 m hosszúságú, vasbeton burkolatú csatorna,
- vízépítési műtárgyak:
  - billenőtáblás (mederelzáró) duzzasztómű,
  - szinttartó bukó,
  - surrantós műtárgy vízládával kiegészítve,
  - az alternatív melegvíz-csatorna szakaszra telepített szivattyútelep,
- 78 db mesterséges huzatú hűtőcella 13 cellasorba rendezve,
- egyéb elemek (szilárd burkolatú út, üzemi híd).

Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a hozzá kapcsolódó műtárgyak megépítése, valamint ezekhez kapcsolódóan a hűtőrendszer építményeinek elhelyezésére szolgáló terület előkészítése az alábbi építési munkafázisokat foglalja magába:

- Munkaterületek lehatárolása, kialakítása (kb. 20 ha kiterjedésű terület), felvonulás, megközelítő utak kialakítása. A szükséges munkagépek, szállítójárművek: tehergépkocsi, nyerges tehergépkocsi, autódaru, homlokrakodó, tolólapos dózer, úthenger, locsolókocsi.
- A meglévő és az új csatornaszakasz által közrefogott területen (kb. 8 ha) a meglévő növényzet letermelése és elszállítása, az érintett hullámtéri erdőterületen (Natura 2000 terület) a meglévő növényzet letermelése a szükséges mértékben (2,1 ha) és elszállítása. A szükséges munkagépek, szállítójárművek: fakitermelő gép, kézi fűrészgép, rakodó darus tehergépkocsi.
- Földmunkák:
  - a meglévő és az új csatornaszakasz által közrefogott terület feltöltése 97,0 mBf szintig, melyhez kb. 700 000 m^3 földanyag szükséges,
  - töltésépítés, melyhez kb. 300 000 m^3 földanyag szükséges,
  - kotrás 50 000 m^3 volumenben, a hullámtéri kotrási anyagot felhasználják a mentett oldali földművekhez.

A szükséges munkagépek, szállítójárművek: legfeljebb 3 géplánc egyidejű munkavégzése feltételezett, egy gépláncban kotró, dózer, henger, földnyeső (szkréper), földgyalu (gréder) és kellő számú szállítóeszköz üzemel.

- Csatorna, műtárgyak, út, üzemi híd építése:
  A csatornaburkolatok megépítéséhez 20 000 m^3 építőanyag, a hullámtéri kőművek megépítéséhez 20 000 m^3 kőanyag beszállítása és beépítése szükséges. A vízépítési műtárgyak megépítéséhez cement, kavics (vagy kész beton) beszállítása és beépítése szükséges, továbbá egyéb építőanyagok, beépítendő gépészeti és villamos berendezések beszállítására és beépítésére kerül sor. Az energiatörő műtárgy megépítéséhez kb. 10 000 m^3 beton szükséges. 400 m hosszúságban szilárd burkolatú út, valamint az új csatornaszakaszon keresztül üzemi híd épül. Az építési munkák tereprendezéssel, a földművek gyepesítésével zárulnak.

  A szükséges munkagépek, szállítójárművek: tehergépkocsik a cement, kavics és az egyéb anyagok, berendezések szállításához, autódaruk, kanalas markolók, betonkeverők, betonszivattyúk, emelő és rakodógépek.

A fentiek szerinti földmunkák, a csatorna és a kapcsolódó műtárgyak építése során az érintett területről kitermelt föld tervezetten az építési terüeleten belül marad, helyben kerül felhasználásra. A terület feltöltéséhez, illetve a töltésépítéshez az építési területre ezen felül további földanyag beszállítása szükséges a fentiek szerinti mennyiségben.

A fenti munkafázisok végrehajtásának teljes időigénye kb. 2 év, éjszakai munkavégzés nem tervezett. A csatornaépítéshez bontási munkákra nincs szükség.

Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz kialakításával egy új dunai melegvízbevezetési pont jön létre, ezáltal a hőterhelésre vonatkozó jogszabályban előírt hőmérsékleti korlát referenciaszelvénye is a jelenlegihez képest kb. 350 m-rel lejjebb tolódik. A meglévő melegvíz-csatornába beépítendő mederelzáró műtárgy zárásával a Dunába visszavezetendő felmelegedett hűtővíz teljes mennyisége az alternatív csatornaszakaszba vezethető.

Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a kapcsolódó műtárgyak üzemeltetése az építmények állapotának ellenőrzését, a szükséges javításokat, karbantartásokat foglalja magában. A töltés földműve, illetve a beépítetlen területek esetében rendszeres (évente kétszer történő) gépi kaszálás, kismértékű irtási munka (napi 1-2 db terepjáró vagy kistehergépkocsi, 4-5 fő munkavégzése az érintett területeken) vehető figyelembe a nappali időszakban.

A töltés és a műtárgyak időszakos ellenőrzése alapvetően szemrevételezéssel történik (helyszíni bejárás a nyomvonal mentén pl. 2-3 havonta, szükség szerint mozgás /süllyedés, elmozdulás/ műszeres ellenőrzése /geodéziai bemérés/ pl. 2-3 évente), melyhez kapcsolódóan: napi 1 db terepjáró, személygépkocsi vagy kisteherautó, 2-3 fő munkavégzése a töltés mentén és a műtárgyak környezetében vehető figyelembe a nappali időszakban. Az árvízi időszakban állandó felügyelet biztosítása szükséges 2-3 fővel, napi 1-2 db személygépkocsival. 3-5 évente kisebb karbantartás, 10 évente nagyobb karbantartás, a műtárgyak szükség szerinti javítása (felújítás, alkatrészcserék, korrózióvédelmi munkák, festés stb.)

A hűtőcellák acélszerkezete a lehűtött vizet befogadó beton medencére támaszkodva kerül megépítésre, mely tartja a mesterséges huzatot biztosító ventilátort. A lehűtendő vizet csővezetékek juttatják a szivattyútelepről a hűtőcella felső részére. A hűtőcellák nagy méretére tekintettel az acélszerkezetet és a hozzá tartozó berendezéseket, szerkezeti elemeket (villamos motorok, ventilátorok, hűtőbetétek, burkolatok, csővezetékek, villamos kábelek, szerelvények) a helyszínen szerelik össze, illetve építik be. Az építő- és szerkezeti anyagok, alkatrészek stb. beszállítása az egyes munkafázisok ütemezéséhez illeszkedően közúti teherjárművekkel tervezett.

A hűtőcellás rendszer építményeinek, illetve a hozzá kapcsolódó gépészeti és villamos berendezések létesítéséhez tartozó építési munkafázisok a következők:

- Munkaterületek lehatárolása, kialakítása, felvonulás. A szükséges munkagépek, szállítójárművek: tehergépkocsi, nyerges tehergépkocsi, autódaru.
- Földmunkák, alapozás-betonmedence építés:

  - A hűtőcellák betonmedecéje a cellaegységek 16,8x16,8 m-es alapterületi méretének megfelelően kb. 1,5 m-es alapozási mélységgel készül (a medencéből való vízkivezetésnél kb. 2,5 m-es mélységgel kell számolni). Az alapgödör kiásását követően a betonmedence megépítésére kerül sor, a szükséges csővezeték kivezetések kialakításával.
  - A betonmedence építés a teljes területen több cellasornál, 3-4 munkaterületen párhuzamosan is folyhat, pl. 1 hónap eltolással.
  - A földmunka időtartama egy-egy munkaterületen kb. 1 hónap, a vasalás-betonozás időtartama kb. 2-3 hét, a betonszilárdulás 1 hónap, a csővezeték szerelések időtartama 2 hónapot igényel, a teljes munkafázis becsült időtartama kb. 4,5 hónap.
  - Az építőanyagok beszállítása és az építési személyzet szállítása közúti járművekkel feltételezett.
    A szükséges munkagépek, szállítójárművek: kanalas markoló, homlokrakodó, autódaru, betonkeverő, betonpumpa, kéziszerszámok, tehergépkocsi, nyerges tehergépkocsi.

- Szerkezetépítés:
  - A hűtőcellák acélszerkezetének megépítése, illetve szerelése a helyszínen történik jellemzően kézi szerszámokkal (hegesztés, csavarozás), egy cellasor esetén kb. 1-1,5 hónap időtartamban. A szerkezetépítés a teljes területen több cellasornál, 3-4 munkaterületen párhuzamosan is folyhat, pl. 1 hónap eltolással.
  - Hűtőcella betétek beszerelése, burkolatok felszerelése az acélszerkezetépítésnél megadottakhoz hasonló jellemzőkkel.
  - A szerkezeti anyagok beszállítása és az építési személyzet szállítása közúti járművekkel feltételezett.
    A szükséges munkagépek, szállítójárművek: autódaruk különböző emelési magasságokkal, teherautóra szerelt kosaras emelőgép, kézi szerszámok (hegesztőgép, fémvágógép, csavarozógép), tehergépkocsi, nyerges tehergépkocsi.
- Gépészeti, villamos szerelés:
  - Ventilátorok, villamos motorok beszerelése, csővezetékek szerelése, kábelezés, villamos szerelvények beszerelése, amely jellemzően kézi szerszámokkal történik, 1-1,5 hónap időtartamban.
  - Az alkatrészek, szerelési anyagok beszállítása és az építési személyzet szállítása közúti járművekkel feltételezett.
    A szükséges munkagépek, szállítójárművek: autódaru, teherautóra szerelt kosaras emelőgép, kéziszerszámok, tehergépkocsi, nyerges tehergépkocsi.

A hűtőcellás hűtőrendszer megépítésének teljes időtartama a hűtőcellák számától és a párhuzamosan kialakított munkahelyek számától függ. 3-4 munkaterületen folyó párhuzamos munkavégzéssel a teljes hűtőrendszer kb. 1,5 év alatt megépíthető. A hűtőcellák megépítéséhez bontási munkákra nincs szükség.

Az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer létesítésének ütemezését a *2.2.2.1-1. táblázat* mutatja be. A táblázatban szereplő munkafázisok elvégzésére vonatkozóan becsült időtartamok alapján látható, hogy az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer megépítése várhatóan közel 3,5 évet vesz igénybe.

A Paks II. Atomerőmű 5-6. blokkok építési munkái jelenleg folyamatban vannak, a résfalazás és az 5. blokki területen a talajszilárdítás elvégzésre került, az alaplemez betonozása folyamatban van. A 6. blokki területen a munkagödör kialakítása (földkiemelés) van folyamatban. Az 5-6. blokk – munkagödör mélyítést és talajszilárdítást követő – építési és szerelési munkáinak (fő építési periódus) várható időtartama közel 6 év. A jelentős környezeti hatásokkal járó, nagy volumenű szerkezetépítési munkák (épületek, építmények, műtárgyak építése) ennek az időszaknak az első felében várhatók. Az épületszerkezetek megépítését követően megkezdődnek az épületen belüli technológiai szerelési munkák (gépészeti, villamos, irányítástechnikai rendszerek szerelése), majd fokozatosan az egyes elkészült rendszerek – egymással párhuzamosan végzett – üzembe helyezése, részben még az építési-szerelési tevékenységekkel átfedésben.

A fő építési periódus befejezését követően kerül sor az új blokkok üzembe helyezésére és az azt követő próbaüzemre. Ez utóbbi hatósági engedélyezését és a próbaüzem idejét is figyelembe véve, valamint azt a körülményt is, hogy az 5. blokk próbaüzemét tervezetten egy éves eltolással követi a 6. blokk próbaüzeme, 3-4 év is lehet az az időszak, amikor az új blokkok építéshez kapcsolódóan jelentős építésből eredő környezeti hatással már nem kell számolni.

Az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer – közel 3,5 éves időtartamú – építése a Paks II. Atomerőmű közel 6 éves fő építési periódusával párhuzamosan tervezett. A csatorna és a hűtőrendszer építési munkáinak várható időtartamára a Paks II. nagy volumenű, jelentős környezeti hatásokkal járó szerkezetépítési munkafázisai (alapozás, épületszerkezetek, műtárgyak, utak építése) már várhatóan befejeződnek. A csatorna és a hűtőrendszer építésével párhuzamosan a Paks II. építési területén jellemzően a már szerkezetkész épületen belüli technológiai szerelési munkák (gépészeti, villamos, irányítástecnikai berendezések beépítése, állványok, csővezetékek szerelése, kábelezés) zajlanak majd, amelyek környezeti hatása már jelentősen mérsékeltebb, ezért a csatornaépítés földmunkáinak hatásaihoz adódva nem jelentenek számottevő többletet. A párhuzamos építési időszakban ezért az csatorna és a hűtőrendszer építéséhez köthető környezeti hatások lesznek a meghatározók. A két építési tevékenység fentiek szerinti összeadódó hatásai is a csatornaépítés legintenzívebb időszakában adódó hatásokkal jellemezhetők, melyekre vonatkozóan a TÜH környezeti hatásvizsgálata az érintett környezeti elemek, rendszerek tekintetében kiterjedt.

2.2.2.1-1. táblázat: Az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer létesítésének tervezett ütemezése

Tevékenység	Időtartam [hónap]
I. Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a hozzá kapcsolódó műtárgyak megépítése	
Munkaterületek lehatárolása, kialakítása, felvonulás, megközelítő utak kialakítása	0,5
A növényzet letermelése és elszállítása az építéssel érintett területeken	1
Földmunkák (építési terület feltöltése, töltésépítés, hullámtéri kotrás	10,5
Csatorna, műtárgyak, üzemi híd építése	12
Teljes építési időtartam (I.):	*24 (2 év)*
II. A hűtőcellás hűtőrendszer építményeinek, illetve a hozzá kapcsolódó gépészeti és villamos berendezések létesítése	
Munkaterületek lehatárolása, kialakítása, felvonulás	0,5
Földmunkák, alapozás-betonmedence építés	4,5
Szerkezetépítés (hűtőcellák acélszerkezetének megépítése, szerelése)	10
Gépészeti, villamos szerelés	7 (a szerkezetépítéssel párhuzamosan) 3 (a szerkezetépítést követően)
Teljes építési időtartam (II.):	*18 (1,5 év)*
Alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer építésének teljes időtartama (I.+II.):	*42 (3,5 év)*

A fentiekben bemutatott ütemtervek alapján az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer kivitelezési munkái elvégezhetők a Paks II. Atomerőmű fő építési periódusával párhuzamosan, az új erőműblokkok üzembe helyezésre kész állapotának eléréséig.

A Paksi Atomerőmű új, alternatív melegvíz-csatorna és a csúcshűtő rendszer üzembevételi határidejének összekötése az új blokkok üzembevételének határidejével egyrészt relatív ütemezési lehetőséget biztosít az alternatív melegvíz-csatorna és a csúcshűtő rendszer létesítésére, másrészt elegendő tartalékidőt is biztosít, ha az elképzelt ütemterv előre nem várt ok miatt esetlegesen elhúzódna.

A hűtőcellák üzemeltetése szakaszos, arra csak indokolt esetben kerül sor az év meghatározott időszakaiban. A hűtőcellás rendszer üzemeltetése során a hűtőrendszerbe vezetett víz vegyszeres (korrózió-, vízkőképződés-gátló, biocid) kezelése nem szükséges, ezáltal a Dunába visszavezetett vízbe a hűtőrendszer üzemeltetéséből eredően vegyi anyagok nem kerülhetnek. Az üzemelési időszak befejezése után nagynyomású mosással tisztítják a felületeket

A hűtőcellás hűtőrendszer üzemeltetése az építmények, a gépészeti és villamos berendezések állapotának ellenőrzését, a szükséges javításokat, karbantartásokat is magában foglalja. Tekintettel arra, hogy a berendezések nem folyamatos üzeműek, a javításokat, karbantartásokat célszerűen a nyári időszakon kívüli időszakokban el lehet végezni, amikor a hűtőrendszer üzemeltetésére nincs szükség. A berendezések ellenőrzését becsülhetően 2-3 fő végzi, egy-egy személygépkocsi vagy kisteherautó segítségével. A javítások, karbantartások alkatrészcseréket, állagmegőrzési, illetve korrózióvédelmi munkákat (pl. festés) jelentenek, melyek szükség szerint 5-10 fős személyzettel és egy-egy kisteherautó, kosaras emelőgép, autódaru segítségével időszakosan elvégezhetők.

Az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer megépítéséhez szükséges, a fentiekben bemutatott építési tevékenységből eredő – az építési munkák volumene, időtartama, gépigénye alapján adódó – környezeti hatások értékelését a környezeti hatásvizsgálat tartalmazza.

2.2.2.2. Biztonsági dízelgenerátorok cseréje, kihelyettesítő dízelgenerátor létesítése

A TÜH-től függetlenül is, az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. valamennyi, a biztonság szempontjából fontos berendezésének – így az üzemzavari dízelgenerátorok és a hozzájuk tartozó segédrendszerek – állapotát, megbízhatóságát folyamatosan ellenőrzi, beleértve ebbe a berendezések alkatrészellátásának, karbantartási hátterének jövőbeli rendelkezésre állását is. A kritikus berendezések esetében az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. tervekkel rendelkezik az esetleg szükségessé váló cserék elvégzésére.

A környezetvédelmi hatóság az előzetes konzultációt lezáró véleményének 2.1. pontja a biztonsági dízelgenerátorok élettartamával és megbízhatóságával kapcsolatos következő feladatot tartalmazta: *„A nem radioaktív légszennyezés tekintetében vizsgálni szükséges a P3, P4, P5, P6, P7, P8 azonosítószámú légszennyező pontforrásokhoz kapcsolódó, biztonsági dízelgenerátorokhoz pontforrásonként 1-1 db 15 D100 típusú (kétütemű) 4502 kW/db névleges bemenő hőteljesítményű dízelmotorok, valamint a P9, P10, P11, P12, P13, P14 azonosítószámú légszennyező pontforrásokhoz kapcsolódó, biztonsági dízelgenerátorokhoz pontforrásonként 1-1 db PILSTICK típusú (négyütemű) 6285 kW/db névleges bemenő hőteljesítményű dízelmotorok élettartamát megbízhatóságát, légszennyezőanyagok kibocsátásait az üzemidő hosszabbítás szempontjából figyelembe véve a 140 kW_{th} és annál nagyobb, de 50 MW_{th}-nál kisebb teljes névleges bemenő hőteljesítményű tüzelőberendezések működési feltételeiről és légszennyező anyagainak kibocsátási határértékeiről szóló 53/2017. (X. 18.) FM rendeletben foglaltakat, valamint a 2030. január 1. napjától érvényes előírásait is.”*

A TÜH előkészítése keretében külön Korlátozott Időtartamú Biztonsági Elemzés (KIBE) értékeli az üzemzavari dízelgenerátorok élettartamának meghosszabbíthatóságát a kiterjesztett üzemidőre vonatkozóan. A vizsgálat keretében igazolni kell, hogy a dízelgenerátorok fáradásnak kitett alkatrészei szilárdságilag megfelelnek és üzemi terhelések okozta fáradásos repedések nem alakulhatnak ki ezeknél. A KIBE feladatai közé tartozik továbbá a biztonságos üzemeltethetőséghez esetlegesen szükséges kiegészítő műszaki, adminisztratív intézkedések meghatározása. Ezek a vizsgálatok még folyamatban vannak, de a korábbi hasonló elemzések eredményei alapján várhatóan igazolni fogják, hogy az üzemzavari dízelgenerátorok élettartama kiterjeszthető a TÜH időszakának végéig.

Az 1-2. blokkhoz tartozó, a P3, P4, P5, P6, P7, P8 számú pontforrásokhoz kapcsolódó, orosz gyártmányú, 15D100 típusú dízelgenerátorok jelenleg megfelelő állapotban vannak, segédrendszereik működőképesek és a szükséges karbantartási munkák biztosítottak. A prioritás jelenleg a meglévő géppark karbantartási és gyártóművi hátterének biztosítása. Amennyiben a jövőben az alkatrészellátás és a karbantartás bizonytalanná válik, az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a korábban már előkészített tervek alapján elvégzi a berendezések cseréjét.

A 3-4. blokkhoz tartozó, a P9, P10, P11, P12, P13, P14 számú pontforrásokhoz kapcsolódó, magyar gyártású, 18PA4-V 185 VG GANZ-SEMT-PIESTICK típusú dízelgenerátorok és segédberendezéseik ugyancsak megfelelő állapotban vannak, a szükséges karbantartások elvégzése, az alkatrészellátás biztosított, illetve az atomerőmű két teljes értékű tartalék-berendezéssel rendelkezik. Így ezen berendezések esetleges kiváltása nem tervezett.

A dízelgenerátorok légszennyezőanyag-kibocsátásának vizsgálatát az *1. mellékletben* található levegőtisztaság-védelmi munkarész tartalmazza, a vizsgálat eredményeit a *4.1. fejezet* foglalja össze.

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. döntést hozott egy új dízelgenerátor, az ún. 1-2. blokki üzemzavari kihelyettesítő dízelgenerátor létesítéséről. Az üzemzavari kihelyettesítő dízelgenerátor egy olyan tartalékberendezés, amely az 1-2. blokk bármelyik biztonsági rendszerében lévő üzemzavari dízelgenerátor üzemképtelensége esetén (meghibásodás, vagy tervezett módú üzemképtelenség esetén (pl.: dízel rekonstrukció, vagy dízel csere), alkalmas az üzemképtelen berendezés teljes értékű kiváltására. Az új dízelgenerátor típusa még nem került meghatározásra, az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. azt pályáztatás keretében fogja kiválasztani.

A tervezett üzemzavari kihelyettesítő dízelgenerátor effektív villamos teljesítménye 2,3-2,5 MW, névleges bemenő hőteljesítménye 7020-8800 kW. Az új dízelgenerátor és a segédberendezései egy külön, mintegy 250 m^2 alapterületű épületben kerülnek elhelyezésre. Az új dízelépület az 1-2. blokki dízelgépházzal szemben, az I. segédépület mellett épül meg.

A dízelmotor 120 órás automatikus üzemének fenntartásához szükséges 2 darab 50 m^3-es, vagy 1 darab 100 m^3-es földalatti üzemanyagtartály telepítése, az új dízelépület mellett.

Az üzemzavari kihelyettesítő dízelgenerátor alapvetően hidegtartalék üzemben lesz, amennyiben valamelyik üzemzavari dízelgenerátor üzemen kívül kerül, annak helyére lép be és készenléti állapotba kerül. A többi üzemzavari dízelgenerátorhoz hasonlóan rendszeres járatási próbákat kell vele végezni. Ennek gyakoriságát a gyártói előírások határozzák majd meg.

2.2.2.3. Az atomerőművi üzemanyag beszerzésének diverzifikációja

A Paksi Atomerőmű üzemeltetéséhez szükséges friss üzemanyag, az úgynevezett fűtőelemkazetták beszállítását és készletezését a négy blokk üzembe helyezése óta – az orosz tervek szerint létesített atomerőműhöz tartozó – orosz beszállító, a TVEL biztosította és biztosítja jelenleg is.

Az atomerőmű közel 45 éves üzemeltetése során véghajtott biztonságnövelő intézkedések és fejlesztések meghatározó eleme volt az erőműben alkalmazott fűtőelemkazetták fejlesztése, korszerűsítése. Ezek elsődleges célja, hogy a biztonsági követelmények maradéktalan betartása mellett minél gazdaságosabban lehessen az üzemanyagot felhasználni, olyan módon, hogy az üzemeltetés során keletkező kiégett fűtőelemkazetták száma is csökkenthető legyen. Az üzemanyag orosz tervezőjével és gyártójával együttműködve a Paksi Atomerőmű szakemberei több fejlesztést is végrehajtottak. Ezek egyik eredményeként 2015-ben áttértek a korábbi 12 hónapos ciklusról a 15 hónapos ciklusra, azaz a reaktorban a karbantartásra és fűtőelemcserére a korábbi 12 hónap helyett csak 15 havonta van szükség. A sorozatos fejlesztések eredményeként ma az eredeti, évi, blokkoként 114-120 kazetta cseréje helyett 15 havonta 96 üzemanyag kazetta cseréje szükséges. A villamosenergia-termelés a blokkok 8%-os teljesítménynövelését követően további 2-3%-kal nőtt.

A blokkok üzembe helyezését követő időszakban csak az urándúsítás mértékében eltérő kazettákat (1,6%, 2,4% és 3,6%) alkalmaztak, amelyeknél a különböző dúsítások a reaktortöltet reaktorfizikai szempontú elrendezése miatt szükségesek.

Az erőmű szakemberei által kezdeményezett üzemanyag-fejlesztéseknek köszönhetően a későbbiekben további kazetta típusok alkalmazására is engedélyt kapott a Paksi Atomerőmű. Ezek gazdaságosabb és – a kevesebb keletkező kiégett üzemanyag miatt – még környezetkímélőbb üzemeltetést tettek lehetővé a magasabb dúsítás (4,2% és 4,7%,) a gadolínium, mint kiégő méreg alkalmazása, és kisebb mértékben a módosított urántömeg, valamint kisebb pálcaméret-módosítás, mint meghatározó módosításoknak köszönhetően.

A több lépcsőben végrehajtott fejlesztések minden esetben a vonatkozó nukleáris biztonsági és környezetvédelmi követelmények betartása, illetve a szükséges engedélyek beszerzése mellett történtek. Valamennyi módosított kazettatípus esetében igazolható volt, hogy azok nem eredményeznek jelentős változást az atomerőmű kibocsátásaiban és környezeti hatásaiban. Ezek alapján a Paksi Atomerőmű környezetvédelmi engedélyének üzemanyagfejlesztés miatt történő legutóbbi módosítására 2021-ben került sor, a Baranya Megyei Kormányhivatal 121-14/2021. ügyiratszámú határozatának kiadásával. A hivatkozott határozat melléklete tartalmazza az atomerőműben alkalmazható és tárolható kazetta típusok jellemző paramétereit. A Paksi Atomerőmű TÜH KHT megalapozásához készíttet sugárvédelmi elemzésekben ezek a kazetta típusok és paraméterek kerültek figyelembevételre.

A Paksi Atomerőmű – a nukleáris üzemanyag felhasználás fejlesztési stratégiájának megfelelően – még a TÜH időszak megkezdése előtt egyrészt növeli az erőműben tárolható friss fűtőelem készlet mennyiségét, hogy az eddigi 2 éves mennyiség közel 3 évre növekedjen, másrészt megkezdik az üzemanyag beszerzés diverzifikálását is. Ez utóbbi teljesítésére az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. szerződést kötött a francia-orosz Framatome-TVEL közös vállalattal, valamint az amerikai Westinghouse céggel.

A friss fűtőelemkazetta készlet növelése érdekében 2027-ben növelik az erőmű frissfűtőelem tároló helyiségének tároló kapacitását a tárolórácsok bővítésével. Ennek nincs környezetvédelmi szempontból figyelembe veendő hatása, mivel nincs befolyással az erőmű kibocsátásaira, a műszaki módosítás végrehajtása pedig összhangban van a hatályos környezetvédelmi engedély alapján végezhető tevékenységekkel, karbantartásokkal.

Az üzemanyagbeszerzés diverzifikáció megvalósításaként a TVEL, mint jelenlegi beszállító mellett megjelenő további két beszállító esetében a Framatome-TVEL közös vállalat nem módosítja a beszállított kazetták paramétereit. Ezeknél a fűtőelemkazettáknál részben más beszállítótól (közös vállalattól) származó, de a jelenleg engedélyezett kazettatípusokkal teljes mértékben azonos paraméterű friss fűtőelemkazetta beszerzéséről van szó, amely a környezetvédelmi engedélyezés szempontjából csak a beszállító cég megnevezését érinti.

A Westinghouse által gyártott fűtőelemkazetták esetében kisebb mértékben változnak a műszaki paraméterek, amelyeket a gyártó és a Paksi Atomerőmű szakemberei közösen határoztak meg.

A Westinghouse kazetták alkalmazásának bevezetése két lépésben tervezett, elsőként a 3. blokkon. Előbb 2028-ban úgynevezett tesztkazetták használatával, majd 2029-től átrakásnyi betöltéssel (96 kazetta) a zóna teljes cseréjét a 15-havi átrakások során fokozatosan érik el. A tesztelési és üzemeltetési tapasztalatok, illetve a diverzifikálási lehetőségek alapján 2033-tól – a feltételezett 1. blokki TÜH üzemeltetési engedéllyel összhangban – más blokkokon is tervezett a felhasználás.

Hosszútávon az üzemanyag felhasználást a Framatome-TVEL és Westinghouse üzemanyagok párhuzamos használatával tervezik, egy-egy blokkon azonos gyártó üzemanyagát használva. A TVEL kazetták készletének felhasználást követően azokat a Framatome-TVEL kazetták váltják fel.

A Westinghouse kazetták paramétereiket tekintve – nem függetlenül a VVER-440 reaktor reaktorfizikai jellemzőitől – nagyon hasonlítanak majd a jelenleg is engedélyezett kazettákhoz. Az UO_2 sűrűség és a szemcseméret kis mértékben eltér, a kiégő mérget tartalmazó üzemanyag pasztillák központi furat nélküliek, illetve a szerkezeti anyagok is különböznek a jelenleg alkalmazott üzemanyagéhoz képest. A kazetták kiégése a kissé nagyobb urántömeg miatt valamivel kisebb lesz. A kampányok azonban továbbra is 15 hónaposok maradnak.

A jelenleg alkalmazott TVEL fűtőelemkazettákhoz viszonyítva – a kisebb mértékben eltérő paraméterek ellenére – a Westinghouse üzemanyag sem eredményez érdemi változást az

atomerőmű üzemeltetése és az RHK Kft. által biztosított átmeneti tárolás környezeti hatásaiban. Ezt a kijelentést megerősítik a Paksi Atomerőmű szakemberei által eddig elvégzett elemzések is. A forráserősség elemzések, izotóp összetétel, illékony hasadási termék, gamma és neutron spektrum elemzések azt mutatják, hogy

- a fűtőelemkazetták remanenshőteljesítménye a meghatározó kezdeti pihentetési időszakban szinte teljesen azonos,
- az illékony hasadási termékek a reaktorban való felhasználást követően jó egyezést mutatnak a jelenleg alkalmazott fűtőelemkazetták hasonló eredményeivel, a kisebb különbségek az uránsűrűség és a modellezési feltételezések különbségeiből erednek, amelyek többségében csak néhány százalék, vagy nem meghatározó különbséget jelentenek,
- összhangban a remanenshőteljesítmény azonosságával, a neutron és gamma spektrum is nagyon hasonló.

Mindezekből azt az előzetes következtetést lehet levonni, hogy a környezeti kibocsátások és hatások szempontjából nem várható érdemi változás ahhoz képest, amely a jelenleg engedélyezett és alkalmazott kazetták alapján került meghatározásra és engedélyezésre.

A fűtőelemkazetták tervezése és engedélyeztetése részeként természetesen minden olyan elemzés elvégzésre, megismétlésre kerül, amely a Westinghouse fűtőelemkazetták alkalmazásának bevezetéséhez szükséges. Ezek végrehajtásának ütemezését alapvetően a jelenleg is hatályos, az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény és annak vonatkozó rendeletei, kiemelten is az 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet szerint a nukleáris biztonsági engedélyezésre való előkésztés határozza meg. A nukleáris biztonsági elemzésekkel párhuzamosan a környezetvédelmi engedélyezéshez szükséges elemzések is elkészülnek, hiszen a környezetvédelmi engedélyezés – az alkalmazás tervezett ütemezése szerint – nem csak a TÜH időszakra vonatkozik, hanem a jelenleg hatályos környezetvédelmi engedélyt is érinti.

Ezek alapján igazolásra kerül a jelen fázisban még előzetes értékelési eredményeken alapuló megállapítás, miszerint az üzemanyagdiverzifikáció részeként bevezetésre kerülő, a jelenleg engedélyezett fűtőelemkazetták műszaki paramétereiben azonos Framatome-TVEL fűtőelemkazetták mellett a Westinghouse fűtőelemkazetták sem eredményezik a környezeti hatások érdemi változását. A fűtőelemkazetták bevezetésének előkészítéséhez a környezeti hatásvizsgálat szempontjából nem tartozik előkészítő tevékenység, mert az új fűtőelemkazetták késztermékként érkeznek majd az erőműbe.

A Paksi Atomerőműben tervezett TÜH-től engedélyeztetés szempontjából független feladat, hogy szinkronban az új fűtőelemkazetták atomerőműben történő alkalmazásával, a kiégett fűtőelemek paksi telephelyen történő átmeneti tárolását is engedélyeztetni kell, amely a KKÁT engedélyesének, az RHK Kft.-nek a feladata, mind a nukleáris biztonsági, mind a környezetvédelmi engedélyeztetés terjedelmében. A 1996. évi CXVI. törvény 38. §-a szerint *„Az atomenergia alkalmazására engedély csak akkor adható, ha biztosított a keletkező radioaktív hulladék és a kiégett üzemanyag biztonságos elhelyezése, összhangban a tudomány legújabb igazolt eredményeivel, a nemzetközi elvárásokkal, valamint tapasztalatokkal”*.

Az erőművi engedélyeztetéssel kapcsolatban a fentiekben megfogalmazottakhoz hasonlóan az RHK Kft. terjedelmébe tartozó nukleáris biztonsági és környezetvédelmi megalapozások, elemzések esetében sem várhatóak érdemi változások az új fűtőelemkazetták jelenlegi engedély alapjául figyelembe vett eredmények és környezeti hatások terjedelmében, egy kivétellel. Az említett egy kivétel azonban nem a kiégett fűtőelemkazetták paramétereit, hanem új, a jelenleginél még korszerűbb átmeneti tárolási technológia alkalmazását jelenti majd. Az új konténeres átmeneti tárolási technológia alkalmazásának előkészítése 2026-ban megkezdődött egyrészt az új technológia alkalmazására vonatkozó döntés nemzetgazdasági szintű meghozatalával, másrészt a szükséges kereskedelmi feltételek megteremtésével. A következő fejezetben ismertetett technológia átmeneti tárolásra vonatkozó környezetvédelmi engedélyeztetésének előkészítését és magát az engedélyeztetését az RHK Kft. végzi, ütemezés szempontjából szinkronban a Paksi Atomerőmű TÜH környezetvédelmi engedélyeztetésével.

2.2.2.4. A kiégett üzemanyag-kezelés átalakítása

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának elkészítésére vonatkozó döntést követően az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a kiégett fűtőelemek átmeneti tárolásáért felelős szervezettel, az RHK Kft.-vel egyeztetést kezdeményezett a TÜH időszakban keletkező kiégett fűtőelem kazetták átmeneti tárolását biztosító technológia meghatározása céljából. Ez azért volt indokolt, mert a 30 éves üzemidő és a jelenlegi üzemidő-hosszabbítás során keletkező kiégett fűtőelemkazetta mennyiség átmeneti tárolását biztosító Kiégett Kazetta Átmeneti Tároló (KKÁT) szabad tárolókapacitása felhasználásra kerül a jelenlegi 20 éves üzemidő-hosszabbítás befejeztével.

Az 1997-ben üzembehelyezett és azóta a kiégett fűtőelemek keletkezési üteme szerint bővített moduláris kamrás száraz tároló létesítménynek (angol megnevezése szerint Modular Vault Dry Store /MVDS/) eddig összesen 28 tárolókamráját vették üzembe. Az utolsó 5 kamrás modul létesítésének előkészítését az RHK Kft. megkezdte.

A KKÁT összesen 33 kamrás kiépítését eredetileg az erőmű 30 éves üzemidejét figyelembevéve határozták meg. Az első 20 éves üzemidő-hosszabbítás üzemideje alatt keletkező kiégett fűtőelem kazetták KKÁT-ban való elhelyezését a tároló létesítmény kapacitás-bővítésével, az egy kamrában elhelyezhető kazetták számának két lépcsőben történő növelésével biztosították. Az egy kamrában elhelyezhető, a kiégett fűtőelem-kazetták tárolására szolgáló tárolócsövek számát 450-ről előbb 527-re, majd a második fázisban 703-ra növelték. Mindezek kiemelése azért lényeges, mert ilyen módon a létesítményre vonatkozó – környezetvédelmi, telephely és nukleáris biztonsági – engedélyek jelentette keretrendszeren belül, további területek foglalása nélkül lehetett biztosítani az átmeneti tárolást az üzemidő-hosszabbítás alatt keletkező kazetta mennyiséget is beleértve. Ez egyben azt is jelenti, hogy a jelenlegi MVDS technológia további üzemidő-hosszabbításhoz kapcsolódó alkalmazásához az új engedélyezési eljárások mellett további területek igénybevétele is szükséges lenne.

A KKÁT kapacitás-bővítésre figyelembe vehető szabad tartalékai így lényegében felhasználásra kerültek. Az alkalmazandó tárolási technológia felülvizsgálatát emellett az is indokolta, hogy az 1990-es évek elején az – akkor korszerűnek számító – MVDS technológia mellett újabb, még korszerűbb, jellemzően konténeres technológiák is rendelkezésre állnak megfelelő referenciákkal. Ennek részeként első lépésben az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. és az RHK Kft. koncepcióterv szinten az MVDS technológia további bővítése vagy konténeres technológiára való átállás lehetőségét értékelte. Ezen vizsgálatok eredményeként 2025 novemberében döntés született arra vonatkozóan, hogy a TÜH időszakában keletkező többlett kiégett fűtőelemkazetta mennyiség átmeneti tárolását nem az MVDS technológia folytatásával, hanem a konténeres technológiára való átállással kívánják biztosítani a KKÁT jelenlegi telephelyén belül. Ebben az időszakban alapvetően felszíni, tárolócsarnokban történő konténeres tárolási technológiák megvalósítását vizsgálták, értékelték a technológiaváltás hatásait, ideértve annak környezeti hatásait.

A konténeres technológiára való – a TÜH időszakára tervezett – átállás a technológia környezeti hatásait illetően nem eredményez jelentős változást, illetve a változások ebből a szempontból is kedvezőnek tekinthetők. A jelenleg alkalmazott MVDS technológia esetében is konténert alkalmaznak az atomerőmű pihentető medencéiből a KKÁT-ba való átszállításhoz. Az atomerőműblokkok ún. 1. számú aknájában elhelyezett C30 szállító konténer pihentető medencéből való feltöltését, majd a reaktorcsarnokban az erre a célra kialakított területen a szállításra való előkészítését követően a kiégett fűtőelem kazettákat a konténerben víz alatt szállítják át a tároló létesítménybe. A C30 konténer szállítási kapacitásának megfelelően 30 darab kazetta fér el a konténerben, amelyek a tárolócsövekben való elhelyezés előtt a KKÁT-ban kerülnek megszárításra egyesével a szárítócsőben.

A száraz konténeres technológiára való átállás azt eredményezi, hogy az erőművi reaktorcsarnokban történő szállításra való előkészítés, majd a KKÁT-ban a száraz tárolásra való előkészítés egy fázisban összevonásra kerül. Azaz az atomerőműben a szállításra való előkészítés egyben a tárolásra való előkészítést is jelenti, amely valamelyest csökkenti a két művelethez tartozó kibocsátásokat és azok hatásait is. Ez a csökkenés akkor is kedvezőnek

tekinthető, ha a hivatkozott kibocsátások környezetvédelmi szempontból nem meghatározóak, a rendkívül alacsony dózisjárulékok miatt. Így valójában az sem jelent gondot, hogy az eddig a KKÁT-ra vonatkozó 10 µSv/év dózismegszorításhoz tartozó kibocsátás az új technológia esetében átkerül az atomerőműre vonatkozó 90 µSv/év dózismegszorítás keretébe.

A C30 konténerhez képest eltérő technológiai lépések, a vizsgált technológiához tartozó szárítás és pl. hegesztéssel történő lezárás dózisjáruléka nem eredményez érdemi változást az atomerőmű szűrt és ellenőrzött kibocsátásaiban az eddig elvégzett elemzések alapján.

A konténeres technológiára való átállás lehetőségeinek vizsgálata során merült fel az egyik lehetséges szállító új, a paksi telephely adottságai szempontjából az eddig vizsgált konténeres technológiáknál is kedvezőbb átmeneti tárolási technológia alkalmazásának lehetősége. A technológia alapja – a kiégett fűtőelemkazetták tárolásra történő előkészítését tekintve – azonos a vizsgált konténeres technológiákkal, azzal a különbséggel, hogy az átmeneti tárolás nem a földfelszínen, egy csarnokban, hanem a földfelszín alatt megépített, szellőztetett beton szerkezetben történik. A több mint 10 évvel ezelőtt kifejlesztett, megfelelő referencia létesítményekkel is rendelkező technológia a Holtec International cég HI-STORM UMAX nevű rendszere.

A kiégett fűtőelemkazetták elhelyezése – mint azokat a környezettől elválasztó, úgynevezett Multi-Purpose Canister (MPC) azaz – többcélú tartályban történik. Ez egy vastag falú, hegesztéssel lezárt rozsdamentes acél tartály, amely a fűtőelemeket üzemanyag-kosárban tartalmazza. A több célra való utalás alatt azt kell érteni, hogy adott esetben ez a csomagolási egység a kiégett fűtőelemek végső elhelyezése szempontjából is alkalmazható lehet. Ez azért lehet igen kedvező, mert ebben az esetben a végleges elhelyezéshez nem lesz szükség átcsomagolásra, a kazetták egyenkénti kezelésére. A paksi VVER-440 üzemanyag esetén egy MPC-ben összesen 85 db kazetta helyezhető el figyelembe véve a szubkritikusságra és a hőmérsékletekre vonatkozó korlátokat. Ez a kazettamennyiség azonos az eddig vizsgált konténeres technológiák egy konténerre vonatkozó kapacitásával.

Az UMAX[6] rendszert hosszú távú átmeneti tárolásra tervezték (az Egyesült Államokban jellemzően 100+ évre engedélyezve az Egyesült Államok nukleáris biztonsági hatósága, az NRC által). A szabványos MPC alkalmazásával különböző kiégett üzemanyagtípusokat lehet elhelyezni. A felszín alatti elhelyezés csökkenti a létesítmény vizuális hatását, növeli a biztonságot, mérsékli a külső veszélyekkel szembeni kitettséget, illetve még alacsonyabb dózisjárulékokat eredményez a felszíni tároló megoldásokhoz képest.

A TÜH időszakban keletkező többlet kiégett fűtőelemkazetta mennyiség átmeneti tárolásának a KKÁT jelenlegi területén belül történő elhelyezése mellett további kedvező adottság, hogy ennek a technológiának az alkalmazásával a területen a Paks II. Atomerőmű kiégett fűtőelemeinek átmeneti tárolását is biztosítani lehet. A VVER-440 és a VVER-1200 kazetták közötti méretkülönbségből adódóan a hosszabb VVER-1200 kazetták jelenlegi KKÁT-ban való elhelyezése nem oldható meg. Viszont a VVER-1200 kazettákhoz méretezett MPC-k alkalmazásával, illetve az ezeknek megfelelően létesített, földfelszín alatti tárolószerkezetben a Paks II. Atomerőmű üzemanyaga is elhelyezhető. Azaz ez a technológia akár alternatívája is lehet a Paks II. Atomerőmű esetében jelenleg figyelembe vett konténeres tárolási technológiának.

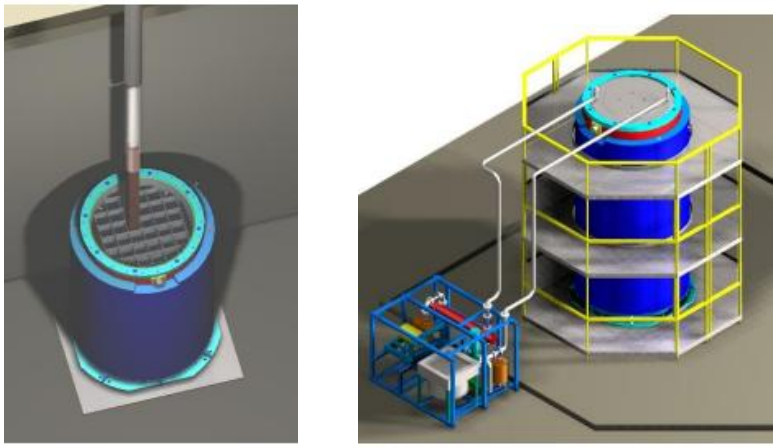
Az UMAX földfelszín alatt kialakított beton rendszerében az MPC-k passzív hűtését a természetes levegőáramlás biztosítja, lényegében az MVDS technológiánál alkalmazott elvvel azonosan. A rendszer függőleges szellőztetett modul, Vertical Ventilated Module (VVM), amelyek mindegyike egy üreges zárt térfogatból, Cavity Enclosure Container (CEC) és az ahhoz tartozó zárófedélből áll. Ezek biztosítják a lezárt üzemanyag-tartály fizikai védelmét, passzív hűtését és sugárvédelmi árnyékolását.

A pihentető medencékben tárolt kiégett fűtőelemkazetták MPC-ben való elhelyezésére, majd tárolásra való előkészítésére egy úgynevezett HI-TRAC előkészítő/átrakó szállítókonténer szolgál. A HI-TRAC konténer egy, a kiszolgálhatósághoz szükséges sugár- és szerkezeti

[6] https://holtecinternational.com/products-and-services/nuclear-fuel-and-waste-management/dry-cask-and-storage-transport/hi-storm/hi-storm-umax/

védelmet, így szállíthatóságot biztosító szerkezet, amelyet az atomerőmű és a KKÁT területén az MPC átszállítására használnak a pihentető medence reaktorcsarnoki előkészítése és az átmeneti száraz tároló létesítmény között.

A HI-TRAC-ben elhelyezett MPC feltöltése és kiszolgálása lényegében a C30 konténernél alkalmazott technológiával azonos módon történik majd a konténernek az atomerőművi blokk 1. számú aknájában történő feltöltését illetően. Ezt követően a C30 konténernek a reaktorcsarnokban történő kiszolgálási területén megtörténik a HI-TRAC-ben elhelyezett MPC hegesztéssel történő lezárása, az MPC-ben lévő víz leürítése, majd a kazetták szárítása és inert gázzal való feltöltése, végül ez utóbbi műveletekhez szükséges nyílások hegesztéssel történő lezárása, majd a tömörség ellenőrzése (*2.2.2.4-1. ábra*).



Az MPC kiégett fűtőelem kazettákkal való felöltése

Az MPC lezárása hegesztéssel, a víz leürítése, a fűtőelem kazetták szárítása és inert gázzal feltöltése

Forrás: A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség honlapja
(www-pub.iaea.org/iaeameetings/cn226p/Session5/ID147Springman.pdf)

2.2.2.4-1. ábra: Az MPC kiégett fűtőelem kazettákkal való feltöltése és kiszolgálása az atomerőművi blokkok reaktorcsarnokában

A tárolásra előkészített MPC KKÁT területére történő átszállítása és a tárolószerkezetben való elhelyezése, lesüllyesztése a HI-TRAC konténerben egy, erre a célra szolgáló függőleges konténerszállító jármű (Vertical Cask Transporter /VCT/) segítségével történik.

Az átmeneti tároló területén a HI-TRAC-et a kijelölt tároló akna fölé helyezik és megfelelő sugárvédelem biztosítása mellett az MPC-t a HI-TRAC-ből a tároló aknába engedik le. Ezt követően ráhelyezik a tároló rendszer zárófedelét és a szellőztetéshez tartozó szerkezeti elemeket.

A tárolási rendszer fontos része, hogy szükség esetén biztosítható a visszanyerhetőség is, azaz az MPC-ben lévő kiégett fűtőelemkazetták egy teoretikus esetben a pihentető medencébe is visszaszállíthatók az MPC-ben lévő kazetták visszanedvesítésével, az MPC vízzel való feltöltésével. Ilyen művelet végrehajtására azonban normál üzemi körülmények között nincs szükség.

Az UMAX technológiára való átállás környezeti hatásainak értékeléseként megtörtént a konténer erőművi rendszerekben való kiszolgálásához kapcsolódó műveletek és az azokhoz tartozó kibocsátások felülvizsgálata. Az átmeneti tárolás és a KKÁT területén való kiszolgálás környezeti hatásainak értékelését az RHK Kft. KKÁT kapacitásbővítésére vonatkozó környezeti hatástanulmánya mutatja be. A technológia és az ismertetett műveletek alapján azonban kijelenthető, hogy a KKÁT környezeti hatásait az új technológia alkalmazása mellett is az MVDS létesítmény fogja meghatározni. Az új technológia járuléka részben a zárt rendszer és a földfelszín alatti elhelyezésből eredően nem lesz meghatározó.Lényegében ezzel azonos következtetés adódik a Paksi Atomerőműben az átmeneti tárolásra való előkészítés környezeti hatásait illetően is. Az egy évben kiszállítandó kazetták száma nem változik. A kibocsátások

szempontjából azonban némileg kedvezőbb, hogy az éves mennyiség harmincasával való szállítása helyett, ami évente 3-4 db konténert jelent, az új technológia bevezetését követően erőműblokkonként évente 1 db, azaz a négy blokkot figyelembe véve összesen 4 db konténert, kell kiszolgálni.

A kezelési műveletekre vonatkozóan elvégzett elemzések alapján megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű TÜH környezeti hatásvizsgálata keretében elvégzett – a lakosság sugárterhelésére vonatkozó elemzések és azok megállapításai – az UMAX technológia alkalmazása esetére is érvényesek. Mindezek tételes igazolását, hasonlóan az üzemanyag diverzifikációval kapcsolatban tett megfontolásokhoz, a nukleáris biztonsági engedélyezés megalapozásához szükséges elemzések elkészítése biztosítja majd.

2.2.2.5. Egyéb tervezett intézkedések, beavatkozások

A TÜH műszaki feltételeit az atomerőműben folyamatosan végzett műszaki felülvizsgálatok, tervszerű öregedéskezelési tevékenységek, felújítások, berendezés- és eszközcserék, karbantartások alapozzák meg. A folyamatosan végzett karbantartási, illetve állapotfenntartási munkák tervezése az alábbi tervek, programok, egyéb nyilvántartások alapján történik:

- A középtávú főjavítási terv, amely keretében azonosításra kerül minden olyan feladat, ami átfutási időben, erőforrás ráfordításban, vagy speciális organizációban befolyásolhatja a kialakítandó főjavítási terveket.
- Az egyes berendezés csoportokra, egyedi berendezésekre kialakított karbantartási programok, amelyek meghatározzák az adott időszakban elvégzendő karbantartási feladatokat és azok ütemezését.
- Az egyes rendszerekre, berendezés csoportokra, egyedi berendezésekre kialakított felügyeleti programok, amelyek sikeres végrehajtásához hozzátartozik az atomerőmű rendszereinek, rendszerelemeinek műszaki, szerkezeti felkészítése.
- Üzem közben előforduló meghibásodások, illetve azokkal kapcsolatosan született műszaki döntések nyilvántartása, ahol meghatározásra kerülnek a szükséges beavatkozások és végrehajtási feltételek.

A karbantartási, próba- és felügyeleti programok megvalósításához kialakított többszintű (hosszú-, közép-, kampánytervek) tervezési gyakorlat azt a cél szolgálja, hogy a végrehajtás szervezéséhez a rendszer megfelelő rugalmassággal rendelkezzen. További fontos szempont, hogy a kampánytervek összeállításához beépített ellenőrzési pontok biztosítják az erőforrás igények fokozatos pontosítását, illetve azok rendelkezésre állásának ellenőrzését.

Az élettartam gazdálkodási programok alapján – figyelembe véve tervezői és gyártóművi előírásokat, az üzemeltetési, vizsgálati és karbantartási tapasztalatokat – zajlik a hosszú távú és kampányidőszak karbantartási tervek összeállítása, aktualizálása, a karbantartási feltételek meghatározásához a kampányidőszak volumen összeállítása.

A következőkben összefoglalóan felsorolásra kerülő tevékenységek elvégzése a további üzemidő-hosszabbításra vonatkozó tervektől függetlenül is szükséges, egyúttal viszont alapul szolgálnak annak megvalósításához is. Az elkövetkező években több berendezés esetében is elkerülhetetlenné válik azok cseréje, tekintettel az alkatrész utánpótlás hiányára vagy a berendezés elhasználódására, elavulására. Az atomerőmű felelős osztályai a következő évekre vonatkozóan az alábbi berendezés- és eszközcseréket, felújításokat, rekonstrukciókat irányozták elő:

- Az üzemi főépületek, segédépületek, dízel gépházak, egészségügyi és laborépület, melegvíz-csatorna és egyéb építmények rekonstrukciója, megerősítése. A munka szükségessége általában az állapotvizsgálati jelentés alapján becsült.
- Reaktoron belüli berendezések, szivattyúk, hőcserélők, szerelvények, kompresszorok, szűrők cseréje, pihentető és átrakó medencével kapcsolatos rekonstrukciók.
- Híradástechnikai rendszerek elemeinek cseréje, amely a hírközlő rendszerek hardver eszközeinek és szoftvereinek avulása, és a technológiai változások miatt szükséges.

- Sugárzásellenőrző rendszerek – részleges, illetve egyes rendszerelemek esetében teljeskörű – felújítása, pl. adatgyűjtők cseréje, számítógépek elavulás miatti cseréje.
- Irányítástechnikai eszközök cseréje, felújítása, a további üzemidő-hosszabbítást is figyelembe véve várhatóan teljes terjedelmű felújítás szükséges. A turbinateljesítmény szabályozó rendszer alkatrész-utánpótlása jelenleg már nehézkes, karbantartási igénye nő, teljes rekonstrukció válik szükségessé. A vízkivételi művekbe telepített irányítástechnikai berendezések, eszközök nagyrészt eredeti beépítésűek, karbantartási igényük nő, várhatóan teljes rekonstrukció válik szükségessé.
- A radioaktív hulladékok minősítő rendszere elemeinek felújítása a gamma-spektrometriai mérőrendszer teljes felújítását jelenti, mert a mérőrendszer egységei kb. 15 évente javíthatatlanul elavulnak.
- A radioaktív hulladékkezelési technológiák időszakos felújításaként új hulladéktömörítő prés telepítése, ^{60}Co eltávolítás, komplex-bontás berendezéseinek kiváltása, az FHF technológia berendezéseinek felújítása, cementező technológia időszakos felújítása.
- A radioaktív hulladéktömörítő prés, cementező berendezés elemeinek időszakos felújítása az elhasználódás miatt szükséges. Ez a ^{60}Co eltávolítás, komplex-bontás berendezéseinek módosítását, üzembiztonsági átalakításokat foglal magában.
- A tűzjelző rendszerek elemeinek felújítása a tűzjelző-oltásvezérlő rendszer elemeinek cseréjére terjed ki, a rekonstrukció műszaki amortizáció, alkatrész utánpótlási problémák miatt szükséges. (Megjegyzendő, hogy a meghosszabbított üzemidő alatt az elektronikus, digitális eszközök egy részét várhatóan újra cserélni kell majd.)
- Az egyéb, rekonstrukciókkal kapcsolatos tevékenységek közé tartozik továbbá:
  - a nagynyomású zóna üzemzavari hűtőrendszer szivattyúk kiváltásának értékelése, a szivattyúk konstrukciójából adódó hibalehetőségek és a gyakori karbantartások miatt a szivattyú cseréje (vagy alternatív megoldásként a szivattyúk retrofitja, a hidraulikus rész felújítása) indokolt,
  - a hermetikus szénacél lemezburkolat rekonstrukciója, a hermetikus terek integritásával kapcsolatos munkák (hermetikus tér monitoring és javítás program) során feltárt hibák javítása, a burkolat rekonstrukciójának elvégzése (a rekonstrukciós munkákat a hosszú főjavításon lehet elvégezni),
  - ventilátorok kiváltása, cseréje üzemidejének lejárta miatt,
  - cseppfolyós nitrogén tároló tartályok, cseppfolyós nitrogén elpárologtató cseréje,
  - nagynyomású nitrogén elgázosító cseréje, alkatrészellátás megszűnése miatt,
  - az I. kiépítés (1-2. blokkok) üzemzavari dízelgenerátoraira vonatkozóan hosszú távú stratégia kidolgozása a teljes vagy részleges csere lehetőségeire is tekintettel,
  - külső üzemi elosztói körhálózat transzformátorállomások cseréje aktuális, az alkatrészellátás korlátozott, karbantartási igényük növekszik,
  - gőzfejlesztő leiszapolás rendszeri armatúrák cseréje, a meghibásodások gyakoriságának növekedése miatt.
- Villamos, épületgépészeti, vizesblokki, szennyvíz átemelői felújítások, műszerek, aggregátorok cseréje.
- Vegyészeti mintavételi rendszerre kiterjedően a vegyészeti analizátorok, ionkromatográfok cseréje.
- Emelőgépek felújítása, rekonstrukciója, kiváltása, lámpatestek, villamos motorok cseréje.

A TÜH előkészítése tehát részben az engedélyezett 50 éves üzemeléshez kötődően szükséges beavatkozások elvégzését is magába foglalja. A rendszeres karbantartás feladatkörébe tartozó munkálatokat azonban a meghosszabbított üzemidő alatt is folyamatosan végezni kell. Ez egészül ki célzott, csak a TÜH miatt szükséges tevékenységgel. A *2.2.2.5-1.* és *2.2.2.5-2. táblázatban* összefoglalóan áttekintésre kerültek az atomerőmű egyes építészeti létesítményeit, technológiai rendszereit érintő beavatkozások, rekonstrukciók. A *2.2.2.5-1. táblázat* a TÜH időszakot megelőzően tervezett, a *2.2.2.5-2. táblázat* a TÜH időszakára eső feladatokat tartalmazza.

2.2.2.5-1. táblázat: Az építészeti szerkezetek, technológiai rendszerek tervezett rekonstrukciói és várható környezeti hatásaik a TÜH előkészítés időszakában

Rendszer / berendezés / építmény	Rekonstrukció / beavatkozás	Munkavégzés helye	Környezeti következmény	Hulladékkeletkezés					
				Hagyományos hulladékok			Radioaktív hulladékok		
				Nem veszélyes [t]	Veszélyes [t]	Összesen [t]	Kis és közepes aktivitású [t]	Nagy-aktivitású [t]	Összesen [t]
Építészeti szerkezeteket érintő beavatkozások és környezeti következmények									
Üzemi főépületek	Kisebb szerkezeti megerősítés	Épületben	Hulladékkeletkezés	–	–	–	863,50	–	863,50
Egészségügyi és laborépület	Tetőszigetelés rekonstrukció	Udvartéren	Hulladékkeletkezés Gépi munkavégzésből eredő nem jelentős külső kibocsátások	–	28,80	28,80	–	–	–
Dízel gépházak	Az épületek rekonstrukciója	Udvartéren	Hulladékkeletkezés Gépi munkavégzésből eredő nem jelentős külső kibocsátások	–	90,00	90,00	–	–	–
Melegvíz-csatorna	Földmű javítása	Udvartéren	Gépi munkavégzésből eredő nem jelentős külső kibocsátások	–	–	–	–	–	–
Technológiai berendezéseket érintő beavatkozások és környezeti következmények									
Főberendezések									
Reaktoron belüli berendezések	Szabályozó- és biztonság-védelmi kazetták hajtásához tartozó közbenső rudak cseréje, reaktorkosár csavarok cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	–	–	–	–	9,28	9,28
Főkeringtető szivattyúk	Tányérrúgó kötegek kiváltása	Épületben	Hulladékkeletkezés	–	0,10	0,10	15,00	–	15,00
Szabályozó rúd hajtások	A hajtások cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	26,75	–	26,75	92,88	–	92,88
Gépészeti rendszerek									
Armatúrák	Armatúrák kiváltása, cseréje, felújítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	35,09	0,20	35,28	12,35	1,00	13,35
Csővezetékek	Csővezetékek cseréje, nyomvonal módosítás, csőalagút rekonstrukció	Épületben	Hulladékkeletkezés	60,00	–	60,00	–	–	–
Dízelgenerátorok	I. kiépítés üzemzavari dízelgenerátorok teljes, vagy részleges cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	291,00	9,00	300,00	–	–	–
Emelőgépek	Daruk, kézi láncos emelők cseréje, futómacska-pálya, -motor, -vezérlés, -hajtás felújítása	Épületben / udvartéren	Hulladékkeletkezés Gépi munkavégzésből eredő nem jelentős külső kibocsátások	54,70	3,30	58,00	24,48	–	24,48
Hőcserélők	Hőcserélők cseréje, csővezeték bekötés módosítása, egyéb kiegészítések	Épületben	Hulladékkeletkezés	0,25	–	0,25	0,60	–	0,60

Rendszer / berendezés / építmény	Rekonstrukció / beavatkozás	Munkavégzés helye	Környezeti következmény	Hulladékkeletkezés					
				Hagyományos hulladékok			Radioaktív hulladékok		
				Nem veszélyes [t]	Veszélyes [t]	Összesen [t]	Kis és közepes aktivitású [t]	Nagy-aktivitású [t]	Összesen [t]
Légtechnika, gáztechnológiai berendezések	Gázfúvók, elpárologtatók, elgázosítók, kompresszorok, szerelvények cseréje	Épületben / udvartéren	Hulladékkeletkezés Gépi munkavégzésből eredő nem jelentős külső kibocsátások	46,08	–	46,08	1,20	–	1,20
Szelepek	Biztonsági-, szabályozószelepek kiváltása, cseréje, átalakítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	106,05	–	106,05	25,08	–	25,08
Szivattyúk	Szivattyúk kiváltása, felújítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	830,10	–	830,10	76,26	–	76,26
Szűrők	Szűrők felújítása, szűrőház cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	53,90	0,85	54,75	–	–	–
Tartályok	Tartályok cseréje, gumibevonat cseréje	Épületben / udvartéren	Hulladékkeletkezés Gépi munkavégzésből eredő nem jelentős külső kibocsátások	3,00	12,00	15,00	–	–	–
Ventilátorok	Szellőzőrendszerek berendezéseinek (motor, ház) cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	4,365	0,135	4,50	–	–	–
Egyéb gépészeti berendezések	Egyéb gépésztechnológiai berendezések kiváltása, cseréje, felújítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	396,50	14,20	410,66	159,1	50,00	209,10
Villamos rendszerek									
Akkumulátor telepek	Helyhez kötött akkumulátor telepek cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	5,50	307,5	313,00	–	–	–
Elosztók	Különböző feszültségszintű elosztók kiváltása, cseréje, felújítás	Épületben / udvartéren	Hulladékkeletkezés Gépi munkavégzésből eredő nem jelentős külső kibocsátások	67,34	32,96	100,30	3,00	–	3,00
Generátorok és segédberendezéseik	Turbógenerátorok kiváltása, segédberendezéseik kiváltása, cseréje, felújítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	1 730,00	103,00	1 833,00	–	–	–
Kábelek, kábelátvezetések	Kábelek, hermetikus kábelátvezetések felújítása, cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	515,73	20,75	536,48	502,10	–	502,10
Kapcsolóberendezések	Kapcsolóberendezések, vezérlő pultok, kapcsoló táblák cseréje, felújítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	5,50	20,10	25,60	–	–	–
Megszakítók	Gépfeszültségű megszakítók nagykarbantartása	Épületben	Hulladékkeletkezés	1,00	–	1,00	–	–	–
Szünetmentes berendezések	Szünetmentes berendezések kiváltása, felújítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	4,40	6,80	11,20	–	–	–
Töltőberendezések	Töltőberendezések kiváltása, felújítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	9,80	2,70	12,50	–	–	–

Rendszer / berendezés / építmény	Rekonstrukció / beavatkozás	Munkavégzés helye	Környezeti következmény	Hulladékkeletkezés					
				Hagyományos hulladékok			Radioaktív hulladékok		
				Nem veszélyes [t]	Veszélyes [t]	Összesen [t]	Kis és közepes aktivitású [t]	Nagy-aktivitású [t]	Összesen [t]
Transzformátorok	Blokktranszformátorokhoz tartozó berendezések felújítása, cseréje	Épületben / udvartéren	Hulladékkeletkezés Gépi munkavégzésből eredő nem jelentős külső kibocsátások	41,00	10,00	51,00	–	–	–
Villamos motorok	Villamos motorok kiváltása, felújítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	173,00	1,40	174,40	0,10	–	0,10
Irányítástechnikai rendszerek									
Irányítástechnikai berendezések (vezérlő-, szabályozó-, mérő-, jelzőrendszerek elemei)	A berendezések, cseréje, felújítása, az érintett hálózatok felújítása	Épületben / udvartéren	Hulladékkeletkezés Gépi munkavégzésből eredő nem jelentős külső kibocsátások	105,46	76,08	181,54	0,25	–	0,25
Híradástechnikai rendszerek									
Távközlőrendszerek, riasztó-, tájékoztató, egyéb adatátviteli rendszerek	A híradástechnikai rendszerek elemeinek cseréje, a hálózatok felülvizsgálata, végkészülékek szükség szerinti cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	1,88	1,80	3,68	–	–	–
Tűzvédelmi rendszerek									
Tűzoltó rendszerek	Tűzivíz hálózat armatúrák, gömbcsapok cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	22,00	–	22,00	–	–	–
Tűzjelző rendszerek	Tűzjelző- oltásvezérlő rendszerek felújítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	3,62	0,78	4,40	0,10	–	0,10
Vegyészeti rendszerek									
Vegyészeti mintavételi rendszer	Berendezések rekonstrukciója, szerelvények, armatúrák kiváltása, cseréje, analizátorok cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	0,82	1,28	2,10	0,50	–	0,50
Radioaktívhulladék-kezelés									
Minősítő rendszer, szilárd és folyékony radioaktív hulladékok kezelésének berendezései	Berendezések felújítása, kiváltása, cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	20,00	1,15	21,15	12,00	–	12,00
			Összesen:	*4614,84*	*741,68*	*5359,67*	*1788,50*	*60,28*	*1848,78*

2.2.2.5-2. táblázat: Az építészeti szerkezetek, technológiai rendszerek tervezett rekonstrukciói és várható környezeti hatásaik a TÜH időszakában

Rendszer / berendezés / építmény	Rekonstrukció / beavatkozás	Munkavégzés helye	Környezeti következmény	Hulladékkeletkezés					
				Hagyományos hulladékok			Radioaktív hulladékok		
				Nem veszélyes [t]	Veszélyes [t]	Összesen [t]	Kis és közepes aktivitású [t]	Nagy-aktivitású [t]	Összesen [t]
Építészeti szerkezeteket érintő beavatkozások és környezeti következmények									
Üzemi főépületek	Tűzvédő azbeszt bevonat kiváltása	Épületben	Hulladékkeletkezés	–	3 300,00	3 300,00	–	–	–
Segédépületek	Az épületek felújítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	–	–	–	0,55	–	–
Vízkivételi mű vezénylő épület	Azbesztmentesítés	Épületben	Hulladékkeletkezés	–	150,00	150,00	–	–	–
Technológiai berendezéseket érintő beavatkozások és környezeti következmények									
Főberendezések									
Reaktoron belüli berendezések	Szabályozó- és biztonság-védelmi kazetták hajtásához tartozó közbenső rudak cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	–	–	–	–	1,68	1,68
Szabályozó rúd hajtások	A hajtások cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	38,09	–	38,09	132,25	–	132,25
Gépészeti rendszerek									
Armatúrák	Armatúrák kiváltása, cseréje, felújítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	40,50	–	40,50	73,60	2,00	75,60
Dízelgenerátorok	Dízel gerjesztők cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	7,50	1,50	9,00	–	–	–
Emelőgépek	Technológiai épületekben és műhelyekben lévő villamos daruk felújítás, gépházi kapuk kiváltása, cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	13,80	1,80	15,60	5,60	–	5,60
Légtechnika, gáztechnológiai berendezések	Gázfúvók, nagynyomású kompresszorok cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	11,60	–	11,60	–	–	–
Szűrők	Adszorber szűrők széntöltetének cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	20,00	4,00	24,00	56,00	–	56,00
Turbina kondenzátorok	1-4. blokki turbina kondenzátor rekonstrukció	Épületben	Hulladékkeletkezés	1 600,00	–	1 600,00	–	–	–
Egyéb gépészeti berendezések	Egyéb gépésztechnológiai berendezések kiváltása, cseréje, felújítása			35,93	0,617	36,55	3,60	–	3,60
Villamos rendszerek									
Akkumulátor telepek	Helyhez kötött akkumulátor telepek cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	5,00	288,00	293,00	–	–	–
Elosztók	Különböző feszültségszintű elosztók kiváltása, cseréje, felújítás	Épületben / udvartéren	Hulladékkeletkezés Gépi munkavégzésből eredő nem jelentős külső kibocsátások	405,10	109,60	514,70	1,00	–	1,00

Rendszer / berendezés / építmény	Rekonstrukció / beavatkozás	Munkavégzés helye	Környezeti következmény	Hulladékkeletkezés					
				Hagyományos hulladékok			Radioaktív hulladékok		
				Nem veszélyes [t]	Veszélyes [t]	Összesen [t]	Kis és közepes aktivitású [t]	Nagy-aktivitású [t]	Összesen [t]
Generátorok és segédberendezéseik	Turbógenerátor védelmek cseréje, gerjesztő rendszerek javítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	84,10	21,50	105,60	–	–	–
Kapcsolóberendezések	Kapcsolóberendezések, vezérlő pultok, kapcsoló táblák cseréje, felújítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	15,50	32,50	48,00	–	–	–
Megszakítók	Gépfeszültségű megszakítók nagykarbantartása	Épületben	Hulladékkeletkezés	19,00	1,00	20,0	–	–	–
Szünetmentes berendezések	Szünetmentes berendezések kiváltása, felújítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	33,40	30,30	63,70	–	–	–
Töltőberendezések	Töltőberendezések kiváltása, felújítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	9,80	2,70	12,50	–	–	–
Transzformátorok	Transzformátorok és kapcsolódó berendezéseik felújítása, cseréje	Épületben / udvartéren	Hulladékkeletkezés Gépi munkavégzésből eredő nem jelentős külső kibocsátások	30,10	8,90	39,00	–	–	–
Irányítástechnikai rendszerek									
Irányítástechnikai berendezések (vezérlő-, szabályozó-, mérő-, jelzőrendszerek elemei)	A berendezések, cseréje, felújítása, az érintett hálózatok felújítása	Épületben / udvartéren	Hulladékkeletkezés Gépi munkavégzésből eredő nem jelentős külső kibocsátások	90,61	151,50	242,10	0,32	–	–
Híradástechnikai rendszerek									
Távközlőrendszerek, riasztó-, tájékoztató, egyéb adatátviteli rendszerek	A híradástechnikai rendszerek elemeinek cseréje, a hálózatok felülvizsgálata, végkészülékek szükség szerinti cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	1,98	1,90	3,88	1,00	–	1,00
Tűzvédelmi rendszerek									
Tűzjelző rendszerek	Tűzjelző rendszerek irányítástechnikai elemeinek felújítása	Épületben	Hulladékkeletkezés	0,36	1,44	1,80	–	–	–
Vegyészeti rendszerek									
Vegyészeti mintavételi rendszer	Berendezések rekonstrukciója, hardverek, szoftverek cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	0,02	0,28	0,30	–	–	–
Radioaktívhulladék-kezelés									
Minősítő rendszer, szilárd és folyékony radioaktív hulladékok kezelésének berendezései	Berendezések felújítása, cseréje	Épületben	Hulladékkeletkezés	16,64	1,01	17,65	6,50	–	6,50
			Összesen:	*2 479,03*	*4 108,55*	*6 587,57*	*280,42*	*3,68*	*283,23*

A táblázatok első oszlopában a rekonstrukcióval érintett egyes építmények, technológiai berendezés csoportok megnevezése szerepel. A második oszlopban a tervezett munkavégzés, a harmadik oszlopban annak helye szerepel. A negyedik oszlopban kerülnek azonosításra a várható környezeti hatótényezők, illetve hatások, azaz az adott tevékenységből eredően alapvetően csak hulladékkeletkezéssel kell számolni (épületen belül végzett rekonstrukciós munkák), vagy emellett egyéb környezeti hatások is feltételezhetők (pl. udvartéren történő gépi munkavégzésből eredő légszennyezőanyag-, zajkibocsátás). A további oszlopokban kerül ismertetésre, hogy milyen fajta, és fajtánként milyen mennyiségű hulladék keletkezik.

A táblázatok adatai alapján megállapítható, hogy az atomerőmű építményeinek, épületszerkezeteinek karbantartásából, felújításából a normál, jelenlegi üzemvitelhez is köthető hagyományos környezetterhelés mértékét számottevően meghaladó környezeti hatás alapvetően nem várható, egy-egy, jellemzően bontással is járó rekonstrukció esetében nagyobb mennyiségű hulladék keletkezésével azonban számolni kell. A táblázatokban bemutatott, az épületek, építmények állagmegóvásához szükséges beavatkozások időszakos, azok kivitelezési időtartamarára korlátozódó lokális, várhatóan a telephelyen belül maradó hatást okozhatnak.

A táblázatokban szereplő, a technológiai rendszereket, berendezéseket érintő beavatkozások esetében meghatározásra került, hogy a munkavégzésre épületen belül, vagy épületen kívül, udvartéren kerül sor. A táblázatokból látható, hogy az épületen belül végzett rekonstrukciós munkákból eredő környezeti hatótényező – a hagyományos és a radioaktív – hulladékkeletkezés. Az udvartéren végzett munkák a hagyományos építési hatásoknak megfelelő környezeti hatótényezőket és hatásfolyamatokat, azaz elsősorban légszennyezőanyag- és zajkibocsátást jelentenek, illetve hagyományos (nem veszélyes és veszélyes) hulladékok keletkezésével járhatnak. Ezek a munkák a típusévi – jelenleg is folyamatosan végzett – karbantartási feladatok részeként többnyire elvégezhetők, ezáltal volumenük és várható hatásaik az eddigi üzemidő alatti munkálatokkal nagyrészt azonosnak tekinthetők. A környezeti következményekben tehát – egy-egy egyedi esettől eltekintve (pl. tűzvédő azbeszt bevonat kiváltása) – nem várható az eddigiekhez képest jelentős eltérés, illetve növekmény.

Néhány berendezés felújításánál az építési tevékenységhez hasonló hagyományos környezeti hatásokkal is számolni kell. Az 50 éves üzemelés, valamint a meghosszabbítás érdekében tervbe vett többlet beavatkozások várhatóan azonban nem növelik meg az ilyen típusú terheléseket. Kimutathatóan a szállítások volumene sem növekszik (legfeljebb egy-egy rövidebb beszállítási periódusra korlátozottan). Ezek a rövid periódusok azonban jellemzően a főjavítások elvégzéséhez kapcsolódnak, a jelenlegi üzemelésnél is megfigyelhetők.

A tervezett tevékenységek csoportosításának fontos szempontja a beavatkozások során keletkező hulladék típusa. A szükséges karbantartások, felújítások során a radioaktív anyagokkal érintkező berendezések esetén radioaktív hulladékok, míg az ezekkel nem érintkező, vagy dekontaminálható berendezéseknél, alkatrészeknél hagyományos ipari hulladékok keletkeznek. Mivel a berendezés felújítások, cserék nagyrésze a megszokott tevékenységek részeként kerül elvégzésre a jelenleg megszokott ilyen típusú hulladékoknál – néhány, jelentősebb mennyiségű hulladékkeletkezéssel járó tervezett rekonstrukció kivételével (pl. üzemi főépületek szerkezeti megerősítése, azbeszt bevonat kiváltása) – számottevően több hulladék várhatóan nem keletkezik. A hulladékok mennyisége nagyságrendileg nagyrészt az eddigi üzemeltetési gyakorlatnak megfelelően alakul.

A további üzemidő-hosszabbítás előkészítése keretében, a további üzemeléshez tervezett tevékenységek, átalakítások közül az egyéb csoportba sorolt intézkedések, beavatkozások fenti áttekintése alapján megállapítható, hogy a TÜH környezeti hatásvizsgálata keretében a hulladékkeletkezést mint várhatóan számottevő hatást kiváltó környezeti hatótényezőt kellett részletesen vizsgálni. A tervezett rekonstrukciókhoz kapcsolható egyéb hatótényezők (pl. légszennyezőanyag- és zajkibocsátás) jellemzői a jelenlegi üzemeléshez kötődően is fellépőkhöz hasonlóak, ezért azok önálló, részletes vizsgálatára nem kerül sor.

2.2.2.6. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítő tevékenységeinek értékelése a várható környezeti hatások szempotjából

A *2.2.2.1. – 2.2.2.5. fejezetekben* bemutatott, a Paksi Atomerőmű TÜH előkészítésének keretében elvégezni tervezett műszaki-technológiai átalakítások közül az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer megépítéséből és üzemeltetéséből, az 1-2. blokki üzemzavari kihelyettesítő dízelgenerátor üzemeltetéséből, illetve az egyéb kategóriába sorolt, az atomerőmű építményeit, gépészeti, villamos, irányítástechnikai rendszereit érintő rekonstrukciós munkák kivitelezéséből eredően várhatók számottevő, a környezeti hatásvizsgálatban vizsgált és értékelt környezeti hatások.

Az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer megépítéséhez olyan gépi földmunkák, építési-szerelési tevékenységek szükségesek, melyek számottevő légszennyezőanyag-, illetve zajkibocsátással, hulladékkeletkezéssel járnak, valamint hatással lehetnek a környezeti elemek, illetve az élővilág, életközösségek állapotára is. Az építési munkákból eredő környezeti hatások a környezeti hatásvizsgálat keretében értékelésre kerültek. A csúcshűtő rendszer üzemeltetéséhez kötődően a hűtőcellák mint zajforrások vizsgálata is megtörtént, amely mellett a hűtőcellák klimatikus viszonyokra gyakorolt hatásai is értékelésre kerültek. Az alternatív melegvíz-csatorna megépítésével új dunai vízbevezetési pont létesül, amelynek elemzésére a Duna hőterhelésének vizsgálata részeként került sor, tekintettel arra, hogy az új bevezetési ponton a csúcshűtő rendszer üzemeltetésének köszönhetően a Dunába visszavezetett felmelegedett hűtővíz hőmérséklete a kritikus időszakokban lecsökkenthető.

A tervezett 1-2. blokki üzemzavari kihelyettesítő dízelgenerátor helyhez kötött légszennyező pontforrásnak minősül, a légszennyezőanyag-kibocsátása hatásainak értékelése a környezeti hatásvizsgálat részeként megtörtént.

Az egyéb kategóriába sorolt, az atomerőmű építményeit, gépészeti, villamos, irányítástechnikai rendszereit érintő rekonstrukciók esetében a meghatározó környezeti hatótényező a hulladékkeletkezés. A keletkező hagyományos (nem veszélyes és veszélyes), illetve radioaktív hulladékok jellemzői, várható mennyiségei, illetve a hulladékok kezelési lehetőségei a környezeti hatásvizsgálat részeként értékelésre kerültek.

A TÜH előkészítő tevékenységek végrehajtásából eredően a fentiek szerint várható környezeti hatások részletes vizsgálatát a KHT egyes szakterületi mellékletei tartalmazzák, a vizsgálatok eredményeit a *4.* és az *5. fejezet alfejezetei* foglalják össze.

2.2.3. A további üzemidő-hosszabbítás nukleáris biztonsági engedélyezésének megalapozásához szükséges tevékenységek

2.2.3.1. Nukleáris biztonsági hatósági eljárások

Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbításához a környezetvédelmi engedélyen kívül nukleáris biztonsági engedélyek megszerzése is szükséges. A nukleáris engedélyezési eljárás kétlépcsős, az elbíráló hatóság az Országos Atomenergia Hivatal (OAH).

Az eljárás első lépcsőjeként, 4 évvel az 1. blokk üzemeltetési engedély lejárta előtt benyújtásra kerül az OAH részére a Paksi Atomerőmű 1-4. blokki TÜH Végrehajtási program a további üzemidő-hosszabbítási szándék hivatalos bejelentésével egyidejűleg, ami meghatározza mindazokat a teendőket, amelyek ahhoz szükségesek, hogy az atomerőmű biztonságának megteremtése és folyamatos fenntartása megvalósítható és igazolható, továbbá az engedélyezés követelményei kielégíthetők legyenek.

Az eljárás második lépcsőjében, 1 évvel az adott blokk üzemeltetési engedély lejárta előtt, blokkonként külön-külön a TÜH időszakra vonatkozó üzemeltetési engedély iránti kérelmek kerülnek benyújtásra az OAH-hoz.

Az engedélyt megalapozó dokumentáció az alábbi főbb elemeket kell, hogy tartalmazza:

- a blokkok tervezési alapjának felülvizsgálata,
- a Paksi Atomerőmű átfogó öregedéskezelési rendszerének felülvizsgálata, a konkrét rendszerelemek/csoportok öregedéskezelési programjainak felülvizsgálata/kidolgozása,

biztosítva ezzel azt, hogy az öregedéskezelés terjedelmébe tartozó rendszerelemek állapota, biztonsági funkciója folyamatosan monitorozva legyen a kiterjesztett üzemidő során,
- az atomerőmű műszaki állapotának felmérése és a rendszerelemek alkalmasságának igazolása a meghosszabbított üzemidőre,
- a karbantartás hatékonyságának monitorozására szolgáló rendszer kialakítása, bevezetése, s a tapasztalatok negyedéves rendszerességgel történő jelentése a hatóság számára,
- a villamos és irányítástechnikai rendszerelemek környezetállósági minősítése,
- az élettartamot korlátozó, és korlátozott időtartamra érvényes öregedés-elemzések felülvizsgálata, elvégzése, az elemzések eredményei alapján szükséges intézkedések megtétele.

A felsorolt felülvizsgálatok és elemzések a környezetvédelmi engedélyezéssel párhuzamosan, illetve a TÜH előkészítés időszakában folyamatosan kerülnek végrehajtásra.

2.2.3.2. A nukleáris biztonsági engedélyezést megalapozó vizsgálatok

Az üzemeltetési engedélyt az OAH a biztonság mérlegelése alapján újítja meg, tehát az eljárás kiterjed az összes olyan nukleáris biztonsági osztályba sorolt rendszerre, amelyeknek a teljes üzemidő során, rendeltetés szerinti biztonsági funkciót kell ellátniuk. Azokat a nem biztonsági funkciójú rendszerelemeket is be kell vonni a mérlegelés körébe, amelyek meghibásodása akadályozhatja/befolyásolhatja/veszélyeztetheti a biztonsági funkcióval rendelkező rendszereket, rendszerelemeket feladatuk ellátásában.

A TÜH megalapozásához igazolni kell, hogy a rendszerelemek állapota lehetővé teszi a továbbüzemelést. Az atomerőmű rendszerei és építési szerkezetei állapotának ellenőrzése már az üzembe helyezéstől kezdve folyik. Az erre vonatkozó ellenőrzési programok, nyomáspróbák, szerkezeti vizsgálatok, időszakos ellenőrzések rendszere magában foglalja a roncsolásos és a roncsolásmentes anyagvizsgálatokat egyaránt. Az elmúlt évek során a vizsgálatok műszaki színvonala folyamatosan fejlődött, úgy az eszközök, mint az eljárások tekintetében. Az anyagvizsgálatok az Európai Vizsgálatminősítő Testület (European Network for Inspection Qualification) által javasolt módszerek szerint folynak és minősítettek.

A rutinszerű és az atomerőművi gyakorlatnak megfelelő állapot-ellenőrzésen túlmenően, a hatósággal egyeztetett terjedelemben és módszerrel speciális vizsgálatokra is sor fog kerülni az összes kiemelten fontos rendszerelem és építési szerkezet állapotának értékelése céljából. E vizsgálatok főként olyan szerkezeti helyeken történtek meg, amelyek nem részei az időszakos ellenőrzéseknek, de az élettartamot korlátozó öregedési folyamatok elemzése alapján az egyszeri vizsgálat szükségesnek látszik. Az elvégzendő vizsgálatok alapján bizonyítani kell, hogy az atomerőmű építési szerkezetei és berendezései a tovább-üzemeltetésre alkalmas állapotban vannak, hibamentesek, az anyagjellemzők értékei a megkövetelt értékek felett vannak.

Az atomerőmű engedélyezett üzemidejét, az üzemeltetési engedély időbeli érvényességét elsősorban az a műszaki-biztonsági értelemben meghatározott funkcióképes élettartam korlátozza, amit Korlátozott Időtartamra Érvényes Biztonsági Elemzésekkel (KIBE) igazolnak.

Az elvégzendő KIBE-k körét a tervező által elvégzett elemzések, a mai elvárásokat is tükröző Paksi Atomerőmű 1-4. blokk Végleges Biztonsági Jelentés, valamint a nemzetközi gyakorlat alapján, több mint 30 atomerőmű hasonló elemzéseinek áttekintése után határozták meg, különös tekintettel a paksi sajátosságokra és egyedi problémákra. A TÜH előkészítése során előzetesen 32 KIBE elvégzése tervezett:

KIBE1 ABOS 1-2 gépészeti rendszerelemek kisciklusú fáradás elemzése.

KIBE2 Villamos és irányítástechnikai rendszerelemek környezetállósági minősítései.

KIBE3 Reaktortartályok PTS (Pressurized Thermal Shock – nyomás alatti hőütés) elemzései.

KIBE4 *p-T* görbék meghatározása a fővízkörre.

KIBE5 Repedésterjedés-elemzések.
KIBE6 ABOS 1-2 csővezetékek hőrétegződés-elemzései.
KIBE7 Nagy energiájú csővezeték-törések elemzéseinek kiterjesztése.
KIBE8 A reaktor belső berendezések áramlás keltette vibrációjának nagyciklusú fáradás-elemzése.
KIBE9 A gőzfejlesztő csövek áramlás keltette vibrációjának nagyciklusú fáradás-elemzése.
KIBE10 A reaktortartályon belüli szerkezetek anyagtulajdonság-változásának elemzése.
KIBE11 A hermetikus átvezetések fáradásos elemzései.
KIBE12 A hermetikus burkolat komponenseinek (varratok) fáradásos elemzései.
KIBE13 ABOS 1-2 gépészeti rendszerelemek termikus ridegedésének elemzése.
KIBE14 A biztonsági funkciót betöltő daruk fáradás-elemzései.
KIBE15 A pihentető medence burkolatának fáradásos elemzése.
KIBE16 A gőzfejlesztő csövek anyagtulajdonság változásának elemzései.
KIBE17 A nehézbeton szerkezetek anyagtulajdonság-változásának elemzései.
KIBE18 Az emelt nyomásszintű integrális tömörségvizsgálatok elemzései.
KIBE19 A korróziós falvastagsági pótlékok elemzése.
KIBE20 A főkeringtető szivattyú (FKSZ) lendkerék fáradásos elemzése.
KIBE21 Az épületsüllyedés és következményeinek elemzése.
KIBE22 A pihentető medence rácsok B10 kimerülésének értékelése.
KIBE23 A reaktortartály plattírozás hőhatásövezet beágyazott repedések elemzése.
KIBE24 A felső blokk kerámia hőszigetelés anyagtulajdonság-változásának elemzése.
KIBE25 Pihentető medence tároló állványok fáradás értékelése.
KIBE26 Átrakógép fáradásának értékelése.
KIBE27 Hermetikus téri zsilipek fáradásának értékelése.
KIBE28 Dízelgenerátorok fáradásának értékelése.
KIBE29 FKSZ vezetőkeréken és nyomófedélen talált repedések nagyciklusú hőfáradás elemzése.
KIBE30 Reaktor betonakna fal hőszigetelő acélszerkezet élettartamkorlát elemzése.
KIBE31 A reaktortartály támasztó váll és alátámasztás acél elemei anyagtulajdonság változási folyamatainak értékelése.
KIBE32 A pihentető és átrakó medencék burkolati hibáinak és szivárgásának elemzés végrehajtása.

Az elemzések kimenetelére az alábbi két lehetőség adódik:

- A legtöbb esetben a kiterjesztett vagy ismételten elvégzett elemzések eredményei igazolják, hogy a megadott korlátokat (például terhelési ciklus-számot) a vizsgált szerkezet nem éri el, így az üzemeltethetőségre vonatkozó megállapítás érvényes a meghosszabbított további üzemidőre is.
- Amennyiben a kiterjesztett vagy az ismételten elvégzett elemzések/vizsgálatok eredményei a meghosszabbított üzemidőnél rövidebb idejű üzemeltethetőséget igazolnak, célzott öregedéskezelési programot vagy más intézkedést (például a berendezés cseréjét, felújítást, későbbi megismételt vizsgálatot) kell alkalmazni, illetve tervbe venni az adott probléma kezelésére.

2.2.3.3. Az öregedéskezelési programok felülvizsgálata

A Paksi Atomerőmű az építmények, építményszerkezetek és rendszerelemek öregedési folyamatait időben észlelő, az öregedés hatását hatékonyan megelőző, az esetlegesen fellépett romlási hatásokat csökkenteni képes, vagy azokat javító öregedéskezelési programokat vezetett

be. A TÜH előkészítése során ezek a programok felülvizsgálatra kerülnek, szükség esetén új programok kerülnek kidolgozásra.

A nukleáris iparban általánosan alkalmazott differenciált, fokozatos megközelítés kerül alkalmazásra az adott szerkezet vagy rendszerelem biztonsági jelentősége, valamint az adott öregedési folyamatnak az erőmű élettartamát korlátozó jellege, jelentősége szerint. Ennek megfelelően a rendszerelmek két kategóriába sorolhatók:

- A nukleáris biztonság szempontjából kiemelt fontossággal bíró rendszerelemek, mint a reaktortartály vagy a reaktor hűtőkör fő berendezései, azaz az 1. biztonsági osztályba sorolt és néhány 2. biztonsági osztályba sorolt szerkezetre. E rendszerelem körre egyedi (specifikus) öregedéskezelési programok készültek.
- Öregedéskezelési csoportok kerültek meghatározásra, azaz olyan rendszerelem halmazok, amelyekbe tartozó rendszerelemek vagy építési szerkezetek hasonló konstrukciójúak és anyagúak, azonos közegben működnek, így hasonló módon öregszenek, ezért elegendő közös programmal kezelni őket. A gépészeti rendszerelemeket tekintve mintegy 90, az építési szerkezetek esetében közel 30, míg a villamos és irányítástechnikai csoportok esetében 16 öregeddéskezelési csport került meghatározásra. Így a Paksi Atomerőműben az öregedéskezelési terjedelembe tartozó mintegy 100 ezer rendszerelemet közel 150 öregedéskezelési programmal kezelni lehet.

Ezen programok alkalmasságának igazolása képezi a további üzemidő-hosszabbításhoz szükséges engedélydokumentáció egyik fontos fejezetét. Az öregedéskezelési programok alkalmasságának igazolása során sor kerül a korábbi öregedéskezelési gyakorlat teljes körű felülvizsgálatára is, a már meglévő programok szükségszerű módosításával, illetve néhány esetben újak készítésével. A felülvizsgálatnál az OAH 4.12. számú hatósági útmutató öregedéskezelési programok szerkezeti és tartalmi elemeire vonatkozó ajánlások kerültek alkalmazásra, amelyek az USA gyakorlattal (Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report, NUREG-1801) és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség elvárásaival (IAEA Safety Standards Series No. NS-G-2.12, Ageing Management For Nuclear Power Plants) összhangban vannak.

A Paksi Atomerőmű mint a teljes, négyblokkos létesítmény élettartamát azok a szerkezetek és rendszerelemek határozzák meg, amelyek nem cserélhetők, nem felújíthatók (hosszú élettartamúak), vagy az ezzel járó költségek és leállási idő olyan nagy, hogy műszaki-gazdasági értelemben a csere nem észszerű. Ilyen például a reaktortartály, a gőzfejlesztők és a konténment. A TÜH egyik legfontosabb kérdése, hogy a nem cserélhető, nagy technológiai berendezések várható élettartama képes-e kiszolgálni a további 20 éves üzemidőt.

A jelenleg rendelkezésre álló anyagvizsgálati, elemzési, karbantartási eredmények alapján a nukleáris biztonság szempontjából legfontosabb berendezések – rektortartályok, gőzfejlesztők, hidroakkumulátorok, térfogatkiegyenlítő tartályok, főelzáró tolózárak, főkeringtető vezetékek – egyike esetén sem kell ellehetetlenüléssel vagy kiugró költséggel számolni az 50+20 évre meghosszabbított üzemidő során. Minden ismert műszaki információ arra mutat, hogy az atomerőmű 70 évig történő üzemeltethetősége nagy valószínűséggel igazolható lesz.

A nukleáris biztonsági követelmények teljesítése érdekében a tervezés konzervativizmusa és annak részeként a feltételezettnél tényszerűen kisebb igénybevételek, illetve részben a 15 hónapos üzemeltetési ciklusok bevezetése miatt a hosszú élettartamú szerkezetek és berendezések jelentős élettartam-tartalékkal rendelkeznek. Ez lehetővé teszi a meghatározó rendszerelemek üzemidejének, és egyúttal az erőmű üzemidejének meghosszabbítását anélkül, hogy a kötelező biztonsági tartalékok – amelyeket korlátként vagy biztonsági tényezők alkalmazásával a tervezéskor figyelembe kell venni – a megengedhetőnél nagyobb mértékben csökkennének.

A TÜH legfontosabb feltétele a rendszerek, rendszerelemek, építmények és szerkezetek követelményeknek megfelelő műszaki állapota (rendelkezésre állása) a további üzemelés időszakában. Ennek érdekében az Atomerőmű szakemberei az 50+20 év üzemidőre történő kiterjesztés figyelembevételével a gépészeti, villamos, irányítástechnikai rendszerek, rendszerelemek, építmények és szerkezetek jelenlegi és várható állapotinformációi alapján kidolgozták a rekonstrukciók programját.

A rekonstrukciós program végrehajtása elsősorban a tervezett főjavítások, illetve a biztonsági rendszerek üzem közbeni karbantartása alkalmával kell, hogy megtörténjen. Több olyan nagyobb volumenű felújítási feladat is valószínűsíthető, ami a technológiai rendszerek megbontásával jár, amelyre a főjavítások 25-55 napos időintervalluma, technológiai feltételei nem lesznek elegendők, így blokkonként egy-egy hosszabb, több hónapos leállásra is szükség lesz a TÜH előkészítése során.

2.3. Tervezési üzemállapot és az attól eltérő, esetlegesen környezetterhelést okozó üzemállapotok, haváriák lehetőségei

2.3.1. Az atomerőmű üzemállapotai, radiológiai hatással járó események

Az atomerőmű üzemállapotainak meghatározása és a nukleáris biztonsági elemzésekre vonatkozó követelmények a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 1/2022. (IV. 29.) OAH rendeletben és annak mellékleteit képező Nukleáris Biztonsági Szabályzatokban (NBSZ) találhatók.

Az NBSZ üzemelő atomerőművek tervezési követelményeit meghatározó 3. kötetének 3.2.2. szakasza tartalmazza az atomerőmű üzemállapotainak és a lehetséges eseményeknek a kategorizálását. Az abban szereplő előírások szerint a normál üzemtől eltérő állapotokat a tervezési alapba tartozó (TA), valamint a tervezési alap kiterjesztése (TAK) üzemállapotokra kell osztani. A normál üzemet, valamint a már üzemelő atomerőmű tervezési alapjának részeként figyelembe vett állapotokra vezető eseményeket gyakoriságuk alapján a *2.3.1-1. táblázat* szerinti üzemállapotokhoz kell rendelni.

2.3.1-1. táblázat: Az atomerőmű tervezési alapjának részeként figyelembe vett állapotokra vezető események és gyakoriságuk

Üzemállapot*	Megnevezés	Esemény gyakoriság (f [1/év])
TA1	Normál üzem	–
TA2	Várható üzemi események	$f \geq 10^{-2}$
TA4	Tervezési üzemzavarok	$10^{-2} > f \geq 10^{-5}$

* A TA3, kis gyakoriságú tervezési üzemzavarok kategóriát ($10^{-2} \geq f \geq 10^{-4}$) csak az új építésű atomerőművi blokkokra értelmezi a jogszabály, illetve ennek megfelelően azoknál a TA4 események gyakoriságának szélső értéke egy nagyságrenddel kisebb, azaz $f \geq 10^{-6}$-ig terjed.

A tervezési üzemzavaroknál ritkább várható bekövetkezési gyakoriságú események esetében fordulhat elő a tervezési alapba tartozó üzemzavarokra vonatkozó határértéknél nagyobb lakossági dózisokhoz vezető aktivitáskibocsátás. A tervezési alap kiterjesztéseként a jogszabály komplex üzemzavar (TAK1) és súlyos baleset (TAK2) kategóriákat különböztet meg. Ezekben az esetekben a megelőzés és a következmények csökkentése érdekében üzemzavar- és balesetkezelési intézkedéseket kell végrehajtani. Ezeket az Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv (ÁVIT), az Állapot Orientált Kezelési Utasítás (ÁOKU) és a Súlyos Baleset Kezelési Útmutató (SBKU) tartalmazza. Az intézkedések a létesítményen belüli és a környezeti hatásokat egyaránt hivatottak mérsékelni.

A nukleáris biztonsági követelményeket tartalmazó jogszabályok alapján tehát a Paksi Atomerőmű üzemállapotai az alábbi kategóriákba sorolhatók:

- normál üzemállapot (TA1),
- várható üzemi események (TA2),
- tervezési üzemzavarok (TA4),
- komplex üzemzavarok (TAK1),
- súlyos balesetek (TAK2).

Az NBSZ a normál üzemtől eltérő állapotokra vonatkozóan – azok eltérő gyakoriságaival összhangban – eltérő elfogadási kritériumokat határoz meg. Ezek közül a jelen KHT összeállítása szempontjából is relevánsak a következők.

A TA2-TA4 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatokra bizonyítani kell, hogy a lakosság vonatkoztatási csoportjának 1 főre meghatározott dózisa nem haladja meg:

a) TA2 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatnál a lakossági dózismegszorítás értékét, és
b) TA4 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatoknál az 5 mSv/esemény értéket.

Valamennyi tervezett üzemállapot és feltételezett kezdeti esemény figyelembevételével – a szabotázst kivéve – a súlyos baleseti kibocsátáshoz vezető zónasérülés gyakorisága nem haladja meg a 10^{-4}/év értéket.

A nagy vagy korai kibocsátással járó súlyos baleseti eseményláncok összegzett gyakorisága, minden kiinduló üzemállapotra és hatásra összegezve – kivéve a szabotázs esetét, valamint a földrengést – nem haladhatja meg a 10^{-5}/év értéket, de minden észszerű átalakítás, beavatkozás alkalmazásával közelíteni kell a 10^{-6}/év értékhez.

A tervezési alapba, valamint a tervezési alap kiterjesztésébe tartozó összes kezdeti eseményre biztonsági elemzésekkel igazolják a vonatkozó elfogadási kritériumok teljesülését. Az atomerőmű jelentette teljes kockázat meghatározására, a vonatkozó elfogadási kritériumok teljesülésének igazolására, a tervek kiegyensúlyozottságának, egyenszilárdságának értékelésére, valamint a tervezési alap kiterjesztése megfelelőségének megítélésére valószínűségi biztonsági elemzést készítettek. A valószínűségi biztonsági elemzést felhasználják annak igazolására, hogy a szakadékszél-effektus elkerülésére kellő tartalékok állnak rendelkezésre. A követelmények teljesítését az NBSZ-ben meghatározott tartalmú VBJ-ben kell bemutatni és el kell fogadtatni a nukleáris biztonság felügyeletéért felelős hatósággal, az OAH-val.

2.3.2. A környezeti hatások szempontjából releváns üzemállapotok és konfigurációk

A Paksi Atomerőmű 50 éves üzemidejének további 20 évvel való meghosszabbításának környezeti hatásvizsgálata többféle üzemállapot és konfiguráció elemzését is igényelte, figyelembe véve a TÜH előkészítését, valamint annak megvalósítását.

Az előkészítő szakasz szempontjából is releváns, figyelembe veendő, 2024-ben hatályba lépett jogszabály módosítás (15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet 10/A. §) szerint a Dunába visszavezetett felmelegedett hűtővíz hőmérsékletére vonatkozó 30°C-os „határérték ellátásbiztonsági okból az energiapolitikáért felelős miniszter hozzájárulásával túlléphető”. Az erre az üzemállapotra vonatkozó hatásvizsgálat azzal a feltételezéssel készül, alapul véve az energiapolitikáért felelős miniszter által létrehozott Fenntartható Atomenergiáért Tanácsadó Testület ezzel kapcsolatban megfogalmazott ajánlását, miszerint

- a Duna, a vízbevezetéstől mért 500 m-es referenciaszelvényében mért vízhőmérséklete nem haladja meg a 32°C-ot,
- egy naptári éven belül legfeljebb 15 napon lehessen az eseti eltérés szerint eljárni,
- a Paksi Atomerőmű visszaterhelése ne lépje túl a létesítmény névleges teljesítményének felét.

A hivatkozott jogszabálymódosítás azért is kiemelten fontos, mert a környezet elfogadható mértékű terhelése mellett pontosan olyan időszakban teszi elkerülhetővé az atomerőmű kényszerű leterhelését, amikor az atomerőmű technológiai adottságaiból, a visszaterhelés időigényességéből eredően veszélyeztetett lehet a villamosenergia-ellátás biztonsága. Ilyen állapot például, amikor az esti órákban, a sötétedés miatt kieső, az egyébként jelentős kapacitású fotovoltaikus villamosenergia-ellátás már nem biztosítható. A KHT elemzéseiben ez az üzemállapot – az egyszerűbb azonosítása érdekében – „32/15 szabály” megnevezéssel került azonosításra.

A TÜH környezeti hatásainak értékelése szempontjából szükséges vizsgálatok, elemzések körét tovább bővítette a Paksi II. Atomerőmű folyamatban lévő létesítése, amely szükségessé tette a Paksi Atomerőmű négyblokkos konfigurációja mellett a két új paksi blokk (Paks II.) figyelembevételét is.

Az új blokkok környezetvédelmi engedélyének megalapozásaként részletesen értékelték az üzemelő négy paksi blokk mellett végzett atomerőmű létesítés környezeti hatásait. Az abban időszakban végzett elemzések esetében azzal a feltételezéssel éltek, hogy az új blokkok üzembe helyezésére még a Paksi Atomerőmű jelenlegi üzemidő-hosszabbítási ciklusában sor kerül. Ebből következően csak néhány év terjedelmében vizsgálták a hatblokkos üzemet, akkor nem feltételezve a Paksi Atomerőmű TÜH megvalósításának igényét.

A Paks II. Atomerőmű létesítése 2026. februárjában az eddigi, lényegében előkészítési fázisból a megvalósítás fázisba lépett az 5. blokk első betonöntésével. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség terminológiája szerint az új blokk így már építés alatt álló létesítménynek számít. Ezt követően az 5. blokk alaplemezének ütemterv szerinti kivitelezése mellett elindult a 6. blokki munkagödör tervezési szintig történő kiemelése is.

A Paksi Atomerőmű telephelye mellett, az üzemelő 1-4. blokkok területével szomszédos területen épülő Paks II. Atomerőmű két új blokkja (az 5. és 6. blokk) a Paks II. Atomerőmű Zrt. beruházásában – mint az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-től független társaság – létesül.

Részben a két független társaság, részben a létesítés előrehaladást meghatározó egyéb körülmények, amelyek adott esetben gyorsíthatják vagy lassíthatják az új blokkok létesítésének befejezését, a Paksi Atomerőmű TÜH környezeti hatásainak értékelése többféle erőművi konfiguráció figyelembevételét tette szükségessé. Ezek vizsgált változatai a következők:

A KHT részeként értékelt és a KHT mellékleteit alkotó szakterületi mellékletek által vizsgált erőművi konfigurációk így egyrészt kiterjedtek a TÜH Paks II. Atomerőmű nélküli üzemeltetésére és az együttes üzemre is, azaz a Paksi Atomerőmű önálló üzemre és a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemére is. A környezeti hatásvizsgálat részeként vizsgált „jelen állapot” értékelések értelemszerűen a Paksi Atomerőmű üzemére terjedtek ki.

A két atomerőmű együttes hatásainak vizsgálata szempontjából tovább bővítette az egyes vizsgálati szakterületek vizsgálati terjedelmét a hatblokkos üzem esetében a Duna hőterhelési korlátjára vonatkozó kritérium betartását biztosító csúcshűtő rendszer figyelembevétele, ahol ez a vizsgálatok végrehajtása szempontjából indokolt volt. Ebből eredően egyes vizsgálati területek esetében megkülönböztetésre került a Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzeme a Paksi Atomerőműhöz kapcsolódóan létesítendő csúcshűtő rendszer figyelembevétele nélkül, illetve annak figyelembevételével is. Hangsúlyozni kell, hogy ez a megkülönböztetés csak elemzési célokat szolgált, mert a vizsgálati eredmények alapján a nyári, kiemelten magas Duna vízhőmérsékletű időszakokban a Paksi Atomerőmű blokkjainak kényszerű leterhelésének elkerülése, csak a Paksi Atomerőmű csúcshűtőrendszerének üzemeltetésével lesz biztosítható a hatblokkos üzem időszakában. Mindezek alapján a vizsgálatok a következő üzemállapotokra és konfigurációkra terjedtek ki az egyes vizsgálati területeken:

- a Paksi Atomerőmű önálló üzeme, jelen állapot,
- a Paksi Atomerőmű TÜH önálló üzem,
- Paksi Atomerőmű „32/15” üzem,
- Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes üzem (ahol szükséges volt külön választva a Paksi Atomerőmű csúcshűtő rendszer figyelembevételét vagy annak elhagyását).

2.3.3. Hagyományos környezeti hatással járó havária események

2.3.3.1. A fő nukleáris technológia üzemzavarai

A Paksi Atomerőmű Végleges Biztonsági Jelentésében (VBJ) szereplő elemzések a nukleáris biztonság, illetve a sugárbiztonság szempontjait figyelembe véve elemzik az eseményeket, annak igazolása céljából, hogy a vonatkozó jogszabályok, így kiemelten is a 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelete mellékleteit képező Nukleáris Biztonsági Szabályzatok 3. kötetében előírt követelmények és kritériumok teljesítését igazolják. Ennek következményeként az elemzések szükség szerint az első stabil állapotig bezárólag kerülnek bemutatásra, vagy addig az állapotig, amelyben már kizárhatók az aktív zóna sérülésével, a kibocsátási kritériumok túllépésével járó folyamatok. Másrészt az elemzések terjedelmét olyan szcenáriókra szűkítik, amelyek lefutása és konzervativizmusa a nukleáris biztonság igazolása szempontjából elégséges. A fentiek

figyelembevétele mellett, a VBJ-ben szereplő elemzések áttekintése alapján a környezeti hatásvizsgálat keretében a fő nukleáris technológia üzemzavaraihoz kapcsolódóan a következő, a környezetet érintő nem sugárvédelmi jellegű események vizsgálatára került sor. A radiológiai következményekkel járó üzemzavarok környezeti hatásainak értékelését az *5.3. fejezet* tartalmazza.

A fő nukleáris technológia üzemzavaraiként a nem sugárvédelmi jellegű események terjedelmében a zajkibocsátás és a légszennyezés vizsgálatára került sor.

Az erősebb és tartósabb zajkibocsátással járó események közé azok tartozhatnak, amelyek atmoszférába redukáló, vagy gőzfejlesztő biztonsági szelep kinyitásával járnak. Az egyéb eseményeknek gyakorlatilag nincs a telephely határán túlra kiterjedő zajhatása. Ebbe a körbe – a VBJ-ben szereplő számozást és megnevezést követve – „2. kezdeti esemény csoport, a C" és a „8. kezdeti esemény csoport, ATWS" egyes tételei tartozhatnak. Az ATWS (Anticipated Transient Without Scram – üzemzavari védelem elmaradásával járó tranziens folyamat) események során az a lényegi feltételezés, hogy nem történik meg a reaktor automatikus leállítása valamilyen hiba miatt.

A 2. kezdeti esemény csoport eseményei közül egy gőzfejlesztő biztonsági szelep hosszú távú nyitva maradása mellett a VBJ „Egy gőzoldali izoláló szelep zárása, a maximális szekunderköri nyomás meghatározása" fejezetében leírt esemény tekinthető mérvadónak. Itt a zajhatás folyamatos, és az elemzés időszakában (1000 s) nem is szűnik meg. Az 5 vagy 6 gőzfejlesztő izoláló szelep lezárásával járó események során egyszerre több biztonsági szelep is működhet, azonban itt a zajhatás nem folyamatos, hanem gőzfejlesztő biztonsági szelep nyitás-zárási ciklusok váltják egymást.

A 8. kezdeti esemény csoport eseményeit realisztikus (best-estimate) módszerekkel elemezték. Végső soron ebből a csoportból is a szekunderköri hőelvonás csökkenése körébe tartozók esetében várható érdemi zajhatás atmoszférába redukáló és gőzfejlesztő biztonsági szelep megszólalása miatt.

A dízelgenerátorok légszennyezőanyag kibocsátása (kipufogógázok hatása) esetében a teljes feszültségkiesés esetét alapul véve konzervatív burkoló eseményként a 12 dízelgenerátor folyamatos üzemideje feltételezett, 120 óra folyamatos működési időtartamra.

2.3.3.2. A fő nukleáris technológián kívüli havária események

A számításba veendő esetleges események meghatározása előtt figyelembevételre került, hogy az atomerőművet, mind a fő technológia, mind a kiszolgáló résztechnológiák szempontjából kiemelt biztonsági színvonalat megcélozva alakították ki. Így azok az események, amelyek a havária események elemzésének szempontjából szóba jöhetnek, valójában a hagyományos ipari eseményekhez képest elhanyagolható valószínűséggel előfordulható események. A létesítmény ilyen szempontú valódi biztonságát megfelelően mutatják be a katasztrófavédelmi engedélyezést megalapozó biztonsági jelentés, az üzemi vízminőségi kárelhárítási terv és VBJ tűzvédelmi rendszereket bemutató fejezetei. Ennek alapján nem volt indokolt új elemzések készítése új posztulált havária események meghatározásával, hanem a meglévő elemzések alkalmazhatók voltak a létesítmény környezetvédelmi megfelelőségének igazolására, tekintettel arra, hogy a fenti dokumentumokban szereplő elemzéseket az illetékes hatóságok elfogadták és jóváhagyták.

2.3.3.2.1. Veszélyes anyagok, talajszennyezés

Az atomerőmű katasztrófavédelmi engedélyezést megalapozó biztonsági jelentés az alábbi létesítményeket választotta ki további elemzésre:

- Az I. és a II. dízelgépház további elemzése a gázolaj, mint ökotoxikus anyag jelenléte kapcsán – HAZOP-ot (Hazards and Operability Analysis – veszély- és működőképesség elemzés) követően nem tárgyalja tovább a jelentés.
- A sótároló szín (ammónium-hidroxid tárolás) – HAZOP-ot követően nem tárgyalja tovább a jelentés.

– A hidrazint a primerkörbe szállító csővezeték rendszer, mivel ezen létesítmény toxicitási értéke adódott a legnagyobbnak, az anyag lehetséges karcinogén hatású és az üzemi terület határától való legkisebb távolsága 40 m. A vizsgált esemény során az NA50 udvartéri csővezeték nem kizárható szakaszán csőtörés történik. A forgatókönyv szerint a csővezetékre hígítást követően egyszerre feladott 200 g/l koncentrációjú hidrazin-hidrát teljes mennyisége, 1,8 m^3 a környezetbe jut. Ez az elméletileg kijutó maximális mennyiség. A pillanatok alatt kijutó hidrazin-hidrát oldat a csővezeték alatt 300 m^2 területen tócsába gyűlik össze.

Kiindulva az atomerőmű üzemeléséhez kötődően korábban bekövetkezett, a talajminőséget érintő havária események jellemzőiből (*4. melléklet 4.1.4-1. táblázat*), az erőműben használt szennyezőanyagok talajra, talajba kerülése felszín alatti tartályok, szerelvények sérülése következtében is előfordulhat.

2.3.3.2.2. Vízszennyezés

Vízszennyezésre az alábbi havária esetekben kerülhet sor:

- Szállítási balesetek, vegyszer vagy olaj kiömlés esetén szennyezés juthat az udvartéri csapadékvíz csatornahálózatba. Az erőmű területén lévő burkolt felületekről összegyűlő csapadékvíz a kiépített csapadékgyűjtő rendszerbe kerül, ahonnan a melegvíz-csatornába kerül bevezetésre a déli övcsatorna szivattyúházán keresztül:
  – A melegvíz-csatornába jutó maximális olaj mennyiség (kenőolaj, hidraulika olaj, fáradtolaj) 0,5 m^3, figyelembe véve a szállítási módokat és a szennyezés elhárítási intézkedéseket.
  – A melegvíz-csatornába jutó maximális vegyszer mennyiség 0,5 m^3, figyelembe véve a szállítási módokat és a szennyezés elhárítási intézkedéseket.
    Vegyszer típusok: salétromsav (HNO_3) 58-68%,
    hidrazin-hidrát ($N_2H_4 \cdot H_2O$) 55%,
    ammónium-hidroxid (NH_4OH) 25%,
    nátrium-permanganát ($NaMnO_4$),
    hidrogén-peroxid (H_2O_2).
- Kommunális szennyvíztisztító meghibásodás:
  Kommunális szennyvíztisztító meghibásodás következtében 1 napig maximum 300 m^3 tisztítatlan kommunális hulladékvíz melegvíz-csatornába jutásával kell számolni.
- Turbina gépházi olajrendszer meghibásodása:
  Nagy árasztásos üzemzavar és 12 m^3 feletti olajfolyás esetén turbinaolaj kerülhet a zárt szelvényű melegvíz-csatornába. A melegvíz-csatornába az esetleges üzemzavar során maximálisan kijutó olajmennyiség 15 m^3-re becsülhető.

2.3.3.2.3. Tűzesetek

Tűzesetek az alábbiak szerint alakulhatnak ki:

– A veszélyes és ipari hulladékgyűjtőben tárolt hulladékok égése.
– Főtranszformátor tűz (több szintű védelemmel ellátva).
– Fő olajtartály vagy gravitációs olajtartály tüze (több szintű védelemmel ellátva).

2.3.3.3. A környezeti hatásvizsgálatban vizsgált havária események

A fentiekben bemutatott lehetséges havária események közül a környezeti hatásvizsgálatban a *2.3.3.3-1. táblázatban* felsoroltak kerültek kiválasztásra, részletes elemzésre a táblázatban megjelölt szakterületeken. A KHT-ban vizsgálandó havária esetek kiválasztásának elve az volt, hogy a vizsgálandó esemény az okozott környezeti hatás tekintetében burkolja ez egyéb, szóba jöhető havária esetek hatásait.

2.3.3.3-1. táblázat: A környezeti hatásvizsgálat során vizsgálatra javasolt

Havária esemény	Érintett környezeti elem, rendszer						
	Levegő	**Felszíni víz**	**Talaj, talajvíz**	**Felszín alatti vízbázis**	**Élővilág**	**Zaj**	**Hulladék**
2.6 Külső villamos betáplálás és belső váltóáramú betáplálás egyidejű elvesztése – mind a 4 blokkon*	X					X	
Veszélyes anyagok talajra, talajba kerülése (felszín alatti tartályok, szerelvények sérülése következtében a legjellemzőbb forrásoknál), olajszennyezés			X		X		X
Radioaktív izotópokat tartalmazó anyagok talajba szivárgása technológiai meghibásodásból eredően			X				
Vízszennyezés a melegvíz-csatornán keresztül, kommunális szennyvíztisztító meghibásodása (300 m^3/d tisztítatlan szennyvíz Dunába kerülése a melegíz csatornán keresztül)		X		X (közvetett)			

* Figyelembe véve, hogy mely biztonsági berendezések indulnak el és mely normál működésűek állnak le a havária esemény során.

2.4. Környezetvédelmi létesítmények és intézkedések, a kibocsátás- és környezetellenőrző rendszerek

2.4.1. A környezeti kibocsátások és környezet állapotának ellenőrzése

A Paksi Atomerőmű a Baranya Megyei Kormányhivatal által a 391-18/2017 iktatószámon, 2017. június 9-én kiadott egységes szerkezetbe foglalt környezetvédelmi engedélyében és módosításaiban rögzített feltételek mellett üzemel. Az atomerőmű több évtizede üzemelő létesítmény, a működéséhez köthető környezeti hatótényezők, hatások, hatásfolyamatok ismertek. A környezeti kibocsátások és a környezet állapotának ellenőrzése érdekében végzett tevékenységek biztosítják az erőmű környezeti hatásainak nyomonkövethetőségét és a környezetvédelmi előírásoknak való megfelelés ellenőrizhetőségét azáltal, hogy részletes és naprakész információkat szolgáltatnak a kibocsátásokról és a környezet állapotáról. Az atomerőmű tevékenységét a környezetvédelmi területre vonatkozóan is szabályzatok és eljárásrendek szabályozzák, amelyek közül egyeseket – az illetékességnek, illetve a jogszabályi előírásoknak megfelelően – a környezetvédelmi hatóság hagy jóvá.

A bevezetett és alkalmazott környezetvédelmi intézkedések, eljárások, ellenőrzések alapvetően a TÜH időszakára vonatkozóan is megfelelőek és alkalmasak az atomerőmű környezeti kibocsátásainak, illetve az erőmű környezete állapotának nyomonkövetésére. A jövőbeli jogszabályváltozás, az atomerőmű rendszereit érintő jelentős átalakítás vagy a környezeti feltételekben beálló esetleges változások esetén az erőmű környezetvédelmi intézkedéseit, eljárásrendjeit és alkalmazott gyakorlatát szükség szerint felülvizsgálják és indokolt esetben módosítják, vagy kiegészítik. Ennek biztosítékaként az atomerőmű az MSZ EN ISO 14001:2015 szabvány szerint tanúsított Környezetközpontú Irányítási Rendszert működtet.

A meglévő környezetellenőrző tevékenységet az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. természetesen a TÜH időszakára kiterjesztve is folytatni fogja. A TÜH előkészítéseként végrehajtani tervezett, a *2.2.2. fejezetben* bemutatott átalakítások miatt a környezeti kibocsátások ellenőrzésével kapcsolatos egyes tevékenységek kiegészítése is szükségessé válik.

Az atomerőmű környezetvédelmi engedélyében előírt és az atomerőmű üzemeltetéséhez kapcsolódóan végzett legfontosabb környezetellenőrző tevékenységek, intézkedések a következők:

Radioaktív sugárzások elleni védelem

- Az élővilág sugárterhelésének vizsgálata:
  Ötévente megismételve a kiválasztott mintavételi helyekről a vizsgálati évben két alkalommal (tavasz, ősz) vesznek mintát és a mintákból ^{3}H, és gamma-spektrometriai méréseket végeznek. A gamma-spektrometriai mérési eredményeket minden olyan izotópra megadják, ami az erőműből rendszeresen kibocsátásra kerül (pl. ^{54}Mn, ^{58}Co, ^{60}Co, ^{134}Cs, ^{137}Cs).
- Az atomerőműből kibocsátott radioaktív izotópok környezeti közegekben végbemenő akkumulációjának nyomon követése:
  Az élővilág sugárterhelésének vizsgálatával azonos mintavételi pontokon, szintén 5 éves gyakorisággal a talaj, illetve Duna üledék gamma-spektrometriai mérést végeznek. A gamma-spektrometriai mérési eredményeket minden olyan izotópra megadják, ami az erőműből rendszeresen kibocsátásra kerül (pl. ^{54}Mn, ^{58}Co, ^{60}Co, ^{134}Cs, ^{137}Cs).
- Radioaktív kibocsátások ellenőrzése:
  A radioaktív kibocsátások meghatározására kibocsátás-ellenőrzési rendszert működtetnek. Az erőmű radioaktív kibocsátásainak ellenőrzését a mindenkor érvényes Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzatban (KiESZ) foglaltaknak megfelelően végzik.
- A radioaktív kibocsátások környezeti hatásainak ellenőrzése:
  A radioaktív kibocsátások környezeti hatásainak ellenőrzésére környezetellenőrző rendszert működtetnek. Az erőmű környezetének ellenőrzését a mindenkor érvényes Környezetellenőrzési Szabályzatban (KöESZ) foglaltaknak megfelelően kell végezni.

Vízvédelem

Az atomerőmű felmelegedett hűtővizének és szennyvizének a Duna vízminőségére és élővilágára gyakorolt hatását a Víz Keretirányelv elvárásainak megfelelő monitoring rendszerrel ellenőrzik. Az ellenőrző vizsgálatokat háromévente, évszakonként végzik. A Dunára nézve az ökológiai állapot jellemzéséhez a következő élőlénycsoportok, és kémiai jellemzők vizsgálatára kerül sor:

- Élőlénycsoportok:
  - fitoplankton: összetétel, egyedsűrűség,
  - fitobentosz: összetétel, egyedsürűség,
  - makrozoobenton: összetétel, egyedsürűség,
  - halak: összetétel, sokaság, korszerkezet,
- Kémiai jellemzők (víz):
  - oxigénforgalom mutatói (oldott oxigén, BOI, KOI),
  - fő kationok és anionok,
  - elektromos vezetőképesség,
  - lebegőanyag- és szervesanyag-tartalom;
  - szerves mikroszennyezök,
  - növényi tápanyagok,
  - a-klorofill,
- Kémiai jellemzők (üledék):
  - szerves mikroszennyezők.

A vizsgálatokat az alábbi szelvényekben háromévenként, évszakonként végzik:

- 1534,0 fkm Paks komp bal, jobb part, közép,
- 1525,8 fkm melegvíz-csatorna torkolati szelvény jobb part, közép,
- 1526,2 fkm nagy sarkantyú bal, jobb part, közép,
- 1525,0 fkm Uszód bal, jobb part, közép,
- 1516,0 fkm Gerjen-Foktő bal, jobb part, közép.

Az erőmű vízfelhasználásának csoportjai a következők:

- hűtésre használt vizek, amelyek maradéktalanul visszajutnak a befogadó Dunába,
- technológiai pótvízellátás,
- szociális vízellátás,
- tűzivízellátás.

Az erőmű hűtővizét és a technológiai pótvízelőkészítőben felhasznált nyersvizet a Dunából, az ivóvízigényt a csámpai kutakból (rétegvíz), a tűzivízrendszer vízellátását parti szűrésű kutakból biztosítják.

A melegvíz-csatorna torkolati energiatörő műtárgyában kialakított V4 mintavételi hely (*2.4.1-1. ábra*) szolgál mind a hatósági, mind az önkontrollmintázás biztosítására. A mintavételi hely a Dunába vezetett összes használt víz és a tisztított szennyvíz együttesének (eredőjének) minőségét reprezentálja.



2.4.1-1. ábra: A V1, V2, V3 és V4 jelű mintavételi állomások elhelyezkedése

A hidegvíz-csatorna mellett kiépített V1 jelű mintavételi hely a Duna, a melegvíz-csatorna végén lévő V2 mintavételi hely a kifolyó kondenzátor, biztonsági és technológiai hűtővíz, a zagytéri medencékből átemelt víz, valamint a Déli övárokból átemelt csapadékvíz radiometriai jellemzőit ellenőrzi folyamatosan. A kidobó vezetéken távozó tisztított fekáliás szennyvíz és a mérlegen felüli vizek együttes jellemzőit a V3 mintavételi hely berendezései mérik. Mindegyik állomáson (*2.4.1-1. ábra*) folyamatos mintavétel is történik laboratóriumi vizsgálatok céljából. Az érvényes monitoringprogram keretében a vízjogi engedélyben határértékkel meghatározott valamennyi paramétert ellenőrzik.

A Duna élővilágának a hőterhelés elleni védelme

A hűtés céljából kivett Duna víz és a kibocsátásra kerülő felmelegített hűtővíz (kibocsátási ponton) hőmérsékletét folyamatosan mérik. Amennyiben a Duna vízhőmérséklete a paksi vízmérce szelvényben az Országos Vízjelző Szolgálat naponkénti előrejelzése szerint várhatóan a 25°C-

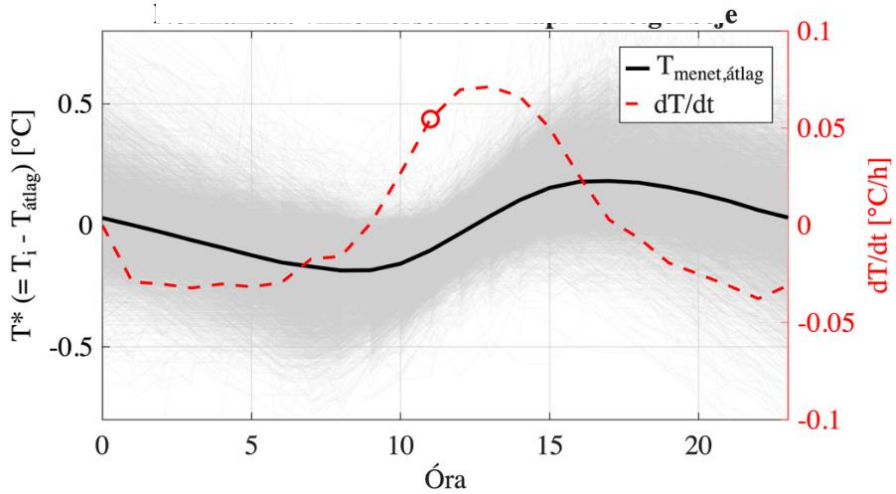
ot eléri vagy meghaladja, a Duna 1525,5 fkm szelvényében kézi méréssel a 30°C-os korlát betartását ellenőrzik.

Az atomerőmű jelenleg érvényes, 391-18/2017 iktatószámú környezetvédelmi engedélye szerint a 30°C-os hőkorlát betartását *„A Paksi Atomerőmű hőterheléséhez kapcsolódó üzemviteli rendszer továbbfejlesztése és az elkeveredés javításának vizsgálata”* tárgyában a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME), Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék által készített tanulmányban foglalt módszertan szerint kell ellenőrizni.

A környezetvédelmi hatóság az előzetes konzultációt lezáró 383-100/2024. iktatószámú véleményében előírta a fenti, 2010 szeptemberében készült tanulmányban foglalt módszertan felülvizsgálatát. Az előírt felülvizsgálatot a BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék 2025 folyamán elvégezte. A mérési módszertan célja a jogszabályi megfelelés folyamatos biztosítása, valamint az erőmű esetleges visszaterhelésének kijelölése a környezeti változók figyelembevételével. A felülvizsgálat alapján megállapításra került, hogy a jogszabályban meghatározott feltételrendszert alapul véve a jelenlegi mérési és értékelési módszertan továbbra is megfelelő, tekintettel arra, hogy kifejezetten ezen szempontok figyelembevételével került kialakításra.

Az atomerőmű magas Duna víz hőmérséklet esetén alkalmazandó eljárásrendje szerint, amikor a Duna vízhőmérséklete az Országos Vízjelző Szolgálat napi jelentése szerint a 25°C-ot eléri, illetve azt meghaladja, annak észlelésétől számított 4 órán belül a Kormányhivatalt írásban értesíteni kell. Amennyiben a Duna vízhőmérséklete 11:00 órakor a 25°C-ot eléri, illetve azt meghaladja, úgy a referencia szelvényben mérőhajóról, kézi méréssel kell ellenőrizni a 30°C-os hőkorlát folyamatos betartását. A Kormányhivatal számára biztosítani kell a rendkívüli méréseken való részvétel lehetőségét.

A 11:00 órás mérés előnye, hogy jól reprezentálja a Duna napi hőmérsékleti alakulását, miközben lehetőséget biztosít az időben történő üzemeltetési beavatkozások megtételére. Bár ebben az órában még nem a napi maximum hőmérsékletet rögzítik, a múltbeli statisztikai adatok (Paksi vízmérce, 2000-2025) alapján a vízhőmérséklet ekkor már megközelíti a napi átlagot (ami üzemeltetési szempontból egy fontos indikátor), és a melegedés üteme is közel a legmeredekebb szakaszán van (*2.4.1-2. ábra*).



2.4.1-2. ábra: Normalizált vízhőmérsékletek napi menetgörbéje

Az előírt mérési időpont kettős előnnyel jár. Egyrészt pontos képet nyújt a napi átlagos hőmérsékleti viszonyokról, másrészt lehetővé teszi a szükséges üzemeltetési döntések (pl. az erőmű visszaterhelése) időben történő meghozatalát, még mielőtt a maximális vízhőmérséklet bekövetkezne. Ezzel nemcsak a folyó hőterhelésének kontrollja válik hatékonyabbá, hanem a környezeti kockázatok is mérsékelhetők, mivel időt biztosít a szükséges üzemviteli intézkedések előkészítésére.

Az erőmű felmelegedett hűtővizének és szennyvizének a Duna vízminőségére és élővilágára gyakorolt hatását a Víz Keretirányelv elvárásainak megfelelő rendszerrel háromévente ellenőrzik.

A környezetvédelmi engedélyben előírt módon, a vegetációs időszakban kerül sor a vizsgálatokra.

Az üzemelő és távlati jelentőségű parti szűrésű vízbázisok védelme

Az erőmű a használtvíz kibocsátás által érintett Duna-szakaszon üzemelő és távlati jelentőségű parti szűrésű vízbázisok védelme érdekében (felszín alatti vizekre gyakorolt hatások ellenőrzése) kialakított monitoringrendszert működtet a mindenkor érvényes vízjogi engedélyben foglaltak szerint.

Az erőmű talajvízre és talajra gyakorolt hatását kiterjedt talajvízfigyelő kútrendszerrel ellenőrzik. A monitoringrendszerben 42 db talajvízfigyelő kutat vizsgálnak különböző – az ellenőrzött technológiától függő – paraméterre. A talajvíz és az esetleges szennyezések mozgásának követése érdekében 118 kút vízszintjét regisztrálják, köztük 18 db kútban automatikus vízszintregisztráló berendezés működik.

A potenciális környezetszennyező források ellenőrzése érdekében az alábbi létesítmények környezetének monitoringját végzik:

- hulladék üzemi gyűjtőhely,
- ipari zagytér,
- föld alatti olajtartályok,
- kommunális hulladékvíz-rendszer.

A Duna meder és a partfal állapotának nyomon követése

A Duna medre és a partfal állapota változásainak nyomon követésére a korábban elvégzett vizsgálatokat 10 évente ismételten elvégzik.

Az ABOS 4 osztályba sorolt rendszerek állapotának ellenőrzése

A meghibásodásuk esetén a környezetet veszélyeztető ABOS 4 osztályba sorolt rendszerek öregedésével kapcsolatosan létrehozott ellenőrzési program eredményei és az ahhoz kapcsolódó karbantartási (felújítási) ütemterv, valamint a környezetre gyakorolt hatások vizsgálatának programja ötévenkénti gyakorisággal átadásra kerül a környezetvédelmi hatóság részére.

Hulladékgazdálkodás

Az erőmű hulladékgazdálkodással kapcsolatos céljait – a keletkező hulladékok mennyiségének, veszélyességének csökkentését, a keletkező hulladékok minél nagyobb arányú hasznosítását, a hulladékok szelektív gyűjtési rendszerének továbbfejlesztését – a környezetvédelmi és gazdaságossági szempontok figyelembevételével, ütemezetten teljesíti az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

Levegőtisztaság-védelem, légszennyező pontforrások üzemeltetése

A biztonsági dízelgenerátorok üzemeltetési ideje évente 50 óra alatt van. Tüzelőanyagként csak alacsony (0,05 m/m% alatti) kéntartalmú gázolaj kerül felhasználásra. A környezetvédelmi engedélyben rögzített légszennyező anyagokra vonatkozóan a légszennyező pontforrásokra vonatkozó kibocsátási határértékek teljesülését akkreditált mérőszervezettel végeztetett szabványos emisszióméréssel ötévente ellenőrzik.

Zaj elleni védelem

A mindenkor érvényes jogszabályi előírások szerinti zajterhelési határértékek betartásáról az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. gondoskodik.

A környezeti kibocsátások ellenőrzését érintő tervezett kiegészítések

A TÜH előkészítése keretében az atomerőműben tervezett, a *2.2.2. fejezetben* bemutatott átalakítások közül az alternatív melegvíz-csatorna szakasz, illetve a kihelyettesítő biztonsági dízelgenerátor üzembe lépése miatt a kibocsátás- és környezetellenőrző tevékenység kiegészítése válik szükségessé.

Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz tervezett megépítésével az erőműből a Dunába egy új vízbevezetési pont létesül a meglévőtől déli irányban kb. 350 m távolságra, a meglévőhöz hasonló kialakítású energiatörő műtárgy megépítésével (*2.2.2.1. fejezet*). Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz új dunai bevezetési helyén ezért – a meglévő melegvíz-csatorna Dunába való becsatlakozása előtt jelenleg végzett vízminőségi mérésekkel (V2, V3, V4 mintavételi állomás) egyenértékű – új mérési, illetve vízmintavételi hely kialakítása tervezett. Az új mérési helyen vizsgált vízminőségi jellemzők köre, a mérés módja meg fog egyezni a meglévő V4 mintavételi helyen alkalmazottal.

Tekintettel arra, hogy a létesíteni tervezett kihelyettesítő biztonsági dízelgenerátor – a meglévő biztonsági dízelgenerátorokhoz hasonlóan – helyhez kötött légszennyező pontforrásnak minősül, a környezetvédelmi engedélyben rögzített légszennyező anyagokra vonatkozóan a kibocsátási határértékek teljesülése ötévente, akkreditált mérőszervezettel végeztetett szabványos emisszióméréssel kerül ellenőrzésre.

2.4.2. A radioaktív kibocsátás- és környezetellenőrző rendszer felépítése és működése

Az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről szóló 15/2001. (VI. 6.) KöM rendeletben előírt kibocsátás- és környezet-ellenőrzés általános feladata, hogy az atomerőmű minden üzemállapotában kellő mennyiségű és megbízhatóságú közvetlen mérési adatot szolgáltasson a várható környezeti hatások megítéléséhez, adott esetben a szükséges intézkedések meghozatalához. A Paksi Atomerőmű esetében a Baranya Vármegyei Kormányhivatal által jóváhagyott Kibocsátás Ellenőrzési és Környezet Ellenőrzési Szabályzat tartalmazza az ellenőrzések rendjét. Az ellenőrzésekhez tartozó vizsgálatokat az atomerőmű Kibocsátás-ellenőrző Laboratóriuma és a Környezetellenőrző Laboratóriuma hajtja végre.

2.4.2.1. A kibocsátás-ellenőrzési rendszer működése és felépítése

Az atomerőmű folyékony és légnemű kibocsátásainak vizsgálatát kétszintű ellenőrzés jellemzi. Az üzemi kibocsátás-ellenőrző távmérő rendszerek folyamatos, tipikusan integrális mérési adatait mintavételes ellenőrzés keretében a kibocsátásokból vett nagy számú minta laboratóriumi vizsgálatával egészítik ki.

A távmérő rendszerek a folyékony és légnemű radioaktív kibocsátások monitorozására és a kibocsátásokban bekövetkező változások gyors nyomon követésére alkalmasak.

A mintavételes kibocsátás-ellenőrzés terjedelmét, a minták feldolgozási technikáját és az elérhető jellemző kimutatási határt normál üzemre vonatkozóan a *2.4.2.1-1. táblázat* foglalja össze.

A hatósági korlátok rendszerét alkalmazzák, amely az atomerőműre meghatározott dózismegszorításból (90 µSv) származtatott izotópspecifikus kibocsátási korlátokhoz hasonlítja mind a folyékony, mind a légnemű kibocsátott aktivitást.

2.4.2.1-1. táblázat: A radioaktív anyagok kibocsátásának mintavételes laboratóriumi sugárvédelmi ellenőrzése

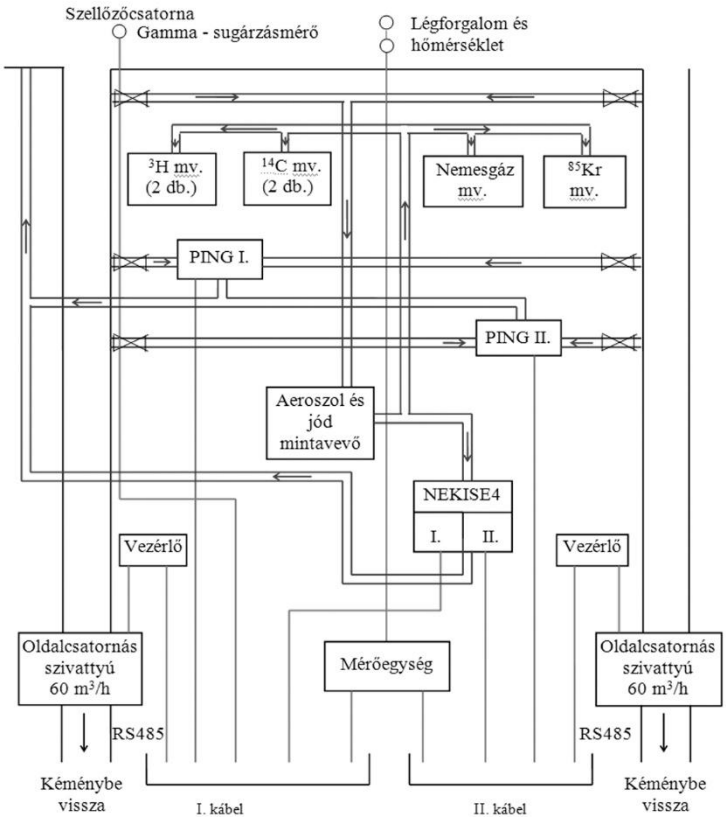
Vizsgálati irány		Mérés gyakorisága	Minták száma évente	Mintafeldolgozás	Mintaméret	Mérési módszer	Mérési idő [s]	Kimutatási határ [Bq/dm^3]
Folyékony kibocsátás								
Összes-béta	tartályból	Napi (igény szerint)	1 000	Bepárlás (100 cm^3)	f = 50 mm tálka	Összes-béta számlálás	3 000	3
	V1, V2, V3	Munkanapokon*	1 100	Bepárlás (300 cm^3)	f = 60 mm tálka		10 000	0,05
Izotóp-összetétel	tartályból	Heti	208	–	1 dm^3 Marinelli	Gamma-spektrometria	50 000	0,5
	V1, V2, V3	Havi*	36	Bepárlás (30x500 cm^3)	35x35x5 mm		50 000	0,001
Trícium	01/02TM50	Heti és havi	256	Desztilláció	20 cm^3 követta	Folyadékszcintillációs számlálás	3x60	200
	XZ, RJ-RZ						3x600	9
	V1, V2, V3	Havi*	36				18 000	2
Radiostroncium	tartályból	Negyedéves	12	Kémiai elválasztás	20 cm^3 követta	Folyadékszcintilláció	36 000	0,03
	V1, V2, V3	Negyedéves*	12		f = 50 mm tálka	Béta-számlálás	50 000	0,001
Radiokarbon	tartályból	Negyedéves	12	Kémiai elválasztás	20 cm^3 követta	Folyadékszcintilláció	3600	0,1
	V1, V2, V3	Negyedéves	12				3600	0,1
Alfa-sugárzók	tartályból	Negyedéves	16	Kémiai elválasztás	f = 25 mm korong	Alfa-spektrometria	50 000	0,0001
Összes-alfa	tartályból	Napi (igény szerint)	280	Bepárlás	f = 50 mm tálka	Összes-alfa számlálás	3600	0,25
	V1, V2, V3	Negyedéves	12	Kémiai elv. (150 cm^3)	f = 25 mm korong	Alfa-spektrometria	60 000	0,01
Röntgen-sugárzók	tartályból	Negyedéves	16	Bepárlás (1000 cm^3)	5 cm^3 mintatartó	Röntgen-spektrometria	50 000	0,4
Légnemű kibocsátás								
Aeroszol, radiojód		Munkanapokon	1 464	–	f = 50 mm tálka	Gamma-spektrometria	5 000	0,01
		Heti	416				50 000	0,0004
Radiostroncium		Negyedéves	12	Kémiai elválasztás	20 cm^3 követta	Folyadékszcintilláció	36 000	$1x10^{-5}$
Nemesgáz		Munkanapokon	520	–	7,32 dm^3 palack	Gamma-spektrometria	5 000	$5x10^3$
Trícium	HTO, HT	Kétheti	240	Deszorpció	20 cm^3 követta	Folyadékszcintilláció	3x600	0,05
Radiokarbon	C_nH_m	Kétheti	224	Kémiai elválasztás	20 cm^3 követta	Folyadékszcintilláció	1 200	0,4
	CO_2						3 600	0,25

* A vizsgálatokat a Környezetellenőrző Laboratórium végzi.

2.4.2.1.1. A Légköri kibocsátás ellenőrzése

Az atomerőművi blokkok üzemelése során a hatóságok által engedélyezett útvonalon és mértékben radioaktív anyagok kerülhetnek a környezetbe. A kibocsátások ellenőrzése normál üzemi körülmények között a radioaktív izotópok kibocsátására vonatkozó hatósági korlátok betartásának dokumentált igazolását szolgálják. Üzemzavari vagy baleseti radioaktív kibocsátáskor a várható környezeti sugárzási viszonyok becsléséhez nyújtanak támpontot.

A szellőzőkéményen át kibocsátott levegő sugárvédelmi ellenőrző rendszerének elvi sémája az *2.4.2.1.1-1. ábrán* látható.



Forrás: Deme Sándor és Pesznyák Csilla (szerk.): Sugárvédelem a gyakorlatban, Typotex Kiadó, 2024.

2.4.2.1.1-1. ábra: A légköri kibocsátás ellenőrző rendszer elvi sémája

A levegőmintavételi- és áramlásmérő-rendszer felépítése

Izokinetikus mintavevő rendszer

Az izokinetikus mintamérő rendszerben egymástól két teljesen független izokinetikus mérőkör működik egymással párhuzamosan normál működés esetén. A mérőkörök alkalmasak arra, hogy külső parancs hatására egymást kiváltsák. A mérőkörök feladata a kéménykibocsátás-ellenőrző mérőeszközök ellátása a főszellőző csatornában áramló levegőből izokinetikus és reprezentatív mintával, valamint a központi számítógép felé az éppen aktuális, pillanatnyi mintavételi értékek közlése.

Levegősebesség / térfogatáram-mérő rendszer

A levegősebesség / térfogatáram-mérő rendszer két levegősebesség / térfogatáram-mérő mérőkörből áll, amiknek közös elemei a sebességmérő szondák. A főlevegőáram sebességének mérési pontjai az MSZ ISO 9096:1994 és a VDI 2066 jelű szabványok alapján vannak meghatározva 9 ponton. A levegősebesség / térfogatáram-mérő mérőkör feladata: a primerköri helyiségekből a szellőzőhídon átáramló főlevegő áramsebességének és térfogatáramának folyamatos és hosszú idejű mérése, valamint a központi számítógép felé az éppen aktuális, pillanatnyi értékek (kiépítésenként 2x9 db légsebesség) közlése.

Távmérő rendszerek

PING rendszer

Kéménypáronként két ún. PING rendszer található, mindkét PING egymástól független, teljesen azonos felépítésű párhuzamos ágból áll, mindkettőt az izokinetikus mintavevő rendszer látja el a szellőzőhídból származó levegőmintával. A PING rendszer a kibocsátott levegőben lévő aeroszolok α- és β aktivitáskoncentrációjának, az elemi és szerves fázisú radiojód ^{131}I γ-aktivitáskoncentrációjának és a radioaktív nemesgázok összes-β-aktivitás-koncentrációjának a mérésére szolgál. Három önálló, de légáramlás szempontjából sorban kapcsolt műszerből áll, ezek a radioaeroszol-mérő, az elemi és szerves formájú radiojód-mérő és a radioaktív nemesgáz-mérő. Az izokinetikus levegőmintavevőből a levegőminta először az aeroszol-, majd a jód-, végül a nemesgázmérőbe kerül. A nemesgázmérő egységben lévő szivattyú a mért levegőt visszajuttatja a kéménybe.

NEKISE rendszer

A kéménypáronként azonos felépítésű, folyamatos működésű gamma-spektrometriai mérőrendszer (NEKISE) alkalmas a nemesgáz kibocsátások izotópszelektív mennyiségi mérésére. A szellőzőhídból származó levegőminta az izokinetikus mintavevő rendszeren keresztül, a kombinált mintavevőkön (aeroszol, elemi- és szerves-jód szűrők) áthaladva, a három párhuzamos ág egyesítése után jut le a kémény aljában elhelyezett alacsony hátterű mérőkamrába, ahol két HPGe (nagytisztaságú germánium) félvezető detektor található.

A mért nemesgázizotópok: ^{85m}Kr, ^{88}Kr, ^{133}Xe, ^{135}Xe, ^{41}Ar.

Egészségügyi épületi légnemű kibocsátás-ellenőrző rendszer

A rendszer az egészségügyi épületben található leszívó szellőző rendszerek ellenőrzésére szolgál. A rendszer egy folyamatos α- és β-sugárzó aeroszolmérőből és a vele sorba kötött folyamatos radiojódmérő készülékből épül fel.

Kéménykibocsátás-ellenőrző laboratóriumi mintavevők

A laboratóriumi mintavevő rendszer alkalmas aeroszolok és nemesgáz, különböző kémiai formájú radiojódok, trícium és radiokarbon folyamatos mintázására. A laboratóriumi mintavevő rendszer lehetővé teszi mind az üzemi, mind a hatósági mintavételezést. A radioaktív anyagok mintavételes laboratóriumi ellenőrzésének összefoglalását a *2.4.2.1-1. táblázat* tartalmazza.

Kombinált mintavevő egység

A berendezés két fő részegysége a szűrőtartó egység és a hozzá tartozó szivattyú egység. A szűrők tokokban vannak elhelyezve a következő sorrendben: legfelül aeroszol szűrő, alatta elemi jódszűrő, s legalul szerves jód szűrésére szolgáló aktív szenes szűrőbetétet tartalmazó szűrő. A berendezésbe beépített cseppmentesítő biztosítja, hogy az elemi jód és a szerves jód megkötésére szolgáló szűrőkbe ne juthasson olyan levegő, melyben a víz folyékony fázisban is jelen van. A mintavétel folyamatos, az aeroszol és jódszűrők cseréje napi, és heti, a jódpatronok cseréje heti gyakoriságú.

Mintavétel után az aeroszol- és jódszűrők, valamint a szerves jódokat megkötő patronok izotóp-összetételének meghatározása gamma-spektrometriával történik.

Trícium mintavevő

Mintavevő berendezés egyedi fejlesztésű 2 db molekulaszitával töltött adszorpciós oszlop. Az aeroszolok kiszűrése után az egyik oszlop a HTO megkötésére, a másik a HT – hidrogéngáz katalitikus oxidációja utáni – megkötésére szolgál. Kéményenként 2 darab mintavevő üzemel.

A feldolgozott mintákból a kéménylevegő trícium-aktivitáskoncentrációjának meghatározása folyadékszcintillációs méréstechnikával történik.

Radiokarbon mintavevő

Mintavevő berendezés: egyedi fejlesztésű, 2 db buborékoltató oszloppal ellátott készülék. Az aeroszolok kiszűrése után az egyik a szén-dioxid (CO_2) megkötésére, a másik a szén-dioxid és

a szénhidrogének (C_nH_m + CO_2), katalitikus oxidáció utáni megkötésére szolgál. Kéményenként 2 darab mintavevő üzemel.

A feldolgozott mintákból a kéménylevegő radiokarbon aktivitáskoncentrációjának meghatározása folyadékszcintillációs méréstechnikával történik.

Nemesgáz mintavevők

Két darab folyamatos mintavevő van, az egyik munkanapokon cserélt, a levegő nemesgáz izotópösszetétel laboratóriumi meghatározásának, míg a másik havi gyakorisággal cserélt, a ^{85}Kr laboratóriumi meghatározásának céljából.

Az izotópösszetétel meghatározása gamma-spektrometriával, a ^{85}Kr-aktivitás meghatározása pedig proporcionális számlálási módszerrel történik.

Aeroszol mintavétel

A szűrőtartó egységben elhelyezett aeroszol szűrő az előzőekben ismertetett mintavevőkre menő levegőminta előszűrését végzi. A szűrő a rutin vizsgálatokhoz végrehajtott mintavételi programban nem szerepel, de igény szerint, például alfa-sugárzók ellenőrzésére felhasználható. A mintavétel folyamatos, a szűrőcsere havi gyakoriságú.

Egészségügyi épületi mintavételi rendszer

Az egészségügyi épületi primerköri szellőzőrendszer kimenetének mindegyikéhez külön mintavételi ág tartozik, összesen 14 db. A technológiai szűrősorral rendelkező szellőző-rendszerek egy részénél folyamatos monitorozó rendszer épült ki, másik részüknél a mintázás aeroszol és jódszűrővel történik. A mintavétel folyamatos, a szűrőcsere negyedéves gyakoriságú, amennyiben a távmérő rendszer a háttérnél magasabb értéket mutat, azonnali szűrőcserét hajtanak végre.

Mintavétel után az aeroszol- és jódszűrők izotóp-összetételének meghatározása gamma-spektrometriával történik, valamint negyedéves gyakorisággal radiostroncium meghatározást végeznek.

2.4.2.1.2. A folyékony kibocsátás ellenőrzése

A Paksi Atomerőmű radioaktív anyagokat tartalmazó vizeinek kibocsátása laboratóriumi méréseken alapuló engedélyeztetéssel történik. A folyékony kibocsátást a különböző kibocsátási útvonalakra telepített távmérő detektorok és a telepített automata mintavevők monitorozzák.

A folyékony kibocsátásokat ellenőrző távmérő rendszer

Az erőműből a felhasznált vizek két útvonalon, a melegvíz-csatornán, valamint a tisztított fekáliás vizeket és a mérleg feletti vizeket kidobó csővezetéken keresztül távoznak a vízbefogadóba, a Dunába. Mind a melegvíz-csatorna vizét, mind a kidobó vezeték vizét a végpontjaikon egy-egy vízmérő állomás ellenőrzi (V2, V3 állomás). Tekintettel arra, hogy a melegvíz-csatorna vize gyakorlatilag a Dunából a hidegvíz-csatornán keresztül kivett víz, a kibocsátási értékek helyes értelmezése céljából a bejövő vizet a hidegvíz-csatorna mellé telepített állomás (V1) ellenőrzi.

A V1 és a V2 állomásoknál a csatornából búvárszivattyúval kiemelt víz egy 400 dm^3 térfogatú, 5 cm vastag ólomárnyékolással ellátott mérőedényben kering, az aktívabb közeget mérő V3 állomáson a mérőedény 30 dm^3-es. Az edény körülbelüli geometriai közepén védőcsőben elhelyezett, temperált, ø65x65 mm-es szcintillációs detektoros mérőfej méri 10 perces időciklusokban a víz összes-γ-aktivitáskoncentrációját. A V3 állomáson hasonló felépítésű és paraméterű mérőberendezéssel ellenőrzik az összes-γ-aktivitáskoncentrációt. A kidobó vezeték mellé telepített tartályból vízkibocsátástól függően szakaszosan működő búvárszivattyúval kiemelt víz csővezetéken jut be az állomás vizes helyiségébe. Itt a víz egy 30 dm^3 térfogatú, hengeres, alul kúpos kiképzésű, 5 cm falvastagságú ólomvédelemmel ellátott edényen áramlik keresztül. A vízmérő állomásokon helyi számítógép végzi az adatgyűjtést, az előfeldolgozást és a kommunikációt a központi SCADA számítógépekkel.

A felszín alatti vizek radioaktív szennyeződésének vizsgálatára monitoring rendszer épült. A vizsgálatok célja, a radioaktív szennyeződések detektálása és a mérési eredmények alapján,

a szennyeződés terjedési modell segítségével a szivárgási helyek meghatározása. A monitoring rendszert talajvíz figyelő kutak hálózata alkotja, amely a figyelő kutakba telepített 20 db folyamatos mintavevőből és 15 db automatikus vízszint regisztrálóból, valamint 35 db havi és negyedéves gyakorisággal mintázott kútból áll. A 20 db folyamatos mintavevővel ellátott kútból speciális kation- és anion-cserélő gyantát tartalmazó mintavevő oszlopok szolgáltatják a laboratóriumi vizsgálatokhoz (izotópszelektív mérésekhez) a mintát, a többi kútból származó mintából csak ^{3}H-aktivitáskoncentráció kerül meghatározásra.

Folyékony kibocsátások mintavételezése

Az atomerőmű üzemeltetése alatt képződő mérleg feletti és hulladékvizek kibocsátásuk előtt ellenőrző tartályokban gyűlnek. A vizek kibocsátását minden esetben megelőzi a szigorú kémiai és radiológiai minősítés. Az ellenőrző tartályokból vett minták összes-β-altivitáskoncentráció és pH mérése alapján kell dönteni a vizek kibocsáthatóságáról. Ezt követően a minták heti, havi és negyedéves archiválásával készített átlagminták feldolgozásával és laboratóriumi mérésével történik az izotópszelektív, pontos kibocsátási adatok meghatározása.

Mérleg feletti vizek tartályparkjának mintázása jelzésre történik, 5 literes mintavételi edénybe. A mintákból összes-β-aktivitást mérnek, valamint egy tartály esetén összes-α-aktivitás-koncentráció meghatározást is végeznek, aminek eredménye alapján döntés születik a víz kibocsáthatóságáról.

A mosodai-, labor- és zuhanyvizeket (01XZ) külön tartályokban gyűjtik. A mintákból összes-β-aktivitást mérnek, aminek eredménye alapján döntés születik a víz kibocsáthatóságáról.

Egyéb technológiai vizek (RJ és RZ) mintázása 2 literes mintavételi edénybe történik. A mintákból összes-β aktivitást mérnek, aminek eredménye alapján döntés születik a víz kibocsáthatóságáról.

2.4.2.1.3. Az alkalmazott mérési módszerek

Az alkalmazott mérési módszerek az alábbiak:

- összes-béta-sugárzás mérése: plasztik kristályos szcintillációs detektor, alacsony hátterű, gázáramlásos proporcionális számláló,
- lágy béta-sugárzók mérése: alacsony hátterű folyadékszcintillációs analizátor,
- gamma-sugárzók mérése: nagytisztaságú germánium (HPGe) félvezetős spektrometriai mérőrendszer,
- összes-alfa-sugárzás mérése: felületi záróréteges (PIPS) detektor.

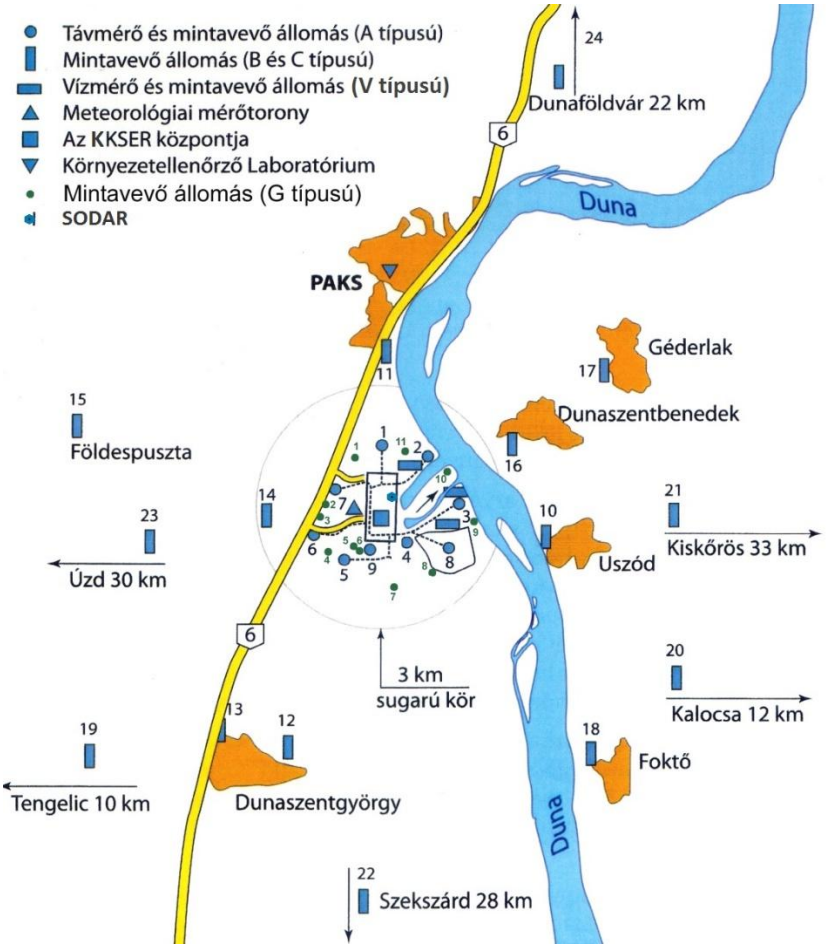
További alfa- és röntgen-spektrometriai mérések megbízásos alapon akkreditált laboratóriumban folynak.

2.4.2.2. A környezet-ellenőrző rendszer működése és felépítése

Az atomerőmű üzemi környezeti sugárvédelmi ellenőrzésének egyik feladata, hogy közvetlen mérésekkel bizonyítsa, az erőmű normál üzemben radioaktív izotópokkal, sugárzásukkal kevésbé terheli a környezetet, mint az elfogadhatónak megállapított érték. További feladata, hogy – elsősorban az üzemi területen végzett méréseivel – hozzájáruljon a környezetet veszélyeztető technológiai rendellenességek feltárásához, kiküszöbölésük után pedig ellenőrizze a környezetveszélyeztetés megszűnését. Végül, egy esetleges üzemzavar környezeti következményeinek megítéléséhez, a lakosságot érintő beavatkozások megalapozásához a környezet sugárzási állapotáról gyorsan, megbízható adatokat szolgáltasson.

A környezet radioaktív terhelésének ellenőrzése céljából a Paksi Atomerőmű egy széleskörűen kiépített üzemi környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszert (ÜKSER) üzemeltet. A rendszert egyrészt távmérő hálózatok, másrészt laboratóriumi mintavételes vizsgálatok alkotják.

A telepített környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszer felépítése a *2.4.2.2-1. ábrán* látható.



Forrás: Manga László, Apáthy István, Deme Sándor, Hirn Attila, Lencsés András, Pázmándi Tamás: A paksi atomerőmű környezeti dózisadatainak analízise, Sugárvédelem Online folyóirat, VIII. Évfolyam 1. szám, 2015.

2.4.2.2-1. ábra: A légköri kibocsátás ellenőrző rendszer elvi sémája

Az A- és B-típusú állomások a légkörbe kikerült radionuklidok környezeti sugárzási hatásának mérésére szolgálnak. A normál üzem nagyon kis sugárzási szintjeinek mérése nagy érzékenységű rendszert igényel, a baleseti szintek viszont a nagy méréshatárt és az adatok azonnali rendelkezésre állását, tehát a távmérést követelik meg. A célkitűzések ezt a kettősséget tükrözik, ezeknek a követelményeknek felel meg a 9 db A- és 1 db B-típusú állomás. A jobb területi lefedés érdekében az A-típusú állomások közé további, 11 db γ-dózisteljesítményt mérő G-típusú állomás került telepítésre.

Az A- és B- típusú állomások funkciói:

- a γ-sugárzás dózisteljesítményének mérése,
- az aeroszolok összes-β-aktivitáskoncentrációjának mérése,
- a jódizotópok elemi és szerves fázisának mérése,
- aeroszol- és jód-mintavétel laboratóriumi mérésekhez,
- levegő-mintavétel a ^{3}H- és a ^{14}C-meghatározására,
- kihullás (fall-out) mintavétel,
- a mért adatok gyűjtése, feldolgozása és továbbítása.

A γ-sugárzás dózisteljesítményének mérésére a BITT gyártmányú szonda szolgál. A széles mérési tartomány (30 $nSv \cdot h^{-1}$-10 $Sv \cdot h^{-1}$) lehetővé teszi a természetes környezeti sugárzás kisebb változásainak követését, valamint a nagy dózisteljesítmény mérését is.

Az aeroszolok összes-ß-aktivitásának mérésére plasztik szcintillátor szolgál $6 \cdot 10^{2}$-$5 \cdot 10^{7}$ $Bq \cdot m^{-3}$ mérési tartománnyal, ugyanilyen detektort használnak az elemi jódizotópok mérésére is. A szerves fázisú jódizotópok γ-sugárzásának mérése NaI(Tl) szcintillációs spektrométerrel történik $6 \cdot 10^{3}$-$5 \cdot 10^{7}$ $Bq \cdot m^{-3}$ mérési tartománnyal.

A G-típusú állomás γ-szondája megegyezik az A-típusú állomáson alkalmazott BITT gyártmányú szondával. A tápfeszültséget helyi akkumulátor szolgáltatja. Az akkumulátorok kezelésmentes üzemét a töltő-szabályozó egységen keresztül napelemek biztosítják. A mért adatok továbbítása rádiós adatátvitel segítségével történik.

Léteznek még az ún. C-típusú állomások, amelyeken TL dózismérőkkel dózismérést végeznek, a kiértékelés havi rendszerességgel történik. Ezeken az állomásokon szükség esetén talaj-, fű- és fall-out minta gyűjtésére van még lehetőség.

Az atomerőmű környezetének üzemi mintavételes sugárvédelmi ellenőrzésében alkalmazott vizsgálatokat a 2023. évben elvégzett vizsgálatok példájával a *2.4.2.2-1. táblázat* mutatja.

Az alkalmazott mérési módszerek az alábbiak:

- összes-béta-sugárzás mérése: alacsony hátterű, gázáramlásos proporcionális számláló,
- lágy béta-sugárzók mérése: alacsony hátterű folyadékszcintillációs analizátor,
- gamma-sugárzók mérése: nagytisztaságú germánium (HPGe) félvezetős spektrometriai mérőrendszer,
- helyszíni mérések: hordozható nagytisztaságú germánium (HPGe) detektor, hordozható dózisteljesítmény-mérő,
- dózismérés: termolumineszcens (TL) mérőrendszer,
- összes-alfa-sugárzás mérése: felületi záróréteges (PIPS) detektor.

További alfa-spektrometriai, radiostroncium és radiokarbon mérések megbízásos alapon akkreditált laboratóriumban folynak.

2.4.2.2-1. táblázat: Az atomerőmű környezetének üzemi mintavételes sugárvédelmi ellenőrzésében alkalmazott vizsgálatok 2023-ban

Mintafajta	Mintavétel Hely (csere) időpont	Mérések száma évente	Feldolgozás		Mérés		Kimutatási határ
			Módszer	Mintaméret, geometria	Módszer	Időtartam [s]	
Aeroszol (jódtávmérő)	10 (A1-A9, B24) hetente	–*	–	∅ 25 mm	gamma-spektrometria	20 000	5 mBq/m^3
Elemi jód (jódtávmérő)	10 (A1-A9, B24) hetente	–*	–	∅ 25 mm	gamma-spektrometria	20 000	5 mBq/m^3
Szerves jód (jód-távmérő, aktív szén)	10 (A1-A9, B24) havonta	–*	dobozolás	∅ 60*50 mm	gamma-spektrometria	20 000	5 mBq/m^3
Aeroszol (nagy térfogatú)	10 (A1-A9, B24) hetente (B24) havonta	520 12	dobozolás radiokémiai (^{90}Sr)	40*40*10 mm	gamma-spektrometria béta-számlálás	50 000 3 000	5 µBq/m^3 1 µBq/m^3
Elemi jód (nagytérfogatú)	10 (A1-A9, B24) havonta	12-120	dobozolás	40*40*10 mm	gamma-spektrometria	50 000	5 µBq/m^3
Szerves jód (akt. sz.) (nagytérfogatú)	10 (A1-A9, B24) havonta	120	dobozolás	Marinelli	gamma-spektrometria	50 000	20 µ Bq/m^3
Levegő HT, HTO	10 (A1-A9, B24) havonta	240	deszorpció	20 cm^3 küvetta	folyadékszcint. számlálás	18 000	1 mBq/m^3
Levegő CO_2, C_nH_m	10 (A1-A9, B24) havonta	240	kémiai elválasztás	proporcionális számlálócső	béta-számlálás	50 000	0,1 mBq/m^3
Fall-out	10 (A1-A9, B24) havonta	120	szárazra párlás	35*35*5 mm	gamma-spektrometria	50 000	0,2 Bq/m^2
Talaj	10 (A1-A9, B24) félévente 14-10 (üzemi terület) évente	20 14 10	szárítás, porítás, homogenizálás radiokémiai (^{90}Sr) mikrohullámú savas felt.	Marinelli (~1-2 kg) ∅ 50 mm tál	gamma-spektrometria béta-számlálás alfa-spektrometria	20 000 10 000	0,5 Bq/kg 0,5 Bq/kg 0,01 Bq/kg
Fű	10 (A1-A9, B24) II., IV. negyedév	20 20	szárítás, porítás, homogenizálás radiokémiai (^{90}Sr)	Marinelli (~0,4 kg) ∅ 50 mm tál	gamma-spektrometria béta-számlálás	80 000 10 000	0,5 Bq/kg 0,5 Bq/kg
Dózis TLD	26 (A, B, C, L, OMSZ) havonta	312	–	Al_2O_3 tabletta	TL kiértékelés	300	5 µSv/hó (5 nGy/h)
Helyszíni mérés	10 (A1-A9, B24) évente	10 10	–	in situ (talajfelszín) 1 m-re (talajfelszíntől)	gamma-spektrometria dózisteljesítmény	5 000 60	30 Bq/m^2 5 nGy/h

Mintafajta	Mintavétel Hely (csere) időpont	Mérések száma évente	Feldolgozás		Mérés		Kimutatási határ
			Módszer	Mintaméret, geometria	Módszer	Időtartam [s]	
Helyszíni mérés	8 (üzemi terület) évente 26 (üzemi terület) félévente	8 52	–	in situ (talajfelszín) útvonal monitoring	gamma-spektrometria dózisteljesítmény	5 000 5 000	30 Bq/m^2 50 nGy/h
Talajvíz	52 kút havonta T58, V205 negyedévente	628 120 120 eseti	desztillálás (^{3}H) ioncserés elválasztás, reg. ioncserés elv., reg. (^{14}C) ioncserés elv., reg. (^{90}Sr)	20 cm^3 követta ∅60 x 30 mm prop. száml. ∅ 50 mm tál	folyadékszcintilláció gamma-spektrometria béta-számlálás béta-számlálás	18000 50000 50000 50000	2,0 Bq/dm^3 0,005 Bq/dm^3 0,001 Bq/dm^3 0,001 Bq/dm^3
Halastavak (víz)	4 (kijelölt 4 tó) negyedévente	16 16 4	bepárlás (300 cm^3) desztillálás (^{3}H) éves átlag képzés (4 dm^3)	∅ 60 mm tál 20 cm^3 követta 35 x 35 x 5 mm	összes-béta mérés folyadékszcintilláció gamma-spektrometria	10000 18000 50000	0,05 Bq/dm^3 2,0 Bq/dm^3 0,01 Bq/dm^3
Övárok (víz)	4 (kijelölt pontok) negyedévente faddi árok havonta	16 16 12 5	bepárlás (300 cm^3) desztillálás (^{3}H) éves átlag képzés (4 dm^3)	∅ 60 mm tál 20 cm^3 követta 35 x 35 x 5 mm	összes-béta mérés folyadékszcintilláció gamma-spektrometria	10000 18000 50000	0,05 Bq/dm^3 2,0 Bq/dm^3 0,01 Bq/dm^3
Mésziszap/vegyszeres medencék (víz)	negyedévente	8 8 2	bepárlás (300 cm^3) desztillálás (^{3}H) éves átlag képzés (4 dm^3)	∅ 60 mm tál 20 cm^3 követta 35 x 35 x 5 mm	összes-béta mérés folyadékszcintilláció gamma-spektrometria	10000 18000 50000	0,05 Bq/dm^3 2,0 Bq/dm^3 0,01 Bq/dm^3
Duna víz	2 (2 kijelölt pont) évente	2 2 2	bepárlás (20 dm^3) desztillálás (^{3}H) ioncserés elv., reg. (^{90}Sr)	35 x 35 x 5 mm 20 cm^3 követta ∅ 50 mm tál	gamma-spektrometria folyadékszcintilláció béta-számlálás	50000 18000 50000	0,005 Bq/dm^3 2,0 Bq/dm^3 0,001 Bq/dm^3
Duna iszap	3 (3 kijelölt pont) félévente	6 6	szárítás, porítás, homogenizálás, radiokémiai (^{90}Sr)	Marinelli (~2 kg) ∅ 50 mm tál	gamma-spektrometria béta-számlálás	20000 10000	0,5 Bq/kg 0,5 Bq/kg
Halastavak (iszap)	4 (4 kijelölt tó) évente	4	nedves homogenizálás	Marinelli (~2 kg)	gamma-spektrometria	20000	0,5 Bq/kg
Övárok, Faddi árok (iszap)	4 (4 kijelölt pont) félévente	8	nedves homogenizálás	Marinelli (~2 kg)	gamma-spektrometria	20000	0,5 Bq/kg
Mésziszap	2 (2 medence) félévente	4	nedves homogenizálás	Marinelli (~2 kg)	gamma-spektrometria	20000	0,5 Bq/kg

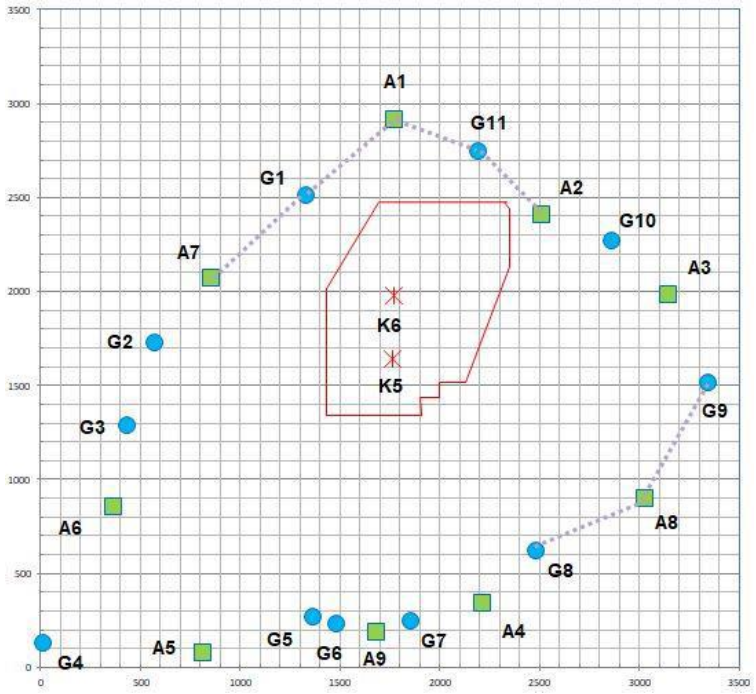
Mintafajta	Mintavétel Hely (csere) időpont	Mérések száma évente	Feldolgozás		Mérés		Kimutatási határ
			Módszer	Mintaméret, geometria	Módszer	Időtartam [s]	
Fekáliás iszap	10 (szikkasztók)	eseti	dobozolás	Marinelli (~2 kg)	gamma-spektrometria	5000	2,0 Bq/kg
Tej	1 (kijelölt gazdaság) havonta	12	dobozolás	Marinelli (1,5 dm^3)	gamma-spektrometria	50000	0,5 Bq/dm^3
Hal	2 (4 kijelölt tóból) negyedévente egy	4 4	konyhakész nyers hús belsőség	Marinelli (~1 kg) 65*30 mm	gamma-spektrometria	50000 50000	0,5 Bq/kg 10 Bq/kg

* Mintacsere rendszeresen, mérések csak rendkívüli esetben (pl. baleset során) végezve.

2.4.2.3. Az ellenőrző rendszer módosítása

A Paksi Atomerőmű közvetlen szomszédságában épülő Paks II. Atomerőmű Előzetes Biztonsági Jelentése szerint a Paksi Atomerőmű környezetellenőrző rendszere alapvetően megfelel a két erőmű együttes kibocsátásainak környezeti radiológiai ellenőrzésére, azonban néhány pontban szükséges módosítani azt.

A meglévő kibocsátás és környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszer (KKSER) fő mérőállomásainak elhelyezkedését a *2.4.2.3-1. ábra* mutatja. A rendszer különböző típusú távmérő állomások hálózata.



Forrás: Paks II. Atomerőmű Előzetes Biztonsági Jelentés, Sugárvédelmi program, 2022.

2.4.2.3-1. ábra: A légköri kibocsátás- és környezetellenőrző rendszer elvi sémája

Az új atomerőművi blokkok a működő blokkoktól északra kerülnek elhelyezésre. A lég- és szélmozgás elemzései és számításai azt mutatták, hogy a meglévő mérőállomás-hálózat elhelyezkedése nem kedvező az új blokkok és azok szellőzőkéményei szempontjából. A Paks II. Atomerőmű 5. és 6. blokkja megfelelő környezeti monitoringjának biztosítása érdekében az A-típusú állomások méréseit kiegészítő és a közöttük elhelyezkedő G-típusú állomások számának növelése indokolt.

Az A7 és A1 állomások közötti távolság az új szellőzőkémények miatt olyan nagy, hogy a lefedettség a G-típusú állomások rendelkezésre állása ellenére sem elegendő az aeroszol- és jódaktivitás mérések megbízható eredményeinek megszerzéséhez. Ezért célszerű megoldás a G1 állomás helyén egy új, A-típusú állomás (A10) kialakítása. A G1 állomás viszont délnyugati irányba tolódik el. A G1a állomás (új) az A10 állomás (új) és az A1 állomás (meglévő) között helyezkedne el. A G11 állomást északnyugatra kell tolni, a G11a állomás (új) pedig a G11 állomás és az A2 állomás között lesz. A G8 és G9 állomások délre, illetve északkeletre tolódnak el (*2.4.2.3-2. ábra*).



Forrás: Paks II. Atomerőmű Előzetes Biztonsági Jelentés, Sugárvédelmi program, 2022.

2.4.2.3-2. ábra: A létező kibocsátás és környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszer távmérő állomások fejlesztési javaslata

3. A hatótényezők és a vizsgálati terület (potenciális hatásterület) meghatározása

3.1. Hatótényezők, hatásfolyamatok meghatározása

A környezeti hatások vizsgálatának alapvető célja a tervezett tevékenység következtében a környezet egyes elemeiben / rendszereiben beálló változások előrebecslése és minősítése a végső hatásviselőkben beálló változások alapján. A hatások becsléseinek elvégzéséhez elsőként meg kell határozni a tervezett tevékenység hatótényezőit, az azokból eredő lehetséges közvetlen és közvetett hatásokat, azaz a potenciális hatásfolyamatokat.

A hatótényezők és hatásfolyamatok meghatározására a környezeti hatásvizsgálatok során a tervezett tevékenység egyes fázisaihoz (létesítés, üzemelés, felhagyás) kötődően kerül sor. Jelen esetben a létesítési fázis a TÜH előkészítési tevékenységek végrehajtásának feleltethető meg. Az üzemelési fázis a TÜH 20 éves időtartamát jelenti, az atomerőmű felhagyása, leszerelése azonban a jogszabályi előírások alapján önálló hatásvizsgálat-köteles tevékenység, a leszerelés hatásainak értékelésére ezért csak elvi szinten kerül sor a *6. fejezetben*.

A fentiek alapján a hatótényezők és hatásfolyamatok vonatkozásában a TÜH előkészítési tevékenységeket és az atomerőmű üzemelését kell részletesen elemezni.

3.1.1. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítésének környezeti hatótényezői

A TÜH előkészítése keretében tervezett, a *2.2.2. fejezetben* bemutatott tevékenységek közül a figyelembe veendő, számottevő környezeti hatótényezőket jelentő, ezért részletesen vizsgálandó beavatkozások az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer építése, illetve az egyéb, az atomerőmű gépészeti, villamos, irányítástechnikai rendszereit, illetve építményeit érintő rekonstrukciós munkák voltak.

Az alternatív melegvíz csatorna szakasz, a hozzá kapcsolódó műtárgyak és a hűtőcellás hűtőrendszer építéséhez kapcsolódó tevékenységek, melyek hatótényezőként megjelenhetnek a következők:

- a felvonulási és építési munkák területfoglalása (felvonulási épületek, építőanyagok, szerkezeti anyagok, munkagépek tárolása, munkaterületek kialakítása), mely kiterjed a védelem alatt álló Natura 2000 területre is,
- a terület előkészítési munkák (növényzet letermelése), az építési-szerelési munkák (porképződés, a szállító- és építési munkagépek kipufogógázai, zaj- és rezgésterhelés, zavarás, a megjelenő építési létszám),
- az építőanyagok és a dolgozók építési területre való szállítása, keletkező hulladékok elszállítása (porképződés, szállító- és rakodógépek kipufogógázai, zaj- és rezgésterhelés, zavarás, utak állagromlása),
- hulladékkeletkezés az építési munkák során (kommunális, veszélyes- és nem veszélyes ipari hulladékok),
- új építmények megjelenése az erőmű telephelyén.

Ezek közül elsősorban a védett területeket is érintő területfoglalás hatása számottevő, a légszennyezés, a zajterhelés és a hulladékkeletkezés hatásai átmenetiek az építési időszakban.

Az alternatív melegvíz csatorna szakasz és a hozzá kapcsolódó műtárgyak és a hűtőcellás hűtőrendszer építéséhez, illetve a hűtőrendszerek területének előkészítéséhez köthető – a környezeti hatásvizsgálatban figyelembe veendő – lehetséges környezeti hatótényezőket és az azok által kiváltott potenciális hatásokat a *3.1.1-1. táblázat* foglalja össze.

Az egyéb, az atomerőmű gépészeti, villamos, irányítástechnikai rendszereit, illetve építményeit érintő rekonstrukciós munkákhoz kapcsolódó, a környezeti hatásvizsgálatban vizsgálandó hatótényező a hulladékkeletkezés (kommunális, veszélyes- és nem veszélyes ipari hulladékok). Az érintett környezeti elem havária esemény (pl. a hulladék szállítása során történő kiszóródása) esetén a talaj, földtani közeg, a lehetséges közvetlen hatás a haváriás talajszennyezés.

3.1.1-1. táblázat: Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a hozzá kapcsolódó műtárgyak építéséhez, illetve a hűtőrendszer területének előkészítéséhez köthető környezeti hatótényezők, közvetlen és közvetett potenciális hatások

Érintett környezeti elem, rendszer	Hatótényező	Lehetséges közvetlen hatás	Lehetséges közvetett hatás
Levegő	Építési munkák (porképződés, építési munkagépek kipufogógázai)	Levegőminőség átmeneti romlása a közvetlen környezetben	Egészségügyi hatások, ember és élővilág életfeltételek változása
	Építési anyagok és dolgozók szállítása az építéshez, keletkező hulladékok elszállítása (porképződés, szállítójárművek kipufogógázai)	Levegőminőség átmeneti romlása a közvetlen környezetben és a megközelítési utakon	Egészségügyi hatások, ember és élővilág életfeltételeinek változása
Felszíni és felszín alatti vizek	Építési terület feltöltése, szabad területek beépítése, új földművek, töltések kialakítása, betonmedencék, csővezetékek építése, földkábelek elhelyezése	A halastavak területének csökkenése, lefolyási, beszivárgási és párolgási viszonyok megváltozása az építési területen és környékén	Használatváltozás, élővilág életfeltételeinek változása
	Dunai vízkivétel (technológiai vízszükséglet biztosítása pl. a betonozási munkákhoz, amennyiben a beton nem készen érkezik)	Átmeneti mennyiségi csökkenés	Használatkorlátozás
	Hagyományos szennyvíz keletkezés	Felszíni víz átmeneti minőségváltozása	Használatkorlátozás, egészségügyi – ökológiai kockázat
	Szennyezőanyag (pl. veszélyes anyagok) kikerülése munkagépekből, szállítójárművekből havária esetén	Vízszennyezés	Használatkorlátozás, egészségügyi kockázat, életfeltételek változása
Talaj, földtani közeg	A felvonulási és építési munkák területfoglalása	Átmeneti területigénybevétel	Használatkorlátozás, élővilág életfeltételeinek változása
	Építési terület feltöltése, új földművek, töltések, műtárgyak kialakítása	Talaj jellemzőinek, szerkezetének megváltozása, terepviszonyok, szintmagasságok megváltozása	Használatkorlátozás, élővilág életfeltételeinek változása
	Építési munkák, földkiemelés, nehéz gépek mozgása, tereprendezés, útépítés	Talajminőség változás	Használatkorlátozás, élővilág életfeltételeinek változása
	Hagyományos hulladékok kezelésével kapcsolatos havária (pl. kiszóródás)	Talajszennyezés	Használatkorlátozás, egészségügyi kockázat, életfeltételek változása
	Szennyezőanyag (pl. veszélyes anyagok) kikerülése munkagépekből, szállítójárművekből havária esetén	Talajszennyezés	Használatkorlátozás, egészségügyi kockázat, életfeltételek változása
Élővilág, ökoszisztémák	Területfoglalás, a meglévő növényzet letermelése, az építési terület feltöltése	Élőhelycsökkenés a meglévő és az új melegvíz csatornák által közrezárt területen és a hullámtéri Natura 2000 területen, a hullámtéri erdőállomány mennyiségi csökkenése, a védett természeti terület keresztezése, az új	Elvándorlás, állapotromlás, biodiverzitás csökkenése, természetvédelmi megőrzés feltételeinek változása

Érintett környezeti elem, rendszer	Hatótényező	Lehetséges közvetlen hatás	Lehetséges közvetett hatás
		csatorna okozta fizikai gát miatt a vándorlás akadályozása	
	Építési munkák (porképződés, kipufogó gázok, zavaró zaj)	Életfeltételek romlása	Elvándorlás, életfeltételek átmeneti változása
Települési környezet	Építési munkák (a megjelenő építési létszám), kapcsolódó tevékenységek (pl. szállítás)	Fogyasztás, infrastruktúra igény, művi elemek (utak, infrastruktúra elemek) állapotának változása	Használatok lehetséges változása, életkörülmények változása
	Hulladékkeletkezés az építési munkák során (kommunális, veszélyes- és nem veszélyes ipari hulladékok)	Hulladéktárolás, szállítás, elhelyezés	Használatok lehetséges változása
	Építési munkák (építési munkagépek zaj- és rezgéskibocsátása)	Zavarás, egészségügyi kockázat, épületek, építmények állagromlása	Használatkorlátozás, életminőség romlás
	Építőanyagok és dolgozók, a keletkező hulladékok szállítása (szállítójárművek zajkibocsátása)	Zavarás, egészségügyi kockázat, épületek, építmények állagromlása	Használatkorlátozás, életminőség romlás
Táj	A felvonulási és építési munkák területfoglalása (növényzet borítottságának megváltozása)	Tájhasználat korlátozás, tájképi zavarás	Használatkorlátozás

3.1.2. A további üzemidő-hosszabbítás alatti üzemelés környezeti hatótényezői

Tekintettel arra, hogy jelen esetben a hatásvizsgálat a meglévő és üzemelő létesítményre vonatkozik, a működés alatti hatótényezők, hatásfolyamatok a jelen állapotban és a további üzemidő-hosszabbítás esetén alapvetően megegyeznek. A jelenlegi üzemeléshez kötődően is fennálló, ismert környezeti hatótényezőkhöz képest új hatótényezőként a mesterséges huzatú nedves hűtőcellás hűtőrendszer zajkibocsátását, illetve levegőkörnyezetbe történő hőkibocsátását kell figyelembe venni. Dunai hőterhelés szempontjából továbbra is a Dunába történő felmelegedett hűtővíz bevezetés jelenti a vizsgálandó hatótényezőt, az alternatív melegvíz-csatorna megépítésével azonban egy új dunai vízbevezetési pont kerül kialakításra. Légszennyezőanyag- és zajkibocsátás mint környezeti hatótényezők tekintetében számolni kell az 1-2. blokki üzemzavari kihelyettesítő dízelgenerátor üzemeléséből eredő légköri és zajkibocsátással, mely új forrásként jelentkezik. Az atomerőmű üzemelésének környezeti hatótényezői a következők:

- Területfoglalás, területigénybevétel – az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer építményei miatt a telephelyen belüli egyes területrészek beépítésre kerülnek, egyéb tekintetben a meghosszabbított üzemidő alatt nem változik.
- A létesítmény léte (villamosenergia-termelési tevékenység, a településen megtartó erő, tájképi hatás).
- Üzemelés – minden terhelés (radiológiai és hagyományos), kibocsátás (környezeti elem terhelése, mennyiségi változása).
- Szállítás (üzemeltető személyzet, üzemelés segédanyagai, eszközök, gépek, berendezések beszállítása, hulladék elszállítása, ami légszennyezőanyag-, és zajkibocsátással, zavarással jár).
- Technológiai vízkivétel a Dunából (felszíni vizek vízmennyiség változása).
- Ivóvíz kivétel a csámpai vízműből (felszín alatti vizek mennyiségi változása).

- Hűtővízkivétel és felmelegedett hűtővíz visszavezetése a Dunába (hőterhelés, hidraulikai/ hidromorfológiai változások).
- a hidegvíz-csatorna kotrásából származó zagy dunai bevezetése (hidrológiai, vízminőségi hatások, vízi élővilágra gyakorolt hatások),
- Szennyvíz és csapadékvíz keletkezése és kezelése (mennyiségi és minőségi változás a befogadóban).
- Hulladékok keletkezése, átmeneti tárolása telephelyen belül, elszállítása és kezelése (hagyományos és radioaktív hulladékok).
- Kiégett fűtőelemkazetták keletkezése.

Az üzemelés során esetlegesen bekövetkező üzemzavarok, haváriák potenciális környezeti hatótényezői a következők:

- Üzemi rendszerek, berendezések meghibásodásai, melyek radioaktív és hagyományos szennyezőanyagok környezetbe kerülésével járhatnak (pl. csővezetékek törése, turbina olaj rendszer, transzformátor, tartályok, csővezetékek meghibásodása miatt szennyezőanyagok /olajok, vegyszerek/ kikerülése a talajra, földtani közegre).
- Üzemi rendszerek, berendezések meghibásodása (ipari hulladékvíz-, kommunális szennyvíztisztító rendszer nem megfelelő működése) miatt szennyezőanyag kikerülése a felszíni, felszín alatti vizekbe, talajba.
- Dízelgenerátorok – villamosenergia-ellátás kiesése miatti – üzemelése során légszennyezőanyag- és zajkibocsátás.
- Hulladéktárolás, mozgatás, szállítás közbeni elszóródás, elfolyás során a talaj / földtani közeg terhelése.
- Veszélyes anyag beszállítás és belső szállítás során bekövetkező meghibásodásból, balesetből eredő földtani közeg terhelése.
- Kárelhárítás során (normál üzemen túli többlet) hulladékkeletkezés.

Az atomerőmű létéhez és üzemeléséhez, esetleges üzemzavar, illetve havária eseményeihez köthető legfontosabb vizsgált hatótényezőket, azok közvetlen és közvetett potenciális hatásait a *3.1.2-1. táblázat* mutatja az érintett környezeti elemek, rendszerek (levegő, vizek, földtani közeg, élővilág, művi környezet) szerint csoportosítva.

3.1.2-1. táblázat: A Paksi Atomerőmű működésének környezeti hatótényezői, közvetlen és közvetett potenciális hatásai

Érintett környezeti elem, rendszer	Hatótényező	Lehetséges közvetlen hatás	Lehetséges közvetett hatás
Levegő	Radioaktív anyagok légköri kibocsátása normál üzemelés során	Környezeti radioaktivitás változása, lakosság, élővilág sugárterhelése	Egészségügyi – ökológiai kockázat növekedés
	Hagyományos légszennyező-anyagok kibocsátása (erőmű és közlekedés) normál üzemelés során	Levegőminőség változás a szűkebb környezetben és a megközelítési utakon	Egészségügyi hatások, ember és élővilág életfeltételek változása
	Hőkibocsátás a légkörbe (normál üzem)	Közvetlen környezet lég-hőmérsékletének változása	Helyi éghajlati viszonyok változása, életfeltételek változása
	Erőmű léte (beépítettség)		
	Üzemzavari (radioaktív), haváriás (hagyományos) légszennyezés	Környezeti radioaktivitás háttérterhelést meghaladó növekedése	Egészségügyi kockázat növekedés, radioaktív anyagok kiülepedése a talajra, felszíni vizekre
		Környezeti levegőben a hagyományos szennyezőanyag koncentrációjának növekedése	Egészségügyi – ökológiai hatások

Érintett környezeti elem, rendszer	Hatótényező	Lehetséges közvetlen hatás	Lehetséges közvetett hatás
Felszíni és felszín alatti vizek	Vízkivétel (hűtő-, technológiai és egyéb célú vízigény biztosítása)	Mennyiségi változás a felszíni és felszín alatti vizekben, hidromorfológiai változások	Használatkorlátozás, vízi élővilág struktúrájának változása
	Radioaktív anyagok (folyékony) kibocsátása	Felszíni víz minőségváltozása	Egészségügyi kockázat növekedés, használatkorlátozás
	Hagyományos szennyvíz keletkezés – szennyezőanyag-kibocsátás	Felszíni víz minőségváltozása	Használatkorlátozás, egészségügyi – ökológiai kockázat
	Felmelegedett hűtővíz kibocsátás	Befogadó víztest hőmérsékletének emelkedése, hidraulikai, hidromorfológiai változások, vízi élővilág struktúrájának változása	Használatok időszakos zavarása, anyagforgalmi folyamatok változásának továbbterjedő hatásai az élőlényközösségekben, invazív fajok gradációja, mikroklimatikus változás
	A hidegvíz-csatorna kotrásából származó zagy dunai bevezetése	Hidrológiai, vízminőségi változások	Vízi élővilágra gyakorolt hatások
	Havériás vízszennyezés	Szennyezés a befogadó víztestben vagy a felszín alatti vizekben, vízi élővilág életfeltételeinek változása	Egyes használatok időszakos korlátozása
Talaj, földtani közeg	Hagyományos hulladékok kezelésével kapcsolatos havária (pl. kiszóródás)	Talajszennyezés	Használatkorlátozás, egészségügyi kockázat, életfeltételek változása
	Szennyezőanyag (pl. a telephelyen tárolt veszélyes anyagok, radioaktív izotópok /hulladék, hulladékvíz/) kikerülése havária esetén	Talajszennyezés	Használatkorlátozás, egészségügyi kockázat, életfeltételek változása
Élővilág, ökoszisz-témák	Erőmű léte (beépítettség), működése, az egyéb környezeti elemekre vonatkozó hatótényezők (szennyezőanyag-kibocsátás, zajkibocsátás stb.)	Életfeltételek változása	Elvándorlás, állapotromlás, biodiverzitás csökkenése, természetvédelmi megőrzés feltételeinek változása
	Szennyezőanyag kikerülése (levegőbe, vízbe, talajra) havária esetén	Élővilág egyedeinek, élőhelyeinek károsodása	Állapotromlás, biodiverzitás csökkenése
	Éjszakai térvilágításból eredő fénykibocsátás	Életfeltételek változása	Elvándorlás, biodiverzitás csökkenése
Települési környezet	Erőmű léte, működése, kapcsolódó tevékenységek (pl. szállítás)	Település működésére és fejlődésére gyakorolt hatások	Használatok lehetséges változása
		Művi elemek (utak, infrastruktúra elemek) állapotának változása	Életkörülmények változása
	Zaj- és rezgéskibocsátás	Zavarás, egészségügyi kockázat, épületek, építmények állagromlása	Használatkorlátozás, életminőség romlás
Táj	Erőmű léte (beépítettség)	Tájhasználat korlátozás, tájképi zavarás	Használatkorlátozás

3.2. A vizsgálati terület lehatárolása

A vizsgálati terület lehatárolása a paksi telephely létesítményeire korábban végzett hasonló környezeti hatásvizsgálatoknál (a Paksi Atomerőmű első üzemidő-hosszabbítása, Paks II. létesítése) alkalmazott megközelítést követte. A Paks II. Atomerőmű üzembe lépésével már a két létesítmény együttes hatásaival kell számolni, a hatásvizsgálat erre is kitér, ami így meghatározta a vizsgálati terület lehatárolását. A két létesítmény egyidejű működése a Paks II. környezeti hatásvizsgálatában is figyelembevételre került, így az abban meghatározott vizsgálati terület megfelelő alapot jelentett a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítására vonatkozóan is.

A vizsgálandó területnél elkülönül a normál üzemi és az üzemzavarok, haváriák esetén várható hatásterület. A vizsgálandó terület lehatárolásánál a radiológiai szakterület által értelmezett hármas területi tagolás, azaz az 500 m-es (a biztonsági övezet területe, közvetlen környezet), az 5-10 km-es (szűkebb környezet), illetve a 30 km-es (tágabb környezet) körzetek vehetők figyelembe.

Az alapállapot vizsgálatnál hagyományos oldalon a befogadó térség bemutatásánál, az általános jellemzők ismertetésénél a 30 km-es körzet adottságaiból volt célszerű kiindulni, a részletesebb, az egyes szakterületeken történő jelen állapot bemutatásnál pedig a vizsgálati területet a szűkebb, illetve a közvetlen környezetre fókuszáltan lehetett szűkíteni. Az országhatáron átterjedő környezeti hatások vizsgálata esetében a vizsgálati terület egyes környezeti hatótényezők esetében meghaladta az általánosan figyelembe vett 30 km-es sugarú tágabb körzet területét.

A fenti szempontok alapján a hatásvizsgálatban figyelembe vett vizsgálati terület a következő térségekre terjed ki:

- A telephely és közvetlen környezete (az atomerőmű biztonsági övezete, a legkülső technológiai védelmet jelentő fal síkjától számított 500 m-es távolság).
- Szűkebb környezet, az a térség, ameddig a becslések szerint a hagyományos szennyezőanyag-kibocsátások, valamint a környezeti igénybevételek és terhelések maximális esetben terjedhetnek. Ez az erőmű kb. 5-10 km-es körzete.
- Tágabb környezet, ami a becslések szerint az a terület, ameddig a radiológiai hatások üzemzavar esetén kimutatható változásokat okozhatnak, illetve ahol akkumulálódásra esetlegesen számítani lehet. Ez a max. 30 km-es körzet.

A fentieken túlmenően, amennyiben a szakterületi vizsgálat azt indokolta (pl. országhatáron átterjedő hatások) a vizsgálati terület a vizsgálat céljával összhangban került meghatározásra.

4. A hagyományos környezeti jellemzők jelen állapota és az üzemidő-hosszabbítás miatt várható változások

4.1. A levegőminőségre gyakorolt hatások

4.1.1. Légszennyezettségi határértékek, irányértékek

A levegőminőségre gyakorolt hatásokra vonatkozóan elvégzett elemzések során alkalmazott határértékek, tervezési irányértékek a levegőterheltségi szint határértékeiről és a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről szóló 4/2011. (I. 14.) VM rendelet szerint kerültek meghatározásra. A légszennyezettség egészségügyi határértékeit a rendelet 1. melléklete tartalmazza (*4.1.1-1. táblázat*). Egyes paraméterek esetén a rendelet nem ír elő egészségügyi határértéket, ezért ezen légszennyezőanyagok esetében a rendelet 2. mellékletében előírt tervezési irányértékek (*4.1.1-2.* és *4.1.1-3. táblázat*) lettek figyelembe véve a vizsgálat során.

A tervezési irányérték a 4/2011. (I. 14.) VM rendelet 2. § (1) bek. e) pontja szerint a tevékenység tervezése során a vizsgálandó terület levegőterheltségének megítéléséhez, a tevékenység hatásterületének lehatárolásához, terjedési modellek készítéséhez környezeti hatásvizsgálat köteles vagy egységes környezethasználati engedély köteles tevékenységek esetén alkalmazandó, egyéb esetben javasolt levegőterheltségi szint.

4.1.1-1. táblázat: Légszennyezettség egészségügyi határértékei

Légszennyező anyag	Légszennyezettség határérték [μg/m³]		
	Órás	24 órás	Éves
Nitrogén-dioxid (NO_2)	100	85	40
Szén-monoxid (CO)	10 000	5 000*	3 000
Szálló por (PM_{10}) (szálló por 10 μm alatti frakciója)	–	50	40
Kén-dioxid (SO_2)	250	125	50
	Napi 8 órás mozgó átlag koncentrációk maximuma [μg/m³]		
Ózon (O_3)	120		

* Napi 8 órás mozgó átlag koncentrációk maximuma.

4.1.1-2. táblázat: Légszennyező anyagok tervezési irányértékei

Légszennyező anyag	Tervezési irányértékek [μg/m³]		
	Órás	24 órás	Éves
Nitrogén-oxidok (NO_x)	200	150	–
Szálló por (TSPM) (összes lebegő por)	200	100	–

4.1.1-3. táblázat: Ülepedő por tervezési irányértékei

Légszennyező anyag	Tervezési irányértékek	
	30 napos [g/m², 30 nap]	Éves [t/km², év]
Ülepedő por	16	120

4.1.2. A környezet alapállapotának ismertetése

A környezet légszennyezettségi alapállapotának ismertetéséhez először a vizsgált terület légszennyezettségi zónák szerinti besorolása történt meg a vonatkozó jogszabály adatai alapján.

Ezek az adatok nagyobb térségre vonatkoznak, a hatásvizsgálat lefolytatásához azonban pontosabb, területspecifikus adatokra volt szükség.

Az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat (OLM) állomásai a területtől való nagy távolságuk miatt nem szolgáltatnak megfelelő alapállapot adatokat. A paksi telephely környezetében elvégzett helyszíni mérési programok eredményeinek feldolgozására volt ezért szükség. Egyrészt elemzésre kerültek a korábbi években lefolytatott mérési programok eredményei, másrészt 2024-2025-ben helyszíni mérési program került elvégzésre a jelenlegi levegőminőség meghatározása céljából, melynek eredményei szintén elemzésre és figyelembevételre kerültek.

Az immissziós mérések mérőpontonként meghatározott értékeinek átlagolásával lettek előállítva a Paksi Atomerőmű térségére jellemző környezeti levegő alapterheltség adatok (*4.1.2-1. táblázat*). A légszennyezettségi alapterheltségre vonatkozó adatok légszennyezettségi alapállapot-adatként kerültek felhasználásra.

4.1.2-1. táblázat: A környezeti levegő figyelembe vett alapterheltsége Paks térségében

Év	SO_2 [µg/m³]	NO_2 [µg/m³]	NO_x [µg/m³]	CO [µg/m³]	O_3 [µg/m³]	Szálló por (TSPM) [µg/m³]	Szálló por (PM_{10}) [µg/m³]	Ülepedő por [g/m²x30 nap]
Átlagolási idő	órás	órás	órás	órás	8 órás*	órás	24 órás	30 nap
Koncentráció	4,3	10,3	17,7	670,3	67,7	35,2	19,5	7,7

* Napi 8 órás mozgó átlag koncentrációk maximuma.

4.1.3. A vizsgált terület terhelhetősége

A telephely környezetében rendelkezésre álló, a környezeti levegőre vonatkozó légszennyezettségi adatok összegyűjtésre kerültek, illetve elvégzésre került a környezeti levegő terheltségi szintjének jellemzése, értékelése. A mérési eredmények kiértékelése alapján meghatározásra kerültek a terület terhelhetőségi értékei a levegő védelméről szóló 306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet 2. § 40. pontjának megfelelően. A levegő terhelhetőségi szintje a légszennyezettségi határértéknek és az alapállapoti légszennyezettség különbségeként lett definiálva.

4.1.3-1. táblázat: A levegő terhelhetősége Paks térségében

Légszennyező anyag	A levegő alapterheltsége	Légszennyezettségi határérték	Terhelhetőség	Vonatkoztatási időszak
	[µg/m³]			
Kén-dioxid (SO_2)	4,3	250	245,7	órás átlag
Nitrogén-dioxid (NO_2)	10,3	100	89,7	órás átlag
Nitrogén-oxidok (NO_x)	17,7	200*	182,3	órás átlag
Szén-monoxid (CO)	670,3	10 000	9 329,7	órás átlag
Ózon (O_3)	67,7	120	52,3	8 órás mozgóátlagok maximuma
Szálló por (TSPM)	35,2	200*	164,8	órás átlag
Szálló por (PM_{10})	19,5	50	30,5	24 órás átlag
Ülepedő por	7,7	16	8,3	g/m² x 30 nap

* Tervezési irányérték.

4.1.4. A légköri szennyezőanyag terjedés modellezése

A levegőbe kerülő légszennyező anyagok légköri terjedésének számítása, a várhatóan kialakuló levegőminőség meghatározása és a hatásterületek lehatárolása a Lakes Environmental által kifejlesztett, Gauss-típusú csóva modellen alapuló AERMOD View 12.0 teljeskörű légköri diszperzió modellező szoftver alkalmazásával történt. A modellszámítás lépései a következők voltak:

- A légköri terjedés modell lefuttatása után a kibocsátott szennyezőanyagok koncentráció-eloszlása átnézeti helyszínrajzon és légifelvételre illesztve is el lett készítve.
- A tevékenységek által okozott koncentrációk a 4/2011. (I. 14.) VM rendelet által előírt levegőterheltség határértékek, és az alapállapot vizsgálatok eredményeként keletkezett terhelhetőségi értékekhez viszonyítva lettek megállapítva. A hatásterületek lehatárolására a 306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet előírásai alapján került sor.

4.1.5. A légszennyezőanyag kibocsátás forrásai

A Paksi Atomerőmű TÜH előkészítésének keretében tervezett tevékenységekhez kapcsolódóan számottevő légszennyezőanyag-kibocsátással az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a hozzá kapcsolódó hűtőcellás csúcshűtő rendszer építési munkáiból eredően kell számolni. Az új csatorna szakasz és a csúcshűtő rendszer létesítésének légszennyezőanyag-kibocsátási forrásai a következők:

- A földmunkákkal érintett terület, mint diffúz forrás lesz az egyik jellemző légszennyező forrás a földmunkák porkibocsátása által.
- A légszennyező források másik nagy csoportja pedig a munkaterületen üzemelő munkagépek lesznek, melyek kipufogógáz kibocsátással terhelik a légkört.

Az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódóan – a hagyományos légszennyező-anyagok kibocsátásait illetően – a légszennyező forrásokat a telephelyen található dízelgenerátorok jelentik.

A Paksi Atomerőmű telephelyén több, szükségáramforrásként üzemelő dízelgenerátor található, melyek kipufogócsonkjai légszennyező pontforrásként üzemelnek. A dízelgenerátorok normál üzemi körülmények között csak tesztüzemben működnek. Évente meghatározott időszakonként csak néhány órás próbajáratásukat végzik. A dízelgenerátorok nem működnek együttes üzemben, nem egyszerre végzik azok járatását, tehát egy időben csak egy dízelgenerátor működik.

A Paksi Atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódó légszennyező-anyag kibocsátás másik forrását a létesítmény működéséhez kapcsolódó közlekedés jelenti, a különböző kategóriákba tartozó közúti járművek, személygépkocsik, kistehergépkocsik, motorkerékpárok, autóbuszok.

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemelésének időszakában figyelembe veendő légszennyezőanyag-kibocsátási források a normál üzemelés során szintén a telephelyi dízelgenerátorok lesznek. A berendezések tesztelés céljából csak évi néhány órás próbajáratás során fognak üzemelni.

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemelésekor szintén számolni kell a két létesítményhez kapcsolódó közlekedésből eredő légszennyezőanyag-kibocsátással. A közlekedésből eredő légszennyezőanyag-kibocsátás forrásai szintén a különböző járműkategóriákba tartozó gépjárművek lesznek.

A légszennyezőanyag-kibocsátások szempontjából figyelembe veendő havária események során a légszennyezőanyag-kibocsátás forrásai a Paksi Atomerőmű blokkonkénti 3 db (összesen 12 db) biztonsági dízelgenerátorának kéményei lesznek.

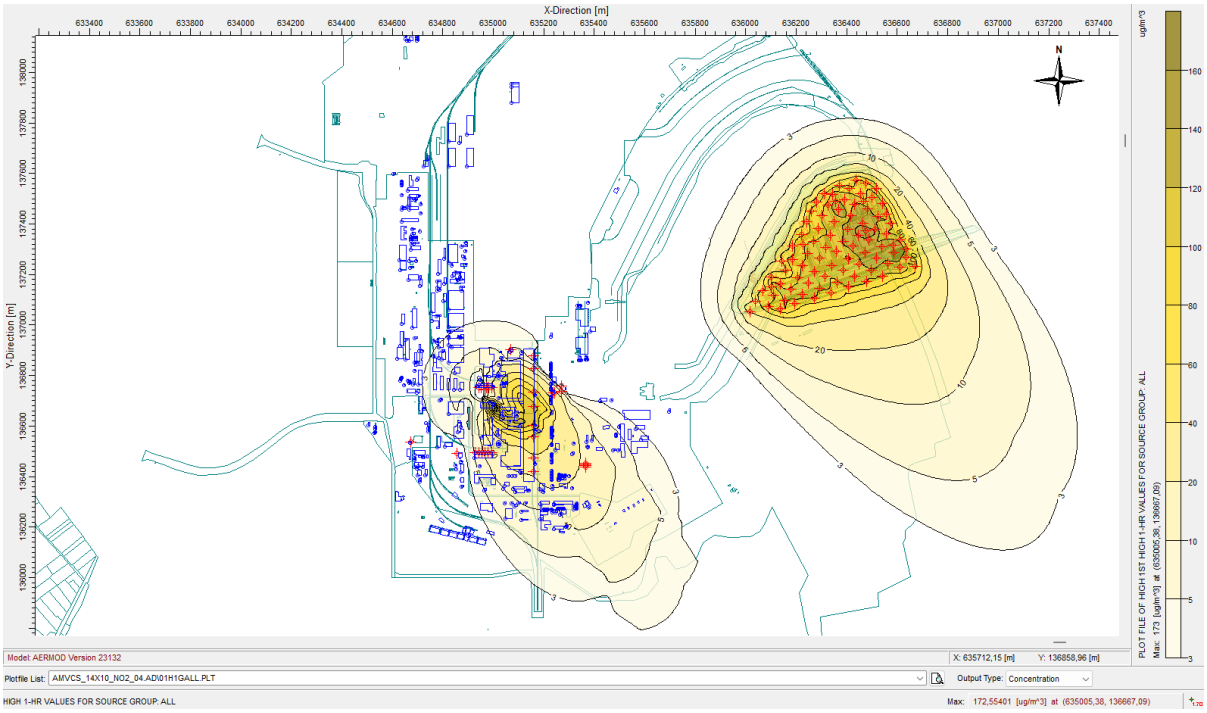
4.1.6. Az atomerőmű jelenlegi hatásai és a további üzemidő-hosszabbítás miatt várható változások

A levegőminőségre gyakorolt hatások vizsgálatának eredményei a vizsgált esetekre vonatkozóan az alábbiak szerint alakulnak. A vizsgálati eredmények táblázatos formában kerültek összefoglalásra, az ábrák pedig a nitrogén-dioxidhoz – mint meghatározó légszennyező-anyaghoz – tartozó koncentrációeloszlás alakulását mutatják.

Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúcshűtő rendszer létesítésére vonatkozó vizsgálatok eredményét a *4.1.6-1. táblázat* foglalja össze, a nitrogén-dioxid számított órás koncentrációját a *4.1.6-1. ábra* mutatja.

4.1.6-1. táblázat: Az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer létesítés levegőminőségre gyakorolt hatásainak összefoglalása

	Légszennyező-anyag			
	Nitrogén-dioxid (NO_2)	**Szén-monoxid (CO)**	**Szálló por (TSPM)**	**Szálló por (PM_{10})**
Max. koncentráció [µg/m^3]	173,0	1072,0	174,0	68,3
Határérték túllépés	Telepítési területen.	Nincs.	Nincs.	Telepítési területen.
Terhelhetőség túllépés	Telepítési területen.	Nincs.	Telepítési területen.	Telepítési területen, és telepítési területen kívüli területen.
Hatásterület	A kibocsátások középpontjának 1100 m sugarú körzetén belül, a telepítési és üzemi területen, és telephelyen kívüli területen.	A kibocsátások középpontjának 790 m sugarú körzetén belül, a telepítési és üzemi területen, és telephelyen kívüli területen.	A telepítési területen, és a telepítési területen kívül a telephely határától 200 m-en belül.	A telepítési területen, és a telepítési területen kívül a telephely határától 700 m-en belül.
Hatások jellemzése	A hatások középtávon – a földmunkák időszakában – jelentkeznek. A hatás erőssége eléri a terhelő szintet, melyek a hatásterület viszonylag kis részén fognak jelentkezni.	A hatások középtávon – a földmunkák időszakában – jelentkeznek. A hatás semleges.	A hatások középtávon – a földmunkák időszakában – jelentkeznek. A hatás erőssége eléri a terhelő szintet, melyek a hatásterület viszonylag kis részén fognak jelentkezni.	A hatások középtávon – a földmunkák időszakában – jelentkeznek. A hatás erőssége eléri a terhelő szintet, melyek a hatásterület viszonylag kis részén fognak jelentkezni.

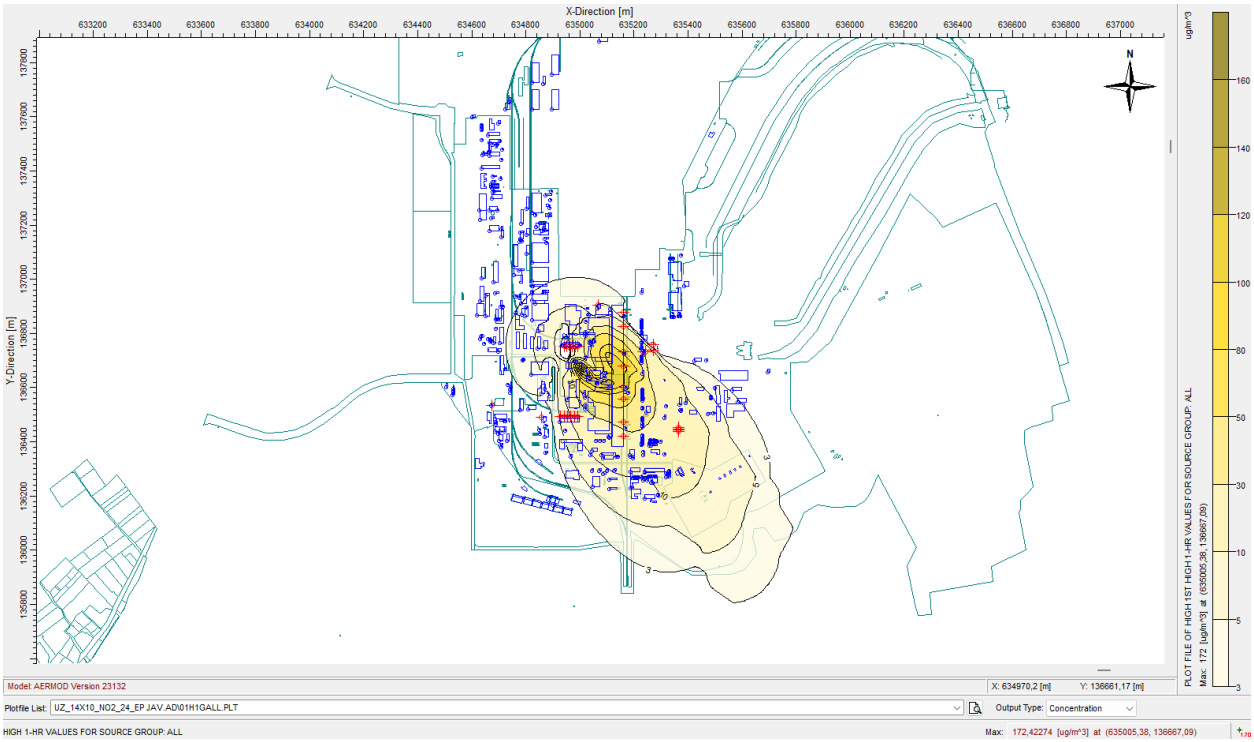


4.1.6-1. ábra: Az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer létesítési fázisára számított órás nitrogén-dioxid (NO_2) koncentrációk

A Paksi Atomerőmű TÜH időszak alatti önálló üzemelésére vonatkozó vizsgálatok eredményét a *4.1.6-2. táblázat* foglalja össze, a nitrogén-dioxid számított órás koncentrációját a *4.1.6-2. ábra* mutatja.

4.1.6-2. táblázat: A Paksi Atomerőmű TÜH időszak alatti önálló üzemelése levegőminőségre gyakorolt hatásainak összefoglalása

	Légszennyező-anyag	
	Nitrogén-dioxid (NO_2)	**Szén-monoxid (CO)**
Max. koncentráció [µg/m^3]	172,0	7,9
Határérték túllépés	Üzemi területen.	Nincs.
Terhelhetőség túllépés	Üzemi területen.	Nincs.
Hatásterület	A kibocsátások 690 m sugarú körzetén belül, a telephely és telephelyen kívüli területek.	A kibocsátások 280 m sugarú körzetén belül, a telephely és telephelyen kívüli területek.
Hatások jellemzése	A hatás erőssége eléri a terhelő szintet, azonban ezek a hatások csak időszakosan és a hatásterület viszonylag kis részén fognak jelentkezni.	Szén-monoxid kibocsátásra vonatkozóan semlegesek lesznek a hatások.
Hatások jellemzése	A hatás erőssége eléri a terhelő szintet, azonban ezek a hatások csak időszakosan és a hatásterület viszonylag kis részén fognak jelentkezni.	Szén-monoxid kibocsátásra vonatkozóan semlegesek lesznek a hatások.

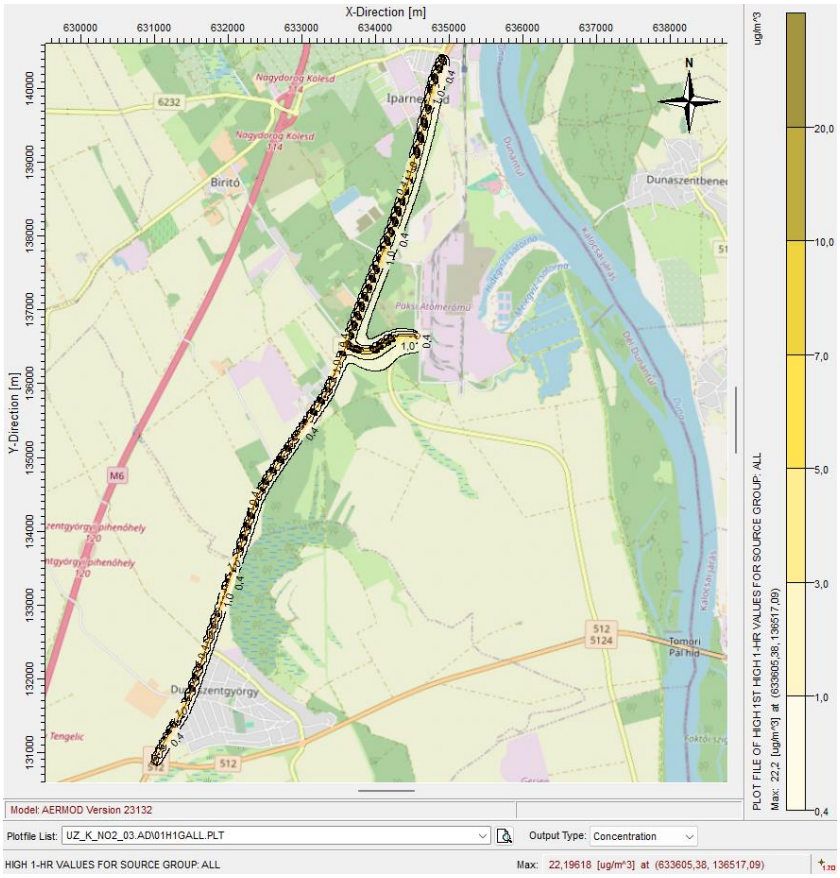


4.1.6-2. ábra: A Paksi Atomerőmű TÜH időszak alatti önálló üzemelésére (a dízelgenerátorok próbaüzemére) számított órás nitrogén-dioxid (NO_2) koncentrációk

A Paksi Atomerőmű TÜH időszak alatti üzemeléséhez kapcsolódó közlekedés hatására vonatkozó vizsgálatok eredményét a *4.1.6-3. táblázat* foglalja össze, a nitrogén-dioxid számított órás koncentrációját a *4.1.6-3. ábra* mutatja.

4.1.6-3. táblázat: A Paksi Atomerőmű TÜH időszak alatti üzemeléséhez kapcsolódó közlekedés levegőminőségre gyakorolt hatásainak összefoglalása

	Légszennyező-anyag	
	Nitrogén-dioxid (NO_2)	**Szén-monoxid (CO)**
Max. koncentráció [µg/m³]	22,2	58,7
Határérték túllépés	Nincs.	Nincs.
Terhelhetőség túllépés	Nincs.	Nincs.
Hatásterület	Paksi Atomerőmű D-i bekötőút mentén az úttest szélétől 30 m-es távolságon belül. 6. sz. főút, Paksi Atomerőmű D-i bekötőút és Paks-Kölesdi úti csomópont közötti szakasz mentén az úttest szélétől 20 m-es távolságon belül.	Paksi Atomerőmű D-i bekötőút mentén az úttest szélétől 10 m-es távolságon belül.
Hatások jellemzése	A hatások semlegesek lesznek.	A hatások semlegesek lesznek.

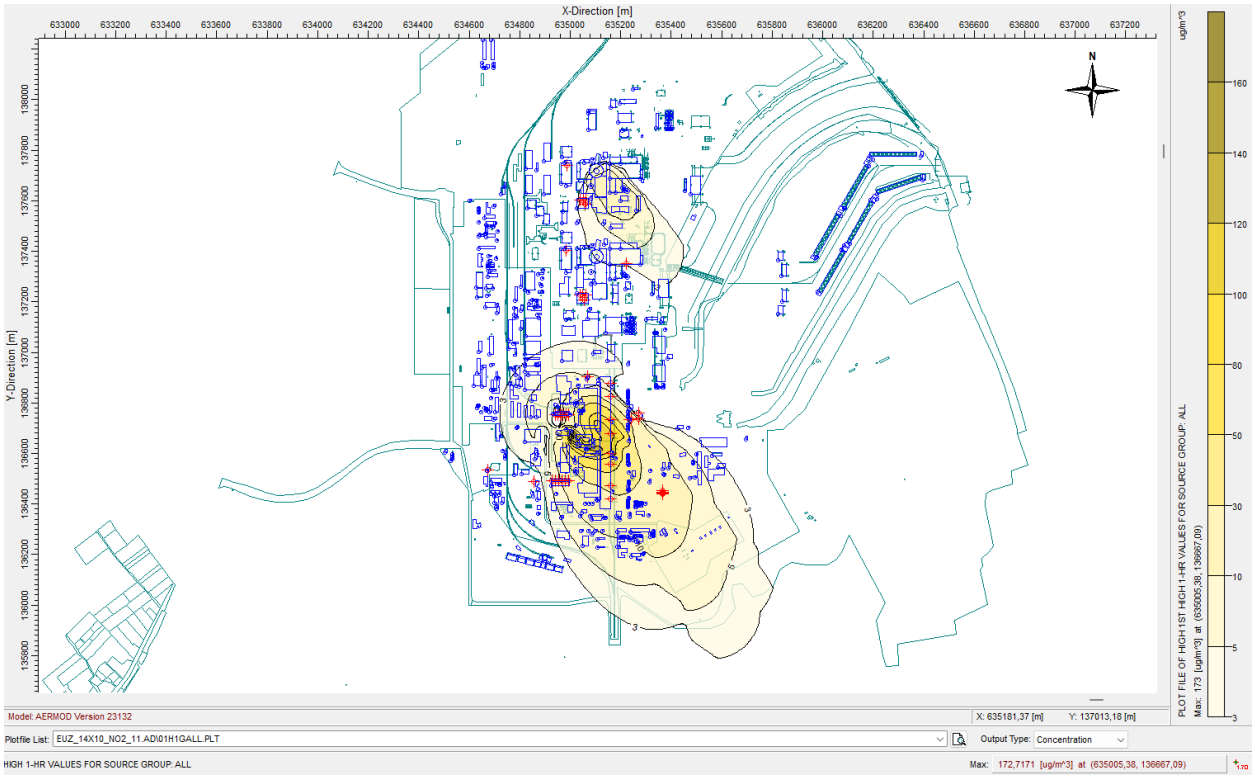


4.1.6-3. ábra: A Paksi Atomerőmű önálló üzemeléséhez kapcsolódó közlekedés kibocsátásaira számított órás nitrogén-dioxid (NO_2) koncentrációk

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. TÜH időszak alatti együttes üzemelésére vonatkozó vizsgálatok eredményét a *4.1.6-4. táblázat* foglalja össze, a nitrogén-dioxid számított órás koncentrációját a *4.1.6-4. ábra* mutatja.

4.1.6-4. táblázat: A Paksi Atomerőmű és a Paks II. TÜH időszak alatti együttes üzemelése levegőminőségre gyakorolt hatásainak összefoglalása

	Légszennyező-anyag	
	Nitrogén-dioxid (NO_2)	**Szén-monoxid (CO)**
Max. koncentráció [µg/m^3]	173,0	7,9
Határérték túllépés	Üzemi területen.	Nincs.
Terhelhetőség túllépés	Üzemi területen.	Nincs.
Hatásterület	A kibocsátások 700 m sugarú körzetén belül, a telephely és telephelyen kívüli területek.	A kibocsátások 400 m sugarú körzetén belül: a telephely területén.
Hatások jellemzése	A dízelgenerátorok próbaüzemének hatásai a nitrogén-dioxid vonatkozásában hosszútávúak, de időszakosak lesznek. A hatás erőssége eléri a terhelő szintet, azonban ezek a hatások csak időszakosan és a hatásterület viszonylag kis részén fognak jelentkezni.	Szén-monoxid kibocsátásra vonatkozóan semlegesek a hatások.

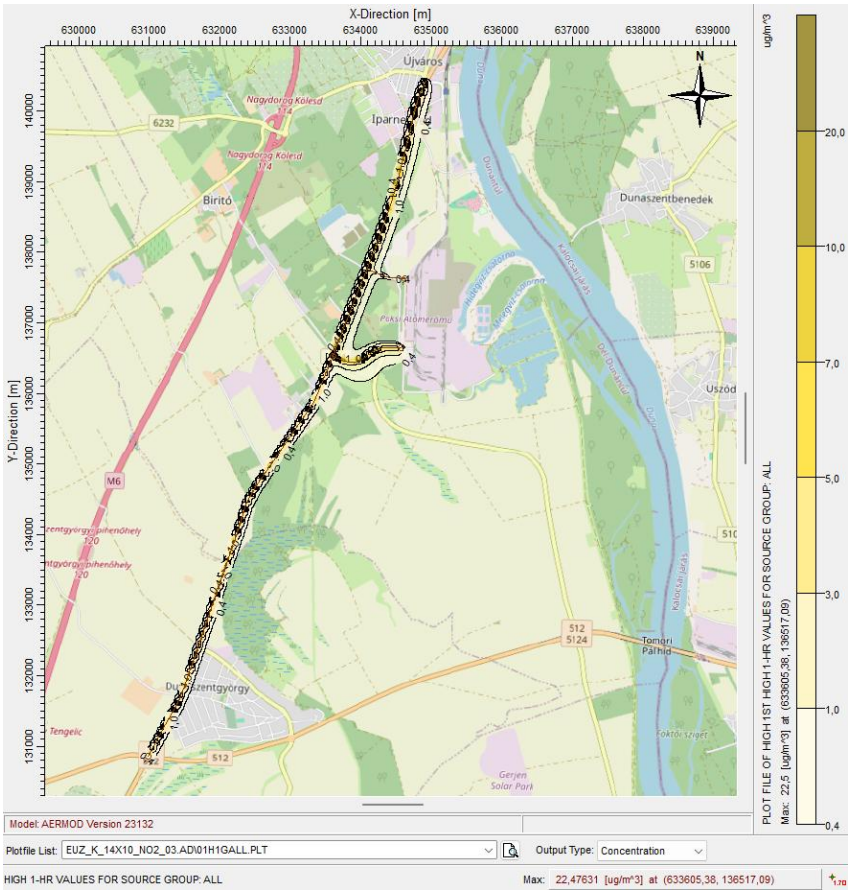


4.1.6-4. ábra: A Paksi Atomerőmű és a Paks II.TÜH időszak alatti együttes üzemelésére (a dízelgenerátorok próbaüzemére) számított órás nitrogén-dioxid (NO_2) koncentrációk

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. TÜH időszak alatti együttes üzemeléséhez kapcsolódó közlekedés hatására vonatkozó vizsgálatok eredményét a *4.1.6-5. táblázat* foglalja össze, a nitrogén-dioxid számított órás koncentrációját a *4.1.6-5. ábra* mutatja.

4.1.6-5. táblázat: A Paksi Atomerőmű és a Paks II. TÜH időszak alatti együttes üzemeléséhez kapcsolódó közlekedés levegőminőségre gyakorolt hatásainak összefoglalása

	Légszennyező-anyag	
	Nitrogén-dioxid (NO_2)	**Szén-monoxid (CO)**
Max. koncentráció [µg/m³]	22,5	61,4
Határérték túllépés	Nincs.	Nincs.
Terhelhetőség túllépés	Nincs.	Nincs.
Hatásterület	A Paksi Atomerőmű D-i bekötőút mentén az úttest szélétől 30 m-es távolságon belül. A 6. sz. főút, Paksi Atomerőmű D-i bekötőút és Paks-Kölesdi úti csomópont közötti szakasz mentén az úttest szélétől 20 m-es távolságon belül.	Paksi Atomerőmű D-i bekötőút mentén az úttest szélétől 10 m-es távolságon belül.
Hatások jellemzése	A hatások semlegesek lesznek.	A hatások semlegesek lesznek.

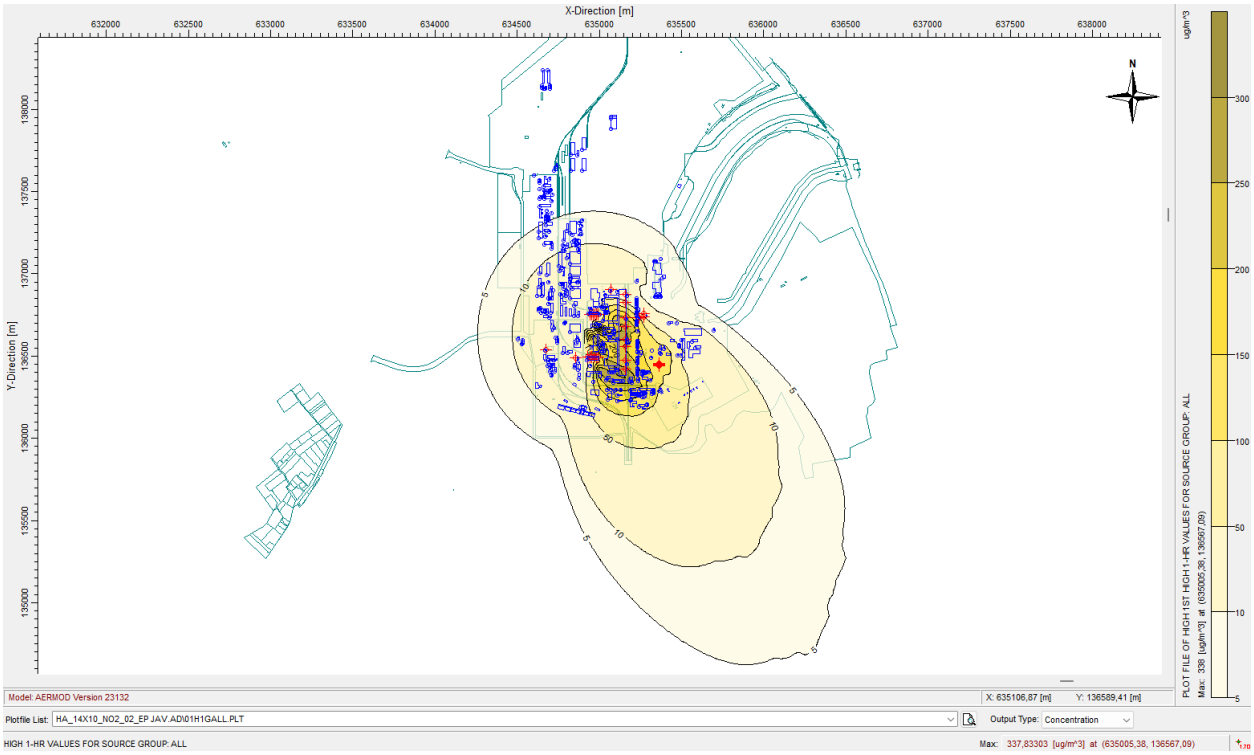


4.1.6-5. ábra: A Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemeléséhez kapcsolódó közlekedés kibocsátásaira számított órás nitrogén-dioxid (NO_2) koncentrációk

A Paksi Atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódóan figyelembe vett havária eseményre vonatkozó vizsgálatok eredményét a *4.1.6-6. táblázat* foglalja össze, a nitrogén-dioxid számított órás koncentrációját a *4.1.6-6. ábra* mutatja.

4.1.6-6. táblázat: A Paksi Atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódóan vizsgált havária esemény levegőminőségre gyakorolt hatásainak összefoglalása

	Légszennyező-anyag	
	Nitrogén-dioxid (NO_2)	**Szén-monoxid (CO)**
Max. koncentráció [µg/m^3]	338,0	17,2
Határérték túllépés	Üzemi területen.	Nincs.
Terhelhetőség túllépés	Üzemi területen.	Nincs.
Hatásterület	A kibocsátások középpontjának 1600 m sugarú körzetén belül, a telephely és telephelyen kívüli területek.	A kibocsátások középpontjának 550 m sugarú körzetében a telephelyen belül.
Hatások jellemzése	A dízelgenerátorok üzemzavari működésének hatásai az esemény időtartama alatt jelentkeznek. A hatások erőssége a terhelő szintet éri el a hatásterületen belül.	A hatások szén-monoxid terhelés szempontjából semlegesek lesznek.



4.1.6-6. ábra: A Paksi Atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódóan vizsgált havária eseményre (dízelgenerátorok működése) számított órás nitrogén-dioxid (NO_2) koncentrációk

4.1.7. Országhatáron átterjedő környezeti hatások lehetősége

A nem radioaktív légszennyező anyagok kibocsátására vonatkozóan számított hatásterületek az atomerőművi telephelyen és közvetlen környezetében értelmezhetők. Az atomerőműhöz köthető közlekedés vonatkozásában pedig az atomerőművi bekötőutak, valamint Paks és Dunaszentgyörgy között a 6. sz. főút közvetlen környezetében jelentkeznek a környezeti hatások.

A vizsgálati eredményeket és a hatásterületek országhatártól való távolságát figyelembe véve megállapítható, hogy a vizsgált légszennyező anyagok esetén nem várhatók országhatáron átterjedő környezeti hatások.

4.2. Klimatikus viszonyok, az éghajlatváltozással szembeni kitettség és érzékenység vizsgálata

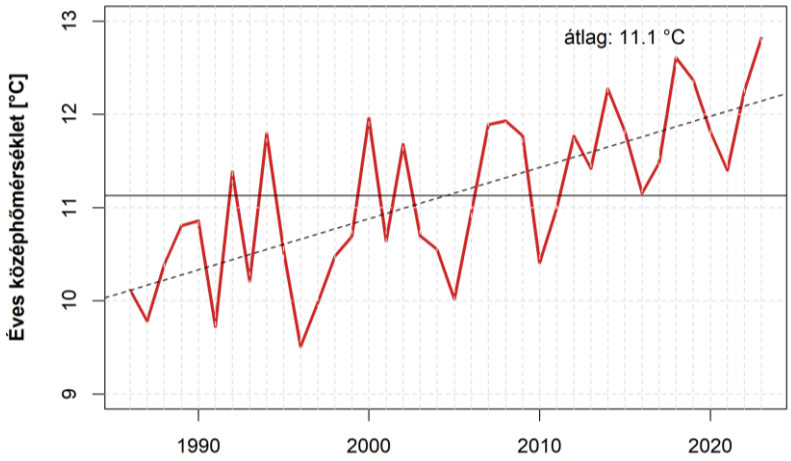
4.2.1. A telephely környezetének meteorológiai jellemzői

A meteorológiai viszonyok alapvetően befolyásolják az ipari létesítmények üzemeltetését. Emellett a Paksi Atomerőmű vonatkozásában a Duna vízhőmérsékletének fő szabályozója a levegő hőmérséklete, emiatt az alapvető meteorológiai változók vizsgálata meghatározó. A Paksi Atomerőmű telephelyének klimatológiai / meteorológiai jellemzői az Országos Meteorológiai Szolgálat (a HungaroMet Zrt. jogelődje) által a korábbi vizsgálatokhoz feldolgozott 1981-2010 közötti időszakra vonatkozó eredmények aktualizálásával kerültek összefoglalásra.

Hőmérséklet, csapadék

Az 1981-2010 közötti időszakban Paks meteorológiai állomásra vonatkozóan az átlagos éves középhőmérséklet 10,7°C volt, míg az 1991-2020 időszakban az újabb mérési adatok alapján már 11,1°C-ra emelkedett. A *4.2.1-1. ábra* mutatja az 1986-2023 közötti időszak éves középhőmérsékleteinek alakulását. A sokéves átlagos léghőmérséklet az 1986-2023 időszakban a 30 éves klímaátlaggal egyező 11,1°C volt. Egyértelmű emelkedés figyelhető meg az éves középhőmérsékletek alakulásában, ahol a hőmérséklet emelkedésének üteme 0,58°C

hőmérséklet-emelkedés 10 évente. Az 1986-2023-as időszakban a legmagasabb napi maximumhőmérsékletet 2007. július 20-án mérték (40,6°C), a legalacsonyabbat pedig 1987. január 13-án (-13°C).



Megjegyzés: Az ábrán feltüntetett érték az 1986-2023 közötti átlagot jelenti.
A szaggatott vonal az illesztett trendet reprezentálja

4.2.1-1. ábra: Éves középhőmérséklet adatok (°C) Paks meteorológiai állomásra vonatkozóan az 1986-2023 időszakban

Hőhullámos napnak azon napokat nevezzük, amikor a napi átlaghőmérséklet 25°C fölött alakul. A hőhullámos napok átlagos éves száma a teljes 1986-2023 közötti időszakban 12,5 nap volt a paksi állomáson, legmagasabb értékkel 2021-ben (29 nap), de magas értékek jellemezték 2015-öt is 28 nappal. A hőhullámos napok száma szignifikáns növekedést mutat.

Forró napnak azon napokat nevezzük, amikor a napi maximumhőmérséklet 35°C fölött alakul. A forró napok átlagos éves száma a mérések alapján a teljes 1986-2023 közötti időszakban 5,9 volt, a legmagasabb érték 2015-ben fordult elő (19 nap). Az idősor növekedést mutat, azonban ennek szignifikancia szintje alacsony, tehát nem egyértelmű a növekedés.

Az 1981-2010 időszakban az átlagos éves csapadékösszeg 599 mm volt, míg az 1991-2020 időszakban 596 mm. Az 1986-2023 időszak éves csapadékösszegei alapján tendencia nem figyelhető meg az adatokban. A nagy csapadékkal (>30 mm) jellemezhető napok számának átlagos éves értékei 0 és 5 nap között mozogtak az atomerőmű területén az állomási mért adatok alapján, átlagosan évente 1,66 nappal. Az adatsorban tendencia nem mutatható ki. Az extrém nagy csapadékos napok (>44 mm) évenkénti száma átlagosan 0,36 nap volt a paksi állomáson 1986-2023 között, a legtöbb ilyen nap 2010-ben fordult elő (3 nap). Az adatsorban tendencia itt sem mutatható ki.

Szélviszonyok, légköri stabilitás

Az 1996-2023 időszakra vonatkozóan a szélirányok relatív gyakorisága hasonló volt az 1981-2010 közötti időszakhoz, az északnyugati (11,1%) és az észak-északnyugati áramlás (10,8%) volt a leggyakoribb, másodmaximum az északi (8,7%) és a déli irány (8,6%).

Az évi átlagos szélsebesség az 1991-2020 időszakban 1,7 m/s volt, míg az 1986-2023-as időszakban 1,8 m/s. Az 1986-2023 időszakban a legnagyobb mért széllökés 1990. február 27-én fordult elő, amely 27,5 m/s volt. Extrém széllökésű (szélsebesség >85 km/h) napok összesen tízszer fordultak elő a Paksi Atomerőmű mérései alapján a teljes 1986-2023 közötti időszakban.

A légköri terjedés számításához a szélsebesség és szélirány mellett a stabilitási viszonyok megadása is szükséges. A légkör stabilitását jellemző legfontosabb paraméter a levegő hőmérsékletének függőleges változása. A függőleges rétegződést a besugárzás és a földi kisugárzás aránya, illetve a szélsebesség határozza meg. A légköri állapotokat a stabilitás szempontjából kategóriákra szokás osztani. Atomerőművek környezetvédelmi számításaihoz a nemzetközi gyakorlatban a Pasquill-féle kategorizálás terjedt el, amit a Nemzetközi Atomenergia

Ügynökség (NAÜ) is javasol. A légkör állapotától függően a kategorizálás „A”-tól „F”-ig történik, ahol az „A” kategória jelenti az erősen labilis légköri viszonyokat, „B” a közepesen labilis, „C” az enyhén labilis, „D” a semleges, „E” az enyhén stabil, míg az „F” a stabil állapotot jellemzi.

A 2013-2022 időszakban leggyakrabban előforduló kategória a “C” (34,2%), míg a második leggyakrabban előforduló kategória a “D” (24,2%) volt. Ezután következik a “B” kategória (20,6%), majd az “A” (11,7%) és az “E” (7,3%), végül pedig az “F” kategória (2%).

4.2.2. Az éghajlatváltozás előrejelzése

Az éghajlatváltozás kontextusában a jövőre vonatkozóan csak akkor lehet projekciókat készíteni, ha bizonyos feltételezésekkel élünk a várható társadalmi, gazdasági és- politikai döntések kapcsán. A vizsgálatokhoz két ilyen, ún. RCP (Representative Concentration Pathways) szcenárió eredményei kerültek felhasználásra (RCP4.5 és RCP8.5). Az RCP8.5 a leginkább pesszimista, klímapolitikától mentes, magas üvegházhatású gáz kibocsátást feltételező forgatókönyv, míg az RCP4.5 egy optimistább forgatókönyv, ahol a kibocsátás-csökkentési törekvések sikeresek. Az RCP4.5 szerint a század végére 1,5-2,9°C-os, míg az RCP8.5 szerint 3,5-5,3°C országos átlaghőmérséklet emelkedés várható a 20. század végéhez képest. A század végére projektált éves csapadékmennyiség változás -5% és 16% (RCP4.5), illetve 0% és 24% (RCP8.5) között várható.

A meteorológiai adatok forrása

Az éghajlatváltozás hatásainak vizsgálatához felhasznált meteorológiai adatok nem méréseken, hanem korszerű, éghajlati modellekre támaszkodó számításokon alapulnak. Az éghajlat-változással kapcsolatos projekciók bemutatása ensemble (sokaság alapú) megközelítést alkalmaz. Az ensemble adatok alapján származtatható egy átlag is, ami az alkalmazott modellek összessége alapján a legvalószínűbb szcenárióként értelmezhető, és a leginkább valószínű jövőképet mutatja be. Kiemelendő itt, hogy ezt a jelenlegi tudás alapján teszi, tehát nem bizonyosságot közöl, hanem azt, ami a felhasznált projekciók alapján jelenleg a leginkább valószínűnek tűnik. A jövőbeli társadalmi, gazdasági és politikai változások / döntések alapvetően fogják befolyásolni a jövő éghajlatát, aminek a pontos előrejelzésére értelemszerűen nincs mód.

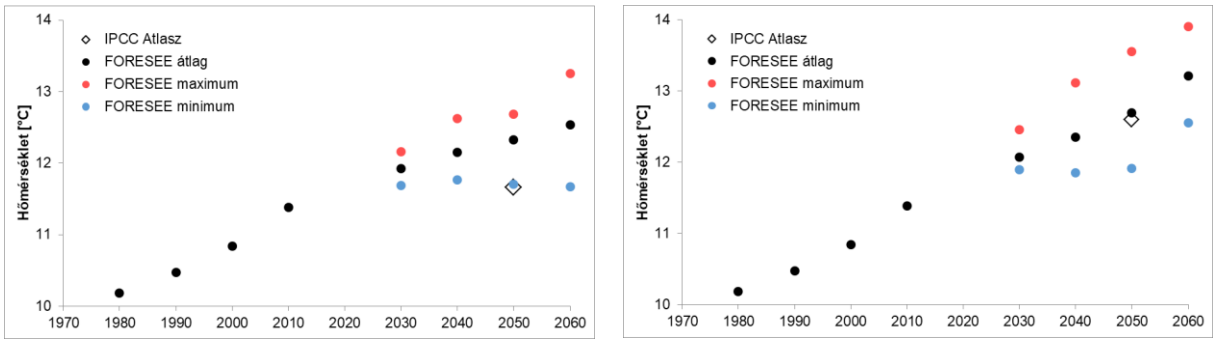
A vizsgált változók négy múltbeli (1971-1990, 1981-2000, 1991-2010, 2001-2020) és négy jövőre vonatkozó időszakra (2021-2040, 2031-2050, 2041-2060, 2051-2070) kerültek meghatározásra. A legvalószínűbb jövőkép a rendelkezésre álló adatok alapján a FORESEE adatbázis 14 modelljének átlagán alapul, és a származtatott tendenciák is ez alapján kerültek becslésre. A tendenciák kétféleképpen kerültek meghatározásra. Lineáris trendfüggvény került illesztésre a lehető leghosszabb időszakra (1971-2070), valamint a közelmúltat és a közeljövőt lefedő rövidebb időszakra (2001-2060). A két, eltérő hosszúságú időszakra való illesztést az indokolta, hogy a változás mértéke jelentősen függ a kiválasztott időszaktól. Az ún. IPCC Atlasz eredményei kiegészítő információként kerültek felhasználásra, és a vonatkozó projekciók feltüntetésre kerültek a FORESEE eredmények kiegészítéseként.

A projekciók külön kerültek tárgyalásra az RCP4.5 (optimistább), és az RCP8.5 (pesszimista) forgatókönyvek különválasztásával. Fontos megemlíteni, hogy vannak olyan kutatási eredmények, amelyek arra utalnak, hogy a jelenlegi, regionális klímamodelleken alapuló projekciók Európa térségére túlságosan optimisták, és elképzelhető, hogy alábecsülik a várható változásokat, legalábbis a hőmérséklet emelkedése, illetve a nyári hőhullámok gyakorisága kapcsán. Emiatt a várható, sokaság alapú ensemble átlag vizsgálata mellett érdemes a bizonytalanságot is figyelembe venni, annak is elsősorban a magasabb értékeket behatároló tartományát.

Éves átlagos felszínközeli léghőmérséklet

A FORESEE alapján megállapítható, hogy az éves felszínközeli léghőmérséklet a jelenlegi, azaz a 2001 és 2020 közötti évek ~11,4°C értékéhez képest a jövőben is növekedni fog. A teljes időszakot figyelembe véve 1971 és 2070 között melegedés várható, melynek évtizedenkénti üteme ~0,3°C az optimistább és ~0,4°C a pesszimista forgatókönyvet alapul véve (*4.2.2-1. ábra*).

Ha csak a 2001 és 2060 közötti időszak a vizsgálat tárgya, akkor a melegedés várható üteme mérsékeltebb, ~0,2°C/évtized az optimistább és ~0,3°C/évtized a pesszimista forgatókönyv szerint. A 2041 és 2060 közötti időszakra tehát az optimistább forgatókönyv ~12,3°C, a pesszimista forgatókönyv ~12,7°C éves átlagos felszínközeli léghőmérsékletet vetít előre. Az IPCC Atlasz a FORESEE átlagnál kisebb hőmérséklet-növekedést jelez előre a 2041 és 2060 közötti időszakra, az optimistább forgatókönyv szerint ~11,7°C, a pesszimista forgatókönyv szerint ~12,6°C éves átlagos felszínközeli léghőmérséklet várható.



(a) (b)

Megjegyzés: Az ábrán a szimbólumok 20 éves átlagokat reprezentálnak, tehát nem egyes évekre vonatkoznak, hanem a tendenciákat mutatják be. A FORESEE adatbázis átlagát, minimumát és maximumát rendre fekete, kék és piros színnel jelöltük. A fekete rombusz az IPCC Atlasz 2041 és 2060 közötti időszakra vonatkozó átlagos projekcióját mutatja.

4.2.2-1. ábra: Várható éves felszínközeli léghőmérséklet a Paksi Atomerőmű térségére vonatkozóan (a) az optimistább és (b) a pesszimista forgatókönyv alapján

Évszakos átlagos felszínközeli léghőmérséklet

A FORESEE alapján az átlagos felszínközeli léghőmérséklet télen (december, január és február hónapokban) és nyáron (június, július és augusztus) is emelkedni fog a jövőben a jelen állapothoz képest. Az évszakos felszínközeli léghőmérsékletre vonatkozó eredmények igen hasonlóak az éves értékekhez.

A FORESEE átlag alapján az 1971 és 2070 közötti téli időszak átlagos felszínközeli léghőmérséklete a jelenlegi ~1,1°C értékhez képest előre láthatóan nőni fog, amelynek tendenciája ~0,3°C/évtized az optimistább, és ~0,4°C/évtized a pesszimista forgatókönyv szerint. A 2001 és 2060 közötti időszakokat figyelembe véve a melegedés mértékeként mind az optimistább, mind a pesszimista forgatókönyv ~0,4°C/évtized értéket valószínűsít. Az IPCC Atlasz szerint a FORESEE-hez képest kisebb növekedés várható, az optimistább forgatókönyv ~1,5°C, a pesszimista forgatókönyv ~2,3°C téli átlagos felszínközeli léghőmérsékletet jelez előre.

A FORESEE átlag alapján 1971 és 2070 között a nyári időszak átlagos felszínközeli hőmérséklete a jelenlegi ~21,3°C értékhez képest várhatóan évtizedenként ~0,4°C mértékben nő mind az optimistább, mind a pesszimista forgatókönyv szerint. Ha csak a 2001 és 2060 közötti időszak a vizsgálat tárgya, akkor a melegedés várható mértéke ~0,3°C/évtized mind az optimistább, mind a pesszimistább forgatókönyv alapján. Az IPCC Atlasz a FORESEE-hez képest kisebb növekedést projektál a 2041 és 2060 közötti időszakra az optimistább forgatókönyv esetén, azaz ~21,7°C értéket valószínűsít, míg a pesszimista forgatókönyv ~22,6°C nyári átlagos felszínközeli hőmérsékletet jelez előre.

A 0°C alatti minimumhőmérsékletű (fagyos) tavaszi napok száma

Az előzőekben közölt, melegedő tendenciát mutató eredményekkel konzisztens a tavaszi fagyos napok számának előre jelzett csökkenése. A FORESEE átlag szerinti csökkenés évtizedenként várható mértéke az összes 1971 és 2070 közötti időszakot figyelembe véve ~1 nap mind az optimistább, mind a pesszimista forgatókönyv szerint. A jelenlegi, évenkénti ~16,6 naphoz képest a 2041 és 2060 közötti időszakra a tavaszi fagyos napok várható száma ~14,4 nap/év és ~12,6 nap/év átlagban. A 2001 és 2060 közötti időszakok vizsgálata alapján

0,1 szignifikancia szinten várható csökkenés, amelynek mértéke ~0,5 nap az optimistább és ~1 nap a pesszimista forgatókönyv szerint. Az IPCC Atlasz a FORESEE átlaghoz képest kisebb csökkenést vetít előre a 2041 és 2060 közötti időszakra, az optimistább forgatókönyv alapján ~17,2 nap/év, a pesszimista forgatókönyv alapján ~15 napot valószínűsít évenkénti tavaszi fagyos napként.

A 35°C feletti maximumhőmérsékletű (forró) napok száma

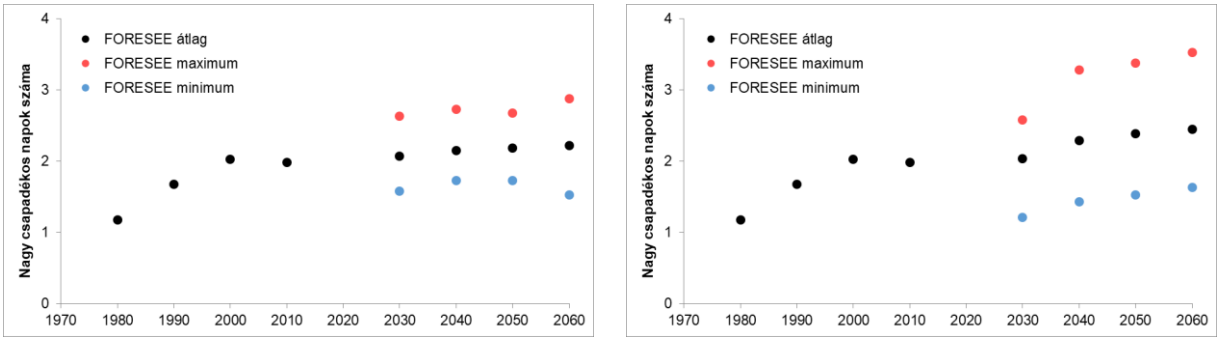
A FORESEE alapján a 35°C feletti maximumhőmérsékletű napok száma az 1971 és 2070 közötti időszakokat vizsgálva évtizedenként ~1,7 nappal növekszik az optimistább, illetve ~1,8 nappal a pesszimista forgatókönyv szerint. A rövidebb, 2001 és 2060 közötti időszakok alapján a jelenlegi ~6,2 nap/év értékhez képest várhatóan ~1,9 nap/évtized mértékben nő mind az optimistább, mind a pesszimista forgatókönyv szerint a 35°C feletti maximumhőmérsékletű napok száma, azaz a 2041 és 2060 közötti időszak éveire 13,7-13,9 körüli nap valószínűsíthető. Az IPCC Atlasz optimistább forgatókönyve a FORESEE átlaghoz képest jelentősen kisebb mértékű növekedést projektál a 2041 és 2060 közötti időszakra, mindössze évente ~8,8 napot, míg a pesszimista forgatókönyv a FORESEE átlag pesszimista forgatókönyvéhez hasonló értéket jelez előre, azaz évenként ~14 napot 35°C feletti maximumhőmérséklettel.

Hőhullámos napok száma (25°C feletti napi átlaghőmérséklet)

A FORESEE átlag alapján évtizedenként ~3,4 nappal, illetve ~4 nappal nő az évente várható hőhullámos napok száma, mind az optimistább, mind a pesszimista forgatókönyv alapján, függetlenül attól, hogy az 1971 és 2070 közötti, vagy a 2001 és 2060 közötti időszak a vizsgálat tárgya. A jelenlegi, ~13 nap/év értékről tehát a 2041 és 2060 közötti időszakra a hőhullámos napok száma évente várhatóan ~26,5 napra nő az optimistább forgatókönyv alapján, míg ~29,3 napra nő a pesszimista forgatókönyv alapján. (Az IPCC Atlaszban nem áll rendelkezésre a hőhullámos napok számára vonatkozó változó.)

Nagy csapadékos napok száma

A nagy csapadékos napok – azaz azon napok száma, amelyeken a csapadékösszeg 30 mm felett volt – számának évtizedenként növekvő tendenciáját jelzi előre a FORESEE átlag mind az optimistább, mind a pesszimista forgatókönyv szerint, az 1971 és 2070 közötti időszakok és a 2001 és 2060 közötti időszakok alapján, azonban a növekedés mértéke mindössze ~0,1 nap/évtized körüli (*4.2.2-2. ábra*). A nagy csapadékos napok jelenlegi száma évente ~2 nap körüli, amely valószínűsíthetően ugyanennyi marad a 2041 és 2060 közötti időszakban is.



(a) (b)

Megjegyzés: Az ábrán a szimbólumok 20 éves átlagokat reprezentálnak, tehát nem egyes évekre vonatkoznak, hanem a tendenciákat mutatják be. A FORESEE adatbázis átlagát, minimumát és maximumát rendre fekete, kék és piros színnel jelöltük.

4.2.2-2. ábra: A nagy csapadékos napok száma, vagyis azon napok száma, amelyeken a csapadékösszeg 30 mm feletti Paks térségében (a) az optimistább és (b) a pesszimista forgatókönyv szerint

Extrém nagy csapadékos napok száma

Az extrém nagy csapadékos napok – azaz azon napok száma, amelyeken a csapadékösszeg 44 mm feletti – számának évtizedenként növekvő tendenciáját jelzi előre a FORESEE átlag mind az optimistább, mind a pesszimista forgatókönyv szerint, az 1971 és 2070 közötti időszakok és a 2001 és 2060 közötti időszakok alapján. Az extrém nagy csapadékos napok jelenlegi száma évente ~0,36 nap körüli, amely valószínűsíthetően növekedni fog a 2041 és 2060 közötti időszakban is, a növekedés mértéke azonban mindössze ~0,1 nap/évtized körüli. (Az IPCC Atlaszban nem áll rendelkezésre hasonló elemzés.)

A 85 km/h feletti széllökéssel érintett napok száma

Az igen erős széllökésekkel jellemezhető napok – azaz azon napok száma, amelyeken a legerősebb széllökés 85 km/h-t meghaladó – számának évtizedenkénti igen csekély mértékű változását mutatják a nem hiba-korrigált Euro-CORDEX modellek átlagai mind az optimistább, mind a pesszimista forgatókönyv szerint, az 1991 és 2060 közötti időszakok átlagai alapján. A projekció bizonytalanságát mutatja, hogy 20 éves átlagban az ilyen jelenséggel érintett napok számát a modellek jellemzően 0 és 1 között adják meg az 1991 és 2060 közötti időszakra vonatkozóan.

A Duna vízhozamának és vízhőmérsékletének jövőbeli alakulása

A 2060-ig terjedő vízhozamelőrejelzések idősorai egyik éghajlati forgatókönyvben sem mutatnak gyökeres változást a 2000-2020 időszakhoz képest. Az egyes modell előrejelzések vízhozamai némiképp eltérő szezonális időzítéssel az egész, múltban megszokott vízhozam-tartományt bejárják, miközben mindkét irányban extrém vízhozamok is előfordulnak. A FORESEE adatbázis a teljes, Paks feletti Duna-vízgyűjtőre vonatkozó csapadékösszegek enyhe növekedését jelzi előre majdnem az összes éghajlati GCM-RCM modell-láncra. Ennek megfelelően a 2000-2020 időszak csökkenő vízhozam-trendjei után mindkét forgatókönyvben nagyjából azonnali trendfordulóra és a vízhozamok lassú növekedésére kell számítani, melyet a változékonyság emelkedése kísér.

A jövő vízhozamainak eloszlása a jelenhez képest mindkét éghajlati forgatókönyvben eltérő. Az RCP4.5 optimista éghajlati forgatókönyvben a középvízhozamok nagysága nem változik, a legnagyobb vízhozamok enyhén növekednek. Ennél jelentősebb változás várható a kisvizek esetében, az 1% és 0,1% napi tartósságú vízhozamok csökkenése jelentős. Az 1% alatti napi tartósságú vízhozam kis valószínűséggel 500 m^3/s alá is lecsökkenhet, ugyanakkor a közepesnél kisebb vízhozamok esetében a számottevő csökkenés nagy biztonsággal bekövetkezik.

Az RCP8.5 pesszimista forgatókönyvben a nagy vízhozamok növekedése erőteljesebb lehet. A közepes vízhozamok kismértékben nőnek, a jelenlegihez hasonló vízhozam a 20% tartósságú tartományban alakul ki. Ez alatt a vízhozamok csökkennek, az RCP4.5 forgatókönyvhöz hasonló mértékben.

Az előrejelzési időszakban a jelenleg érvényes legkisebb vízállás (LKV = -97 cm) várhatóan megdől, de ennek mértéke a közelítés módszertana miatt nem bizonyos. A jelenlegi legnagyobb vízállás (LNV = +891 cm) meghaladása az optimista forgatókönyvben nem várható, de az RCP8.5 forgatókönyvben előfordulhat.

Az RCP4.5 optimista éghajlati forgatókönyvben az éves maximum-vízhozamok időbeli trendje egyik éghajlati modell-láncnál sem jelentős, a minimumnál kis valószínűséggel csökkenés várható. Az éves medián változásának iránya változó, de trendje nem meredek. Az RCP8.5 pesszimista forgatókönyvben egyik vízhozam-mutató sem stabil, mindnél előfordulnak állandóságot, illetve növekedést mutató trendek. Ez enyhén növekvő vízhozamok mellett a vízjárás változékonyságának jelentős növekedését jelzi.

A vízhozam szezonális alakulása változatosan alakul. Jelenleg az éves maximumok jellemzően áprilistól szeptemberig, vagy a tél második felében fordulnak elő. A minimumok ideje augusztus második felétől márciusig tart. Ez a kép alapvetően megmarad a jövőben is, de nem lesz olyan időszak, amikor kis- vagy nagyvízi extrém esemény biztosan nem fordulhat majd elő.

A havi vízjárási szélsőségek a jövőben jelentősen megváltoznak. A tavaszi kisvizek jelentősen csökkennek mindkét éghajlati forgatókönyvben, míg a nagy vízhozamok jellemzően az év második felében nőnek. A medián csökkenése nyáron és ősszel is valószínűséggel számottevő is lehet.

A Duna vízhőmérsékletének növekedése továbbra is folytatódni fog, azonban a növekedés üteme közel tizedére esik vissza. A modellszimulációk szerint a nyári időszakban a hőmérséklet emelkedés mindösszesen 0,15-0,23°C/évtized értékkel fog már csak emelkedni a mindkét vizsgált éghajlati forgatókönyv szerint 2060-ig.

Az adott alulmaradási valószínűségekhez tartozó vízhőmérséklet-értékek a 2021-2060 időszakban minden esetben növekednek, bár az alacsonyabb valószínűségek esetén nem számottevően. A szezonalitás szempontjából megállapítható, hogy a nyári maximumok időben valamelyest előbbre tolódnak. A jövőbeli havi maximumok az őszi hűlési időszakban erőteljes emelkedést mutatnak.

4.2.3. Az erőmű további üzemelésének hatásai a meteorológiai és klimatikus viszonyokra

Az atomerőmű környezetre gyakorolt klimatikus hatását az alábbi hatótényezők határozzák meg:

- Maga a telephely léte, a beépített területek miatt jelentkező ún. urbán (városi hősziget) hatások.
- Az erőmű hőterhelése:
  - a frissvízhűtéses hűtőrendszeren keresztül a Dunába történő hőkibocsátás közvetett hatásaként, a Duna magasabb vízhőmérséklete miatti hőátadás a levegőkörnyezetnek,
  - a tervezett csúcshűtő rendszer üzemeléséből eredő közvetlen hőkibocsátás a levegőkörnyezetbe (mesterséges huzatú nedves hűtőcellák párakibocsátása).

4.2.3.1. A beépítettségből eredő urbán hatás

A Paksi Atomerőmű és kapcsolódó létesítményei a létesítésük idején jelentősen módosították a felszín jellegét. A korábbi mezőgazdasági kultúrákat, a biológiailag aktív felületeket beépítették, ez jelentősen befolyásolta pl. a terület albedóját, a párolgási viszonyokat, a biológiai aktivitást. A telephelyen végzett tevékenységek (pl. az épületek hőkibocsátása, a csapadékvíz elvezetése stb.), a létesítmény működése további befolyásoló tényezőként jelentkeztek.

A beépített terület és a természetes felszín energiaháztartásának eltérése következményeként ilyen területeken az átlaghőmérséklet magasabb, mint a szomszédos területeken. E különbség mértéke a Paksi Atomerőmű esetében elenyészőnek, éves átlagban néhány tized °C-nak becsülhető, a hatás a hidegebb téli időszakban erősebben tapasztalható. A hatások megjelenése az erőművi terület és annak közvetlen környezete (parkoló területek, utak).

A felszíni tagoltság és a környéktől eltérő hőháztartás a helyi légáramlási viszonyok, légmozgás módosulását is eredményezheti, melyek következményeként a párolgási, légnedvességi viszonyok is megváltoznak lokális viszonylatban.

Tekintve, hogy a Paksi Atomerőmű évtizedek óta üzemel, kijelenthető, hogy az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása nem indít el eddig nem tapasztalt hatásfolyamatokat, vagyis nem kell a terület állapotának és funkcióinak megváltozására számítani. A Paksi Atomerőmű további önálló üzemelése a terület beépítettségéből eredően – az infrastruktúra jellegéből adódóan – a telephely meteorológiai és klimatikus viszonyainak megváltozására nem lesz érdemi hatással. Ez az éghajlatváltozás előrehaladtával sem fog változni. Az általános melegedés miatt azonban a már jelenleg is fennálló urbánhatás erősödése feltételezhető.

A meghosszabbított üzemidejű Paksi Atomerőmű üzemelése során jelentős új beépítést az alternatív melegvíz-csatorna szakasz nyomvonala és a hozzá kapcsolódó hűtőcellák és az azokhoz tartozó berendezések, műtárgyak, egyéb építmények jelentenek. Ez a létesítmény jelentős részben eddig erdő és halastó funkciójú területek igénybevételével valósul meg, így a korábban urbán hatással érintett erőművi terület nagysága növekszik.

A Paks II. Atomerőmű létesítésével a paksi telephelyen a beépítetlen és növényzettel borított terület tovább csökken, emiatt az urbán hatás területi kiterjedése a Paks II. területére és kismértékű erősödése várható, még az éghajlatváltozás kontextusán kívül is.

Itt kiemelendő, hogy a talaj-növény rendszer párologtató képességének csökkenése is nyilvánvaló része a beépítettség növelésének, ami szárazabbá teszi a beépített terület környezetét. Ebben az összefüggésben a mindkét atomerőműhöz tervezett, párologtatáson alapuló hűtőrendszerek azonban részben úgy is értelmezhetők, hogy a beépítettségből fakadó párolgási hiány egy részét kompenzálják a leginkább kritikus tartósan meleg nyári időszakban.

4.2.3.2. A Duna hőterheléséből eredő hatások

A frissvízhűtéses hőerőművek hűtőrendszerén keresztül végbemenő hőkibocsátás egyes éghajlati elemekben lokális változásokat okozhat. Az első üzemidő-hosszabbításhoz kapcsolódó telephely-jellemzési program keretében a mezoklimatikus hatásokat célzottan vizsgált mérések eredményei szerint ezek a hatások csak lokálisan az atomerőmű közvetlen környezetét, illetve a Duna hőterhelése miatt a szűkebb folyóvölgyet érintik. Ezt erősíti meg az a tény is, hogy az atomerőmű létesítése óta folyamatosan végzett meteorológiai mérési eredmények a mért paraméterekben az országosan megfigyelt tendenciákhoz képest jellegzetes változásokat nem mutattak ki.

Az atomerőmű első üzemidő-hosszabbítása környezeti hatásvizsgálatának keretében a Dunát érő hőterhelés esetleges meteorológiai hatását kétféle térbeli léptékben és kétféle módszerrel vizsgálták:

- Lokális, mikroklíma hatások, amelyek a víz felett és közvetlenül a part mentén jelentkezhetnek. E hatások érzékelhetőségét feltételezték a léghőmérsékletben és a levegő nedvességtartalmában. Azt vizsgálták, hogy mekkorák, mennyire jelentősek ezek a hatások.
- Környezeti mezoklimatikus hatások azok az (esetleges) klimatikus hatások, amelyek a hőtöbblet Dunába érkezésétől és fennmaradásának néhány kilométeres távolságától, mint vonal menti forrástól is távolabb léphetnek fel. Azt feltételezték, hogy – ha a hatások egyáltalán fellépnek – azok szorosan függhetnek az időjárási helyzettől, nagytérségi széliránytól, labilitástól stb. E hatásokat modellezéssel is vizsgálták.

Az elvégzett mérési program eredményeként megállapították, hogy az atomerőmű hőterhelése csak közvetlenül a melegvíz-csatorna mellett mutatható ki. A mérések többségében a melegvíz-csatorna felett és alatt mért hőmérséklet értékek különbsége 1°C alatt maradt. A melegvíz-csatorna alatt 200 m-re felállított mérőállomásnál a havi és éves hőmérsékleti adatsorokban már nem volt kimutatható a hőterhelés hatása.

Az elvégzett mérések és modellezések alapján megállapításra került, hogy az atomerőműből a Dunába visszavezetett felmelegedett hűtővíz okozta hőterhelés – bár kimutatható – nem képvisel beavatkozásra okot adó mértékű változást a légköri környezetben. A kimutatott eltérések:

- éghajlati átlagban a folyó jobbpartján, a melegvíz-csatorna torkolat közelében is kisebbek, mint az országon belül két síkvidéki állomás között is gyakran megnyilvánuló, természetes éghajlati különbségek,
- a legnagyobb megfigyelt, illetve modellezett hatások az év nagy részében a folyó jobb partján is kisebbek, mint az időjárás szokásos változékonyságát jellemző napi hőmérsékleti szórás, de mindenképpen kisebbek, mint az egyik napról a másikra bekövetkező, legnagyobb időjárás-változások,
- a folyó bal partján méréssel nem tudtak melegvíz-hatást kimutatni, illetve az időjárási helyzetek szerinti bontás nyomán éppen azt igazolták, hogy a kimutatott hatás nem a melegvíz áthúzódó hatásával, hanem más, független mikroklimatikus tényezőkkel magyarázható,
- az egyes időjárási helyzetekben a folyótól néhány kilométerre is megmutatkozó, modellezett melegvíz-hatás legalább részben az idealizált, sík felszínnek tudhatók be, a természetes növénytakaró védő és alternatív mikroklíma-létrehozó hatása mellett minden

bizonnyal kisebb lenne, mint ahogy a balparton, sőt a jobbparton, a torkolattól távolabb fekvő mérőhelyen is felülmúlta a kérdéses hatást.

E körülmények arra utalnak, hogy a környező ökoszisztémáknak fennmaradásuk érdekében mind éghajlati, mind időjárási értelemben jóval nagyobb különbségekhez kellett már alkalmazkodniuk, mint amekkora a közvetlen mérésekkel és modellezéssel kimutatott melegvíz-hatás. Ugyanakkor a mérések tapasztalata és az idealizált felszín mellett nagyobbnak adódott különbségek nyomatékosan utalnak arra, hogy a térségben – az atomerőmű lététől függetlenül is – fokozottan védeni szükséges az éghajlatmódosító hatásokat is megszűrő, redukáló természetes növénytakarót.

A két független metodikával lefolytatott vizsgálat módot adott az atomerőmű üzemeltetésből eredő melegvíz visszavezetés okozta hőterhelés nagyságrendjének egyértelmű meghatározására. Az ebből eredő hatás alatta marad három olyan természetes hatásnak (az éghajlat területi különbségeinek, az időjárás napi változásainak, illetve egyes konkurens mikroklimatikus különbségeknek), amelyekhez az ökoszisztémák mindeddig alkalmazkodni tudtak. A vizsgálati eredmények ismeretében a melegvíz okozta hőterhelés vonatkozásában nem volt indokolt további vizsgálatok végzése.

A Paksi Atomerőmű önálló üzemelését tekintve, a mezoklíma jellemzőinek az atomerőmű további üzemelése során a dunai hőterhelésből eredő megváltozása a rendelkezésre álló információk alapján nem feltételezett.

A Paks II. Atomerőmű üzembe helyezését követően a Duna hőterhelése a jelenleginek közel a duplájára nő. Ez nyilvánvalóan a hatás erősödésével jár, de nem fogja elérni azt az szintet, ami a fenti megállapításokat kétségbe vonná.

A két atomerőmű felmelegedett hűtővizének visszavezetése okozta dunai hőterhelésből eredő klimatikus hatások az erőmű telephelyén, illetve a melegvíz-csatornák közvetlen környezetében lokálisan várhatóan továbbra is kimutathatók lesznek, mezoklimatikus változások azonban ebből eredően nem feltételezhetők, a kétszeres mennyiségű felmelegedett hűtővíz visszavezetés ellenére sem. A kimutathatóság mértéke feltételezhetően a jelen állapothoz hasonlóan a későbbiekben is csak kismértékű lesz.

4.2.3.3. A tervezett csúcshűtő rendszer üzemeléséből eredő hatások

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának időszakára az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a *2.2.2.1. fejezetben* bemutatott alternatív melegvíz-csatorna szakasz és az ahhoz kapcsolódó csúcshűtő rendszer kialakítását tervezi. A hűtőrendszer feladata a visszavezetésre kerülő felmelegedett hűtővíz hőmérsékletének csökkentése annak érdekében, hogy a bevezetési pont alatt 500 m-re lévő Duna keresztszelvényre előírt 30°C-os felső vízhőmérsékleti korlát magas Dunavíz hőmérséklet esetén is tartható legyen az erőművi teljesítmény fenntartása mellett, figyelembe véve a Paks II. Atomerőmű működését is.

A Paks II. Atomerőmű a Paksi Atomerőműhöz hasonlóan frissvízhűtéses hűtőrendszerrel fog rendelkezni, a Paks II.-höz létesülő új melegvíz-csatorna mentén a felmelegedett hűtővíz utólagos hűtésére hasonló csúcshűtő rendszer létesítése tervezett.

A csúcshűtő rendszerek hűtőcella-sorai azonban egyik atomerőmű esetében sem üzemelnek folyamatosan, azokat csak a kritikus időszakokban (magas Dunavíz hőmérséklet esetén) és fokozatosan léptetik üzembe. Az üzemeltetésük teljes időtartama éves szinten várhatóan csak rövid időszakokra korlátozódik, a nyári, hőhullámos időszakokban. A telepítendő csúcshűtő rendszerek működésük során nagy mennyiségű vízpárát bocsátanak ki, ami várhatóan befolyásolja a mikroklímát. A párakibocsátás kapcsán valószínűsíthető, hogy az időszakosan befolyásolja a légnedvesség alakulását az atomerőművek környezetében.

A környezeti hatásvizsgálat keretében meghatározásra került a két atomerőmű csúcshűtő rendszere által kibocsátott pára mennyisége és ennek hatása a csúcshűtő rendszer körüli levegőkörnyezet relatív páratartalom változására. A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a hűtőcellákból kilépő extra páramennyiség a földtől számított 100-400 m magasságban fog eloszlani, amelyet a térrészbe az aktuális szélirányból belépő és onnan távozó levegő

folyamatosan szállít el. A levegő átkeveredésének köszönhetően ez a páramennyiség növekmény a csúcshűtő rendszertől számított néhány kilométeren belül gyakorlatilag teljesen eltűnik.

A levegőbe párolgó vízmennyiség az atomerőművek teljes hűtővíz forgalmának mintegy 1,5%-a maximális terhelésű üzemben, míg az évi 3-4 napos gyakorisággal előforduló részterheléses üzemállapotban ez az érték 0,5%.

Az eredmények alapján a várható relatív páratartalom a hűtők feletti térrészben a két csúcshűtő rendszer maximális terhelése és a legkedvezőtlenebb szélviszonyok (<0,5 m/s szélsebesség) mellett is 85% alatt marad. Így még ha helyileg látható is lesz a pára közvetlenül a hűtőcellák fölötti néhány 10 m-es térrészben, a nagy légtérfogatban az extra párakibocsátás látható párája gyorsan párolog, nem fog jelentős felhőt képezni. Megállapítható továbbá, hogy a legnagyobb páratartalom növekedéssel járó üzemállapotok gyakorisága elhanyagolhatóan kicsi.

Nagyobb szélsebesség esetén több friss levegő érkezik a vizsgált térrészbe, míg ugyanaz lesz a cellák által kibocsátott páramennyiség, így a kilépő nagyobb mennyiségű levegő a 0,5 m/s szélsebességes esethez képest kisebb relatív páratartalom növekedéssel fog rendelkezni. Ugyancsak kisebb páratartalom növekedéssel lehet számolni a gyakoribb, a csúcshűtő rendszerek részterhelésével kezelhető üzemállapotokban.

Figyelembe véve, hogy a csúcshűtő rendszerek üzemeltetésére a tartósan meleg nyári időszakokban van szükség, amikor a levegő páratartalma általában alacsony, a párakibocsátás hatása pozitívnak tekinthető, kompenzálja a beépítettségből fakadó párolgási hiány egy részét a leginkább kritikus tartósan meleg nyári időszakban. Pozitív hatása elsősorban az éjszakai és hajnali harmatképződésben jelenik meg, ami a növények számára hasznosítható nedvességet biztosít.

4.2.4. Az éghajlatváltozással szembeni kitettség és érzékenység vizsgálata

4.2.4.1. A vizsgálat módszere, az alkalmazott megközelítés

Általános alapelvként fogalmazható meg, hogy a klímaváltozási folyamat miatt szélsőségesebbé váló éghajlathoz való alkalmazkodásnak, azaz a jövő klímájához való tudatos igazodásnak érvényesülnie kell a különböző projektek tervezése, megvalósítása során is. Valamennyi típusú projekt közül az infrastrukturális fejlesztésre irányulók azok, amelyek – elsősorban tervezett élettartamuk miatt – talán a leginkább ki vannak téve a jövő éghajlati viszonyainak.

Az Európai Unió szintjén megfogalmazódott elvárásként jelentkezik valamennyi, legalább 5 éves időtávra készülő infrastrukturális beruházás esetében az ún. éghajlatváltozási rezilienciavizsgálat elvégzése. A vizsgálat elősegíti a jelentős üvegházhatású gáz (ÜHG) kibocsátással járó, vagy a jövő éghajlati adottságaival szemben kiemelten sérülékeny infrastrukturális fejlesztések azonosítását, és ezáltal lehetőséget nyújt a beruházás tervezői számára, hogy az éghajlatváltozás várható hatásainak, azok kockázatának számbavételével olyan kiegészítő intézkedéseket tervezhessenek a projektjükbe, amelyek nélkülözhetetlenek ahhoz, hogy a létrejött infrastruktúra hosszú távon is költséghatékony módon üzemelhessen és betölthesse rendeltetését.

A Paksi Atomerőmű – további üzemidő-hosszabbítással kapcsolatos – éghajlatváltozással szembeni kitettség és érzékenység vizsgálata a Miniszterelnökség megbízásából készített és kiadott Klímareziliencia Útmutató (2022. február) alapján került végrehajtásra, az abban meghatározott standard éghajlatváltozási rezilienciavizsgálat módszerét és lépéseit követve. A vizsgálat két – részben egymással összefüggő, de mégis jól elkülöníthető – részből áll:

1. Klímasemlegességi részvizsgálat: a projekt eredményeképpen várható ÜHG kibocsátás változásának megítélése.
2. Klímaalkalmazkodási részvizsgálat: a projekt éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásának megítélése.

A vizsgálatok célja a magas kockázattal járó, azaz jelentős ÜHG emissziót eredményező, vagy éghajlati hatásokkal szemben kiemelten sérülékeny infrastrukturális fejlesztések azonosítása,

egyben azok tervezése, megvalósítása során az éghajlatvédelmi és – alkalmazkodási szempontok integrálásának ösztönzése. A standard éghajlatváltozási rezilienciavizsgálat mindkét részvizsgálata két, egymásra épülő szakaszból áll, egy átvilágítási és egy részletes elemzési szakaszból. Utóbbi elvégzése csak abban az esetben elvárás, ha az átvilágítási szakasz eredményei alapján az indokoltnak tekinthető.

Az útmutató alapján infrastruktúrának minősülnek a gazdaság és társadalom működéséhez nélkülözhetetlen hálózati infrastruktúrák, így többek között az energia-infrastruktúra, azon belül pedig az erőművek is. Tekintettel arra, hogy a Paksi Atomerőmű mint a hazai villamosenergia-infrastruktúra részét képező erőmű további üzemidő-hosszabbításának tervezett időtartama 20 év, az útmutató alapján elvégzésre került a klímareziliencia vizsgálat (annak standard változata).

A klímasemlegességi részvizsgálat célja annak megítélése volt, hogy a tervezett fejlesztés következtében várható éves ÜHG kibocsátás változás összhangban van-e az Európai Unió és annak részeként Magyarország által kitűzött emisszió-csökkentési célokkal. A Paksi Atomerőmű villamosenergia-termelő tevékenységéből eredően – az alkalmazott nukleáris technológiának köszönhetően – ÜHG nem kerül a légkörbe kibocsátásra. Az atomerőműben a villamosenergia-termeléshez nem kerülnek alkalmazásra hagyományos tüzelőberendezések és nem kerülnek felhasználásra olyan tüzelőanyagok, melyek elégetése a légkörben nagy mennyiségű füstgáz, illetve azzal együtt ÜHG kibocsátásával jár. Ebből a szempontból változást a további üzemidő-hosszabbítás nem jelent a jelenlegi állapothoz képest az ÜHG kibocsátása tekintetében.

Az atomerőmű üzemeltetéséhez kapcsolódóan azonban az erőműtelephelyen több olyan, alapvetően biztonsági célokat szolgáló berendezés (pl. szükségáramforrást hajtó dízelgenerátorok) található, melynek működéséből eredően ÜHG kibocsátással kell számolni. Ezeknek a berendezéseknek az üzemeltetési időtartama azonban éves szinten alacsony, az ellenőrzési célokat szolgáló próbajáratásra korlátozódik. E tekintetben a tervezett üzemidő-hosszabbítás időszakában – a tervezett új, 1-2. blokki üzemzavari kihelyettesítő dízelgenerátor telepítését is figyelembe véve – sem lesz érdemi változás, azaz az ÜHG kibocsátásának jelentős változásával (növekedésével) ezekhez a forrásokhoz kapcsolódóan sem kell számolni a jelenlegihez képest.

Az atomerőmű üzemeltetéséhez kapcsolódóan egyéb, számottevő ÜHG kibocsátási forrásként a közúti gépjármű közlekedés (személy- és teherszállítás) azonosítható. Az atomerőmű működéséhez szükséges közúti szállítás esetében a további üzemidő-hosszabbítás időszakára, 2032-től kezdődően jelentős mértékű forgalomnövekedéssel nem kell számolni, tekintettel arra, hogy az atomerőműhöz szükséges személy- és teherszállítási igények számottevő növekedése nem feltételezett.

A klímasemlegességi részvizsgálat a fentiek figyelembevételével került elvégzésre, egyrészt az atomerőmű hatályos környezetvédelmi engedélyében, illetve annak módosításaiban szereplő légszennyező pontforrások jelenlegi üzemeléséből, a tervezett új, 1-2. blokki üzemzavari kihelyettesítő dízelgenerátor várható üzemeléséből, másrészt az erőmű üzeméhez kapcsolódó jelenlegi gépjárműforgalomból eredően figyelembe vehető ÜHG kibocsátás mértékét alapul véve.

4.2.4.2. Klímasemlegességi részvizsgálat

A klímasemlegességi vizsgálat az alábbi két különböző részletezettségű szakaszból állt:

1. Átvilágítási szakasz: Az átvilágítás keretében a projekt ágazati besorolásának, rendeltetésének ismeretében egy előzetes lista (Klímareziliencia Útmutató 1. sz. melléklete) alapján eldönthető, hogy a fejlesztés keretében megvalósuló infrastrukturális célú beruházások előreláthatóan jelentős ÜHG kibocsátás változást eredményeznek-e?
2. Részletes klímasemlegességi elemzés: Ennek elvégzése csak abban az esetben elvárás, ha az átvilágítási fázis eredménye azt valószínűsíti, hogy az infrastrukturális fejlesztés megvalósítása által közvetlenül, vagy közvetett módon előidézett ÜHG kibocsátás mértéke meghaladhatja a 20 000 tonna CO_{2eq}/év értéket.

Az atomerőmű üzemidő-hosszabbítása nem szerepel az útmutató 1. sz. mellékletében meghatározott, jelentős ÜHG kibocsátás változást eredményező tevékenységek között, így részletes klímasemlegességi-értékelésre az útmutató alapján nincs szükség. Ennek ellenére ellenőrzésképpen azonosításra kerültek az atomerőmű üzemeléséhez köthetően az ÜHG gázok kibocsátásával járó tevékenységek és kiszámításra kerültek az az azokból eredő kibocsátások.

Üvegházhatású gázok várható kibocsátásának számítása

A Paksi Atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódóan ÜHG kibocsátás az atomerőmű telephelyén meglévő biztonsági és egyéb dízelüzemű generátor és a tervezett új 1-2. blokki kihelyettesítő dízelgenerátor (légszennyező pontforrások) éves próbajáratásaiból, valamint az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódóan a közúti személy- és teherforgalomból, a belsőégésű motorral üzemelő közúti személy- és teherjárművek üzemeléséből ered.

Az atomerőmű üzemeléséből eredő éves ÜHG kibocsátás (CO_2) értéke – konzervatív megközelítés alkalmazásával számítva – összesen: 128,28 t/év (légszennyező pontforrások) + 10 038,83 t/év (közlekedés) = 10 167,11 t/év. Ehhez közeli érték valószínűsíthető az atomerőmű további 20 éves üzemidő-hosszabbításának éveire vonatkozóan is. A CO_2 esetében globális felmelegedési potenciál (GWP) értéke 1 ($t_{CO2}/t_{ÜHG}$), így a szén-dioxidegyenértékben (CO_{2eq}) kifejezett érték: E_{total} (t CO_{2eq}) = $GWP_{CO2} \cdot E_{CO2}$ (t) = 10 167,11 t/év.

Az atomerőmű jelenlegi üzemeléséből eredően, valamint a további üzemidő-hosszabbítás projekt megvalósulását követő üzemelésből eredően sem várható tehát az útmutatóban küszöbértékként meghatározott 20 000 t CO_{2eq} éves kibocsátást meghaladó érték.

A fentiek alapján a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása nem eredményez jelentős mértékű ÜHG kibocsátás változást, ezért további vizsgálatokra – részletes klímasemlegességi elemzés elvégzésére – nincs szükség.

A fenti számítási eredmények alapján látható, hogy az atomerőmű üzemeléséhez kötődő ÜHG kibocsátás döntően a közúti járműforgalomból adódik. Az ÜHG kibocsátás csökkentésére szolgáló intézkedésként ezért elsősorban a személy- és teherszállításhoz használt járműpark korszerűsítése, a járműállományban az elektromos meghajtású járművek arányának növelése (pl. az atomerőműhöz kapcsolódó parkolókban az elektromos töltőhálózat bővítése, ezzel az elektromos járművek használatának ösztönzése) fogalmazható meg.

Az ÜHG kibocsátás kisebb hányadát jelentő biztonsági dízelgenerátorok az erőmű villamosenergia-ellátását érintő váratlan meghibásodás esetén lépnek üzembe, valamint az üzemkész állapot ellenőrzésére szolgáló üzemi próbák során működnek kizárólag a szükséges időtartamban. Tekintettel a felhasználás speciális követelményeire, a szükséges teljesítményre, a mindenkori megbízható rendelkezésre állás biztosíthatóságára, az üzemanyag készletezhetőségére, a dízelgenerátorok jelentik az erre célra alkalmazható legjobb megoldást. Amennyiben az MVM Paksi Atomerőmű a későbbiekben a dízelgenerátorok cseréje mellett dönt, a telepítésre kerülő új berendezések kiválasztásánál figyelembe veszik az alacsony fajlagos légszennyezőanyag-, illetve ÜHG-kibocsátást, mint lényeges döntési szempontot.

4.2.4.3. Klímaalkalmazkodási részvizsgálat

A klímaalkalmazkodási részvizsgálat az alábbi két szakaszból áll:

1. Átvilágítási szakasz (éghajlatváltozás infrastruktúrára gyakorolt hatásainak vizsgálata):

   Az átvilágítási szakasz célja annak meghatározása, hogy az éghajlatváltozás várhatóan milyen jellegű és mértékű hatásokat gyakorolhat a projekt keretében megvalósuló infrastrukturális fejlesztésre.

   Az átvilágítás önmaga három részfolyamatra oszlik, ezek az alábbiak:

   1.1. A projekthelyszín éghajlati kitettségének vizsgálata.

   1.2. A projekt tartalma, várható eredményei vonatkozásában az éghajlatváltozással szembeni érzékenység meghatározása.

1.3. Az előbbi két részvizsgálat eredményeinek összevetése alapján az éghajlatváltozás adott infrastrukturális fejlesztésre, annak eredményeinek fenntartására gyakorolt hatásainak azonosítása.

2. Részletes elemzési szakasz (infrastruktúra éghajlatváltozással szembeni kockázatértékelése, alkalmazkodási intézkedések meghatározása):

   Ennek elvégzése csak abban az esetben elvárás, ha az átvilágítási szakasz eredménye azt valószínűsíti, hogy a projekt megvalósítására, a létrehozott infrastruktúra üzemeltetésére az éghajlatváltozás jelentős hatást gyakorolhat. Az értékelés az átvilágítási szakaszban azonosított jelentős éghajlatváltozási hatások bekövetkezési valószínűségének vizsgálatát és az ellenállóképesség javításához szükséges alkalmazkodási intézkedések meghatározását foglalja magában.

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítására vonatkozóan elvégzett klímaalkalmazkodási részvizsgálat módszere és speciális végrehajtási szempontjai közül röviden az alábbiak emelhetők ki:

- Meglévő létesítményről lévén szó, így nem merülnek fel érdemi létesítési munkálatok és nem kell számolni az ÜHG ezekhez kapcsolódó kibocsátásával.
- A létesítési munkák várható költségét is figyelembe véve a projekt megtérülése kedvezőtlen körülmények között is biztosított.
- Az atomerőmű nukleáris szabályozás szerinti részletes telephelyvizsgálata és értékelése, valamint az EKD és a KHT készítése során végzett munkák eredményeképpen a vizsgálat telephely-specifikus adatok alapján került végrehajtásra.
- A nukleáris engedélyezéshez szükséges részletes telephelyvizsgálat és értékelés eredményeként a telephely kitettségének vizsgálata során lehetőség van a további vizsgálatból, megalapozott „nem releváns” minősítéssel kizárni számos éghajlatváltozási következményt.
- Az Útmutatóban megadott éghajlatváltozási következmények mellett sor került további, atomerőmű-specifikus éghajlatváltozási következmények vizsgálatára is.

Az átvilágítási szakaszban a telephely éghajlati kitettsége vizsgálatának eredményeként az alábbi éghajlatváltozási következmények bizonyultak relevánsnak, alacsony jelenlegi és jövőbeni várható hatás mellett:

- A Klímareziliencia Útmutatóban meghatározott szempontok szerinti vizsgálat alapján:
  - várható éves átlaghőmérséklet változás (lassú növekedés),
  - várható nyári átlaghőmérséklet változás,
  - a forró napok számának várható változása,
  - a hőhullámos napok számának növekedése.
- Speciális atomerőművi szempontok szerinti vizsgálat alapján:
  - a Duna vízhozamának csökkenése a száraz időszakok maximális hosszának a vízgyűjtő területen tapasztalható növekedése miatt.
  - a Duna vízhőmérsékletének emelkedése.

A fentiek alapján két hatás-csoport került azonosításra, amelyek vonatkozásában a létesítmény érzékenység vizsgálata során következő megállapítások tehetők:

- A levegőhőmérséklet növekedésével kapcsolatos éghajlatváltozási következmények csoportjára a létesítmény nem érzékeny. Ezeket a hatásokat a létesítmény üzemeltetése során eddig is kezelték és a rendelkezésre álló prognózisok nem mutattak olyan változásokat, amelyek ezen éghajlatváltozási következmények kezelését a jövőben meghiúsítanák.
- A Duna hűtési potenciáljának csökkenésével kapcsolatos éghajlatváltozási következmények csoportjára egy ultrakonzervatív becslés készült, amely alapján az útmutatóban megadott kategóriákat alkalmazva a létesítményre vonatkoztatható veszély nagyságrendje a „kicsi” kategóriába sorolható a jelenlegi üzemviteli gyakorlat mellett.

Az átvilágítási szakasz részeként elvégzett vizsgálatok azt mutatják, hogy a várható hatás egyik éghajlatváltozási következmény esetében sem magas, további részletes klímaalkalmazkodási elemzésre az útmutató ajánlásait figyelembe véve ezért nem volt szükség.

Amellett, hogy a vizsgálat igazolta az atomerőmű klímaalkalmazkodási megfelelőségét, az egyes elemzések rámutattak arra is, hogy gazdasági szempontból jelentős különbségek lehetnek még a „kicsi" kategóriába sorolható éghajlatváltozási következmények kezelése esetében is, köszönhetően az atomerőművi blokkok magas egységteljesítményének és a további üzemidő-hosszabbítás kiemelkedő hatékonyságának. Ezért megfelelő költség-haszon arányok esetén célszerű felkészülni a klímaalkalmazkodási vizsgálat elfogadási kritériumain túli extrém helyzetek kezelésére is, ha ez gazdasági szempontból megalapozható és műszakilag kivitelezhető. Ezek figyelembevételével optimalizálási ajánlásként került megfogalmazásra, hogy a levegőhőmérséklet növekedésével kapcsolatos éghajlatváltozási következmények csoportjára javasolt létrehozni, felülvizsgálni, vagy optimalizálni olyan üzemfolytonossági terveket, amelyek az esetleges extrém magas levegő hőmérséklet esetére optimalizálják a technológiai hűtési kapacitásokat, különösen egyidejű extrém magas Duna víz hőmérséklet mellett, ezzel biztosítva a berendezések üzemeltetéséhez szükséges klimatikus körülményeket.

A Duna hűtési potenciáljának csökkenésével kapcsolatos éghajlatváltozási következmények csoportját érintően olyan vizsgálatok kerültek elvégzésre, melyek célja olyan lehetséges műszaki megoldások meghatározása volt, amelyek alkalmazásával optimalizálható a Duna hőterhelés elleni védelme érdekében végrehajtandó leterhelések száma és mértéke. A tervezett műszaki megoldás az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a hozzá kapcsolódó csúcshűtőrendszer kialakítása, amely segítségével a felmelegedett hűtővíz hőmérséklete a Dunába való visszavezetést megelőzően számottevő mértékben csökkenthető (*2.2.2.1. fejezet*).

Összességében kijelenthető, hogy a további üzemidő-hosszabbítás klímavédelmi indokoltságát megalapozza, hogy az európai uniós és hazai energia-, és klímastratégiákkal összhangban az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása a megvalósítás időszakában – a kapcsolódó tevékenységeket is figyelembe véve – alacsony ÜHG kibocsátással járó tevékenység, lévén meglévő létesítmény termelőképességének időbeni meghosszabbítása. Emellett a klímavédelem szempontjából nem kisebb jelentőségű, hogy az atomerőmű a meghosszabbított üzemidő alatt is kiemelkedő klímavédelmi sajátosságokkal rendelkező létesítményként üzemelhet majd, köszönhetően az atomerőművi villamosenergia-termelés egységtermelésre jutó rendkívül alacsony szén-dioxid lábnyomának[7]. Az elvégzett elemzés igazolja, hogy a létesítmény klímaalkalmazkodási sajátosságai kiemelkedőek, az atomerőműre jellemző robosztus felépítés és jelentős biztonsági tartalékok az egyéb emberi és természeti veszélyek mellett, a klímaváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás szempontjából is jelentősek.

4.2.4.4. A tervezett tevékenység hatása a feltételezhető hatásterület éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási képességére

Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási képesség alatt egy rendszer azon lehetőségét és készségét értjük, mellyel fel tud készülni az éghajlatváltozásra, mérsékelni tudja a várható károkat, képes kezelni a bekövetkező események következményeit és alkalmazkodni tud a változásokhoz. Egy tervezett tevékenységnek a terület adaptációs képességére vonatkozó hatásának vizsgálata során azt kell vizsgálni, hogy a helyszín környezetében található eszközök és infrastruktúrák sérülékenységét és alkalmazkodási képességét befolyásolja-e a vizsgált tevékenység. Egy adott tevékenység megváltoztathatja a mikroklímát, átalakíthatja a szélcsatornákat vagy hatással lehet a felszíni vagy felszín alatti vízkészletekre. Vizsgálni szükséges, hogy a tervezett beruházás növelheti-e az éghajlatváltozással kapcsolatos kockázatok előfordulásának gyakoriságát vagy a következmény hatásának mértékét.

[7] A Paksi Atomerőmű teljes életciklusára vonatkozó üvegházhatásúgáz-kibocsátás 11,1 g CO_2-egyenérték 1 kWh megtermelt villamos energiára vonatkoztatva.

A Paksi Atomerőmű üzemeléséből eredő környezeti hatások feltételezett hatásterülete (az atomerőmű közel 10 km-es környezete) Tolna és Bács-Kiskun vármegye területére terjed ki. Az érintett terület alapvetően mezőgazdasági dominanciájú, az agrárágazat használja, második legjelentősebb ágazat az erdészet, erdőgazdálkodás. Az érintett települések döntő többsége közel 450-4000 fő közötti lakosságszámú községek, ahol a falusias, családi házas beépítés jellemző, a zöldfelületek aránya magas. Ez alól kivételt a két kisváros, a 17 827 fős Paks és a 14 619 fős Kalocsa jelent. Ezeken a településeken sem jellemző azonban a nagyvárosias, sűrű beépítettség, a magas épületek és a jelentős kiterjedésű burkolt felületek, néhány lakótelep kivételével a kisvárosias, kertvárosias környezet a meghatározó. A területen található infrastruktúrák, illetve ipar tekintetében Paks város, az erőművi telephely, a Paksi Ipari Park emelhető ki. E mellett a térségben a mezőgazdasághoz tartozó feldolgozóipar jelentős. A térségben jellemzően a közlekedési infrastruktúra (alapvetően a közúthálózat /6. sz. főút, M6-os autópálya/, vasút, illetve a Duna mint víziút) és a villamos távvezeték hálózat elemei találhatók meg.

Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási célkitűzéseket és előirányzott intézkedéseket a vármegyei éghajlatváltozási stratégiák tartalmazzák, figyelembe véve az egyes megyék területének az éghajlatváltozás következményeivel szembeni érzékenységét, sérülékenységét.

Tolna vármegye éghajlatváltozási stratégiája alapján a vármegye éghajlatváltozással szembeni sérülékenységét alakító tényezők alapvetően az aszály (mezőgazdasági termelés), a hőhullámok (társadalom, egészségügy), a viharok (épített környezet) vizek általi veszélyeztetettség (pl. villámárvíz, vízerózió) és természeti értékek veszélyeztetettsége (biodiverzitás csökkenés).

A klímastratégia megállapítja továbbá, hogy a főként mezőgazdaságra épülő és kedvezőtlen demográfiai folyamatokkal rendelkező Tolna vármegyében az éghajlatváltozással kapcsolatosan várható kedvezőtlen folyamatokat a Paksi Atomerőmű bővítésével kapcsolatos beruházás jelentősen befolyásolhatja pozitív irányba, a megye társadalmi-gazdasági helyzetére gyakorolt kedvező hatásai révén.

A klímastratégia Tolna vármegye átfogó klímavédelmi célkitűzéseként a vármegyei klímavédelmi intézményrendszer felállítását, finanszírozásának megteremtését határozza meg, mitigációs, azaz a klímaváltozást okozó ÜHG légkörbe juttatásának csökkentésére irányuló célkitűzésként az alábbiakat fogalmazza meg:

- energiafelhasználás hatékonyságának növelése a kibocsátás csökkentésével,
- megújuló energiaforrások arányának növelése a helyi energiaszerkezetben,
- a közlekedésből származó CO_2 kibocsátás csökkentése,
- az erdőterületek növelése.

Alkalmazkodási, azaz adaptációs és felkészülési célkitűzésként a vármegyei klímastratégia a következőket tartalmazza:

- Átfogó adaptációs és felkészülési célkitűzések (pl. az aszálytól védett területek növelése, vízkárok elleni sérülékenység csökkentése, hőhullámok elleni védekezés, épített környezet sérülékenységének csökkentése, zöldterületek növelése).
- Speciális Adaptációs és felkészülési célkitűzések (pl. természeti és táji értékek, védett értékek sérülékenységének vizsgálata, klímaváltozáshoz való alkalmazkodás feltételeinek megteremtése a borvidékeken).
- Klímatudatossági és szemléletformálási célkitűzések (pl. fogyasztói magatartás formálása, adaptációs ismeretek bővítése, ÜHG kibocsátás csökkentését célzó szemléletformálás, önkormányzat klímatudatos kommunikációjának erősítése).

Bács-Kiskun vármegye éghajlatváltozási stratégiája szerint az éghajlatváltozás leginkább a növekvő vízhiányon és fokozódó nyári hőségen keresztül érezteti hatását a megyében, ennek megfelelően mindenekelőtt azokat az ágazatokat és szakterületeket érinti, amelyek e változásokra fokozottan érzékenyek, ezek a mező- és erdőgazdaság, vízgazdálkodás, katasztrófavédelem, természetvédelem és közegészségügy. A klímastratégia az alábbi klímavédelmi célkitűzéseket határozta meg:

- Kibocsátás-csökkentési, dekarbonizációs célkitűzések (az épületek üzemeltetéséből, a közlekedésből, a mezőgazdasági művelésből és a hulladékszektorból származó ÜHG-kibocsátás csökkentése).
- Alkalmazkodási és felkészülési célkitűzések (pl. hőségriadó-terv készítése a településeken, a közegészségügyi kockázatok csökkentése érdekében, védett élőhelyek természeti állapotának fenntartása, a vízvisszatartást célzó vízgazdálkodási gyakorlat, a talaj szervesanyagtartalmának és vízháztartásának javítását célzó talajművelési eljárások, az erdők egészségi állapotának fenntartása, illetve javítása, az épületállomány részbeni megújítása, vagy komplex felújítása).
- Szemléletformálási, klímatudatossági, intézményfejlesztési célkitűzések (pl. klímaváltozással kapcsolatos naprakész ismeretek elérhetőségének javítása, a klímaváltozás várható helyi hatásait és az azzal kapcsolatos feladatokat kijelölő stratégiai tervdokumentumok készítése, környezet-, és/vagy klímavédelmi jellegű kutatási-fejlesztési tevékenységet folytató vállalkozások számának növelése, klímatudatos fogyasztási szokásokkal, életvitellel kapcsolatos ismeretek eljuttatása a lakosságához).

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítására vonatkozóan megállapítható, hogy alapvetően a jelenleg fennálló környezeti hatásokkal kell számolni a továbbiakban is. A tervezett tevékenységhez új területek igénybevételét a tervezett alternatív melegvíz-csatorna nyomvonala, illetve a közbenső hűtés építményeinek területfoglalása jelent. Az új építmények, berendezések megépítése az atomerőmű közvetlen közelében lévő zöldterület, illetve erdőterület igénybevételével is jár. A jelenleg beépítetlen területek igénybevétele azonban nem olyan mértékű, amely érdemben és érzékelhetően befolyásolná a térség ÜHG elnyelő képességét.

Az atomerőmű telephelye Paks lakóterületeitől távolabb, már nem a sűrűn beépített városias környezetben helyezkedik el, ahol az éghajlatváltozásból eredő hatások fokozott problémát jelentenek, ezáltal a meglévő beépítettségből eredő hősziget hatás sem minősíthető jelentősnek. Az erőmű üzemeléséből eredően a klímára gyakorolt hatások ugyan kimutathatók, azok azonban lokálisak, mezoklimatikus változások nem feltételezhetők.

A vízhasználatok, vízkivételek, vízkészletek érintettsége tekintetében a további üzemidő-hosszabbítás szintén nem okoz változást a jelenlegihez képest. A további üzemidő-hosszabbítás miatt az erőmű telephelyén és környezetében a lefolyási viszonyok csak kisebb mértékben, az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a közbenső hűtés építményeivel érintett területrészeken változnak. A tervezett tevékenység egyéb tekintetben a meglévő telephelyen, a már rendelkezésre álló építményekkel, berendezésekkel, infrastruktúra elemekkel valósul meg.

Az atomerőmű villamosenergia-termelési technológiájából eredően ÜHG kibocsátás a légkörbe nem történik, ezáltal az atomerőmű további üzemelése jelentősen hozzájárul az ÜHG kibocsátással nem járó villamosenergia-termelés hosszú távú fenntartásához.

A térségi infrastruktúra elemek (közlekedés, villamos távvezeték, egyéb ipari tevékenység) klímaváltozással szembeni érzékenységét, illetve alkalmazkodási képességét az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása szintén nem befolyásolja, azokra nincs hatással.

Az atomerőmű további üzemelése azonban megbízható, stabil és kiszámítható alaperőművi villamosenergia-termelést biztosít a növekedő villamosenergia-igények megbízható kielégítéséhez. A Paksi Atomerőmű a további üzemelésével országos szinten is hozzájárul az éghajlatváltozásból eredően várható hatásokhoz való alkalmazkodási képesség növeléséhez, az ipari tevékenység fenntartásán, illetve az erőműtársaság társadalmi szerepvállalásán keresztül részt vehet továbbá a szemléletformálásban, a térség gazdasági erejének hosszú távú megtartásában.

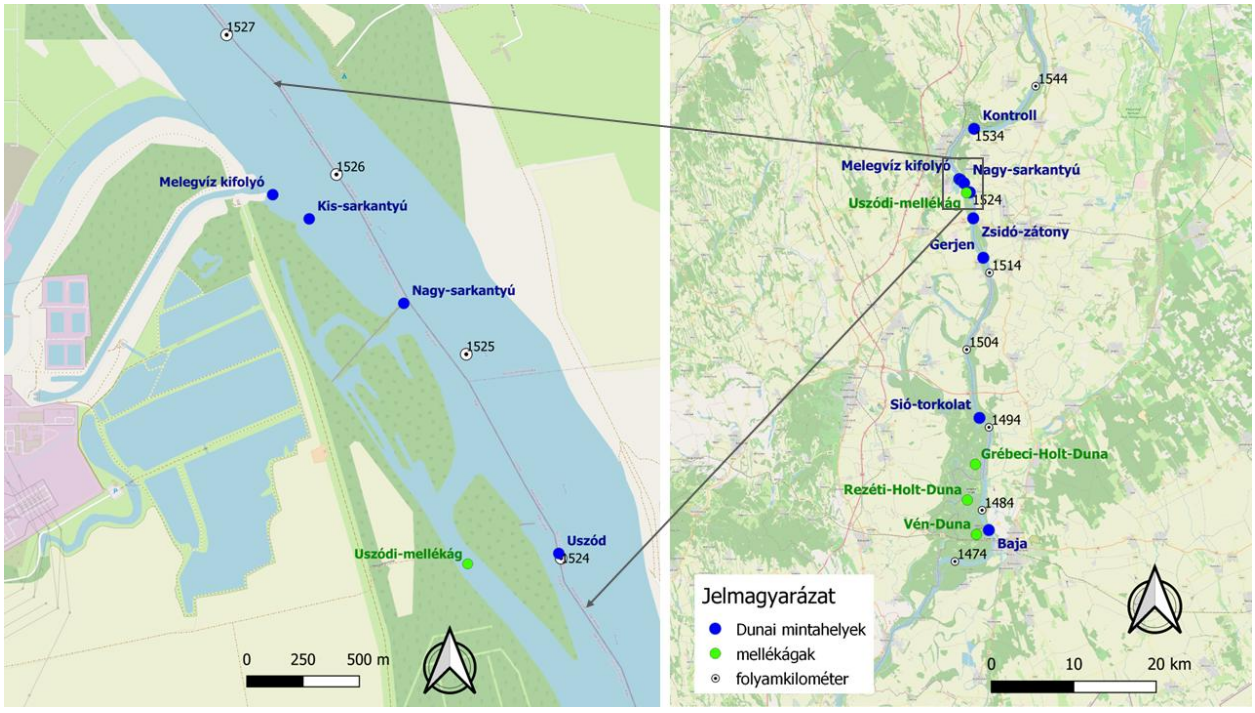
A Paksi Atomerőmű üzemidő-hosszabbítása a Tolna és Bács-Kiskun vármegyei klímastratégiákban meghatározott, fent felsorolt adaptációs célkitűzésekkel és intézkedésekkel nem ellentétes, azok megvalósítását nem akadályozza, a feltételezhető hatásterület éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási képességére kedvezőtlen hatást nem jelent.

4.3. A felszíni vizekre gyakorolt hatások vizsgálata

A Duna és a környező felszíni vizek ökológiai állapotának vizsgálata és értékelése a víz és az üledék fizikai, kémiai, továbbá bakteriológiai jellemzői, a biológiai elemek közül a fitoplankton (FP), fitobenton (FB), makrozoobenton (MZB) és a halközösségek alapján történt. Az értékelésbe a zooplankton (ZP) is bevonásra került – annak ellenére, hogy az nem tartozik a Víz Keretirányelv (VKI) szerint vizsgálandó biológiai elemek közé – mivel a csoport a vízterek anyagforgalmi állapotának jó indikátorai.

A hatásértékeléshez felhasználásra kerültek a 2000-2023 között rendelkezésre álló archív kémiai és biológiai adatok. Az archív adatok elemzésének célja a Paksi Atomerőmű felszíni vizekre gyakorolt hosszú távú hatásainak értékelése volt. Az ökológiai állapot értékeléséhez 2024-ben teljes körű felmérés történt, míg 2025-ben a környezeti változók hatásainak részletes ökológiai szempontú vizsgálata, továbbá egy új visszavezetési ponttal rendelkező alternatív melegvíz-csatorna és a kapcsolódó csúcshűtő rendszer hatásainak értékelése történt meg.

A 2024. évben végzett vizsgálatok célja a Duna érintett szakaszainak (AOC754, AOC755) VKI szempontú ökológiai állapotértékelése, az egyes biológiai elemek ökológiai elemzése, ezzel együtt a Paksi Atomerőmű nem radioaktív kibocsátásainak, kiemelten a felmelegedett hűtővizének a Duna és mellékágainak vízminőségére, illetve azon belül a víz fizikai, kémiai, bakteriológiai tulajdonságaira, továbbá a vizsgált élőlénycsoportokra gyakorolt jelenlegi hatásainak elemzése, a jelenlegi üzemelés alapállapoti értékelése volt. A vizsgálatok kiterjedtek a Duna főmedrére a folyó 1544-1474 fkm közötti szakaszára, amely két víztesthez tartozik: (1) AOC754 – Duna Dunaföldvár-Sió torkolat között (közvetlen érintett a Paksi Atomerőmű kibocsátásával); (2) AOC755 – Duna Sió torkolat-országhatár között (az AOC754 víztesten keresztül közvetetten érintett a Paksi Atomerőmű kibocsátásával). A biológiai elemek értékelése a főmeder mellett kiterjedt az érintett alvízi szakasz négy jelentősebb mellékágának egy-egy mintavételi szelvényére is: (1) Uszódi-mellékág, (2) Gemenci-Holt-Duna (Grébeci-Duna), (3) Rezéti-Holt-Duna, (4) Vén-Duna. A 2025-ben végzett hidrológiai és biológiai vizsgálatok az atomerőmű környéki Duna-szakaszon (1544-1520 fkm) történtek. A vizsgálati helyek áttekintő térképét a *4.3-1. ábra* mutatja.



4.3-1. ábra: A vizsgálati helyek áttekintő térképe

A fizikai-kémiai, bakteriológiai vizsgálatok szelvényeit az *4.3-1. táblázat*, a biológiai elemek vizsgálati szelvényeit a *4.3-2. táblázat* mutatja be.

4.3-1. táblázat: A fizikai, kémiai és bakteriológiai vizsgálat szelvényei

Ssz.	Szelvény folyóvízi helyzete/ monitoring száma	Dunai fkm, helység megnevezése
1.	Kontroll Felvízi1_szelvény	1533,6 fkm, Paks komp
2.	Kifolyó 2_szelvény	1526,0 fkm, Melegvíz
3.	Közeli_alvíz 3_szelvény	1525,3 km, Nagysarkantyú
4.	Közeli_alvíz 4_szelvény	1524,7 fkm, Uszód
5.	Alvíz5_szelvény	1520,0 fkm, Zsidó-zátony
6.	Alvíz 6_szelvény	1515,8 fkm, Gerjen
7.	Távoli_alvíz 7_szelvény	1496,0 fkm, Sió-Dél
8.	Távoli_alvíz 8_szelvény	1478,7 fkm, Baja_k.híd

4.3-2. táblázat: A biológiai elemek vizsgálati szelvényei

Fitoplankton, Fitobenton, Zooplankton, Makrozoobenton vizsgálati szelvényei	Halak vizsgálati szelvényei
1. Kontroll (felvíz) (1544-1527 fkm)	1. Kontroll (felvízi szakasz) (1544-1527 fkm)
2. Melegvíz kifolyó (melegvíz) (1526,2-1525,9 fkm)	2. Melegvíz kifolyó (melegvízi szakasz) (1526,2-1522 fkm)
3. Kis sarkantyú (közeli alvíz 1.) (1525,9-1525,5 fkm)	3. Zsidó-zátony (középtávoli alvízi szakasz 1.) (1522-1518 fkm)
4. Nagy sarkantyú (közeli alvíz 2.) (1525,5-1524,5 fkm)	4. Gerjen (középtávoli alvízi szakasz 2.) (1518-1510 fkm)
5. Uszód (közeli alvíz 3.) (1524,5-1520 fkm)	5. Sió torkolat alatt (távoli alvízi szakasz 1.) (1497,2-1490 fkm)
6. Gerjen (középtávoli alvíz) (1518-1510 fkm)	6. Baja (távoli alvízi szakasz 2.) (1490-1474 fkm)
7. Sió torkolat alatt (távoli alvíz 1.) (1497,2-1490 fkm)	–
8. Baja (távoli alvíz 2.) (1490-1474 fkm)	–

4.3.1. A víz és az üledék fizikai, kémiai jellemzőinek értékelése, bakteriológia

Az elvégzett vizsgálatok keretei között 2024-ben nyolc dunai szelvényben, szelvényenként három függélyben – bal part, középvonal, jobb part – és négy, évszakos ismétlésben (április, május, július, október) történt vízmintavétel a víz fizikai és kémiai, valamint bakteriológiai vizsgálata céljából. A vizsgálatok kiterjedtek a VKI szempontjából releváns alapkémiai komponensek, valamint a specifikus szennyezők közül a fémek értékelésére az érintett dunai víztestekre (9K, 10A) a VGT3 útmutatójában meghatározottak szerint. A Paksi Atomerőmű kibocsátásának értékelése szempontjából kiemelten fontos, de a VKI szempontú értékelésen kívüli komponensek, így különös tekintettel a vízhőmérséklet, klorofill-a, kőolajszármazékok (TPH-GC) értékelése a vizsgálati program keretei között szintén megtörtént. A vizsgálat során a vízkémiai vizsgálatokkal megegyező nyolc dunai szelvény jobb- és balparti területén a dunai üledékminták is értékelésre kerültek. Az üledék analízise az alifás szénhidrogénekre (TPH-GC), a policiklusos aromás szénhidrogénekre (PAH), valamint a poliklórozott bifenilekre (PCB) terjedt ki.

A VKI alapkémiai elemei közül a Paksi Atomerőmű kibocsátásának hatását két komponens vonatkozásában lehetett kimutatni. A vizsgált nitrogénformák közül az összes szervetlen-nitrogén, valamint ezzel összhangban az összes nitrogén koncentrációinak értékelése alapján megállapítható volt, hogy az atomerőmű kibocsátása lokális szinten kis mértékű hatással van az érintett Duna-szakasz jobbparti közvetlen alvizének N-forgalmára, azonban egyrészt ez a hatás nem jelent osztályértékű romlást még a kibocsátás közvetlen közelében sem, másrészt a szakasz N-forgalmában az atomerőmű kibocsátásától független tényezők – az ökológiai elemzések alapján az alvíz hidromorfológiai adottságai – további, annál jelentősebb szerepet játszanak. Az atomerőmű felmelegedett hűtővizének kibocsátása a N-forgalom mellett nyilvánvaló módon

befolyásolta a felmelegedett dunai szelvényben az oxigéntelítettség mértékét. Ez a változás azonban szintén nem okozott osztályértékű állapotváltozást még közvetlen a kifolyó alatti területen sem. A többi alapkémiai komponens tekintetében az atomerőmű kibocsátásával összefüggésbe hozható változás a mintahelyek részletes értékelése alapján nem volt kimutatható.

Az elvégzett vizsgálatok eredményeit összevetve a törzshálózati mintavétel adataival az állapítható meg, hogy azok minden elem tekintetében megerősítették a vizsgálatok során kapott eredményeket. Az archív adatokkal összevetve a vizsgálat eredményeit, az elmúlt évtizedekben elsősorban a tápanyagok, a savasodás és az oxigénháztartás (ezen belül alapvetően a szervesanyagterhelést jelző elemek) komponenscsoportok tekintetében volt tapasztalható a vízminőség javulása a teljes vizsgált Duna-szakaszon.

Az alapkémiai komponenscsoportok alapján elvégzett VKI szempontú kémiai állapotértékelés szerint a 2024-es vizsgálat során mind a nyolc szakasz minden elemkomponens tekintetében kiváló kémiai állapotot jelzett.

Az értékelt specifikus szennyezők alapján azonban azt lehetett megállapítani, hogy a Duna nyolc vizsgált szelvénye csak az ólom esetében érte el a jó kémiai állapotot. Az arzén, cink, króm, réz, kadmium, higany, nikkel esetében egy vagy több ponton a vízminőség nem felelt meg a VGT3-ban meghatározott jó állapotot jelző határértéknek. A részletes elemzések ugyanakkor rávilágítottak, hogy a szelvényekben megjelenő nem megfelelő kémiai állapot nem hozható összefüggésbe a Paksi Atomerőmű kibocsátásával, a közvetlen alvízen tapasztalható határérték-túllépés eredete Paks város felett található. A kiugró értékeket jelző szennyezések valószínűsíthető oka egyszeri, vagy időszakosan előforduló magas koncentrációjú szennyvízbevezetés.

A Paksi Atomerőmű melegvíz-csatorna dunai bevezetése egyértelműen a hőterhelés szempontjából jelenti a legmarkánsabb hatást. A felmelegedett hűtővíz bevezetésének hatására a melegvíz-kifolyó jobbparti mintahelyén a hőmérsékletemelkedés maximális mértéke a 2024-es vizsgálatok során 9,6°C volt a májusi mintavétel időszakában. A vízhőmérséklet-adatok elemzése alapján megállapítható volt, hogy a hőlépcső mértéke az alvíz irányába már rövid távon is jelentős, a Nagy-sarkantyú (1525,3 fkm) jobbparti mintapontján ennek értéke átlagosan 6,5°C-nak adódott. Ezt követően a hőmérséklet csökkenése fokozatosan lassul, és térben elhúzódik.

A vizsgálatok a modelleredményekkel összhangban azt igazolták, hogy a melegvízcsóva a Duna jobbparti szelvényében marad. A modelleredmények és a vizsgálati eredmények továbbá azt is jelzik, hogy a hőcsóva térbeli (mind longitudinális, mind horizontális értelemben) lefutását a vízhozam és a háttérhőmérséklet egyaránt befolyásolja. Így a kritikus állapotot a magas háttérhőmérséklet és a kisvizes állapot jelenti a hőterhelés szempontjából.

A vizsgált Duna-szakasz a klorofill-a alapján az oligotróf és a mezotróf állapotok között változott az év folyamán. A klorofill-a szezonális változását értékelve az látszik, hogy az már áprilisban eléri az éves maximumértéket: a Duna már ebben az időszakban mezotróf állapotú. A májusi és augusztusi minták az áprilisihoz nagyon hasonló koncentrációkat jeleztek. Októberre jelentősen csökken a klorofill-a koncentrációja a teljes szakaszon. A Duna-víz ekkor minden mérési ponton az oligotróf tartományba volt sorolható.

A víz olajszármazék-tartalmának (TPH-GC) elemzése a Paksi Atomerőmű esetenkénti, kisebb mértékű és lokális hatását jelezte. A kibocsátási pontnál tapasztalt egyszeri kiugró TPH érték egyrészt nem okozott osztályértékű romlást a mintahelyen sem, és nem terjedt ki a rákövetkező mintaszelvény területéig. Ezzel együtt az üledékvizsgálat során a melegvíz-kifolyó jobbparti mintahelyén tapasztalt policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) koncentrációemelkedése ezt az időszakos erőművi hatást megerősítette.

A fent bemutatott paramétereken túl a vizsgálati program keretei között további kémiai komponensek vizsgálatára is sor került: (a) összes lebegő-anyag, (b) lúgosság, (c) vas, (d) mangán, (e) nátrium, (f) kálium, (g) magnézium, (h) kalcium, (i) karbonát, (j) hidrogénkarbonát, (k) összes keménység, (l) szulfát. Ezen komponensek vonatkozásában a Paksi Atomerőmű kibocsátásának hatását nem lehetett kimutatni.

A bakteriológiai vizsgálatok összességében azt jelezték, hogy a Coliform és a fekális Coliform baktériumok, valamint a *Pseudomonas aeruginosa* telepszámai jelentős szezonális változásokat mutattak. Jellemzően a májusi és az októberi minták voltak a legalacsonyabbak, míg az augusztusi minta a legmagasabb, gyakran nagyságrenddel magasabb telepszámokat mutatott. Ebben a jelenségben a vízhőmérséklet mellett a vízhozam is szerepet játszhat. A fekális szennyezettségek alapján a paksi és a kalocsa-barákai szennyvízbevezetések (Gerjen), valamint az alsó szakaszon a Sió betorkollásának hatása különösen a nyári időszakokban mutatkozott meg. A fekális baktériumoktól eltérően a Salmonella, a pszichrofil és mezofil baktériumok, valamint a *Clostridium aeruginosa* telepszámai nem mutattak jelentősebb szezonális változást. A hossz-szelvény mentén kialakuló trendszerű eloszlást egyetlen vizsgált csoport sem mutatott. A mintavételi helyek értékelése alapján szintén nem volt kimutatható a Paksi Atomerőmű kibocsátásának hatása egyetlen baktériumcsoport esetében sem.

4.3.2. A vizsgált felszíni vizek biológiai értékelése

A Duna vizsgált szakaszán 2024-ben gyűjtött 96 fitoplankton minta elemzése gazdag mikroflóra jelenlétét igazolta. A florisztikai összetétel megfelelt annak, ami a nagy potamális folyókra általában elmondható, vagyis magas a kovaalga és zöldalga taxonok aránya. Megállapítható volt, hogy a valamennyi mintában előforduló fajok száma csekély, a fajok döntő hányadát azok a sporadikus elemek adják, amelyek a minták kevesebb mint 5%-ban fordultak elő.

A Duna vizsgált szakaszán megfigyelt közösségek szerkezete a csoportok biomassza-részesedése alapján került értékelésre többváltozós elemzésekkel. Ez utóbbiak célja a környezeti háttérváltozók és a közösségek közötti kapcsolat feltárása volt. Az egyes algacsoportok biomasszarészesedése teljesen más képet mutatott, mint a florisztikai összetétel. A biomasszát döntő részben a kovaalgák adták. A további csoportok biomassza-részesedése elenyészően csekély, kevesebb mint 5% volt. A többváltozós vizsgálatok alapján arra a megállapításra lehetett jutni, hogy a Duna fitoplanktonját a vizsgált szakaszon nem érik olyan hatások, amelyek alapján az összetételben mérhető különbségek alakulnának ki. A tápanyagok és a hőmérséklet is csak kismértékű hatással bír a közösség szerkezetére. A folyó oligotróf jellegét olyan tényezők befolyásolhatják, mint az aktuális fényviszonyok, illetve a felső szakaszok mederduzzasztásaiból adódó kiülepedés.

A 2024-ben elvégzett vizsgálatok eredményei igazolták, hogy a Duna fitoplanktonja jellegzetes szezonalitást mutat a biomassza tekintetében, magas áprilisi biomasszával, majd azt követő biomassza csökkenéssel, ami oligotróf állapotokat eredményez őszre. A fitoplankton összetételében azonban nem következnek be drasztikus változások. A domináns taxonok tekintetében észlelt kisebb elmozdulások nem befolyásolták a folyó EQR értékben megadható ökológiai állapotát.

A hőterhelés hatásának értékelése az e tekintetben jól elkülöníthető vizsgálati pontok (kontroll, közvetlenül érintett, és közvetlenül nem érintett) háttérváltozóinak és mikroflórájának vizsgálatával történt. Ez alapján egyértelműen igazolást nyert, hogy a terhelésnek a Duna fitoplankton-közösségeire nincs kimutatható lényegi hatása.

A Dunához kapcsolódó mellékágak fitoplankton-dinamikájuk és -összetételük alapján két csoportot képeznek. A Dunával élő kapcsolatot mutató Uszódi-mellékág és Rezéti-Holt-Duna, valamint a Vén-Duna az élő folyóéval csaknem teljesen megegyező összetételű és hasonló biomasszájú planktonnal rendelkezett. A jobban izolált Grébeci-Holt-Duna egyértelműen tavi jelleget mutatott, mind mennyiségi viszonyait, mind dinamikáját és összetételét tekintve. Olyan eltéréseket a fitoplankton összetételben és mennyiségben, ami a hőterhelésnek volna betudható egyik mellékág esetén sem lehetett tapasztalni.

A bevonatlakó kovaalgák (fitobenton) mintavételére a kijelölt 8 szelvényben, összesen 16 mintavételi ponton (jobb és bal oldal szelvényenként) három alkalommal (május, augusztus, október) került sor 2024-ben. A vizsgálatok a jelenleg érvényes hazai és nemzetközi szabványok és előírások szerint történtek.

A bevonatalkotó kovaalga-közösség szerkezete és fajgazdagsága (taxonszám) térbeli elkülönülést nem mutatott: sem a mintavételi hely, sem érintettség szempontjából nem volt

statisztikai értelemben kimutatható eltérés. Ugyanakkor természetes szezonális különbségek igazolhatók voltak.

A mintapontok IPS kovaalga-index alapján meghatározott vízminősítés-értékeit azok átlagaként lehet meghatározni. Ezek alapján megállapítható volt, hogy a vizsgált 16 mintavételi pont közül 7 pont minősége jó, 9 ponté pedig mérsékelt. A melegvíz-kibocsátás által érintett helyeken (4 pont, 12 mintavételi esemény) az éves átlag IPS értékek alapján a minőség minden esetben mérsékelt volt. A többi szelvényben a mérsékelt és jó minősítés ugyanakkora valószínűséggel fordult elő.

A fentiek ellenére ugyanakkor az éves átlag EQR értékek alapján sem a mintavételi helyek között, sem az AOC754 és AOC755 víztest között nem volt szignifikáns eltérés. Ezzel szemben a melegvíz-kifolyó hatásának kitett, érintett szakasz éves átlagminősítése szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a kontroll (felvíz és bal part Uszódig) és a nem érintettnek tekintett (Gerjen-Baja) szakaszok minősítése.

A minősítés értékei a melegvíz-kifolyó lokális hatását bizonyítják azzal a megkötéssel, hogy az érintett szakaszon sarkantyúk törik meg a meder morfológiáját. A sarkantyúknál az áramlási sebesség csökkenése mikrohabitat-szintű változásokat okoz. Emellett mikroléptékben a víz fizikai és kémiai paraméterei, ha csak kis mértékben is, de eltérhetnek a főmedertől. Ezen együttes feltételek kialakulása lehetőséget teremt a lassú áramlást kedvelő és/vagy nagyobb vezetőképességet és trofitást preferáló, elsősorban, de nem kizárólag limnofil fajok lokális feldúsulásának. A felmelegedett hűtővíz kibocsátása ezeket a helyi hatásokat erősítheti.

A vizsgált mellékágak a Rezéti-Holt-Duna kivételével, ami jó ökológiai állapotú volt, mérsékelt állapotúak, azonban jelentős különbség a mellékágak fitobenton-alapú minősítése alapján nem mutatható ki. Szintén nem volt kimutatható statisztikai különbség a mellékágak között azok közösségszerkezete alapján. Ugyanakkor biológiai szempontból a Grébeci-Holt-Duna leválása a többi mellékág eredményéről jól jelzi annak zártabb, állóvízi jellegét. Az évszakos elemzés sem jelez egyértelmű trendjellegű változást a mellékágak fitobenton-szerkezetében és a minősítésében. A Paksi Atomerőmű hűtővizének kibocsátásával kapcsolatos hatást a mellékágak tekintetében nem lehetett kimutatni, még a kibocsátási ponthoz legközelebbi Uszódi-mellékág vonatkozásában sem.

Kvantitatív zooplankton (ZP) mintavétel 2024-ben a Duna 8 szelvényének összesen 24 mintapontján történt négy időszakban. A főmeder mellett vizsgálatok zajlottak a négy mellékágban is. A mintavételek eredményei alkalmasak a Duna és a négy, különböző habitusú mellékág ökológiai jellemzésére, illetve a Paksi Atomerőmű kibocsátásának ökológiai szempontú értékelésére.

A vizsgálat során összesen 26 kerekesféreg, 24 ágascsápúrák-taxont, és az evezőlábú rákok mindhárom rendjét sikerült kimutatni. A vizsgált Duna-szakaszon a folyóra jellemző zooplankton-közösségek voltak jellemzőek. A három előfordult idegenhonos faj, már jó ideje a hazai zooplankton-fauna része.

A kialakult közösségek a szezonális dinamikának megfelelőek voltak, és összetételüket elsősorban az évszakos hatás befolyásolta. Az egyed- és taxonszámok a folyásirányban lefelé haladva enyhe emelkedést mutattak, míg a biomasszaérték a Sió alatti (DZP7) szelvényben volt kiugró. A közösségszerkezetben mutatkozó kép kialakulásában alapvető hatása lehet a Sió, valamint a gemenci ágrendszerből érkező tápanyagban, ezzel együtt a planktonikus életformákban is gazdagabb befolyó vizeknek a két vizsgált alsó szelvényben (DZP7, DZP8). A közösségszerkezeti mutatók alapján a Paksi Atomerőmű hűtővizének kibocsátása a zooplankton-közösségre nincs kimutatható hatással.

A diverzitásrendezések szerint az egyes mintavételi helyek zooplankton-diverzitásában nincs különbség, azonban a diverzitásprofilok a közvetlenül érintett mintahelyek diverzitásának kismértékű különbözőségét jelzi, ami a domináns fajok magasabb diverzitásában manifesztálódik.

A környezeti háttérváltozókkal történt többváltozós statisztikai elemzés alapján megállapítható, hogy a zooplankton-közösség leginkább évszakos hatás alapján rendeződik. Emellett a vízhozam, és az ennek következtében változó kémiai jellemzők jelentenek jelentősebb

közösségszervező erőt. Bár a hőmérséklet is erősen befolyásolja a közösség szerkezetét, az egyértelműen az évszakos különbségekre reflektál. A felmelegedett hűtővíz hatása a többváltozós elemzés alapján sem volt kimutatható. A kibocsátással közvetlenül érintett minták környezeti és biotikus jellemzői szignifikánsan nem különböztek a kontroll, illetve a közvetlenül nem érintett helyszínektől.

A zooplankton nem tartozik a VKI szempontjából vizsgálandó csoportok közé, azonban vizeink fontos indikátorszervezetei közé tartoznak a vízi ökoszisztémák legjelentősebb elsődleges fogyasztóiként. Mivel VKI szempontú minősítési rendszer nem áll rendelkezésre, így a Duna vizsgált szakaszainak állapotát a korábbi, szaprobiológiai rendszer alapján célszerű értékelni. Ez alapján megállapítható volt, hogy a vizsgált dunai szakaszok az oligoszabrób és béta-mezoszaprób közötti állapot jellegzetességeit mutatják, állapotuk jó. A vizsgált szakaszok nem mutatnak eltérést e tekintetben sem.

A vizsgált mellékágak közül az egyedszámok alapján a Grébeci-Holt-Duna jelentősebben eltért a többi holtág zooplanktonjától. Ezt az állapotot a holtág állóvízi jellege, és ennek megfelelően magasabb produktivitása magyarázza. A holtágak zooplankton-közösségei alapján azok mezoszaprób állapotot jeleznek.

A vizsgálatok alapján összességében megállapítható, hogy a zooplankton-közösségekre a Paksi Atomerőmű hűtővizének kibocsátása kimutatható hatást nem jelent. Ez összevág a 2002-2003-ból származó adatok értékelésével.

A makroszkópikus vízi gerinctelenek (makrozoobenton, MZB) vizsgálatára 2024-ben a Duna Paks-Baja közötti szakaszának nyolc szelvényében került sor három mintavételi időpontban (május, augusztus, október). A mennyiségi mintavételek összesen 16 dunai helyszínen (8 szelvény bal és jobb partján) és 4 mellékágban történtek a hazai VKI-módszertani protokoll szerint.

A vizsgálatok során összesen 67 taxont lehetett azonosítani. A közösség domináns fajai a *Lithoglyphus naticoides, Paramysis lacustris, Limnomysis benedeni* és különböző Dikerogammarus fajok voltak. A teljes egyedszám közel 90%-át ez az öt faj adta, miközben a taxonok több mint fele ritkán fordult elő (kevesebb mint 50 egyeddel). Az összetétel jól tükrözi a Duna középső szakaszára jellemző, stabil makrogerinctelen közösséget.

A vizsgálat keretei között négy védett fajt sikerült kimutatni: *Stylurus flavipes, Borysthenia naticina, Fagotia acicularis* és *Fagotia e*speri. Ezek közül a *Stylurus flavipes* volt a legelterjedtebb, valamennyi szelvényben előkerült, míg a többi faj jelenléte lokálisan koncentrálódott, főként Uszód és Paks környékére. A Tolnai Duna (HUDD20023) Natura 2000 terület makrogerinctelen szempontból kijelölt egyetlen jelölő faja, az *Unio crassus*, 2024-ben nem került elő, utoljára 2015-ben észlelték a vizsgált szakaszon. A Gemenc (HUDD20023) Natura 2000 terület jelölő faja az *Anisus vorticulus* sem került elő. Az idegenhonos és inváziós fajok aránya magas volt, a kimutatott fajok 25%-a tartozik ebbe a csoportba, és ezek adják az összesített egyedszám mintegy 40%-át.

A fajszám (14-26) és az egyedsűrűség (694-24 620 egyed/m²) nagy térbeli változatosságot mutatott a mintavételi helyek között. A kontroll és a melegvíz-kibocsátással érintett helyek közötti különbségek több közösségi mutatóban statisztikai szempontból is igazolhatók voltak. A közösségi válaszok elsősorban nem a fajszám csökkenésében, hanem a dominancia- és abundanciaviszonyok átrendeződésében jelentkeztek. A kanonikus korrespondencia-analízis (CCA) eredményei szerint a közösségszerkezetre a legjelentősebb hatást a vízhőmérséklet gyakorolta. Különösen a melegvíz-kifolyó jobbparti mintavételi helye (DMZB2J) tért el markánsan az ordinációs térben, ahol a közösség szerkezete erősen asszociált a kibocsátáshoz köthető környezeti tényezőkkel – jelezve, hogy itt a hőterhelésnek jól kimutatható közösségformáló hatása van.

A hosszabb távú összehasonlítás azon archív adatok eredményei alapján történt, amelyek egységes módszertanon és taxonómiai felbontáson alapultak. Összesen 124 taxont sikerült kimutatni, de csak 28 faj fordult elő minden évben, ami a Duna középső szakaszára jellemző, stabil faunamagot jelzi. A 2024-es vizsgálat során több új faj is megjelent (pl. *Anodonta anatina*, *Orthetrum cancellatum*), míg több korábban előforduló nem volt jelen. Ez megerősíti, hogy

egyetlen év mintavételével csak a közösség egy részhalmaza érhető el, és a teljes diverzitás, valamint a hosszú távú változások értékeléséhez időbeli ismétlés szükséges.

Az ökológiai értékelés érdekében a 2024-es vizsgálat mellett 2025-ben kiegészítő felmérés történt. A két vizsgálat eredményei alapvetően megerősítik egymást, azonban az MZB közösségekre ténylegesen ható környezeti tényezők hatásait több szempontból pontosítják is. A melegvíz-kibocsátással érintett területeken a dominancia növekedése volt tapasztalható. A vizsgálatok azt mutatják, hogy a vízhőmérséklet és a hőmérsékleti többlet (ΔT) a közösségszerkezetet befolyásoló tényezők közé tartozik, hatása azonban kifejezetten élőhelyfüggő. A közösségek elkülönülését elsősorban a mért ΔT, az érintettség mértéke, valamint az aljzati struktúra – különösen a nagyobb kőfrakciók (6-40 cm) jelenléte – határozza meg, ami arra utal, hogy a hőterhelés hatása az aljzati és áramlási viszonyokkal együtt érvényesül. A 2025. évi eredmények a korábbi megállapításokat megerősítik, és finomabb térbeli és hőmérsékleti gradiens mentén is alátámasztják a hőterhelés élőhelyi kontextusfüggő jellegét. Ökológiai értelemben a melegvíz-kibocsátás nem okozza az érintett közösség összeomlását, hatása azonban lokálisan, egyes közösségi és indikátormutatók szintjén kimutatható.

A 2025. évi közösségszintű küszöbelemzések alapján kb. ΔT≈2,1°C körül olyan változási tartomány azonosítható, amely a közösségi átrendeződés kezdetére utal. Ez azt jelzi, hogy viszonylag kis mértékű hőmérsékleti többlet mellett is megfigyelhetők következetes közösségi eltolódások, amelyek azonban nem minden élőhelytípusban egyformán jelentkeznek. A hőlépcső hatása elsősorban az alacsony áramlású, korlátozott keveredésű, finomszemcsés aljzatú területeken fejeződik ki, míg a durvább aljzatú, gyorsabb áramlású élőhelyeken hatásuk mérsékeltebb.

A mellékágak közül a Grébeci-Holt-Duna bizonyult a legfajgazdagabbnak (44 taxon), míg a Uszódi-mellékág mutatta a legalacsonyabb fajszámot (26 taxon). Az NMDS eredmények alapján a mellékágak közösségei jól elkülönültek a főági mintáktól, különösen a hidrológiailag izolált, plesiopotamon jellegű élőhelyek (pl. Grébeci-Holt-Duna) esetében. Az eredmények megerősítik, hogy a hidrológiai kapcsoltság mértéke meghatározó szerepet játszik a közösségek diverzitásában és struktúrájában.

A Dunaföldvár és a Sió-torkolat közötti víztest (AOC754) ökológiai állapota a makrozoobenton alapján mérsékelt, míg a Sió-torkolat és országhatár közötti, AOC 755 jelű víztest gyenge állapotú. Az évszakonkénti EQR értékek vizsgálata alapján az látszik, hogy a tavaszi minták EQR-értékei alacsonyabbak voltak, ami a tavaszi magas vízállással hozható összefüggésbe. A teljes adatsor EQR-értékeinek átlagos szórása 0,11, míg a tavaszi minta nélkül számítva csupán 0,05, ami a Duna állapotának stabilitását jelzi. Az EQR-eredmények megerősítik az ökológiai elemzések eredményeit.

A halközösség felmérése 2024. évben összesen hat szelvényben történt, VKI szempontú, kvantitatív mintavétellel. A terepi felmérésekre minden szakaszon a ripális (parti) régióban elektromos mintavételi eszközzel (EME), míg a mediális régióban a bentikus fajok kiegészítő vizsgálataként elektromos kecével (EK) került sor. E mellett 2025-ben kiegészítő vizsgálatokra is sor került, elsősorban az alternatív melegvíz-csatorna szakasz kibocsátásával kapcsolatos várható hatások jobb megértése érdekében. A mintavétel mindkét évben a nemzetközi és hazai szabványoknak, előírásoknak megfelelve történt, a korábbi évekhez hasonlóan nappali mintavétellel.

A 2024. évi haltani felmérés során a Dunában mindösszesen 44 faj 11 254 egyede került meghatározásra. A mellékágakból összesen 34 faj került elő. Az EME-vel nyáron a Dunán végzett mintavétel során összesen 31 faj ivadék példányai kerültek elő. Ez a magas arány megerősíti, hogy a nagyobb ivadékfajszám összefüggésbe hozható a magasabb vízállással. A mellékágakban összesen 24 faj ivadékait lehetett kimutatni.

Az adatok alapján megállapítható volt, hogy a 2024. évi mintavétel eredménye alkalmas a megfelelő taxonómiai és ökológiai szempontú megállapítások megtételére. A vizsgált szakaszok fajszerkezete alapvetően egyveretű, és a korábbi vizsgálatok eredményeivel összevetve, azokkal nagyfokú hasonlóságot mutat. Ugyanakkor az elmúlt két évtizedben néhány faj állományfluktuációja mellett több faj előfordulási gyakorisága jelentősebben változott. A 2024. évi vizsgálat is azt igazolta, hogy a melegvíz-kibocsátás hatására nincs olyan faj, ami az érintett

szakaszon ne találná meg az életfeltételeit. Megállapítható volt az is, hogy a magasabb vízállás a változatosabb élőhelyi adottságok, valamint az ivadék tekintetében a kedvezőbb ívási feltételek okán összességében magasabb fajszámot és egyenletesebb fajszerkezet-eloszlást eredményeznek a Dunán. A vizsgált holtágak halfajszerkezete alapvető hasonlóságot mutat a Duna főmedrében tapasztaltakkal, azonban a főmederrel fennálló kapcsolatuk állandóságától és erősségétől függően attól kisebb, változó mértékben eltér.

A mintavételek során a dunai mintavételi helyekről összesen három fokozottan védett *(Eudontomyzon mariae, Zingel zingel, Zingel streber)*, valamint hét védett fajt lehetett kimutatni *(Alburnoides bipunctatus, Rutilus virgo, Leuciscus leuciscus, Rhodeus amarus, Romanogobio vladykovi, Gymnocephalus baloni, Gymnocephalus schraetser)*. A holtágakból a természetvédelmi oltalom alatt álló fajok közül 5, a *Rutilus virgo, Rhodeus amarus, Romanogobio vladykovi, Gymnocephalus baloni, Gymnocephalus schraetser* került elő. Itt az áramláskedvelő (reofil) védett fajok csak az állandóbb dunai kapcsolatú, jellemzően eupotamon, illetve parapotamon holtágakban fordultak elő.

A Tolnai Duna (HUDD20023) SAC terület 11 jelölő halfaja közül a mintavételek során 8 került elő (*Eudontomyzon mariae, Rutilus virgo, Leuciscus aspius, Romanogobio vladykovi, Gymnocephalus baloni, Gymnocephalus schraetser, Zingel zingel, Zingel streber*). A Gemenc (HUDD20023) SAC terület 12 jelölő halfaja közül a főmeder mintahelyeiről 9 jelölő faj előfordulását lehetett igazolni (*Eudontomyzon mariae, Rutilus virgo, Leuciscus aspius, Rhodeus amarus, Romanogobio vladykovi, Gymnocephalus baloni, Gymnocephalus schraetser, Zingel zingel, Zingel streber*).

A Duna jelenlegi és korábbi vizsgálatai alapján egyértelműen megállapítható, hogy a vizsgált Duna-szakasz természeti értéke egyrészt az itt előforduló védett halfajok számát, de még inkább a halközösség struktúráját figyelembe véve jelentős. A védett reofil fajok többségének stabil populációja van jelen a Duna ezen szakaszain. Az invazív fajok közül továbbra is a Gobiidae fajok állománylétszáma meghatározó a Duna főmedrében. Ezek mellett ugyanakkor a fehér busa sikeres ívása, és egyre erőteljesebb inváziója is regisztrálható a vizsgált Duna-szakaszon. A mellékágak egyrészt fontos ívóhelyek a Duna gemenci szakaszán, másrészt viszont több invazív faj kibocsátásához is hozzájárulnak.

A 2024. évi vizsgálatok alapján a közösségszerkezeti mutatók közül a fajszámok eloszlása homogén a teljes vizsgált Duna-szakaszon, mind a nyári, mind az őszi mintavételek időszakában. Az elektromos kecével végzett mintavétel eredményei alacsony fajszámot jeleznek a mediális régióban.

Az EME-vel két (nyári és őszi) időszakban végzett vizsgálatok eredményei alapján megállapítható volt, hogy a melegvízi (DH2) szakaszon a legmagasabb az abundancia értéke mindkét vizsgálati időszakban, azonban statisztikai különbség 95%-os szignifikanciaszinten nem mutatható ki az egyes szakaszok között. Ugyanez a kép rajzolódik ki a mediális régió abundanciaviszonyainak elemzése során is. A melegvíz-kibocsátással közvetlenül érintett, valamint nem érintett mintaalegységek vizsgálata azonban már statisztikai értelemben is különbséget jelez.

A 2025-ben elvégzett kiegészítő vizsgálatok közösségszerkezeti elemzéseinek eredményei megerősítik a 2024-ben kapott eredményeket, egyúttal pontosítják is azokat. Megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű kibocsátásával érintett területeken a halak egyedszáma megnő. Ez a növekedés a homogén aljzatot biztosító kövezéses területeken okoz szignifikáns eltérést, míg a természetes aljzatú területeken ez a hatás ilyen mértékben nem jelenik meg. Ez egyúttal azt is bizonyítja, hogy az aljzat összetételének a hőmérséklet, pontosabban a hőlépcső (Δt) mértékén túl szintén jelentős közösségszervező hatása van. Az eredmények alapján megállapítható volt az is, hogy a hőterhelés az egyedszám évszakos eloszlásában is megmutatkozik. Ősszel a melegvízzel érintett területeken – aljzattól függetlenül – magasabb egyedszámok jellemzők. A vízállás a hőterhelés hatását szintén befolyásolja, kisvizes időszakban nagyobb különbségek mutatkoznak az érintett és nem érintett szakaszok között. Ez egyértelműen bizonyítja, hogy a hőterhelés mint tényleges környezeti tényező hatásának megjelenésében a mikrohabitatszintű hidromorfológiai és hidrológiai jellemzők szinergista hatásúak.

A redundanciaanalízis eredménye megerősítette, hogy a kibocsátással érintett területeken, mind a ripális (parti), mind a mediális (nyíltvízi) régióban a kibocsátás következményeként

megemelkedett vízhőmérséklet szignifikáns hatással van a halközösség struktúrájára. A felmelegedett hűtővíz hatása mellett kimutatható az aljzatösszetétel, és az áramlás közösségszervező hatása is. A kiegészítő vizsgálatok alapján összességében az látszik, hogy a hőterhelés hatása együttesen hat a hidromorfológiai környezeti tényezőkkel, amelyekben meghatározó az aljzattípus. A mesterséges kövezések kiemelten fontos élőhelyet nyújtanak az invazív fajok számára, amely így a hőterheléssel szinergiában tovább erősíti ezen fajok terjedését a Duna érintett szakaszán. Egyúttal ez az eredmény felhívja a figyelmet a természetes aljzatú élőhelyek fenntartásának fontosságára a Duna jó ökológiai állapotának elérése érdekében.

Az eredmények rávilágítottak arra a tényre is, hogy a kibocsátás hatása nem állandó sem időben, sem térben, hanem grádiens-szerűen csökkenő, így a megjelenő hatás területe lokális. Egyrészt a folyó baloldali vizsgálati helyszínein nem mutatható ki, és jellemzően a jobb oldali vizsgálati helyszíneken sem terjed ki a vizsgált alvízi szakaszok teljes területére. A felmérések eredményei megerősítik, hogy a mediális régióban a hatás távolsága összemérhető a ripális területen tapasztalttal.

A funkcionális jellemzők vizsgálatának eredményei azt jelezték, hogy a vizsgált mellékágak halegyüttesei a vizsgált terület dunai kapcsolataik erősségével szoros összefüggésben különböző mértékben térnek el a főmeder halegyütteseitől. Bár a főmeder vizsgált hat szakaszának halegyüttesei egyveretűek, kisebb különbségek tapasztalhatók közöttük. A kibocsátással közvetlen érintett DH2, DH3 szakaszon a reofil, bentikus halfajok dominálnak, míg a legalsó, DH6 szakaszon a Gemenci ágrendszer hatására változatosabb halegyüttes jellemző, megnő a reofil fajok mellett a stagnofil metafitikus fajok aránya is.

Mindkét időszak ökológiai minősítése azt jelzi, hogy a paksi Duna hat vizsgált szakasza a mérsékelt és a jó állapot között változik, jelentős különbség nincs az egyes szakaszok állapota között. Összességében mind az AOC754, mind az AOC755 víztest állapota a nyári minta értékelése alapján jó állapotú. A fenti értékelés azt is igazolja, hogy a Paksi Atomerőmű melegvíz-kibocsátásának nincs a VKI szempontrendszere alapján végzett minősítés szerint a víztest léptékében kimutatható hatása a halközösségre.

A mellékágak ökológiai állapotértékelése azt mutatja, hogy a három nyíltabb holtág jó, vagy a jó minősítési értékhez nagyon közel áll. A leggyengébb minőségű a legzártabb Grébeci-Holt-Duna. A minősítés alapján a Paksi Atomerőmű kibocsátásának hatása egyetlen holtág esetében sem volt igazolható.

4.3.3. A Víz Keretirányelv szempontú értékelés

A 2024-ben elvégzett vizsgálatok során a Paksi Atomerőmű felmelegedett hűtővizének a Duna ökológiai állapotára gyakorolt hatása a Víz Keretirányelv (VKI) szempontjainak megfelelő vizsgálat alapján került értékelésre. Az ökológiai állapotértékelés mindkét vizsgált dunai víztestre (AOC754, AOC755) elkészült a VGT3 dunai víztestek (9K, 10A) típusaira meghatározott útmutató alapján (*4.3.3-1.* és *4.3.3-2. táblázat*). A kémiai állapot értékelése az alapkémiai komponens-csoportokon túl, a speciális szennyezők közül a fémek értékelésére is kiterjedt. A zooplankton-alapú vízminősítés jelenleg nem része a Víz Keretirányelv által hivatalosan elfogadott biológiai minősítési rendszereknek, így ezen taxon minősítése szakértői becslés alapján a korábbi szaprobitási index figyelembe vételével történt.

A 2024. évi vizsgálatok eredményeként a Duna Dunaföldvár-Sió torkolat között megnevezésű, és AOC754 jelű víztest ökológiai állapota összességében mérsékelt. A zooplankton a szakértői becslések alapján béta-mezoszaprób, jó állapotú. A víztest vizsgált speciális szennyezői közül az arzén és a króm az éves átlagos környezetminőségi határértéknek nem felelt meg.

A Duna Sió torkolat-országhatár között megnevezésű, és AOC755 jelű víztest ökológiai állapota gyenge. Ezen a szakaszon ezt az állapotot a makrozoobenton minősítése határozza meg a „one out all out” elv mentén. Ugyanakkor mindenképpen meg kell jegyezni, hogy a víztest MZB alapján meghatározott állapota gyakorlatilag teljes mértékben a mérsékelt-gyenge határon van. A zooplankton a szakértői becslések alapján ebben a víztestben is béta-mezoszaprób, jó állapotú. A víztest vizsgált speciális szennyezői közül az arzén, króm, kadmium, nikkel az éves átlagos környezetminőségi határértéknek nem felelt meg.

Az értékelések alapján megállapítható, hogy a víztestek szintjén a Paksi Atomerőmű hatása nem mutatható ki, vagyis az erőmű kibocsátása nem okozza sem a közvetlenül érintett AOC754 jelű, sem a közvetett módon érintett, távolabbi AOC755 jelű víztest állapotváltozását.

4.3.3-1. táblázat: A Duna két vizsgált víztestjének VKI szempontú minősítése (zárójelben az EQR értékei)

Minősítési elemek	AOC754	AOC755
Fizikai-kémiai komponenscsoportok	Kiváló	Kiváló
Fitoplankton	Jó (0,75)	Jó (0,73)
Fitobenton	Mérsékelt (0,57)	Jó (0,64)
Zooplankton	Jó (béta-mezoszaprób)	Jó (béta-mezoszaprób)
Makrozoobenton	Mérsékelt (0,43)	Gyenge (0,397)
Halközösség	Jó (0,623)	Jó (0,615)
Ökológiai állapot:	**Mérsékelt**	**Gyenge**

4.3.3-2. táblázat: A Duna két vizsgált víztestjének VKI szempontú értékelése a fémek alapján

Fémek	AOC754	AOC755
Arzén (As)	Nem megfelelő	Nem megfelelő
Cink (Zn)	Jó	Jó
Króm (Cr)	Nem megfelelő	Nem megfelelő
Réz (Cu)	Jó	Jó
Kadmium (Cd)	Jó	Nem megfelelő
Ólom (Pb)	Jó	Jó
Higany (Hg)	Jó	Jó
Nikkel (Ni)	Jó	Nem megfelelő

A vizsgálatok eredményei alapvetően összhangban vannak az archív adatok elemzése alapján kapott értékekkel. A kémiai értékelés, az egyes élőlénycsoportok közösségszerkezeti elemzései, valamint az ökológiai állapotértékelések alapján egyaránt mutatnak kisebb-nagyobb mértékű és irányú változást az elmúlt időszakban. A változások közül kiemelendő a hazai Duna-szakasz tápanyagterhelésének csökkenése, ami a fitoplankton-biomassza csökkenését, ezzel együtt a planktonikus alga ökológiai állapotértékének javulását eredményezte. Kedvezőtlen változásokat okoz azonban a klímaváltozás következtében a víz hőmérsékletének emelkedése, valamint az extrém kisvizes időszakok hosszának növekedése. Ezek a környezeti változások a természetes közösségek szerkezetét folyamatosan erodálják. Jórészt ezzel hozható összefüggésbe az invazív – kiemelten a MZB és a halfajok – terjedése a teljes hazai Duna-szakaszon. A hidromorfológiai adottságok az elemzések eredményei alapján a vizsgált szakaszokon nem javultak, azok a klímaváltozás okozta változásokkal együtt azonban szintén kedvezőtlen módon hatnak az egyes élőlénycsoportok állapotára. Ezzel hozható összefüggésbe a fitobenton romló ökológiai státusza, illetve a hidromorfológiai adottságokra érzékeny taxonok (FB, MZB, hal) ökológiai állapotában mutatkozó erősebb időszakos fluktuáció. Azt ugyanakkor le kell szögezni, hogy a Duna vizsgált szakaszainak ökológiai állapotában az elmúlt két évtizedben bekövetkezett változások nem a Paksi Atomerőmű kibocsátásához, hanem a Duna regionális léptékű környezeti állapotváltozásához köthetők. Az archív adatok értékelése és az elvégzett vizsgálati eredmények azt jelzik, hogy a jelenlegi kibocsátási szabályok fennmaradása esetén a Paksi Atomerőmű további üzemelése során továbbra sem várható a működéssel összefüggésbe hozható víztest

szintű hatás. Az atomerőmű további üzemelése nem veszélyezteti az érintett Duna-szakaszon a jó ökológiai állapot elérését.

4.3.4. A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának hatásértékelése

4.3.4.1. A hatásértékelés szempontjai

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításával kapcsolatban a Duna és az egyéb környező, VKI hatálya alá tartozó felszíni vizek kémiai és ökológiai állapotára vonatkozó környezeti hatásbecslés során meghatározásra kerültek a potenciális hatótényezők, a várható hatások, a hatás jellege, és a hatásviselők. Mindazon potenciális hatótényezők felsorolásra kerültek, amelyek racionális módon felmerülhetnek a TÜH kapcsán. Ugyanakkor az értékelés értelemszerűen kizárólag a Duna ökológiai állapota szempontjából ténylegesen ható tényezőkre történt meg.

A hatások és hatásterületek tekintetében a vonatkozó jogszabály alapján megkülönböztetendő a közvetlen, közvetett és országhatáron átterjedő hatások, illetve azok területei. A közvetlen és közvetett hatásterület meghatározása során a közvetlen hatásterület az adott hatás kimutatható, vagy becsülhető területeként került meghatározásra. A közvetett hatás, illetve annak területe valamely közvetítő közeg hatására tovább terjedő hatás. A közvetítő közeg lehet élettelen környezeti elem (pl. felszín alatti víz, talaj, levegő), de valamely élőlénycsoport is (pl. táplálékhálózatban tovább terjedő hatások). A közvetett hatásterületet a populációs szinten, vagyis ökológiai szempontból értékelhető, komplex vízi anyagforgalmi folyamatok lezajlásának reálisan még várható területeként lehet meghatározni. Ugyanakkor az jól látszik, hogy a biológiai folyamatok során az élő rendszerekben továbbadódó hatások kimutatható területei jellemzően átfedik egymást. Erre jó példát jelentenek az atomerőmű kibocsátásával kapcsolatosan a hőlépcső és az egyéb hidromorfológiai adottságok összefonódó hatásai. Természetesen a biológiai folyamatok során lehetnek olyan közvetettként értékelhető hatások, amelyek területei akár jelentősen is meghaladhatják a közvetlen hatás területét. Az ilyen közvetett hatásra tipikus példa az invazív fajok terjedésének témaköre. Ugyanakkor ezen folyamatok direkt kapcsolata a vizsgált hatással már nem mérhető objektív módon, ennek megfelelően azok nem képezik tárgyát a hatásértékelésnek. Így alapvetően a kimutathatóság okán a hatásértékelés során a közvetlen és közvetett hatások területét az akvatikus szervezetek szempontjából célszerű azonosnak feltételezni.

A hatásbecslés során a hatás jellegének meghatározása élőlényközpontú módon – tehát a vízi szervezetek szempontjából vizsgálva azokat, de ideértve az embert is mint hatásviselőt – annak tartóssága, erőssége és jelentősége alapján történt. A hidrológiai és vízminőségi jellemzők az élőlényközpontú hatásminősítés nélkülözhetetlen háttérinformációját jelenti. Amellett, hogy tényleges hatásviselőkként tehát a Duna akvatikus rendszerének élő elemeit lehet tekinteni, az elemzések alapján meghatározott hidrológiai változások ezek mellett szintén feltüntetésre kerültek.

A hatás, tartóssága alapján lehet rövidtávú (max. néhány hónap), középtávú (max. három év), hosszú távú (három évnél hosszabb). Erőssége alapján – ami a hatásterület ökológiai értelemben vett élőhelykomplexére vonatkozik – lehet gyenge, közepesen erős és erős. Jelentősége alapján pedig, ami ökológiai és természetvédelmi szempontok alapján szintén a hatásterület teljes élőhelykomplexére vonatkozik, lehet kis jelentőségű, közepes jelentőségű és nagy jelentőségű. A környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendeletben foglalt jelentős hatás ebben az értelemben a nagy jelentőségű hatással egyenértékű. A hatásváltozás alkalmazott kategóriáit a *4.3.4.1-1. táblázat* mutatja be.

A hatásértékelés a rendelkezésre álló archív adatok, a 2024. évi vizsgálatok keretei között végrehajtott mérések és elemzések eredményei, továbbá a 2025-ben elvégzett, egyes speciális kérdések megválaszolását biztosító kiegészítő vizsgálatok eredményeinek egységes szempontú értékelésével készült.

A hatásértékelés kiterjedt a Duna-főmeder Dunaföldvár-Baja (1544-1474 fkm) közötti szakaszának vizsgálatán túl négy dunai mellékág – Uszódi-mellékág, Grébeci-Holt-Duna (ANS503), Rezéti-Holt-Duna, Vén-Duna – továbbá az archív adatok alapján több állóvíz-víztestre: Faddi-Holt-Duna (AIH066), Tolnai-Északi-Holt-Duna (AIH136), Tolnai-Déli-Holt-Duna (AIH135), Bogyiszlói-Holt-Duna (AIH051).

4.3.4.1-1. táblázat: A hatásváltozás kategóriái a dunai hatások vonatkozásában

Hatásváltozás kategória	A hatásváltozás jellemzői
Javító	Egy kedvező hatás következtében új élőhely/életközösség ugyan nem alakul ki, de a rendszer ökológiai értelemben gazdagodik, élőhelyi értéke és/vagy stabilitása megnő, ezzel együtt az eredeti közösségre jellemző élőlénycsoport(ok) populációiban kimutathatóan pozitív változás következik be.
Semleges	Nincsenek minősíthető állapotváltozások. A potenciális hatótényező nem okoz értékelhető fizikai, kémiai vagy biológiai/ökológiai állapotváltozást.
Elviselhető	A hatótényező kimutatható – fizikai, kémiai, ökológiai – változást okoz a hatásviselőben, de ez a hatás hosszabb távon csak kis mértékű (gyenge), így összességében kis jelentőségű, a vizsgált biológiai rendszer szempontjából tolerálható változást indukál, a rendszer önszabályozó képességeinek határain belül marad. Jogszabályi keretek között vizsgálva, a hatás nem okoz kategóriaszintű romlást.
Terhelő	A hatótényező kimutatható változást okoz a hatásviselőben, és a hatás erőssége közepes vagy nagy (erős), a hatás közepes vagy nagy jelentőségű. A hatás jellemzően csak rövidebb távon marad fenn, míg ha hosszú távú, akkor a hatás kiterjedése kisebb mértékű. A vizsgált biológiai rendszer szempontjából csak abban az esetben jelent tolerálható hatást, amennyiben a hatás ugyan a rendszer önszabályozó képességeinek határait meghaladja, de a rendszer képes a regenerációra a hatás megszűnését követően. Jogszabályi keretek között vizsgálva, a hatás kategóriaszintű romlást is eredményezhet.
Károsító	A hatótényező jelentős változást okoz a hatásviselőben. A hatás erőssége nagy. Lehet középtávú, de jellemzően inkább hosszú távú, nagyobb területi kiterjedéssel, illetve az érintett hatásviselő közösséget nagyobb mértékben érinti. Összességében nagy jelentőségű. A változás következtében a hatásviselő élőlényközösség jelentősen károsodik, és a közösség az eredetitől eltérő, új struktúrával stabilizálódik. A változás visszafordíthatatlan, vagyis emberi beavatkozás nélkül a regeneráció nem lehetséges. Jogszabályi keretek között vizsgálva, a hatás kategóriaszintű romlást eredményez.
Megszüntető	A hatótényező nagy jelentőségű, amely következményeként az eredeti élőlényközösség megszűnik, az arra jellemző fajok a hatásterületről eltűnnek, ezzel együtt vagy új, degradált közösség alakul ki, vagy súlyosabb esetben a hatásterület legalább egy részén az élővilág teljesen megsemmisül.

A hatásértékelés, illetve a hatásterület meghatározása több szcenárióra készült el (1) Paksi Atomerőmű jelenlegi üzemállapota, ami az üzemidő-hosszabbítástól a jelenig tartó időszak működési jellemzőire alapul, (2) Paksi Atomerőmű további, a TÜH teljes üzemidőszakára önálló üzemállapoti feltételek mellett, (3) a TÜH teljes üzemidőszakára a Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemelési körülményeire vonatkozóan, továbbá a tervezett alternatív műszaki, jogszabályi tények közül az (4) ún. „32/15 szabály” (a Duna víz 500 m-es referencia szelvényre vonatkozó hőmérsékleti korlátjának ellátásbiztonsági okból megengedhető értéke legfeljebb 15 napon keresztül 32°C /*2.3.2. fejezet*/) bevezetésére vonatkozóan a Paksi Atomerőmű önálló üzemelése során, valamint az (5) alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a kapcsolódó csúcshűtő rendszer üzemelésére a Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemelése során.

4.3.4.2. A Paksi Atomerőmű melegvíz-csatornáján kibocsátott felmelegedett hűtővíz hatásai az akvatikus élőlényközösségekre

A víz fizikai és kémiai vizsgálatai alapján elvégzett VKI szempontú kémiai állapotértékelés azt jelezte, hogy a vizsgált két dunai – a kibocsátással közvetlenül érintett AOC754, valamint az azalatt található, így közvetett módon érintett AOC755 – víztest kémiai állapota egyaránt kiváló. A 2024-ben elvégzett vizsgálat eredményeit összevetve az archív adatokkal az látszik, hogy az elmúlt két és fél évtized során a vizsgált dunai víztestek vízminősége, elsősorban a tápanyagok, a savasodás és az oxigénháztartás – ezen belül alapvetően a szervesanyagterhelést jelző elemek – komponenscsoportok tekintetében jelentősebben javult. A vizsgálatok eredményei alapján megállapítható volt, hogy a Paksi Atomerőmű kibocsátásának nincs víztestszinten kimutatható hatása a kémiai állapotra. A kibocsátással összefüggésbe hozható lokális hatások (szervetlen-N, összes-N) a kimutathatóság határán mozognak, ráadásul megjelenésükben az atomerőmű kibocsátásától független környezeti tényezők további, annál jelentősebb szerepet játszanak.

A vizsgált kémiai komponensek közül a fentieken túl a szerves szennyezők esetében lehetett kapcsolatot találni az atomerőmű kibocsátásával (TPH-GC, PAH). Az elemzések a Paksi Atomerőmű időszakos, kisebb mértékű és lokális hatását jelezték. A jellemző értékek közül kiugró koncentráció mindkét esetben egyetlen alkalommal volt mérhető, osztályértékű változást még a kifolyónál sem lehetett kimutatni, és a megemelkedett koncentráció nem terjedt ki a rákövetkező (<1 km) mintaszelvény területéig.

A Paksi Atomerőmű kibocsátásával összefüggésbe hozható érdemi változást a mintahelyek részletes értékelése alapján sem lehetett kimutatni, és a biológiai elemek közösségszerkezetében sem lehetett bizonyítani a kémiai változók hatását. Hasonló eredményt jeleztek a bakteriológiai vizsgálatok is, amelyek eredményei szintén nem jeleztek kapcsolatot az atomerőmű kibocsátásával.

A víztestszintű ökológiai állapotértékelés azt jelezte, hogy a Paksi Atomerőműnek nincs a víztestszinten megjelenő hatása a biológiai elemek szempontjából sem. A vizsgálati eredmények azt is igazolták, hogy a jelenlegi kibocsátási feltételek fennmaradása esetén a Paksi Atomerőmű további üzemelése során sem várható a működéssel összefüggésbe hozható víztestszintű hatás. A jövőbeni változásokat is alapvetően a külső – kiemelten a klímaváltozás – környezeti hatások fogják várhatóan meghatározni. Ezeknek megfelelően a Paksi Atomerőmű további üzemelése nem veszélyezteti az érintett Duna-szakaszon a jó ökológiai állapot elérését.

Az ökológiai elemzések azt is alátámasztották, hogy az atomerőmű kibocsátása nem okoz kimutatható hatást sem a vizsgált dunai holtmedrek, sem az érintett szakaszon vizsgált holtágak ökológiai rendszereiben, és ilyen hatás a további üzemelés időszakában sem várható. Ez alól az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a kapcsolódó csúcshűtő rendszer üzemeltetése jelent kivételt, ahol a modelleredmények alapján az Uszódi-mellékág bizonyos hidrológiai körülmények között potenciálisan érintett. A vizsgált holtágakban kialakuló állapotot az atomerőmű üzemelésétől független, egyéb környezeti és emberi hatások alakítják. Ezen tények okán a részletes hatásértékelés a Duna-főmeder finomabb felbontású ökológiai elemzéseinek eredményeire fókuszált.

A fitoplankton archív adatainak és a vizsgálatok eredményeinek ökológiai elemzése alapján megállapítható volt, hogy a Duna fitoplanktonját a vizsgált szakaszon nem érik olyan hatások, amelyek alapján az összetételben mérhető különbségek alakulnának ki. A tápanyagok és a hőmérséklet is csak kismértékű hatással bír a közösség szerkezetére. A folyó oligotróf/mezotróf jellegét olyan tényezők befolyásolhatják, mint az aktuális fényviszonyok, illetve a felső szakaszok mederduzzasztásaiból adódó kiülepedés, a tápanyagterhelés általános csökkenése. Az atomerőmű kibocsátásának a Duna fitoplankton-közösségeire nincs kimutatható hatása sem hidrológiai, sem a hőmérséklet, sem a kémiai változók szempontjából. A vizsgálatok alapján egyértelműen megállapítható, hogy fitoplankton nem tekinthető hatásviselő csoportnak.

A fitobenton ökológiai állapotértékelése a melegvíz-kifolyó hatásának kitett, érintett szelvényrészen szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a kontroll és a kibocsátással közvetlenül nem érintett alvízi szelvények minősítése. Ez megjelent az archív adatok értékelése során is.

Ugyanakkor a finomabb struktúrájú értékelés azt jelezte, hogy a közösség szerkezetét elsősorban az alvizen kialakult lassabb áramlású állapot határozta meg, amelyben a kémiai változók is eltérhetnek mikrohabitat-szinten. Ezen hatások együttes kialakulása lehetőséget teremt a lassú áramlást kedvelő és/vagy nagyobb trofitást preferáló limnofil fajok lokális feldúsulásának. A hőlépcső ezeket a helyi hidromorfológiai és kémiai hatásokat erősítheti. Ennek megfelelően a fitobenton a hőterhelés szempontjából a jelenlegi üzemállapotban közvetett hatásviselőnek tekinthető, ugyanakkor a hidromorfológiai hatások szempontjából közvetlen hatásviselők.

A zooplankton-közösség szempontjából az atomerőmű felmelegedett hűtővízének hatása az ökológiai elemzések alapján nem volt kimutatható. A kibocsátással közvetlenül érintett minták környezeti és biotikus jellemzői szignifikánsan nem különböznek a kontroll, illetve a közvetlenül nem érintett helyszínektől. A vizsgálatok alapján összességében megállapítható, hogy a zooplankton-közösségekre a Paksi Atomerőmű hűtővizének kibocsátása kimutatható hatást nem jelent, a zooplankton-közösség – hasonlóan a fitoplanktonhoz – nem hatásviselő.

A vizsgálati program keretei között a makrozoobenton archív adatainak és az elvégzett 2024. és 2025. évi vizsgálatok eredményeinek ökológiai elemzése alapján megállapítható, hogy a Duna Paks-Baja közötti szakaszán a fajszám és az egyedsűrűség jelentősebb térbeli változatosságot mutat. A fajszámok trendszerű változást nem indikáltak, de a kontroll és a felmelegedett hűtővízzel közvetlenül érintett mintahelyek közötti különbségek több közösségszerkezeti mutatóban statisztikai szempontból is igazolhatók. A felmelegedett hűtővíz kibocsátásával érintett helyeken a közösségek jellemzően nagyobb dominanciát, homogenizáltabb szerkezetet és magasabb egyedszámot mutatnak, miközben a fajösszetétel a meleg- és eutrófiatűrő csoportok irányába tolódik el. Az eredmények egyértelműen rámutatnak arra is, hogy a hőterhelés ökológiai hatása nem önmagában a hőlépcső nagyságával magyarázható, hanem szoros összefüggésben áll a helyi hidromorfológiai adottságokkal. A hőmérsékleti és áramlási mintázatok alapján a tartósan fennmaradó hőmérsékleti többlet elsősorban azokon a területeken érvényesül erőteljesebben, ahol a keveredés korlátozott, az áramlási sebesség alacsony, és a finomszemcsés aljzat dominál. Ez azt jelenti, hogy az aljzati viszonyok és az áramlási környezet a hőterheléssel együtt, interakcióban strukturálják a makrogerinctelen közösségek fajösszetételét. A közösségi átrendeződés így nem egységesen jelentkezik a hőterheléssel érintett szakaszokon, hanem térben heterogén módon, az élőhelyi sajátosságok függvényében alakul ki.

A 2025. évi kiegészítő vizsgálatok megerősítették a hőterhelés közösségszerkezetre gyakorolt hatását, egyúttal igazolták, hogy ez a változás a hőmérsékletemelkedés hatására fokozatos. A közösségszerkezet változása már $\Delta t \geq \sim 2\text{-}3\,^{\circ}C$ tartós hőmérsékletkülönbségnél elindul. Ez a kezdeti állapot az invazív fajok egyedszámának növekedésével írható le. A közösség stabil átrendeződése, amelynek oka az őshonos fajok populációinak fokozatos, jelentősebb degradációja, $\Delta t \geq \sim 4\text{-}5\,^{\circ}C$ tartós hőmérsékletkülönbségtől figyelhető meg. Ennek során a széles tűrésű, opportunista taxonok irányába tolódik el a közösségi szerkezet, miközben az érzékenyebb elemek relatív szerepe csökken.

Az ökológiai állapotminősítés megerősíti az elemzések eredményeit. A melegvíz-kibocsátás lokálisan kimutatható hatással van a makrogerinctelen-közösségek szerkezetére, amit a hidromorfológiai sajátosságok jelentősen befolyásolnak. Az elemzések alapján tehát megállapítható, hogy a MZB közösség hatásviselő az atomerőmű dunai kibocsátása szempontjából.

A halközösség archív adatai, illetve a 2024. és 2025. évi vizsgálatok eredményei azt jelzik, hogy a közösségszerkezeti mutatók közül a fajszám eloszlása homogén a teljes vizsgált Duna-szakaszon. Kimutatható különbségek az abundancia értékeiben adódnak, a melegvízi szakaszon magasabb abundanciaérték jellemző. A halközösség ökológiai elemzései alapján bizonyítható volt, hogy a Paksi Atomerőmű felmelegedett hűtővize statisztikai értelemben is kimutatható hatással van a halközösség szerkezetére, így hatásviselőnek tekintendő. A hatásterületen a halak abundanciaértéke jellemzően megnő a felmelegedett víz hatására. A felmelegedett hűtővíz és a hidromorfológiai tényezők – kiemelten az aljzatösszetételt, vízsebességet, mélységet – együttesen alakítják a közösség szerkezetét, így a hidromorfológiai adottságok változásai jelentősebben befolyásolják a meleg víz halközösségek szempontjából kimutatható hatását.

Az abundancianövekedés a homogénebb, kövezéses aljzatú területeken kifejezettebb. Az atomerőmű hatása a ripális és a mediális régióban egymással összemérhető. A kibocsátás hatása térben nem állandó, az grádiens-szerűen csökken. A hőterhelés kimutatható hatása szezonálisan is változik, továbbá az alacsony vízállás a hőterhelés hatását felerősíti.

A 2025. évi kiegészítő vizsgálatok megerősítették, de egyúttal pontosították is a korábbi eredményeket. A kis léptékű ökológiai elemzések alapján a Paksi Atomerőmű felmelegedett hűtővizének kibocsátásával kapcsolatosan három kimutatható, és ökológiai szempontból értelmezhető tartomány különíthető el. Ezek a határértékek teljes mértékben egybevágnak a MZB közösség elemzése alapján kapott értékekkel:

- $\Delta t \approx 2\text{-}3°C$: Tartós fennmaradása esetén ebben a tartományban jelennek meg a közösségi átrendeződés első, következetes jelei. A domináns taxonok arányai már eltérnek az alacsonyabb ΔT-jű pontokétól, de a közösség szerkezete még részben átfedést mutat velük. A válasz erősen aljzat- és áramlásfüggő.
- $\Delta t \gtrsim 4\text{-}5°C$: Tartós fennmaradása esetén e felett a közösség szerkezete markánsan és stabilan eltér a kisebb terhelésű szakaszokétól. A dominanciaviszonyok új egyensúlya alakul ki, amelyet a meleg vizet jól toleráló, opportunista, több esetben erősen invazív elemek uralnak. A halak esetében az elemzések alapján meghatározott pontos határérték 4,34-nek adódott, ami az összes faj küszöbértékének számtani közepeként került meghatározásra.
- $T_{max} \geq 36°C$: Ebben a hőmérsékleti tartományban a halak egyértelmű elkerülést mutatnak, az adott élőhelyen az egyedszám drasztikusan csökken. Ugyanakkor a fenti két határértéktől eltérően ez – legalábbis a többi élőlénycsoporthoz viszonyítva lényegesen mozgékonyabb halak esetében – átmenetinek tekinthető és a hőmérséklet csökkenésével a visszarendeződés azonnal megindul.

A hőterhelés, illetve pontosabban az antropogén eredetű hőszennyezés komplex módon hat az élővilágra, hatása egyedi, valamint szupraindividuális szinten egyaránt érvényesül. A Paksi Atomerőmű hőterhelésének megítélése szempontjából kiemelt jelentőségű a szupraindividuális szerveződési szinteken megjelenő hatások értékelése, mivel az elmúlt 25 év vizsgálatai egyszer sem indikáltak közvetlen letális, vagy szubletális hatást egyetlen élőlénycsoport tekintetében sem. Az eredmények azt jelzik, hogy az atomerőmű hőterhelésének hatása nem egy heveny letális, vagy szubletális, hanem egy hosszú távú, krónikus hatásként értékelhető. A Paksi Atomerőmű hőterhelésének legmarkánsabb hatásaként annak expozícióját lehet tekinteni. Ez azt is jelenti, hogy a közösség szintjén sokkal inkább a hőmérsékletkülönbség meghatározó, mint a bevezetett hűtővíz abszolút hőmérséklete. A hőterhelés legmarkánsabb hatása a természetes közösségszerkezet megbomlása, és ezzel együtt a nagyobb hőtűrőképességű, generalista, illetve zavarástűrő fajok arányának növekedése a közösségben. A hőterhelés hatása fokozatosan erodálja a közösség struktúráját, így a hatás maga is gradiens-jellegű, aminek kimutatása a természetes viszonyok között nem egyszerű. Jellemző az is, hogy a hőterhelés hatása együtt jelentkezik valamennyi hatásviselő taxon esetében a hidromorfológiai adottságokkal, vagyis ez utóbbiak – aljzat, vízsebesség, mélység – jelentősen módosítják a hőterhelés megjelenő, közösségszerkezetet alakító hatását.

4.3.4.3. Hatótényezők, hatásviselők, hatások

A Paksi Atomerőmű által a hidegvíz-csatornán végzett vízkivétel, valamint a használat után a melegvíz-csatornán az 1526,2 fkm-nél a Duna jobboldali szelvényébe visszavezetett felmelegedett hűtővíz és a szintén a csatornán visszavezetett tisztított nem radioaktív technológiai és kommunális szennyvizek hidromorfológiai változásokat, a vízhőmérséklet emelkedését és további vízminőségi változásokat okoznak a Duna vizében. Ezen változások közül az élőlénycsoportok mélyreható és kisfelbontásban is elvégzett ökológiai elemzései alapján a kibocsátott hűtővíz hőmérsékletemelkedése és a hidromorfológiai változások okoznak a közösség szerkezetében kimutatható közvetlen hatást. Ugyanakkor a kibocsátás során az egyes kémiai komponensek – az értékelések alapján a szervetlen N-formák, valamint az olajszármazékok és a PAH – változásai nem jelentenek kimutatható hatást az akvatikus

szervezetek ökológiai struktúrájában. Ezek alapján a jelenlegi üzemelés során a következő tényleges környezeti hatótényezők, illetve közvetlen hatások állapíthatók meg: (1) a vízkivétel hidromorfológiai hatása, (2) a felmelegedett hűtővíz kibocsátásának hőterhelése, (3) a felmelegedett hűtővíz kibocsátásának hidromorfológiai hatása.

Az ökológiai vizsgálatok azt igazolták, hogy a vizsgált élőlénycsoportok közül a tényleges hatások hatásviselői a (1) bentikus kovaalgák (fitobenton), a (2) makroszkópikus vízi gerinctelenek (makrozoobenton), valamint a (3) halak.

A legjelentősebb hatást a melegvíz-csatorná(ko)n kibocsátott, felmelegedett hűtővíz dunai hőterhelése jelenti. Ennek a Duna hatásviselő élőlénycsoportjaira meghatározott kimutathatósági határértéke: $\Delta t \geq 2{,}5°C$. Ugyanakkor a közösségszerkezet jelentősebb és tartós átstruktúrálódása $\Delta t \geq 4{,}3°C$ tartós hőmérsékletkülönbségtől számítható. Az ökológiai elemzések alapján a halak szempontjából megállapítható volt az abszolút hőmérséklet hatása is. Kritikusan magas dunai háttérhőmérséklet esetén, a tapasztalatok alapján $T_{max} \geq 36°C$-os alvízi hőmérsékletnél a halak elkerülése figyelhető meg. Összhangban a hőterhelési modellekkel kijelenthető, hogy a hőterhelés hatása nem terjed ki a teljes keresztszelvényre A hőterhelés hatása jellemzően hosszú távú, erős és nagy jelentőségű. Így összességében terhelő hatást jelent a hatásviselő csoportok számára a hatásterületen.

Szintén jelentős a kibocsátott hűtővíz hidromorfológiai hatása, amit részben maga a kibocsátás, illetve a kibocsátás alvizén kiépített sarkantyúk áramlásmódosító hatása jelent. A sarkantyúk csúcsán a vízsebesség növekszik, míg a sarkantyúk mögött visszaforgó, közöttük lassabb áramlású területek alakulnak ki. A hidromorfológiai hatás másik oka az áramlási sebességekkel összefüggésben az élőhelyi adottságok, vagyis az aljzat összetételének módosulása. A sarkantyúk homogén kövezéses aljzatúak, míg a visszaforgó és lassabb áramlású területeken a kisebb szemcseméretű üledék (homok/iszap) jelentősebb felhalmozódása figyelhető meg. Ezen változások egyaránt fontos közösségszervező hatásúak a bentikus növényi és állati szervezetek (fitobenton, makrozoobenton), valamint a halak számára. Az elemzések azt igazolták, hogy a hőterhelés és a hidromorfológiai változások hatásai egymást erősítik. Emiatt ez a hatás a vizsgált szcenáriók esetén alapvetően hosszú távú, közepesen erős, és közepes jelentőségű. A hatásviselők szempontjából a hatásváltozás terhelő. Külön ki kell emelni e tekintetben a hidegvíz-csatorna kotrásából származó zagy Duna jobbparti bevezetésének hatását. Ebben az esetben a kibocsátás hatására a sarkantyúk közötti és mögötti, lassú áramlású területeken a finomabb szemcseösszetételű üledék felhalmozódása okán az élőhelyi adottságok további változása jelezhető előre, éppen a kritikusnak tekinthető alvízi szakaszon, és élőhelyeken, mintegy 3 km hosszúságban. A melegvíz-kibocsátás hatását a zagy dunai bevezetése a kibocsátás időszakában a jobb parti területen várhatóan jelentősen felerősíti. A finomabb szemcseösszetételű üledék lerakódása a becsülhető lerakódási területeken jelentősen rontani fogja a bentikus szervezetek élőhelyi feltételeit előre nem jelezhető hosszúságú időszakokban. A zagy dunai bevezetésével a lebegő anyaghoz kötött szennyező anyagok (nehézfémek) akkumulálódhatnak a terület szűrő táplálkozású élőlényeiben. Fentiek alapján a hidegvíz-csatorna kotrásából származó zagy dunai jobbparti bevezetése – kiemelve, hogy az kizárólag a felmelegedett hűtővíz-bevezetéssel kölcsönhatásban értelmezhető – hosszú távú, erős, és nagy jelentőségű, terhelő hatásként értékelhető.

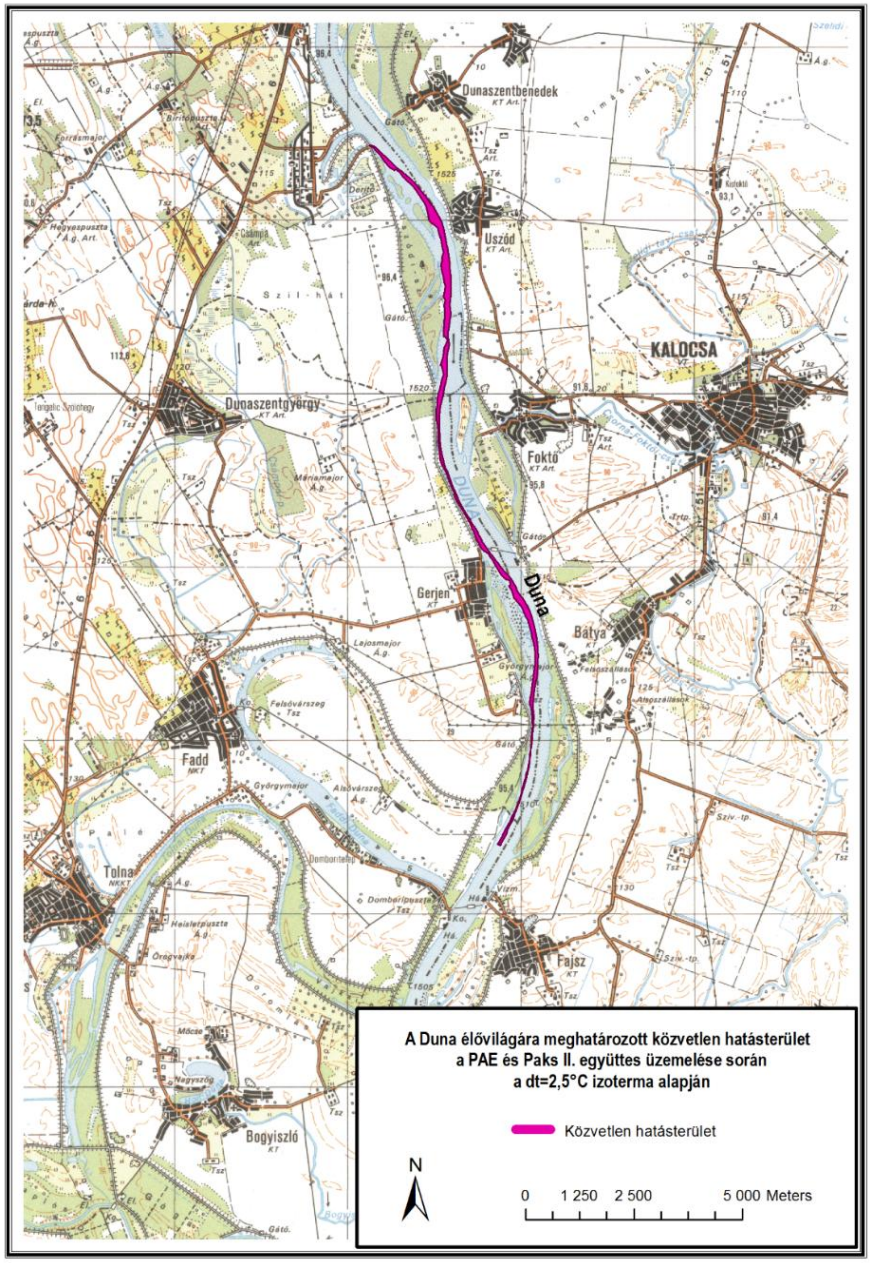
A kibocsátás hidromorfológiai hatásánál kisebb a vízkivétel hidromorfológiai hatása, amely alapvetően a vízkivételi műtárgy környékén a Duna ripális élőhelyi adottságainak változásán (partkövezés) keresztül hat a hatásviselő élőlényközösségekre. A vízkivétel hidromorfológiai hatása így minden vizsgált szcenárióban hosszú távú hatásként értékelhető, de gyenge és kis jelentőségű, így összességében elviselhető hatású a hatásviselő akvatikus szervezetek számára.

Az ökológiai elemzések alapján összességében megállapítható, hogy az öt vizsgált üzemállapot környezeti hatása alapvetően azok hatásterületében különbözik.

A vízkivétel hatásterülete gyakorlatilag minden szcenárióban hasonló, kb. 500 méter, és a hidegvíz-csatorna, valamint a melegvíz-csatorna közötti jobbparti ripális területre, a rézsűkövezésre terjed ki. A hatásterület csak az alternatív melegvíz-csatorna szakasz üzembeállításával növekszik, mivel ebben az esetben, annak üzemelése során a hidromorfológiai hatás az új vízbevezetési pontig terjed kb. 850 m hosszúságban.

A kibocsátás hidromorfológiai hatásterülete az egyes szcenáriókban csak kisebb mértékben változik, hatása jellemzően a Nagy-sarkantyú környékéig terjed ki.

Jelentősen változik viszont az egyes szcenáriók esetében a hőterhelés hatásterülete. A jelenlegi hatásterület a kritikus kisvizes állapotban közel 8 km, míg a TÜH időszakában az önálló üzemelés során várhatóan ez csak csekély – néhány száz méterrel – mértékben nő meg. A legerősebb hatású, és ezzel a legnagyobb hatásterületű szcenárió a Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemelése a TÜH időszakában. A Duna hatásviselő élőlénycsoportjai szempontjából ebben a szcenárióban a kimutatható hatás területe a hőterhelés modellszámításai alapján KQ (kisvízhozam) dunai kritikus állapotra és az üzemelési időszak végére a Duna jobbparti régiójában a Duna a 1508,9 fkm-ig, Fadd magasságáig húzódik, 17,3 km-re a kibocsátási ponttól. A legkisebb hatásterülettel az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúcshűtő rendszer üzemelése során lehet számolni, ennek kiterjedése nem éri el a 2 km-t az alvíz irányában a jobboldali vízterületeken. Legerősebb hatású változatként a Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemelése adódik, az erre a szcenárióra készített hatásterületet a *4.3.4.3-1. ábra* mutatja.



4.3.4.3-1. ábra: A dunai élővilág szempontjából meghatározott maximális hatásterület a Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemelése során a TÜH időszakában

4.3.5. Haváriaesemények értékelése

A Paksi Atomerőmű kibocsátásait megvizsgálva és értékelve, a felszíni vizeket érintő haváriaeseményként az atomerőmű szennyvíztisztító művének meghibásodásából adódóan a tisztítatlan szennyvíz dunai kibocsátása merül fel racionális hatótényezőként.

A Paksi Atomerőmű saját szennyvízkezelő telepének jelenlegi tisztított szennyvízkibocsátása ~300 m^3/nap. A haváriaesemények között tehát ennek hatása került vizsgálatra, egy napig fennálló üzemzavar figyelembevételével és a 300 m^3/nap hozammal kalkulálva. A hidrológiai vizsgálatok módszerét a hatásvizsgálat keretei között kidolgozott két- és háromdimenziós hidrodinamikai és elkeveredési modellek biztosították. A vizsgált haváriaesemény során bekövetkező terhelés kémiai jellemzőinek értékeléséhez az atomerőmű szennyvíztisztítójába érkező nyers szennyvíz tényleges adatai kerültek felhasználásra.

A hidrológiai vizsgálat alapján megállapítható volt, hogy a melegvíz-csatorna vizével elkeveredő nyers szennyvíz tömegárama 0,00347 kg/s érték egy normalizált 1 kg/m^3 koncentrációval kalkulálva. A számítás alapján így jól láthatóvá vált, hogy a 100 m^3/s vízhozamú melegvíz-csatornába vezetett 3,5 l/s hozamú szennyvíz kémiai komponenseinek koncentrációja a keveredés okán még tisztítatlan módon is olyan kis koncentrációban érkeznek a Dunába, ami jórészt a kimutathatósági határ alatt van.

4.3.6. Országhatáron átterjedő hatások értékelése

A 2D hőterhelési modell alapján a legerősebb hatásúként értékelt Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes üzemelése során a Duna határszelvényében a kimutatható maximális hőtöbblet KQ dunai állapotban a TÜH időszakában +1,8°C.

Az ökológiai elemzések eredményei azt igazolták, hogy +1-2°C hőmérséklettöbbletig a közösségek szerkezete a referencia-állapothoz hasonló marad, vagyis nem mutatható ki a hatásviselő csoportokban közvetlen hatás. Ez az eredmény összevág a gyakorlati tapasztalatokkal is, hiszen ilyen mértékű hőmérsékletkülönbségek természetes okok miatt is kialakulhatnak.

A közösségszerkezet kimutatható változása +2-3°C közötti tartós hőmérsékletkülönbségnél indul el, illetve válik kimutathatóvá. A hatásviselő szervezetek szempontjából meghatározott kimutatási határérték $\Delta t \geq 2{,}5$°C-nak adódott.

A hidrológiai és ökológiai vizsgálatok eredményeként egyértelműen megállapítható, hogy egyetlen biológiai elem vonatkozásában sem lehet országhatáron átterjedő hatással számolni.

4.4. A felszín alatti vizekre és a földtani közegre gyakorolt hatások

A hatások vizsgálata a Paksi Atomerőmű tágabb környezetében lévő Duna-völgy felszín alatti vizei környezeti állapotára, a telephely földtani közeg- és hidrogeológiai állapotára, valamint a környezeti jellemzők paramétereinek a meghosszabbított üzemidőre történő előrejelzésére terjedt ki. A vizsgálat célja volt továbbá a vizsgált víztestek állapotának rögzítése, minősítése, a további üzemidő-hosszabbítással összefüggő környezeti hatások elemzése, kiemelt figyelemmel a felszíni alatti vizek hőterhelésére, valamint értékelése a víz fizikai, kémiai jellemzői vonatkozásában, figyelembe véve a Paksi Atomerőmű önálló, illetve a Paks II. Atomerőművel való együttes üzemelését. Mindezen feladatok elvégzésére lokális és regionális vizsgálatok készültek.

4.4.1. Lokális vizsgálatok

A Paksi Atomerőmű telephelyén belül, részletesebb, lokális vizsgálatok a felszín alatti vizek védelméről szóló 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet 4. számú melléklete szerint kerültek elvégzésre. A vizsgálat során a telephelyen belüli földtani közeg szennyezettségének vizsgálata archív (2006-2025 közötti) adatok alapján, a sekély felszín alatti vizek állapota archív (2011-2024 közötti) monitoring eredmények, valamint 2024. évi negyedéves akkreditált felszín alatti

vízmintavétel és laboratóriumi vizsgálati eredmények alapján került értékelésre. Ezen túlmenően a hatások előrejelzésére kétféle modellvizsgálat készült:

1. Lokális hidrodinamikai és terjedési modell, melynek célja egyrészt a Paks II. Atomerőmű tervezett épületeit körülvevő, már megépített résfal hatásának vizsgálata, másrészt egy esetlegesen a földtani közegbe és talajvízbe jutó szennyezőanyag terjedésének vizsgálata volt.
2. Humán-egészségügyi és környezeti kockázatértékelés modellezés, melynek célja a 2024-ben havária során a földtani közegbe és felszín alatti vízbe kerülő olajszennyeződés – mint jellemző potenciális havária esemény – vizsgálata volt.

A vizsgált terület a 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet szerint a felszín alatti víz állapota szempontjából „2c" érzékenységi kategóriába tartozik, azaz a felszín alatti víz állapota szempontjából érzékeny terület (2.), ahol a porózus fő vízadó képződmény teteje a felszín alatt 100 m-en belül található (c). A talajvíztároló pleisztocén eredetű homokos-kavics réteg, melynek feküje, 30-40 m mélyen található. A felső 20 m-es vízvezető összlet jó hidraulikai paraméterekkel rendelkezik (szivárgási tényező: $1{,}1 \cdot 10^{-3}$ m/s). A Duna medrével közvetlen vízföldtani kapcsolat áll fenn, amely regionális szinten meghatározza a talajvízmozgást.

A vizsgálat során a paksi telephelyi monitoringban részt vevő kutak közül 2024-ben összesen 20 darab figyelőkútból negyedéves rendszerességgel történt akkreditált mintavétel, mely során a felszín alatti vízminták helyszíni (in-situ) paraméterei azt mutatták, hogy a vízkémiai állapot a térség természetes tartományába esik, a talajvíz Na-Ca-HCO_3 és Ca-Na-HCO_3 típusú. A 2011-2024 között gyűjtött vízszintadatok 111 kézi mérésű és 19 automata (Dataqua) műszerrel felszerelt kút megfigyeléseiből származnak. A 13 éves trend talajvízszint-csökkenést jelez, amely a Dunától távolodva erősödik.

A sekély felszín alatti víz szennyezettségi állapota a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről szóló 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletben foglalt (B szennyezettségi) határértékek alapján került értékelésre. A 2024-ben végrehajtott akkreditált vízmintavétel vizsgálat eredményeiből megállapítható volt, hogy néhány kút esetében az ammónium, a nitrát, a molibdén, arzén, cink, nikkel, kobalt és ólom komponensek haladták meg a vonatkozó határértékeket, míg a szénhidrogén-származékok (BTEX, TPH, PAH) esetében nem volt kimutatható határérték feletti koncentráció. A 2011-2024 közötti trendek alapján a legtöbb szennyezőanyag komponens koncentrációja csökken.

A 2011-2024 közötti monitoring eredmények és a 2024. évi akkreditált mintavételi sorozat eredményei alapján lehatárolásra kerültek a felszín alatti víz szennyeződéssel érintett területek. A (B) szennyezettségi határérték feletti fém (kobalt, arzén, nikkel, ólom, cink, réz) komponensek jellemzően az ipari zagytér környezetében találhatók. A felsorolt komponensek nagyrésze folyamatosan csökkenő tendenciát mutat. Az arzén határérték feletti jelenlétének oka geológiai eredetű. A szennyezettségi határérték feletti nitrát és ammónium koncentrációk az ipari zagytározók, a fekáliacsatorna és a pótvízelőkészítő üzem környezetében fordulnak elő. A szennyezettségi határérték feletti komponensek jelentős többségének koncentrációja folyamatosan csökken. A szennyezettségi határértéket túllépő komponensek koncentrációja és kiterjedése nem jelentős, hatása elviselhető.

A földtani közeg állapota archív adatforrások alapján került értékelésre. A Paksi Atomerőmű telephelyén lévő földtani közeg állapotának vizsgálata a 2006-2024 közötti környezet-veszélyeztetési jegyzőkönyvek alapján készült. Az összesen négy szennyezési esemény mindegyike gyors és eredményes kármentesítéssel zárult, a szennyeződés nem terjedt tovább. A földtani közeg szennyeződése csak havária események bekövetkezésekor fordult elő.

Az esetlegesen felszín alatti vízbe jutó szennyezőanyag terjedésének vizsgálata a telephelyen korábban (2005 körül) történt technológiai meghibásodásokból eredő trícium-szennyeződés modellezésével került elvégzésre. Ennek oka, hogy a trícium egy nagyon jó nyomjelző anyag, vagyis az esetlegesen a földtani közegbe, felszín alatti vízbe jutó szennyezőanyag hatásterülete ennél csak kisebb lehet. A monitoring adatok szerint a talajvíz tríciumkoncentrációja a források megszüntetése és a felezési idő hatása miatt jelentős csökkenést mutatott. A legmagasabb

korábbi érték (O5 kút: kb. 10 kBq/l) ma már nagyságrendekkel alacsonyabb, több kútban a természetes háttérszint (<8 Bq/l) közelében van. A hidrodinamikai és terjedési modell számításai szerint a tríciumlencse kisvíz esetén 4-10 év alatt, középvíz esetén 6-20 év alatt, nagyvíz esetén 9-25 év alatt csökken a háttérszint alá. A modellezés és a mérések között a korreláció magas (0,791-0,878), ami a modellezés megbízhatóságát igazolja.

A normál üzemidő során nem mutatható ki jelentős felszín alatti víz- vagy földtani közeg-szennyezés. A trícium koncentrációja folyamatos csökkenést mutat és közelíti a háttérértéket. A tríciumaktivitás értékek a Duna vízjárásától függően változnak.

A további üzemelés előkészítése miatt várható beavatkozásokból eredően a földtani közegre gyakorolt hatások főként szerkezetbolygatásból (építkezés, töltés, talajmozgatás) erednek, de lokálisak és nem befolyásolják érdemben a vízföldtani rendszert. A felszín alatti vízben a változások minimálisak, szennyezőanyag-terjedés nem várható.

A Paksi Atomerőmű önálló és a Paks II. Atomerőművel való együttes üzemelése sem okoz jelentős változást a felszín alatti vízviszonyokban. A Paks II. résfala és műtárgyai lokálisan módosíthatják az áramlási pályákat, de a módosulás az egész rendszer szintjén elhanyagolható. A tríciumtartalom 4-10 év alatt természetes háttérérték alá csökken.

A vizsgálatok során kidolgozott modellek a 2032-2058 közötti időszakra vonatkoznak. Kiterjednek a mélyalapozású műtárgyak, valamint a hidegvíz-csatorna bővítésének áramlástér módosító hatásaira és a tríciumterhelés eloszlás időbeli változásának bemutatására. A modellek szerint a trícium aktivitáskoncentrációja a különböző környezetekben különböző mértékben csökken. Az eredmények három forgatókönyv szerint kerültek rendszerezésre. Kisvízi környezetben az áramlási pályák alapján az atomerőmű környezetében a tríciumlencse a hígulás, a bomlás és a hidegvíz-csatorna felé történő áramlás következtében mintegy 1500 nap alatt csökken a természetes, háttérszintnek tekintett 8 Bq/dm^3 alá. Középvízi környezetben a hidraulikai gradiens mérséklődése miatt a folyamatok lelassulnak, és az atomerőmű környezetében a tríciumlencse körülbelül 2200 nap alatt éri el a természetes szintet. Nagyvízi környezetben a Duna és a hidegvíz-csatorna tartós torlasztó és visszatöltő hatása az áramlási irány megfordulásához vezet, amely természetes viszonyok között nagyon alacsony valószínűségű. Ebben a forgatókönyvben a tríciumlencse mintegy 3300 nap alatt csökken a természetes szintre. Az eredmények egy folyamatos, hosszú távú tríciumterhelés-csökkenést jeleznek, amely még a legkedvezőtlenebb forgatókönyv esetén is azt mutatja, hogy a terhelés 10 éven belül a természetes háttérszint (8 Bq/dm^3) alá esik. Az eredmények továbbá arra utalnak, hogy a Paks II. létesítményei által okozott áramlásmódosító hatások a Paksi Atomerőmű telephelyének területén belül a vizsgálatok szerint nem kimutathatók.

A korábbi (2006-2024 közötti) havária események jellemzően gyors beavatkozással teljes mértékben felszámolásra kerültek. A legfrissebb (2024-es) eset során a környezetbe került olajszennyeződés hatása került vizsgálatra. A humán-egészségügyi és környezeti kockázatértékelés során megállapítható volt, hogy a vizsgált területen a szennyezett földtani közeggel való közvetett érintkezés az elfogadható humán egészségügyi kockázati szintet (=1) nem haladja meg a vizsgált expozíciók és szennyeződés esetében. A számított daganatkockázati növekmény a munkaterületen elfogadhatónak számító 10^{-5} kockázati szintet nem éri el, mely a vizsgált dolgozó receptorok esetében így határérték alatti kockázatnak minősül. Kijelenthető, hogy a vizsgált havária esemény nem jár humán-egészségügyi kockázattal. A vizsgált szennyezőanyag másik környezeti elemre, a talajvízre átterjedt, de tartós környezeti kár nem alakult ki. Kármentesítést követően szennyezőanyag sem a földtani közegben, sem a talajvízben nem volt kimutatható. Mindez igazolja, hogy a Paksi Atomerőmű eljárásrendjeinek betartása és az előírt monitoring vizsgálatok mellett csak lokális, telephelyen belüli szennyeződések alakulhatnak ki, melyek időben észlelhetők és terjedésük megakadályozható.

4.4.2. Regionális vizsgálatok

Ahhoz, hogy a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása során valószínűsíthető hatásait vizsgálni és értelmezni lehessen, regionális értékelés és vizsgálat elvégzése volt szükséges. A Paksi Atomerőmű további üzemelése, valamint a Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes

üzemelése következtében vízföldtani szempontból a parti szűrésű vízáramlási rendszer a legérzékenyebb, ezért nem csak a regionális felszín alatti áramlási rendszereket, hanem a Duna és a felszín alatti vizek kapcsolatát is vizsgálni szükséges. Ehhez fel kellett mérni a Duna vízjárásának, vízhozamának és hőmérsékletének változásait, tendenciáit, a felszín alatti vizek minőségi-, mennyiségi- és nyomásállapotát, valamint a potenciálisan érintett üzemelő- és távlati ivóvízbázisokat. Ezt követően a hatásvizsgálat elvégzéséhez szükséges, jellemző paramétereket és trendeket figyelembe véve regionális hidrodinamikai és lokális hőtranszport modellek felépítése és a kalibrált alapállapot definiálása valósult meg. A hatások értékelése és a hatások nagyságának kimutatása a „0" állapothoz, vagyis az alapállapothoz viszonyítva történt meg.

A vizsgált (modell)terület a Duna 1534-1498 fkm közötti szakaszára terjed ki, amely alapvetően síkvidéki, enyhén hullámzó felszínű táj. A terület többsége mezőgazdasági művelés alatt áll, a Duna jobb partján jelentős kiterjedésű ártér található, számos lefűzött holtággal. A bal parti térség természetes vízfolyásokban szegény és vízhiányos, míg délen a Sió-csatorna jelenti az egyetlen jelentősebb felszíni vízfolyást. A terület lehatárolása hidrogeológiai szempontok alapján történt: a felszín alatti áramlási rendszerek és a Duna közötti kapcsolat határozza meg a vizsgálati mélységet és kiterjedést. Vízföldtani szempontból a terület több sekély porózus víztesthez kapcsolódik, amelyek egy összefüggő regionális talajvízrendszert alkotnak. A Duna-völgy talajvize közvetlen kapcsolatban áll a mezőföldi magasabb fekvésű beszivárgási területekkel, amelyek biztosítják az utánpótlást. A szivárgáshidraulikai paraméterek meghatározása a kutak rétegsorai, próbaszivattyúzások, fedett földtani térképek és szakirodalmi adatok alapján történt. A vizsgált területen több sekély porózus víztest található: sp.1.10.1, sp.1.10.2, sp.1.15.2., melyek mennyiségi állapota több víztest esetében gyenge, elsősorban vízmérleg és FAVÖKO miatt, kémiai állapotukat tekintve jó állapotú, kivéve az sp.1.10.1 víztestet, mely (NO_3^- miatt) gyenge minősítésű. A monitoring rendszer kiterjedt a telephelyi, partiszűrésű, törzshálózati és vízmű kutakra egyaránt. A monitoring eredmények a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletben foglalt (B szennyezettségi), valamint az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 5/2023. (I. 12.) Korm. rendeletben foglalt határértékek alapján kerültek értékelésre. Néhány esetben volt tapasztalható határérték túllépés (szulfát, toxikológia, bakteriológia szempontjából), melyek jellemzően árvízi állapot miatt történtek. A monitoring rendszer folyamatos mérési adatai nem utalnak olyan, az atomerőmű hatására visszavezethető jelenségre, amely az üzemeltetési időszakban a felszín alatti vizek növekvő minőségromlásához vezetett volna. A vízkémiai, mikrobiológiai és toxikológiai vizsgálatok csak a természetes szezonális változásokat mutatják. A mederszondák vízmintáiban rendkívül kis egyedszámban talált egysejtűek, algák, illetve azok vázai, valamint a helyszíni hidrogeológiai mérések, elsősorban az oldott oxigén mérés azt mutatják, hogy a mederszondák környezetében érvényesülő természetes szűrőhatás megfelelő.

A regionális modellen belül a hatásvizsgálat megfelelő minőségű elvégzéséhez kisebb kiterjedésű, nagyobb felbontású, részletesebb modellterületek kerültek vizsgálatra, melyek peremfeltételeit egyrészt a regionális modell eredményei, másrészt a felszíni vizekre gyakorolt hatások vizsgálatának eredményei alapján kerültek meghatározásra:

- Csámpa-pusztai vízbázis környezete,
- Gerjen-észak távlati vízbázis környezete,
- Kalocsa-Fadd üzemelő ivóvízbázis környezete,
- tervezett alternatív melegvíz-csatorna környezete.

A felső pannóniai korú vízadókból termelő Csámpa-pusztai vízbázis utóbbi években (2013-2024) kitermelt vízmennyiségében nagyságrendi változás nem történt, a legnagyobb termeléshez tartozó üzemi vízszint maximum 10 méteres depressziót okoz. A numerikus hidrodinamikai modelleredmények kimutatták, hogy a vízbázis termelése nem okoz akkora vertikális áramlási irány változást, mely a felszín közeli vízadókra jelentős hatással lenne, így a Paksi Atomerőmű üzemelése sem jelent negatív hatást az ivóvízbázisra vonatkozóan.

A hőtranszport vizsgálat a pleisztocén-holocén porózus üledékekben lehet jelentős. A hőtranszport modellezése (MODFLOW-MT3DMS) alapján elmondható, hogy a finomszemcsés homokos összletben a hőmérséklet-emelkedés max. 3°C, a kavicsos összletben max. 0,5°C, a Duna alatti rétegekben 1-1,8°C anomália alakulhat ki kisvíz idején. A parti szűrésű vízkivételek

szerepe jelentős. Lokálisan növelhetik vagy csökkenthetik a hőmérsékletet, de a kutakban mért hatás 0,05-0,3°C közötti, amely a méréshatáron belül mozog, a felszín alatti vízadók erős hőpufferként működnek, a hőterhelés diffúzió és a háttér felől érkező hideg vizekkel történő keveredés miatt fokozatosan lecseng.

4.4.2.1. Az atomerőmű normál üzemelésének jelenlegi hatásai

A Csámpa-pusztai vízbázis üzemelésére sem a 2013-2018 közötti időszakban, sem a 2024-es évben nem volt negatív hatással a Paksi Atomerőmű üzemelése.

A Gerjen-északi távlati vízbázis kapcsán az időben változó hőmérsékletek bemutatása helyett a január és augusztus végi hőmérsékletek átlagértékei kerültek bemutatásra, amik indikatív hőmérsékleti átlagnak kerültek elnevezésre, minthogy a legalacsonyabb és legmagasabb hőmérsékletek teraszrétegre vonatkoztatott átlagértékét jeleníti meg. Ez az átlaghelyzet ugyanakkor valójában a teraszréteg egyetlen időpillanatára sem jellemző a „hőmérsékleti hiszterézis" miatt, mivel a lehűlés és a visszamelegedés során kismértékben eltérő hőmérsékleti mintázatok alakulnak ki. Valamennyi számítás esetén a felszíni vizekre gyakorolt hatások vizsgálata során elvégzett hőmérséklet-eloszlás számítások eredményei kerültek kezdeti feltételként felhasználásra. Összességében jól mutatja a januári és augusztusi állapot különbségtérképe, hogy a melegedés mértéke majdnem független a Duna hőmérséklettől, az átlaghőmérséklettől leginkább eltérő hőmérsékletek a folyó felőli utánpótlódással érintett térrészre gyakorolnak hatást, aminek mértéke még éppen kimutatható, de semleges.

A Kalocsa térségi vízbázisra gyakorolt hatások vizsgálata kapcsán fontos megjegyezni, hogy az atomerőmű felmelegedett hűtővíz visszavezetéséből kialakuló hőcsóva a Duna jobb partja mentén húzódik, a vízbázis pedig a bal part mentén található. Tekintettel a magas kutankénti hozamokra, melyek elérik az átlagosan 2100 m^3/d hozamot, a parti szűrésű vízmű kútjai nemcsak a bal part közeléből, hanem a jobbparti hőcsóva alatti térségből is utánpótlódnak. Mindezek miatt a csóva alatti térrészben jobban megemelkedik a vízadó teraszréteg hőmérséklete, mint a bal part térségében, miközben a kutak felé haladva részben a bejutó hőcsóva hőtartalma dissziplálódik, részben egyre nagyobb keveredés következik be a kutakhoz közeledve. Az említettek miatt a közepes vízhozam esetében jellemzően maximálisan 0,15°C, kis vízhozam esetén 0,3-0,4°C hőmérsékletemelkedés következik be. A Duna medre alatt a hőcsóva alatti térrészben KÖQ (2300 m^3/s) esetén 1-1,2°C KQ esetén (910 m^3/s) 1,5-1,8°C hőmérséklet-emelkedés volt számítható, mely hatás elviselhető mértékű.

A 15 napig tartó 32ºC-os Duna víz felszín alatti vizekre gyakorolt hatásvizsgálata is numerikus hőtranszport-számításokkal történt. A modellek a felszíni vizekre gyakorolt hatások vizsgálatát tartalmazó *3. mellékletben* bemutatott hőmérsékleti mintázatot követik. A Gerjen Északi vízbázis esetében a jobb part mentén elhúzódó csóva 32°C-os hőmérsékletig emelt hőmérsékletű vize táplálja a part mentén a jövőben telepíteni szándékozott kutakat. A számítások azt mutatták, hogy a partmenti zónában a csóva alatt kb. 0,1-0,2°C hőmérsékletemelkedést okoz, ami már a kutak felé néhányszor 10 m-en belül eltűnik, gyakorlatilag észrevehetetlenné válik. A kutakban a vízhőmérséklet változás 0,001°C alatti, azaz a számításokban kimutathatatlanná válik. A bemutatott hőmérséklet-emelkedést modellezéstechnikai okokból 15 nap helyett 4 hétig tartó hatásokkal kerültek számításra, ilyen módon a számított hatások túlbecsültek. A Foktő-Barákai vízbázis a Duna bal partján üzemel, a hőcsóva érdemi része pedig a jobb part mentén húzódik alvízi irányba. A számítások ebben az esetben is 4 hetes hatóidőszakra kerültek elvégzésre. A számítások során a 32°C-os és a 30°C-os maximális hőmérséklet esetén azonos hőmérséklet adódott a számítás 0,001°C pontosságán belül. Ezek alapján kijelenthető, hogy a 32°C Duna víz hőmérséklet 15 napos időszakra történő engedélyezésének semmilyen érdemi hatása nincs a felszín alatti vizekre. Ha a 32°C-os hőmérsékletterhelés rövidebb ideig tart, a hatás is kisebb, tehát a terhelő hatás a bemutatottnál is kisebb. A kis beszivárgási sebességek miatt a talajvízadóra gyakorolt hatások kimutathatatlanul kicsik.

4.4.2.2. Az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer üzemeltetésének hatásai

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása előkészítésének részeként tervezett átalakítások keretében a meglévő melegvíz-csatornából kiágazó alternatív melegvíz-csatorna szakasz és ahhoz kapcsolódó csúcshűtő rendszer kerül kialakításra. Alapkoncepcióként egy új csatornaszakasz létesül, ezáltal új dunai vízbevezetési pont jön létre a meglévő alatt, attól déli irányban. Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a csúcshűtő rendszer üzemeltetésével lehetővé válik az erőműből visszavezetett hűtővíz hőmérsékletének a csökkentésével a Duna hőterhelésének csökkentése. Mivel a hatások a Duna hozamának csökkenésével növekednek, ezért a jövőbeli KQ hozamok (790 m^3/s) esetén a legnagyobbak a változások, ezért ezen esetek kerültek vizsgálatra a hőtranszportmodellezések során.

A Gerjen-Északi távlati vízbázis a Duna jobb partján a hőcsóva közelében települ. A tervek szerint, jellemzően 2-3, de egyes térségekben akár 7°C-ot is elérő hőmérsékletcsökkenés a vízbázis termelőkútjai által kiváltott folyó felőli utánpótlódási hőmérsékleteket is jelentősen megváltoztatja, csökkenti. Mindezek miatt az alapállapot-vizsgálatnál bemutatottakhoz képest mind a felszín alatti vízadóra gyakorolt hatások, mind a kutakban megjelenő vízhőmérsékletek erősen csökkennek. Mivel a korábbi hatások is kimutatható nagyságú, de elfogadható mértékűként kerültek megítélésre, ezért az alapállapot-vizsgálatnál bemutatott hőmérséklet emelkedések – külön erre végzett számítások nélkül – becsülten 55-60%-át jelentő – az alternatív melegvíz-csatorna üzemelése esetén bekövetkező hőmérséklet-változások is kimutatható nagyságúak, de elfogadható mértékűek.

A (Kalocsa) Foktő-Baráka vízbázis a Duna bal partján a hőcsóvától távolabb, de még a kutak utánpótlódási zónáján belül települ, ezért a bemutatott, jellemzően 2-3, de egyes térségekben akár 7°C-ot is elérő hőmérsékletcsökkenés a vízbázis termelőkútjai által kiváltott folyó felőli utánpótlódási hőmérsékleteket is kisebb mértékben megváltoztatja, csökkenti. Mindezek miatt az alapállapot-vizsgálatnál bemutatottakhoz képest mind a felszín alatti vízadóra gyakorolt hatások, mind a kutakban megjelenő vízhőmérsékletek enyhén csökkennek. Mivel a korábbi hatások is kimutatható nagyságú, de elfogadható mértékűként kerültek megítélésre, ezért az alapállapot-vizsgálatnál bemutatott hőmérséklet emelkedések – külön erre végzett számítások nélkül – becsülten 90%-át jelentő, azaz 10%-kal csökkenő – az alternatív melegvíz-csatorna üzemelése esetén bekövetkező hőmérséklet-változások is kimutatható nagyságúak, de elfogadható mértékűek.

A hőmérséklet alakulása hőtranszportmodellel került számításra a meglévő és az alternatív melegvíz-csatorna szakasz közelében, ami azt mutatta, hogy közvetlenül a csatornák alatt kimutatható, de csak néhány tized °C-os éves átlagos hőmérsékletnövekedés valószínűsíthető, miközben ennek hatása a teraszrétegre már elhanyagolható (maximálisan 0,1-0,15°C körüli). Összeségében a hatások semlegesnek tekinthetők még többszörösen konzervatív feltételezések mellett is.

4.4.2.3. A további üzemidő-hosszabbítás hatásai

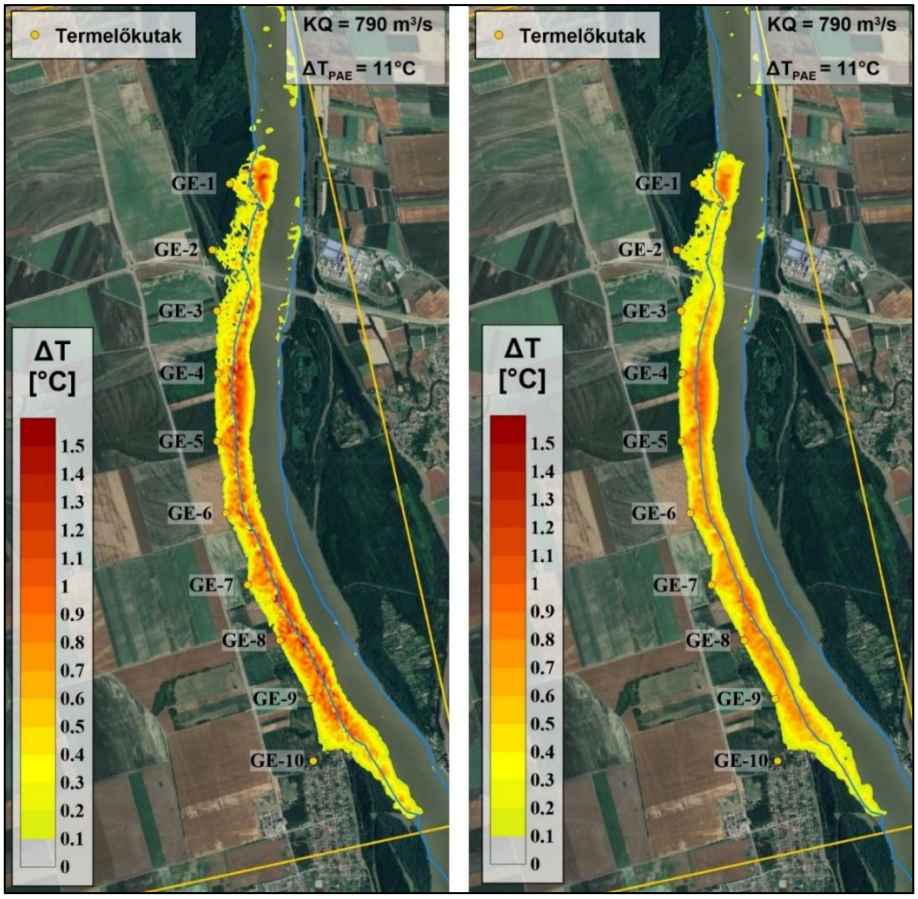
A Paksi Atomerőmű jelenlegi üzemeltetése mellett fennálló állapotok az üzemidő-hosszabbítás miatt a Csámpa vízbázis üzemeltetését érintően nem okoznak változást. Az alapállapot-vizsgálat során (2024-es állapotok) ismertetett állapotok fennmaradnak. A modellezési számítások bizonyították, hogy a vízbázis kútjai körül kialakuló depressziós tér nem éri el a felszínt, vagyis az ivóvizet tároló rétegek nem veszélyeztetettek a felszíni szennyeződések által. A telephelyi szennyeződések nem érhetik el a Csámpa-pusztai vízbázis kútjait, mert:

- a megnövelt termelés hatásának felszíni metszete nincs,
- az utánpótlódási terület a nem az erőmű telephely irányába mutat, épp ellenkezőleg, a vízbázis kútjaihoz nyugat- északnyugat irányból áramlik a víz.

A Paksi Atomerőmű jelenlegi üzemeltetése mellett fennálló állapotok a további üzemidő-hosszabbítás miatt a Gerjen Északi távlati vízbázisra gyakorolt hatások tekintetében nem okoznak változást. A számítások azért kerültek elvégzésre egy összesen 30 éves, azaz kellően hosszú időszakra, hogy egy megközelítőleg egyensúlyi állapot alakuljon ki a beszivárgó

magasabb és a teraszrétegben található alacsonyabb hőmérsékletű zóna között. Mivel a Gerjen-Északi térség a hatásoknak leginkább kitett térség, a hőterjedési számítások elérték a kvázi-permanens állapotot, és a vizsgált KQ=790 m^3/s eset a legnagyobb hőmérsékleti hatással járó helyzet, kijelenthető, hogy a vízműkutakra gyakorolt hőmérsékleti hatások az itt bemutatott helyzetnél nagyobbak nem lehetnek, részben a nagyobb hozamok, részben a kisebb hőterhelések okán. Az a tény, hogy a hőmérsékleti mintázatok különbségeinek eltéréseit (különbségek különbségei) kellett ahhoz vizsgálni, hogy trendszerű eltéréseket állapítsunk meg, arra utal, hogy a hatások abszolút értékben – bár kimutathatóak, de – kicsik, azok eltérései a vizsgált esetek során is gyakorlati szempontból mind mintázat, mind nagyság tekintetében azonosak, amit az is mutat, hogy a két esetben (Paksi Atomerőmű, illetve Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes üzeme, dT=11°C, jövőbeli KQ Dunahozam esetén) egymáshoz hasonló tartományba eső kútba belépő vízhőmérsékleteket eredményezett.

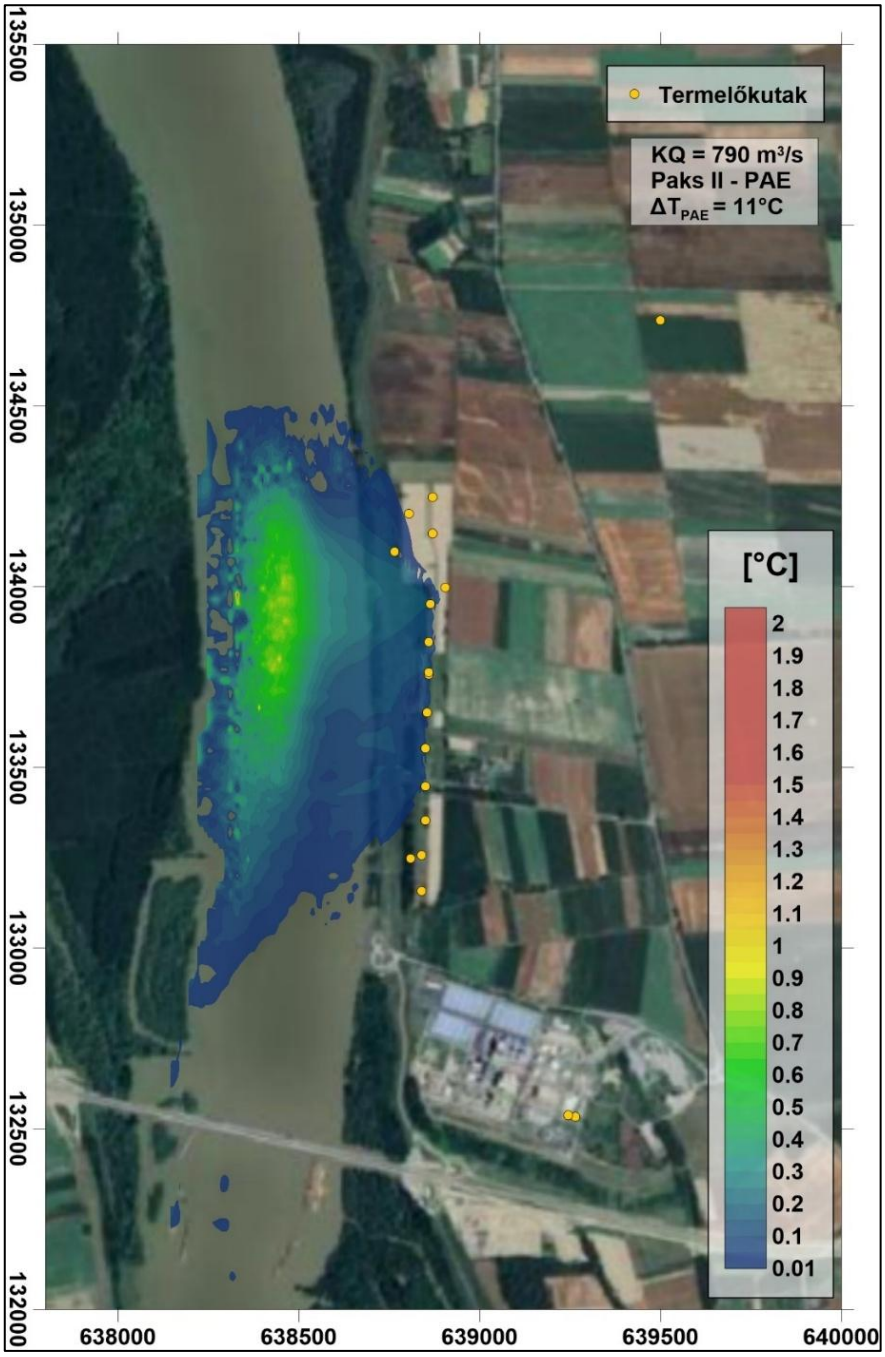
A Foktő-Barákai vízbázis kútjai ugyanakkor a bal parton találhatóak, azonban az egyes kutak magas, akár 2000 m^3/d-ot is meghaladó termelése miatt nemcsak a balparti partmenti zónából, hanem a sodorvonalon túli területekről is kap utánpótlódást. Mindezek miatt a Paks II. üzeme miatt megemelkedett hőmérsékletű, jobbparti csóva is részt vesz a kutak vizének utánpótlásában. Mindez hőmérséklet-emelkedést okoz mind a teraszrétegben, mind a kútkörnyezetben is. A felszíni vizekre gyakorolt hatások *3. mellékletben* bemutatott Paks II. és Paksi Atomerőmű termelésekre jövőbeli KÖQ és KQ Duna hozamokra megadott hőmérséklet eloszlás felhasználásával került számításra a teraszrétegre gyakorolt hatások mértéke. KQ = 790 m^3/s Duna vízhozam esetén a csóva alatti mederüledékben a maximális hőmérséklet-emelkedés 1-1,5°C, míg a balparti partközeli zónában 0,1-0,4°C (*4.4.2.3-1. ábra*). A kutak térségében a hőmérsékletemelkedések hatása 0,1-0,05°C alá csökkent. Összességében az állapítható meg, hogy Paks II. üzembe lépése nem hat a balparti víztermelésre és a balparti zónában található parti szűrésű vízkészletekre sem.



4.4.2.3-1. ábra: A Paks II. hőterhelése okozta hőmérséklet-változás a vízadó felső és alsó zónájában a legmelegebb időszak végén (augusztus 31.) KQ = 790 m^3/s hozam esetén

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemelésének talajvízre gyakorolt hőhatása kapcsán összeségében megállapítható, hogy a hatások elhanyagolhatóak még többszörösen konzervatív feltételezések mellett is. Az is látható, hogy az egyes melegvíz-csatornák és csatornarészek hatásai közvetlenül a felszín alatt, pusztán az aktuálisan üzemelő csatornaszakasz térségére kimutatható, kismértékű, 0,5°C alatti, de jellemzően 0,3°C alatti hőmérsékletemelkedési hatással (*4.4.2.3-2. ábra*).

A teraszrétegben ez a hatás tovább csökken így bár ezeknek a hatásoknak a szuperpozíciója, egymásra épülése figyelhető meg, de ez az összegződés annyira kicsi, maximálisan 0,2°C körüli hőmérsékleteken történik, hogy a kialakuló egymásra épült hatás is elhanyagolhatónak tekinthető. Mindez egyben azt is jelenti, hogy az egyes melegvíz-csatornáknak különálló hatóterületük van, azaz a hatásokat külön-külön és együttesen is egyszerű összegzéssel meg lehet határozni.



4.4.2.3-2. ábra: A Paks II. üzemelését követően kialakuló többlet hőterhelések hőmérséklet-növelő hatása a Foktő-Barákai vízbázis térségére és kútjaira KÖQ=2300 m³/s esetén

4.5. Az élővilágra és ökoszisztémára gyakorolt hatások

Az élővilágra és ökoszisztémára vonatkozóan vizsgálatra került a jelenleg működő atomerőművi blokkok eddigi üzemelése, illetve, hogy az üzemeléshez kapcsolódóan az elmúlt időszakban jelentkező hatótényezők összessége az élővilágra mint környezeti elemre milyen jellegű és milyen mértékű hatást gyakorolt, valamint ezek a hatások milyen hatásterületen érvényesültek. Ezen kívül az elmúlt időszakra vonatkozó hatásértékelés eredményei, következtetései alapján objektíven értékelésre kerültek a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának időszakában az élővilágra, a hatásterületen található életközösségekre várhatóan gyakorolt hatások.

A hatásértékelés egyrészt a jelen környezeti hatástanulmány készítését megalapozó aktuális biomonitoring vizsgálatok eredményeire, mint a jelenlegi állapotot jellemző, meghatározó eredményekre, másrészt a Paksi Atomerőmű üzemelésének korábbi időszakában elvégzett felmérések nyomán rendelkezésre álló adatokra és információkra támaszkodik.

A Paksi Atomerőmű létesítését közvetlenül megelőző időszakra (1970-es évek vége, 1980-as évek eleje) vonatkozóan nem állnak rendelkezésre részletes, az élővilágra vonatkozó vizsgálati eredmények, így a Paksi Atomerőmű előző üzemidő-hosszabbításának és teljesítmény-növelésének környezetvédelmi és vízjogi engedélyezéséhez kapcsolódó telephely jellemzési program (2001-2004), valamint az új atomerőművi blokkok (Paks II.) környezetvédelmi engedélyeztetéséhez szükséges környezeti hatásvizsgálat elvégzését megalapozó minta értékű biomonitoring vizsgálatok (2011-2012) eredményeire lehetett támaszkodni, mint a hatásterületen található életközösségek korábbi állapotát jellemző, meghatározó eredményekre.

Az elvégzett vizsgálat alapkoncepciója az élőlénycsoportonként történő összehasonlítás volt, melynek során a korábbi, 2001-2004-es és 2011-2012-es felmérési eredmények összehasonlító elemzése történt meg az aktuális, 2024-2025-ös vizsgálati eredményekkel.

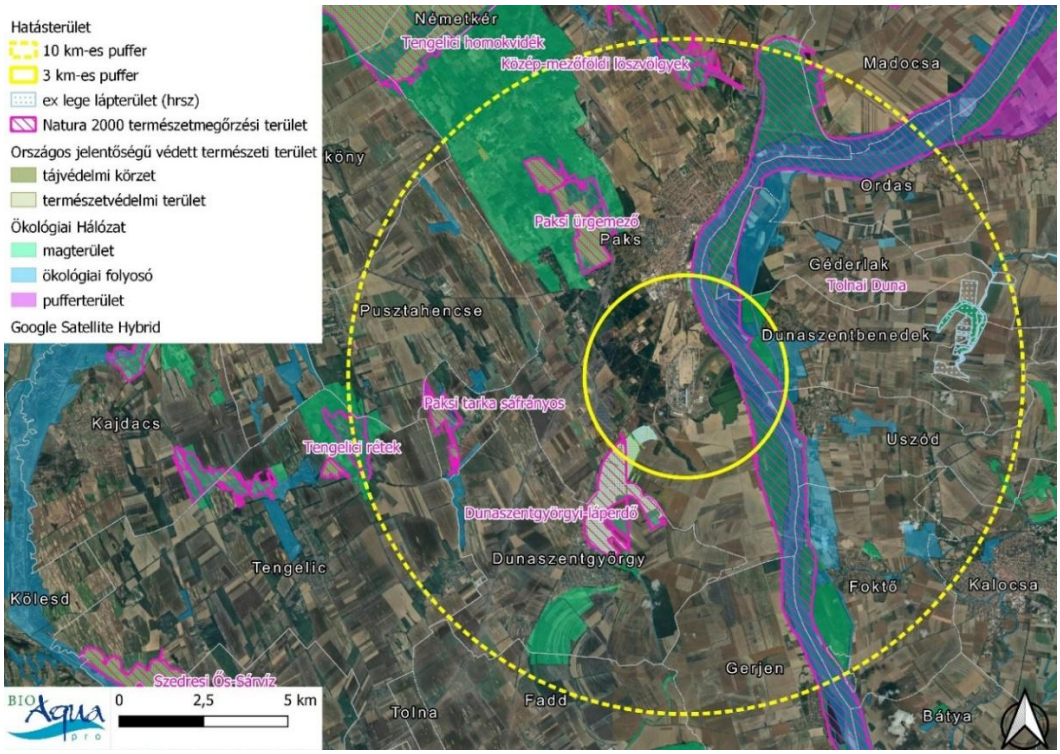
Elsősorban a korábbi állapotra és az aktuális állapotra vonatkozó összehasonlító elemzés eredményeiből (állapotváltozás-értékelés), illetve a két időszakban készült dokumentációk hatásértékelő fejezetrészeiben foglaltakból kerültek levonásra következtetések arra vonatkozóan, hogy milyen jellegű és erősségű hatások várhatók az élővilágra, a hatásterületen található életközösségekre a további üzemidő-hosszabbítás időszakában. A hatásértékelés során külön kerültek értékelésre a várható hatások abban az esetben, ha a Paksi Atomerőmű és a Paks II. együtt üzemel, hiszen ezesetben a potenciális hatások kumulálódhatnak. Külön kerültek értékelésre a havária események hatásai, továbbá az olyan országhatáron átterjedő környezeti hatások, amelyek bekövetkezésének van értékelhető, számottevő valószínűsége.

A környezetvédelmi hatóság előzetes konzultációt lezáró véleményében természetvédelmi intézkedési terv kidolgozását kérte arra az esetre, ha a tovább üzemelés során a közvetlen hatásterület élővilágában drasztikus változás következne be (pl. dunai halpusztulás). Természetvédelmi intézkedési terv készítése abban az esetben indokolt, ha az erőmű üzemeléséhez kapcsolódóan jelentős károsító hatás következtében valamely természetvédelmi szempontból jelentős faj vagy élőhely esetében számottevő pusztulás, degradáció észlelhető. Az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódóan ilyen esemény eddig nem következett be. Az atomerőmű környezeti kibocsátásait illetően a TÜH időszakban nem várható változás, így a továbbiakban sem merülhet fel olyan – a meglévő szabályozás alkalmazásával nem kezelhető – rendkívüli esemény, amely természetvédelmi intézkedési terv kidolgozását szükségessé tenné.

4.5.1. A vizsgálati terület és a vizsgálati időszak

A vizsgálatokkal érintett terület az atomerőmű telephelyének súlypontja köré rajzolt 10 km-es sugarú kör volt. Ezen belül a vizsgálati terület két részre lett osztva, a telephely körüli 3 km sugarú körben történtek a részletesebb biológiai felmérések, hiszen az erőmű üzemeléséhez kapcsolódó legtöbb, élővilágra is potenciális hatást gyakorló hatótényező esetében a hatástávolság az eddigi vizsgálatok alapján 3 km, vagy ettől kisebb. A 3 km sugarú körön kívül és a 10 km-es körön belül, az ott található Natura 2000 területek jelölő fajaira és élőhelytípusaira vonatkozó terepi felmérések zajlottak. Az adatgyűjtés fő célja a potenciális élővilágvédelmi hatásterületen (10 km

sugarú kör) található Tolnai Duna Natura 2000 területre releváns Natura 2000 hatásbecslési dokumentáció készítésének megalapozása volt. A vizsgálati terület lehatárolását a *4.5.1-1. ábra* szemlélteti.



4.5.1-1. ábra: Az atomerőmű telephelyének vizsgálati területként lehatárolható 3 km-es és 10 km-es körzete, valamint az érintett területen található természetvédelmi területek
(Natura 2000 terület, országos jelentőségű védett természeti területek, ex lege területek, Nemzeti Ökológiai Hálózathoz tartozó területek)

A fent részletezett vizsgálati területre vonatkozóan a *4.5.1-1. táblázatban* felsorolt terepi biológiai felmérések elvégzésére került sor a környezeti hatásvizsgálatot megalapozó vizsgálat-sorozat keretében. A vizsgálatok 2024 májusa és 2025 márciusa között zajlottak.

4.5.1-1. táblázat: A vizsgálati területen felmért élőlénycsoportok

Vizsgált csoport	3 km sugarú körben végzett vizsgálatok	10 km sugarú körben végzett vizsgálatok
Botanikai vizsgálatok (Á-NÉR térkép készítése)	X	–
Botanikai vizsgálatok (természetvédelmi oltalom alatt álló növényfajok felmérése)	X	–
Botanikai vizsgálatok (jelölő növényfajok és élőhelyek felmérése)	–	X
Makroszkopikus vízi gerinctelen szervezetek	X	X
Szitakötők és természetvédelmi szempontból jelentős makroszkopikus vízi gerinctelenek	X	X
Halak	X	X
Egyenesszárnyúak	X	X
Lepkék	X	X
Talajfelszíni ízeltlábúak	X	–
Szaproxilofág bogarak	–	X
Kétéltűek és hüllők	X	X
Madarak	X	–
Denevérek	X	X
Egyéb emlősök	X	X

4.5.2. A környezet további üzemidő-hosszabbítást megelőző állapotának összefoglaló értékelése

Az élővilág mint környezeti elem az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítását megelőző állapota a vizsgált élőlénycsoportok eredményein keresztül a *6. mellékletben* került bemutatásra. A szárazföldi és a vízi életközösség fajegyütteseinek részletes vizsgálata egyaránt megtörtént. A korábbi évek és a 2024-2025 évi felmérések összevetése azt mutatja, hogy élővilág tekintetében – a szárazföldi élővilágot összehasonlítva a vízi élővilággal – a kiemelt hatásviselő a Duna életközössége. Ennek okán a jelen fejezetben kifejezetten csak a vízi élővilág összefoglaló értékelése történik meg.

A vízi élővilág vizsgálata kiterjedt a vízi makroszkópikus gerinctelen- és a halfajegyüttesre is. A vízi makrogerinctelen-fajegyüttesen belül 12 nagyobb élőlénycsoportra terjedtek ki a vizsgálatok. Fajszintű vizsgálatok történtek a vízicsigákra, kagylókra, piócákra, magasabb rendű rákokra, kérészekre, szitakötőkre, vízi és vízfelszíni poloskákra, álkérészekre, vízibogarakra, tegzesekre, valamint magasabb rendszertani kategóriák szintjén került sor a kevéssertéjű gyűrűsférgek és kétszárnyúak vizsgálatára.

Az összes mintában megállapított taxonszám az atomerőmű feletti és alatti mintavételi pontokon nem különbözik, és egyébként a hazai Duna-szakasz szinte teljes hosszára jellemző. A kimutatott taxonok több mint fele idegenhonos. Az idegenhonos taxonokba tartozó egyedek aránya az egyes mintákban 62-97%, az összes minta tekintetében 94%, azaz a kimutatott egyedek zöme idegenhonos taxonhoz tartozik. Ez egyébként szinte a teljes hazai Duna-szakaszra jellemző kép, oka a jövevény csiga- és magasabbrendű rák fajok kiugróan magas egyedsűrűsége – ez utóbbi csoportból őshonos faj egyáltalán nem is került kimutatásra a vizsgálatok során.

A Duna paksi szakaszán az aktuális felmérések összesen 42 halfaj jelenlétét igazolták. Ezek közül 2 faj fokozottan védett, 6 védett és 8 közösségi jelentőségű (Natura 2000) halfaj. Ugyanakkor 10 idegenhonos és inváziós faj is jelen van, ezek részaránya faj szinten 25,6%, egyedszám tekintetében 23,8%. Az eredmények a hazai alsó Duna-szakasz halközösségeire jellemző fajösszetételt tükrözik, a halközösség jelentős ökológiai-természetvédelmi értéket hordoz.

4.5.3. Az atomerőmű jelenlegi hatásai és a további üzemidő-hosszabbítás miatt várható változások

4.5.3.1. A tényleges élővilágvédelmi hatásterületek lehatárolásának módszertani megközelítése

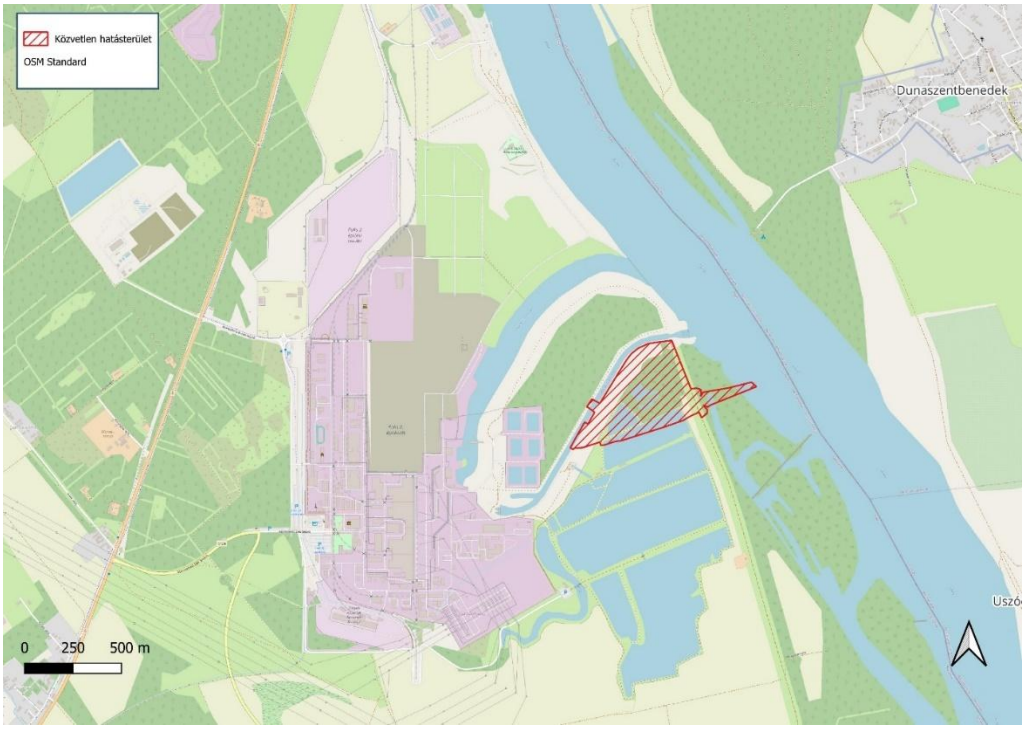
Az élővilágvédelmi hatásterület lehatárolása során a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 7. számú mellékletében foglalt követelmények kerültek alkalmazásra. A lehatárolás alapját az élővilágra potenciálisan hatást gyakorló egyes hatótényezők azonosítása, térbeli kiterjedésének meghatározása, hatásmechanizmusa, időbelisége, valamint az érintett potenciálisan hatásviselő élőlénycsoportok érzékenysége és ökológiai sajátosságai képezték.

4.5.3.2. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítése keretében végzett építési munkák élővilágvédelmi hatásterülete

Számottevő környezeti hatással járó építési tevékenységre a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának előkészítéséhez és azt követő üzemeléséhez kapcsolódóan az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a hozzá kapcsolódó csúcshűtő rendszer, illetve az egyéb kapcsolódó létesítmények (pl. műtárgyak, csővezetékek, villamos berendezések) kivitelezése során kerül sor.

Az élővilág szempontjából az építési fázis közvetett hatásterületéhez (*4.5.4.2-1. ábra*) sorolhatók azok a területek, ahol az építési munkálatok hatásai nem közvetlenül fizikai értelemben (pl. területfoglalás), hanem közvetve, más környezeti elemre (pl. levegőre, felszín alatti vagy felszíni vízre) gyakorolt hatáson keresztül érzékelhetően befolyásolják az élővilág valamelyik alkotóelemének (az élővilágot alkotó fajok egyedei, állományai) életfolyamatait, viselkedését,

ezáltal befolyásolják az adott területen a faj állományának alakulását (pl. reprodukciós ráta, ezen keresztül pedig a populációméret).



4.5.3.2-1. ábra: Az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer építési munkáinak közvetlen élővilágvédelmi hatásterülete

Az élővilágra gyakorolt várható közvetett hatások megítélése összetett kérdés, mert az egyes fajok eltérő érzékenységet mutatnak a különböző környezeti hatásokra. Legtöbb ténylegesen alkalmazható gyakorlati tapasztalattal a gerincesekre, azon belül is elsősorban a madarakra vonatkozóan állnak rendelkezésre.

A tervezett alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer építési munkafolyamataival közvetlenül érintett területhez, tehát a közvetlen élővilágvédelmi hatásterülethez legközelebb a rendelkezésre álló ornitológiai felmérések adatai szerint a vörös kánya (*Milvus milvus*), a barna kánya (*Milvus migrans*) és a rétisas (*Haliaetus albicilla*) fordul elő fészkelőként, amelyek a vizsgálati területen fészkelő többi fajnál érzékenyebbek az akusztikus és vizuális zavaró hatásokra. Az említett, jelenlegi ismereteink alapján a területen előforduló fajok közül az emberi tevékenység okozta akusztikus és vizuális zavaró hatásra leginkább érzékeny fajok közül a szakértői konszenzus alapján leginkább érzékeny faj a rétisas, így e fajra vonatkozó információkat kell alapul venni a közvetett hatásterület (*4.5.4.2-2. ábra*) meghatározása során.



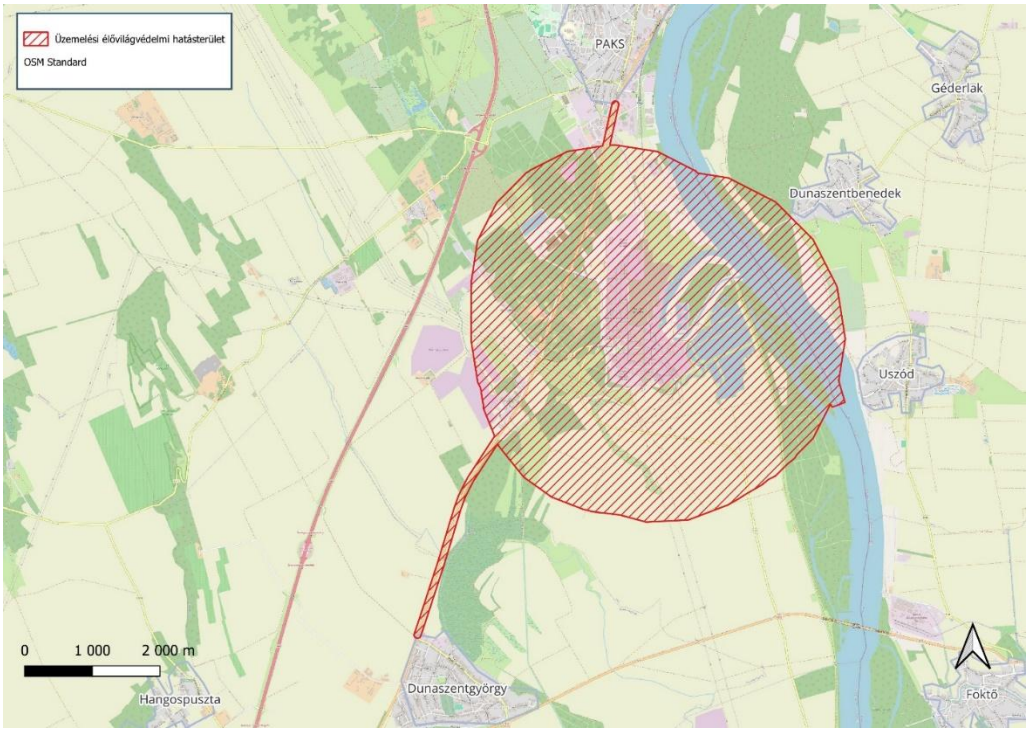
4.5.3.2-2. ábra: Az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer építési munkáinak közvetett élővilágvédelmi hatásterülete

4.5.3.3. Az üzemelés élővilágvédelmi hatásterülete a további üzemidő-hosszabbítás időszakában

Élővilágvédelmi szempontból üzemelési hatásterületként kell figyelembe venni az atomerőmű normál üzemszerű működéséhez kapcsolódóan jelentkező, az élővilágra potenciálisan hatást gyakorló hatótényezők közül azoknak az előfordulási területeit, melyek esetében a hatásértékelés során bármilyen kis mértékű értékelhető hatás detektálható vagy szakirodalmi adatok alapján valószínűsíthető. Ezek határozzák meg a hatásterületet a TÜH időszakában is.

Továbbá az üzemelés hatásterületéhez tartozik minden olyan terület, melyen a tervezett új létesítmények, jelen esetben a tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz, valamint a csúcshűtő rendszer hűtőcelláinak, illetve az egyéb kapcsolódó létesítmények megvalósításának eredményeként a jelenlegi kiindulási állapothoz képest tartósan megváltoznak az ottani életközösséget alkotó fajok előfordulási viszonyait ténylegesen befolyásoló ökológiai környezeti tényezők jellemző értékei.

Összességében a fenti hatótényezők szerinti hatásterületek alapján számított kumulatív hatásterület kiterjedését a *4.5.4.3-1. ábra* mutatja. (A Duna hőterhelése hatásainak részletes vizsgálatával a *4.3. fejezet* és a *3. melléklet* foglalkozik, ezért a hatásterületi ábra csak a szárazföldi élővilágra gyakorolt hatások hatásterületét ábrázolja.)



4.5.3.3-1. ábra: Az atomerőmű üzemelésének élővilágvédelmi hatásterülete a további üzemidő-hosszabbítás időszakában

4.5.3.4. A Paksi Atomerőmű elmúlt üzemidőszakára jellemző normál üzemelés hatásai

Az atomerőmű normál üzemeléséhez kapcsolódóan a következő hatótényezők kerültek azonosításra, melyek az élővilágra, mint környezeti elemre potenciálisan hatást gyakorolhatnak:

1. Területfoglalás, területigénybevétel az elmúlt üzemidőszak alatt – nem járt mennyiségi változással, területhasználat módosulással.
2. Szállítás (üzemeltető személyzet, üzemelés segédanyagai, eszközök, gépek, berendezések beszállítása, hulladék elszállítása, ami légszennyezéssel, zajjal, rezgéssel, zavarással jár).
3. Technológiai vízkivétel a Dunából (felszíni víz mennyiségi változása).
4. Ivóvíz kivétel a csámpai vízműből (felszín alatti víz mennyiségi változása)
5. Felmelegedett hűtővíz bevezetése a Dunába (hőterhelés, technológiai hulladékvíz miatti vízminőség változás)
6. Szennyvíz és csapadékvíz keletkezése és kezelése (mennyiségi és minőségi változás).
7. Hulladékok keletkezése, tárolása telephelyen belül, elszállítása és kezelése (hagyományos és radioaktív).
8. Az atomerőmű telephely éjszakai térvilágításából eredő fényszennyezés.
9. Üzemelés – minden egyéb terhelés, szennyezés, kibocsátás (zajhatás, az emberi jelenlétből, tevékenységből eredő vizuális zavaró hatás stb.).
10. Az elektromos légkábelek üzemeléséből eredő hatások (ütközés, áramütés okozta sérülés, elhullás, illetve az elektromos erőtér).

A Paksi Atomerőmű elmúlt üzemidőszakára jellemző normál üzemelés élővilágra gyakorolt hatásainak értékelése módszertanilag úgy történt, hogy a 2024-2025-ben keletkezett aktuális vizsgálati eredmények összehasonlításra kerültek a 2001-2004-es, valamint a 2011-2012-es felmérések eredményeivel, továbbá a Duna élővilágára vonatkozóan a rendszeres monitoring vizsgálatok adatainak rendelkezésre állása miatt az összehasonlítás egészen a 2021-es állapottal bezárólag elvégezhető volt. A vizsgált élőlénycsoportonként külön-külön elvégzett

összehasonlító elemzés eredményei alapján megállapításra került, hogy tapasztalhatók-e eltérések a korábbi állapot, illetve a 2024-2025-ös aktuális felmérések által meghatározott jelen állapot között. A következő lépésben a detektált eltérések kerültek értékelésre abból a szempontból, hogy azok ok-okozati összefüggésbe hozhatók-e azokkal a hatótényezőkkel, amelyek az atomerőmű elmúlt üzemidőszakára jellemző normál üzemelés kapcsán azonosításra kerültek és szakirodalmi adatok, illetve saját tapasztalatok alapján előzetesen az élővilágra potenciálisan hatást gyakorló hatótényezőként kerültek meghatározásra.

Az összehasonlító értékelés során megállapítható volt, hogy a vizsgált élőlénycsoportok vonatkozásában a legtöbb esetben a korábbi állapot és a jelen állapot között tapasztalt eltérések nem hozhatók összefüggésbe a Paksi Atomerőmű normál üzemeléséhez kapcsolódóan azonosított, az élővilágra potenciálisan hatást gyakorló hatótényezőkkel. A tapasztalt eltérések a legtöbb esetben más tényezőkkel, például a jellemzően a globális klímaváltozáshoz kapcsolódó szárazodással hozhatók összefüggésbe.

Az értékelés alapján megállapítható, hogy a fentiekben felsorolt az atomerőmű normál üzemeléséhez kapcsolódóan azonosított, az élővilágra potenciálisan hatást gyakorló hatótényezők közül az 1., 2., 3., 4., 6., 7. és 9. sorszámú hatótényezők esetében egyik vizsgált élőlénycsoportra vonatkozóan sem detektálhatók érzékelhető, értékelhető hatások, tehát ezeket minden vizsgált élőlénycsoport esetében semlegesek.

A 8. (az atomerőmű telephely éjszakai térvilágításából eredő fényszennyezés) és a 10. (az elektromos légkábelek üzemeléséből eredő hatások) sorszámú hatótényezők esetében állapítható meg érzékelhető, értékelhető negatív irányú hatás, de a hatás mértéke ezen hatótényezők esetében is csupán kis mértékű, elviselhető, az alkalmazott hatásminősítő rendszer szerinti kategorizálás alapján). Az 5. (felmelegedett hűtővíz bevezetése a Dunába) hatótényező esetében jelentős mértékű, terhelő hatás állapítható meg.

A hűtővíz bevezetése a Dunába a vízi makroszkópikus gerinctelen és hal élőlénycsoportok esetében releváns tényező, a Duna életközössége kiemelt hatásviselő. A vízi makroszkópikus gerinctelenek esetében a fajszámokban trendszerű változás nem volt kimutatható, de a kontroll és a felmelegedett hűtővízzel közvetlenül érintett mintavételi helyek közötti különbségek több közösségi mutatóban is statisztikailag igazolhatók voltak.

A felmelegedett hűtővíz kibocsátásával érintett helyeken a közösségek jellemzően nagyobb dominanciát, homogenizáltabb szerkezetet és magasabb egyedszámot mutatnak, miközben a fajösszetétel a meleg- és eutrófiatűrő csoportok irányába tolódik el. Az eredmények rámutattak arra is, hogy a hőterhelés ökológiai hatása nem önmagában a dunai hőlépcső nagyságával magyarázható, hanem szoros összefüggésben áll a helyi hidromorfológiai adottságokkal. A kibocsátás hatása azokon az élőhelyeken erősebb, ahol az áramlási sebesség alacsony, és a finomszemcsés aljzat dominál.

A halak esetében az ökológiai elemzések eredménye megerősíti, hogy a kibocsátással érintett területeken, mind a Duna jobb oldali ripális (part menti), mind a jobb oldali mediális (nyíltvízi) régiójában a kibocsátás következményeként megemelkedett vízhőmérséklet jelentős közösségalakító környezeti tényező, szignifikáns hatással van a halközösség struktúrájára. A fajösszetétel tekintetében nem tapasztalható eltérés, viszont az egységnyi hosszra vetített egyedszám (abundancia) értékeiben növekedés tapasztalható a hőterhelésnek leginkább kitett mederrészeken. Az elemzés eredményei alapján a bevezetési ponttól 800-1000 m távolságig vannak értékelhető mértékű, kimutatható hatások az említett hatásviselő élőlénycsoportok vonatkozásában.

A halközösség ökológiai elemzései alapján bizonyítható volt, hogy a Paksi Atomerőmű felmelegedett hűtővize statisztikai értelemben is kimutatható hatással van a halközösség szerkezetére. A hatásterületen a halak abundanciaértéke jellemzően megnő a felmelegedett víz hatására. A felmelegedett hűtővíz és a hidromorfológiai tényezők – kiemelten az aljzatösszetételt, vízsebességet, mélységet – együttesen alakítják a közösség szerkezetét, így a hidromorfológiai adottságok változásai jelentősebben befolyásolják a meleg víz halközösségek szempontjából kimutatható hatását. Az abundancianövekedés a homogénebb, kövezéses aljzatú területeken kifejezettebb. A Paksi Atomerőmű hatása a ripális és a mediális régióban egymással összemérhető. A kibocsátás hatása térben nem állandó, az grádiens-szerűen csökken.

A hőterhelés kimutatható hatása szezonálisan is változik, továbbá az alacsony vízállás a hőterhelés hatását felerősíti.

A Paksi Atomerőmű fényszennyezése a lepke, madár és denevér élőlénycsoportok esetében releváns tényező. A lepkék esetében a tapasztalt eltérések a terepi tapasztalatok és az elvégzett adatelemzések alapján alapvetően nem a fényszennyezés hatásának tulajdoníthatók, mivel az eltérő szerkezetű élőhelyeken végzett mintavételek során kapott különbségeket elsősorban az eltérő környezeti adottságok (pl. vegetáció összetétele és szerkezete) magyarázzák, melyek minden valószínűség szerint elfedik a fényszennyezés, ettől mindenképpen jóval csekélyebb mértékű hatásait. Ugyanakkor a vonatkozó szakirodalom alapján kis mértékű kedvezőtlen hatások valószínűsíthetők, melyek elsősorban abból adódnak, hogy főleg az éjszakai lepkék az erős éjszakai fényforrások felé repülnek (pozitív fototaxis), így a mesterséges éjszakai fényforrások vonzzák őket. A kis mértékű kedvezőtlen hatás elviselhető. A madárközösség esetében a fényszennyezés becsült hatásai nem tekinthetők jelentősnek, a hatótényező volumene, vagyis a Paksi Atomerőmű fényszennyezésének direkt hatása, annak kis kiterjedése miatt inkább csak lokális. A denevérek esetében az atomerőmű környezetében jelen lévő fényszennyezés nem a denevérfauna teljes eltűnését okozza, hanem a fajösszetétel és az aktivitás térbeli átrendeződését eredményezi, amely elsősorban a fénykerülő, zárt élőhelyekhez kötődő fajokat érinti kedvezőtlenül. E fajok észlelési gyakorisága a számottevő mértékű fényszennyezéssel jellemezhető erőművi telephelyen és annak közvetlen környezetében alacsonyabb, mint attól távolodva. A kedvezőtlen hatás a térség denevér-fajegyütteseire elviselhető.

Az elektromos légkábelek üzemeléséből eredő hatások a madárközösség esetében releváns tényezők. Ugyanakkor az élőlénycsoport esetében megállapítható, hogy a vizsgálati területen a fészkelő és táplálkozó madárközösségre gyakorolt hatások a „légkábeleknek ütközés és az elektromos áramütés okozta sérülés és elhullás”, továbbá az „elektromos légkábelek elektromos mezőjének hatása” vonatkozásában sem volt szembetűnő, az erőmű működéséből kifolyólag jelentős negatív hatásról nem beszélhetünk, annak hatása elviselhető mértékű.

4.5.3.5. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítésének várható hatásai

A TÜH előkészítéséhez kapcsolódóan a következő, jellemzően építési tevékenységekhez kapcsolódó hatótényezők kerültek azonosításra, melyek az élővilágra, mint környezeti elemre potenciálisan hatást gyakorolhatnak:

1. Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a kapcsolódó szivattyútelep, valamint a csúcshűtő rendszer hűtőcelláinak, illetve az egyéb kapcsolódó létesítmények kivitelezéséhez szükséges területfoglalás, a kivitelezési munkafolyamatokhoz kapcsolódó munkaterület igénybevétel, melyek közvetlen fizikai hatásokat jelentenek.
2. Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a kapcsolódó szivattyútelep, valamint a csúcshűtő rendszer hűtőcelláinak, illetve az egyéb kapcsolódó létesítmények kivitelezési munkálatainak közvetett hatásait kiváltó hatótényezői, így a kivitelezési munkafolyamatokból eredő légszennyezőanyag-kibocsátás, zajkibocsátás, illetve a kivitelezést végző személyek, munkagépek jelenlétéből, mozgásából adódó vizuális zavarás.

Az értékelés alapján megállapítható, hogy a fentiekben felsorolt, a TÜH előkészítéséhez kapcsolódóan azonosított, az élővilágra potenciálisan hatást kiváltó hatótényezők esetében egyik vizsgált élőlénycsoportra vonatkozóan sem detektálhatók jelentős negatív hatások. Bár lokálisan a beavatkozások érintik a tervezett létesítmények helyfoglalásával és a kivitelezéshez szükséges munkaterület igénybevétellel érintett területen található élőhelyeket, a vizsgált élőlény-csoportoknak ezen élőhelyekhez kötődő állomány-részeit, az érintett élőhelyek állapotát, kiterjedését és a hozzájuk kötődő fajegyüttesek összetételét figyelembe véve a várható hatások minden vizsgált élőlénycsoport esetében elviselhető mértékűek. Ez azzal indokolható, hogy azok nem indukálnak tartós, visszafordíthatatlan változásokat a hatásviselő fajoknak a térségben élő populációi vonatkozásában.

A tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz nyomvonala érinti a Paks II. Atomerőmű építési munkákhoz kapcsolódóan kijelölt déli menedék területét is. Erre a területre kerültek áttelepítésre a védett állatok a hideg- és melegvíz csatornák közötti területről („sziget"). A kijelölt menedék területre 2019-től kezdődően többféle odú került kihelyezésre. Az első évben B típusú madár költőodúkat és denevérodúkat, majd 2020-tól D típusú költőodúkat, bagolyládát, vércse költőládát is telepítettek. Mivel a menedék terület az alternatív melegvíz-csatorna építési területébe esik, és ebben a formában az megsemmisül, olyan új menedékterület kijelölésére kerül sor, amely az eredeti közelében található, hasonló méretű és hasonló élőhelyei adottságokkal rendelkezik. Az új menedékterületre legalább az eredetileg telepített mennyiséggel azonos odútípusok és ládatípusok kerülnek kihelyezésre.

4.5.3.6. A további üzemidő-hosszabbítás miatt várható hatások

A Paksi Atomerőmű önálló üzemelése

A TÜH időszakára vonatkozóan is azonosításra kerültek azok a hatótényezők, amelyek az élővilágra, mint környezeti elemre potenciálisan hatást gyakorolhatnak. A TÜH időszak hatótényezői alapvetően megegyeznek az atomerőmű elmúlt üzemidőszakára jellemző, korábban nevesített 10 hatótényezővel, abban az esetben is, amikor a Paksi Atomerőmű önállóan üzemel, és abban az esetben is, amikor a Paksi Atomerőmű a Paks II. Atomerőművel együtt üzemel. Az együttes üzemelés időszakára tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a hozzá kapcsolódó létesítmények üzemeléséből eredő felmelegedett hűtővíz dunai bevezetése (hőterhelés, technológiai hulladékvíz miatt vízminőség változás) sem jelent új környezeti hatótényezőt, az új dunai bevezetési pont kialakításával azonban ez a hatótényező az új bevezetési helyen jelentkezik.

A TÜH időszakban a Paksi Atomerőmű önálló üzemelése esetén a vizsgált hatótényezők hatáserőssége, a környezetterhelés mértéke várhatóan teljesen megegyezik majd az elmúlt üzemidőszakra jellemző mértékkel. Annyi különbség várható csupán, hogy a felmelegedett hűtővíz jellemzően vagy a jelenlegi melegvíz-csatornán, vagy az új alternatív melegvíz-csatornán kerül bevezetésre a Duna-főmederbe, de a hűtővíz mennyisége és a hőterhelés mértéke legfeljebb ugyanakkora marad. Ebből adódóan az élővilágra, mint környezeti elemre, azon belül pedig a vizsgált élőlénycsoportokra gyakorolt hatások gyakorlatilag megegyeznek majd az elmúlt üzemidőszakban detektált hatásokkal, mind a hatások jellegét, mind mértékét illetően.

Várhatóan a TÜH időszakban is a vízi makroszkópikus gerinctelenek csoportjai és a halak tekinthetők azoknak a közösségeknek, amelyek az üzemelés legjelentősebb hatásviselőinek tekinthetők az elmúlt üzemidőszakhoz hasonlóan. Az ezen élőlénycsoportokra gyakorolt hatások szempontjából a tényleges hatótényező a felmelegedett hűtővíz bevezetése a Dunába. Ha a hűtővíz a jelenlegi melegvíz-csatornán kerül bevezetésre, akkor a hatások jellege, erőssége és hatásterülete is megegyezik az elmúlt üzemidőszakra jellemző állapottal. Amennyiben a felmelegedett hűtővíz az alternatív melegvíz-csatorna szakaszon keresztül kerül visszavezetésre, akkor a várható hatások jellege és erőssége a legrosszabb esetben (feltételezve, hogy nem működik a csúcshűtő rendszer) várhatóan megegyezik majd a jelenlegi állapottal, de a hatásterület 400 m-rel eltolódik alvízi irányba és az alternatív csatorna szakasz dunai torkolatától kezdődik majd a 800-1000 m-es a Duna jobb oldali ripális (parti), mind a jobb oldali mediális (nyíltvízi) régiójára kiterjedő hatásterület, ahol mérhető kedvezőtlen irányú eltérések várhatók. Ugyanakkor az új visszavezetési pont azonban az eddigiekkel ellentétben hatással van a Duna hidrodinamikai viszonyaira is, így megváltozik a keveredés hatékonysága is. Kiemelendő továbbá, hogy az alternatív melegvíz-csatorna szakasz mellé telepítendő csúcshűtő rendszer működésének eredményeképpen a Paksi Atomerőmű dunai hőlépcsője a korábbi üzemállapothoz viszonyítva csökken, ezáltal az élővilágra gyakorolt negatív hatás mérséklődik.

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelése

A TÜH időszakában a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelése esetében az élővilágra, mint környezeti elemre potenciálisan hatást gyakorló hatótényezők mindegyike

megegyezik a Paksi Atomerőmű következő üzemidőszakban várható önálló normál üzemeléséhez kapcsolódó, már bemutatott hatótényezőkkel. A megegyező hatótényezők azonban a két atomerőmű párhuzamos üzemelése esetén mindkét létesítmény üzemeléséből eredően fennállnak, ezért az ezek által kiváltott hatások összeadódnak. Ebben az esetben is a vízi makroszkópikus gerinctelenek csoportjai és a halak tekinthetők azoknak a közösségeknek, ahol az összeadódó hatások a leginkább érzékelhető, mérhető változást idézhetnek elő. Az elemzések alapján a Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemelése során a hatósági engedélyekben előírt, a Duna hőterhelésére vonatkozó korlátozás (a bevezetési ponttól 500 m-re 30°C-os hőmérsékleti korlát) betartásával nem várható a vízi makrogerinctelenek alapján, valamint a halfajegyüttes alapján végzett állapotértékelés szerint víztest szintű ökológiai állapotminőség tekintetében romlás. Ugyanakkor a terhelő hatás területi kiterjedése alvízi irányban 8 km-ről 17 km-re növekszik. A hőterhelés hatásainak részletes vizsgálatával a *3. melléklet* foglalkozik.

A két atomerőmű együttes üzemeléséből eredő hatást a kritikus időszakokban várhatóan mérsékelni fogja a Paksi Atomerőműhöz tervezett új alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúcshűtő rendszer, illetve a Paks II. Atomerőműhöz létesíteni tervezett hasonló csúcshűtő rendszer üzemeltetése.

4.5.3.7. Havária események hatásai

A havária események élővilágra és ökoszisztémára gyakorolt hatásainak értékelése során csak az olyan jellegű havária események kerültek figyelembevételre, amelyek bekövetkezésének értékelhető, számottevő bekövetkezési valószínűsége van. Ezek jellemzően elsősorban kis hatásterületű, lokális hatású haváriák lehetnek.

Ezek közül a haváriaesemények közül a „veszélyes anyagok talajra kerülése, hidrazin csővezeték törése az udvartéren” típusú haváriaesemény közvetlen mérgezés jellegű károsító hatással lehet a magasabbrendű növényzetre, az egyenesszárnyúakra, a lepkékre, a talajfelszíni ízeltlábúakra és a kétéltűekre. A kedvezőtlen közvetlen hatás hatásterülete alapvetően a Paksi Atomerőmű telephelye és beszivárgás útján legfeljebb annak közvetlen környezete lehet. Ilyen jellegű haváriaesemény bekövetkezése esetén nem zárhatók ki a táplálékláncon keresztül jelentkező közvetett, ugyancsak mérgezéses jellegű károsító hatások a madarakra, a denevérekre és bizonyos egyéb, elsősorban a telephelyen, vagy annak közvetlen környezetében is előforduló emlősfajokra vonatkozóan. A károsító hatás ezek esetében úgy valósulhat meg, hogy elfogyasztanak olyan táplálék-szervezeteket, amelyek már közvetlen vagy közvetett mérgező hatásnak ki lettek téve és már elpusztultak vagy még élnek, de szervezetükben már jelen vannak mérgező anyagok.

A „vízszennyezés a melegvíz-csatornán keresztül” típusú haváriesemény esetén a melegvíz-csatornán keresztül a szennyező anyagok bejuthatnak a befogadó Dunába, így a hatásviselők elsősorban a Dunában élő életközösséget alkotó fajegyüttesek lehetnek. Közvetlen hatásviselőként azonosíthatjuk a makroszkopikus vízi gerinctelen szervezeteket, a halakat, a kétéltűeket, illetve vízhez kötődő hüllőket, a vízhez kötődő emlősöket (pl.: vidra és hód). A várható hatások a szennyező anyag jellegétől függően lehetnek különböző mérgezéses jellegű károsító hatások. Ezen haváriaesemény esetén sem zárhatók ki közvetett, a táplálékláncon keresztül érvényesülő, mérgezéses jellegű károsító hatások, melyek a közvetlen vagy közvetett mérgezésnek kitett táplálék-szervezetek elfogyasztásán keresztül valósulhatnak meg. Ilyen közvetett hatásviselők lehetnek a vízi, illetve táplálkozásukat tekintve vízhez kötődő madarak, valamint bizonyos egyéb, elsősorban a Duna partjai mentén rendszeresen előforduló, és legalább alkalmanként vízi szervezeteket is fogyasztó emlősfajok. Az ilyen jellegű haváriaesemény közvetlen hatásterülete jellemzően a melegvíz-csatorna torkolata alatti Duna-szakasz jobb oldali ripális és mediális része, melynek alvízi irányú kiterjedése attól függ, hogy milyen toxicitású, milyen lebomlási sajátosságokkal jellemezhető a mérgező anyag, illetve milyen tartósságú maga mérgezőanyag elfolyás.

A Paksi Atomerőmű saját szennyvízkezelő telepének jelenlegi tisztított szennyvízkibocsátása ~300 m^3/nap. A hidrológiai vizsgálat alapján megállapítható volt, hogy a melegvíz-csatorna

vizével elkeveredő nyers szennyvíz tömegárama 0,00347 kg/s érték egy normalizált 1 kg/m^3 koncentrációval kalkulálva. A számítás alapján így jól láthatóvá vált, hogy a 100 m^3/s vízhozamú melegvíz-csatornába vezetett 3,5 l/s hozamú szennyvíz kémiai komponenseinek koncentrációja a keveredés okán még tisztítatlan módon is olyan kis koncentrációban érkeznek a Dunába, ami jórészt a kimutathatósági határ alatt van, és az élővilág hatásviselő elemei szempontjából is elhanyagolhatóan kis mértékű terhelést jelent.

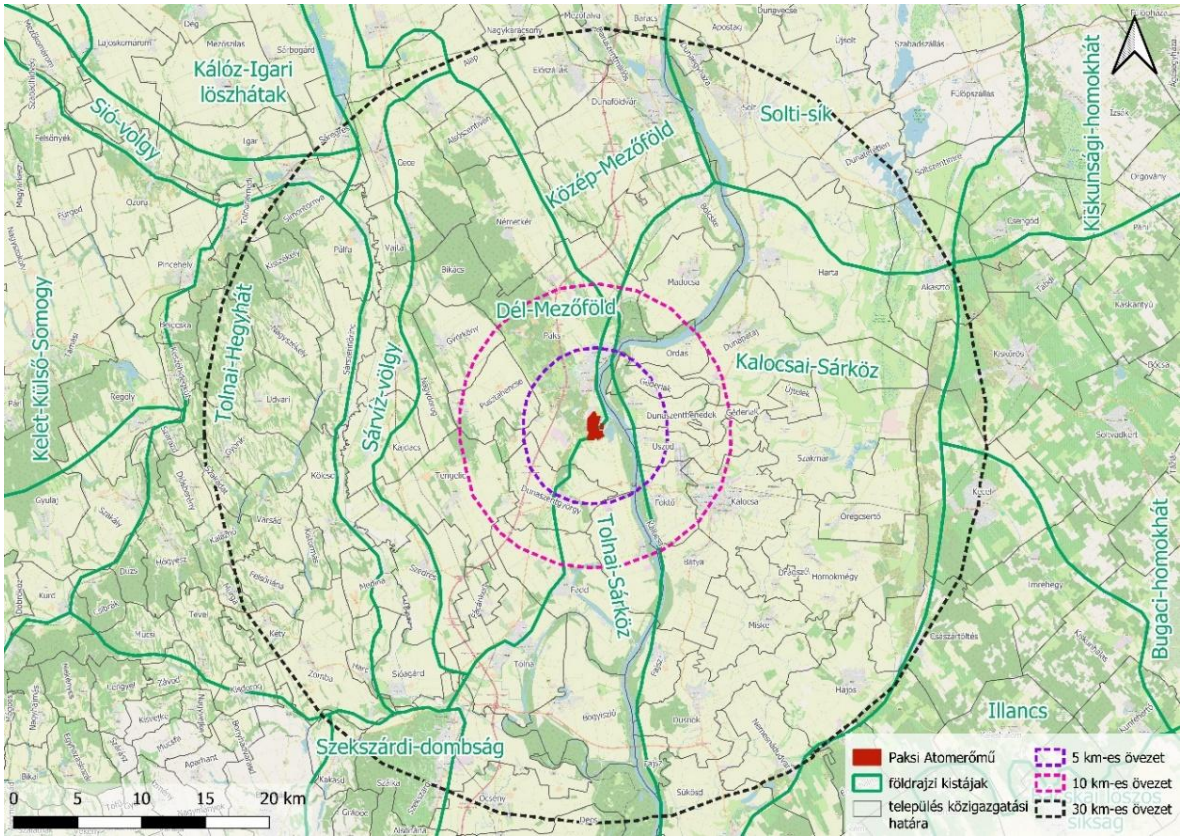
4.5.3.8. Országhatáron átterjedő környezeti hatások lehetősége

A Paksi Atomerőmű önálló és a Paks II.-vel való együttes üzemelésére vonatkozó valamennyi hatályos jogszabály, környezetvédelmi előírás, kötelezettség betartása esetén nem fordulhatnak elő országhatáron átterjedő környezeti hatások a vizsgált élőlénycsoportok tekintetében. Ez azzal támasztható alá, hogy sem a TÜH előkészítéséhez kapcsolódóan azonosított közvetlen és közvetett építési élővilágvédelmi hatásterületek, sem az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódóan a TÜH időszakra vonatkozóan azonosított üzemelési élővilágvédelmi hatásterület nem közelíti meg az országhatárt.

4.6. A tájképre és tájhasználatra gyakorolt hatások

A táji léptékű vizsgálatok általában kiterjedtebb területet vesznek figyelembe, mint a környezeti hatástanulmányban vizsgált más, a tervezett tevékenység környezeti elemekre, rendszerekre vonatkozó hatásai esetén. A korábbi, szintén a Paksi Atomerőműre, illetve annak első üzemidő-hosszabbítására vonatkozó környezeti hatásvizsgálat során táji léptékben egy, a létesítmény 30 km-es sugarú környezetére vonatkozó területen folytak vizsgálatok, alapvetően a területszerkezetre, tájhasználatra vonatkozóan. A TÜH hatásainak értékeléséhez ezért ebben az esetben is 30 km-es vizsgálandó terület került kijelölésre, ami lehetőséget teremtett a korábbi állapotokkal való összehasonlításra is.

A táji jellemzők vizsgálata a létesítményhez közeledve növekvő részletezettséggel történt. Egy szűkebb, mintegy 10 km-es környezet, illetve egy közel-környezet (3-5 km) is kijelölésre került. A tágabb környezetben a táji, természetföldrajzi adottságok, a szűkebb környezetben elsősorban a tájképi jellemzők, a közel-környezetben a tájszerkezet, tájhasználatok elemzésére került sor. E hármas tagolás területi megjelenése, azaz a vizsgálandó terület a *4.6-1. ábráján* került megjelenítésre.



Forrás: Magyarország földrajzi kistájbeosztása (MTA FKI) – GIS (novenyzetiterkep.hu/node/407) alapján saját szerkesztés

4.6-1. ábra: Az atomerőmű és annak 30, 10 és 5 km-es környezete és az ott található földrajzi kistájak

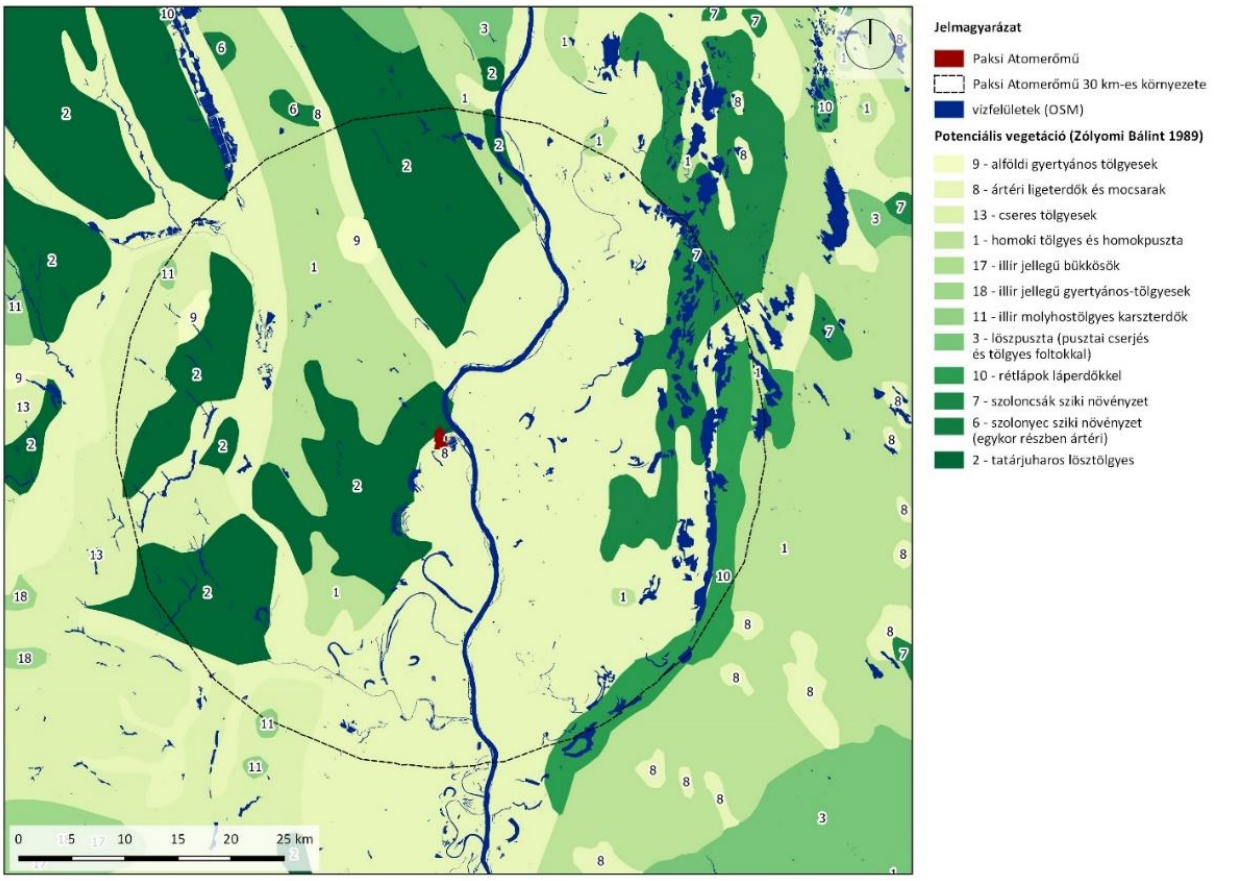
4.6.1. A jelenlegi állapot táji jellemzői

4.6.1.1. A térség természet- és tájföldrajzi helyzete, tájtörténete

A Paksi Atomerőmű 30 km-es körzetébe eső térség a Duna-Tisza medence nagytáj Alföld és Dunántúli-dombvidék nagytájrészletekben található, ezeken belül a Mezőföld, a Duna menti síkvidék és a Tolnai-dombság középtájak része. A vizsgált térséget érintő kistájak elhelyezkedését a *4.6. fejezet 4.6-1. ábrája* mutatja be. Paks város és maga az atomerőmű telephelye a Dél-Mezőföld kistájban található. A vizsgált térség nagyrészt sík terület, mely az emberi beavatkozások által jelentősen befolyásolt, így a természetközeli vegetáció már csak töredékén maradt meg.

A tájtörténet első vizsgálati időpontja az ember tájalakító tevékenységét megelőző, vagy anélkül hosszabb távon kialakuló természeti jellemzők bemutatása. A Zólyomi Bálint-féle vegetációs térkép (1989) alapján a vizsgált térségben elsősorban tatárjuharos lösztölgyesek, löszpuszták, ártéri ligeterdők és mocsarak helyezkedtek el (*4.6.1.1-1. ábra*).

Az atomerőmű és környezetének tájtörténete nem választható el Paks település történetétől. *„Paks, kedvező földrajzi adottságainak köszönhetően – Duna menti, síkvidéki folyóparti elhelyezkedés, amelyhez lösz dombság csatlakozik – az őskortól kezdve lakott terület. A tájhasználatot történelmi idők óta a táji adottságok határozták meg, így a halászat, erdőgazdálkodás, szőlők és a mezőgazdasági tájhasználat évszázadokig együttesen volt jellemző.”* A legkorábbi régészeti leletek a Sánchegyről kerültek elő, melyek csiszolt kőkorszaki eszközök voltak. A Kr.u. 1. században Paks a Római Birodalom Pannónia provincia része volt, melynek a Kr.u. 4. században a Sánchegyen felépített castrum, a Lussonium volt a határa, későbbiek során védelmi vonala.



Forrás: Magyarország földrajzi kistájbeosztása (MTA FKI) – GIS (novenyzetiterkep.hu/node/407) alapján saját szerkesztés

4.6.1.1-1. ábra: Az erőmű 30 km-es környezetének potenciális vegetációtípusai

1730-tól a mezővárosi jogú településen, a mezőgazdaság elsődlegessége mellett a céhes ipar is teret nyert, ami együtt járt a település, vagyis a művelés alól kivett területek növekedésével. A térség szőlőtermesztése és bortermelése kiemelkedő volt ebben az időszakban. A 18. századi első katonai felmérés térképén megfigyelhetők a kiterjedt szántó- és szőlőterületek, valamint a várostól délre vizenyős területek, mocsarak, lápok. A második katonai felmérésen érzékelhető a város terjeszkedése, ugyanis a mai 6. sz. főút nyomvonalán húzódó közút mentén „Új-város” néven az egykori mocsaras terület lecsapolásával új településrész alakult ki. A vízrendezés a Duna szabályozására is kiterjedt, 1841-ben Beszédes József tervei alapján átvágták az Imsós és várszegi kanyarulatot Paks és Ordas között.

A Duna-kanyarulat átvágása a kereskedelem fellendülését hozta, mivel a Duna fősodra a város közvetlen közelébe került, így a víz sodrásirányának megváltozása miatt partvédő sarkantyúk építése vált szükségessé, ami hajómalmok egész sorának működését tette lehetővé. A város kereskedelmi fejlődésében a hajómalom-flotta és a molnárcéh működése meghatározó szerepet töltött be ebben az időszakban.

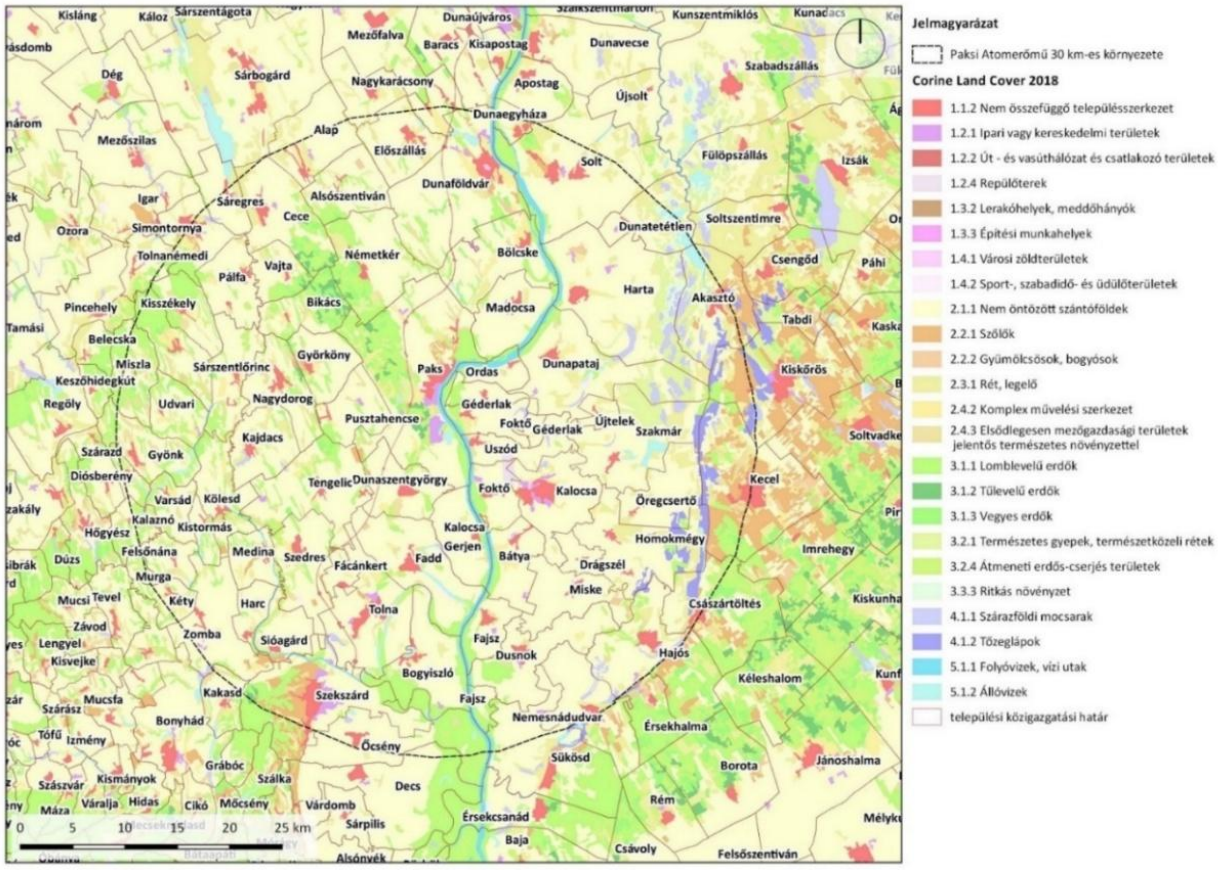
A 19. század elejére a lassú polgárosodás jellemző, majd a világgazdasági válság ellenére a két világháború közötti időszakban beindult az iparosodás (későbbi konzervgyár jogelődje ekkor kezdte meg működését), ami a II. világháború után teljesedett ki. A gazdasági fellendülést a 20. század első felében jelentősen korlátozta, hogy a Duna-híd megépítésére nem itt, hanem Dunaföldváron került sor, és emiatt elmaradt a Paks-Tolna-Mözs-Szekszárd vasútvonal kiépítése is. Ezzel párhuzamosan ráadásul a dunai hajómalmokat fokozatosan gőzmalmok váltották fel.

Ezt követően lassú hanyatlás kezdődött a település életében, melyet a Paksi Atomerőmű négy reaktorblokkjának 1973-1987 közötti megépítése és üzembehelyezése fordított meg, új, máig tartó lendületet adott a város gazdasági és társadalmi fejlődésének. Az erőmű megépítése Paks települést az ország egyik legdinamikusabban fejlődő településévé tette.

4.6.1.2. Felszínborítás, tájhasználatok, tájszerkezet

A felszínborítás-területhasználat térképezése és a területszerkezet jellemzése három léptékben történt, hasonlóan a Paksi Atomerőmű első üzemidő-hosszabbítására vonatkozóan elvégzett környezeti hatásvizsgálathoz. A rendelkezésre álló 1990-es és 2018-as Corine Land Cover (CLC) adatbázis alapján megállapítható, hogy a tágabb térség tájhasználata jelentősen nem változott a két időpont között, a változások az alábbiak szerint foglalhatók össze (a 2018. évi tájhasználatot a *4.6.1.2-1. ábra* mutatja):

- a beépített területek aránya kismértékben megnőtt, azonban az országos átlagtól (kb. 4,8%) még a növekedés ellenére is elmarad,
- a közlekedési területek és rombolt felszínek aránya is kismértékben nőtt, azonban összkiterjedésük a vizsgált térség mindössze 0,4%-ét érték el,
- a szántóterületek kiterjedése közel 1%-kal csökkent, főként a beépítések, infrastrukturális beruházások és erdőterületek növekedése miatt, azonban a szántóterület még mindig a térség uralkodó tájhasználata (közel 63%),
- a szőlő és gyümölcsösök területe szintén csökkent kb. 1,1%-kal,
- a gyepek területe kismértékben növekedett (kb. 0,3%-kal), a mozaikos mezőgazdasági területek kiterjedése pedig kismértékben csökkent (kb. 0,1%-kal),
- a térség második legjellemzőbb (közel 14%) területhasználatát jelentő erdőterületek, erdősülő területek aránya a vizsgált időszakban 1,3%-kal nőtt,
- a mocsarak, lápok területében közel 1000 ha-os csökkenés fedezhető fel, mely a térség szárazodására utal,
- a vízfelületek kiterjedése azonban több mint 500 ha-ral nőtt (ez elsősorban egyes szikes tavak aktuális vízfelületeinek volt köszönhető).



Forrás: https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover alapján saját szerkesztés

4.6.1.2-1. ábra: A Paksi Atomerőmű 30 km-es környezetének felszínborítása, 2018 (Corine Land Cover 2018 alapján)

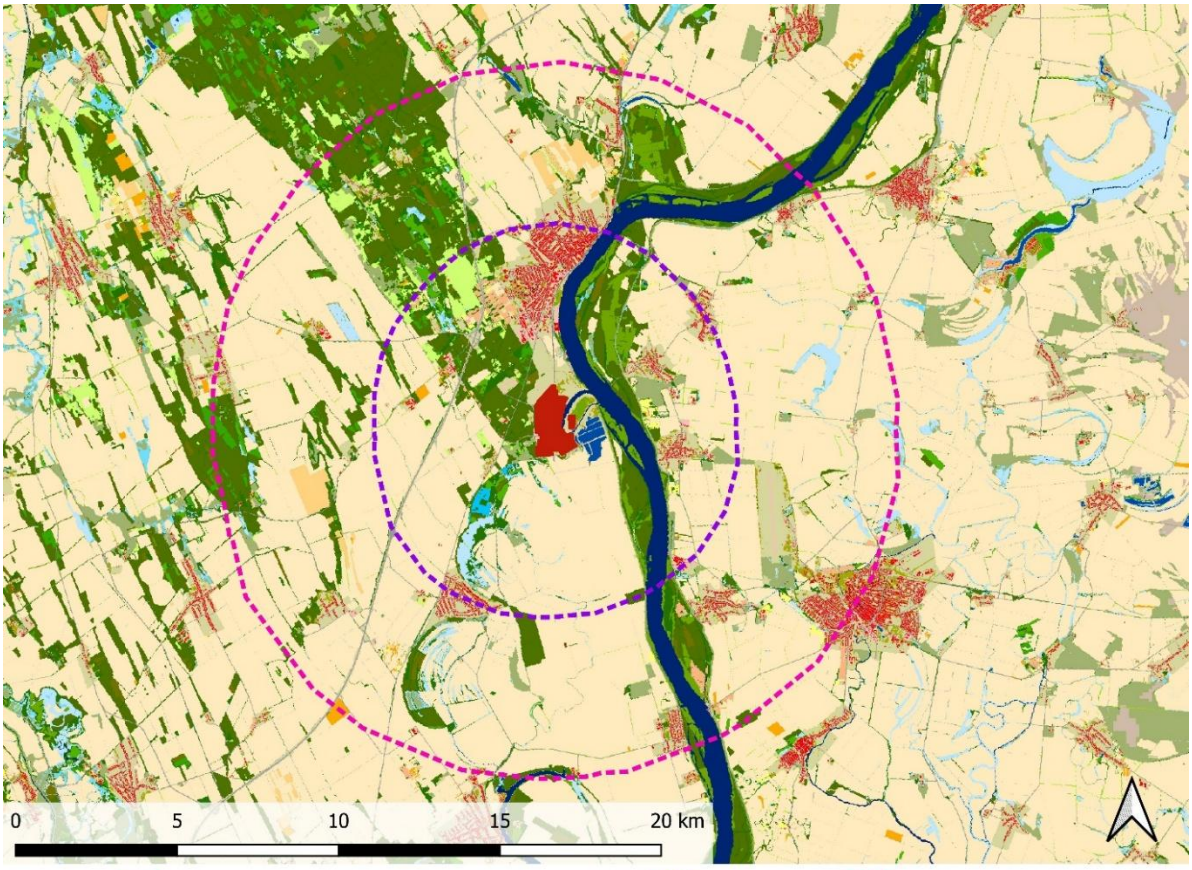
A telephely szűkebb környezetében is hasonló a helyzet. Itt az 1977-2018 közötti változások a következőképpen értékelhetők:

- az út- és vasúthálózat bővülése a területhasználati arányokban is megmutatkozott, (részaránya 0,2%-ról 0,54%-ra nőtt),
- a szőlőterületek csökkentek (közel 2%-os részarányról 0,7%-os részarányra),
- az elsődlegesen mezőgazdasági területek jelentős természetes növényzettel felszínborítás kategória közel 2%-os részarány növekedés mutatott,
- a természetes gyepek, természetközeli rétek területi csökkenése több mint 2%-os (több mint 700 ha természetes gyep tűnt el),
- ugyanakkor az erdőterületek közel 2%-kal növekedtek (melynek egy része lehet, hogy a gyepek spontán erdősödésének következménye)
- a folyóvizek, csatornák területi kiterjedése is csökkent közel 1%-kal.

A Nemzeti Ökoszisztéma Alaptérkép (NÖSZTÉP) részletesebb képet mutat a Corine adatbázishoz képest, mivel 500x500 m-es alapegységei helyett 20x20 m-es raszterhálóval dolgozik. Az erőmű 10 km-es környezetének területhasználatait a *4.6.1.2-2. ábra* mutatja. Az ábra alapján a tájszerkezet meghatározó elemei a szántók, az erdők, kisebb részben gyepek, szőlők, gyümölcsösök és a beépített területek mellett a vonalas műszaki infrastruktúra elemek.

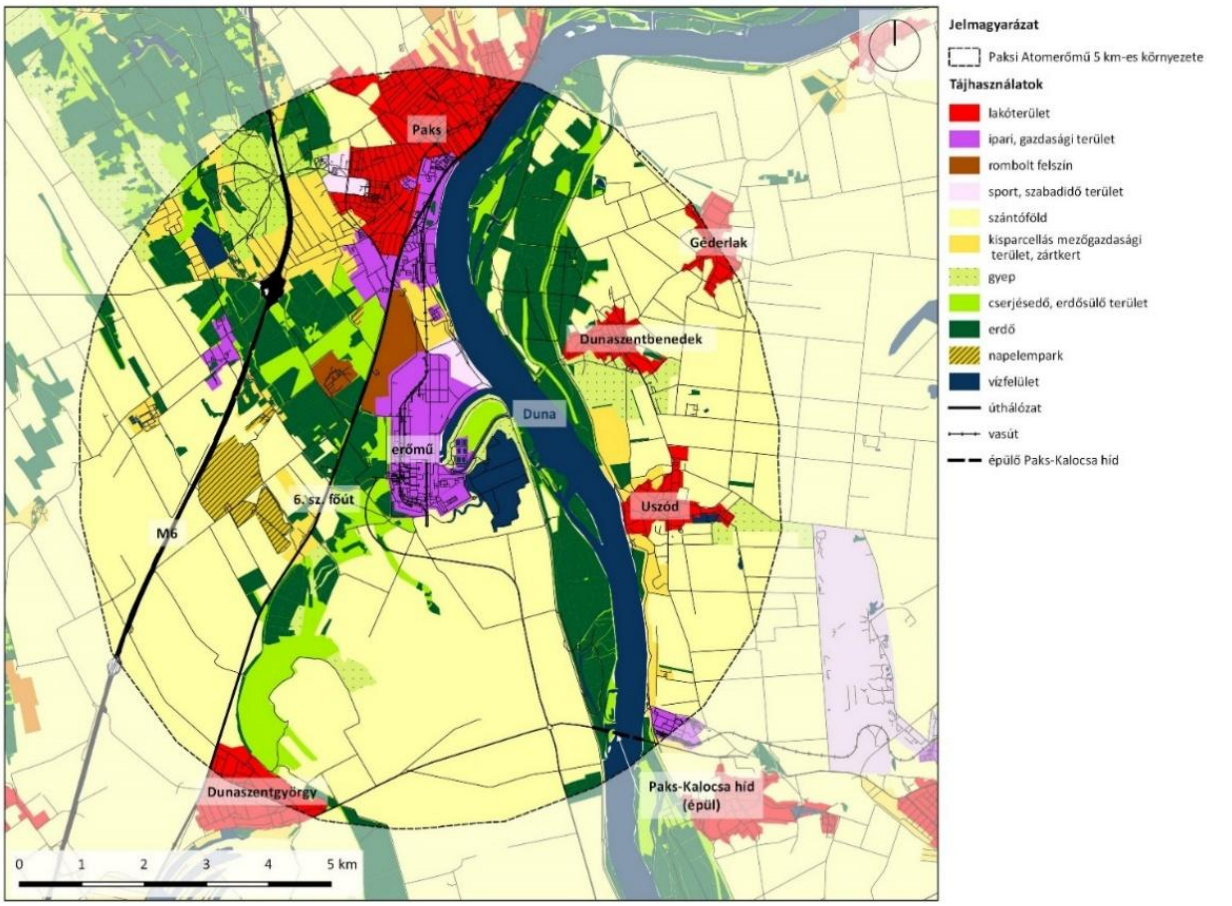
Az Open Street Map, a Corine Land Cover 2018., a Google Earth 2023. évi légifotó és 2024. évi terepi felmérés alapján elkészült az erőmű 5 km-es környezetének aktualizált tájhasználat térképe is, amely az *4.6.1.2-3. ábrán* látható. A térképen látható, hogy az utóbbi évek naperőmű építései Paks térségét is jelentősen érintették, így az erőmű környezetében található naperőművek – kiterjedésük miatt – a tájszerkezet meghatározó elemeivé (kb. 140 ha az erőmű 5 km-es környezetében) váltak. A Paks II. Atomerőmű építése miatt az erőmű környezetében jelentős a rombolt felszínek aránya is (kb. 80 ha az erőmű iparterületként jelölt telephelye mellett).

A tájpotenciál a „táj teljesítőképességét”, azaz meghatározott használatokra való alkalmasságát jelenti. A vizsgált tájrészlet jelenlegi használata és természeti adottságai révén magas ökológiai, valamint – a tájhasználatokból adódóan – magas mező- és erdőgazdasági potenciállal rendelkezik. A Paksi Atomerőműnek és Paksi Ipari Parknak köszönhetően a térség ipari potenciálja is magas, mely várhatóan tovább erősödik részben Paks II. építése, részben az új Duna-híd (Tomori Pál híd) általi jobb közúti megközelíthetőség révén.



Forrás: http://alapterkep.termeszetem.hu/ alapján saját szerkesztés

4.6.1.2-2. ábra: A Paksi Atomerőmű 10 km-es környezetének ökoszisztéma típusai



Forrás: Open Street Map 2024.03.25., Corine Land Cover 2018, Google Earth 2023. évi légifotó és 2024. évi terepi felmérés alapján saját aktualizálással

4.6.1.2-3. ábra: A Paksi Atomerőmű 5 km-es környezetének tájhasználata

4.6.1.3. Táji értékek

A táji értékekhez az értékes természeti tájelemek, védett természeti területek, hagyományos tájhasználatok, másrészt az épített örökség értékei is hozzátartoznak. A táji értékek a táji, települési környezetben hármas táji léptékben (0-5, 5-10, 10-30 km-es környezet) kerültek vizsgálatra. A közel-környezet táji értékei az alábbiak:

- Megyei értéktárban szereplő táji értékek: Paks: templomok és kápolnák, szobrok, lakóházak, kúriák, pincefalu, gyógyfürdő, Duna-part, Uszód: Benedek Péter emlékház.
- Országos jelentőségű természetvédelmi oltalom alatt álló területek, értékek: Dél-Mezőföld TK, Dunaszentgyörgyi-láperdő TT, ex lege védett láp a Dunaszentgyörgyi láperdő TT északi részén.
- Helyi jelentőségű természetvédelmi oltalom alatt álló területek: Paks: Deák Ferenc utcai Általános Iskola előkertje TT, Városi Múzeum kertje TT, Paksi római katolikus templom kertje és a Templom tér TT.
- Natura 2000 területek (azonosító kóddal): Tolnai Duna (HUDD20023), Paksi ürgemező (HUDD20069), Dunaszentgyörgyi-láperdő (HUDD20072) természetmegőrzési területek.
- Országos Ökológiai Hálózat elemei: magterület, ökológiai folyosó.
- Tájképvédelmi övezet területei: átfedésben van az országos jelentőségű védett természeti területekkel, Natura 2000 területekkel, erdőterületekkel és vízfelületekkel.
- Üzemtervezett erdőterületek: kb. 1570 ha.
- Kiváló és jó termőhelyi adottságú szántóterületek: kiváló és jó szántó is kisebb arányban, az erőműtől délnyugatra kb. 580 ha kiterjedésben.

- Borvidéki szőlőterületek, eredetvédelem alatt álló szőlőterületek: Tolnai borvidék: Pakstól délre eső területek (kertes, zártkertes részek) a szőlőtermőhelyi kataszter I. és II. osztályú területei.
- Egyedi tájértékek: Uszód, Dunaszentbenedek, Géderlak településeken feszületek, lakóházak, gémeskutak, tájház, vizes élőhelyek, emlékművek, köztéri szobrok) (Természetvédelmi Információs Rendszer adatbázisa[8] szerint).

4.6.1.4. Főbb tájhasználati konfliktusok és az erőműhöz kötődő tájhasználati értékek

Tájhasználati konfliktus akkor áll fenn, ha két tájhasználat egymást zavarja valamilyen módon. Az erőmű környezetében leginkább az atomerőmű működéséhez kapcsolódó nyomvonalas infrastruktúra elemekkel kapcsolatos konfliktusok emelhetők ki. Térségi jelentőségű ezek közül a távvezetékek (villamos energia, távhő vezeték) jelenléte. Elvben a kalocsai repülőtér is az lehetne, mely azonban jelenleg polgári (sportolási) célokat szolgál és az atomerőmű légtere jelenleg is tiltott terület a polgári repülés számára, így konfliktus nem áll fenn.

Erőműhöz kötődő tájhasználati értékként azonosítható – az atomerőmű nagy teljesítményű irodaházi klímaberendezései kondenzvizének felhasználásával történő – vízátadás a Faddi-holtág részére a Paks-faddi csatornán keresztül, a holtág jó vízminőségének, megfelelő vízszintjének biztosításához, a halastavak friss vízzel történő ellátása, valamint a kishegyi lakótelep távhőellátása az erőmű hulladékhőjét felhasználva.

4.6.1.5. Tájkép, tájkarakter

A tájképet elsődlegesen a domborzat, növényborítottság, tájhasználatok határozzák meg. A térségben kiemelkedő tájképi értéket jelentenek a vízfelületek (elsősorban a Duna), a vízfolyásokat kísérő növényzet, a kiterjedt gyepek. Ezek általában természetvédelmi oltalmat is élveznek és egyben az Országos Területrendezési Tervben (OTrT) kijelölt tájképvédelmi terület övezetébe is beletartoznak. A vizsgált tájrészletben tájsebek előfordulnak (pl. a Paks II. Atomerőmű, a Tomori Pál híd építéséből megmaradt nyílt felszínek, utóbbi esetében a tájrehabilitáció folyamatban van) ezek azonban átmeneti állapotok. Markáns, kedvezőtlen tájelemek a meglévő távvezetékek, a mobiltelefonátjátszó-tornyok, rádiótornyok.

Az Országos Tájkarakter Területek térképezése szerint a vizsgált tájrészlet a Középső- és Alsó-Duna-mente és a Mezőföld tájkarakter területek találkozásánál fekszik. Itt a „szántó-domináns homogén síksági táj”, az „erdő-vízdomináns folyótáj”, az „erdődomináns mozaikos síksági táj”, illetve a „szántódomináns, mozaikos, hullámos síksági és dombsági táj vízfolyásokkal és erdőfoltokkal” országos tájkarakter típusok jellemzőek. Maga az erőmű – Paks várossal együtt – a „települési táj vízparton” tájkarakter területbe tartozik.

A Paksi Atomerőmű reaktor épületei – melyhez tartozó kémények magassága 100 m – jó látási viszonyok esetén akár 5-10 km távolságból is láthatók, hiszen az erőmű közel sík, alacsony tengerszint feletti magasságú területen épült. 10 km-es távolságból azonban az egyes épületek körvonalai már kevéssé vehetők ki, a reaktorépületek teteje pontszerű elemként érzékelhető. A vizsgált területen belül sem mindegy, hogy a látvány mely nézőpontokból tárul fel. A várható tájképi változások 19 frekventált nézőpontból képezték vizsgálat tárgyát. Ezek alapján megállapítható, hogy a frekventált nézőpontok és a látványkorlátozó elemek elhelyezkedése alapján a tényleges láthatóság kb. 8 km körül van szabad szemmel, tiszta időjárási viszonyok között. Az atomerőműhöz legközelebb eső lakóterület – Uszód belterülete – felől az árvízvédelmi töltés és a kiterjedt erdőterületek miatt az erőmű épületei nem láthatók.

Az erőmű elsősorban az erőmű környéki úthálózatról (északi és déli bejáró), a 6. sz. főút egyes szakaszairól, Paks belterületéről (különösen lokális kilátópontok felől, mint a Gárdonyi kilátó és a lakótelepek magaslati pontjai), a Tomori Pál hídhoz kapcsolódó úthálózatról jelenik meg markánsan.

[8] Paks esetén a településrendezési terv, sem a településképi rendelet nem tesz említést egyedi tájértékekről, illetve a Természetvédelmi Információs Rendszer sem tartalmaz információt. A terepbejárás alapján az erőmű közvetlen környezetében az 1887-es kompbaleset emlékhelye nevesíthető egyedi tájértékként.

4.6.2. A tájra gyakorolt hatások

4.6.2.1. Jelenlegi üzemelés

Táji szempontból az atomerőmű üzemelésének hatásai azonosak az alapállapot jellemzőivel, hiszen az atomerőmű léte, üzemelése alakította ki a jelenlegi táj- és területszerkezetet, a tájkaraktert (területfoglalás, kapcsolódó elemek, pl. villamos távvezeték hálózat, lakótelep, közművek és közintézmények), befolyásolta a tájpotenciált (pl. ipari potenciál megjelenése) és a tájképet.

4.6.2.2. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítésének hatásai

Az előkészítési fázisban táji szempontból általában a legfontosabb hatás a területfoglalás. Jelen esetben ez csak minimális változást okoz, mivel egy meglévő létesítmény esetén alapvetően nincs szükség újabb területek igénybevételére. A Paksi Atomerőmű TÜH előkészítése keretében szükséges rekonstrukciós, felújítási munkák a telephelyen belül kerülnek végrehajtásra. Kivételt képez ez alól az előkészítés során megvalósítani tervezett, a két atomerőmű együttes működése esetén szükségessé váló alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a kapcsolódó csúcshűtő rendszer (*2.2.2.1. fejezet*) területigénybevétele. Ennek helye a jelenlegi melegvíz-csatornától délre került kijelölésre részben az iparterületen belül, részben ártéri területeket, illetve halastavi részeket elfoglalva, jórészt a Paksi Atomerőmű telephelyén belül maradva. A szükséges területfoglalás több, mint fele jelenleg is a telephely része, iparterület. (A Paksi Atomerőmű telephelye mintegy 560 ha kiterjedésű, a telephelyen kívül igénybe venni kívánt terület ennek töredéke, mintegy 1,8%-a.)

Az összesen 21,25 ha elfoglalt területből a jelenlegi használat szerint 0,65 ha üzemtervezett (az iparterületen kívüli) erdő, 3,47 ha halastó. Közel 1,9 ha Natura 2000 terület része. Tekintettel arra, hogy az ártérben lévő melegvíz-csatorna szakasz megközelíthetőségét hosszútávon is biztosítani szükséges, az üzemelés időszakában a jelenlegi állapothoz képest 0,78 ha üzemtervezett erdő és 2,1 ha Natura 2000 terület igénybevételével szükséges számolni.

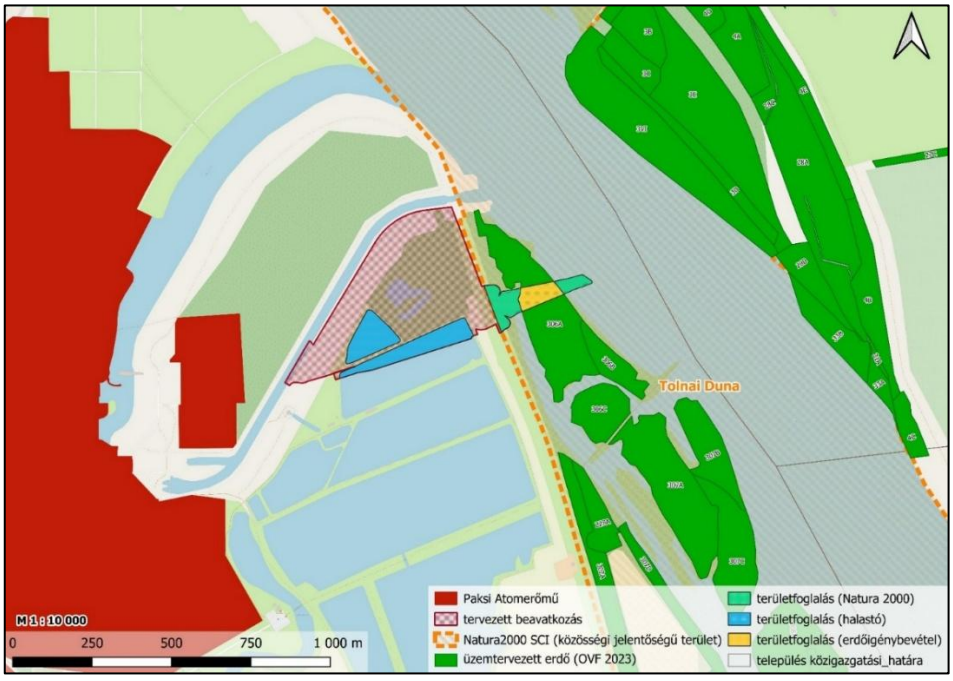
A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Erdészeti Igazgatósága (NÉBIH) által közzétett erdőtérkép alapján a tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz a meglévő melegvíz-csatornától délre lévő, az árvízvédelmi töltés és a Duna közötti területen lévő 306/A jelű erdőrészletet érinti (*4.6.2.2-1. ábra*).



Forrás: A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Erdészeti Igazgatósága (NÉBIH) honlapján elérhető erdőtérkép (erdoterkep.nebih.gov.hu)

4.6.2.2-1. ábra: Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz tervezett nyomvonalával érintett üzemtervezett erdőterület

Az igénybevételre tervezett területet az érintett 306/A jelű erdőrészletet feltüntetésével 1:10 000 méretarányú helyszínrajzon a *4.6.2.2-2. ábra* mutatja. Az erdőrészlet adatait a *4.6.2.2-1. táblázat* tartalmazza. A táblázat adatai alapján az érintett erdőrészlet füzes faállományú, vízvédelmi rendeltetésű, nem védett származékerdő, amely a Natura 2000 hálózat részét képezi.



4.6.2.2-2. ábra: Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a hozzá kapcsolódó csúcshűtő rendszer elhelyezésére igénybevett területek

4.6.2.2-1. táblázat: Az érintett 306/A jelű erdőrészlet adatai

Illetékes megyei kormányhivatal	BAVKH
Körzet	Nagydorogi körzet
Helység (kód)	Paks (7550)
Helyrajzi szám	Paks 0109/8
Tag	306
Részletjel (kód)	A (10)
Terület	7,43 ha
Erdészeti táj	Közép- és Alsó-Duna-ártér
Tulajdonforma	Állami tulajdon
Elsődleges rendeltetés	Vízvédelmi
További rendeltetés	Natura 2000
Faállomány típus	Füzes
Természetességi állapot	Származék erdő
Természetességi alapelvárás	Származék erdő
Védettség	Nem védett terület

Az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. törvény 82. § (4) bek. értelmében az erdészeti hatóságnak csereerdősítést kell előírnia természetes és természetszerű erdő esetén 0,5 ha vagy azt meghaladó mértékű, egyéb besorolású erdő esetében 1 ha vagy azt meghaladó mértékű üzemtervezett erdő igénybevétele esetén. Jelen esetben a tervezett igénybevétel 0,78 ha kiterjedésű származékerdőt érint, így csereerdősítés nem kötelező, az igénybevétel erdőjárulék megfizetésével megvalósítható.

Ettől függetlenül javasolható, hogy az igénybevett terület helyett az OTrT által erdősítésre javasolt területen, célszerűen az erőmű környezetében védőfásításként új erdő telepítésére kerüljön sor.

A tervezett területigénybevétel indoka a Duna hőterhelésének a kritikus időszakokban történő csökkentését lehetővé tevő csúcshűtő rendszer és alternatív melegvíz-csatorna megépítése, amit a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemeltethetősége tesz szükségessé. A csúcshűtő rendszer megvalósítása és ennek kapcsán az új melegvíz-csatorna szakasz, illetve dunai bevezetési pont kialakítása biztosítja a Duna vízhőmérsékletére vonatkozóan előírt hőmérsékleti korlátok üzemirányítási beavatkozások nélküli – a változó klímaviszonyok következtében a jövőben várhatóan gyakrabban beálló – kritikus időjárási körülmények közötti betartását. A tervezett beavatkozás ezáltal a közérdekkel összhangban áll.

A szükséges többlet területigénybevétel a tájhasználatot annyiban módosítja, hogy az igénybevett területeken az addigi, főként erdőgazdasági terület helyét ipar területhasználat veszi át, a természetes, természetszerű terület antropogén befolyás alá kerül, mesterséges megjelenésűvé válik. A táj szerkezetére, illetve a tájkarakterre ez a viszonylag kis volumenű változás számottevő hatással nem lesz. Így a területhasználat változás következménye elviselhető minősítésű. (Szükségességét más területhasználat – Duna vízminőség, élővilág – konfliktusainak enyhítése indokolja.)

Táji értékváltozásként a Duna menti ártéri erdő igénybevétele nevesíthető a két atomerőmű együttes működése miatt szükségessé váló alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúcshűtő rendszer elemeinek elhelyezése miatt. A kiépítés tájképi változást is okoz majd, hiszen az „erdő hiánya” a képben jellegzetesebben mutatkozik majd meg, mint az új csatorna, vagy a hűtőcellák látványa, melyek részben a töltés általi takarásban lesznek. Számottevő látványváltozással az erdőfolt kivágása miatt sem kell számolni, hiszen a háttérben, a szigeteken, a Duna túl oldalán hasonló erdőfoltok találhatók. A hatás elviselhető.

A tervezett új elemek telepítése, építése a környező területhasználatok közül legfeljebb a dél, délnyugatra lévő halastavak rekreációs használatára lesz hatással, azonban csak a csatorna kialakítása és a berendezések elhelyezésének viszonylag rövid idejéig, elviselhető módon.

4.6.2.3. A Paksi Atomerőmű önálló üzemelésének hatásai

A Paksi Atomerőmű önálló üzemelése vizsgálatakor a viszonyítási alap a továbbüzemelés megszüntetése, a villamosenergia-termelés felhagyása. A továbbüzemelés időszakában nem várható a területfoglalás növekedése. A területhasználat, területszerkezet a felhagyás miatt sem módosul, hiszen a telephely várhatóan hosszú ideig mint iparterület kell, hogy fennmaradjon az energiatermelés megszűnése esetén is. E szempontból a hatás semleges.

A tájszerkezet, mivel egy meglévő, üzemelő erőműről van szó, várhatóan a továbbüzemelés során sem módosul, a jelenlegi tájszerkezet az atomerőmű és kapcsolódó létesítményei építésekor és/vagy üzemelése közben alakult ki, azaz a környező területek használatára gyakorolt hatás/befolyás már korábban megvalósult.

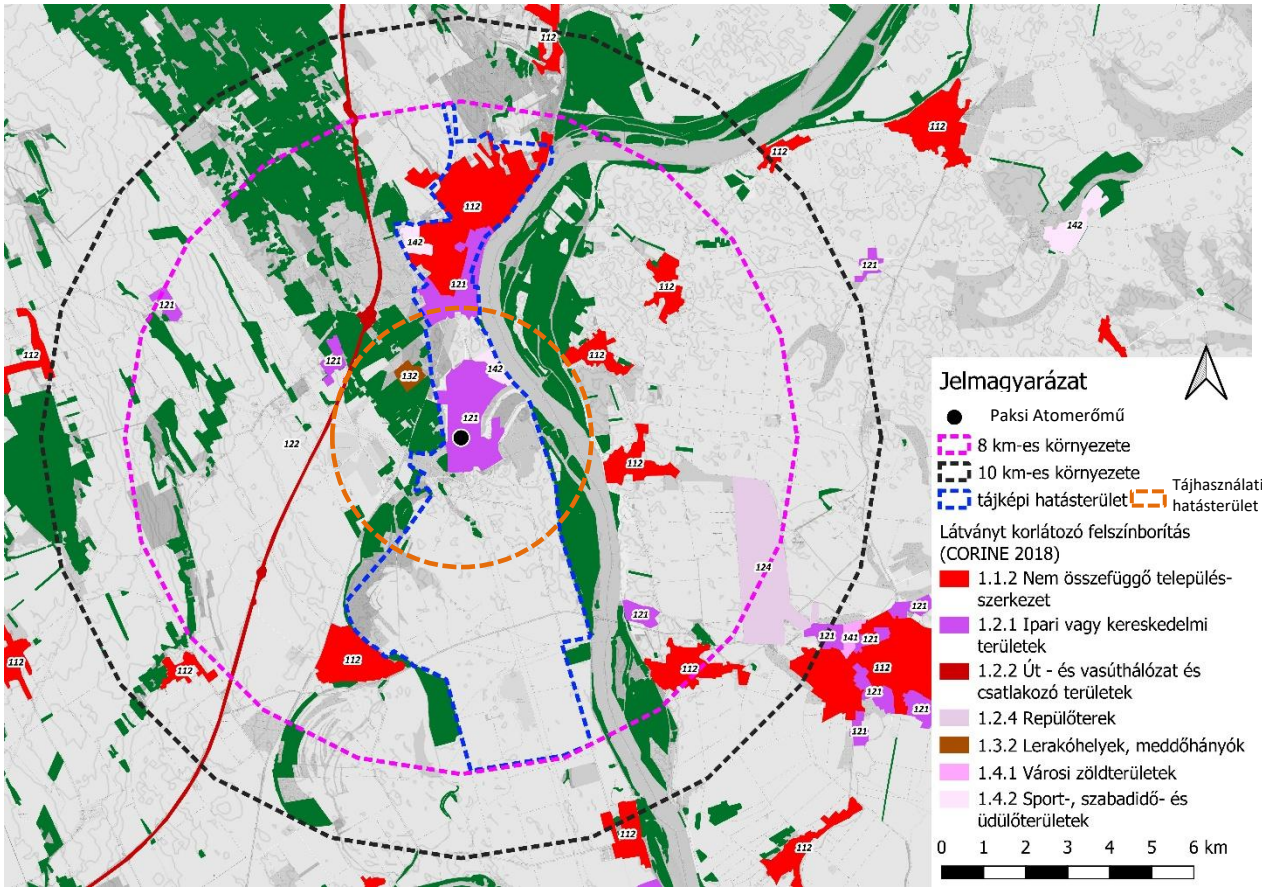
Új típusú, vagy az eddigiektől eltérő volumenű tájhasználati konfliktussal a továbbüzemelés során sem kell számolni. Hosszabb távon egyedül a Duna víz felhasználása, a melegvíz bevezetése okozhat konfliktust, amennyiben a klímaváltozás hatására a kisvízi vízhozamok csökkennek, vagy a vízhőmérséklet úgy növekszik, hogy az atomerőmű működését esetlegesen korlátozni szükséges. Ez azonban várhatóan csak rövid idejű időszakra vonatkozóan jelentkezhet a későbbiekben is, melynek esetleges kedvezőtlen következményeit a tervezett alternatív melegvíz-csatorna és a hozzá kapcsolódó csúcshűtő rendszer és üzemviteli intézkedések kezelni tudják. A várható hatás ezáltal várhatóan semleges.

Javító hatásúnak tekinthető, hogy a tovább üzemeléssel a környező tájhasználatokra gyakorolt kedvező hatások (halastórendszer működtetése, Faddi-holtág vízminőségének, -mennyiségének javítása, lakótelep távhőellátása) hosszabb távon is megvalósulhatnak.

A védendő értékek megőrzését a tervezett továbbüzemelés előreláthatóan nem fogja befolyásolni. Kivétel ez alól a Duna árterét érintő erdőigénybevétel az alternatív melegvíz-csatorna szakasz, illetve az új dunai vízbevezetési pont kialakítása miatt. Azonban ez a dunai ártér csak igen kis területén valósul meg, ráadásul az igénybe vett területek mellett megmaradnak hasonló ártéri erdők, így az értékcsökkenés tájvédelmi szempontból elhanyagolható. A táji értékekre gyakorolt hatás semlegesnek értékelt.

A tájkép, tájkarakter változása általában egy létesítmény építéséhez kötődik. Egy működő üzemnél tájképi változással már nem kell számolni. A létesítmény jelentette táji karakter a továbbüzemelés időszakában azonos lesz a jelen állapottal, mivel az épületek, építmények jellege, tömege, így megjelenése sem változik. A tervezett hűtőcellák láthatósága korlátozott. E szempontból is semlegesnek ítélhető a hatás.

Tájhasználati szempontból hatásterületként az atomerőmű szűkebb, 3 km-es környezete jelölhető ki. Az erőmű láthatósága a jelenlegi és a továbbüzemelés időszakában is az erőmű kb. 8 km-es környezetén belül a kitakarással (alapvetően az erdők és a települések építményeinek takarása) nem érintett részterületekre terjed ki. Táji szempontból ez tekinthető a hatásterületnek (*4.6.2.3-1. ábra*).



4.6.2.3-1. ábra: Tájhasználati és tájképi szempontú hatásterület

4.6.2.4. A telephelyen üzemelő és tervezett nukleáris létesítmények együttes hatásai

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének hatásait már Paks II. környezetvédelmi engedélyezése során is vizsgálták, de csak egy viszonylag rövid együttes működési időt figyelembe véve. A TÜH ezt az időszakot 20 évvel bővíti ki, tehát az esetleges hatások így jóval hosszabb időtartamúvá válnak. E szempontból viszont új elemként jelenik meg, hogy a két atomerőmű együttes üzemelése Duna vízre gyakorolt hőterhelésének jogszabályi keretek közötti biztonságos tartása érdekében a Paksi Atomerőmű – az előkészítő szakaszban már említett – alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúcshűtő rendszer megvalósítását is tervezi.

A területigénybevétel és a tájhasználat, mivel a Paks II. telephelye korábban is iparterületként az erőmű bővítésére fenntartott helyszín volt, nem változik. Azonban az eddig jórészt beépítetlen terület jelentősen beépített, burkolt, intenzíven hasznosított területté válik, melyen a funkcionalitás lényegesen megváltozik a villamosenergia-termelési tevékenység befogadásával. Változással jár a Paks II. Atomerőmű üzemeléséhez közvetlenül és közvetetten kapcsolódó létesítmények és infrastruktúrák telepítése és működése (pl. közlekedési kapcsolatok, villamosenergia-hálózathoz kapcsolódó vezetékek).

A két atomerőmű együttes működését figyelembe véve, a TÜH időszakban a Paksi Atomerőműben keletkező, valamint a Paks II. Atomerőmű üzemeltetése során keletkező kiégett fűtőelemkazetták átmeneti tárolását is biztosítani kell. Az átmeneti tárolás biztosítása az RHK Kft. feladata, amely a Paksi Atomerőművel szomszédos telephelyen száraz kamrás típusú (MVDS) tárolóban biztosítja a Paksi Atomerőműben keletkező kiégett fűtőelem kazetták átmeneti tárolását. Az 1997-ben üzembe helyezett és folyamatosan bővített moduláris tároló létesítménynek eddig 28 tárolókamrája készült el. A jelenlegi üzemidő-hosszabbítás alatt keletkező teljes kiégett fűtőelemkazetta mennyiség átmeneti tárolása az engedélyezett, összesen 33 kamrás tárolóban biztosítható lesz. A TÜH időszakában, valamint a Paks II. Atomerőműben

keletkező kiégett fűtőelemkazetták átmeneti tárolását az RHK Kft. olyan, a kereskedelemben elérhető, referenciával rendelkező új technológiával tervezi megvalósítani, amely a Paksi Atomerőmű vonatkozásában nem igényli az átmeneti tárolást biztosító terület bővítését. A technológia ismertetését a *2.2.2.4. fejezet* tartalmazza. A KKÁT kapacitásának bővítése így csak a létesítmény meglévő telephelyén belüli szabad területek beépítését jelenti majd. Mivel jelen esetben ipari környezetben kerül sor mind a többlet területigénybevételre, mind a területhasználat módosulására, így az együttes megjelenés és működés hatásai is elviselhetőnek becsülhető.

Tájhasználati konfliktusok erősödése a közvetlen környezetben nem várható. Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúcshűtő rendszer működtetése esetlegesen annak zajhatása miatt gyakorolhat kedvezőtlen hatást a szomszédos halastavi rekreációs tevékenységre. A hűtőrendszer működtetésére azonban csak időszakos, kritikus, magas dunai és léghőmérséklet együttállásakor lesz szükség, azaz várhatóan csak rövid időszak(ok)ban fognak működni a berendezések. A halastavat használók nagy része az erőmű működésében érdekelt, így ennek rövid idejű kedvezőtlen hatását a továbbüzemelés kedvező hatásai miatt várhatóan el fogják fogadni, így a hatás elviselhetőnek becsülhető.

Ez alól kivétel, azaz tájhasználati szempontból konfliktus erősödése a vízfelhasználás, a technológia által felmelegedett hűtővíz Dunába vezetése kapcsán a két atomerőmű együttes működése miatt jelentkezhet. A vízhozam csökkenés és ugyanakkor a víz- és léghőmérséklet növekedése a nyári legmelegebb időszakokban a Dunára vonatkozó hőterhelési korlátok betarthatósága érdekében további intézkedéseket tett szükségessé. A tervekben jelenleg szereplő technológiai módosítás (hűtőberendezések), valamint a felmelegedett hűtővíz jelenleginél délebbre történő bevezetése és az üzemviteli megoldások (karbantartás ütemezés, visszaterhelés) enyhíthetik ezen konfliktus megjelenését, az ebből adódó helyzetet, környezeti következményeket. A konfliktus tehát kezelhetőnek, a hatása elviselhetőnek minősíthető. Ez nemcsak a két atomerőmű egymás közötti, hanem az egyéb vízfelhasználókkal való esetleges konfliktusokra is vonatkozik.

A táji értékekben a két atomerőmű együttes üzemelése esetén sem várható kimutatható változás. A Paks II. létesítésével kapcsolatos építési munkák során minimális mértékben a HUDD20023 kódjelű, Tolnai Duna kiemelt jelentőségű természetmegőrzési Natura 2000 terület kiterjedése csökkent és ez minimálisan tovább csökken az új alternatív melegvíz-csatorna szakasz kialakításával. Az értékcsökkenés azonban minimális, ahogy az a kapcsolódó Natura 2000 hatásbecslésnél megállapításra került. Ugyanez igaz az ártéri erdők igénybevételére is, hiszen az igénybe vett terület mellett hasonló erdők megmaradnak. A táji értékekre gyakorolt hatás így elviselhetőnek minősíthető.

A tájkarakterben az ipari környezetben a Paks II. működése sem okoz számottevő változást, hiszen a tervezett két új blokk magassága, tömegességi viszonyai hasonlóak az üzemelő Paksi Atomerőmű jellemzőihez. A két atomerőmű együttes megjelenése várhatóan elviselhető lesz a tájképben, ahogy ezt a *4.6.2.4-1. ábra* mutatja.

Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz, illetve a csúcshűtőrendszer hűtőcelláinak megjelenése gyakorlatilag a telephelyen belül valósul meg, az ipari jelleget számottevően nem befolyásolja, ráadásul az erdő és az új töltés részben takarni fogja az új létesítményt, berendezéseket. A láthatósága tehát korlátozott. E szempontból is elviselhetőnek minősíthető a hatás.

A hagyományos havária események várhatóan a tájra vonatkozóan nem jelentenek kimutatható hatásokat. Táji szempontból – az országhatár távolságát, illetve a táji hatásokra vonatkozóan becsült hatásterület kiterjedését figyelembe véve – országhatáron átterjedő hatásokkal nem kell számolni.



Forrás: A Paks II. Atomerőmű Zrt. honlapja (www.paks2.hu)

4.6.2.4-1. ábra: A Paks II. Atomerőmű látványterve a Paksi Atomerőmű épületeinek megjelenítésével

4.7. A települési környezetre gyakorolt hatások

A területszerkezeti, településkörnyezeti vizsgálatok a korábbi, szintén a Paksi Atomerőműre, illetve annak üzemidő-hosszabbítására vonatkozó környezeti hatástanulmányoknál alkalmazott módon, a létesítmény 30 km-es sugarú környezetére terjedtek ki. E tágabb környezet vizsgálata a területfejlesztési és rendezési dokumentumokban való megjelenésnél, valamint a város és az erőmű megyei területi szerkezetben betöltött szerepének meghatározásánál volt szükséges. Az 5-10 km-es környezet Paks város bemutatásánál, illetve a város és az atomerőmű kapcsolatának vizsgálatánál és az értékmeghatározásnál veendő figyelembe. A szűkebb környezetben lévő települések életét a létesítmény alapvetően, mint munkalehetőséget biztosító bázis befolyásolja. A Kalocsa és Paks közúti összeköttetését lehetővé tevő Tomori Pál híd átadásával a Duna bal partján lévő települések lakói számára is könnyebben elérhetővé vált ez a lehetőség.

A 10 km-es környezetben található, és ezért településkörnyezeti szempontból kiemelt figyelmet igénylő települések Pakson kívül az alábbiak:

- Tolna vármegyében Dunaszentgyörgy, Fadd, Gerjen, Györköny, Madocsa, Pusztahencse és Tengelic,
- Bács-Kiskun vármegyében Dunapataj, Dunaszentbenedek, Foktő, Géderlak, Kalocsa, Ordas és Uszód.

4.7.1. A jelenlegi állapot területszerkezeti és településkörnyezeti jellemzői

4.7.1.1. A város és térsége az országos, megyei területfejlesztési, területrendezési dokumentumokban

Illeszkedés a területfejlesztési dokumentumok célrendszeréhez

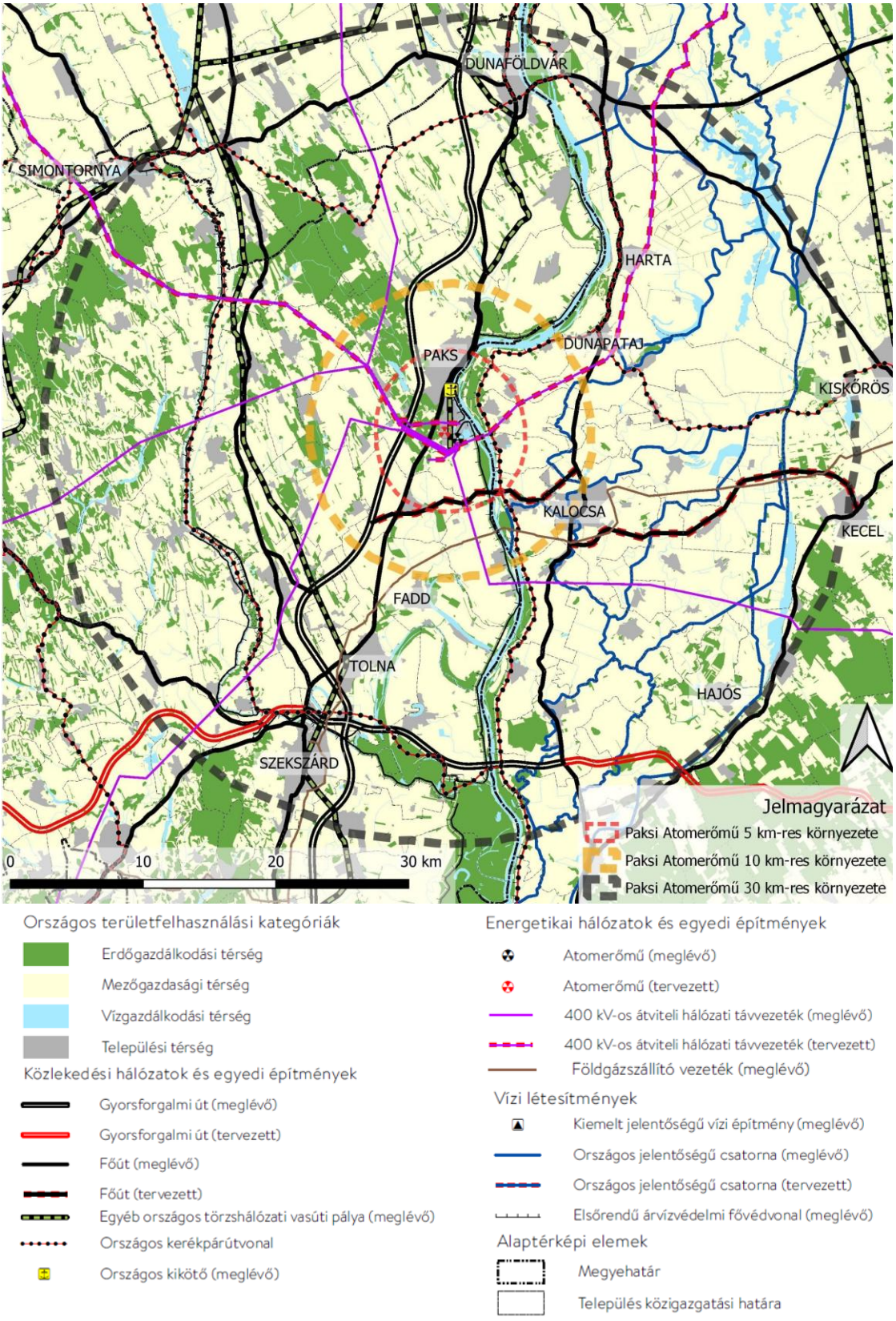
Mind az Országos Fejlesztési és Területfejlesztési Koncepció, mind Tolna Megye Területfejlesztési Koncepciója és Programja területfejlesztési értékként tekint a paksi telephelyen meglévő és létesülő új atomerőművi blokkokra. Kiemelik ezzel kapcsolatban az építőipar fellendülését, a szak- és felsőfokú képzésben, az innovációban, kutatásban kiemelt szerepét, mely a két atomerőmű együttes üzemeltetése esetén még jelentősebb lehet. Megállapítják Paks város stratégiai szerepét a vármegye gazdasági életében, az atomerőművi villamosenergia-termelés pozitív irányban téríti el a megye gazdasági mutatóit.

A telephely és környezetének területrendezési vonatkozásai

Országos lépték

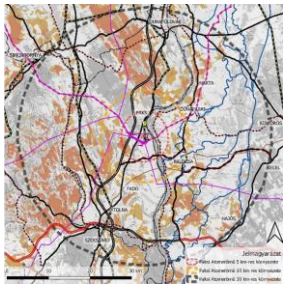
Az Országos Területrendezési Tervet (OTrT) a Magyarország és egyes kiemelt térségeinek területrendezési tervéről szóló 2018. évi CXXXIX. törvény és a területrendezési tervek készítésének és alkalmazásának kiegészítő szabályozásáról szóló 9/2019. (VI. 14.) MvM rendelet szabályozza. Az OTrT az Országos Szerkezeti Tervet és az Országos Övezeti Tervet, valamint az ezekre vonatkozó szabályokat foglalja magában. A szerkezeti terv tartalmazza az országos területfelhasználási kategóriák lehatárolását, valamint az országos közlekedési infrastruktúra-hálózatok és a műszaki infrastruktúra egyedi építményeinek térbeli rendjét. Az országos övezeti terv térségi övezeti rendszere a területfelhasználás differenciálását hivatott biztosítani.

Az OTrT Paksi Atomerőmű 30 km-es körzetére vonatkozó Országos Szerkezeti Terv kivágatát a *4.7.1.1-1. ábra* mutatja. Az ábrán látható, hogy a terv nemcsak a meglévő, hanem már a tervezett új atomerőművet is jelöli. Az OTrT környezeti hatások vizsgálata szempontjából releváns országos övezeti tervlapjait *4.7.1.1-2. ábra* mutatja, melyek alapján megállapítható, hogy az atomerőmű 30 km-es környezetében magas az erdő, valamint a kiváló és jó termőhelyi adottságú szántók aránya, ugyanakkor a természeti területek, azaz ökológiai hálózat elemei is nagy felületi kiterjedéssel megtalálhatók. A nagyvízi meder övezete a Duna mentére, illetve a Gemenci területre tejed ki. Jelentős azon települések száma és kiterjedése mely a tájképvédelmi, a világörökség várományos, illetve a vízminőség-védelmi övezet kategóriába esik. A 30 km-es környezetben viszonylag sok honvédelmi és katonai célú terület által érintett település is található.

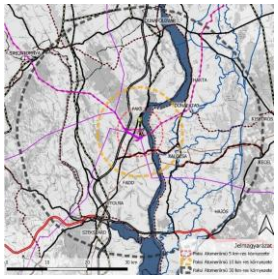


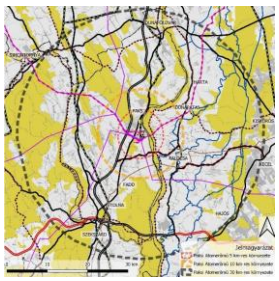
4.7.1.1-1. ábra: Az Országos Szerkezeti Terv kivágata a Paksi Atomerőmű 30 km-es környezetére vonatkozóan


Erdők (sötét zöld) és erdő-telepítésre javasolt (világos zöld) területek övezete

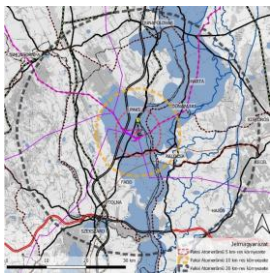

Kiváló (sötétebb barna) és jó termőhelyi adottságú (világos barna) szántók


Országos Ökológiai Hálózat övezetei (zöld magterület, narancs folyosó, sárga puffer)


Nagyvízi meder övezete (sötét kék)


Tájképvédelmi terület övezete


Világörökségi várományos területek által érintett települések övezete


Vízminőség-védelmi terület övezete


Honvédelmi és katonai célú terület által érintett települések övezete

4.7.1.1-2. ábra: Az Országos Övezeti Tervlapok (térségi övezetek) kivágatai Paksi Atomerőmű 30 km-es környezetében

Vármegyei lépték

Ebben a léptékben Tolna Megye Területrendezési Terve (a Tolna Megyei Önkormányzat Közgyűlésének 8/2020. (X. 29.) önkormányzati rendelete) és Bács-Kiskun Vármegye Területrendezési Terve (Bács-Kiskun Vármegye Önkormányzata Közgyűlésének 2/2024. (II. 26.) önkormányzati rendelete) releváns. Mindkét vármegyei terv összhangban van a 2018. évi Országos Területrendezési Tervvel. A területrendezési tervek szerkezeti elemei és övezeti besorolásai, valamint a főbb megállapítások ennek megfelelően az alábbiakban kerülnek összefoglalásra.

Az atomerőmű 30 km-es környezetében magas az erdők, valamint a kiváló és jó termőhelyi adottságú szántók aránya, de a természeti területek, az ökológiai hálózat elemei is nagy felületi kiterjedésűek. A nagyvízi meder övezete a Duna mentére, illetve a Gemenci területre terjed ki. Jelentős azon települések száma és kiterjedése, mely a tájképvédelmi, a világörökség várományos, a vízminőségvédelmi övezet kategóriába esnek. A 30 km-es környezetben több honvédelmi és katonai célú terület által érintett település is található. A vármegyei területfejlesztési terv a támogatott célterületek között szinte a teljes vizsgált területrészt a turisztikai fejlesztéssel, Paks és Dunaföldvár településeket az innovációs-technológiai fejlesztéssel, Paks, Dunaföldvár és Tolna településeket a logisztikai fejlesztéssel támogatott települések célterületébe sorolta.

Bács-Kiskun Vármegye Területrendezési Tervének térségi és sajátos övezetei alapján érdemes kiemelni, hogy a fejlesztések szempontjából a teljes terület beletartozik a Duna-menti térség és az új Duna híd fejlesztési övezetbe. Utóbbi az új Duna híd területfejlesztési vonzerejét várhatóan kiaknázó térség. Ezen túl Kalocsa az általános turisztikai fejlesztés, valamint a gyógyhelyek és gyógyfürdők övezetébe sorolt. Ásványi nyersanyag vagyon által érintett település övezetébe Ordas, Foktő tartozik.

A telephely és környezetének településrendezési vonatkozásai

Az atomerőmű 5 km-es környezete 9 település, a 10 km-es környezete további 7 település közigazgatási területét érinti. Az atomerőmű üzemelése, illetve üzemidejének további meghosszabbítása alapvetően olyan területi funkcióváltással, illetve műszaki infrastruktúra elemek létesítésével nem jár, melyet a településrendezési eszközökön belül rögzített meglévő vagy tervezett elemeken felül meg kellene határozni. Azonban a további üzemeltetés során

felmerülhetnek olyan egyéb, az atomerőműhöz csak közvetve, vagy egyáltalán nem köthető területhasználatok (pl. újonnan létesülő napelempark), vagy korlátozások (pl. ideiglenes, átmeneti lakófunkciókhoz köthető közmű vagy egyéb infrastruktúra ellátottság), melyek érzékenységi tényezőként azonosíthatók, így a vizsgált 5 km-es környezet által közvetlenül érintett településrendezési tervek részletei röviden áttekintésre kerültek. Ezek alapján a települési rendezési terv elemek közül a következők kiemelése szükséges. Új infrastruktúra elemek (Paks, Dunaszentgyörgy, Foktő, Gerjen), lakóterületek (Paks, Uszód, Dunaszentbenedek, Géderlak), gazdasági célú területek (Paks, Gerjen), nap- és szélerőművek (Pusztahencse, Gerjen), védelmi célú területek (Paks) kerültek kijelölésre.

Az áttekintett településrendezési tervekben beazonosított területhasználatokra és szabályozó elemekre vonatkozóan megállapítható, hogy azok nem tartalmaznak az atomerőmű üzemidejének további meghosszabbítására nézve figyelembe veendő kitételt. A fentiek alapján nem merült fel érzékenységi tényező érintettsége.

4.7.1.2. Paks város településkörnyezeti jellemzői

Paks város Magyarország középső részén, Tolna megyében, a Duna partján helyezkedik el. Kedvező földrajzi adottságainak (síkvidék, jó szántó és erdőgazdasági terület, folyóvíz közelsége stb.) köszönhetően az őskortól kezdve lakott. A település közigazgatási területe 154,08 km^2.

Paks város településfejlődésének legfontosabb vonásai

Paks város elmúlt 200 éve településtörténete röviden az alábbiakban foglalható össze:

- A település virágkorát 1820-1830 közötti időszaktól kezdte élni, melyet számos műemlék, műemlék jellegű épület tanúsít. A Dunával akkor még szerves egységben élő települést élénk kereskedelmi élet jellemezte, amely talán a 20. század fordulóján érte el csúcsát és egészen a második világháborúig tartott.
- A II. világháború (1939-1945) a város életében jelentős hanyatlást okozott. Gyakorlatilag teljesen eltűnt az a zsidó polgárréteg, mely megalapozta a város kereskedelmi jellegét. Ettől függetlenül Paks népessége már az I. világháborútól folyamatosan csökkent, a városiasodás erősödését az ipartelepítések hiánya is gátolta. Így Paks település további lassú sorvadása figyelhető meg a II. világháborút követő időszakban.
- Paks nagyközség az 1950-es és 60-as években a vidéki Magyarország csendes hétköznapjait élte. A viszonylag kevés ipari üzem miatt kevés volt a munkahely, így közel 1000 ember ingázott naponta a munkahelye és a település között. A település lélekszáma tovább fogyott, a demográfiai korfa az elöregedés jeleit mutatta.
- Az 1970-es évek elejétől az atomerőmű tervezési, majd építési és üzembe helyezési folyamata állította meg ezt a kedvezőtlen tendenciát, melynek következményeként 1960-1980 között a város lakosságának száma, illetve lakásszáma gyakorlatilag megkétszereződött. Megváltozott a lakosság összetétele is, szakképzett fiatal munkaerő jelent meg a településen.
- A fiatal lakosság bevándorlása az 1980-as évek közepétől kiugró gyermekszámot eredményezett, ami az ellátási, intézményi igényeket is módosította. A bölcsődei férőhelyek száma 181%-kal, az óvodai férőhelyeké 141%-kal, az általános iskolai osztálytermek száma 66%-kal növekedett. Az alapszolgáltatások is fejlődtek, erre példa a kiskereskedelem bolti alapterületének 106%-kal, a vendéglátó hálózatnak 328%-kal való emelkedése.

A település utóbbi több mint 40 évének fejlődése tehát elválaszthatatlan az atomerőműtől. A Paksi Atomerőmű a város életének fejlődésében folyamatosan szerepet vállalt. A város lakosságának nagy része közvetlenül – illetve közvetetten, de – kötődik az erőműhöz.

Paks város területhasználata

Paks város területhasználatát tekintve 1990-2018 között jelentős változások nem történtek, ez állapítható meg a Corine Land Cover 1990 és 2018, illetve a Copernicus Land Monitoring Service adatbázisok alapján (*4.7.1.2-1. táblázat*).

4.7.1.2-1. táblázat: Paks város területhasználatának adatai 1990-ben és 2018-ban

CLC kód	CLC kategória	Terület 1990 [ha]	Arány 1990 [%]	Terület 2018 [ha]	Arány 2018 [%]	Változás 1990-2018 között [ha]	Változás 1990-2018 között [%]
112	Nem egybefüggő városszerkezet	564,4	3,7	604,0	3,9	39,6	7,0
121	Ipari és kereskedelmi egységek	466,3	3,0	520,3	3,4	54,0	11,6
122	Út- és vasúthálózatok és a hozzájuk tartozó földterületek	0	0	202,0	1,3	202,0	
131	Ásványkitermelő helyek	58,2	0,4	0	0	-58,2	nincs adat
132	Lerakóhelyek	40,4	0,3	32,2	0,2	-8,2	-20,4
142	Sport- és szabadidős létesítmények	32,6	0,2	66,7	0,4	34,1	104,7
Mesterséges felszínek rész összesen		1 161,9	7,5	1 425,2	9,2	263,2	22,7
211	Öntözetlen szántóföldek	7 020,1	45,6	6 540,8	42,5	-479,3	-6,8
221	Szőlők	554,2	3,6	251,9	1,6	-302,3	-54,5
231	Legelők	516,5	3,4	702,5	4,6	186,0	36,0
242	Komplex művelési rendszerek	339,4	2,2	510,4	3,3	171,0	50,4
243	Elsődlegesen mezőgazdasági területek jelentős természeti képződménnyel	720,1	4,7	502,7	3,3	-217,4	-30,2
Mezőgazdasági területek rész összesen		9 150,3	59,4	8 508,3	55,2	-642,0	-7,0
311	Lomblevelű erdők	2 378,9	15,4	2 971,7	19,3	592,8	24,9
312	Tűlevelű erdők	484,0	3,1	440,9	2,9	-43,1	-8,9
313	Vegyes erdők	406,1	2,6	332,1	2,2	-74,0	-18,2
324	Átmeneti erdős-cserjés területek	887,3	5,8	909,5	5,9	22,2	2,5
Erdők rész összesen		4 156.2	27,0	4 654,3	30,2	498,0	12,0
321	Természetes gyepek	304.5	2,0	282,0	1,8	-22,5	-7,4
411	Belvízi mocsarak	45,6	0,3	0	0	-45,6	n.a.
Egyéb természetes, természetközeli és vizenyős területek rész összesen		350,1	2,3	282,0	1,8	-68,1	-19,5
511	Vízfolyások	473,1	3,1	422,0	2,7	-51,1	-10,8
512	Víztestek	116,1	0,8	116,1	0,8	0,0	0,0
Vizek rész összesen		589,2	3,8	538,1	3,5	-51,1	-8,7
	Összesen	15 407,8	100,0	15 407,8	100,0	–	–

Forrás: Corine Land Cover 1990 és 2018, Copernicus Land Monitoring Service.

A földhasználati konverziók fő irányai megegyeztek az országos trendekkel, nőtt a mesterséges felszínek kiterjedése (lakóterületek, ipar és kereskedelmi egységek) több mint 260 ha-ral, a mezőgazdasági terület (elsősorban a szántók és a szőlők területe) 640 ha-ral csökkent, illetve közel 500 ha-ral bővült az erdőállomány. E fő irányok mellett a vizenyős területek kiszáradása is megjelent (-45 ha). A 2018-ra kialakult területhasználat arányai, alapvetően agrár jellege, amelyet jelentős erdőterületek egészítenek ki, nem változott. Mind a lombhullató erdők (19,3%), mind az összes erdőgazdálkodásba vont területek aránya (30,2%) meghaladja az országos értékeket (15,4%, 23,5%).

Általános településkörnyezeti jellemzők

A város természetföldrajzi és térszerkezeti pozíciója

A Paksi Atomerőmű telepítésével Paks rövid idő alatt jelentős lélekszámú, de egyben meghatározóan egyfunkciós várossá alakult. Ez vonatkozik nemcsak a város belső gazdaságának, részben településszerkezetének átalakulására, hanem Tolna megyében, a Dél-dunántúli régióban és az országban elfoglalt kitüntetett villamosenergia-termelési pozíciójára is.

Paks város a Paksi járás székhelye, a 15 települést magában foglaló járásban a székhely-településen kívüli csak Dunaföldvár város, a többi 13 település községi jogállású. Ez a helyzet elvben kiemelt szerepet kölcsönözne a központnak, azonban ezzel a szerepkörrel a település nem tudott teljeskörűen élni.

Az atomerőmű telepítése a város életében a munkakultúra tekintetében is alapvető változásokat hozott, mivel magas, egyben speciális szakképzettséggel rendelkező csoportok telepedtek le a városban, amelyek e tekintetben unikális jelleget biztosítottak a városnak. Az erőmű oktatási szükségleteinek helyi kielégítésén túl Paks nem volt képes dinamikusan növelni a település középfokú településhálózati szerepkörét.

Az erőmű révén Paks települési infrastrukturális ellátottsága az azonos nagyságrendű városokéhoz képest minőségileg jobbá vált, az alapinfrastruktúra kiépítettsége teljesnek tekinthető, ugyanakkor a foglalkoztatási központ-jelleghez kapcsolódó ingázáson túl a gazdaság- és településfejlesztés révén nem növelte jelentős mértékben településközi kapcsolatrendszerét.

Az erőmű speciális egészségügyi szükségleteinek megfelelően bővült a speciális egészségügyi szakellátás, de nem sikerült létrehozni városi kórházat. Ez jelzi azt, hogy egy történetileg kialakult területi szerkezetet és településközi intézményrendszert nem lehet rövid idő alatt lényegesen átalakítani még egy ipari nagyberuházás járulékos hatásaként sem.

Paks város demográfiai viszonyai, koreloszlás

Paks város népesség száma az utóbbi 12 év alatt közel 1600 fővel, azaz 8,2%-kal csökkent és az öregedési index is jelentősen romlott (105,9-ről 154,7-re), azaz a 65 év felettiek száma már másfélszer akkora, mint a 14 év alattiak száma, ami kicsit magasabb az országosnál (145). A lakosságon belül a nők aránya stabilan 51%. A népességfogyás nagyobb részt a vándorlási különbözetből (2012 óta -1832 fő) és nem a természetes fogyásból (2012 óta 532 fő) adódik. Népsűrűség tekintetében Paks mutatója (116 fő/km^2) a folyamatos csökkenés ellenére is 13%-kal magasabb, mint az országos átlag (2024-ben 102,55 fő/km^2), és több mint kétszerese a Tolna vármegyei átlagnak (55,24 fő/km^2).

Műszaki infrastruktúra és intézményi ellátottság

Az elmúlt 20-25 év lakónépességszám csökkenését a lakásállomány száma nem követte, sőt 2003 és 2024 között 470 db új lakás épült. Az atomerőmű működése magas szintű, nagy mértékű infrastrukturális ellátottságot, szolgáltatói szektort igényel. A közüzemi ivóvízvezeték hálózatba a lakásállomány teljeskörűen bekapcsolt több mint 10 éve, a közüzemi szennyvízgyűjtő hálózatba a lakások 99,5%-a van bekapcsolva. A szennyvíz kezelését saját szennyvíztisztító telep biztosítja. A villamosenergia-ellátottság a víziközmű hálózathoz hasonlóan teljeskörű. A földgázt lakossági fűtésre felhasználó lakások aránya 47%. Az erőmű hulladékhőjéből távhőellátásban elsősorban a kishegyi lakótelep részesül (a teljes lakásállomány 31%-a).

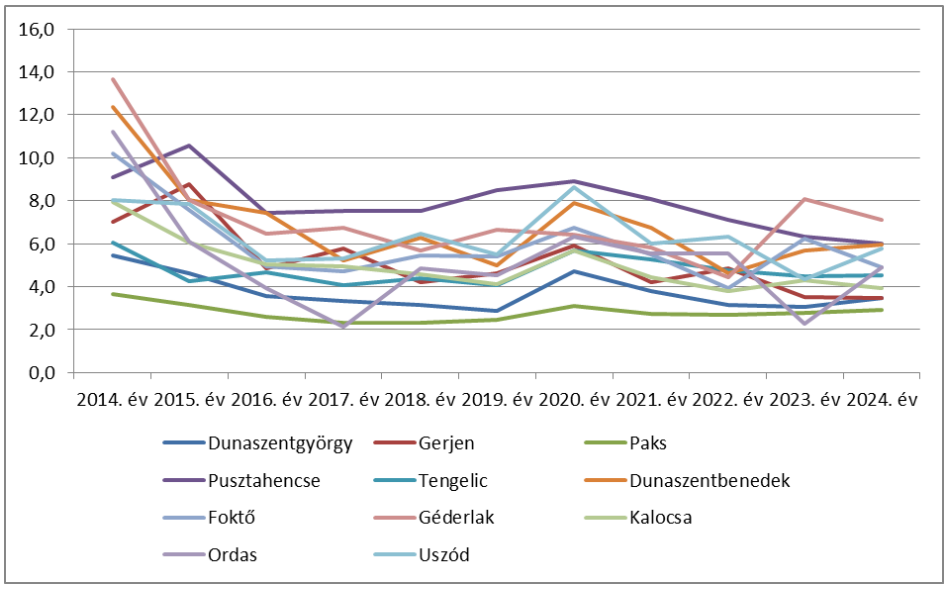
A meglévő közintézmények, bölcsődék, valamint az általános iskolák kielégítik a meglévő igényeket. Pakson 6 általános iskola és 5 középiskola, köztük energetikai szakképzés intézménye is működik. Az egészségügyi ellátást rendelőintézetek és szakrendelők végzik, a város kórházzal nem, de mentőállomással és gyógyászati központtal rendelkezik.

Fontosabb gazdasági jellemzők

A városban 2024-ben összesen 3256 volt a regisztrált vállalkozások száma. Az elmúlt 10 évben ez a szám közel 10%-kal növekedett. Ezek mintegy negyede társas vállalkozásnak minősül. A vállalkozásoknak 97%-a 10 főnél kevesebbet foglalkoztat, de a Tolna vármegyében található hat, 500 főnél többet foglalkoztató vállalat közül négy Pakson működik.

Dinamikusan nő az építőipar és a szolgáltatási szektor, a feldolgozóipar, a kereskedelem, gépjárműjavítás és az információ, kommunikáció kisebb mértékben, a pénzügyi, biztosítási szektor jelentősebben csökkent.

A relatív munkanélküliségi mutató (mely a nyilvántartott álláskeresőket mutatja a munkavállalási korú népesség százalékában) Pakson az atomerőmű és a kapcsolódó kiszolgáló cégek munkaerő felvevő képessége miatt a környező településeknél jóval alacsonyabb (2024-ben 2,91%-os) (*4.7.1.2-1. ábra*), ami az országos (3,54%) és a Tolna vármegyei átlagnál (4,08%) is mérsékeltebb. Pakson 2024-ben a nyilvántartott álláskeresők 62%-a 35 év feletti, 9%-a pedig pályakezdő volt.



Forrás: KSH adatai alapján saját szerkesztés

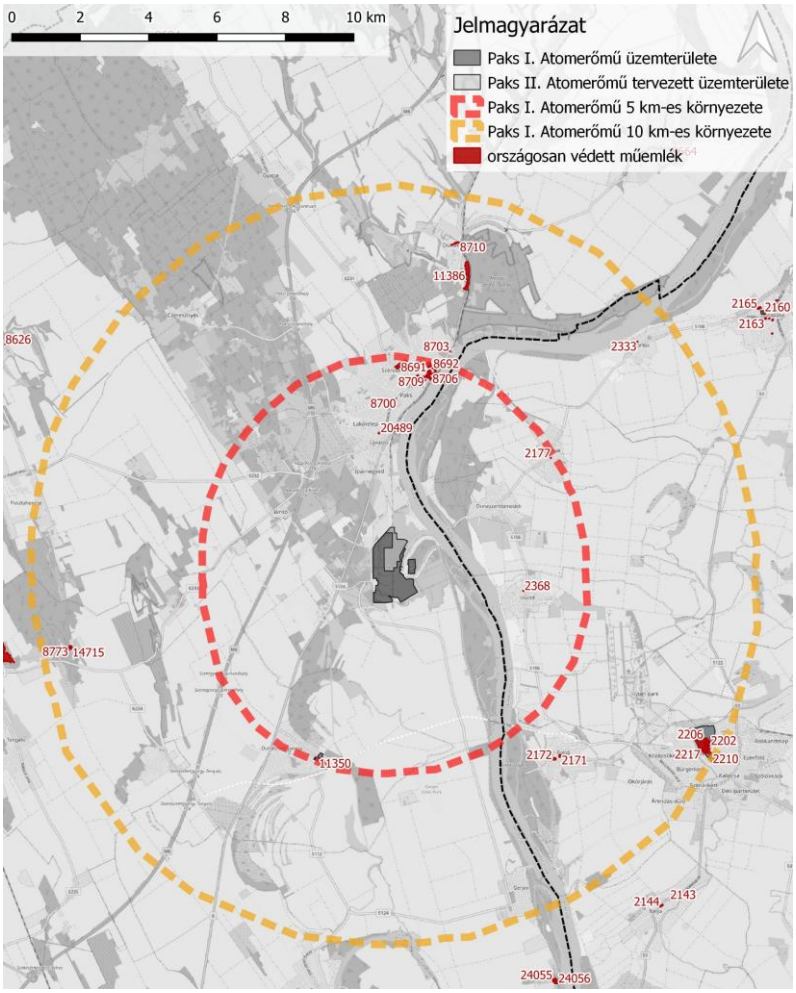
4.7.1.2-1. ábra: A munkanélküliek arányának alakulása Paks városban és a környező településeken

Védett és védendő értékek (kulturális örökség elemei, zöldfelületek)

A kulturális örökség védelméről szóló 2001. évi LXIV. törvény értelmében *„a kulturális örökség elemei a régészeti örökség, a hadtörténeti örökség régészeti módszerekkel kutatható elemei, a műemléki értékek, a nemzeti emlékhely, a kiemelt nemzeti emlékhely és annak településkép-védelmi környezete, valamint a kulturális javak”*. A védett értékek a következők:

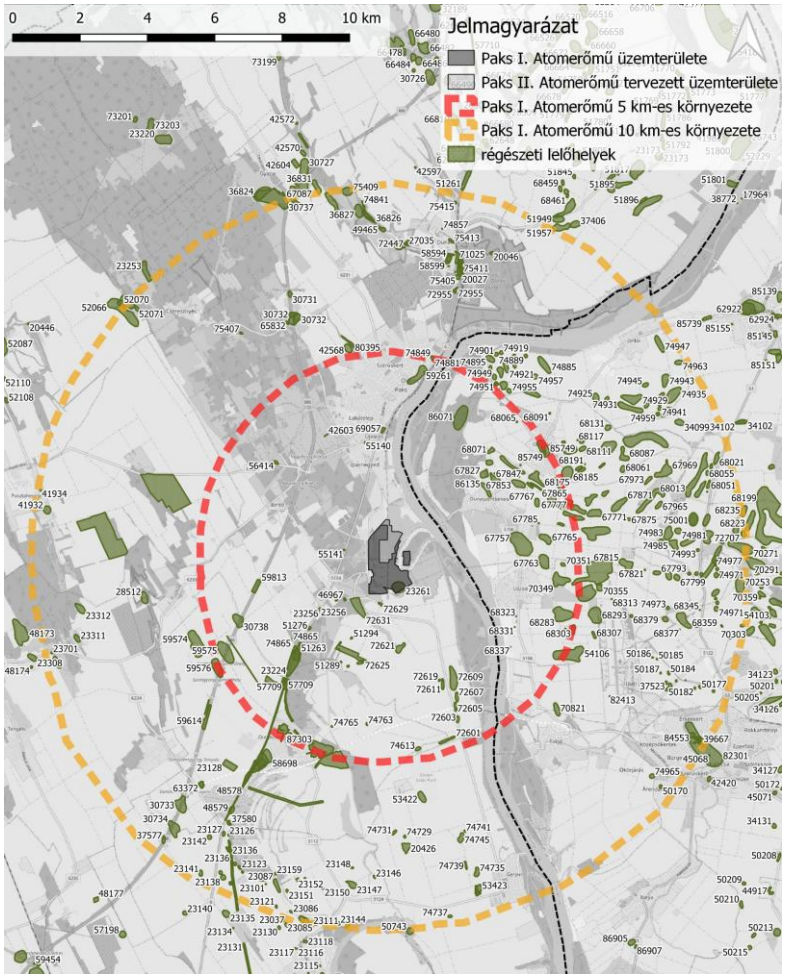
- A vizsgált településeken nem található világörökségi helyszín, azonban Paks, Dunaszentgyörgy és Fadd („A római birodalom határai – A dunai limes magyarországi szakasza”), továbbá Györköny, Uszód és Dunapataj („Magyarországi tájházak hálózata”) közigazgatási területén találhatók világörökség várományos helyszínek[9] .
- A vizsgált térségben a műemlékek jellemzően a települések belterületén találhatók. Az országosan elérhető és a helyi adatbázisok[10] alapján az atomerőmű 10 km-es környezetében 8 településen összesen 55 országos jelentőségű műemlék helyezkedik el, melyekből összesen 24 (5 településről) fekszik az 5 km-es környezeten belül. Ezek főként szakrális emlékek, illetve lakóházak. Elhelyezkedésüket *4.7.1.2-2. ábra* mutatja.

[9] Világörökségi Várományos Helyszínek Jegyzékéről szóló 27/2015. (VI. 2.) MvM rendelet, illetve a Magyarország és egyes kiemelt térségeinek területrendezési tervéről szóló 2018. évi CXXXIX. törvény szerint.
[10] Helyi Művi Értékvédelmi Kataszter, a települések HÉSZ mellékletei, muemlekem.hu weboldal.



4.7.1.2-2. ábra: Országos jelentőségű védett műemlékek a Paksi Atomerőmű 5 és 10 km-es környezetében

- Az atomerőmű 5 km-es környezetében Pakson 70 db, Dunaszentgyörgyön 39 db, Uszódon 4 db, Dunaszentbenedeken 39 db és Géderlakon 37 db helyi védelem alatt álló építmény (összesen 189 db) található. Ezek jellemzően szintén lakóépületek, egyházi-szakrális építmények és emlékek.
- Az atomerőmű 10 km-es környezetében összesen 336 nyilvántartott régészeti lelőhely található (*4.7.1.2-3. ábra*).
- A települési környezet védendő értékeinek tekinthetők a zöldfelületi elemek is, melyek az atomerőmű 5 km-es környezetén belül jellemzően Paks belterületén találhatók. Ezek a paksi löszfal, az Ürgemező, a Táncsics park, a régi református és a Virág utcai temetők, az atomerőmű sporttelepe, az intézményi és lakótelepi zöldfelületek, valamint az uszódi és dunaszentbenedeki temetők.



4.7.1.2-3. ábra: Régészeti lelőhelyek a Paksi Atomerőmű 5 és 10 km-es környezetében

4.7.2. A települési környezetre gyakorolt hatások

A várható hatások a Paksi Atomerőmű önálló és Paks II. Atomerőművel együttes üzemelése szempontjából kerültek vizsgálatra. A felhagyással pedig önálló környezeti hatásvizsgálatnak kell foglalkoznia.

Településkörnyezeti szempontból a normál üzemelés hatásai azonosak az alapállapot jellemzőivel, hiszen az atomerőmű léte, üzemelése alakította ki a jelenlegi területszerkezetet és a települési környezet jellemzőit.

4.7.2.1. A Paksi Atomerőmű önálló üzemelésének hatásai

A Paksi Atomerőmű önálló üzemelése hatásait az üzemelés megszüntetéséhez lehet viszonyítani, azaz az lehet a kérdés, hogy a települési környezetben milyen változások várhatók, amennyiben Paksi Atomerőmű leállításra kerül, további energiatermelés nem folyik az üzemben. Maga a létesítmény, az ahhoz tartozó építmények jó része az atomerőmű speciális leállíthatósága, felhagyása miatt várhatóan hosszabb távon is megmarad, ennek következményeit azonban nem kell részletesen vizsgálni, az a felhagyásra vonatkozó környezetvédelmi engedélyezésnek kell, hogy vizsgálati szempontja legyen. A környezeti hatásoknál az alapállapot részeként vizsgált, bemutatott jellemzőket vesszük figyelembe.

A telephely és környezetének terület- és településrendezési vonatkozásai

Az országos, vármegyei és települési léptékben is áttekintett rendezési tervek tartalma alapján elmondható, hogy a területfelhasználási egységek és térszerkezeti elemek vonatkozásában nem

várható a további üzemidő-hosszabbítás következtében érdemi változás. Az atomerőmű létét figyelembe vevő, korábban meghatározott területfejlesztési célok összhangban állnak a terület- és településrendezési tervekben is jelölt távlati vagy tervezett elemekkel. Az egyes előkészített és előrehaladott (pl. hatósági engedélyek rendelkezésre állnak vagy már a kivitelezés is folyamatban), vagy már megvalósított fejlesztések további területrendezési elemek megvalósulását (pl. beépítésre tervezett – lakó, gazdasági, egyéb különleges – területek vagy beépítésre nem szánt különleges területek esetén) indukálják. Nem zárható ki, hogy az atomerőmű üzemidejének további meghosszabbítása ezen további fejlesztések tényleges megvalósulását közvetetten nem befolyásolja.

Paks város településkörnyezeti jellemzőinek várható változása

Paks város általános településkörnyezeti jellemzői közül a város természetföldrajzi, illetve térszerkezeti pozíciója a további üzemidő-hosszabbítás következtében várhatóan nem változik. Változás ezen jellemzőkben az esetben sem várható, ha az energiatermelés a létesítményben megszűnik. Ilyen változás csak akkor becsülhető, ha az energiatermelés a Paksi Atomerőműben leáll és a Paks II. új blokkjai sem lépnek üzembe. Ez esetben, ha a foglalkoztatás pótlására valamilyen új beruházás nem érkezik a településre, elvándorlás és gazdasági hanyatlás várható a településen. Ez nemcsak a gazdasági, hanem a társadalmi jellemzőkben is változást hozhat. Az elvándorlás alapvetően a fiatalabb, szakképzettebb lakosságra lehet jellemző, ami a demográfiai viszonyokban (összlakos szám, korosztályi összetétel, képzettségi viszonyok) is kedvezőtlen változásokat eredményezhet. Amennyiben a további üzemidő-hosszabbítás megvalósul, akkor ezek a problémák nem merülnek fel, ezen jellemzőkben kimutatható, számottevő változás nem várható. A további üzemidő-hosszabbítás esetén tehát a jelen állapothoz hasonló helyzet várható mind a gazdasági, mind a társadalmi viszonyokban, a hatás semleges.

Szintén nem várható változás a műszaki és egyéb infrastruktúrák, intézményi ellátottság jellemzőiben sem, azok a jelen állapotnak megfelelő állapotban fenntarthatók a létesítmény gazdasági szempontból is meghatározó voltának köszönhetően.

A közlekedési hálózatok jellemzői az atomerőműtől függetlenül az új Duna-híd (Tomori Pál híd Kalocsa-Paks között) megvalósulásával változtak meg jelentősebben, ez várhatóan a Duna keleti oldalán is gazdaságélénkítő hatású lesz.

Az atomerőmű és város jó kapcsolata várhatóan nem változik, a további üzemidő-hosszabbítás időszakában is töretlen marad. A hatás javító, a város szempontjából kedvező állapot stabilan fennmarad. (A felhagyás a bevételek és a támogatások elmaradása miatt kedvezőtlenebb helyzetet teremthet.)

Védett értékek állapotára vonatkozó hatások

A települési környezetben mind az erőmű tágabb, mind szűkebb környezetében található védett, védendő értékek (épített környezet, zöldfelületek, kulturális örökség részeként a műemlékek, a régészeti emlékek) állapota az erőmű további üzemelésével összefüggésben várhatóan nem fog változni, azok megőrzési, fenntartási lehetősége változatlan marad. Ezen értékek veszélyeztetettségét a továbbüzemelés nem befolyásolja. (Az ipari létesítmény felhagyása, gazdaság élénkítő hatásának megszűnése esetén a fenntartásra fordítható költségek beszűkülése várható, ami az ilyen típusú megőrzési lehetőségek csökkenését is okozhatja.) A továbbüzemelés tehát a védett értékek szempontjából is semleges hatású. (A felhagyáshoz képest azonban kedvezőbb helyzet várható.)

A települési környezet szempontjából a hatásterület továbbra is elsősorban Paks közigazgatási területén belül (a város belterületi részei, összefüggő, városias, ipari területrészek) jelölhető ki.

4.7.2.2. A telephelyen üzemelő és tervezett nukleáris létesítmények együttes hatásai

A telephely és környezetének terület- és településrendezési vonatkozásai

Az országos, vármegyei és települési léptékben is áttekintett rendezési tervek tartalma alapján a területfelhasználási egységek és térszerkezeti elemek vonatkozásában nem zárható ki

egyértelműen, hogy az együttes működés következtében nem lesz változás. A Paksi Atomerőmű megléte és az új atomerőmű létesítése következtében már korábban meghatározott területfejlesztési célok azonban alapvetően összhangban állnak a terület- és településrendezési tervekben jelölt távlati vagy tervezett elemekkel. Az egyes előkészített és előrehaladott vagy már megvalósított fejlesztések következtében közvetlenül várható további területrendezési elemek megvalósulása. Ezek területi kiterjedése az új blokkok építéséhez, működtetéséhez kapcsolódva akár bővülhetnek (pl. új lakóterületek, infrastruktúrák).

Ugyanúgy, ahogy a Paksi Atomerőmű önálló üzemelése kapcsán is megállapításra került, hosszú távon valószínűsíthető, hogy ezen további fejlesztések tényleges megvalósulását közvetetten befolyásolhatja az együttes működés. Nem zárható ki például olyan mértékű munkaerő igény bővülés, mely távolabbi területek munkaerejének bevonását is szükségessé teszi, ami infrastruktúra fejlesztést, azaz területszerkezet változást is magával hozhat (Sárszentlőrinc – Tamási között távlatban tervezett másodrendű főúti összeköttetés megvalósításához többlet indok).

Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a csúcshűtő rendszer elhelyezése Gip-M/PI jelű atomerőművi ipari gazdasági területet, V-6 jelű vízgazdálkodási területet (horgásztavak), V-3 jelű vízgazdálkodási területet (árvízvédelmi töltés) és egy keskeny Ev jelű védelmi rendeltetésű erdőterület sávot érint. E miatt a területrendezési terv minimális módosítása szükségessé válik (a jelenleg nem iparterületként jelölt beavatkozással érintett terület ipari területhez történő csatolása).

Paks város településkörnyezeti jellemzőinek várható változása

Paks város általános településkörnyezeti jellemzői közül a város természetföldrajzi pozíciója nem változik az együttes üzemelés során sem. A térszerkezeti pozíció azonban a két atomerőmű együttes működésével és a város gazdasági erősödésével párhuzamosan javulhat . (Azaz a két erőmű együttes működése a szükséges szakképzett munkaerő megjelenésével, igényeik kielégítéséhez szükséges kiegészítő fejlesztések a lakhatástól a rekreációig további gazdasági erősödést hozhatnak a településnek.)

Ezt a megállapítást Tolna Megye Területfejlesztési Programja (2021-2030) is megerősíti, amikor a Paks II. megépítését taglalva megállapítja: *„A fejlesztésnek jelentős, nagy területet érintő társadalmi, gazdasági, infrastrukturális és környezeti hatásai lesznek.” … „A Paks II. beruházás nem csak Pakson fogja hatását éreztetni, hanem az onnan elérhető távolságon belül fekvő települések életére is jelentős hatással lesz. Cél, hogy a várható népességszám-növekedést a települések felkészülten tudják várni, illetve a lehető legtöbbet profitáljanak a beruházásból. Ezen célok eléréséhez szükséges a közintézmények és a vonalas infrastruktúra fejlesztése. A közintézmények fejlesztései, szolgáltatási színvonaluk emelése a már a településen élők kiszolgálását is javítja.”*

Amennyiben a két atomerőmű együttesen üzemel, akkor ezek a hatások még jelentősebbek lehetnek. Az új Duna híd lehetővé teszi Kalocsa felől is a munkaerő mozgását, hiszen a két város közti út mintegy 15 percre csökken, tehát a fejlesztés és a továbbüzemelés más megyére, járásra is kiterjedő kedvező, javító hatással jár.

A demográfiai helyzet is javul, hiszen a két erőmű együttes működése mindenképpen többletmunkaerő szükségletet jelent. Ez, ha nem is duplázza meg a két erőműben dolgozók számát, de mindenképpen több száz, ezres nagyságrendű szakképzett, várhatóan jórészt fiatal dolgozó és családjaik ellátását kell a környéken biztosítani. Ez részben idevándorlással, részben a környező településekről biztosítható. Nemcsak számban, de korosztályi összetételben is várható frissülés. A további üzemelés a Paks II. beüzemelésével lehetőséget biztosít fiatal szakemberek megjelenésének, képzésének. A vármegyei program a képzés és kutatás fejlesztését is célként tűzi ki, ami az erőművekhez köthető.

A további üzemidő-hosszabbítás, a két erőmű együttes működése mind a gazdasági, mind a társadalmi viszonyokban előnyös változásokat hozhat, a hatás javítónak értékelhető.

A műszaki és egyéb infrastruktúrák, intézményi ellátottság jellemzőire vonatkozóan is igaz, hogy a többlet munkaerő megjelenése kedvező hatásokat hozhat, erősítheti a megvalósulásuk,

bővülésük lehetőségeit. Az együttes működés az atomerőművek és város jó kapcsolatát tovább erősítheti, a város szempontjából kedvező állapot tovább javulhat.

Védett értékek állapotára vonatkozó hatások

Ahogy az az önálló üzemelés hatásainál is megállapításra került, a települési környezetben, mind az erőmű tágabb, mind szűkebb környezetében található védett, védendő értékek (épített környezet, zöldfelületek, kulturális örökség részeként a műemlékek, a régészeti emlékek) állapota a Paksi Atomerőmű további működésével összefüggésben várhatóan nem fog változni, azok megőrzési, fenntartási lehetősége változatlan marad, az értékek veszélyeztetettsége nem nő.

Az épített örökség közvetlenül az együttes működés következtében sem tekinthető hatásviselőnek. Sokkal inkább az együttes működéshez köthető egyéb területfejlesztési törekvések megvalósulása (pl. távlatban beépítésre szánt lakó-, gazdasági és egyéb különleges területek) járhat majd olyan következményekkel, melyek megvalósulása esetében egyértelműen nem zárható ki az épített örökség hatásviselőként való beazonosítása (pl. földmunkával járó kacsolódó tevékenységek által régészeti lelőhelyek érintettsége). Ennek mértéke és jelentősége az együttes működéssel közvetlenül vagy közvetetten összefüggésbe hozható egyéb fejlesztések, illetve azokhoz esetlegesen kapcsolódó egyéb beruházások földrajzi elhelyezésétől, illetve a megvalósulás egyéb valószínűsíthető hatásaitól is függ, de alapvetően nem a jelen tevékenységhez kötődve.

4.7.2.3. Havária és országhatáron átterjedő hatások

A hagyományos havária események várhatóan a települési környezetre vonatkozóan nem jelentenek kimutatható hatásokat. Településkörnyezeti szempontból – az országhatár távolságát figyelembe véve – országhatáron átterjedő hatásokkal nem kell számolni.

4.8. Nem radioaktív hulladékok kezelése

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. hulladékgazdálkodási rendszerére vonatkozóan rendelkezésre álló üzemi adatok és környezetvédelmi jelentések alapján megállapítható, hogy a telephelyen működő jelenlegi nem radioaktív hulladékgazdálkodási rendszer a gyakorlatban igazoltan jogszerű, ellenőrzött és megbízható módon működik, valamint alkalmas arra is, hogy a további üzemidő-hosszabbításhoz kapcsolódó előkészítési és végrehajtási időszak során megjelenő többlet-hulladékáramokat megfelelőségi kockázat nélkül kezelje. A hulladékok kezelése a keletkezési helyhez közel, frakciónként elkülönített gyűjtéssel indul, majd a telephelyi ideiglenes tárolási és üzemi gyűjtőhelyi infrastruktúrán keresztül jut el az engedéllyel rendelkező kezelő részére történő dokumentált átadásig, amely a hulladékáramok teljes körű visszakövethetőségét biztosítja. A rendszer működési logikája nem a telephelyi felhalmozódásra épül, hanem arra, hogy a hulladék a keletkezést követően szervezetten, ellenőrzötten és igazolhatóan kerüljön hasznosításra vagy ártalmatlanításra. Ennek különösen fontos eleme, hogy a veszélyes hulladékok telephelyi ideiglenes tárolása időben korlátozott, veszélyes hulladék esetében egy évnél hosszabb idejű tárolás nem megengedett, így a hulladékkezelési teljesítmény értékelésekor lényeges szempontrendszer, hogy egy adott évben a hasznosított vagy ártalmatlanított mennyiségek részben korábbi években keletkezett tételeket is tartalmazhatnak, illetve egy adott évben keletkezett hulladék egy része a következő év elején kerülhet ténylegesen átadásra és kezelésre. E sajátosság a telephelyi hulladékgazdálkodási folyamat természetes következménye, és nem a rendszer működési bizonytalanságát jelzi, hanem a kezelői kapacitásokhoz, a szállítások ütemezéséhez, valamint a hulladékáramok minősítési és előkészítési folyamataihoz igazodó, szabályozott működést tükröz.

A normál üzemelés időszakát reprezentáló 2014-2023 közötti üzemi időszak mennyiségi adatai alapján a termelési hulladékok nagyságrendje tartósan magas, ugyanakkor a hulladékképződés éven belüli és évek közötti alakulása alapvetően a nagykarbantartási ciklusok, a rekonstrukciók és a technológiai beavatkozások ütemezésével magyarázható. Ebben az időszakban a nem veszélyes termelési hulladék éves mennyisége átlagosan mintegy 1180 t/év nagyságrendben

alakult, és jellemzően körülbelül 700-2200 t/év tartományban ingadozott, míg a veszélyes termelési hulladék éves mennyisége átlagosan 390-400 t/év körül alakult. A bázisidőszak során tehát a telephely hulladékgazdálkodási rendszere egy olyan működési környezetben bizonyította alkalmasságát, ahol éves szinten akár ezer tonnás nagyságrendű, összetett és több frakciót érintő hulladékáramot kellett kezelni. A rendszer teljesítményének egyik legfontosabb indikátora, hogy a keletkező hulladék döntő hányada minden évben kezelésre került, vagyis hasznosítás vagy ártalmatlanítás útján igazolható módon elhagyta a telephelyet, és tartós felhalmozódás nem volt jellemző. A nem veszélyes frakciók esetében a hasznosítási arány a vizsgált időszak jelentős részében 60-90% között alakult, egyes években pedig a hasznosítás megközelítette a 90%-ot is, ami a szelektív gyűjtés hatékonyságára, a hasznosítható anyagáramok következetes leválasztására és a hulladékhierarchiának megfelelő gyakorlatra utal. A veszélyes hulladékok esetében a működés kockázatkezelési oldalról értékelhető, mivel ezen hulladékáramoknál a környezeti kockázatok, a csomagolási és jelölési fegyelem, a tárolási feltételek és a dokumentáltság elsődleges jelentőségűek. A veszélyes hulladékok kezelése a telephelyen ellenőrzött módon, elkülönített gyűjtési és tárolási feltételek mellett történik, és a rendszer működésébe épített időkorlátok miatt a veszélyes hulladékok nem halmozódhatnak fel szabályozatlanul, ami a környezeti biztonság szempontjából lényeges.

A jelen állapot bemutatására szolgáló 2023. évi adatok konkrétan is alátámasztják a rendszer működőképességét és azt, hogy a hulladékáramok döntő része az adott év során kezelésre került. A 2023. évben a keletkezett nem radioaktív hulladék mennyisége 1011,522 tonna volt, miközben az ártalmatlanított vagy hasznosított mennyiség 990,554 tonnát tett ki, ami azt jelenti, hogy a keletkezéshez viszonyítva a kezelési arány közel teljes körűnek tekinthető, és a telephelyen csak korlátozott mennyiség maradt zárókészletként a következő időszakra. A környezetvédelmi jelentések alapján a 2023. évben a hasznosítás aránya 70% felett volt, ami összhangban áll azzal, hogy a nem veszélyes frakciók jelentős része anyagában hasznosítható, és a telephelyi szelektív gyűjtési, előkezelési és átadási gyakorlat ezt ténylegesen támogatja. A 2023. évi adatok értelmezésénél ugyanakkor figyelembe kell venni a telephelyi ideiglenes tárolás működési sajátosságait, különösen a veszélyes hulladékok esetében. Mivel a veszélyes hulladékok legfeljebb egy évig tárolhatók, a 2023-ban kezelt mennyiségek részben tartalmazhatnak 2022-ben keletkezett tételeket, és fordítva, a 2023-ban keletkezett tételek egy része a szállítás és a kezelői átvétel ütemezése miatt áthúzódhat 2024 elejére. Ez a jelenség a hulladékgazdálkodási rendszer üzemmenetének része, és nem csökkenti a megfelelőséget, mert a folyamat lényege a dokumentált átadás és a tárolási időkorlátok betartása. A 2023. évi hulladékképződés volumene alapján a közel ezer tonnás nagyságrend elsősorban a normál üzemeltetés technológiai eredetű hulladékáramaihoz, a tervszerű megelőző karbantartásokhoz és időszakos nagykarbantartásokhoz, továbbá a technológiai rendszerek tisztításához és vízkezeléshez kapcsolódó műveletekhez köthető, míg az építési és kisebb átalakítási munkák, illetve a telephely-fenntartási és üzemviteli tevékenységek kiegészítő jelleggel járultak hozzá a mennyiségekhez. A 2023. évi kezelési adatok, a magas hasznosítási arány és a felhalmozódás hiánya összességében azt támasztja alá, hogy a telephelyi rendszer a jelen állapotban is stabilan működik, és a hulladékáramokat megfelelően, ellenőrzötten kezeli.

A további üzemidő-biztosításához kapcsolódó tevékenységek várható hatásainak értékelése során lényeges, hogy a 2026-2037 közötti előkészítési időszak és a 2038-2057 közötti végrehajtási időszak előrejelzett mennyiségei nem a teljes üzemi hulladékképződés helyébe lépnek, hanem a normál működéshez viszonyított többlet-hulladékáramokat fejezik ki. Ennek megfelelően a bázisidőszakban jellemző üzemi hulladékmennyiségekhez adódnak hozzá, és így határozzák meg az adott évek teljes hulladékképződését. Az előkészítési időszakra vonatkozó előrejelzés szerint az összes keletkező többlethulladék mennyisége jellemzően 420-560 t/év nagyságrendű, ugyanakkor 2031-ben és 2032-ben kiugró értékek várhatók, amikor a többlet elérheti a 700-760 t/év szintet. A többlethulladék összetétele ebben az időszakban döntően nem veszélyes, az arány várhatóan 80-90%, míg a veszélyes hulladék mennyisége jellemzően 20-90 t/év tartományban alakul. Mennyiségi értelemben ez azért lényeges, mert a bázisidőszaki 1000-2000 t/év üzemi tartományhoz képest az éves többlet jellemzően 260-760 t/év nagyságrendben jelentkezik, ami az egyes évek teljes hulladékképződésében nagyságrendileg 13-76%-os növekedést jelenthet, attól függően, hogy az adott évben a normál üzemi alapszint a

bázistartomány alsó vagy felső részéhez áll közelebb, illetve, hogy az előkészítési program mely szakasza a legintenzívebb.

A növekedés oka jellemzően nem egy folyamatos, kontrollálatlan terhelésnövekedés, hanem az, hogy az üzemszerű működés fenntartása mellett párhuzamosan, időszakosan koncentráltan zajlanak olyan célzott műszaki beavatkozások, amelyek hulladékképződéssel járnak. Ide tartoznak a rekonstrukciós és korszerűsítési projektek, egyes berendezések részleges cserei, segédüzemi rendszerek felújításai, állapotfelmérések és technológiai tisztítások, valamint a kapcsolódó építési és átalakítási jellegű munkák. Ezek a tevékenységek jellemzően nagy tömegű nem veszélyes frakciókat generálnak, tipikusan fémhulladékokat, inert építési és bontási hulladékokat, csomagolási anyagokat és egyéb üzemfenntartási eredetű hulladékokat, miközben a veszélyes frakciók mennyisége összességében alárendelt marad. A bázisidőszak adatai alapján a telephelyi rendszer korábban is kezelt ezer tonnás nagyságrendű éves hulladékáramokat, ezért a 2026-2037 közötti többlet-hulladékáramok kezelése műszakilag és szervezetileg a meglévő gyűjtőhelyi, logisztikai és dokumentációs renddel megoldható, és a jogszerű, ellenőrzött működés fenntartása reálisan biztosítható. A hulladékáramok tervezhető jellege és az, hogy a többlet döntően nem veszélyes frakciókból áll, szintén a kezelhetőséget erősíti, mivel a hasznosítási irányok és a kezelői kapacitások a nem veszélyes frakcióknál jellemzően szélesebb körben rendelkezésre állnak.

A 2038-2057 közötti végrehajtási időszak többlethulladék-terhelése a legtöbb évben mérsékeltebb és egyenletesebb, az előrejelzés szerint jellemzően 100-350 t/év nagyságrendű, amely a bázisidőszaki 1000-2000 t/év tartományhoz viszonyítva általában 5-35%-os növekményt jelent. Ezen belül a nem veszélyes frakciók mennyisége jellemzően 50-300 t/év, míg a veszélyes frakciók a legtöbb évben néhány tonnától néhány tíz tonna/év nagyságrendben maradnak, és arányuk általában 5-20% között alakul. A végrehajtási időszak képe tehát összességében kedvezőbb, mint az előkészítési szakaszé, mert a többlet kisebb, és tipikusan olyan, normál üzemmenethez hasonló hulladékképződési jelleggel társul, amelyet a telephelyi rendszer már a bázisidőszakban is jól kezelt. A végrehajtási időszakban ugyanakkor két évben, 2047-ben és 2048-ban markáns mennyiségi kiugrás várható, amikor az összes többlethulladék elérheti a mintegy 1800 t/év nagyságrendet, és ennek több mint 95%-a veszélyes hulladék, döntően azbeszttartalmú bontási anyag. A kiugrás értelmezési szempontból lényeges, mert nem az üzemszerű működésből adódó terhelés növekedését jelzi, hanem egy időben koncentrált, egyszeri jellegű bontási és rekonstrukciós program következménye, amelynek során nagy tömegű, azbesztet tartalmazó szerkezetek kerülhetnek eltávolításra. Ezen csúcsévekben az azbeszttartalmú hulladék mennyisége nagyságrendileg 1600-1700 tonnára becsülhető, és ez adja a veszélyes frakció dominanciáját. A csúcséveket követően a többlethulladék mennyisége visszatér a néhány tíz-százezer kg/év tartományba, vagyis a veszélyes frakció átmeneti túlsúlya nem tartós trend, hanem jól körülhatárolható, kezelhető időszaki jelenség. A telephelyi hulladékgazdálkodási rendszer megfelelősége szempontjából ennek az a jelentősége, hogy a rendszernek időszakosan kiemelt figyelemmel kell kezelnie egy nagy volumenű, veszélyes és speciális kezelési feltételeket igénylő hulladékáramot, ugyanakkor az átmenetiség és a programozható jelleg miatt a szükséges kapacitások, szállítások és átadások előre ütemezhetők, és a jogszerű kezelés biztosítható.

A hulladékképződés jellegét tekintve a nem veszélyes frakciók között a bázisidőszak és a prognózisok alapján is meghatározóak a fémhulladékok, különösen a vas- és acélhulladékok, továbbá az inert építési és bontási hulladékok, a csomagolási hulladékok, a zöldhulladék és a kábelhulladékok. A vas- és acélhulladék a nem veszélyes mennyiségen belül kiemelt arányt képvisel, és önmagában a teljes nem veszélyes mennyiség több, mint 50%-át is elérheti, ami összhangban van a telephely műszaki jellegével és azzal, hogy a karbantartási és rekonstrukciós beavatkozások során jelentős tömegű fémes anyagáram válik hulladékká, amely jellemzően jól hasznosítható. A veszélyes frakciók között tipikusan a technológiai üzemeltetéshez és karbantartáshoz kötődő hulladékok dominálnak, így különösen a fáradt olajok és olajos vizek, veszélyes vizes folyékony hulladékok, szennyezett szűrők és abszorbensek, továbbá egyes vegyszeres jellegű hulladékáramok. Az azbeszttartalmú hulladék normál években a veszélyes frakción belül jellemzően alárendelt, mintegy 4-5%-os arányt képvisel, ugyanakkor a

2047-2048 években várható bontási program miatt átmenetileg meghatározóvá válik. A hasznosítási teljesítmény szempontjából az adatok összességében kedvező képet mutatnak, a nem veszélyes frakcióknál a hasznosítási arány több évben is magas, és a környezetvédelmi jelentések alapján 2023-ban is 70% feletti hasznosítási arány volt jellemző, ami a telephelyi hulladékáramok hasznosítható részének következetes elkülönítését és átadását támasztja alá.

A hulladékgazdálkodáshoz kapcsolódó környezeti hatások értékelése alapján a terhelések jellemzően kismértékűek, időszakosak és lokális jellegűek, elsődlegesen a telephelyen belüli anyagmozgatási, gyűjtési és tárolási műveletekhez, illetve a telephely elhagyását követő szállításhoz kapcsolódnak. Normál üzemmenetben a jellemző hatások a belső logisztikából adódó zaj, a porzás lehetősége és a forgalmi terhelés időszakos növekedése, amelyek megfelelő szervezési intézkedések mellett nem okoznak tartós környezeti állapotváltozást. A szállítás hatásterülete tipikusan a telephely kapujától számított 300-500 méteres környezetre korlátozódik. A 2047-2048 közötti években az azbeszttartalmú hulladékok nagy mennyiségű elszállításával járó időszakban a telephelyen kívüli hatásterület időszakosan a fő közlekedési kapcsolatok mentén legfeljebb néhány kilométeres szakaszra terjedhet ki, ugyanakkor ez döntően a közlekedési eredetű zaj- és levegőterhelés átmeneti és kis mértékű növekedésében jelenik meg, és az erőmű teljes közúti forgalmához viszonyítva várhatóan elhanyagolható nagyságrendű többletet képvisel, ezért nem eredményez tartós vagy egészségügyi kockázatot jelentő környezeti terhelést. A vizsgálatok alapján országhatáron átterjedő környezeti hatás nem várható.

A fenti értékelési elemek összegzéseként megállapítható, hogy a telephely jelenlegi hagyományos (nem radioaktív) hulladékgazdálkodási rendszere a gyakorlatban igazoltan alkalmas a keletkező hulladékáramok biztonságos és jogszerű kezelésére. A 2014-2023 közötti bázisidőszakban a rendszer ezer tonnás nagyságrendű éves hulladékmennyiségeket kezelt, miközben a keletkező hulladék döntő része minden évben dokumentált módon hasznosításra vagy ártalmatlanításra került, és a hasznosítási arány több évben kifejezetten kedvező volt. A jelen állapotot reprezentáló 2023. év számszerű adatai is ezt támasztják alá, mivel 1011,522 t keletkezett hulladék mellett 990,554 t került kezelésre, és a hasznosítás aránya 70% feletti volt.

A veszélyes hulladékok esetében a tárolási időkorlátok betartása és a dokumentált átadás rendszerszintű garanciát jelent arra, hogy a hulladékáramok nem halmozódnak fel és a környezeti kockázatok kontroll alatt maradnak. A további üzemidő-hosszabbításhoz kapcsolódó előkészítési és végrehajtási időszakban várható többlet-hulladékáramok mennyisége és összetétele alapján a terhelés döntően tervezhető és időben korlátozott, a többlet a legtöbb évben mérsékelt, és még a kiugró években is egyértelműen jól azonosítható, egyszeri jellegű beavatkozásokhoz köthető.

Mindezek alapján megalapozottan kijelenthető, hogy a jelenlegi hulladékgazdálkodási rendszer nemcsak a jelenlegi üzemi állapot mellett működik megfelelően, hanem a további üzemidő-hosszabbítás előkészítése és végrehajtása során megjelenő többlet-hulladékterhelés mellett is képes lesz fenntartani a jogszabályszerű, ellenőrzött, nyomon követhető és környezetvédelmi szempontból biztonságos működést, és a hulladékok kezelése nem jelent olyan mértékű környezeti terhelést vagy kockázatot, amely a tervezett tevékenység megvalósíthatóságát korlátozná.

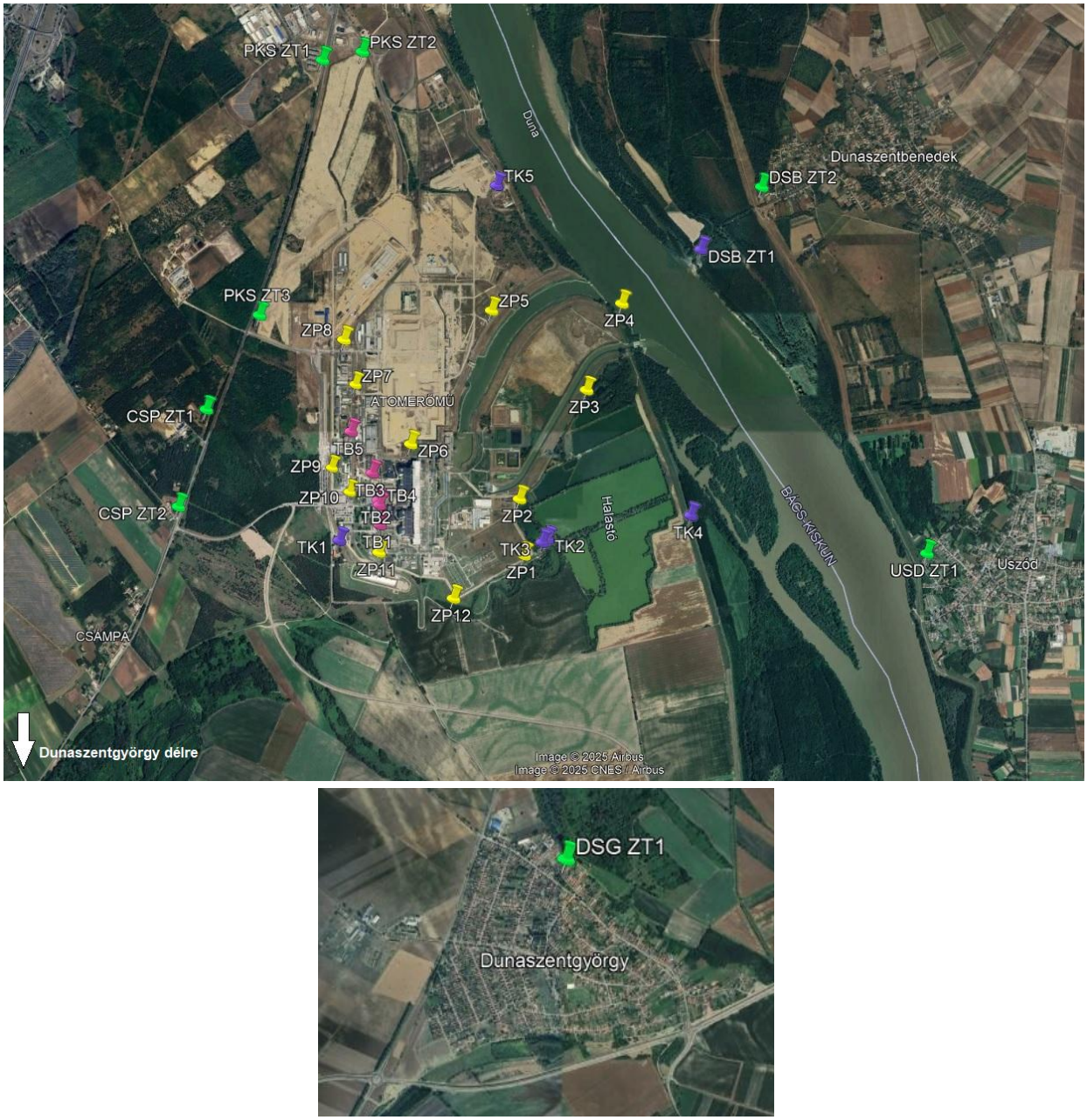
4.9. A zaj- és rezgésállapotra gyakorolt hatások

A Paksi Atomerőmű ipari üzemként zajterhelést okoz a környezetében, illetve az üzemelés járműforgalmat is indukál a megközelítési útvonalakon. Az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódóan az aktuális környezeti zajhelyzetet zajvédelmi szempontú alapállapot mérések, az alapállapoti közúti forgalomra vonatkozó értékeket útforgalmi adatokra épülő zajszámítás mutatja be.

A Paksi Atomerőmű önálló és a Paks II. Atomerőművel való együttes üzemeléséből eredő zajkibocsátás hatásainak értékelése, egy zaj szempontjából jelentős havária eset hatásának vizsgálata, valamint a zaj szempontú hatásterületek lehatárolása zajmodellezésre épülő számítási módszerrel kerül bemutatásra. A vizsgálatok során a Paksi Atomerőmű üzemelése óta eltelt időszak archív zajterhelési adatai és zajvédelmi szempontú eredményei is feldolgozásra kerültek.

4.9.1. Zaj szempontú alapállapot, az üzemi és a közúti forgalom indukálta háttérterhelés

A Paksi Atomerőmű üzemi zajterhelésének és az üzem háttérterhelésének vizsgálatára a feltételezett közvetlen hatásterületen belül, a legközelebbi védendő területen, a legközelebbi védendő létesítményeknél a Paksi Atomerőmű telephelye súlypontjától mért kb. 3 km-es körzetben került sor. A zajmérési pontokat a *4.9.1-1. ábra* mutatja.



Jelmagyarázat:

PKS: Paks, CSP: Csámpa, DSB: Dunaszentbenedek, USD: Uszód, DSG: Dunaszentgyörgy, ZT: zajterhelési pont, ZP: zajmérési pont telekhatáron, TK: Paksi Atomerőmű területén kívüli referenciapont, TB: Paks Atomerőmű területén belüli referencia pont.

4.9.1-1. ábra: Zajmérési pontok áttekintő térképe

A helyszíni vizsgálatok alapján a Paksi Atomerőmű üzemi zajterhelése a környező lakóterületeken alacsony, ezért nem érzékelhető és nem mérhető az alapzajtól függetlenül. A környezetben a Paksi Atomerőművön kívül egyéb jelentős ipari létesítmény nincs, ezért az üzem háttérterhelésének meghatározásánál a 95%-os gyakoriságú zajszinteket lehet figyelembe venni, melyeket a *4.9.1-1. táblázat* tartalmaz.

4.9.1-1. táblázat: Referenciaként alkalmazható üzemi háttérterhelések

Település (övezet)	Mérési pont jele	Üzemi háttérterhelés [dB]		A háttérterhelés meghatározásának alapja [dB]
		Nappal	Éjjel	
Dunaszentbenedek (Lf)	DSB ZT2	28,8	29,7	$L_{AF95\%}$
Uszód (Lf)	USD ZT1	24,1	24,7	$L_{AF95\%}$
Dunaszentgyörgy (Lf)	DSG ZT1	26,9	25,9	$L_{AF95\%}$
Paks (Vi-M/10, K-Eü); Paks-Csámpa (Lf)	CSP ZT2 HT	40,1	33,1	$L_{AF95\%}$
Paks (gazdasági és egyéb övezetekre)	TK4 HT	29,4	35,0	$L_{AF95\%}$

Megjegyzés: Lf – falusias lakóterület, Vi-M/10 – intézményi terület (oktatási és továbbképző központ, kereskedelmi, szolgáltató, szállásjellegű, munkásszállás, iroda, kutatás-fejlesztés, sport rendeltetés) K-Eü – egészségügyi központ területe.

A közlekedési járulékos zajterhelés a főbb, az atomerőműhöz kapcsolódó közlekedéssel érintett útvonalak, a 6. sz. főút és az M6-os autópálya mentén az alaptevékenység megvalósítási helyszínétől (a Paksi Atomerőműtől) legfeljebb 25 km távolságon belül Paks, Dunaszentgyörgy, Dunaföldvár, Tengelic, Fácánkert településeken került figyelembevételre.

Az alapállapoti közúti zajterhelés (háttérterhelés) tekintetében az M6-os autópálya melletti védendő referenciapontoknál a zajterhelési határértékek minden vizsgálati ponton határérték alatt maradnak. A 6. sz. főút melletti védendő referenciapontoknál Dunaföldvár és Paks Csámpapuszta 22. kivételével a vizsgálati pontokon néhány dB határérték túllépés adódik a nappali és/vagy az éjszakai órákban.

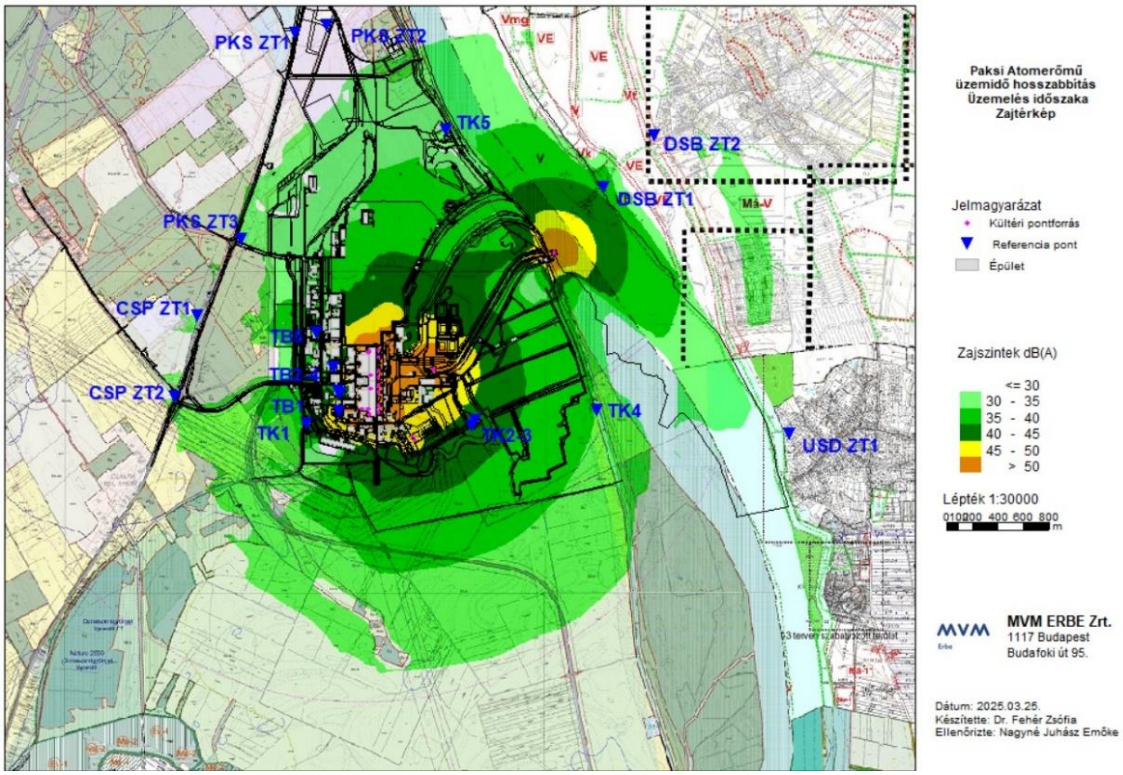
4.9.2. A Paksi Atomerőmű normál üzemelésének jelenlegi hatásai

Zajvizsgálati szempontból az atomerőmű normál üzemelése alatt vizsgálandó hatótényező a zajterhelést okozó zajforrások zajkibocsátása. A közvetlen zaj szempontú hatások az üzemi területen jelentkeznek. A Paksi Atomerőmű főépületek turbina csarnokaiban 8 db gőzturbina működik. Ezekhez kapcsolódnak az épület keleti részén lévő transzformátortelep berendezései. A főépület középső része mellett a hűtőgépház található. Az üzemi működéshez tartozik a hidegvíz-csatorna belső végén lévő 2 db vízkivételi mű búvárszivattyúkkal. A 12 bar-os tűzivíz szivattyúház és két szivattyúház az üzemi terület keleti határán van. A terület délkeleti határán helyezkedik el a szabadtéri transzformátorállomás és a hálózati vezénylő. A nagynyomású kompresszor az üzemi terület déli határán lévő épületben foglal helyet. A Dunából a hidegvíz-csatornán keresztül kivett, majd felhasznált hűtővíz a melegvíz-csatornába a szinttartó bukón keresztül jut. A melegvíz-csatorna vize a Dunába kerül visszavezetésre. Az áramlási sebességből adódó erőket az energiatörő műtárgy fogja fel a folyóba való visszavezetés előtt. Az atomerőmű folyamatos működése szempontjából szükségesek a területen lévő karbantartó műhelyekben végzett tevékenységek. A hidrogén épület – mely jelenleg kisnyomású kompresszorházként funkcionál – az erőmű délkeleti régiójában helyezkedik el.

A Paksi Atomerőmű valós zajterhelése a távoli zajtól védendő terhelési pontokra vonatkozóan (ahol az atomerőmű zajterhelése már olyan alacsony, hogy helyszíni mérésekkel nem mérhető ki) az erőmű üzemi zajforrásaihoz közeli mérési pontokra alapozott zajmodell alapján került meghatározásra. A zajmodellezés alapján megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű jelenlegi környezeti zajterhelése az előírt zajterhelési határérték alatt marad (*4.9.2-1. táblázat*). A Paksi Atomerőmű zajkibocsátását a *4.9.2-1. ábrán* látható zajtérkép szemlélteti.

4.9.2-1. táblázat: A Paksi Atomerőmű üzemi zajterhelése és a zajterhelési határértékek

Jel	Védendő létesítmény, védendő terület	Határérték [dB] Nappal/Éjjel	Zajterhelés [dB] Nappal/Éjjel
PKS ZT1	Paks, Vi-M/10 vegyes intézményi területen épülő munkásszálló	55/45	27/27
PKS ZT2	Paks Különleges egészségügyi központ elhelyezésére szolgáló terület 8802/34 hrsz.	45/35	28/28
PKS ZT3	Paks, Paksi Atomerőmű északi bejáránál lévő lakóház 057/11 hrsz.	60/50	31/31
CSP ZT1	Paks, Csámpapuszta 22. Csámpai Fenyvestanya 0292/2 hrsz.	50/40	32/32
CSP ZT2	Paks, Csámpapuszta 33. (2.) Csámpai Faluház 0191/23 hrsz.	50/40	30/30
DSG ZT1	Dunaszentgyörgy Béke tér 22. lakóház 112/1 hrsz.	50/40	5/5
DSB ZT2	Dunaszentbenedek Zöldfa u. 3. lakóház 581/2 hrsz.	50/40	27/27
USD ZT1	Uszód Béke u. 15. lakóház 044 hrsz.	50/40	28/28
TB4	Paks, Paksi Atomerőmű orvosi rendelő	60/50	46/46
TB5	Paks, Paksi Atomerőmű tűzoltó laktanya	60/50	42/42



Jelmagyarázat: PKS: Paks, CSP: Csámpa, DSB: Dunaszentbenedek, USD: Uszód, DSG: Dunaszentgyörgy, ZT: zajterhelési pont.

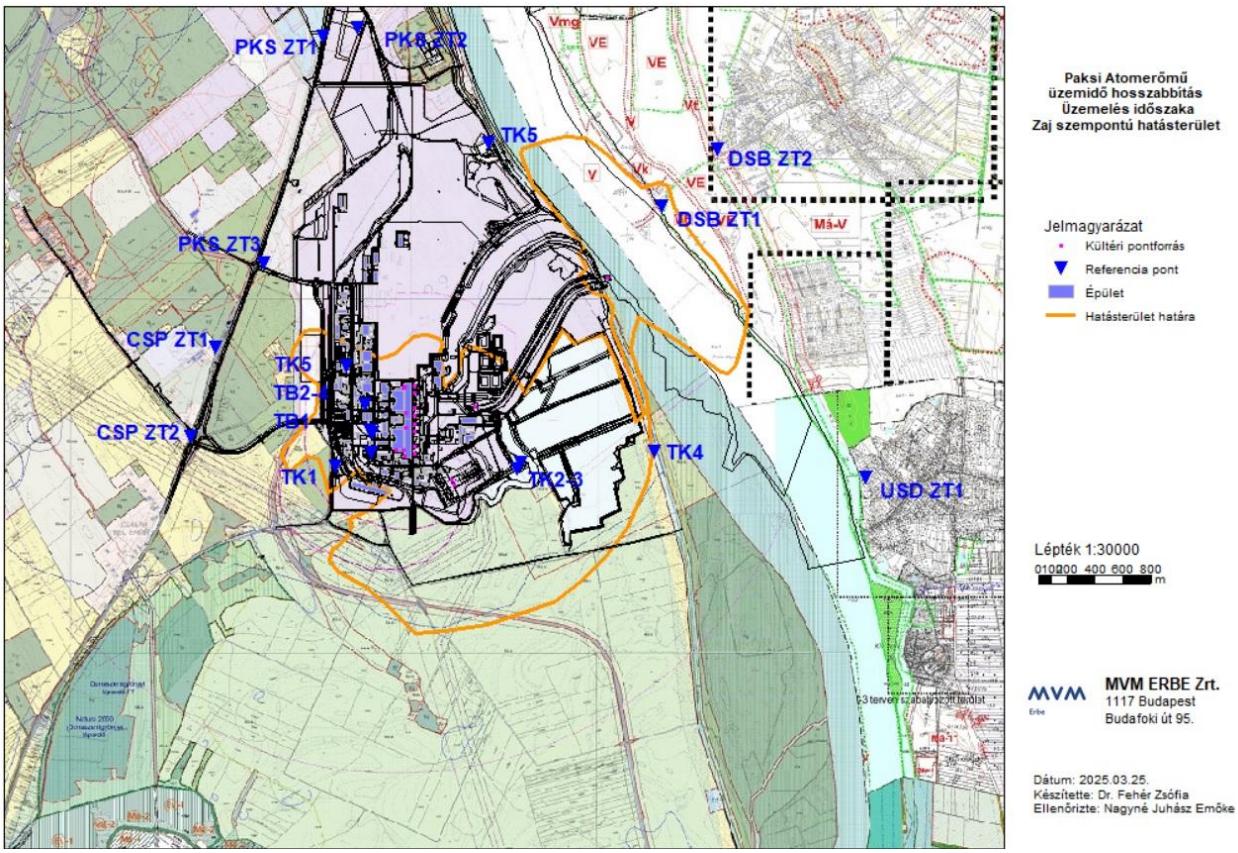
4.9.2-1. ábra: A Paksi Atomerőmű üzemelésének időszakára vonatkozó zajtérkép

Az archív adatokkal (a Paksi Atomerőmű első üzemidő-hosszabbítására vonatkozó KHT /2006/, a Paks II. létesítésére vonatkozó KHT /2012/) való összevetés alapján az atomerőmű zajkibocsátása nem nőtt 2006 óta. A 2006. évi, az első üzemidő-hosszabbításra vonatkozó vizsgálat óta eltelt időtartamot nézve a havária esetén működő berendezéseknél történt

fejlesztés, de a zajkibocsátás hatásterületét a nappal tesztelt havária üzemi zajforrások nem befolyásolják.

A 2012. évi adatokkal (Paks II. KHT) összehasonlítva az atomerőmű üzemi zajterhelése az azóta eltelt 12 év alatt sem nőtt. A helyszíni 2024. évi zajvizsgálati eredményekre alapozott részletes zajterjedési modell alapján a Paksi Atomerőmű jelenlegi üzemi zajvédelmi szempontú hatásterülete Paks és Dunaszentbenedek közigazgatási határát érinti, az erőmű környezetében fekvő lakóterületeket, védendő övezeteket azonban nem érint.

Az atomerőmű zajkibocsátásából eredően országhatáron átterjedő hatás nem lesz, mert a hatásterület az atomerőmű néhány kilométeres körzetére lokalizálódik. Az atomerőmű üzemi zajterhelése a környezeti hatások minősítése szempontjából a környező védendő épületek, védendő területek tekintetében hosszú távú és semleges kategóriába sorolható, az üzemi területen belül pedig terhelő. Az atomerőmű zajvédelmi szempontú hatásterületét a *4.9.2-2. ábra* szemlélteti.



Jelmagyarázat: PKS: Paks, CSP: Csámpa, DSB: Dunaszentbenedek, USD: Uszód, DSG: Dunaszentgyörgy, ZT: zajterhelési pont.

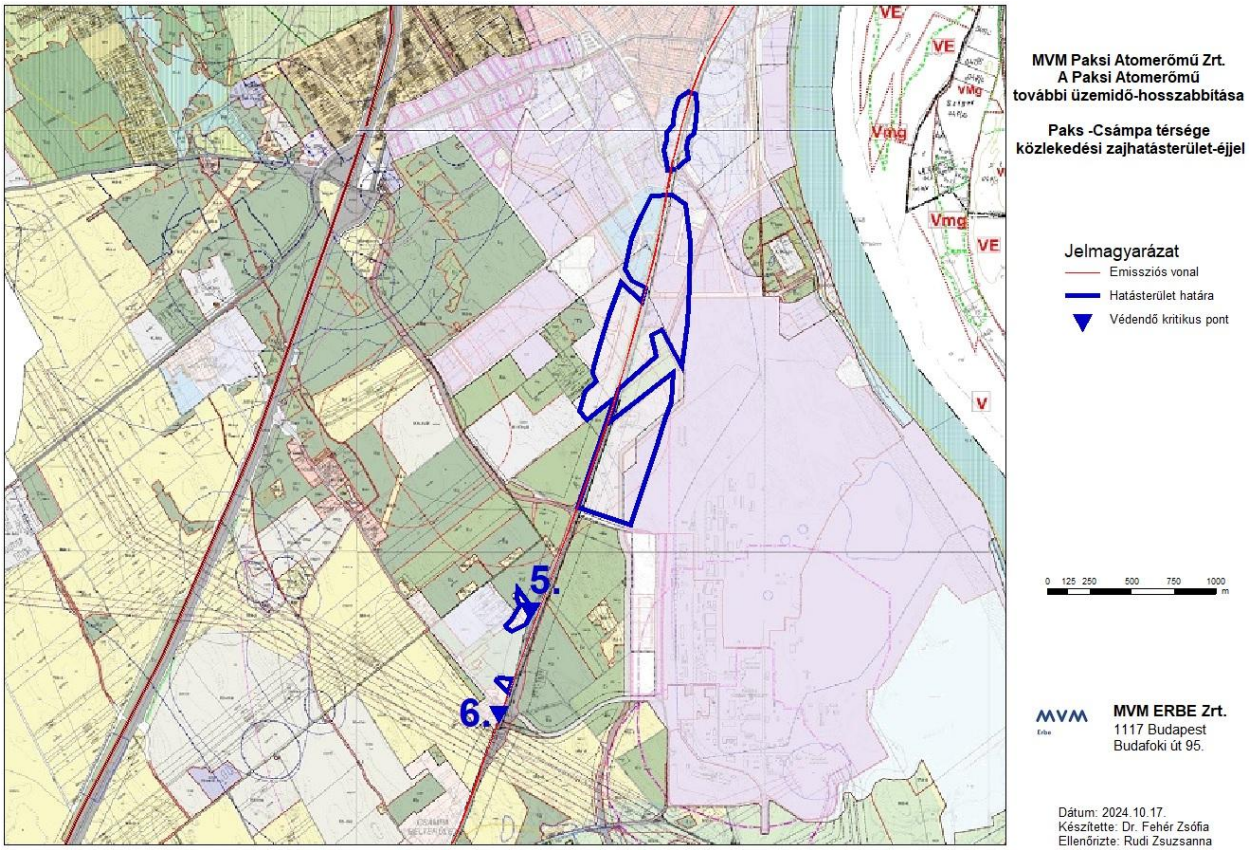
4.9.2-2. ábra: A Paksi Atomerőmű normál üzemi zajvédelmi szempontú hatásterülete a zaj ellen védendő objektumok feltüntetésével

Az archív vizsgálatok eredménye szerint rezgésterhelés – sem alapállapoti, sem a Paksi Atomerőmű tekintetében – kritikus mértékben nem valószínűsíthető.

Az atomerőmű üzemelésének közvetett hatását a zajterhelést okozó közlekedési zajforrások zajkibocsátásai jellemzik, mint hatótényezők. A Paksi Atomerőmű működéséhez köthető személygépjármű forgalom nagysága – figyelembe véve a külső parkolók telítettségét, a parkoló járművek napi rotációját az egyes parkolóhelyeken, és az erőműbe behajtó járműveket – kb. 1920 db személygépkocsi a nappali (6:00-22:00 óra közötti) időszakban és kb. 220 db jármű az éjszakai (22:00-6:00 óra között) időszakban. A tehergépjárművek (jellemzően könnyű tehergépjárművek) forgalma nappal kb. 450 db, éjjel kb. 40 db jármű. A Paksi Atomerőműhöz köthető motorkerékpár forgalom nappal kb. 90 db, éjjel elhanyagolható. Az atomerőművet érintő

menetrend szerinti szerződéses buszjáratok számát az egyes útszakaszokon a buszmenetrend határozza meg. A gépjárművek a 6. sz. főúton és az M6-os autópályán északi és déli irányba haladnak, az útszakaszokon oda-vissza közlekednek. A gépjárművek a vizsgált két úton nappal kb. 2/3 arányban az északi, kb. 1/3 arányban a déli irányban haladnak, a paksi csomópont (Kölesdi út) feletti szakaszokon a számuk már nem jelentős. Az erőműhöz köthető gépjármű-forgalom kb. 10%-a megy tovább az M6-os autópályára, 90%-a a 6. sz. főúton marad. A szerződéses buszok az M6-os autópályát jellemzően nem használják.

A Paksi Atomerőmű működéséhez köthető gépjármű forgalmi adatok alapján Dunaszentgyörgy és Paks-Észak között jelentkeznek nagyobb terhelési értékek a 6. sz. főút vonatkozásában, az M6-os autópályánál az üzemeléshez köthető közlekedéssel kapcsolatban zajterhelés növekmény nem mutatható ki. Közvetett hatásterület az érintett útszakaszoknál a 6. sz. főút mentén, a Paks-Csámpa út melletti lakóházaknál alakul ki (*4.9.2-3. ábra*). Az atomerőmű közlekedési zajterhelése a környezeti hatások minősítése szempontjából a védendő épületek, védendő területek tekintetében hosszú távú, a semleges-elviselhető kategóriákba sorolható. 2006-ban az erőművi forgalomra alacsonyabb érték adódott, de az azóta eltelt időben változtak a közlekedési szokások, az utak forgalma és az erőművi forgalom is nőtt, ennek megfelelően, arányosan.



4.9.2-3. ábra: A Paksi Atomerőműhöz kapcsolódó közlekedés zajvédelmi szempontú hatásterülete

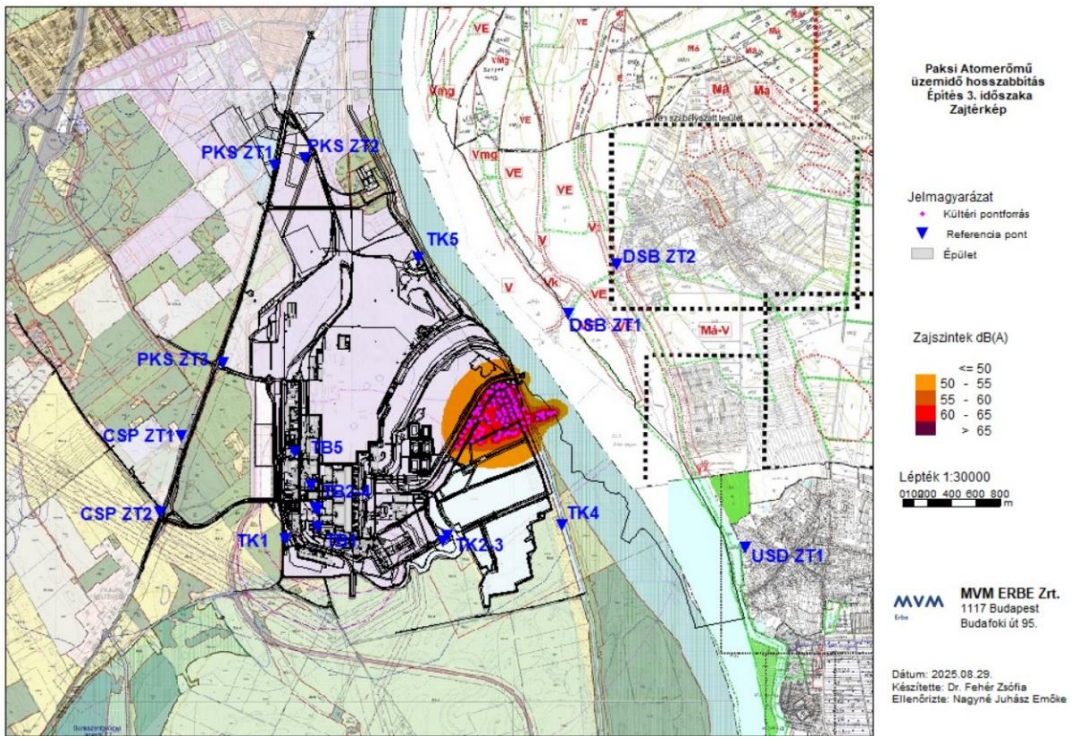
4.9.3. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítésének várható hatásai

A TÜH előkészítésének részeként tervezett tevékenységek közül az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúcshűtő rendszer építéséből eredően kell számottevő zajkibocsátással számolni. A hatótényezők az építési időszakban a zajterhelést okozó építési munkagépek. Az építési fázis várhatóan legnagyobb zajterhelést okozó szakasza a gépi földmunkák végzése, amikor jellemzően kotrógépek, tolólapos dózerek, hengerek, földnyesők, földgyaluk és tehergépjárművek üzemelnek. Az építés során nappali munkavégzés került figyelembevételre. Az építési munkák zajterhelését a legnagyobb zajkibocsátással járó, legnagyobb zajterhelést adó építési fázisban és a zajterhelési határértékeket a *4.9.3-1. táblázat* mutatja.

4.9.3-1. táblázat: Az építési munkák zajterhelése a legnagyobb zajkibocsátással járó, legnagyobb zajterhelést adó építési fázisban és a zajterhelési határértékek

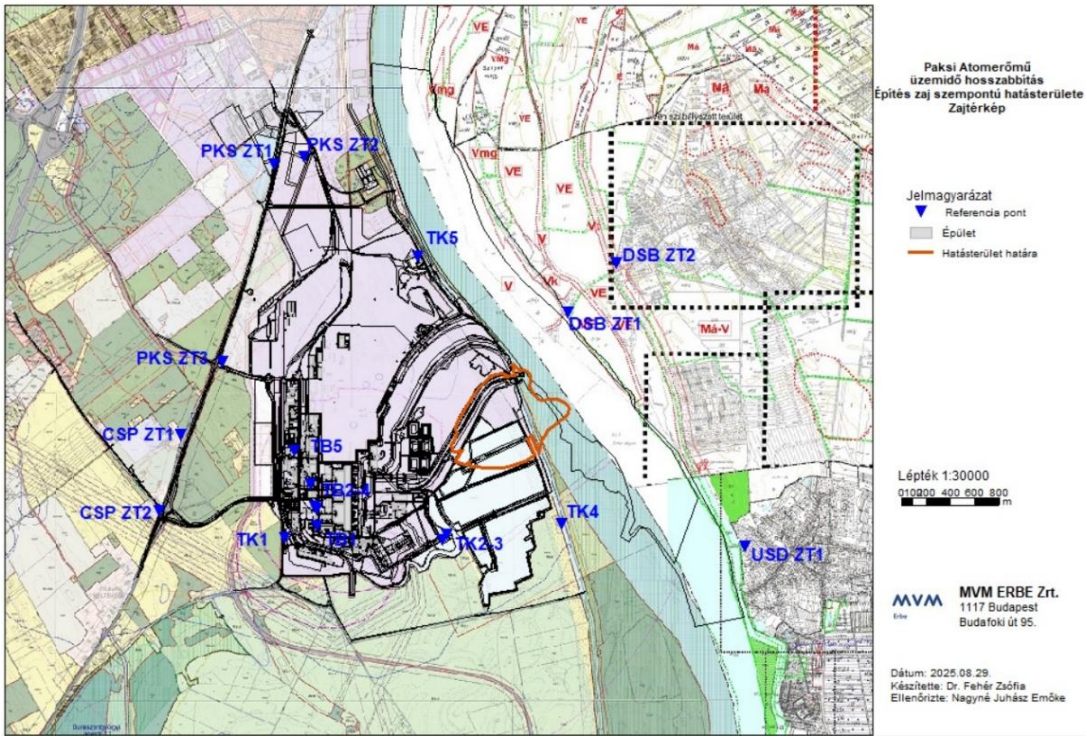
Jel	Védendő létesítmény, védendő terület	Zajterhelés nappal [dB]	Határérték nappal [dB]
PKS ZT1	Paks, Vi-M/10 vegyes intézményi területen épülő munkásszálló	29	60
PKS ZT2	Paks Különleges egészségügyi központ elhelyezésére szolgáló terület 8802/34 hrsz.	30	50
PKS ZT3	Paks, Paksi Atomerőmű északi bejáróánál lévő lakóház 057/11 hrsz.	32	65
CSP ZT1	Paks, Csámpapuszta 22. Csámpai Fenyvestanya 0292/2 hrsz.	30	55
CSP ZT2	Paks, Csámpapuszta 33. (2.) Csámpai Faluház 0191/23 hrsz.	28	55
DSG ZT1	Dunaszentgyörgy Béke tér 22. lakóház 112/1 hrsz.	0	55
DSB ZT2	Dunaszentbenedek Zöldfa u. 3. lakóház 581/2 hrsz.	29	55
USD ZT1	Uszód Béke u. 15. lakóház 044 hrsz.	31	55
TB4	Paks, Paksi Atomerőmű orvosi rendelő	34	65
TB5	Paks, Paksi Atomerőmű tűzoltó laktanya	37	65

Az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer kiépítésénél az építési tevékenységre vonatkozó zajterhelési határértékek várhatóan teljesülnek (*4.9.3-1. ábra*). A csúcshűtő rendszer kiépítésének zajvédelmi szempontú hatásterülete nem védendő övezetekre és a Paksi Atomerőmű védendő létesítményt nem tartalmazó gazdasági területére terjed ki (*4.9.3-2. ábra*). A zajkibocsátásból eredő hatások az építési időszakra semlegesnek tekinthetők.



Jelmagyarázat: PKS: Paks, CSP: Csámpa, DSB: Dunaszentbenedek, USD: Uszód, DSG: Dunaszentgyörgy, ZT: zajterhelési pont.

4.9.3-1. ábra: Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúcshűtő rendszer legnagyobb zajterheléssel járó építési fázisának zajtérképe



Jelmagyarázat: PKS: Paks, CSP: Csámpa, DSB: Dunaszentbenedek,
USD: Uszód, DSG: Dunaszentgyörgy, ZT: zajterhelési pont.

4.9.3-2. ábra: Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúcshűtő rendszer legnagyobb zajterheléssel járó építési fázisának zajvédelmi szempontú hatásterülete

4.9.4. A további üzemidő-hosszabbítás miatt várható változások

A TÜH időtartamára vonatkozóan a jelenlegi zajterheléshez képest számottevő változás nem várható a csúcshűtő rendszer kritikus időszakokban szükséges üzemeltetésének kivételével. A csúcshűtő rendszer üzemelése nélküli esetben a jelenlegi terheléssel lehet számolni a továbbiakban is. A csúcshűtő rendszer üzembe helyezését követően a legnagyobb zajterhelést jelentő állapot az lesz, amikor az új, alternatív melegvíz-csatornán, a működő csúcshűtő rendszeren áthaladva kerül a felmelegedett hűtővíz a Dunába visszavezetésre.

A TÜH időszakában a Paksi Atomerőmű jelenlegi zajforrásai mellett további zajforrásokat az új szinttartó bukó, az új energiatörő műtárgy, a hűtőcellák ventilátorai, levegőbeszívó nyílásai, a transzformátor és a szivattyútelep szivattyúi jelentenek.

A Paksi Atomerőmű csúcshűtő rendszerrel történő üzemelésekor a rendszer üzemi zajforrásai zajterhelési határérték túllépéseket okozhatnak. A csúcshűtő rendszer zajcsökkentéseit ezért úgy alakítják ki, hogy az övezeti határértékek teljesüljenek Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes üzemelése esetén is.

A Paksi Atomerőmű csúcshűtő rendszerrel történő üzemelésekor az üzem önálló zajterhelése a környezeti hatások minősítése szempontjából a környező védendő épületek, védendő területek tekintetében várhatóan hosszú távú, Uszódon terhelő, az üzemi területen belül terhelő, egyéb védendő övezetekben semleges kategóriába sorolható.

A Paksi Atomerőmű csúcshűtő rendszerrel történő üzemelésekor a Paks II. is üzemelni fog, az együttes zajterhelés és hatásterület ennek megfelelően került vizsgálatra és bemutatásra. Az együttes üzemelés alatti zajterhelés vizsgálatánál a Paksi Atomerőmű zajforrásai a csúcshűtő rendszerrel kiegészítve és a Paks II. üzemi zajforrásai kerültek figyelembevételre. Utóbbiak a Paks II. szabad területein, illetve épületeihez köthető olyan technológiai berendezések, amelyek a légköri környezettel állnak kapcsolatban.

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemeléséhez köthető zajterhelés a legközelebbi lakóövezeteknél várhatóan megközelíti az övezeti határértékeket a Paksi Atomerőmű csúcshűtő

rendszere üzemelésének figyelembevételével és anélkül is, azonban azokat – megfelelő zajcsökkentésekkel – nem haladja meg.

A Paksi Atomerőmű csúcshűtő rendszerének kiépítésénél a zajcsökkentéseket úgy kell tervezni, hogy a várhatóan eleve zajhatárérték közeli zajterhelések ne emelkedjenek, a hatásterület ne növekedjen jelentős mértékben. Az egészségügyi központ déli és keleti határaira szükséges lehet zajvédő falat tenni. A megvalósulást követő visszamérés és az aktuális háttérterhelés alapján szükséges erről majd döntést hozni.

A tervezett csúcshűtő rendszerrel üzemelő Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes működéséből eredő zajterhelés számított értékeit a *4.9.4-1. táblázat* mutatja. A csúcshűtő rendszerrel üzemelő Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes zajkibocsátását a *4.9.4-1. ábrán* látható zajtérkép szemlélteti.

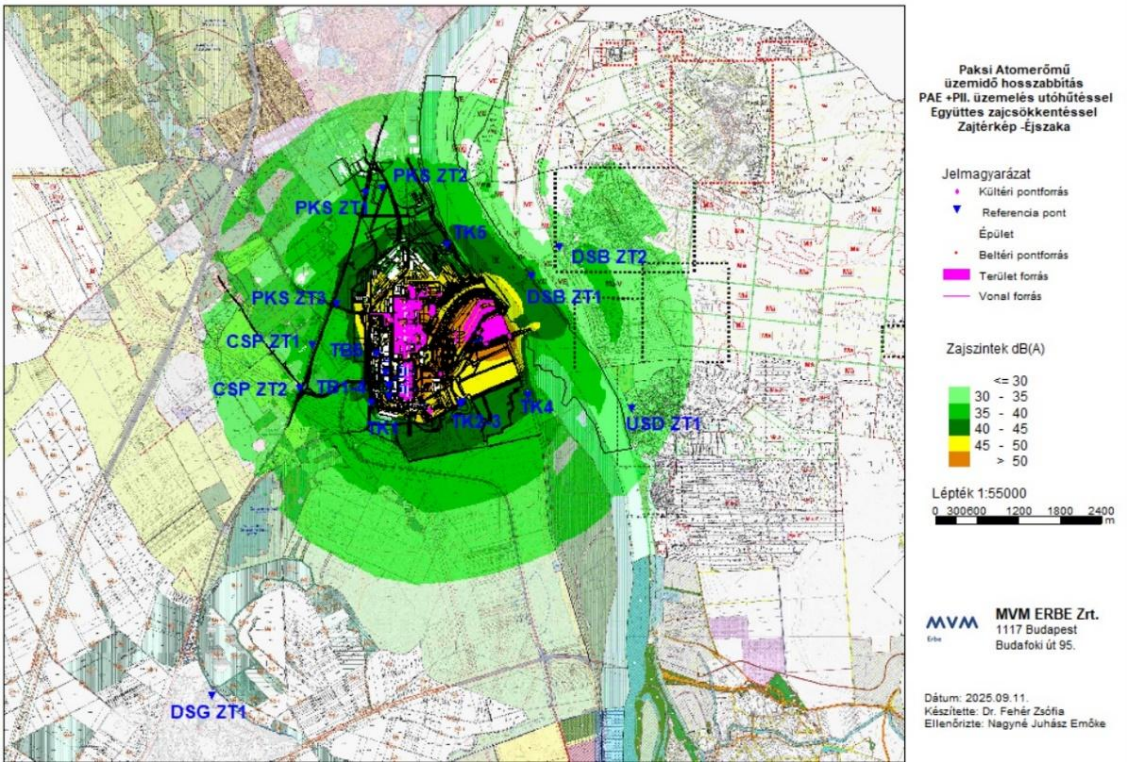
4.9.4-1. táblázat: A csúcshűtő rendszerrel üzemelő Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes működéséből eredő üzemi zajterhelés

Jel	Védendő létesítmény, védendő terület	Határérték Nappal/Éjjel [dB]	Zajterhelés zajcsökkentéssel Nappal/Éjjel [dB]
PKS ZT1	Paks, Vi-M/10 vegyes intézményi területen épülő munkásszálló	55/45	36/36
PKS ZT2	Paks Különleges egészségügyi központ elhelyezésére szolgáló terület 8802/34 hrsz.	45/35	36/36
PKS ZT3	Paks, Paksi Atomerőmű északi bejárónál lévő lakóház 057/11 hrsz.	60/50	42/42
CSP ZT1	Paks, Csámpapuszta 22. Csámpai Fenyvestanya 0292/2 hrsz.	50/40	40/40
CSP ZT2	Paks, Csámpapuszta 33. (2.) Csámpai Faluház 0191/23 hrsz.	50/40	36/36
DSG ZT1	Dunaszentgyörgy Béke tér 22. lakóház 112/1 hrsz.	50/40	5/5
DSB ZT2	Dunaszentbenedek Zöldfa u. 3. lakóház 581/2 hrsz.	50/40	34/34
USD ZT1	Uszód Béke u. 15. lakóház 044 hrsz.	50/40	33/33
TB4	Paks, Paksi Atomerőmű orvosi rendelő	60/50	46/46
TB5	Paks, Paksi Atomerőmű tűzoltó laktanya	60/50	49/49

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemelésének zajvédelmi szempontú hatásterülete a Paksi Atomerőmű csúcshűtő rendszerének figyelembevételével és anékül is Paks, Dunaszentbenedek és Uszód közigazgatási területére terjed ki, érintve a környező Paks-Csámpa, Dunaszentbenedek és Uszód lakóövezeteit is (*4.9.4-2. ábra*).

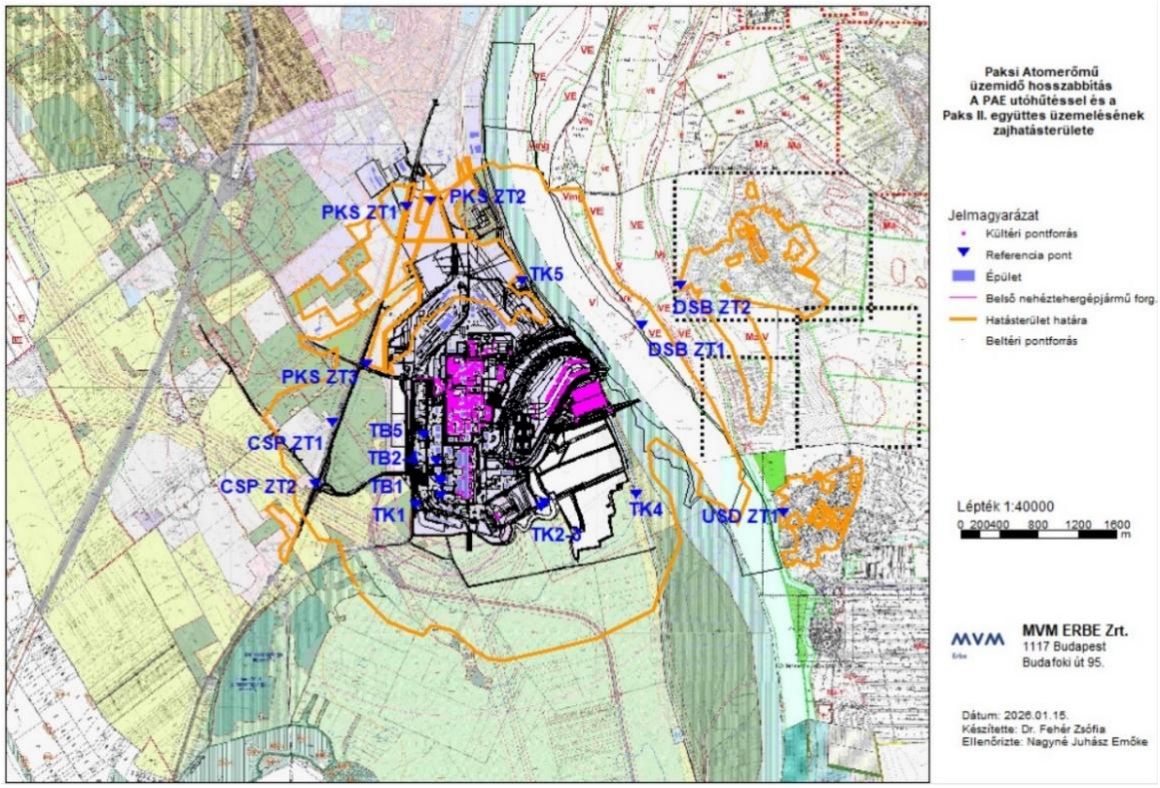
Az alapállapoti archív – a Paks II. környezeti hatásvizsgálata keretében vizsgált – rezgésmérések alapján a Paksi Atomerőmű környezeti rezgésterhelése határérték alatti. Az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódó közlekedésből származó rezgésterhelés várhatóan nem jelentős. Rezgésterhelésre vonatkozóan hatásterület nem definiálható. A rezgésterhelés a Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemelése esetében a környezeti hatások minősítése szempontjából a védendők tekintetében várhatóan hosszú távú hatás, azonban ez a semleges kategóriába sorolható. A rezgésforrások tekintetében a TÜH időtartamára vonatkozóan változással nem kell számítani, a jelenlegi terhelés vehető figyelembe a további üzemelés időtartama alatt is.

Országhatáron átterjedő hatás nem lesz, mert a hatásterület az atomerőmű néhány kilométeres körzetére korlátozódik.



Jelmagyarázat: PKS: Paks, CSP: Csámpa, DSB: Dunaszentbenedek, USD: Uszód, DSG: Dunaszentgyörgy, ZT: zajterhelési pont.

4.9.4-1. ábra: A csúcshűtő rendszerrel üzemelő Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemelésének időszakára vonatkozó zajtérkép

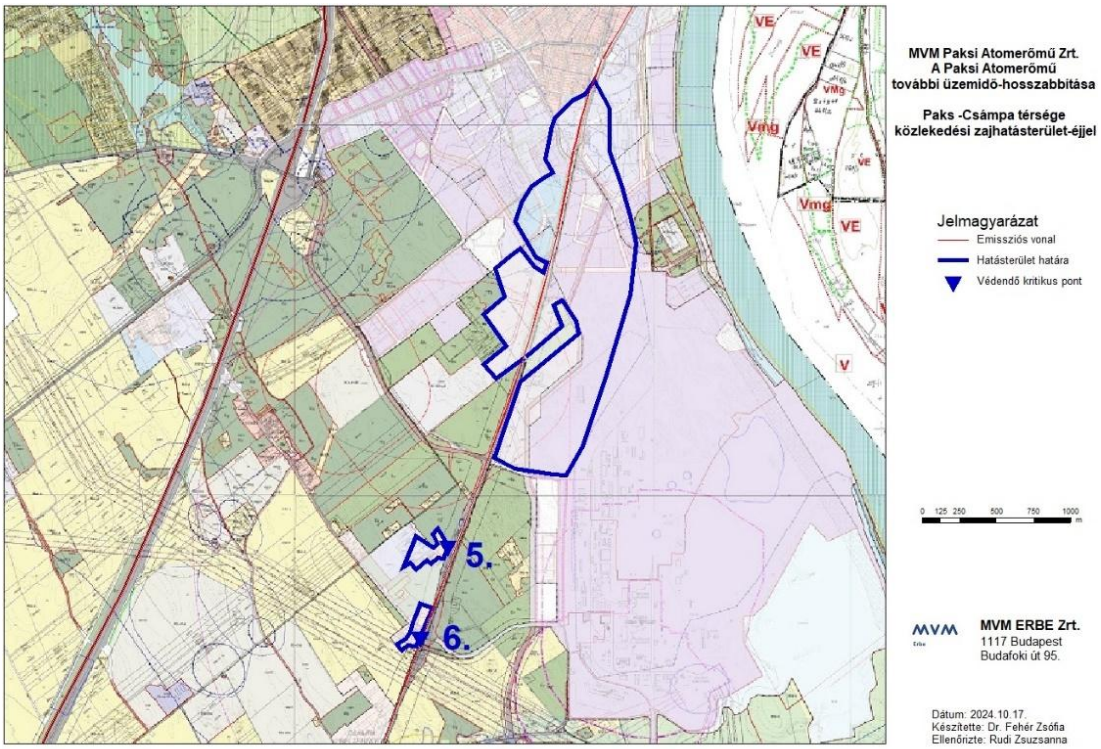


Jelmagyarázat: PKS: Paks, CSP: Csámpa, DSB: Dunaszentbenedek, USD: Uszód, DSG: Dunaszentgyörgy, ZT: zajterhelési pont.

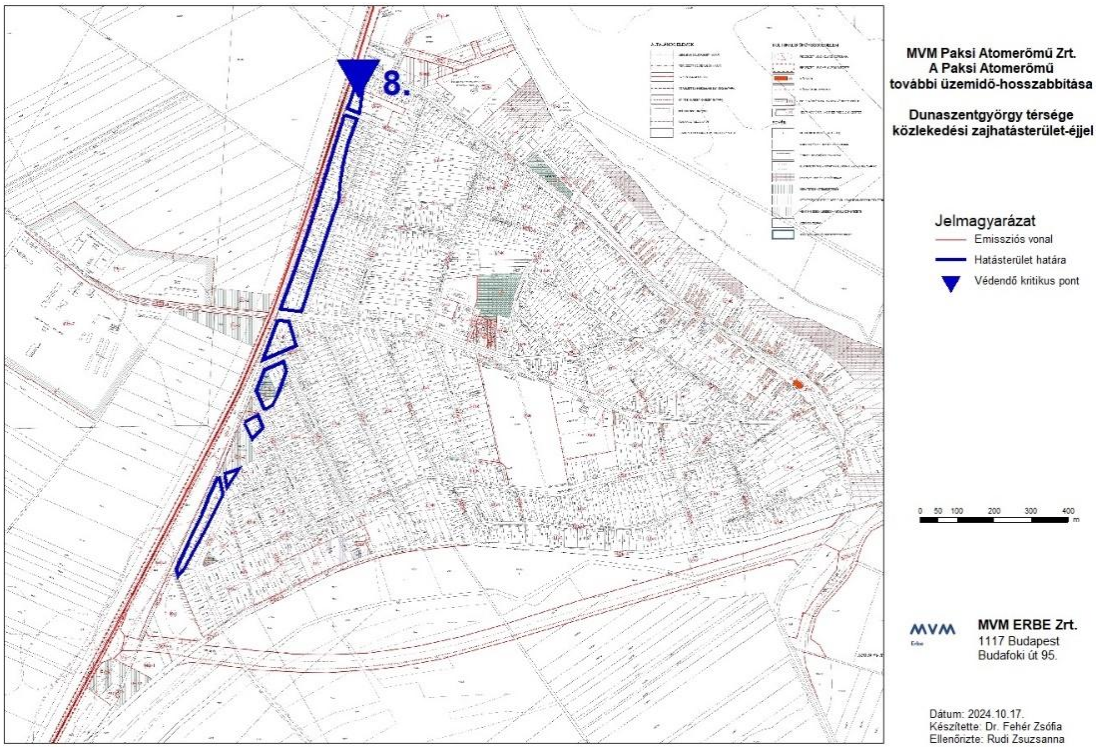
4.9.4-2. ábra: A csúcshűtő rendszerrel üzemelő Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemelésének zajvédelmi szempontú hatásterülete

A Paksi Atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódó közlekedési zajterhelés részesedésének jövőbeni meghatározása sok bizonytalansággal adható csak meg. A legkedvezőtlenebb esetet (a legnagyobb hatásterületet) feltételezve a jelenlegi állapotot prezentáló, a 3 dB-t néhány tized decibellel meghaladó terhelési értékek miatt kialakuló hatásterület feltételezhető a TÜH kezdeti éveinek elején is. A hosszabb távú prognózist vizsgálva (15 év, vagy az erőmű teljes üzemelési időszaka 2057-ig) azonban már valószínűbb, hogy a távoli jövőben nem alakul ki az atomerőmű közvetett hatásaként hatásterület az érintett utak mentén, mivel az utak alapforgalma évente relatíve nő, amihez képest a Paksi Atomerőmű közlekedési zajterhelésből adódó hatásterülete relatíve csökkenni fog, illetve nem lesz kimutatható. A Paks-Kalocsa Duna híd (Tomori Pál híd) az atomerőmű közlekedési zajterhelését érdemben nem befolyásolja. A TÜH időszakban történő üzemelés időszakában a közvetett hatások semlegesnek tekinthetők.

A Paks II. közlekedési zajhatása a Paks II. 2012-ben készült környezeti hatástanulmányának adatai alapján volt becsülhető. A Paks II. közúti zajterhelése a 6. sz. főút mentén kis mértékű zajterhelés növekményt okoz, a Paksi Atomerőmű közvetett hatásterületét kis mértékben növeli. A Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes közvetett hatásterület potenciálisan a Paks-Csámpa és a Dunaszentgyörgy út melletti lakóházainál alakul ki a TÜH kezdeti éveiben (*4.9.4-3.* és *4.9.4-4. ábra*). A Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes közlekedési zajterhelése a környezeti hatások minősítése szempontjából hosszú távú és a védendő épületek, védendő területek tekintetében várhatóan a helyszín függvényében a semleges-elviselhető kategóriákba sorolható. A távoli jövőben nem alakul ki a Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes közlekedési zajterhelése okán közvetett hatásként hatásterület az érintett utak mentén.



4.9.4-3. ábra: A Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemeléséhez kapcsolódó közlekedésből eredő zajterhelés hatásterülete (TÜH kezdeti évek) – Paks-Csámpa (6. sz. főút)



4.9.4-4. ábra: A Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemeléséhez kapcsolódó közlekedésből eredő zajterhelés hatásterülete (TÜH kezdeti évek) – Dunaszentgyörgy (6. sz. főút)

4.9.5. Havária események hatásai

Zajkibocsátás szempontjából havária eseményként a külső villamos betáplálás és a belső váltóáramú betáplálás egyidejű elvesztése (mind a négy blokkon) lett alapul véve (black out). Ilyen jelentős havária előfordulási valószínűsége nagyon alacsony.

A havária alatti hatótényezők a zajterhelést okozó, üzemzavar esetén üzemelő zajforrások zajkibocsátásai. A havária állapothoz az üzemi I-II. főépületek részleges üzeme lett figyelembe véve. A tető pontszerű zajforrásai a normál üzemhez képest az atmoszférába kivezetett redukálók zajkibocsátásával egészültek ki. Emellett a havária üzemállapotban biztonsági dízelgenerátorok zajkibocsátásával is szükséges számolni.

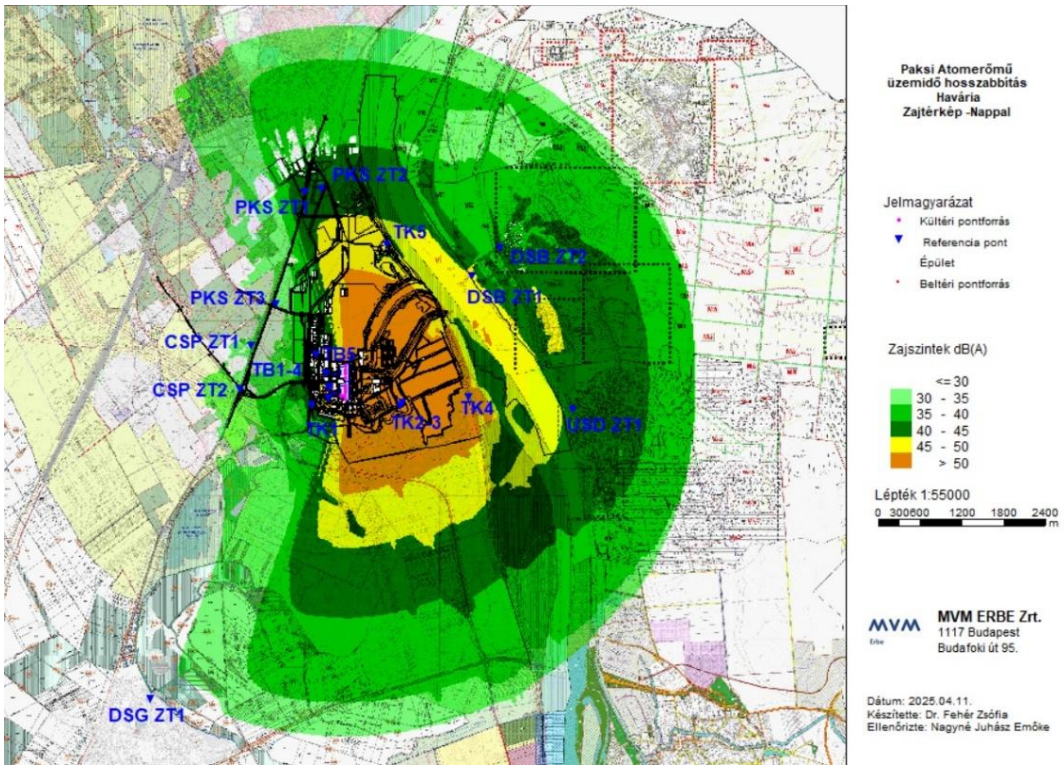
A zajterhelés szempontjából a havária alatti zajkibocsátás a legközelebbi védendő épületeknél, védendő területeknél zajterhelési határérték alatt marad, amennyiben a havária nappal következik be (*4.9.5-1. táblázat*). A zajterhelés a vizsgálati pontok többségénél meghaladja a határértékeket, amennyiben a havária éjszaka következik be. A nappali és az éjszakai zajterhelés között jelentős különbség van (*4.9.5-1.* és *4.9.5-2. ábra*), mert a legnagyobb zajterhelést adó zajforrások szakaszosan működnek, és ez a zajterhelés átlagolódik a megítélési időre, ami éjszaka és nappal eltér.

Mivel a zajvédelmi szempontú tervezés a leggyakrabban előforduló zajterhelésre méretezett, ezért a határértékekkel történő összehasonlítás tájékoztató jellegű.

4.9.5-1. táblázat: A Paksi Atomerőmű üzemi zajterhelése havária esetén és a zajterhelési határértékek

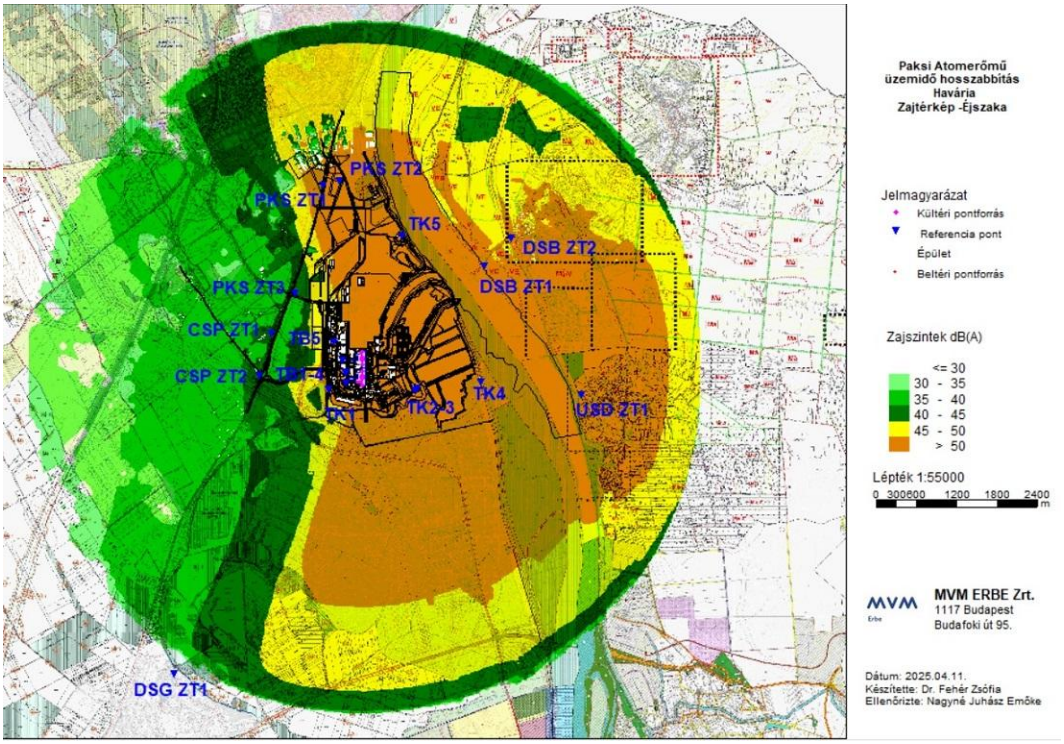
Jel	Védendő létesítmény, védendő terület, referenciapont	Határérték Nappal/ Éjjel [dB]	Zajterhelés Nappal/ Éjjel [dB]
PKS ZT1	Paks, Vi-M/10 vegyes intézményi területen épülő munkásszálló	55/45	42/53
PKS ZT2	Paks Különleges egészségügyi központ elhelyezésére szolgáló terület 8802/34 hrsz.	45/35	43/54
PKS ZT3	Paks, Paksi Atomerőmű északi bejáránál lévő lakóház 057/11 hrsz.	60/50	33/43
CSP ZT1	Paks, Csámpapuszta 22. Csámpai Fenyvestanya 0292/2 hrsz.	50/40	37/47
CSP ZT2	Paks, Csámpapuszta 33. (2.) Csámpai Faluház 0191/23 hrsz.	50/40	32/40
DSG ZT1	Dunaszentgyörgy Béke tér 22. lakóház 112/1 hrsz.	50/40	–/–
DSB ZT2	Dunaszentbenedek Zöldfa u. 3. lakóház 581/2 hrsz.	50/40	43/54
USD ZT1	Uszód Béke u. 15. lakóház 044 hrsz.	50/40	43/54
TB4	Paks, Paksi Atomerőmű orvosi rendelő	60/50	60/64
TB5	Paks, Paksi Atomerőmű tűzoltó laktanya	60/50	45/54

A zajvédelmi szempontú hatásterület havária esetén az övezeti kategóriáknak megfelelően irányonként eltérő nagyságú, a legtávolabbi pont a Paksi Atomerőmű súlypontjától kb. 5,1 km-re valószínűsíthető (*4.9.5-3. ábra*). Az atomerőmű havária üzemi zajterhelése a környezeti hatások minősítése szempontjából a környező védendő épülethomlokzatok, védendő területek tekintetében rövid távú és terhelő hatású. A havária hatásterülete Paks, Dunaszentgyörgy, Uszód, Foktő, Dunaszentbenedek és Géderlak településeket érinti.



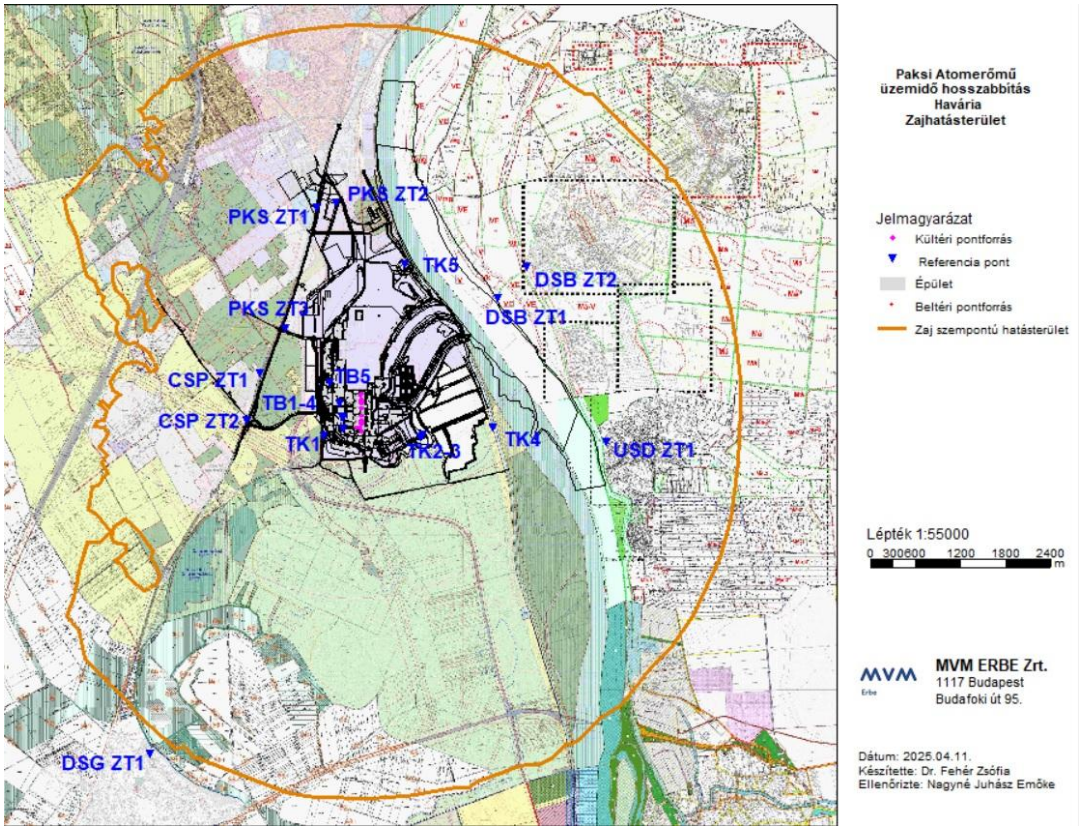
Jelmagyarázat: PKS: Paks, CSP: Csámpa, DSB: Dunaszentbenedek, USD: Uszód, DSG: Dunaszentgyörgy, ZT: zajterhelési pont.

4.9.5-1. ábra: A Paksi Atomerőmű üzemi zajterhelésére vonatkozó zajtérkép havária esetén – nappal



Jelmagyarázat: PKS: Paks, CSP: Csámpa, DSB: Dunaszentbenedek, USD: Uszód, DSG: Dunaszentgyörgy, ZT: zajterhelési pont.

4.9.5-2. ábra: A Paksi Atomerőmű üzemi zajterhelésére vonatkozó zajtérkép havária esetén – éjszaka



Jelmagyarázat: PKS: Paks, CSP: Csámpa, DSB: Dunaszentbenedek, USD: Uszód, DSG: Dunaszentgyörgy, ZT: zajterhelési pont.

4.9.5-3. ábra: A Paksi Atomerőmű üzemi zajterhelésének hatásterülete havária esetén

4.10. Társadalmi és gazdasági hatások

4.10.1. A telephely és tágabb környezete demográfiai jövőképe

A vizsgálati terület demográfiai előreszámításához felhasznált módszertan a kohorsz-komponens (alkotóelem) és az ágens alapú modellezés módszereit ötvözte. E hibrid módszertan többek között a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATéR) számára szolgáltatott inputokat (Lennert-Farkas 2018, Lennert 2019). Az alkalmazott előreszámításhoz felhasznált módszertan a korábbi változat finomhangolása volt, a friss 2022-es népszámlálás adatait kiindulópontként használva, a 2011-es népszámlálás óta eltelt időszak demográfiai eseményeinek figyelembevételével. A modellfuttatásban a kiindulópontot a 2022-es népszámlálás jelentette és a kohorszok települési szinten 5 éves korcsoportokat tartalmaztak nemek szerint, minden ciklus 5 évből állt, így a népesség időbeli alakulását 8 ciklusban, 2062-ig modellezve. A modellfuttatás megvalósítása a HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont által készített – Python nyelven megírt – script segítségével történt.

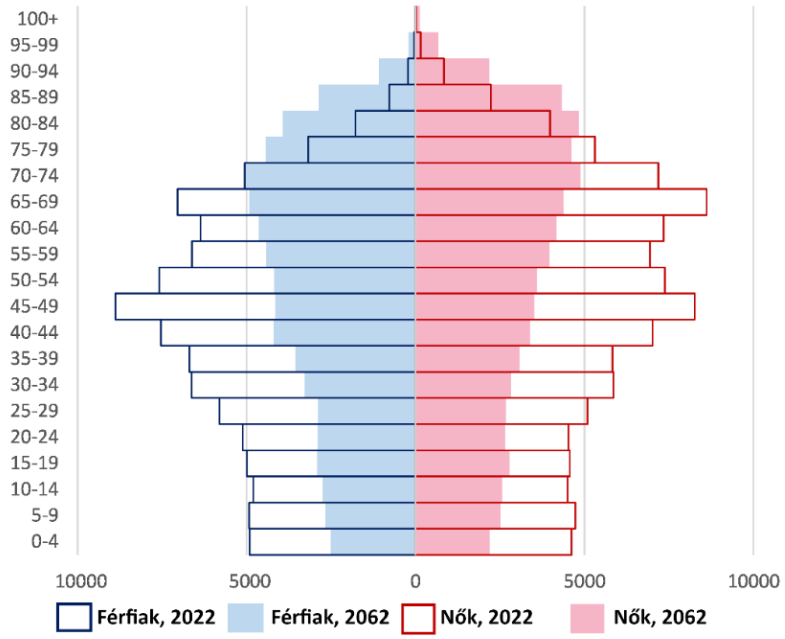
A népesség jövőbeli alakulása 6 forgatókönyv 2 dimenzió (népmozgalmi és Paks-specifikus) mentén került vizsgálatra. A népmozgalmi dimenzió forgatókönyv-változatai (magas, alap, alacsony) termékenységi, halálozási és vándormozgalmi feltételezéseikben térnek el egymástól. A magas forgatókönyv a gyorsabban növekvő várható élettartammal, növekvő termékenységgel, nemzetközi vándorlási többlettel és az országon belüli népmozgalmi különbségek csökkenésével számol, míg az alacsony forgatókönyv csekélyebb mértékben növekvő várható élettartamot, alacsonyabb termékenységet, nemzetközi vándorlási veszteséget és az országon belüli népmozgalmi különbségek fokozódását feltételezi. Az alap forgatókönyv középutas és a jelenleg tapasztalható területi különbségek fennmaradásával számol. A Paks-specifikus dimenzió a további üzemidő-hosszabbítással (a Paksi Atomerőmű és a Paks II. tartós együttes működésén keresztül), illetve annak elmaradásával számolt. Az előbbi esetében a Paks II. Atomerőmű munkaerőigénye plusz igényként jelentkezik, amely összesen közel 1500 fő érkezését eredményezheti a térségben. A további üzemidő-hosszabbítás elmaradásával számoló forgatókönyv-változatok esetében a modellezett időszakra vonatkozóan plusz munkavállalók a vizsgálati területre érkezése nem valószínűsíthető. Ez esetben a Paks II. üzembe helyezésekor annak munkaerőigénye vagy a foglalkoztatottak átáramlásával, vagy térségbeli foglalkoztatottak cseréjével valósul meg. Az alkalmazott módszertan korlátozó tényezője az üzembe helyezés elmaradásával számoló forgatókönyvek pusztán a különböző népmozgalmi feltételezések (a bemutatott alacsony, alap és magas forgatókönyv-változatok). A népesség-előreszámítás eredményeinek ismertetésekor mindegyik forgatókönyv bemutatásra kerül, de a legvalószínűbbnek ítélt, alap népmozgalmi feltételezéseket tartalmazó és a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítását feltételező forgatókönyv került kiemelésre (Paks-alap forgatókönyv).

A modellezett 2022-2062 közötti időszakban Magyarország népességének számottevő csökkenése várható, ami szintén igaz lesz a vizsgálati terület 75 településére is. A kialakított forgatókönyvek eredményei az alapvető trendekben nem, csupán a népességcsökkenés mértékében különböznek egymástól. A magas forgatókönyv esetén 11%-os lehet az országos veszteség, ezzel szemben a vizsgálati területre 24%-os veszteség várható 2062-re. Az alap forgatókönyv esetén az országos népesség 2062-ben 78%-a lenne a 2022-es népességnek, a vizsgálati területen ez csupán 65%. Az alacsony forgatókönyv 32%-os országos népességvesztését szintén számottevően alulmúlja a vizsgálati terület 45%-os vesztesége. Végeredményben a vizsgálati terület demográfiai kilátásai az országos átlagnál számottevően rosszabbak, a modellezett időszak alatt a legvalószínűbbnek ítélt alap forgatókönyv szerint is elveszítheti népessége harmadát, de akár közel felét is.

A további üzemidő-hosszabbítás megvalósulásával számoló forgatókönyvek kissé kedvezőbb képet mutatnak, ezen forgatókönyvek alacsony, alap és magas változatai rendre magasabb népességszámot jeleznek előre (alacsony: 115 ezer fő, alap: 134 ezer fő, magas 156 ezer fő). Ugyan a további üzemidő-hosszabbítás hatása kedvező, nem tudja azonban számottevően befolyásolni a vizsgálati terület demográfiai folyamatait. A Paks II. üzembe helyezésével előreláthatóan a Paksi régióba érkező munkavállalók és családtagjaik, illetve ennek tovagyűrűző

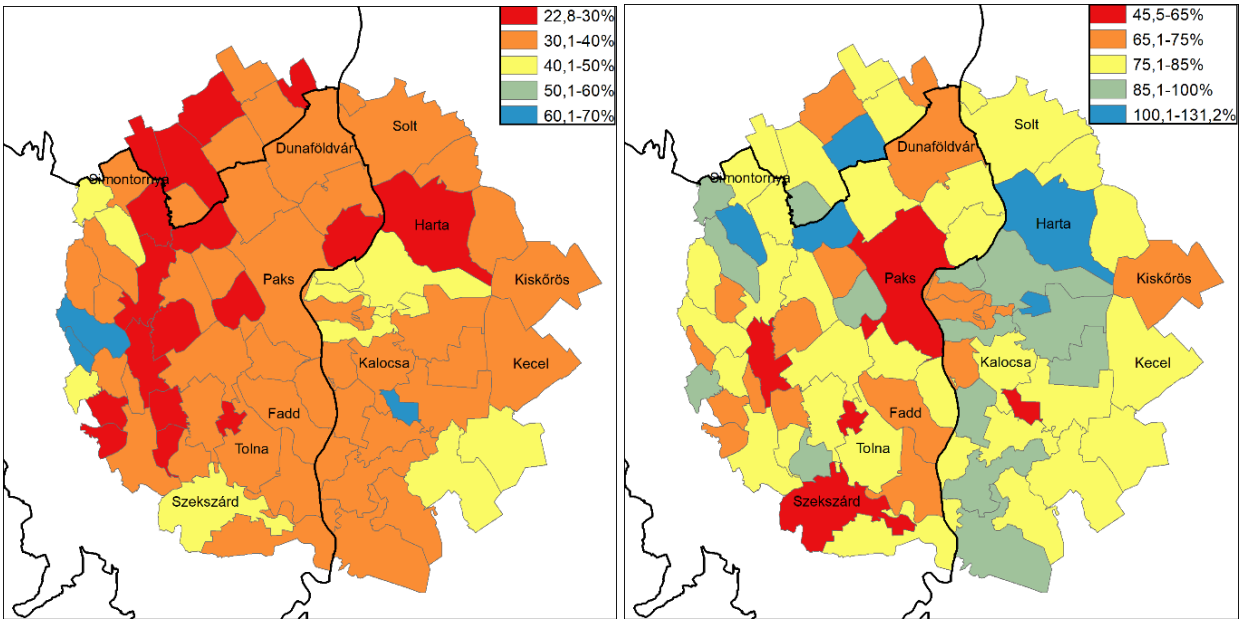
demográfiai hatása (pl. betelepülők által vállalt gyermekek) csupán 1-2 százalékponttal képes mérsékelni a 2022-es népességhez képesti csökkenést. A telephely és tágabb környezete gyors ütemű népességvesztését elsősorban kedvezőtlen természetes népmozgalmi dinamika okozza. A várható demográfiai folyamatok összegződéseként a vizsgálati területen belül találhatók olyan települések, ahol a teljes Paksi régióhoz képest jóval kedvezőtlenebbek, de olyanok is, ahol jóval kedvezőbbek a modellezett időszakra a népességszám-változási kilátások. Az eltérő természetes népmozgalmi forgatókönyvek elsősorban a népességvesztés mértékét befolyásolják. Ugyanakkor az üzemidő-hosszabbítás megvalósulásához kapcsolódóan a modellezésbe épített mintegy 1500 fős plusznépesség többségében Pakson telepedhet majd le. Elmondható, hogy bár az üzemidő-hosszabbítás pozitív demográfiai hatása Paksi régiós szinten várhatóan csekély, települési szinten azonban jelentős lehet. A népmozgalmi forgatókönyv-változatok is Paks népességnövekedésével számolnak. Paks város jövőbeli munkaerővonzó-képessége vélhetően alatta fog maradni az előreszámításban feltételezettnek, azonban a demográfiai jövőképe – a modellfuttatás eredményeivel egybevágóan – várhatóan így is jóval kedvezőbb lesz a környezeténél.

Az előreszámítások alapján a jelentős változások nemcsak a népesség számát, hanem korszerkezetét is érintik majd. Míg a fiatal és aktív korosztályok aránya a felére zsugorodik 2062-re, a növekvő várható élettartamnak köszönhetően a legidősebb korosztályok számottevő aránynövekedése várható hosszú távon (*4.10.1-1. ábra*). Mindez az idős népesség eltartottsági rátájának jelentékeny eltolódásával járhat együtt. Míg a vizsgálati területen a 2022-es népszámlálás adatai alapján 100 aktív korúra 36 időskorú jutott, addig ez az érték a Paks-Alap forgatókönyv eredményei alapján 2062-re 57-re növekedhet. A korösszetétel átalakulásánál is jelentősebb területi különbségeket lehet feltételezni (*4.10.1-2. ábra*). Míg a 2022-es népszámlálás adatai alapján nem rajzolódik ki egyértelmű területi mintázat a Paksi régióban és a különbségek is kisebbek, addig 2062-re a települések elöregedésében megmutatkozó különbségek jelentősen növekednek majd. A legkedvezőbb korszerkezettel Paks és Szekszárd fog rendelkezni, annak köszönhetően, hogy munkavállalók számára potenciális céltelepülésként jobban meg tudják őrizni aktív korú lakosságukat, illetve fiatalos népességet tudnak bevonzani.



Forrás: Saját számítás a KSH Népszámlálás 2022 adatai alapján.

4.10.1-1. ábra: A vizsgálati terület népességének korfája a 2022. évi népszámlálás és a Paks-Alap forgatókönyv 2062-re előreszámított népessége alapján



4.10.1-2. ábra: Az időskori eltartottsági ráta 2022-ben (bal) és 2062-ben (jobb) a Paks-Alap forgatókönyv eredményei alapján

Összességében a telephely és tágabb környezete jövőbeli népességszám-változását továbbra is a népességcsökkenés fogja befolyásolni. Ez hatással lesz majd a népesség korösszetételére is, amely főként az elöregedés irányában fog alakulni. A vizsgálati területen belül jelentős területi különbségek fogják jellemezni ezeket a várható demográfiai folyamatokat, és elsődlegesen Szekszárd és Paks számára prognosztizálható kedvezőbb helyzet 2062-ig (mérsékeltebb népességcsökkenés, jobb munkaerő-vonzó képesség, fiatalosabb korösszetétel, több foglalkoztatott).

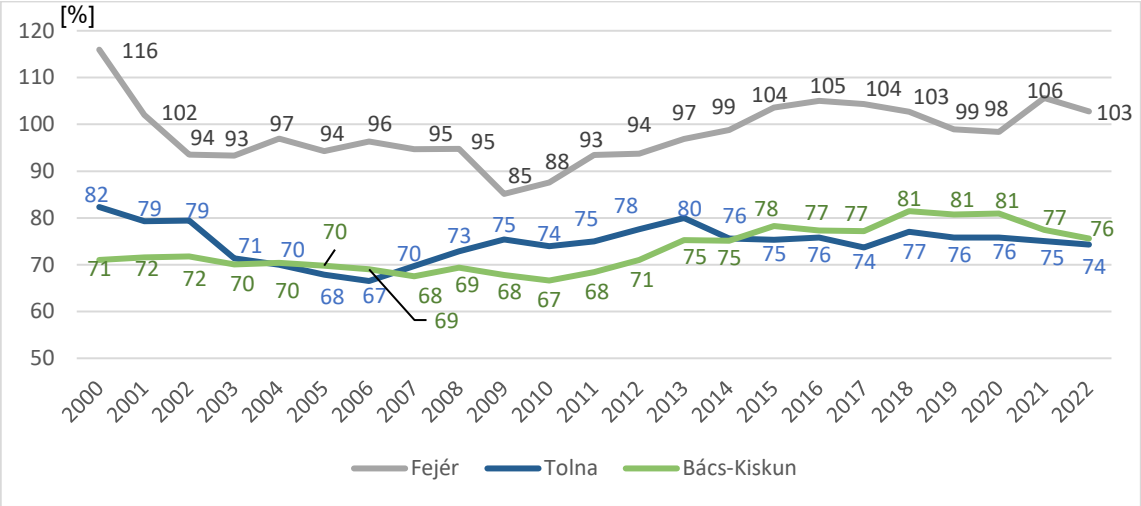
4.10.2. A telephely és tágabb környezete gazdasági helyzete és annak várható alakulása

A gazdasági jellemzők leíró statisztikai elemzése a KSH adataira[11], a KSH Népszámlálások[12] és az Országos Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszer[13] (TeIR) adataira támaszkodott. Az adatfeldolgozás nemcsak a vizsgálati területre, azaz a Paksi régióra és az abban vizsgált 75 településre terjedt ki, hanem módszertani megfontolásokból kifolyólag a három érintett vármegyére (Tolna, Fejér, Bács-Kiskun) is (elsősorban viszonyítási alapként). A statisztikai adatelemzés alkalmas a vizsgálati terület gazdasági helyzetének országon belüli értékelésére, viszont módszertani korlátozó tényező, hogy csak részben alkalmas a települési különbségek azonosítására. Ez elsősorban úgy valósult meg, hogy a vizsgált településekből az érintett vármegyék szerinti földrajzi elhelyezkedés alapján kerültek kialakításra vizsgálati csoportok.

A telephely tágabb környezetének gazdasági ereje az országon belül viszonylag gyenge (*4.10.2-1. ábra*). Tolna vármegye gazdasága Magyarország gazdaságán belül Nógrád vármegye után a második legkisebb, a GDP-ben való részesedése átlagosan csupán 1,7% volt 2010 óta, és a részesedésnek ez a mértéke stagnáló, enyhén csökkenő trenddel jellemezhető. Bács-Kiskun vármegye ezzel szemben jóval erősebb teljesítményt mutat, Magyarország GDP-jéből átlagosan 3,9%-ot termel meg, ami 2010 után indult növekedésnek, viszont 2018-as maximumának (4,2%) elérése óta visszaesőben van. Fejér vármegye az ország negyedik legnagyobb gazdasági teljesítményű térsége, az országos teljesítményből 4,2%-kal részesül. Tolna és Bács-Kiskun vármegye egy főre jutó GDP-ben mért fejlettsége nagyjából hasonló, az országos átlagnak kb. a

[11] https://www.ksh.hu/
[12] https://nepszamlalas2022.ksh.hu
[13] https://www.oeny.hu/oeny/teir/#/

70-80%-a között van. Míg Tolna vármegye fejlettsége e tekintetben nem javult 2010 óta, inkább enyhén visszaesett, addig Bács-Kiskun vármegye fejlettsége a nagy volumenű beruházásoknak – pl. Mercedes-Benz zöldmezős beruházás Kecskeméten – köszönhetően jelentős relatív növekedést ért el 2020-ig (67%-ról 81%-ra), de azóta enyhén visszaesőben van (2022-ben 76% volt). Fejér vármegye az ország legfejlettebb térségei közé tartozik, a pénzügyi-gazdasági válság okozta visszaesést követően szinte folyamatosan javult az országon belüli pozíciója, az egy főre jutó GDP 2015 óta majdnem minden évben meghaladta az országos átlagot (kb. 3-6%-kal). Magyarország vásárlóerőparitáson és euróban mért egy főre jutó GDP-je az EU27 átlagához viszonyítva 40%-ról 49%-ra nőtt 2010 és 2022 között, míg ugyanez Tolna vármegyében 30%-ról 37%-ra javult, Bács-Kiskun vármegyében pedig 27%-ról szintén 37%-ra emelkedett ebben az időszakban (noha nem töretlenül, mert 2019-ben ennél magasabb szinten, 39%-on volt). Fejér vármegye euróban mért relatív gazdasági fejlettsége 35%-ról 51%-ra emelkedett[14].



4.10.2-1. ábra: Az egy főre jutó GDP a három érintett vármegyében az országos átlag százalékában (2000-2022)

A különböző gazdasági ágak részesedése a bruttó hozzáadott értéken belül igen eltérően alakult 2022-ben az érintett vármegyékben. Tolna vármegye feldolgozóipara a teljes bruttó hozzáadott értéknek csak a 18%-át adta, Bács-Kiskun és Fejér vármegyében ez az arány 27% és 32% volt. Tolna vármegye sajátosságából fakadóan a bruttó hozzáadott értéknek viszonylag magas hányadát (12%) tette ki a villamosenergia-termelő ágazatot is magában foglaló ipari tevékenységek köre (bányászat, kőfejtés + villamosenergia-, gáz-, gőzellátás, légkondicionálás+ vízellátás, szennyvíz gyűjtése és kezelése, hulladékgazdálkodás, szennyeződésmentesítés), aminek az országos átlaga 2,4% volt, míg Bács-Kiskun vármegyében 1,7%, Fejér vármegyében pedig 0,8%. Mindhárom vármegyében az országoshoz képest erősebb volt az építőipar súlya is: a 6%-os nemzetgazdasági átlaggal szemben 7-10% közötti. A Tolna és Bács-Kiskun vármegye gazdaságában – a 3,8%-os országos átlaghoz képest – az agrárszektor részaránya a teljes bruttó hozzáadott értéken belül 8-9% volt, míg Fejér vármegyében ez 4,5% volt. Az országos átlaghoz képest felülreprezentáltak a vizsgált vármegyékben a közigazgatás, az oktatás és az egészségügyi ellátás mint nemzetgazdasági ágak, viszont a magasabb hozzáadott értékű szolgáltatások az országoshoz képest kisebb súllyal jelennek meg (kivéve Bács-Kiskun vármegyében a kereskedelem-szállítás-vendéglátás ágazatokat).

2022-ben Bács-Kiskun vármegyében keletkezett az ország helyi iparűzési adó-bevételeinek (HIPA) a 3,6%-a, míg Tolna vármegyében 1,6%-a, Fejér vármegyében 4,5%-a. A vizsgált 75 település együttesen az országos HIPA-bevételeknek 2014-2022 között évente átlagosan az 1,6-1,9%-át számolta el. A vizsgált települések közül 27 tartozik Bács-Kiskun vármegyéhez, amelyek a teljes vármegyei HIPA-bevételeknek 10-12%-át tudhatták maguknak. 40 település

[14] Az adatok forrása: Eurostat (https://ec.europa.eu/eurostat).

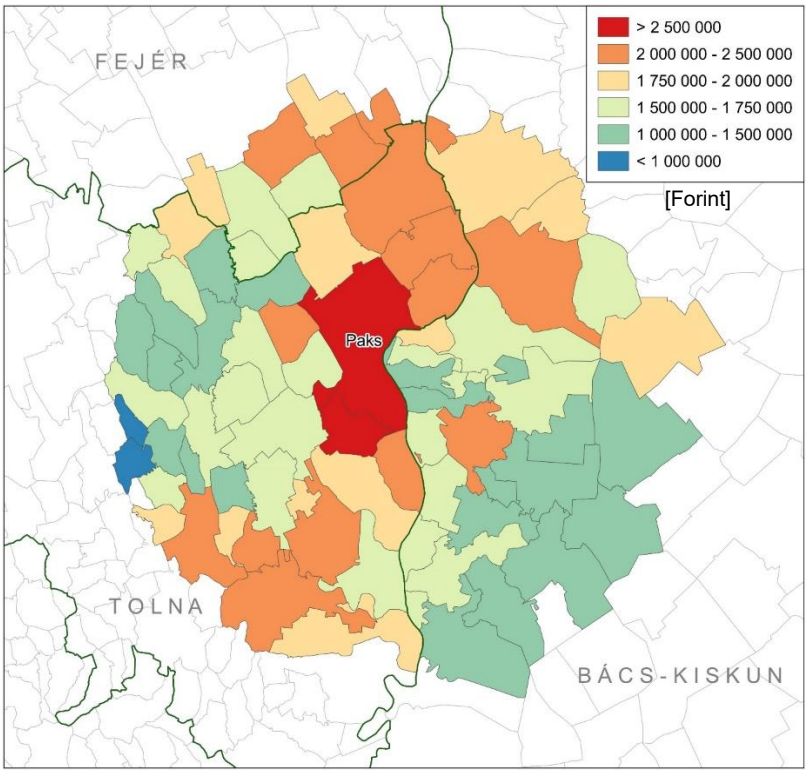
tartozik Tolna vármegyéhez és a teljes vármegyei HIPA-bevételek 74-78%-a ezekhez köthető. Paks városban keletkezett a vármegyei HIPA-bevételek 34-43%-a 2014-2022 között. Paks városa a teljes nemzetgazdaság HIPA-bevételeiben is 0,6-0,8%-os részt képviselt. A vármegyeszékhely Szekszárd a Tolna vármegyei HIPA-bevételekből 16-20%-ot tudhatott magáénak, Dunaföldvár részesedése pedig átlagosan 9% volt a vármegyén belül. Tolna vármegye többi 37 települése együttesen összesen 10-11% közötti volt a vármegyei HIPA-részesedésből. A vizsgálati terület települései közül mindössze 8 tartozik Fejér vármegyébe, HIPA-bevételeik részesedése a vármegyén belül 0,4-0,5% körül alakult. Az átlagos egy főre jutó HIPA-bevételek a vizsgált 75 településen az országos átlag (28,1 ezer Ft) közelében voltak (28,4 ezer Ft) 2018-2022 között. Pakson az egy lakosra jutó HIPA-bevétel az országos átlagnak közel a tízszerese volt (275,4 ezer Ft) (2018-2022 átlaga alapján). A vizsgált 75 településből összesen 20 olyan volt, ahol az országos átlagnál magasabb volt az egy lakosra jutó HIPA-bevétel, viszont 18 településen csupán 10 ezer Ft vagy annál kevesebb volt.

2024 februárjában Magyarországon több mint 67 ezer közfoglalkoztatott volt, ebből a vizsgált településeken összesen 965 fő volt, amely az országos létszámnak kb. az 1,4%-a. A közfoglalkoztatási mutató, vagyis a közfoglalkoztatásban részt vevők havi átlagos létszámának aránya a munkavállaló korú népességhez viszonyítva országos átlagban 1,07% volt, amihez képest a vizsgált városokban 0,8% körül alakult mutató értéke, viszont a községekben átlagosan 1,75% volt.

A vizsgálati területen 2022-ben a nyilvántartott álláskeresők száma 5130 fő volt, ami az országos átlagnak (236 956 fő), kb. a 2%-a volt (KSH 2022). 100 munkavállalási (15-64 éves) korú lakosra országos átlagban 4,44 fő álláskereső jutott 2022-ben, de ez az érték 3,38 fő volt a vizsgált 75 település esetében. A mutató értéke a vármegyeszékhelyen (Szekszárdon) 2,4 fő, a városokban 2,6 fő, a nagyközségekben 3 fő, míg a községekben 3,6 fő álláskereső jutott 100 fő 15-64 éves lakosra. Paks városában ez az adat, 2,1 fő volt 2022-ben.

Az egy lakosra jutó személyi jövedelemadó (SZJA) országos átlagban 1 millió 731 ezer Ft volt, a vizsgálati területen belül a vizsgált településeken valamivel alacsonyabb, a vizsgálati területen ez 1 millió 715 ezer Ft volt 2022-ben, de számottevő különbségek vannak a települések között (*4.10.2-2. ábra*). A vármegyeszékhelyen, Szekszárdon ez az érték 2 millió 406 ezer Ft volt, a városokban 1 millió 977 ezer Ft, a községekben pedig csak 1 millió 650 ezer Ft. A mutató értéke Pakson 2022-ben 3 millió 681 ezer Ft volt, ami a fővárosi átlagot (3 millió 027 ezer Ft) is jelentősen meghaladta. A vizsgált 75 településből csak 15 településen haladta meg a 2 millió Ft-ot az egy lakosra jutó jövedelem, 35 településen 1,5-2,0 millió Ft között volt, 21 településen 1,0-1,5 millió Ft között volt, a két legszegényebb településen, Szakadáton és Kalaznón pedig az 1 millió Ft-ot sem érte el.

A vizsgált 75 településen 15 585 működő vállalkozás azonosítható, ami az összes magyarországi vállalkozásnak az 1,9%-át teszi ki. (TeIR 2019). E vállalkozásoknak közel ötöde a vármegyeszékhelyen, Szekszárdon volt található, a többi városban volt a vállalkozásoknak csaknem fele. A községekben, nagyközségekben kb. a vállalkozások harmada volt. Egy településen átlagosan 213 vállalkozás volt, ami Bács-Kiskun vármegyében ennél kissé magasabb érték (228 cég), viszont Fejér vármegyében csupán 61 bejegyzett cég. A városokban több mint háromszor annyi volt a vállalkozás, mint a Paksi régióra vonatkozó átlag. A vizsgált 75 település által lefedett területen az 1000 lakosra jutó működő társas vállalkozások mutatója minden vármegyében elmaradt 2019-ben a vármegyei átlagtól, ami megerősíti a Paksi régió perifériikus jellegét. A vizsgálati területen található településeken a vállalkozások legnagyobb része a kereskedelem (19%), a szakmai, tudományos tevékenységek (15%) és az építőipar (13%) tevékenységi körében működött. A feldolgozóipari tevékenységeket csupán a vállalkozásoknak a 8%-a végzett, míg a mezőgazdasági területen működött a vállalkozások 7,5%-a. A többi tevékenységcsoportban a vállalkozásoknak csupán a 2-4%-a jelent meg, míg elenyésző volt a vízellátás, a villamosenergia-, gáz-, gőzellátás és a bányászat területén tevékenykedő vállalkozások száma. Tolna vármegyében a speciális helyzet miatt kiemelkedett a szakmai, tudományos tevékenységet végző vállalatok aránya, ezek a Tolna vármegyéhez tartozó 40 település vállalkozásainak 17%-át tették ki, de Bács-Kiskun és Fejér vármegyében is viszonylag magas volt az arányuk (11% és 7%).



4.10.2-2. ábra: Az egy lakosra jutó SZJA adóalapot képező belföldi jövedelem a vizsgálati terület településein (2022)

A vizsgált településeken lévő vállalkozásoknak a kétharmada volt (63,5%) egyéni vállalkozás 2019-ben, a legnagyobb arányban Fejér vármegyében, illetve a községekben voltak jelen. További közel egyharmaduk (32,4%) 10 főnél kevesebbet foglalkoztató vállalkozás volt, amelyek legnagyobb arányban Tolna vármegyében, illetve Szekszárdon voltak találhatók. A 10-19 fős vállalkozások aránya csupán 2,3%, a 20-49 fős vállalkozásoké pedig 1,2% volt, míg az ennél nagyobb létszámkategóriában a működő vállalkozások részaránya az 1%-ot sem érte el.

A helyi gazdaság kulcsszereplői a legnagyobb vállalkozások és vállalatok Szekszárdon, Pakson, Solton, Kalocsán és Kiskőrösön vannak jelen (2023. évi adatok alapján). Paks város szerepe kiemelkedő a vizsgálati területen, mert a MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-n kívül még számos helyi nagyobb cég is kapcsolódik a villamosenergia-termelés ágazathoz. A telephely tágabb környezetében jellemzőek a mezőgazdasági tevékenységhez köthető nagyobb vállalkozások, vállalatok. A magasabb hozzáadott értékű tevékenységek közül főként ingatlanfejlesztő cég van jelen a térségben. A további nagyobb helyi vállalkozások, vállalatok ipari, építőipari, élelmiszeripari tevékenységhez kapcsolódnak. A Paksi régió cégeinek nagy része – változó mértékben – exporttevékenységet is végez, alkalmazottjaik létszáma a néhány tíz főtől a néhány száz főig terjed.

A foglalkoztatottak száma Magyarországon 4,719 millió fő volt, és ebből 95 ezer fő (2,0%) élt a vizsgálati területen. A munkanélküliek, az eltartottak és a 15 évnél fiatalabb személyek hasonló részarányt képviselnek a vizsgált települések között az országon belül, viszont az ellátásban részesülő inaktívaknak valamivel magasabb része, 2,4%-a élt a vizsgálati területen 2022-ben. Magyarországon a teljes népességnek a 45,5%-a foglalkoztatott, ami a vizsgálati területen 44,7% volt (KSH 2022). A hazai népesség 2,9%-a (237 ezer fő) munkanélküli, de itt ez az arány csak 2,8% volt a legutóbbi népszámlálás idején. Az ellátásban részesülő inaktívak aránya a teljes népességen belül 28,2% volt, ami viszont meghaladta az országos átlagot (26,2%). Az eltartottak aránya az országoshoz hasonlóan 10% volt, viszont a 15 évesnél fiatalabb személyek aránya 14,4% volt, szemben az országos 15,2%-kal. Paks városban 17 417 lakost regisztrált a 2022-es népszámlálás, akiknek a fele foglalkoztatott, és csupán 1,7%-uk, 298 fő volt munkanélküli. Ezek a mutatók jobbak voltak a vármegyeszékhelynél is. Több mint egynegyedük ellátásban részesülő inaktív, 8%-uk eltartott volt és a 15 évesnél fiatalabbak aránya 14,3% volt 2022-ben.

A foglalkoztatási arányával és a munkanélküliségi arányával Paks az ország településeinek rangsorában az első negyedben foglal helyet. A vizsgálati területhez tartozó települések közül több is jellemezhető hasonlóan jó foglalkoztatási helyzettel (Harc, Dunatetétlen, Őcsény). Összesen 13 településen a lakosságnak legalább a 48%-a foglalkoztatott, illetve összesen 41 településen ez az arány meghaladta a 45,5%-os országos átlagot. A vizsgált 75 település között 6 olyan van, ahol az inaktívak aránya a lakosságon belül a 60%-ot közelítette vagy haladta meg (Gyönk, Nagyszékely, Kalaznó, Szakadát, Harta).

A vizsgált 75 település körében a bányászati-ipari tevékenységek az országos átlaghoz (20,8%) képest felülreprezentáltak a foglalkoztatásban, ugyanis a foglalkoztatottaknak a 26%-a dolgozik ezekben a tevékenységekben. Szintén jelentős súlyt képvisel az országos átlaghoz képest a mezőgazdasági tevékenység 7,3%-kal és az építőipari foglalkoztatás 9,2%-kal (ezeknek az aránya 3,7% és 7,4% országos átlagban). A Paksi régió ágazati szerkezetét nézve a bányászati-ipari tevékenységek, a közigazgatás, oktatás, humán egészségügy és szociális ellátás tevékenységek, valamint a kereskedelem, szállítás, raktározás, szálláshely-szolgáltatás és vendéglátás tevékenységek a dominánsak a foglalkoztatottak nemzetgazdasági ág szerinti megoszlása alapján. E három nemzetgazdasági ágcsoport a foglalkoztatottaknak közel 70%-át alkalmazza. A magasabb hozzáadott értékű tevékenységeken belül a szakmai, tudományos, műszaki, adminisztratív és szolgáltatást támogató tevékenységek 7,4%-ban részesülnek (az országos átlag 10%), a többi magas hozzáadott értékű tevékenység összességében csupán további 7%-ban részesül a foglalkoztatáson belül.

A telephely és tágabb környezete gazdasági helyzete volt a kiindulási alap a gazdaság várható alakulásának előrejelzéséhez. A hosszú távú gazdasági trendek előreszámításához az Európai Bizottság projekciói adták (Ageing Report 2024) az alapot, annak országos szinten becsült eredményei lettek arányosítva a vizsgálati területre (főként vármegyei szinten). Az Európai Bizottság modellje egy hosszú távú konvergenciát feltételez, így azokban az országokban, ahol az egy főre jutó GDP az EU-átlag alatt volt a vizsgált időszak kezdetén (2022-2070), ott a teljes tényezőtermelékenység (Total Factor Productivity, TFP) növekedési rátája magasabb lesz, mint a fejlettebb EU-országokban, így a növekedés a maximumát a 2040-es években érheti el. A modellszámítások azt feltételezik, hogy minél jobban elmarad egy tagállam egy főre jutó GDP-je az EU-átlagtól az időszak kezdetén, annál nagyobb a felzárkózási potenciálja. Magyarország euróban mért egy főre jutó GDP-je 2022-ben az EU-átlag 49%-a volt. A jelentés számításai szerint 2032-ben az országos érték 54,8%-ra növekszik majd hazánk esetében. Vásárlóerő-paritáson számolva kedvezőbb az összkép, Magyarország az uniós átlag 76%-át érte el 2022-ben, és a múltbeli trendek azt mutatják, hogy évente hozzávetőlegesen egy százalékponttal közeledik az ország az Európai Unió (EU) átlagos fejlettségéhez. Amennyiben ez a tendencia folytatódik, akkor Magyarország az uniós fejlettség átlagos szintjét a 2040-es évek közepén éri el az egy főre jutó GDP vásárlóerőparitáson számított értékével mérve.

Fejér vármegye az országos átlagnál kissé magasabb szintről indult 2022-ben (78%) és nagyobb növekedési potenciállal rendelkezett, így már a 2040-es évek elején elérheti az átlagos uniós fejlettséget. Tolna vármegye alacsony szintről (57%), lassú növekedéssel fejlődik majd a jövőben, így ebben az időszakban az uniós fejlettségnek kb. a 70%-át érheti el. Bács-Kiskun vármegye hasonló, 58%-os fejlettségi szintről az elkövetkezendő 20 év során valamivel gyorsabb növekedéssel az EU-átlag 75%-ára tud fejlődni. A konvergencia előbb említett várható lassulása miatt a térség (vármegye) további növekedési teljesítménye bizonytalan. Az alkalmazott módszertan bizonytansága, hogy a térségi (vármegyei) és a nemzeti (országos) szintű növekedési pályák közötti együttmozgás kb. 80%-os, tehát egy vármegye növekedési pályáját kb. négyötöd részben az országos trendek határozzák meg, míg egyötöd részben annak saját egyedi körülményei. Az Európai Bizottság feltételezései szerint Magyarországon 2060-ig bezárólag a potenciális GDP éves növekedési üteme 1,4% és 2,5% között várható. Ez folyamatosan csökkenő tendenciát követ, tehát míg az időszak elején, 2030-ig 2% feletti növekedési ütem vetíthető előre, a 2050-es évek közepétől ez lecsökken 1,5%-ra, illetve az alá. Az egy főre jutó GDP növekedési üteme ennél valamivel magasabb mértékűnek várható (2,8% és 1,5% között) a népességfogyás miatt. Az egy foglalkoztatottra jutó potenciális GDP, vagyis a munkatermelékenység éves növekedési üteme egy viszonylag szűk sávban fog ingadozni (1,7%

és 2,5% között). Hasonló előrejelzések készültek országosan a 20-64 éves korosztály jövőbeli foglalkoztatottságára nézve az Európai Bizottság jelentése alapján.

Az Európai Bizottság országos szintű előreszámításának felhasználásával vármegyei GDP-pályákat lehet megbecsülni többféle felülről építkező területi leskálázási módszert követve, amelyek a következők (Batista-Silva et al. 2016):

A) Az egyik legegyszerűbb módszer, ha az előrejelzett országos GDP-értékeket az alapján lehet szétosztani Magyarország vármegyéi között, hogy azok a múltban átlagosan milyen részarányt képviseltek az országos kibocsátáson belül. Ez esetben minden vármegye azonos növekedési rátával követi az országos trendeket, vagyis a területi egyenlőtlenségek nem változnak az előrejelzési horizonton.

B) Ennek a módszernek egy változata, ha a 2022. évi tényadatok alapján kiszámításra kerül minden vizsgált vármegye becsült jövőbeli GDP-je a közös, országos növekedési ráta alapján. Ekkor a területi egyenlőtlenségek mértéke nem az átlagos múltbeli nagyságát fogja megőrizni, hanem a 2022. évi mértékét.

C) A harmadik módszer szerint minden érintett vármegye növekedése olyan ütemben folytatódik, mint amilyen ütemben a múltban növekedett. Ennek következtében a területi egyenlőtlenségek további növekedésére lehet számítani.

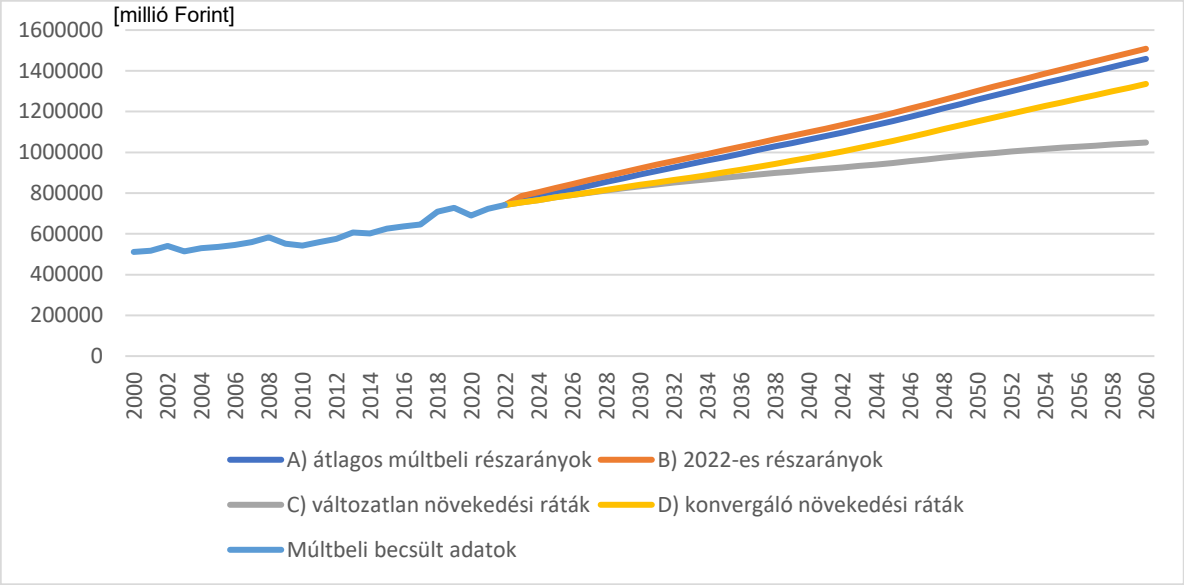
D) A negyedik változat egy köztes megoldást kínál a B) és C) változat jellemzőit egyesítve. Kiindulási alapja az, hogy egy viszonylag belátható időtartamon belül még jobban előreláthatóak a különböző vármegyék sajátosságai, tehát az előrejelzési horizont első éveiben bizonyos – egyre csökkenő – súllyal figyelembe veszi a vármegyék saját múltbeli növekedési rátáját. Több évtizedes távlatban azonban már megnő az előrejelzés bizonytalansága, így feltételezhetően akkor lesz a legpontosabb a projekció, ha a vármegyék növekedését az országos növekedési rátákkal lehet megbecsülni. Ez a forgatókönyv tehát egy konvergenciát feltételez, amely folyamat során a vármegyei növekedési ráták az országosan előrejelzett növekedési rátához közelítenek. 2040-ig fokozatosan egyre csökken a vármegyék múltbeli növekedési rátájának a súlya, és egyre hangsúlyosabb lesz az előrejelzett növekedési ráta alakulásában az országos növekedési ráta, majd 2040-től már minden vármegye növekedési üteme az országosan előrejelzett ütemet követi majd.

A C) és D) előrejelzési módszer nem garantálja, hogy a fixként kezelt országos szintű GDP-előrejelzés megfelel az előrejelzett vármegyei GDP-értékek összegének, ezért szükség van egy utólagos arányos átskálázásra. Mindez a területi egyenlőtlenségek alakulását nem befolyásolja. A GDP-előrejelzés utolsó lépéseként a vármegyei GDP-nagyságokat arányosan lehet szétbontani a vizsgált 75 település között (azok vármegyei megoszlása alapján).

A vizsgálati területen, a Paksi régióban a növekedés a 2000-es évektől kezdődő időszakban átlagosan elmaradt az országos átlagtól, ezért az A) és a B) módszer szerint előreszámított növekedési pálya mutatja a legkedvezőbb képet, és a térség saját múltbeli növekedését előre vetítő C) pálya a legkedvezőtlenebbet. Az országos átlaghoz konvergáló növekedési rátát feltételező D) módszer egy köztes pályát vetít előre (*4.10.2-3. ábra*).

Az előrejelzett egy főre jutó GDP 2022-2060 között a becslések szerint országosan, változatlan árakon számítva 2,5-szeres növekedést mutat majd hosszú távon. A Paksi régión belül három módszer szerint számolva ennél nagyobb, 2,6-3,1-szeres növekedés vetíthető előre, míg a legpesszimistább forgatókönyv szerint csupán 2,1-szeres lesz ez a növekedés. A többféle módszerrel készített előreszámítások egy fokozatos közeledést mutatnak az országos átlaghoz, aminek a legfőbb hajtóereje a népesség várható csökkenése, hiszen az egy főre jutó GDP növekedését eredményezi.

A különböző feltételes forgatókönyvek alapján a területi fejlettség keresztmetszeti különbségeiben (relatív keresztmetszeti szórás) jelentős csökkenésre nem lehet számítani a Paksi régióban a gazdaság hosszú távú előrejelzése alapján. Ha a vármegyék múltbeli növekedési teljesítménye kerül előrevetítésre hosszú távon, akkor a területi különbségek további növekedése várható.



Forrás: Saját szerkesztés KSH adatok és Európai Bizottság 2024 alapján.

4.10.2-3. ábra: A múltbeli becsült és az előretekintő, változatlan áron számolt GDP-pályák a vizsgált 75 település által kijelölt Paksi régióban (2000-2060)

Az egy főre jutó GDP területi szóródása nagymértékben leköveti a munkatermelékenység területi mintázatait, ugyanis a foglalkoztatási rátákban és különösen a demográfiai mutatókban jóval kisebb a vármegyék közötti különbség, mint a munkatermelékenységben. A különböző módszerekkel becsült hosszú távú munkatermelékenységi pályák azt mutatják, hogy a Paksi régió termelékenysége az országos termelékenység alatt várható, és az idő előre haladtával kisebb-nagyobb mértékben nő az elmaradás mértéke. Az országos szintű előreszámított termelékenység 2022-2060 között 2,22-szeresre növekszik, és ugyanebben az időszakban a Paksi régió különböző módszerekkel becsült termelékenysége 1,59-2,29-szeresre nőhet majd.

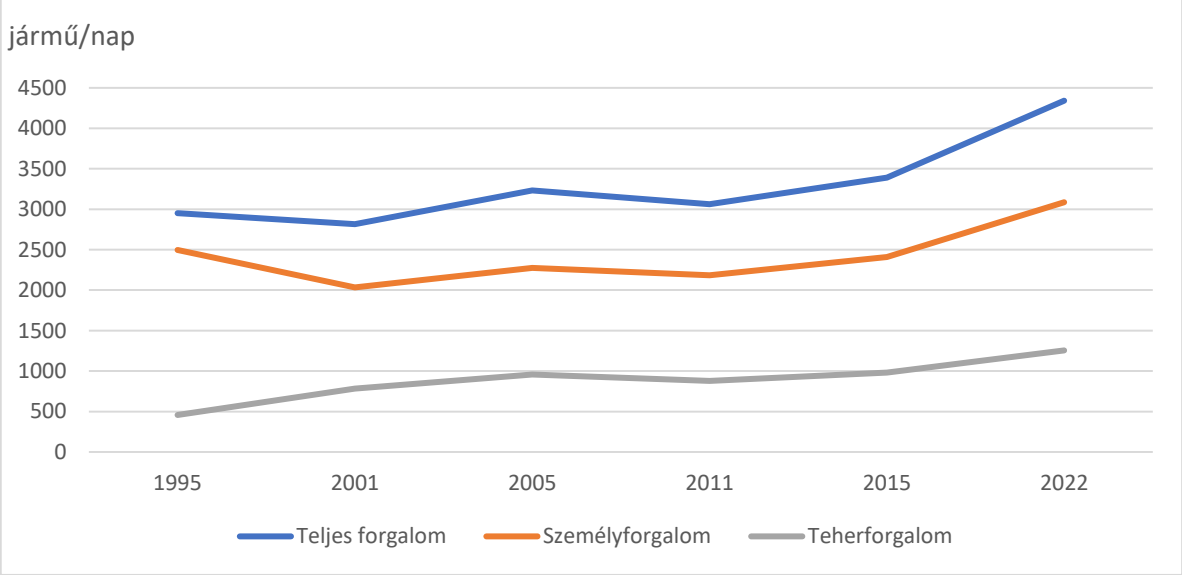
Az Európai Bizottság (2024) becslései szerint a foglalkoztatottak növekedése 2025 után fokozatosan lelassul és 2029-től csökkenésbe vált, mivel a munkaképes korú népesség fogyatkozását a növekvő foglalkoztatási ráta sem lesz képes ellensúlyozni. A Paksi régióban 2022-ben 95,1 ezer fő volt a foglalkoztatottak létszáma. Az előreszámítás szerint a foglalkoztatás a maximumát 2028-ban éri el (97,6 ezer fő), majd erről a szintről 2060-ig fokozatosan visszaesik kb. 14%-kal, 84,3 ezer főre a vizsgálati területen. A projekciók szerint a 20-64 éves korosztály foglalkoztatási rátája 2022-2060 között 80,3%-ról 83,7%-ra növekedhet, ezzel szemben az aktív korú népesség létszámában nagyon jelentős visszaesés várható: országosan kb. 33%-kal, a 75 vizsgált településen 45%-kal csökken majd az aktív korú népesség aránya a jövőben.

4.10.3. A telephely és tágabb környezete közlekedési helyzete és annak várható előrejelzése

A közlekedési helyzet bemutatása – részben a fő ágazatok szerint – az összes járműre 1995-2022 között rendelkezésre álló forgalmi adatok alapján valósult meg az érintett útszakaszokon (a Paksi régió területén). Emellett az ingázás népszámlálás által közölt adatai is információhordozók a társadalmi és gazdasági következményekre. A közlekedésre vonatkozó statisztikai adatelemzés alkalmas a vizsgálati terület egészének bemutatására, azonban a módszer korlátozó tényezője, hogy nem alkalmas települési vizsgálatokra.

A vasúti közlekedés – elsősorban a leginkább érintett Tolna vármegyében – a vasúthálózat hossza alapján változott 2007-2023 között. Ez a vizsgált Paksi régió területét érintve főként a 2009-es szárnyvonal-megszüntetés volt, amely során 2009-ről 2010-re 13%-kal (237-km-ről 206-km-re) csökkent a használt vasutak hossza, lényegében a Paks-Mezőfalva közötti vonal felszámolásával.

A telephely és tágabb környezetének közúti közlekedésében Tolna vármegye szerepe elsődleges, mert jelenlegi úthálózatának 31,5%-a érinti a vizsgálati területet (ugyanez Bács-Kiskun vármegyében 6,8%, Fejérben 0,6%). A Tolna vármegyei úthálózat a 2000-ben 1072 km, 2009-ben 1087 km hosszú volt, de 2010-ben az M6 autópálya átadása ezt 1216 km-re növelte, végül 2023-ban már 1221 km-re módosult. Az autópálya 65 km-es szakasza (csomóponti lehajtókkal együtt 82,6 km) mellett is már bővült a főúthálózat 12%-kal Tolna vármegyében. A Magyar Közút Nonprofit Zrt. adatai alapján megállapítható, hogy az összes kiépített út 63%-át a mellékutak adták 2005-2023 között és maga az autópálya 7,2%-át teszi ki a vármegye úthálózatának. A közúti forgalom a Paksi régióban 1995-2022 között folyamatosan bővült (*4.10.3-1. ábra*). Ez 1995-2001 között enyhébb, 2011-2022 között jelentősebb, 42%-os forgalomnövekedést jelentett.



Adatok forrása: Magyar Közút Nonprofit Zrt.

4.10.3-1. ábra: A közúti forgalom alakulása a Paksi régióban (1995-2022)

A folytonos növekedésben a makrogazdasági válsághelyzetek (például 2008/2012-es világválság, 2020/2022-es COVID-19-világjárvány) okoztak megtorpanásokat. A 2011. évi 3000 jármű/nap átlag 2022-re 4300 jármű/nap fölé emelkedett. A forgalom növekedése a személy- és teherszállító járművek esetében egyaránt meghaladta a 40%-ot. Ennek okai között a gazdasági fellendülés és az M6-os autópálya átadása említhető. Magának az M6-osnak a napi forgalma meredekebben nőtt, mint a Paksi régió útjaié általában. A kezdőévben is 6974 jármű/nap érték nőtt 11 év alatt 11 681 jármű/nap értékre. Az M6-os vizsgálati területen lévő mérési pontok átlaga 50%-os forgalom-növekedést mutatott 2011-2021 között. Egyébként a Paks régióban a közúti közlekedés intenzitása stagnált 2001-2011 között, majd 2011-2021 között pedig 7%-kal bővült (nem beleszámítva az M6-oson mért forgalmat). Hangsúlyozandó, hogy a mérési pontok a Paksi régióban mindössze a 6. számú főúton, nyolc másodrendű úton, valamint hat összekötő úton találhatók, ezért a vizsgálati eredmények bizonyos korlátozásokkal értelmezhetők. Megjegyzendő, a telephely és tágabb környezetében a teljes forgalom alakulását a személyszállítás határozta meg a közutakon a vizsgált 1995-2022 közötti időszakban.

A telephely és tágabb környezetében csak a Duna alkalmas jelentősebb vízi szállításra és egyedül Pakson van kikötő. A PaksPort intermodális logisztikai központként üzemel, a kikötő különböző logisztikai és átrakodási szolgáltatásokat kínál. A Paksi kikötő mellett a vizsgálati területhez legközelebbi kikötők Baja, Dunaújváros, Mohács. Feltételezhető, hogy az északi elhelyezkedésű dunaújvárosi kikötő és a délen lévő bajai és mohácsi kikötő között jelentősebb áruforgalom lehet (akár közúton is), amely átmenő forgalom érinti a vizsgálati területet. A Paksi régióban jelentős repülőtér nem található, a légi közlekedés szerepe elhanyagolható.

Az ingázásnak alapvető hatása van a Paksi régióra jellemző közlekedés alakulásában, ugyanis a forgalom alakulásának egyik fontos összetevője a napi ingázás. A forgalom jelentősebb része a személygépjárművek és autóbuszok forgalmából, azaz a napi személyszállításból adódik, ezért volt indokolt a Paksi régió ingázási szokásait megvizsgálni. A legutóbbi, 2022-es népszámlálás szerint a vizsgált 75 településen összesen több mint, 50 ezren vettek részt a napi ingázásban, ami nagyon különböző távolságokat jelenthet. Az ingázók egy része a régión kívüli településről érkezett (11 862 fő), de az ingázók többségének (21 530 fő) mind a lakó-, mind a munkahelye a Paksi régió különböző településein volt. A régió központjában fekvő Paks esetében a beingázóknak csak 20%-a (1230 fő) érkezett a régión kívülről. Ráadásul így ők átutaznak a Paksi régión, azaz jelentős forgalom tudható be a munkába járásuknak köszönhetően. Az ingázás szempontjából két legfontosabb település Szekszárd és Paks. Az előbbi esetében 48,4%-kal, az utóbbiban 95,3%-kal nőtt az ingázók aránya 2001-2022 között.

A foglalkoztatottaknak országos átlagban kb. az egyharmada lakik és dolgozik helyben, míg kétharmaduk más településekre jár dolgozni. A vizsgálati területen a községekben a más településre járó dolgozók aránya az országoshoz hasonló (50%), viszont a nagyközségekben 59%, a városokban 38% és a vármegyeszékhelyen 23%. Paks városában a dolgozók 86%-a helyben lakik, és mindössze 14%-uk jár más településre dolgozni. A helyben foglalkoztatottak száma Pakson 13 856 fő volt a 2022-es népszámlálás idején, míg a helyben lakó és helyben dolgozó foglalkoztatottaké 7512 fő volt. 1232 fő járt más településekre dolgozni, míg a naponta bejáró dolgozók száma 6344 fő volt.

A közlekedés hosszú távú – 2060-ig tartó – előrejelzése a napi forgalomszámlálás (személy- és teherforgalom) adatain alapult. Az alkalmazott módszer a hosszú idősoros statisztikai megfigyelés, azaz a trendszámítás volt, amely során az évenkénti adatok összesítése és extrapolálása (előrejelzése) történt meg 2030-ra, 2040-re, 2050-re és 2060-ra vonatkozóan. Az analitikus trendszámítás az idősorban lévő alapirányzatot (trend, tendencia) általában regressziós függvénnyel fejezi ki, és ezzel trendvonalat illeszt az idősorhoz. Végeredményben a regressziószámításban a magyarázó változó maga a *t* időtényező volt. A lineáris trendvonal meghosszabbítása segített a rövid, közép- és hosszú távú előrejelzésekben (10, 20, 30 évre előre). A közlekedésre vonatkozó előrejelzés a meglévő statisztikai adatok alapján kirajzolódó trendvonal meghosszabbításával készült, de külön fel kell hívni a figyelmet a prognózis korlátaira. Kiindulópontként csak azok az évek jöhetnek szóba, amelyekre adatok vannak (pl. 1995-től vagy 2005-től 2022-ig, azaz 28 vagy 18 év távlatából), így csak ezekből lehet előrejelezni több mint 30 évre előre, ami önmagában korlátozó tényező.

A 2005-2022 között vizsgált forgalmi adatokra (teljes forgalom, személy- és teherfogalom) illesztett lineáris trendvonal nemcsak a múltbéli közlekedési helyzetről és annak megváltozásáról tájékoztat, hanem annak 2060-ig történő meghosszabbítása előrejelzéseket adhat a közlekedés jövőbeli alakulásáról a Paksi régióban. Ennek megfelelően a vizsgált 18 év alapján kirajzolódó trendvonal azt mutatja, hogy a forgalom növekedése tovább folytatódik itt hosszú távon is. Azonban ebben a prognózisban azt is figyelembe kell venni, hogy 1) 2022-2060 között is lehetnek gazdasági válságok, amiket mindig fellendülés követ, 2) a jövőben is lesznek autópálya építések a régióban (jelenleg az M9 a tervezett autópálya), 3) a távmunka („home office”) a jövőben széleskörűen is elterjedhet. Ezek a tényezők pedig a közlekedési forgalom növekedését inkább mérsékelheti, akár átmenetileg is.

A hosszú távú jövőre nézve a teljes forgalomból főként a teherszállítás szerepe fog jelentősebben növekedni 2060-ig (*4.10.3-1. táblázat*). A 2022-es évben mért napi 4300 jármű/nap átlaga 2060-ra 5700 jármű/nap fölé fog növekedni. Ez összességében 32%-os emelkedés lehet 38 év alatt, ami másrészről pedig alacsonyabb mértékű növekedés, mint amit 28 év alatt (1995-2022 között) lehetett tapasztalni (47%). Nyilván, ebbe bele kell azt is kalkulálni, hogy 2010-ben átadták az M6 autópályát. A jövőre nézve pedig azt kell figyelembe venni, hogy az M6-os autópálya hatása idővel csökken, mivel a kihasználtsága stabilizálódik. Szintén a jövőre nézve figyelembe kell venni a 2024-ben átadott Tomori Pál-híd várható hatásait, amelynek kapcsán a várható forgalomnövekedéssel lehet számolni Kalocsa és Paks között, de ennek mértéke egyelőre nehezen becsülhető.

4.10.3-1. táblázat: Prognózis a közúti forgalom alakulására a Paksi régióban, 2030-2060

Forgalom típusa	Jármű/nap			
	2030	2040	2 050	2060
Teljes forgalom	4 326	4 796	5 267	5 737
Személyforgalom	2 901	3 124	3 346	3 569
Teherforgalom	1 426	1 674	1 922	2 169

4.10.4. A várható társadalmi és gazdasági következmények összegzése

A telephely és tágabb környezetében jellemző demográfiai folyamatok illeszkednek az országos trendekbe, a népességfogyás, a negatív vándorlási egyenleg, az elöregedés évtizedek óta alapjaiban határozza meg a vizsgált települések népességszám-változását. Ugyanakkor Paks bizonyos értelemben kedvezőbb helyzete tapasztalható, például vármegyei szinten a fiatalosabb korösszetétel és magasabb iskolai végzettség, vagy az országos szinten a háztartásokra jutó magasabb foglalkoztatottsági arány és a magasabb egy főre eső jövedelem alapján.

A jelenlegi demográfiai folyamatok nagymértékben befolyásolják a demográfiai előreszámítások eredményeit, amelyek alapján valószínűsíthető a meglévő népesedési folyamatok fennmaradása 2062-ig, de népességfogyás mértéke intenzívebb lesz az országos átlagnál mindhárom forgatókönyv alapján. A népességszám-változás a Paksi régión belül feltételezhetően jellemző területi különbségekkel fog párosulni hosszú távon is. Várható Paks város jövőbeli kedvezőbb munkaerővonzó-képessége, ami egyedüliként a vizsgálati területen pozitívan hat majd a demográfiai jövőképére a környezetéhez képest. Az előreszámítások alapján a népesség korszerkezete is jelentősen átalakul majd a vizsgálati területen 2062-ig. Míg a fiatal és aktív korosztályok aránya a felére zsugorodik, a növekvő várható élettartamnak köszönhetően a legidősebb korosztályok számottevő aránynövekedése várható hosszú távon, ami az idős népesség eltartottsági rátájának számottevő eltolódásával járhat együtt. A népesség számbeli változása és a korstruktúra átalakulása területi különbségek fennmaradása mellett fog bekövetkezni hosszú távon, de a legkedvezőbb korszerkezettel Paks és Szekszárd fog rendelkezni, mert a munkavállalók számára potenciális céltelepülések maradnak a jövőben.

A demográfiai helyzet nemcsak a jelenben, de a jövőben is hatással lehet a gazdasági lehetőségekre. Paks és tágabb környezetének gazdasági ereje az egy főre jutó GDP alapján az országos átlagnak kb. a háromnegyede. A vizsgált 75 település között jelentős a gazdasági centrum-periféria megosztottság, amit több mutató is alátámaszt. A Fejér vármegyébe tartozó 8 település a Fejér vármegyei átlagos, országos viszonylatban is magas fejlettségtől jelentősen elmarad. Bács-Kiskun vármegyében ugyan kisebbek a különbségek, de az oda tartozó 27 település – néhány várost leszámítva – a vármegye többi részénél fejletlenebb. Kecskemét pozitív kisugárzásától a távolság zárja el e térséget, míg Paks térbeli túlcsorduló hatásától a Duna. Tolna vármegyében Paks az atomerőműnek köszönhetően a 40 település egyik fő erőcentrumának számít, a gazdasági mutatói sok esetben a vármegyeszékhelyénél, Szekszárdénál is jobbak. A térségben a gazdasági dinamika visszafogott, ugyanis az ágazati specializáció nem ad stabil alapot a hosszú távú növekedéshez. A különböző feltételes forgatókönyvek alapján a területi fejlettség keresztmetszeti különbségeiben jelentős csökkenésre nem lehet számítani a gazdaság hosszú távú előrejelzése alapján. A vármegyék múltbeli növekedési teljesítményét előre vetítve hosszú távra a területi különbségek további növekedése várható. Paks és közvetlen környéke az országos átlagtól jobb gazdasági teljesítményt mutat fel, de annak helyi túlcsorduló hatásai csak egy korlátozott térben érvényesülnek.

A telephely és tágabb környezete közlekedése kapcsán fontos kiemelni a közúti közlekedésben az M6-os autópálya és a Kalocsa-Paks közti híd szerepét. Emellett szintén jelentős a vizsgálati területen átmenő közlekedés, vagyis a Paksi régióból kifelé tartó, illetve a kintről a régióba beingázók és a régión belül ingázók számának emelkedése, ami folyamatos volt az elmúlt több mint húsz évben. Mindez fogyó népesség mellett jött létre, tehát a területi mobilitás jelentősége akkor is erősödött, amikor a népességszám a régióban és országosan is csökkent. Az ingázás alapján markáns területi koncentráció tapasztalható, hiszen minden harmadik ingázó

Szekszárdra, és minden hatodik Paksra jár dolgozni. A jelenlegi közlekedés infrastruktúra fejlesztésére irányuló tervek alapján feltételezhető a közúti forgalom növekedése a vizsgált Paksi régióban, amihez Paks II. építésével együtt járó növekvő teher- és személygépkocsi-forgalom is hozzájárulhat a jövőben.

A vizsgálatok során azonosított társadalmi és gazdasági következmények előrevetítik azt, hogy a Paksi Atomerőmű körüli 30 km sugarú földrajzi környezetben nem várható számottevő átalakulás hosszú távon. Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása, illetve az ahhoz kötődő környezeti hatások nem eredményeznek szignifikáns változást a meglévő folyamatokban, tendenciákban, jelenségekben. Az atomerőmű környezeti hatásaival érintett területek használatát és használhatóságát a további üzemidő-hosszabbítás végrehajtása várhatóan nem befolyásolja, tekintettel arra, hogy egy jelenleg is üzemelő létesítmény működési időtartamának meghosszabbításáról van szó. Területhasználat-változásból eredő társadalmi-gazdasági hatások (pl. korábban mezőgazdasági művelés alatt álló területek ipari célra történő felhasználása miatt, vagy a mezőgazdasági művelésnek a tervezett tevékenység környezeti hatásai okozta ellehetetlenülése miatt munkahelyek, illetve gazdálkodók jövedelemforrásának megszűnése, a foglalkoztatottság szerkezetének, a jövedelmi viszonyok átalakulása) alapvetően nem várhatók. Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz erőműtelephelyen kívüli rövid szakaszával érintett Dunaparti területrész használatváltozása képez ez alól kivételt, ahol az erdőterület egy része ipari célra kerül felhasználásra. Az erdőterület igénybevétele elsősorban az élővilág, ökoszisztémák szempontjából releváns vizsgálandó kérdés, amellyel a *4.5. fejezet* foglalkozik. Érdemi társadalmi, gazdasági hatások ez esetben sem valószínűsíthetők, továbbá az atomerőmű további üzemidő-hosszabbításához tervezett átalakítás kiemelt közérdeknek tekinthető.

A lakosság jelenlegi életminőségének szintje az atomerőmű környezeti hatásaival érintett régióban jelentékeny módon nem fog változni. A jelenben tapasztalható társadalmi és gazdasági folyamatok feltételezhetően 2060-ig nem eredményeznek fordulópontot vagy nagymértékű változást.

Összességében az elvégzett szakterületi vizsgálatok fő megállapítása, hogy a további üzemidő-hosszabbítás 2052-2057-ig a társadalmi és gazdasági következmények tekintetében az aktuális helyzetet tartja fenn a telephely közvetlen és tágabb környezetében (pl. foglalkoztatottság, életminőség, gazdaság stb. tekintetében), és jelentős változás éppen akkor következhetne be, ha a Paksi Atomerőmű 2032-2037-ben leállna, mert akkor a jelen hatások megszűnnének.

5. A környezeti radioaktivitás jellemzése és az üzemidő-hosszabbítás miatt várható változások

5.1. A radioaktív anyagok kibocsátásai a Paksi Atomerőműből

5.1.1. Az atomerőmű jelenlegi radioaktív kibocsátásai

A Paksi Atomerőmű üzemelése során a légkörbe és a felszíni vízbe (Dunába) kerülnek kibocsátásra radioaktív anyagok. A légnemű és a folyékony kibocsátások között lényegi különbség, hogy míg a légnemű kibocsátás és annak ellenőrzése folyamatos, a különféle eredetű radioaktív hulladékvizeket az erőműben tartályparkokban gyűjtik össze, majd előzetes ellenőrzés után, szakaszosan bocsátják ki. A folyékony kibocsátások esetében ezáltal lehetőség van további operatív beavatkozásra (visszatartásra, besűrítésre, hígításra stb.).

A légnemű radioaktív anyagok főbb forrásai az atomerőműben az alábbiak:

- primerköri hőhordozó szervezett és szervezetlen szivárgásai,
- az evaporátorok rendszerének szivárgásai, a szennyezett kondenzátum tartályok vizének szivárgásai, a pihentető medencék vizének szivárgásai,
- a főépületi expressz laborokban végzett vízminta vizsgálatok,
- a hidrogénégetőből kilépő radioaktív gázelegy,
- a segédépületben a víztisztító rendszerek és folyékony radioaktív hulladéktároló rendszerek szivárgásai és túlfolyásai,
- az egészségügyi épületben a fémtechnológiai és vízkémiai forró fülke komplexum a forró fülkesor folyosóján lévő vegyifülke, a primerköri vízminták elemzésére szolgáló ICP (induktív csatolású plazma) emissziós spektrométer, a kémiai mérések vegyifülkéi, a dozimetriai előkészítés vegyifülkéi.

Az atomerőmű potenciálisan szennyezett helyiségeiből a szellőztető rendszerek által elszívott, illetve a technológiai lefúvatásokból származó levegő különböző szűrőrendszereken (aeroszol, jód) keresztül kerül kibocsátásra. A légnemű radioaktív anyagok kibocsátási pontjai az atomerőműben az alábbiak:

- Az 1-2. blokk szellőzőkéménye (magassága 100 m):
  A környezetbe kibocsátott névleges levegőmennyiség kb. 567 000 m^3/h a blokkok normál üzemállapotában és kb. 686 000 m^3/h az egyik blokk karbantartásának idején. A teljes levegőmennyiségből kb. 142 000 m^3/h az elszívórendszerek gáztisztítóin megszűrt levegő, a fennmaradó mennyiség inaktív levegő.
- Az egészségügyi épület szellőző kürtője (magassága 30 m):
  A névleges levegőmennyiség kb. 164 000 m^3/h, ebből 4500 m^3/h a radiokémiai labor vegyifülkéinek elszívott levegője, kb. 3400 m^3/h a forró fülkesorból elszívott levegő, 5000 m^3/h az egyéb, szűrés után kibocsátott levegő.
- A 3-4. blokk szellőzőkéménye (magassága 100 m):
  A környezetbe kibocsátott névleges levegőmennyiség kb. 570 000 m^3/h, a blokkok normál üzemállapotában és 690 000 m^3/h az egyik blokk karbantartásának idején. A teljes levegőmennyiségből kb. 134 000 m^3/h az elszívó rendszerek gáztisztítóin megszűrt levegő, a fennmaradó mennyiség inaktív levegő.

Az atomerőműben a folyékony radioaktív hulladékok forrásai az alábbiak:

- a technológiai rendszerek ürítései, légtelenítései,
- az erőmű tervszerű karbantartásakor szükségessé váló dekontaminálások elhasznált dekontamináló oldata,
- a helyiségek dekontaminálása során a speciális csatornába jutó dekontamináló oldat, a szervezetlen szivárgások (speciális csatornán keresztül),
- a primer köri víztisztítók regenerátumai és lazító vizei,
- kimerült ioncserélő gyanták,
- bepárlók tisztítására használt savazó oldatok,
- radioaktívan szennyezett mosodai vizek,

- a radiokémiai laborok hulladékvize,
- a felületi tisztításból és egyéb tevékenységből származó radioaktívan szennyezett oldószerek és olajok,
- fűtőelemek tisztításából származó radioaktív szennyvizek,
- a kiégett fűtőelemek KKÁT-ba történő átszállítása során keletkező hulladékvizek.

A fent felsorolt hulladékvizek gyűjtést, ülepítést, átmeneti tárolást és előkezelést követően bepárlásra kerülnek (kivéve, amelyek közvetlenül folyékony radioaktív hulladékként a segédépületekben tárolásra kerülnek).

A megfelelően előkezelt, kb. 3-5 g/l-es sótartalmú hulladékvizeket a bepárlóban besűrítik. A bepárlók desztillátuma a kondenzáltatás és mechanikus szűrőkön történő átvezetés után, megfelelő radiokémiai ellenőrzést követően közvetlenül kerül az ellenőrző tartályokba, vagy ha az ellenőrzés során radioaktív szennyezettség mutatható ki, akkor kation és anioncserélőkön keresztül vezetik az ellenőrző tartályokba. A tisztított kondenzátum kémiai és radiokémiai ellenőrzés után vagy mérlegen felüli vízként kerül kibocsátásra, vagy az erőmű háziüzemi tiszta kondenzátum ellátására szolgáló tartályokba kerül, amennyiben az előírt normáknak megfelel. Ha a kondenzátum nem felel meg az előírt normáknak, akkor a csurgalékvíz tartályokba kerül újrafeldolgozásra.

Az atomerőmű üzemeltetése alatt képződő mérleg feletti és hulladékvizeket kibocsátásuk előtt ellenőrző tartályokban gyűjtik. A vizek kibocsátását minden esetben szigorú kémiai és radiológiai minősítés előzi meg. A hulladékvizek kibocsáthatóságának részletes feltételeit (aktivitás, pH, kibocsátási útvonal) a mindenkor érvényes „Vízkibocsátási rend” tartalmazza.

A kibocsátható radionuklidok mennyiségét szigorú hatósági korlátok szabályozzák, melyek betartását maga az erőmű és a hatóságok is többszörösen ellenőrzik. A Paksi Atomerőmű üzemeltetője kezdettől fogva szélesebb körű kibocsátás-ellenőrzést valósított meg, mint amit a hatósági szabályozás megkövetelt. Elsősorban a nuklidspecifikus vizsgálatok körét terjesztette ki, ami a lakossági sugárterhelés számítása szempontjából is alapvető fontosságú. A kibocsátás-ellenőrzés eredményeit az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. havi, negyedéves és éves jelentésekben összegzi.

Az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről szóló 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet által előírt jelenleg hatályos kibocsátási korlátozási rendszer az atomerőműre meghatározott dózismegszorításból (90 µSv/év) származtatott izotópspecifikus kibocsátási korlátok vonatkoznak mind a folyékony, mind a légnemű kibocsátásokra. Az atomerőmű normálüzemi radioaktív kibocsátásait jellemző 2024. évre vonatkozó összesített kibocsátási adatok és az azokhoz tartozó ún. kibocsátási határérték kritérium kihasználások az *5.1.1-1. táblázatban* csoportokba foglalva szerepelnek. Az atomerőműből kibocsátott radioaktív anyagok egységnyi villamosenergia-termelésre normált értékei az *5.1.1-2. táblázatban* láthatók.

Összességében elmondható, hogy az atomerőmű a teljes üzemideje alatt minden vonatkozásban nagy tartalékkal betartotta a radioaktív kibocsátásokra vonatkozó korlátokat. Az erőmű 2024. évben 0,33%-ban használta ki a kibocsátási korlátot (kibocsátási határérték kritérium kihasználtsága: $3{,}26 \cdot 10^{-3}$), ebből 0,242%-kal a folyékony, míg 0,08%-kal a légnemű kibocsátások részesedtek. A kibocsátási határérték kritérium kihasználtsága a korábbi években, 2019-ben 0,28%, 2020-ban 0,30%, 2021-ben 0,38%, 2022-ben 0,084%, 2023-ban 0,37% volt, tehát a korlát kihasználás az utóbbi években hasonló nagyságrendű volt.

A nukleáris környezetellenőrzés 2024. évi eredményeinek értékelése alapján megállapítható, hogy az atomerőmű üzemeltetése közvetlenül mérhető hatással 2024-ben sem volt a környezet sugárzási viszonyaira. Az „A” és „G” típusú állomások dózisteljesítmény mérő szondái, továbbá az összes állomáson kihelyezett TL-detektorok mérési eredményei a környezet természetes gamma-sugárzására jellemző dózisteljesítményt, illetve dózist mutatták.

5.1.1-1. táblázat: Az atomerőmű éves radioaktív kibocsátásainak összefoglaló adatai 2024-ben

Izotóp-csoportok	Összes kibocsátás [Bq/év]	Kibocsátási határérték kihasználás
Légnemű kibocsátások		
Korróziós és hasadási termékek	$6{,}10 \cdot 10^{8}$	$9{,}30 \cdot 10^{-5}$
Radioaktív nemesgázok	$2{,}70 \cdot 10^{13}$	$4{,}12 \cdot 10^{-4}$
Radiojódok (^{131}I egyenérték)	$8{,}98 \cdot 10^{7}$	$1{,}36 \cdot 10^{-5}$
Trícium	$4{,}09 \cdot 10^{12}$	$2{,}35 \cdot 10^{-5}$
Radiokarbon	$7{,}81 \cdot 10^{11}$	$2{,}94 \cdot 10^{-4}$
Összes:		*$8{,}36 \cdot 10^{-4}$*
Folyékony kibocsátások		
Korróziós és hasadási termékek	$1{,}02 \cdot 10^{9}$	$8{,}91 \cdot 10^{-4}$
Trícium	$2{,}79 \cdot 10^{13}$	$9{,}61 \cdot 10^{-4}$
Radiokarbon	$1{,}76 \cdot 10^{9}$	$5{,}69 \cdot 10^{-4}$
Alfa-sugárzók	$6{,}28 \cdot 10^{5}$	$8{,}48 \cdot 10^{-7}$
Összes:		*$2{,}42 \cdot 10^{-3}$*

A kibocsátási határérték kritérium egy adott izotópra és a kibocsátási módra vonatkozóan a kibocsátási határérték és a kibocsátott mennyiség hányadosa, melynek számítása:

$$\sum_{ij} \frac{R_{ij}}{El_{ij}} \leq 1$$

ahol:

E_{lij} – az *i* radionuklid *j* kibocsátási módra vonatkozó kibocsátási határértéke (Bq/év),
R_{ij} – az *i* radionuklid *j* kibocsátási módra vonatkozó éves kibocsátása (Bq/év).

5.1.1-2. táblázat: Az atomerőműből kibocsátott radioaktív anyagok egységnyi villamosenergia-termelésre normált értékei

Radionuklid	Paksi Atomerőmű [$GBqGW_e^{-1}év^{-1}$]	
	2024	**1983-2024**
Légnemű kibocsátás		
Korróziós és hasadási termékek aeroszolban	$3{,}5 \cdot 10^{-1}$	$6{,}5 \cdot 10^{-1}$
^{131}I egyenérték	$5{,}2 \cdot 10^{-2}$	$1{,}1 \cdot 10^{-1}$
Összes nemesgáz	$1{,}6 \cdot 10^{4}$	$1{,}2 \cdot 10^{5}$
Összes trícium*	$2{,}4 \cdot 10^{3}$	$2{,}1 \cdot 10^{3}$
Összes radiokarbon**	$4{,}5 \cdot 10^{2}$	$4{,}8 \cdot 10^{2}$
Folyékony kibocsátás		
Korróziós és hasadási termékek	$5{,}9 \cdot 10^{-1}$	$1{,}5 \cdot 10^{0}$
Trícium	$1{,}6 \cdot 10^{4}$	$1{,}1 \cdot 10^{4}$

* 1985-2024 átlaga.

** 1988-2024 átlaga.

A Dunába kibocsátott radioaktív anyagok által a Duna vizében megjelenő évi átlagos növekmény becsült értéke – a teljes elkeveredés után – trícium esetében 1,0 Bq/dm^3-nél, az összes többi radionuklidra pedig együttvéve 0,1 mBq/dm^3-nél kisebb volt.

A kibocsátott radioaktív izotópok közvetlen környezeti megjelenésével kapcsolatban a tapasztaltak szerint – még az igen érzékeny vizsgálati módszerek mellett is – mesterséges eredetű izotóp nem volt kimutatható a földfelszíni levegőmintákban az erőműtől 1-2 km távolságra az A-típusú állomásokon. A radiokarbon 40 mBq/m^3 körüli értékkel, a trícium 10-20 mBq/m^3 nagyságrendben (A3 és A4 állomás esetén többnyire 10-400 mBq/m^3), a radioaktív nemesgázok környezeti aktivitáskoncentrációja ugyanitt 100 mBq/m^3 körülire becsülhető. Az év során a fall-out (kihullás) mintákban atomerőművi eredetű mesterséges eredetű izotóp nem volt kimutatható.

Az állomások környezetében vett talaj- és fűminták közül egyetlen egy helyen sem, illetve a dunai iszapminták közül egyikben sem találtak az atomerőműtől származó radionuklidokat. A halastavak víz- és iszapmintáiban, továbbá a tej- és a halmintákban kibocsátásból származó radioaktív izotópot a mérések kimutatási határ felett nem jeleztek. A nukleáris környezetellenőrzés 2024. évi mérési eredményeit összegezve megállapítható, hogy – hasonlóan a korábbi évekhez – az atomerőmű hatása a környezetre sugárvédelmi szempontból elhanyagolható volt.

A kibocsátási határérték-kritérium kihasználás alapján konzervatívan becsülhetjük a lakossági dózist, ezt a becsült értéket megerősíti a korszerű terjedésszámítási módszerekkel végzett kritikus lakossági csoport effektív dózisának számítása. A normál üzemi működésből eredő lakossági dózisterhelés (50-100 nSv lekötött effektív dózis) alapján kijelenthető, hogy az igen szigorúan meghatározott kibocsátási határértékek megfelelően kerültek kiválasztásra és biztosítják az atomerőműre vonatkozó 90 µS/év dózismegszorítás és így a lakossági dóziskorlát messzemenő teljesülését.

Az EKD alapján a Baranya Vármegyei Kormányhivatal előzetes konzultációt lezáró véleményében megfogalmazott II. 4.1. pontja előírta, hogy a környezethasználó *„Nyilatkozzon arról, hogy az eddig meghatározott 90 µS/év dózismegszorításból származtatott légköri és folyékony kibocsátási határértékeket kívánja- e a továbbiakban is alkalmazni. Továbbá a környezeti hatástanulmány mellékleteként nyújtsa be a Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjaira vonatkozó kibocsátási határértékeinek meghatározásáról szóló dokumentumot.”*

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. mint a Paksi Atomerőmű üzemeltetője – összhangban a fentiekben bemutatott kibocsátási információkkal – továbbra is 90 µS/év dózismegszorításból származtatott légköri és folyékony kibocsátási határértékeket kívánja alkalmazni.

Ezt – a dózismegszorítás jelenlegi értékének fenntartását – a következő két szempont is indokolja. Az 1 mSv dóziskorlátból származtatott, jelenleg a Paksi Atomerőműre és a Paks II.-re vonatkozó 90-90 µS/év, míg a RHK Kft. esetében a KKÁT-ra vonatkozó 10 µS/év értékek mellett lehetőség lenne az értékek növeléssel való korrekciójára is.

A dóziskorlát és a paksi telephelyen lévő létesítmények száma alapján, akár mind a három engedélyes dózismegszorítása lehetne 100-100 µS/év, még a KKÁT esetében is. Mindemellett egy esetleges, csak a Paksi Atomerőműre vonatkozó módosítási igény azzal járna együtt, hogy felmerülhetne kérdésként a Paks II. Atomerőmű esetében miért lenne más ez az érték. Különösen arra tekintettel, hogy a Paks II. Atomerőmű dózismegszorításának megválasztásánál lényeges szempont volt, hogy az szinkronban legyen a Paksi Atomerőmű dózismegszorításával. Emellett még lényegesebb szempont, hogy a sugárvédelem területén alkalmazott ALARA elv szerint a sugárterhelés mértékének az észszerűen lehető legalacsonyabbnak kell lennie. Így a jelenlegi alacsony érték növelése emiatt sem lenne elfogadható.

A jelenlegi ismertek alapján így nincs indoka a légköri és a folyékony kibocsátási hatérétékek módosításának. A jövőre vonatkozóan, jelenleg még csak előkészítési fázisban lévő üzemanyagdiverzifikáció részeként figyelembe vehető, Westinghouse gyártású kazetták esetében előfordulhat, hogy a határértékkel ellenőrzött izotópok körén célszerű lesz esetleg módosítani. Az ehhez szükséges elemzések későbbi fázisban történő végrehajtásából eredően, ezt majd csak a számítási eredmények ismertében lehet pontosan meghatározni. Az azonban már most is kijelenthető az eddig elvégzett előzetes elemzések alapján, hogy ezek az esetleges módosítások egyrészt a dózismegszorítás értékének betartását nem veszélyeztetik, másrészt az érték betartásán túl az ahhoz viszonyítottan is rendkívül alacsony kihasználási tényezőn sem fognak változtatni, így az nem eredményez érdemi környezetihatás változást.

A légköri és folyékony kibocsátásokra vonatkozó határértékek változatlan fenntartásából következően az ezek megalapozásaként a környezetvédelmi hatósághoz eddig benyújtott és a hatóság által elfogadott alábbi dokumentumok továbbra is érvényesek, így azok a jelen KHT-hoz mellékletként nem kerültek csatolásra:

- Az OTH 40-6/1998 sz. levele a Paksi Atomerőmű és KKÁT kritikus lakossági csoport dózismegszorításának megállapítása tárgyában, OTH, 1998.

- A Paksi Atomerőmű kibocsátási határértékeinek meghatározása, OKK-OSSKI, Budapest, 2003. március.
- A paksi atomerőmű kibocsátási határértékeinek meghatározása, Kiegészítés, OKK-OSSKI, Budapest, 2004. szeptember.
- Radioaktív kibocsátási korlát bővítése, Tanulmány, Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. ^{108m}Ag és ^{159}Gd izotópokra vonatkozó kibocsátási határértékeinek meghatározása, 2. változat (4000053668), OSSKI, 2014. február.

5.1.2. A radioaktív anyagok várható kibocsátásai a további üzemidő-hosszabbítás időszakában

A Paksi Atomerőmű radioaktív kibocsátásai a jelenlegi üzemelési jellemzők figyelembevételével, a jelenleg engedélyezett üzemidő végéig hátralévő időszakban, majd a TÜH időszakában nem változnak, mivel az atomerőmű technológiáját, illetve üzemeltetési jellemzőit illetően a TÜH-hoz kötődően nem tervezettek olyan változtatások, amelyek a radioaktív kibocsátások jellemzőit érdemben befolyásolnák. Ennek megfelelően elmondható, hogy várhatóan az *5.1.1. fejezetben* bemutatott jelenlegi radioaktív kibocsátások lesznek jellemzőek a TÜH időszakában is. Ez azt jelenti, hogy a jelen állapothoz képest a légnemű és folyékony radioaktív kibocsátások jellemzői, mennyisége és a kibocsátások módja várhatóan nem változik.

Az eddigi tapasztalatokat figyelembe véve megállapítható, hogy a meghosszabbított üzemidejű erőmű üzemelésének időszakában a légnemű és folyékony radioaktív kibocsátások nagyságrendje az eddigiekhez hasonló tartományban marad. A Paksi Atomerőmű további üzemelése sem jár ezáltal az eddigieknél nagyobb radiológiai kockázattal.

5.2. A környezet radioaktivitásának jellemzése

5.2.1. Az atomerőmű radiológiai környezetellenőrzésének eredményei

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. által készített, a sugárvédelmi tevékenységeket bemutató éves jelentések, valamint a hatósági mérések 2011-2023 közötti időszakra vonatkozó teljeskörű feldolgozása alapján az atomerőmű telephelyének környezetében mért radioaktivitásra vonatkozóan az alábbi megállapítások tehetők.

A jelentésekben szereplő gamma-sugárzó izotópok mérési eredményei alapján megállapítható, hogy néhány esettől eltekintve, a kapott értékek minden évben vagy az 1980-as alapszint alatt maradtak, vagy a 30 km-re található referencia-állomásnál mért, illetve az országos értékekhez nagyon hasonlóak voltak. Az atomerőműhöz köthető, kimutatási határ felett levő aktivitáskoncentrációk csak néhány alkalommal fordultak elő levegő, fall-out, talaj- és halastavi iszap mintákban.

A mesterséges eredetű izotópokat (pl. ^{131}I, ^{134}Cs, ^{137}Cs) tekintve eltérések elsősorban a 2011-es fukusimai balesethez és a szintén 2011-es, az izotópgyártás során bekövetkezett hazai kibocsátáshoz köthetők. A ^{90}Sr és a ^{137}Cs előforduló növekményei nem a Paksi Atomerőmű járulékai, hanem feltételezhetően a csernobili baleset következményei.

A levegő trícium- (^{3}H) és radiokarbon- (^{14}C) tartalmára vonatkozóan országos mérési adatok nem állnak rendelkezésre (ezeket a méréseket csak a Paksi Atomerőmű KEL laboratóriuma végezte), ezért ebben az esetben az erőműtől a 30 km-re levő B24 állomás lett kijelölve referenciaként. A kapott eredmények jó egyezést mutattak az „A” típusú állomások és a B24 állomás között.

Az erőmű telephelyén belüli mintavevő kutakban az átlagos ^{3}H-aktivitáskoncentráció folyamatos csökkenést mutatott. A telephelyen kívüli kutak mérési eredményei megfelelnek a környező halastavak és a Duna ^{3}H-aktivitáskoncentrációjának. Az erőműből származó mesterséges gamma-sugárzó izotópok kimutatási határ felett nem voltak kimutathatók.

A környezeti dózisteljesítmény értékek jó egyezést mutattak az alapszinti és az országos átlagértékkel. Az erőműtől származó növekmény nem volt kimutatható.

A 2011-2023 közötti mérési adatok feldolgozása mellett az atomerőmű környezetében 5 különböző helyszínen in situ gamma-spektrometriai és környezeti dózisteljesítmény mérésekre

került sor 2024-ben, valamint a havi rendszerességgel gyűjtött talaj- és növénymintákon laboratóriumi vizsgálatokat is végeztek. A méréseket követően megtörtént a vizsgálati eredmények rendszerezése, statisztikai módszerekkel való elemzése és összevetésük az alapszinti értékekkel.

2024-ben a környezeti dózisteljesítmény értékek az alapszinti értéknek megfelelő tendenciát mutattak, ami azt igazolja, hogy az atomerőmű környezetében nem mutatkozik emelkedett dózisteljesítmény-szint.

A 2024-ben vizsgált talajmintákban az ^{238}U-sor elemeire (^{214}Pb és ^{214}Bi) és a ^{232}Th-sor elemeire (^{228}Ac és ^{212}Pb) vonatkozó aktivitáskoncentráció 29-34 Bq/kg közötti, átlagosan 31 Bq/kg volt az 5-ből 4 mintavételi helyen. Ettől számottevően csak az erőmű telephelyétől déli irányban 0,9 km-re elhelyezkedő 4. mintavételi pontról származó talajminták esetében mért értékek tértek el, melyek csupán 12-14 Bq/kg közötti aktivitáskoncentrációjúak voltak átlagosan. A talajminták laboratóriumi vizsgálata során kapott eredmények jó egyezőséget mutattak az in situ gamma-spektrometriával mért értékekkel.

A talajminták ^{40}K-aktivitáskoncentrációja szintén a 4. mintavételi ponton volt a legalacsonyabb (átlagosan 292 ± 9 Bq/kg) 2024-ben, míg a többi mintavételi helyen vett mintáké átlagosan 419-535 Bq/kg közötti értékű volt. A növényminták ^{40}K-aktivitáskoncentrációja 60-386 Bq/kg közötti volt az eredeti anyag tömegére vonatkoztatva (illetve 63-1477 Bq/kg szárazanyagra nézve).

A ^{7}Be-aktivitáskoncentrációja 0,75-8,47 Bq/kg közötti volt a talajmintákban, míg a növénymintáké 15-279 Bq/kg közötti szárazanyagra (4,55-152 Bq/kg eredeti tömegre) vonatkoztatva 2024-ben.

A talaj- és növénymintákban mért összes-β-aktivitáskoncentráció értéke (talaj: 316-698 Bq/kg, növény: 105-1699 Bq/kg sza.) jó egyezőséget mutatott a bennük levő ^{40}K-aktivitás-koncentrációval, ami arra enged következtetni, hogy a mért összes-β-aktivitás zömében a ^{40}K izotóptól származott.

A talajminták 2024. évi ^{137}Cs-aktivitáskoncentráció értéke 1,25-23,2 Bq/kg közötti volt. A mért ^{90}Sr-aktivitáskoncentráció 0,28-2,38 Bq/kg között változott és jellemzően a 4. mintavételi pontról származó mintákban volt a legkisebb (átlagosan 0,436 ± 0,14 Bq/kg). A vizsgálati eredmények a telephelytől északkeleti irányban, 3,4 km-re található 5. mintavételi pont (elsősorban tavaszi) mintáinak kivételével az 1980-as alapszint tartományába estek vagy az alatt maradtak. Az 5. mintavételi pont ^{137}Cs-aktivitáskoncentráció értéke minden hónapban nagyobb volt a másik 4 mintavételi helyhez képest (átlagosan 17,81 ± 3,06 Bq/kg). Legkisebb ^{137}Cs-aktivitás-koncentráció értéket jellemzően a 4. mintavételi helyről származó talajmintákban lehetett mérni (átlagosan 2,12 ± 0,67 Bq/kg). Az 5. mintavételi hely bolygatatlanságát az in situ gamma-spektrometriás vizsgálatokat megelőző mélységi talajmintavételek ^{137}Cs-eloszlás eredményei is igazolták.

A növényminták ^{137}Cs-aktivitáskoncentráció értéke <0,032-0,49 Bq/kg sza. közötti volt 2024-ben, míg a mért ^{90}Sr-aktivitáskoncentráció 0,223-4,44 Bq/kg (szárazanyag) között változott. A vizsgálati eredmények minden esetben az 1980-as alapszint tartományába estek vagy az alatt maradtak. A mérési eredmény és a mintavételi hely szoros összefüggése nem volt igazolható. A különböző típusú növényminták átlagos aktivitáskoncentráció értékei között csupán a ^{90}Sr-aktivitáskoncentrációt tekintve volt számottevő különbség kimutatható (legelői fű: 0,560 ± 0,149 Bq/kg (szárazanyag), csalán: 2,260 ± 0,821 Bq/kg (szárazanyag)).

Összefoglalóan megállapítható, hogy sem a 2011-2023 évekre elvégzett adatfeldolgozás, sem a 2024. évi helyszíni és laboratóriumi vizsgálati eredmények alapján a Paksi Atomerőmű normál működése során az erőműtől származó, a lakosságot és a környezetet érő többlet sugárterhelés nem volt kimutatható. A radiológiai környezetellenőrzés eredményeinek részletes ismertetése a *11. mellékletben* található.

5.2.2. Az atomerőmű üzemelésének hatásai a környezet radioaktivitására

5.2.2.1. A Paksi Atomerőmű önálló üzemelésének hatásai

A Paksi Atomerőmű környezete radiológiai ellenőrzésének a 2011-2023 időszakra vonatkozó eredményei részletesen feldolgozásra kerültek a TÜH környezeti hatásvizsgálatát megalapozó vizsgálati programok végrehajtása keretében. A környezet sugárzási szintjének folyamatos ellenőrzése érdekében nem csak a Paksi Atomerőmű saját környezetellenőrző laboratóriuma végez vizsgálatokat, hanem hatósági laboratóriumok is ellenőrzik a különböző környezeti közegek aktivitáskoncentrációját. Megállapítható volt, hogy a vizsgálat időszakára vonatkozóan a háttérsugárzás szintje a paksi telephely környezetében azonos tartományba esett az országos jellemző adatokkal. Az atomerőműből származó mesterséges eredetű radionuklidok csak kevés esetben voltak kimutathatóak környezeti mintákban.

A vizsgálatok az erőmű normál üzemi kibocsátásaira vonatkoztak. A Paksi Atomerőmű első üzemidő-hosszabbítása előtt elvégzett vizsgálatok is hasonló eredményre jutottak, melyek szintén normál üzemi kibocsátások mellett történtek. Kiindulva abból, hogy az erőmű normál üzemi kibocsátásai az eddigiekhez hasonló tartományokban maradnak, feltételezhető, hogy a Paksi Atomerőmű további önálló üzemelése sem jár az eddigieknél nagyobb radiológiai kockázattal a környezetre nézve.

5.2.2.2. A telephelyen üzemelő és tervezett nukleáris létesítmények együttes hatásai

A Paks II. Atomerőmű létesítési engedélyezési dokumentumai szerint az atomerőművet úgy tervezték, hogy a radioaktív sugárzás mértéke a környezetre és a lakosságra a blokkok folyamatos normál üzeme és a várható üzemi események során nem haladja meg a lakossági dóziskorlátokat, illetve a környezet radioaktivitását. Ennek igazolása érdekében dózisszámításokat végeztek a Paks II. üzemelése közbeni hatásra vonatkozóan a telephely környezetében. A kapott eredmények teljesen hasonlóak a Paksi Atomerőmű blokkjainak normál üzemi kibocsátásai esetére vonatkozó számítási eredményekhez.

A Paks II. Atomerőmű várható normál üzemi környezeti hatásainak vizsgálata során számításokkal került bemutatásra, hogy a Paks II. két blokkjának normál üzemvitele során a gáz-aeroszol kibocsátásokból és a folyékony kibocsátásokból eredő, a lakosságot várhatóan terhelő dózisok jelentősen kisebbek, mint a létesítményre önállóan megállapított 90 µSv/év dózismegszorítás, sőt a tényleges kibocsátásból eredő dózis jóval kisebb lesz ennél az értéknél is.

Az erőmű tervei részletesen kitérnek továbbá arra is, hogy a Paks II. környezeti- és sugárzás-ellenőrző rendszere miként fog együttműködni a már meglévő blokkok, azaz a Paksi Atomerőmű kibocsátás- és környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszerével. A meglévő állomásokat a legmegfelelőbb területi lefedettség érdekében néhány esetben áthelyezni szükséges, néhány esetben pedig új állomás létesítésére van szükség.

A fentiekben leírtak alapján megállapítható, hogy a telephelyen üzemelő Paksi Atomerőmű és az épülő Paks II. Atomerőmű normál üzemi együttes működése alatt elhanyagolható mértékű környezeti radiológiai terhelés várható.

5.3. A lakosság sugárterhelésének vizsgálata

5.3.1. A vizsgálat módszere, terjedelme, kiinduló adatai

A lakosság sugárterhelésének értékelése a Paksi Atomerőmű 30 km-es környezetében élő lakosság TÜH alatt várható sugárterhelésének meghatározásával történt a jelenlegi radiológiai hatások értékelése, valamint a nukleáris biztonsági elemzésekkel összhangban elvégzett számítások alapján. Meghatározásra került a lakosság tagjait különböző besugárzási útvonalakon érő, közvetlen és közvetett sugárterhelés nagysága, megtörtént a lekötött effektív dózis alapján a radiológiai hatásterület megállapítása. A sugárterhelés becsléséhez a Paksi Atomerőmű különböző üzemállapotaiban jelentkező légnemű és folyékony radioaktív

kibocsátások mellett figyelembevételre kerültek a különböző egyéb tevékenységekből, forrásokból eredő mesterséges sugárterhelésekre vonatkozó járulékok is, különös tekintettel a friss és a kiégett fűtőelemek és radioaktív hulladékok kezelésére és szállítására, a sugárforrások telephelyen belüli mozgatására, valamint az ipari radiográfiás vizsgálatokra.

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának időszakában a Paks II. Atomerőmű is üzemelni fog. Megtörtént a paksi telephelyen jelenleg üzemelő és a Paks II. telephelyén épülő nukleáris létesítmények együttes üzemeltetésének radiológiai hatásvizsgálata is. Ennek részeként vizsgálatok készültek a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója (KKÁT) és a Paks II. Atomerőmű üzemeltetésének figyelembevételével a jelenleg üzemelő négy blokk üzemelése mellett. A vizsgálatok részét képezte annak értékelése is, hogy a lakosság sugárterhelését befolyásoló, esetlegesen változó jellemzők (pl. meteorológiai-hidrológiai adatok vagy a helyi lakosságra jellemző életviteli és fogyasztási szokások) új értékei milyen változásokat eredményezhetnek a környezeti hatások és a lakosság sugárterhelése szempontjából a TÜH időszakában.

A lakossági sugárterhelés meghatározása a jogszabályi előírások és a nukleáris biztonsági elemzések elvégzésére vonatkozó hatósági útmutatókban leírtak figyelembevételével történt. A nukleáris biztonsági elemzéseknél is követett hazai gyakorlatnak megfelelően a jogszabályokban szereplő dózisfogalmak lekötött effektív dózist jelentenek, 50 évre (vagy gyermekek esetében 70 éves életkorig) integrálva, így ezek az értékek kerültek meghatározásra a vizsgálataink során.

Feldolgozásra kerültek az elmúlt években más országok nukleáris létesítményeire készült KHT-k is, többek között:

- a finnországi Loviisa atomerőmű KHT-ja (Loviisa Nuclear Power Plant, Environmental impact assessment report, 2021), az Olkiluoto atomerőmű 1. és 2. blokk üzemidő-hosszabbításának és teljesítmény növelésének KHT-ja (Extending the service life of the Olkiluoto 1 and Olkiluoto 2 plant units and uprating their thermal power, Environmental impact assessment programme, 2024),
- a szlovákiai bohunicei telephelyre tervezett új atomerőmű KHT-ja (New nuclear power plant at the Jaslovské Bohunice site, Environmental Impact Assessment Report on the proposed activity, 2015),
- az ukrajnai Hmelnyickij atomerőmű telephelyén tervezett blokkok KHT-ja (Environmental Impact Assessment Report of the planned activity, Construction of power units 5 and 6 with AP1000 reactor unit at the Khmelnytskyi NPP site, 2024).

Ezek alapján megállapítható volt, hogy a normál üzemi állapot és a tervezési üzemzavarok elemzésére alkalmazott módszerek és a meghatározott eredmények, következtetések is hasonlóak a Paksi Atomerőmű TÜH megalapozásához alkalmazott elemzési eszközökhöz és eredményekhez.

5.3.2. A radiológiai hatások minősítési rendszere

Az atomerőmű radiológiai hatásainak minősítése a lakosság tagjaira vonatkozó dózisok alapján történt. Ehhez a korábbi üzemidő-hosszabbítás, illetve a Paks II. Atomerőmű környezeti hatásvizsgálatánál is alkalmazott számszerű kritériumok kerültek alkalmazásra, a minősítési kategóriák konkretizálása ezeknek megfelelően történt. A közvetlen és szórt sugárzások, valamint radioaktív kibocsátások által előidézett környezeti hatások (azaz a reprezentatív személynek okozható külső és belső sugárterhelés) minősítése az *5.3.2-1. táblázat* szerinti minősítési kategóriák alapján történt.

5.3.2-1. táblázat: Az atomerőmű radiológiai hatásainak minősítési kategóriái

Állapotváltozási minősítés	Sugárterhelés szintek (E = lekötött effektív dózis [μSv/év])
Semleges	$E \leq 90$
Elviselhető	$90 < E \leq 1\,000$
Terhelő	$1\,000 < E \leq 10\,000$
Károsító	$10\,000 < E$

Az *5.3.2-1. táblázat* szerinti hatásminősítési kategóriák értelmezése a következő:

- *Semleges:* A tevékenység hatása nem haladja meg a hatóság által meghatározott – az észszerűen elérhető legalacsonyabb szintet jelentősen nem meghaladó – értéket, azaz a dózismegszorítás 90 μSv/év értékét.
- *Elviselhető:* A tevékenység hatásának felső korlátja 1000 μSv/év, ami összhangban van az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 2/2022. (IV. 29.) OAH rendeletben leírtakkal, miszerint a lakosság tagjait egy adott év során az összes jóváhagyott tevékenységből érő sugárterhelés nem haladhatja meg az 1 mSv, azaz az 1000 μSv dóziskorlátot.
- *Terhelő:* A tevékenység hatásának felső korlátja az a legmagasabb lekötött effektív dózisérték, amely során a telephely környezetében védelmi intézkedés megtétele még nem szükséges.
- *Károsító:* A tevékenység következményeinek mérséklésére az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv (OBEIT) alapján a telephelyen kívül védelmi intézkedés megtétele szükséges.

A semleges hatás felső határértéke tehát a dózismegszorítás értéke. Az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat Országos Tisztifőorvosi Hivatal (ÁNTSZ OTH) az ÁNTSZ OTH 40-6/1998. számú állásfoglalásában került meghatározásra a Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjára, mint az ionizáló sugárzás mesterséges forrására a lakosság tagjai vonatkozásában a 90 μSv/év dózismegszorítás. A négy blokkra és a KKÁT-ra együttesen 100 μSv/év dózismegszorítás került meghatározásra, aminek 90%-a a Paksi Atomerőműre, míg 10%-a a KKÁT-ra vonatkozik. A dózismegszorítás ilyen módon történő megosztásának az volt az oka, hogy a KKÁT létesítését az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. saját területén, saját beruházásként kezdte meg. Jogszabályi változások alapján az csak később került a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft.-hez (RHK Kft.), mint az erőmű üzemeltetőjétől független engedélyeshez. A két új blokkra, a Paks II. Zrt. részére, az üzemelő blokkokra meghatározott dózismegszorítással azonos értékű dózismegszorítást az ÁNTSZ KEF-14831-4/2012. számon írta elő. A dózismegszorítás értéke a természetes eredetű háttérsugárzásból származó sugárterhelés területi ingadozásánál is alacsonyabb érték.

A terhelő hatás felső korlátjának tekintett 10 mSv/év sugárterhelés esetén sem kell kimutatható egészségi következményekkel számolni. Az Európai Bizottság által közzétett adatok szerint a természetes háttérsugárzás okozta dózis Európa egyes országaiban körülbelül 1,5-6,2 mSv/év között változik. A 10 mSv érték hozzávetőlegesen egy egésztest CT során szerzett sugárterhelésnek feleltethető meg. Az OBEIT alapján, a sugárterhelésnek kitett személyek sugárvédelmét a 10 mSv alatti dózistartományban is optimálni kell, azzal a céllal, hogy a személyi dózisok nagysága az észszerűen elérhető legalacsonyabb legyen.

5.3.3. A vizsgált üzemállapotok és az elemzések köre

Az atomerőmű üzemállapotainak meghatározását és a nukleáris biztonsági elemzésekre vonatkozó követelményeket a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet és az annak mellékleteit képező Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (NBSZ) tartalmazzák. Az atomerőmű

üzemállapotainak és a lehetséges eseményeknek a kategorizálását (TA1, TA2, TA4, TAK1, TAK2) a *2.3.1. fejezet* ismerteti.

Az üzemállapotok ilyen módon való felosztása eltér a környezetvédelmi jogszabályokban alkalmazottaktól, amely normál körülményeket és haváriát különböztet meg. A TÜH radiológiai elemzéseinek keretében az NBSZ-ben alkalmazott terminológia került alkalmazásra. (A normál körülményeknek a TA1 és TA2 üzemállapotok feleltethetők meg, a dózisokra vonatkozó azonos kritériumból eredően, míg a TA4 üzemállapot feleltethető meg a havária fogalmának.)

A tervezési alap kiterjesztésére vonatkozó előírások elsődleges célja, hogy a kis valószínűségű, de súlyos következményekkel járó események esetleges bekövetkezésére is megfelelően felkészültek legyenek az atomerőmű üzemeltetői és balesetelhárítás kezelésében közreműködő további szervek, hatóságok. Ebből következően a környezeti radiológiai hatások értékelése a normál üzemre és az üzemzavarokra vonatkoztatható, míg a tervezési alap kiterjesztéseként figyelembe vett állapotok – elsődlegesen azok következményeinek kezelésére való felkészülés jellegéből eredően – a *8. fejezetben* a hatások jellemzésével kerülnek bemutatásra, az országhatáron átterjedő lehetséges hatások elemzése keretében. Ez összhangban van a hazai és a más európai atomerőművek környezeti hatástanulmányaiban alkalmazott módszertannal.

Az NBSZ 3.2.4. szakasza a normál üzemtől eltérő állapotokra vonatkozóan – azok eltérő gyakoriságaival összhangban – eltérő elfogadási kritériumokat is megfogalmaz az egyes üzemállapotokhoz vezető kezdeti eseményekből induló folyamatokra. A lakossági sugárterhelés szempontjából az erőmű környezetére és a lakosságra vonatkozó, alábbi NBSZ kritériumok, követelmények relevánsak:

- „3.2.4.0100. A TA2-4 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatokra bizonyítani kell, hogy a lakosság vonatkoztatási csoportjának egy főre meghatározott dózisa nem haladja meg:
  - TA2 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatnál a lakossági dózismegszorítás értékét, és
  - a TA4 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatoknál az 5 mSv/esemény értéket.
- 3.2.4.0900. A nagy vagy korai kibocsátással járó súlyos baleseti eseményláncok összegzett gyakorisága, minden kiinduló üzemállapotra és hatásra összegezve – kivéve a szabotázs esetét, valamint a földrengést – nem haladhatja meg a 10^{-5}/év értéket, de minden észszerű átalakítás, beavatkozás alkalmazásával közelíteni kell a 10^{-6}/év értékhez. A követelmények teljesülését 2. szintű valószínűségi alapú biztonsági elemzésekkel kell igazolni.”

Az összes kezdeti eseményre biztonsági elemzésekkel kell igazolni a vonatkozó elfogadási kritériumok teljesülését. Az atomerőmű jelentette teljes kockázat meghatározására, a vonatkozó elfogadási kritériumok teljesülésének igazolására, a tervek kiegyensúlyozottságának, egyenszilárdságának értékelésére, valamint a tervezési alap kiterjesztése megfelelőségének megítélésére valószínűségi biztonsági elemzés szolgál.

A követelmények teljesítését az NBSZ-ben meghatározott tartalmú Végleges Biztonsági Jelentés (VBJ) mutatja be, amelyet a nukleáris biztonság felügyeletéért felelős hatósággal, az Országos Atomenergia Hivatallal (OAH) kell elfogadtatni. A VBJ tartalmazza az atomerőmű jellemzőit, az elvégzett átalakítások bemutatását, az új hatósági és szabályozási követelményeket és minden olyan információt, amely a biztonsági elemzéseket érintheti. Az aktualizálást az észszerűen legrövidebb időn belül el kell végezni, amint az új információk rendelkezésre állnak és a VBJ-be illeszthetők. Az engedélyes a nukleáris létesítmény VBJ-ét a nukleáris létesítmény változásainak megfelelően évente egységes szerkezetbe foglalja.

A nukleáris biztonsági és környezetvédelmi elemzési eredmények értelmezése és összehasonlítása során figyelembe veendő, hogy a környezeti elemzések általában a legjobb közelítés („best estimate”) módszerét használják. A determinisztikus nukleáris elemzések pedig észszerűen konzervatív vagy a bizonytalanságokat figyelembe vevő legjobb becslésű („Best Estimate Plus Uncertainty” – BEPU) megközelítést alkalmaznak. A KHT megalapozásaként

készített elemzések úgy készültek, hogy azok konzervatív vagy BEPU számítási eredményei a megfelelő kritériumokkal összevethetők legyenek.

A lakossági sugárterhelés értékeléséhez a Paksi Atomerőmű alábbi üzemállapotaira vonatkozóan készültek vizsgálatok és az ezekre kapott eredmények felhasználásával történt a hatásminősítés:

- normál üzemállapot (TA1),
- tervezési üzemzavarok (TA4).

Az NBSZ 3.2.4.0100. pontjában a várható üzemi eseményekre (TA2) vonatkozó nukleáris biztonsági elemzések elfogadási kritériuma, hogy a lakosság vonatkoztatási csoport egy tagjának (a csoport jellemzőivel rendelkező reprezentatív személy) konzervatív feltételezésekkel meghatározott dózisa nem haladja meg a lakossági dózismegszorítás 90 μSv/év értékét. Tekintettel arra, hogy a semleges hatás felső korlátja a dózismegszorítás értéke, azaz a 90 μSv/év, és a lakosság tagjainak az erőmű működéséből származó sugárterhelése (a tervezési üzemzavarokra vonatkozó nukleáris biztonsági elemzések eredményei alapján) jelentősen ez alatt marad, a TA2 üzemállapotra vonatkozóan a hatás mindenhol a semleges kategóriába esik. Ennek megfelelően a semleges hatást meghaladó állapotváltozásokra vonatkozó hatásterület megállapítására ebben az esetben nem volt szükség.

5.3.4. Az atomerőmű jelenlegi radiológiai hatásai

5.3.4.1. Az atomerőmű normál üzemi működéséből adódó lakossági dózisok

Az atomerőmű normál üzemi működéséből adódó lakossági dózisok a radioaktív anyagok kibocsátásából (nagyrészt belső sugárterhelés), valamint az üzemeléshez kapcsolódó közvetlen (szórt) sugárzásból (külső sugárterhelés) származnak. Az atomerőmű kibocsátásaiból származó teljes lakossági sugárterhelést a légnemű és a folyékony kibocsátások együttesen adják. A vizsgálatok, mind ez eddigi elemzési eredmények, mind a folyamatosan végzett mérések eredményei alapján megállapították, hogy a közvetlen (szórt) sugárzásból, valamint a légnemű és folyékony kibocsátásokból származó dózisok nagyon alacsonyak.

A környezeti közegek mintáiban csak esetenként, és akkor is csekély aktivitáskoncentrációban lehetett mesterséges radionuklid jelenlétét kimutatni a rendelkezésre álló legérzékenyebb analitikai eljárásokkal. A tápláléklánc elemeire nézve végzett mérések során nem volt tapasztalható a kimutatási határt meghaladó, az atomerőmű kibocsátásaira visszavezethető mérési adat.

A mintamérési eredmények, valamint a járulékos környezeti gamma-sugárzás dózisának mérését célzó vizsgálatok adatai alapján nem lehetséges pontos becslést adni a lakosság többlet-sugárterhelésének mértékére. Mivel a mérések többsége kimutatási határ alatti eredményt szolgáltatott, a kimutatási határértékek alapján csak egy felső, nagyon konzervatív becslésből származó érték meghatározása lenne lehetséges a lakosság sugárterhelésére.

A közvetlen mérési adatok helyett a kibocsátási adatokból terjedési modellek segítségével, a különféle besugárzási útvonalakat figyelembe véve, számítás útján határozható meg a Paksi Atomerőmű eddigi üzemelésével járó sugárterhelések nagyságrendje. Az ÁNTSZ OTH által (konzervatív feltevésként) megadott hipotetikus, kritikus lakossági csoportot, azaz a csoport jellemzőivel rendelkező reprezentatív személyt érintő dózis a légnemű kibocsátásból származó csámpai dózisok és a folyékony kibocsátás gerjeni lakosságra számított dózisok 1-5 éves gyermekekre vonatkozó értékeinek összegeként adódik.

A környező településeken a vizsgált 10 év (2013-2022) légnemű és folyékony kibocsátásokból származó, az éves sugárvédelmi jelentések alapján összesített lakossági dózisait és az atomerőmű telephelyére vonatkozó dózismegszorítás kihasználását az *5.3.4.1-1. táblázat* mutatja be. Az erősen konzervatív feltételezésekkel meghatározott maximális lakossági dózis 115 nSv volt, amely mindössze 0,13%-os maximális dózismegszorítási kihasználást jelentett. A gyermekekre vonatkozó dózis maximuma ennél is kisebb, 110 nSv volt. Ezen dózisok

hozzávetőleg egy óra természetes eredetű radioaktivitás okozta külső effektív dózissal egyenértékűek, kimutatható egészségi kockázatot így nem jelentenek.

5.3.4.1-1. táblázat: Az atomerőmű 2013-2022. évi légnemű és folyékony kibocsátásaiból származó külső és belső sugárterhelések összesítése és a dózismegszorítási korlát kihasználási adatai

Év	Csámpa a légnemű + Gerjen a folyékony kibocsátásból		Dózismegszorítás kihasználása [%]
	Felnőtt lakossági dózisok [nSv]	Gyermek lakossági dózisok [nSv]	
2013	$5{,}14 \cdot 10^{1}$	$4{,}83 \cdot 10^{1}$	0,054
2014	$6{,}30 \cdot 10^{1}$	$5{,}99 \cdot 10^{1}$	0,067
2015	$9{,}23 \cdot 10^{1}$	$8{,}77 \cdot 10^{1}$	0,097
2016	$7{,}50 \cdot 10^{1}$	$6{,}96 \cdot 10^{1}$	0,077
2017	$9{,}16 \cdot 10^{1}$	$8{,}58 \cdot 10^{1}$	0,095
2018	$1{,}04 \cdot 10^{2}$	$9{,}65 \cdot 10^{1}$	0,107
2019	$6{,}73 \cdot 10^{1}$	$6{,}11 \cdot 10^{1}$	0,068
2020	$7{,}21 \cdot 10^{1}$	$6{,}49 \cdot 10^{1}$	0,072
2021	$8{,}80 \cdot 10^{1}$	$8{,}11 \cdot 10^{1}$	0,090
2022	$1{,}15 \cdot 10^{2}$	$1{,}10 \cdot 10^{2}$	0,122
Minimum	$5{,}14 \cdot 10^{1}$	$4{,}83 \cdot 10^{1}$	0,054
Maximum	$1{,}15 \cdot 10^{2}$	$1{,}10 \cdot 10^{2}$	0,122
Átlag	$8{,}19 \cdot 10^{1}$	$7{,}65 \cdot 10^{1}$	0,085
Szórás	$1{,}96 \cdot 10^{1}$	$1{,}90 \cdot 10^{1}$	0,021

A fentiekben bemutatott adatok alapján megállapításra került, hogy a Paksi Atomerőmű eddigi normál üzemi működése során a lakosságot érő többlet-sugárterhelésnek nem volt kimutatható egészségkárosító hatása. Az atomerőmű normál üzemi radioaktív kibocsátásai által előidézett környezeti hatások semlegesnek minősíthetők.

Az atomerőmű meghosszabbított üzemelésének időszakában a légnemű és folyékony radioaktív kibocsátások nagyságrendjének megváltozása – ebből következően a lakossági sugárterhelés jelentős növekedése – az eddigiekhez képest nem várható. A tényleges kibocsátások következményeit a monitoring rendszer mérési adatai és a modellszámítások eredményei alapján lehet meghatározni.

A közvetlen (szórt) sugárterhelés a telephely környezetében élő lakosság tagjait több forrásból érheti, melyek közül az alábbiak emelhetők ki a Paksi Atomerőmű üzemeltetéséhez kapcsolódó radiológiai hatások szempontjából:

- a friss fűtőelem telephelyre szállítása,
- a kiégett fűtőelem szállítása a szomszédos átmeneti tárolóba, a KKÁT-ba,
- a radioaktív hulladékok elszállítása a telephelyről,
- a telephely területén, felületükön radionuklidot tartalmazó eszközök, sugárforrások mozgatása,
- az ipari radiográfiás vizsgálatok során nagy aktivitású sugárforrások használata különböző radiográfiai vizsgálatokra ideértve ezek oda- és elszállítását, ha ezeket nem a telephelyen tárolják.

A Paksi Atomerőmű önálló üzemelése során a fentiekben felsorolt tevékenységekből származó közvetlen sugárterhelés igen alacsony, ahogy azt a Paksi Atomerőmű telephelyére vonatkozóan az új atomerőműi blokkokra végzett számítások igazolják. A bizonytalanságok miatt a számítások erősen konzervatív feltételezésekkel készültek. A legnagyobb érték a radioaktív hulladékok szállításából, illetve az ipari radiográfiás vizsgálatok során alkalmazott nagy aktivitású sugárforrások használatából származhat. Ezekre is igaz, hogy még a legkonzervatívabb feltételezések esetén sem haladja meg a reprezentatív személy sugárterhelése a néhány μSv/év értéket. A friss fűtőelem szállításából származó éves lakossági sugárterhelés 1 μSv alatti, a

kiégett fűtőelem KKÁT-ba szállításából, valamint a telephely területén, felületükön radionuklidot tartalmazó eszközök, sugárforrások mozgatásából származó sugárterhelés ennél több nagyságrenddel kisebb, 1 nSv alatti. A Paksi Atomerőmű önálló üzemelésének közvetlen lakossági sugárterhelése az igen konzervatív forgatókönyvek ellenére sem éri el a 90 µSv/év értéket, a radiológiai hatásminősítési rendszer alapján semlegesnek minősítésű.

5.3.4.2. Az atomerőmű üzemzavari radioaktív kibocsátásai

A Paksi Atomerőmű üzemeltetése során lehetséges, normál üzemtől eltérő környezeti radiológiai hatások jellemzéseként az eddigi üzemeltetés során bekövetkezett, a normál üzemi kibocsátások szokásos szintjét meghaladó radioaktív anyag kibocsátásával járó eseményeket lehet figyelembe venni. Az atomerőmű eddigi működése során mindössze néhány üzemzavari kibocsátással járó esemény következett be, amelyek következményeként radioaktív anyagok (folyékony kibocsátás esetén trícium, hasadási és aktivációs termékek, légnemű kibocsátásoknál radioaktív nemesgázok, elemi, szerves és aeroszol formájú jódizotópok és egyéb hasadási termékek) környezeti megjelenését is észlelni lehetett.

A Paksi Atomerőmű üzemzavari radioaktív kibocsátásai esetében a környezetben megjelent aktivitás kimutatása a nukleáris méréstechnika igen nagy érzékenységét demonstrálta, amely igazolta, hogy a kibocsátások környezeti vagy egészségi következménnyel nem jártak. Ezt alátámasztja, hogy az üzemzavari kibocsátásokat követően – egy esetleges rövid idejű szintemelkedést követően – a víz- és élelmiszermintákban mért aktivitáskoncentrációk valamennyi esetben nagyságrendekkel a megengedhető aktivitáskoncentrációk alatt voltak, a környezeti sugárzás dózisteljesítménye a normális, természetes háttérsugárzás szintjén maradt. A radioaktív izotópokat tartalmazó légtömegből kihullott, meghatározó részarányú izotópok legnagyobb talajfelszíni szennyezettsége is igen alacsony volt, az ebből számított dózisteljesítmény nem érte el az 1 nSv/h értéket, ami a természetes háttérsugárzás körülbelül 1%-a, és messze a természetes sugárzási szint ingadozásának tartományába esik. A radionuklidok belégzéssel, illetve lenyeléssel történő felvételéből számított lekötött effektív dózis értéke nSv-es nagyságrendbe esett, ami rendkívül csekély, a természetes háttérsugárzásból körülbelül 1 perc alatt származó sugárterhelésnek megfelelő érték.

5.3.5. Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása miatt várható változások

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása alatt várható üzemelése hatásainak értékelésére először a korábbi elemzések eredményei alapján került sor, külön-külön az erőmű önálló üzemelésére, majd a Paksi Atomerőmű és a Paks II. együttes üzemelésére vonatkozóan, figyelembe véve az üzemzavarok potenciális radiológiai hatásait is. Ezt követően a Paksi Atomerőmű üzemidő-hosszabbítására vonatkozóan elkészült új dózisszámítások kerültek bemutatásra, melyek eredményei a Paks II. üzemelésével összevetve kerültek értékelésre. Ez a megközelítés biztosítja a meglévő információk teljeskörű figyelembevételét, az új eredmények megfelelő kontextusba helyezését, és a teljes rendszer hatásának lakossági sugárterhelés szempontjából való átfogó értékelését.

5.3.5.1. A további üzemelés időszakában várható lakossági sugárterhelés értékelése a korábbi elemzések alapján

5.3.5.1.1. A Paksi Atomerőmű önálló üzemelésének radiológiai hatásai

A radiológiai hatások értékelése során közvetlen és közvetett hatások különböztethetők meg. A korábbi mérések és számítások alapján a Paksi Atomerőmű önálló üzemelésének közvetlen lakossági sugárterhelése az igen konzervatív forgatókönyvek és feltételezések ellenére sem éri el a 90 µSv/év értéket. A tevékenységek és az azokból eredő közvetlen hatások jellemzően azonos volta miatt a közvetlen hatások változása a meghosszabbított üzemidejű atomerőmű üzemelésének időszakában a jelenlegi üzemeléshez képest nem várható. A Paksi

Atomerőmű üzemeltetéséhez kapcsolódó közvetlen (szórt) sugárzás hatása elhanyagolható. Ez alapján az erőmű üzemelése a radiológiai hatásminősítési rendszer alapján semleges.

Közvetett hatásoknak az atomerőmű légnemű és folyékony kibocsátásaiból származó külső és belső dózisok tekinthetők. A korábbi eredmények felülvizsgálata alapján a Paksi Atomerőmű önálló üzemelésének közvetett hatásaira vonatkozóan megállapítható, hogy az üzemidő további meghosszabbítása során nem várható, hogy a lakosság sugárterhelésében lényeges változás következzen be. A meghosszabbított üzemidejű atomerőmű normál üzemi radiológiai hatásterülete sem változik lényegileg a jelenlegi hatásterülethez képest, az továbbra is az üzemi területen belül marad.

5.3.5.1.2. A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének radiológiai hatásai

A Paksi Atomerőmű, a KKÁT és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének radiológiai hatására vonatkozóan Paks II. KHT-ja is tartalmaz megállapításokat. Annak érdekében, hogy az együttes radiológiai hatást becsülni lehessen, a normál üzemelésből származó sugárterhelések kerültek összesítésre. A három létesítmény (Paksi Atomerőmű, KKÁT és Paks II.) összesített rendelkezésre álló adatainak felhasználásával az ott vizsgált évekre (2001-2012) meghatározott teljes dózisok maximumát az *5.3.5.1.2-1.* és az *5.3.1.2-2. táblázat* tartalmazza két korcsoportra (1-2 éves gyermekekre és felnőttekre), valamint Csámpán és a kibocsátási ponttól vett különböző távolságokra (<5 km, 5-10 km, 10-30 km). Az *5.3.1.2-3. táblázat* a folyékony kibocsátások legnagyobb együttes hatását mutatja Gerjenben. Ezen elemzések ugyanazzal a módszertannal készültek, mint a *5.3.4.1. fejezetben* bemutatott számítások, azonban más évekre vonatkozó kibocsátások és meteorológiai adatok kerültek felhasználásra, amely indokolja a Paksi Atomerőműre vonatkozó dózisok közötti eltéréseket. Mindemellett fontos kiemelni, hogy a meghatározott dózisértékek mind a két esetben alacsony értékűek és a hatásukra vonatkozó következtetések azonosak.

A közölt adatok alapján látható, hogy a normál üzemelési kibocsátásokra meghatározott összesített dózis nem éri el az 1 μSv értéket, azaz két nagyságrenddel a semleges tartomány felső értéke alatt marad.

5.3.5.1.2-1. táblázat: A Paksi Atomerőmű, a KKÁT és a Paks II. teljes dózisainak maximuma 1-2 éves gyermekekre [nSv]

Üzem / terület	Csámpa	<5 km	5-10 km	10-30 km
Paksi Atomerőmű	$8{,}40\cdot10^{1}$	$4{,}00\cdot10^{1}$	$6{,}50\cdot10^{0}$	$1{,}00\cdot10^{0}$
KKÁT	$1{,}40\cdot10^{0}$	$4{,}00\cdot10^{-1}$	$6{,}60\cdot10^{-2}$	$1{,}00\cdot10^{-2}$
Paks II.	$6{,}90\cdot10^{1}$	$3{,}90\cdot10^{1}$	$9{,}00\cdot10^{0}$	$1{,}50\cdot10^{0}$
Összesen	$1{,}54\cdot10^{2}$	$7{,}94\cdot10^{1}$	$1{,}56\cdot10^{1}$	$2{,}51\cdot10^{0}$

5.3.5.1.2-2. táblázat: A Paksi Atomerőmű, KKÁT és Paks II. teljes dózisainak maximuma felnőttekre [nSv]

Üzem / terület	Csámpa	<5km	5-10 km	10-30 km
Paksi Atomerőmű	$6{,}00\cdot10^{1}$	$2{,}90\cdot10^{1}$	$4{,}70\cdot10^{0}$	$7{,}30\cdot10^{-1}$
KKÁT	$7{,}00\cdot10^{-1}$	$2{,}10\cdot10^{-1}$	$3{,}40\cdot10^{-2}$	$6{,}60\cdot10^{-3}$
Paks II.	$5{,}90\cdot10^{1}$	$3{,}30\cdot10^{1}$	$7{,}50\cdot10^{0}$	$1{,}30\cdot10^{0}$
Összesen	$1{,}20\cdot10^{2}$	$6{,}22\cdot10^{1}$	$1{,}22\cdot10^{1}$	$2{,}04\cdot10^{0}$

5.3.5.1.2-3. táblázat: A folyékony kibocsátások legnagyobb együttes hatása Gerjenben éves szinten [nSv]

1-2 éves gyermek	Felnőtt
$1{,}54\cdot10^{2}$	$2{,}04\cdot10^{2}$

A közvetlen hatásokra nézve a Paks II. KHT-ban leírt elemzések eredményei alapján a hatás 500 m-en belül sem lépi túl a lakossági dózismegszorítás értékét.

A KKÁT esetében a normál üzemi kibocsátások radiológiai hatása mellett nem elhanyagolható a közvetlen és szórt sugárzásból adódó lakossági sugárterhelés. Erre vonatkozóan a Paksi Atomerőmű telephelyére az új atomerőművi blokkokra végzett számításokban, valamint a KKÁT telephelyen kívüli dózisteljesítmények meghatározását bemutató dokumentumban leírt számítások alapján a KKÁT 33 kamrájának teljesen feltöltött állapotánál a kiégett kazetták kezeléséből és tárolásából származó külső sugárterhelés a csámpai lakosságra nem haladja meg a néhány μSv/év értéket. Ezt az elhanyagolható hatást érdemben nem fogja módosítani a TÜH időszakban keletkező kiégett fűtőelemek Holtec UMAX tárolórendszerben történő tervezett tárolásából eredő dózisjárulék.

A korábbi eredmények felülvizsgálata alapján a Paksi Atomerőmű, a Paks II. és a KKÁT együttes üzemelésének radiológiai hatásaira vonatkozóan a közvetlen és a közvetett hatások esetében is kijelenthető, hogy az együttes hatásterület sehol sem lépi át a biztonsági övezet(ek) határánál (500 m) a semleges hatás felső értékét jelentő 90 μSv/év értékét.

5.3.5.1.3. Az üzemzavarok radiológiai hatásai

A Paksi Atomerőműre vonatkozó nukleáris biztonsági elemzések (ideértve a tervezési üzemzavarokra végzett elemzéseket is) egyik feladata annak meghatározása, hogy különböző üzemzavarok során mekkora radioaktív kibocsátással, illetve a lakosság egyedeit érő sugárterheléssel kell számolni. Az elemzések során azokra az üzemzavarokra, amelyekben a primerkör integritása és/vagy a fűtőelempálcák egy része megsérül, meghatározásra került a radioaktív anyagok légköri kibocsátásának mértéke, és azok a környezeti dózisok, amelyek a kritériumokkal összevethetők.

A vizsgálat kiterjedt az atomerőmű tervezési alapjába tartozó számos kezdeti eseményre, a vizsgálatok az *5.3.5.1.3-1. táblázatban* megadott esetekre készültek. A környezetbe való légköri kibocsátások a kibocsátási útvonal szempontjából négy lehetséges csoportba sorolhatók:

- a konténmenten keresztül a reaktorcsarnokba és a környező helyiségekbe, majd a működő szellőzés hatására a 120 m-es szellőző kéményen keresztül a környezetbe (1-10. és PR-1 esetek),
- a konténment megkerülésével, a gőzfejlesztő törött biztonsági szelepén, illetve az atmoszférába redukáló szelepen keresztül a kidobóvezeték 44 m-es magasságában a környezetbe (PR-2 eset),
- a leállított, nyitott reaktorból a reaktorcsarnokba, majd a működő szellőzésen keresztül a környezetbe (NYR-1 és NYR-2 esetek),
- a pihentető medencéből a reaktorcsarnokba, majd a működő szellőzésen keresztül a környezetbe (PM-1, PM-2, PM-3 és PM-4 esetek).

Az üzemzavari esetekre végzett környezeti dózisszámítások az erőműtől 1 km-re fekvő receptorpontra (Csámpa), a Paksi Atomerőmű környékére jellemző meteorológiai és lakossági paraméterek felhasználásával készültek. A dózisszámítások a lakosság vonatkoztatási csoportjának, vagyis a csoport jellemzőivel rendelkező reprezentatív személynek 2, illetve 7 napos, valamint az 50 évre számított lekötött effektív dózisai kerültek meghatározásra a különböző üzemzavari esetekre.

Az elemzési eredmények alapján megállapítható, hogy a tervezési üzemzavarok (TA4 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatok) esetén a lakosság vonatkoztatási csoportjának, azaz a reprezentatív személynek a dózisa nem haladja meg az 5 mSv/esemény értéket. A kritériumot lekötött effektív dózisként értelmezve kijelenthető, hogy a kritérium az alkalmazott konzervatív feltételezések esetén is nagy biztonsággal teljesül. Az atomerőmű tervezési alapjaként elemzett egyéb kezdeti eseményeknél belátható volt, hogy azok esetében a lakossági dózisok messze elmaradnak a jogszabályban előírt kritériumok szerinti értékektől. Az elvégzett elemzések alapján megállapítható, hogy a termohidraulikai és a konténmenten belül lejátszódó folyamatok és különösen az események időbeli lefolyása

következtében a legnagyobb lekötött effektívdózis-értékek az NÁ 90 mm-es vezeték törésekor (3. eset), illetve az NÁ 492 mm melegági vezeték törésekor (9. eset) adódtak.

5.3.5.1.3-1. táblázat: A vizsgált tervezési üzemzavari (TA4) esetek

Sorszám	Az üzemzavar megnevezése
Konténmenten keresztüli kibocsátás	
1.	NÁ 73 mm-es 1. sz. víztisztító vezeték törése az 5. hurokban 1485 MW hőteljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével
2.	NÁ 90 mm-es összekötő vezeték törése a TK és a biztonsági szelep között 1485 MW hőteljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével
3.	NÁ 90 mm-es TK befecskendező vezeték törése 1485 MW hőteljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével
4.	NÁ 111 mm-es NNY ZÜHR vezeték törése az 5. hurokban 1485 MW hőteljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével
5.	NÁ 233 mm-es KNY ZÜHR vezeték törése a 4. hurokban 1485 MW hőteljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével
6.	NÁ277 jelű töréses üzemzavar
7.	NÁ 492 mm hidegági vezeték törése a 4. hurokban 1485 MW hőteljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével és maximális ZÜHR konfiguráció alkalmazásával
8.	NÁ 492 mm hidegági vezeték törése a 4. hurokban 1485 MW hőteljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével. A TN és UH szellőző rendszerek hermetizáló szerelvényei 5 s késleltetéssel zárnak
9.	NÁ 492 mm melegági vezeték törése a 4. hurokban 1485 MW hőteljesítményen, 2 sprinkler rendszer működésével
10.	Szabályzó köteg szándékolatlan kihúzását követő ATWS
PR-1	PRISE szekunderoldali lefúvatással (konténmenten keresztüli rész)
Kibocsátás a konténment megkerülésével	
PR-2	PRISE szekunderoldali lefúvatással (konténmentet megkerülő rész)
Kibocsátás a leállított, nyitott reaktorból	
NYR-1	Üzemanyag köteg leejtése
NYR-2	A természetes cirkuláció zavara
Kibocsátás a pihentető medencéből	
PM-1	Üzemanyag köteg leejtése
PM-2	Hűtéskimaradás átrakási vízszintről indulva
PM-3	Hűtéskimaradás normál vízszintről indulva
PM-4	Hűtőközegvesztés átrakási vízszintről indulva

A Paksi Atomerőmű első üzemidő-hosszabbítására vonatkozóan 2006-ban készült KHT-ban megállapításra került, hogy a tervezési üzemzavaroknál az elviselhető hatások legfeljebb a kibocsátási ponttól 6,3 km távolságig valószínűsíthetők, azon kívül már csak semleges hatásokkal kell számolni. A biztonsági elemzések, valamint az első üzemidő-hosszabbításra vonatkozó KHT készítése során végzett vizsgálatok során azt is megállapították, hogy az üzemzavari folyékony kibocsátások hatása a korábban bemutatott légköri kibocsátások következményeinél több nagyságrenddel alacsonyabb.

5.3.5.2. Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása időszakában várható lakossági sugárterhelés értékelése új elemzések alapján

5.3.5.2.1. A vizsgálat módszere, kiinduló adatai

A telephely 30 km-es környezetében élő lakosság az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása alatt várható sugárterhelésének értékeléséhez egyfelől figyelembevételre kerültek az atomerőmű

eddigi üzemelése alatt bekövetkezett radiológiai hatások (*5.3.4. fejezet*), valamint a korábban végzett elemzések eredményei (*5.3.5.1. fejezet*).

A lakossági sugárterhelés és a radiológiai hatásterület meghatározására új elemzések is készültek az elérhető legfrissebb adatok figyelembevételével. Megtörtént továbbá annak értékelése, hogy a lakosság sugárterhelését befolyásoló, a TÜH során esetlegesen változó jellemzők (pl. a meteorológiai-hidrológiai adatok vagy a helyi lakosságra jellemző életviteli és fogyasztási szokások) módosulása milyen változásokat eredményezhetnek a környezeti hatások szempontjából.

Összhangban annak meghatározásával, hogy a Paksi Atomerőmű mely üzemállapotaira kell elemzéseket végezni (*5.3.3. fejezet*), az erőmű további üzemeltetéséhez köthető környezeti radiológiai hatások értékelése a normál üzemi légnemű és folyékony kibocsátások, valamint a tervezési üzemzavarok potenciális légnemű kibocsátásai alapján történt.

A környezetben kialakuló sugárzási viszonyok és a lakossági dózisok meghatározásához minden vizsgálandó üzemállapotra nézve meghatározásra került az alkalmazandó elemzőeszköz, a kibocsátási forrástag és a kibocsátás figyelembe veendő körülményei, az alkalmazandó input adatok a meteorológiai és hidrológiai viszonyok, illetve a lakossági életviteli, fogyasztási szokások tekintetében. Meghatározásra kerültek továbbá a figyelembe veendő besugárzási útvonalak, a különböző távolságokban és irányokban elhelyezett receptorpontok, amelyekre meghatározott dózisértékek képezik az alapját a radiológiai hatásterületre vonatkozó megállapításoknak.

Meg kell jegyezni, hogy a tervezési üzemzavarok közé tartozik a folyékony radioaktív hulladékrendszer szivárgása vagy hibája, valamint a folyadéktárolóból történő feltételezett kibocsátás. Ezekben az esetekben a szivárgás az erőmű egy helyiségébe történik, onnan párolgással és a szellőzőrendszereken keresztül kerülhet légnemű radioaktív anyag a környezetbe (amelynek aktivitása az ebben a körben vizsgált légköri kibocsátásoknál több nagyságrenddel alacsonyabb), vagyis folyékony kibocsátás a Dunába nem következhet be ezekben az esetekben. A tervezési üzemzavarok esetén a vízi terjedési elemzések a légnemű kibocsátás Dunába való kimosódásának feltételezésével készültek.

5.3.5.2.2. A Paksi Atomerőmű önálló üzemelésének radiológiai hatásai

Normál üzemi állapot (TA1)

A normál üzemi állapotra vonatkozóan a 2022-es évi tényleges légnemű kibocsátási adatok alapján meghatározott dózisokat az *5.3.5.2.2-1. táblázat* foglalja össze az 1 éves gyermekekre és felnőttekre vonatkozóan, a vizsgált 16 irányszektorban és különböző távolságokban. Csámpán, az atomerőműtől kb. 1 km-es távolságban, a 12. szektor irányában a felnőtt reprezentatív személy lekötött effektív dózisának számított értéke felnőttre 3,64 nSv, míg a gyermekeké 1,63 nSv. Az eredményeknél összegezve szerepelnek az egyes figyelembe vett besugárzási útvonalakból származó dózisok.

5.3.5.2.2-1. táblázat: A normál üzemi állapotra (TA1) vonatkozóan a 2022-es évi tényleges légnemű kibocsátási adatok alapján meghatározott lekötött effektív dózisok, felnőtt és gyermek reprezentatív személyekre, 16 irányszektorban

Receptorpont, Kibocsátási ponttól vett távolság [km]		Lekötött effektív dózis [nSv]		Receptorpont, Kibocsátási ponttól vett távolság [km]		Lekötött effektív dózis [nSv]	
		Felnőtt	1 éves gyermek			Felnőtt	1 éves gyermek
1. szektor (É-i irány)	0,5	$5{,}42\cdot10^{0}$	$2{,}42\cdot10^{0}$	9. szektor (D-i irány)	0,5	$8{,}01\cdot10^{0}$	$3{,}50\cdot10^{0}$
	1,0	$3{,}63\cdot10^{0}$	$1{,}77\cdot10^{0}$		1,0	$4{,}42\cdot10^{0}$	$2{,}08\cdot10^{0}$
	3,0	$1{,}28\cdot10^{0}$	$6{,}52\cdot10^{-1}$		3,0	$9{,}92\cdot10^{-1}$	$5{,}05\cdot10^{-1}$
	5,0	$6{,}96\cdot10^{-1}$	$3{,}53\cdot10^{-1}$		5,0	$4{,}87\cdot10^{-1}$	$2{,}51\cdot10^{-1}$
	10	$3{,}07\cdot10^{-1}$	$1{,}56\cdot10^{-1}$		10	$2{,}15\cdot10^{-1}$	$1{,}12\cdot10^{-1}$
	30	$9{,}89\cdot10^{-2}$	$5{,}16\cdot10^{-2}$		30	$7{,}52\cdot10^{-2}$	$3{,}95\cdot10^{-2}$

Receptorpont, Kibocsátási ponttól vett távolság [km]		Lekötött effektív dózis [nSv]		Receptorpont, Kibocsátási ponttól vett távolság [km]		Lekötött effektív dózis [nSv]	
		Felnőtt	1 éves gyermek			Felnőtt	1 éves gyermek
2. szektor (É,ÉK-i irány)	0,5	$5{,}28\cdot10^{0}$	$2{,}33\cdot10^{0}$	10. szektor (D,DNy-i irány)	0,5	$8{,}28\cdot10^{0}$	$3{,}57\cdot10^{0}$
	1,0	$2{,}82\cdot10^{0}$	$1{,}37\cdot10^{0}$		1,0	$4{,}10\cdot10^{0}$	$1{,}86\cdot10^{0}$
	3,0	$8{,}82\cdot10^{-1}$	$4{,}52\cdot10^{-1}$		3,0	$9{,}07\cdot10^{-1}$	$4{,}28\cdot10^{-1}$
	5,0	$4{,}75\cdot10^{-1}$	$2{,}43\cdot10^{-1}$		5,0	$4{,}02\cdot10^{-1}$	$1{,}93\cdot10^{-1}$
	10	$2{,}13\cdot10^{-1}$	$1{,}09\cdot10^{-1}$		10	$1{,}38\cdot10^{-1}$	$6{,}92\cdot10^{-2}$
	30	$7{,}00\cdot10^{-2}$	$3{,}63\cdot10^{-2}$		30	$4{,}19\cdot10^{-2}$	$2{,}18\cdot10^{-2}$
3. szektor (ÉK-i irány)	0,5	$7{,}06\cdot10^{0}$	$3{,}08\cdot10^{0}$	11. szektor (DNy-i irány)	0,5	**$1{,}22\cdot10^{1}$**	**$5{,}16\cdot10^{0}$**
	1,0	$3{,}25\cdot10^{0}$	$1{,}52\cdot10^{0}$		1,0	$5{,}06\cdot10^{0}$	$2{,}22\cdot10^{0}$
	3,0	$8{,}72\cdot10^{-1}$	$4{,}28\cdot10^{-1}$		3,0	$8{,}14\cdot10^{-1}$	$3{,}82\cdot10^{-1}$
	5,0	$4{,}72\cdot10^{-1}$	$2{,}30\cdot10^{-1}$		5,0	$3{,}14\cdot10^{-1}$	$1{,}52\cdot10^{-1}$
	10	$2{,}06\cdot10^{-1}$	$1{,}01\cdot10^{-1}$		10	$9{,}35\cdot10^{-2}$	$4{,}85\cdot10^{-2}$
	30	$5{,}73\cdot10^{-2}$	$2{,}92\cdot10^{-2}$		30	$3{,}13\cdot10^{-2}$	$1{,}65\cdot10^{-2}$
4. szektor (ÉK,K-i irány)	0,5	$5{,}95\cdot10^{0}$	$2{,}62\cdot10^{0}$	12. szektor (DNy,Ny-i irány)	0,5	$9{,}25\cdot10^{0}$	$3{,}94\cdot10^{0}$
	1,0	$2{,}74\cdot10^{0}$	$1{,}30\cdot10^{0}$		1,0	$3{,}64\cdot10^{0}$	$1{,}63\cdot10^{0}$
	3,0	$6{,}56\cdot10^{-1}$	$3{,}29\cdot10^{-1}$		3,0	$6{,}08\cdot10^{-1}$	$2{,}92\cdot10^{-1}$
	5,0	$3{,}32\cdot10^{-1}$	$1{,}67\cdot10^{-1}$		5,0	$2{,}77\cdot10^{-1}$	$1{,}35\cdot10^{-1}$
	10	$1{,}40\cdot10^{-1}$	$7{,}10\cdot10^{-2}$		10	$1{,}07\cdot10^{-1}$	$5{,}32\cdot10^{-2}$
	30	$4{,}52\cdot10^{-2}$	$2{,}32\cdot10^{-2}$		30	$3{,}09\cdot10^{-2}$	$1{,}60\cdot10^{-2}$
5. szektor (K-i irány)	0,5	$5{,}62\cdot10^{0}$	$2{,}48\cdot10^{0}$	13. szektor (Ny-i irány)	0,5	$6{,}75\cdot10^{0}$	$2{,}90\cdot10^{0}$
	1,0	$2{,}64\cdot10^{0}$	$1{,}26\cdot10^{0}$		1,0	$2{,}93\cdot10^{0}$	$1{,}34\cdot10^{0}$
	3,0	$6{,}54\cdot10^{-1}$	$3{,}32\cdot10^{-1}$		3,0	$8{,}19\cdot10^{-1}$	$3{,}91\cdot10^{-1}$
	5,0	$3{,}36\cdot10^{-1}$	$1{,}69\cdot10^{-1}$		5,0	$4{,}34\cdot10^{-1}$	$2{,}06\cdot10^{0}$
	10	$1{,}44\cdot10^{-1}$	$7{,}31\cdot10^{-2}$		10	$1{,}74\cdot10^{-1}$	$8{,}34\cdot10^{-2}$
	30	$4{,}45\cdot10^{-2}$	$2{,}31\cdot10^{-2}$		30	$4{,}02\cdot10^{-2}$	$2{,}08\cdot10^{-2}$
6. szektor (K,DK-i irány)	0,5	$4{,}26\cdot10^{0}$	$1{,}92\cdot10^{0}$	14. szektor (Ny,ÉNy-i irány)	0,5	$5{,}75\cdot10^{0}$	$2{,}51\cdot10^{0}$
	1,0	$2{,}55\cdot10^{0}$	$1{,}22\cdot10^{0}$		1,0	$2{,}71\cdot10^{0}$	$1{,}25\cdot10^{0}$
	3,0	$7{,}11\cdot10^{-1}$	$3{,}50\cdot10^{-1}$		3,0	$5{,}90\cdot10^{-1}$	$3{,}00\cdot10^{-1}$
	5,0	$3{,}28\cdot10^{-1}$	$1{,}63\cdot10^{-1}$		5,0	$3{,}12\cdot10^{-1}$	$1{,}58\cdot10^{-1}$
	10	$1{,}17\cdot10^{-1}$	$6{,}07\cdot10^{-2}$		10	$1{,}35\cdot10^{-1}$	$6{,}89\cdot10^{-2}$
	30	$4{,}13\cdot10^{-2}$	$2{,}16\cdot10^{-2}$		30	$4{,}45\cdot10^{-2}$	$2{,}31\cdot10^{-2}$
7. szektor (DK-i irány)	0,5	$7{,}39\cdot10^{0}$	$3{,}21\cdot10^{0}$	15. szektor (ÉNy-i irány)	0,5	$6{,}41\cdot10^{0}$	$2{,}86\cdot10^{0}$
	1,0	$3{,}74\cdot10^{0}$	$1{,}71\cdot10^{0}$		1,0	$3{,}31\cdot10^{0}$	$1{,}54\cdot10^{0}$
	3,0	$7{,}95\cdot10^{-1}$	$3{,}89\cdot10^{-1}$		3,0	$8{,}12\cdot10^{-1}$	$4{,}04\cdot10^{-1}$
	5,0	$3{,}69\cdot10^{-1}$	$1{,}83\cdot10^{-1}$		5,0	$4{,}25\cdot10^{-1}$	$2{,}13\cdot10^{-1}$
	10	$1{,}39\cdot10^{-1}$	$7{,}09\cdot10^{-2}$		10	$1{,}81\cdot10^{-1}$	$9{,}14\cdot10^{-2}$
	30	$4{,}37\cdot10^{-2}$	$2{,}30\cdot10^{-2}$		30	$5{,}61\cdot10^{-2}$	$2{,}91\cdot10^{-2}$
8. szektor (DK,D-i irány)	0,5	$7{,}05\cdot10^{0}$	$3{,}08\cdot10^{0}$	16. szektor (ÉNy,É-i irány)	0,5	$5{,}69\cdot10^{0}$	$2{,}60\cdot10^{0}$
	1,0	$3{,}83\cdot10^{0}$	$1{,}78\cdot10^{0}$		1,0	$3{,}36\cdot10^{0}$	$1{,}62\cdot10^{0}$
	3,0	$9{,}07\cdot10^{-1}$	$4{,}46\cdot10^{-1}$		3,0	$1{,}04\cdot10^{0}$	$5{,}29\cdot10^{-1}$
	5,0	$4{,}53\cdot10^{-1}$	$2{,}24\cdot10^{-1}$		5,0	$5{,}66\cdot10^{-1}$	$2{,}87\cdot10^{-1}$
	10	$1{,}80\cdot10^{-1}$	$9{,}08\cdot10^{-2}$		10	$2{,}57\cdot10^{-1}$	$1{,}30\cdot10^{-1}$
	30	$5{,}64\cdot10^{-2}$	$2{,}94\cdot10^{-2}$		30	$8{,}51\cdot10^{-2}$	$4{,}37\cdot10^{-2}$

Megjegyzés: A táblázatban félkövér betűvel jelöltek az egyes reprezentatív személyekre kapott maximális dózisok értékei.

Az eredmények alapján látható, hogy minden esetben a kibocsátott radioaktív felhő földet érése után (amely erre a számításra vonatkozóan a kibocsátási ponttól vett 500 m-en belül megtörténik)

az erőműtől való távolság növekedésével a dózisok csökkennek. A vizsgált távolságokon kívül, a kibocsátási ponttól távolodva nincsen olyan folyamat vagy hatás, aminek következtében a légköri terjedésmodellezéssel kapott felszíni aktivitáskoncentráció és az abból származó dózisszámítás eredményei újból megnövekedhetnének.

A normál üzemi légnemű kibocsátások lakossági dózisköveztkezményeiről megállapítható, hogy az atomerőmű környezetében mindenhol a semleges kategóriába esnek, számottevően a 90 μSv/év dózismegszorítás és a semleges hatás felső határértéke alatt maradva.

A számított lekötött effektív dózisértékek maximuma, az 500 m távolságban a 11. szektor (DNy-i) irányában felnőttekre meghatározott 12,2 nSv a dózismegszorítás értékének kevesebb, mint a 0,02%-a. A lakossági sugárterhelés meghatározására végzett elemzéseink eredményei tehát összhangban vannak, egy nagyságrendbe esnek az éves sugárvédelmi jelentésben szereplő, a légnemű radioaktív kibocsátásokból származó lakossági dózisok meghatározására vonatkozó, az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. által elvégzett elemzések eredményeivel.

Az elemzések dóziseredményeinek tartománya 1 km távolságban a különböző szektorokban felnőttekre a 2,55-5,06 nSv, 1 éves gyermekekre pedig a 1,22-2,22 nSv, míg az éves sugárvédelmi jelentések által az atomerőmű 2013-2022. évi légnemű radioaktív kibocsátásai alapján Csámpára meghatározott dózisok felnőttekre 5,12 nSv és 50,4 nSv, gyermekekre pedig 5,02 nSv és 49,4 nSv közöttiek.

A lakossági sugárterhelés meghatározására végzett elemzések ugyan az éves sugárvédelmi jelentésben szereplő elemzésekkel azonos forrástag figyelembevételével történtek (az atomerőmű tényleges légnemű kibocsátásainak mérések útján meghatározott aktivitáskoncentrációja), azonban a számításokban figyelembe vett egyéb bemenő adatok (modellparaméterek, életviteli-fogyasztási jellemzők) változása, valamint az elemzések módszertanának és eszközeinek folyamatos fejlődése miatt ezek különbözőek.

Az elemzések alapján tehát a normál üzemű légnemű kibocsátás radiológiai hatásterülete a biztonsági övezet határán (500 m) belül marad, a lakossági sugárterhelés jelentősen a 90 μSv/év dózismegszorítás és a semleges hatás felső határértéke alatti értékkel becsülhető.

A folyékony kibocsátások következményeinek meghatározására végzett elemzés során az atomerőmű normál üzemi 2021. évi tényleges folyékony kibocsátási adatainak felhasználásával készültek, a kibocsátást folyamatosnak és a part mentén pontszerűnek véve.

Az *5.3.5.2.2-2. táblázatban* láthatók a Gerjenben, az atomerőműtől 10 km-es távolságban a felnőtt és az 1 éves gyermek reprezentatív személyek lekötött effektív dózisának számított értékei. Az atomerőmű normál üzemi 2021. évi tényleges folyékony kibocsátásából származó dózist a ^{14}C járuléka dominálta, a teljes dózis több, mint 90%-át adva mind a felnőtt, mind az 1 éves gyermek reprezentatív személyre. A teljes dózist a halfogyasztásból származó belső sugárterhelés dominálta, az eltérő fogyasztási értékek miatt a felnőttek belső és teljes dózisa nagyobbnak adódott, mint a gyermekeké.

5.3.5.2.2-2. táblázat: A normál üzemi állapotra (TA1) vonatkozóan a 2021-es évi tényleges folyékony kibocsátási adatok alapján meghatározott lekötött effektív dózisok, felnőtt és gyermek reprezentatív személyekre, különböző besugárzási útvonalakból

Besugárzási útvonal	Lekötött effektív dózis [nSv]	
	Felnőtt	1 éves gyermek
Teljes	$3{,}53 \cdot 10^{1}$	$3{,}18 \cdot 10^{1}$
Úszás – béta-sugárzás külső bőrdózis	$5{,}90 \cdot 10^{-5}$	
Úszás – gamma-sugárzás külső dózis	$5{,}04 \cdot 10^{-5}$	
Vízparti tevékenység – gamma-sugárzás külső dózis	$1{,}04 \cdot 10^{-1}$	
Halfogyasztás – belső dózis	$3{,}52 \cdot 10^{1}$	$3{,}17 \cdot 10^{1}$

A normál üzemi folyékony kibocsátás következtében kialakuló dózisok távolságfüggésének vizsgálatára végzett számítások eredményeit az *5.3.5.2.2-3. táblázat* tartalmazza.

5.3.5.2.2-3. táblázat: A normál üzemi állapotra (TA1) vonatkozóan a 2021. évi tényleges folyékony kibocsátási adatok alapján meghatározott lekötött effektív dózisok távolságfüggése

Kibocsátási ponttól vett távolság [km], Receptorpont	Lekötött effektív dózis [nSv]	
	Felnőtt	1 éves gyermek
0,50	$1{,}57 \cdot 10^{2}$	$1{,}41 \cdot 10^{2}$
1,0	$1{,}11 \cdot 10^{2}$	$1{,}00 \cdot 10^{2}$
3,0	$6{,}43 \cdot 10^{1}$	$5{,}78 \cdot 10^{1}$
5,0	$4{,}98 \cdot 10^{1}$	$4{,}48 \cdot 10^{1}$
10, Gerjen	**$3{,}53 \cdot 10^{1}$**	**$3{,}18 \cdot 10^{1}$**
30	$2{,}03 \cdot 10^{1}$	$1{,}83 \cdot 10^{1}$

A kibocsátási pont közvetlen környezetében nincs lakott település, így a közeli (különösen a 0,5 km-re felvett) receptorpontokon kapott dózisok nem a lakossági sugárterhelés vonatkozásában értékelendők, bár még itt is több nagyságrenddel a 90 μSv/év dózismegszorítás és a semleges hatás felső határértéke alatt maradnak. A távolságfüggésből megállapítható, hogy ahogyan a szennyezőanyag a kibocsátási ponttól távolodva egyre jobban keveredik keresztirányban is, valamint a radioaktív bomlás következtében aktivitása csökken, a kibocsátási ponttól távolodva egyre alacsonyabb partmenti dózisértékek adódtak mindkét korcsoportra. Az elemzések során vizsgált tartományon kívül, annál nagyobb távolságokon nem várható olyan folyamat vagy hatás, ami a vízi terjedésmodellezés és az abból származó dózisszámítás eredményeinek megnövekedését okozná.

A normál üzemi folyékony kibocsátások lakossági dóziskövetkezményeiről megállapítható, hogy az atomerőmű környezetében mindenhol a semleges kategóriába esnek, több nagyságrenddel a dózismegszorítás (90 μSv/év) alatti értékkel. A számított lekötött effektív dózisok maximuma, az 500 m távolságban felnőttekre meghatározott 157 nSv a dózismegszorítás értékének kevesebb, mint a 0,2%-a. A jelenlegi elemzések alapján az effektív lekötött dózis Gerjenre, felnőttekre 35,3 nSv, 1 éves gyermekekre pedig 31,8 nSv, míg az éves sugárvédelmi jelentések által az atomerőmű 2013-2022. évi folyékony radioaktív kibocsátásai alapján meghatározott dózisok felnőttekre 36,8 nSv és 82,2 nSv közöttiek, gyermekekre pedig 33,8 nSv és 75,2 nSv közöttiek. A lakossági sugárterhelés meghatározására végzett elemzések eredményei egy nagyságrendben vannak az éves sugárvédelmi jelentésben szereplő, a folyékony radioaktív kibocsátásokból származó lakossági dózisok meghatározására vonatkozó, az erőmű által végzett elemzések eredményeivel.

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. elemzéseivel azonos volt az alkalmazott forrástag (az atomerőmű tényleges folyékony kibocsátásainak mérések útján meghatározott aktivitáskoncentrációja), a számításokban figyelembe vett egyéb bemenő adatok (modellparaméterek, hidrológiai, életviteli-fogyasztási jellemzők), azonban az elemzések folyamatosan fejlődő módszertana és eszközei, valamint a feltételezések és a megfontolások konzervativizmusának mértéke is eltér.

A normál üzemi lakossági sugárterhelés meghatározására elvégzett elemzésekben kapott és a korábbi elemzések eredményéül szolgáltatott adatok közötti eltérések ilyen mértéke elfogadható, és ezek alapján kijelenthető, hogy a módszertani és a felhasznált adatokban rejlő különbségek ellenére a lakossági sugárterhelésre, a radiológiai hatásokra és hatásterületre vonatkozó végkövetkeztetések megegyeznek.

Tervezési üzemzavar (TA4)

A tervezési üzemzavarok esetében az *5.3.5.1.3-1. táblázatban* felsorolt esetekre készültek számítások. A légnemű kibocsátás következtében kialakuló lakossági dózisok értéke a 30 km távolságon belüli receptorpontokon a 3. sorszámú kibocsátási esetben (NÁ 90 mm-es TK befecskendező vezeték törése 1485 MW hőteljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével) volt a legnagyobb, így ezek az eredmények kerülnek bemutatásra.

A 3. tervezési üzemzavari kibocsátási esetre meghatározott dózisokat az *5.3.5.2.2-4. táblázat* foglalja össze az 1 éves gyermekekre és felnőttekre vonatkozóan a vizsgált 16 irányszektorban

és különböző távolságokban. Csámpán, az atomerőműtől kb. 1 km-es távolságban a felnőtt reprezentatív személy lekötött effektív dózisának számított értéke 425 µSv, míg az 1 éves gyermekeké 349 µSv.

Az eredmények alapján látható, hogy a radioaktív felhő földet érése után az erőműtől való távolság növekedésével a dózisok csökkennek. A vizsgált távolságokon kívül, a kibocsátási ponttól távolodva nincsen olyan folyamat vagy hatás, aminek következtében a légköri terjedésmodellezés és az abból származó dózisszámítás eredményei megnövekedhetnének. Az elemzések célja nem a maximális dózisérték számítása volt, hanem azon távolságok meghatározása, ahol a dózis egy adott határérték alá csökken.

Az elemzések alapján megállapítható, hogy a TA4 tervezési üzemzavarok esetében vizsgált lakossági dóziskövetkezmények nem haladják meg az elviselhető hatások felső határértékét, vagyis az 1 mSv értéket. A kibocsátási ponttól kb. 5-6 km-ig elviselhető hatások (≤1 mSv), azon kívül semleges hatások (≤90 µSv) érvényesülnek a tervezési üzemzavarokhoz tartozó légnemű kibocsátások következtében.

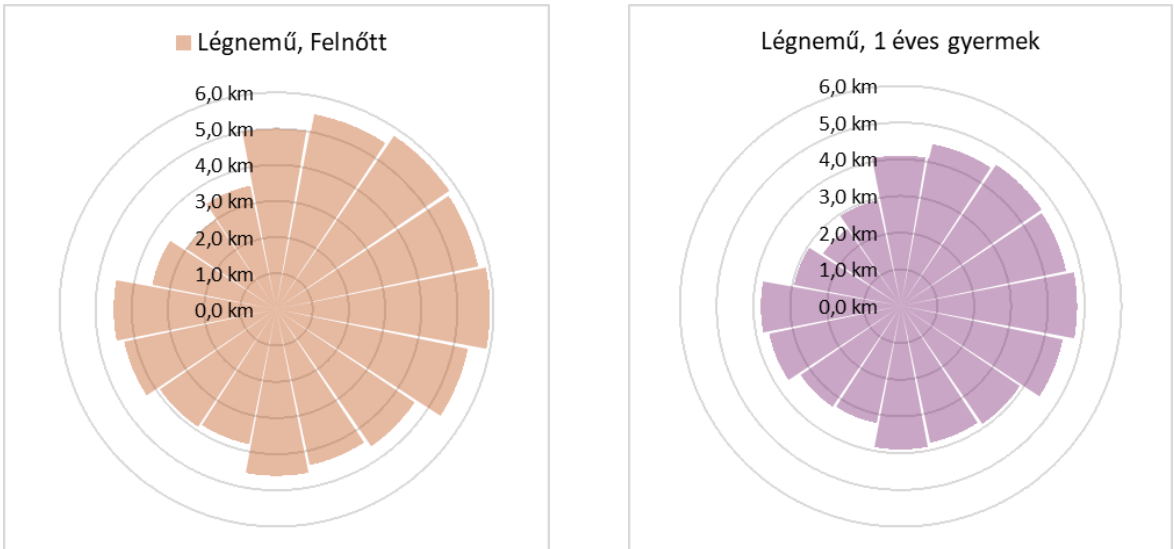
A 3. sorszámú tervezési üzemzavari esetre nézve (*5.3.5.1.3-1. táblázat*) meghatározásra került a légnemű kibocsátásból származó 90 µSv-et meghaladó dózisértékre vonatkozó radiológiai hatásterület az 1 éves gyermekekre és a felnőttekre, amely az *5.3.5.2.2-1. ábra* diagramjain kerül bemutatásra. A hatásterület határa 100 m-es pontossággal lett meghatározva a különböző irányszektorokban.

5.3.5.2.2-4. táblázat: A 3. sorszámú tervezési üzemzavari (TA4) kibocsátási esetre nézve meghatározott lekötött effektív dózisok felnőtt és 1 éves gyermek reprezentatív személyekre, 16 irányszektorban

Receptorpont, Kibocsátási ponttól vett távolság [km]		Lekötött effektív dózis [µSv]		Receptorpont, Kibocsátási ponttól vett távolság [km]		Lekötött effektív dózis [µSv]	
		Felnőtt	1 éves gyermek			Felnőtt	1 éves gyermek
1. szektor (É-i irány)	0,5	$3{,}24\cdot10^{2}$	$2{,}52\cdot10^{2}$	9. szektor (D-i irány)	0,5	$3{,}26\cdot10^{2}$	$2{,}71\cdot10^{2}$
	1,0	$4{,}17\cdot10^{2}$	$3{,}37\cdot10^{2}$		1,0	$4{,}20\cdot10^{2}$	$3{,}52\cdot10^{2}$
	3,0	$1{,}64\cdot10^{2}$	$1{,}30\cdot10^{2}$		3,0	$1{,}53\cdot10^{2}$	$1{,}26\cdot10^{2}$
	5,0	$8{,}74\cdot10^{1}$	$6{,}78\cdot10^{1}$		5,0	$7{,}94\cdot10^{1}$	$6{,}41\cdot10^{1}$
	10	$4{,}06\cdot10^{1}$	$3{,}06\cdot10^{1}$		10	$3{,}66\cdot10^{1}$	$2{,}88\cdot10^{1}$
	30	$1{,}51\cdot10^{1}$	$1{,}13\cdot10^{1}$		30	$1{,}39\cdot10^{1}$	$1{,}08\cdot10^{1}$
2. szektor (É, ÉK-i irány)	0,5	$4{,}01\cdot10^{2}$	$3{,}10\cdot10^{2}$	10. szektor (D,DNy-i irány)	0,5	$2{,}78\cdot10^{2}$	$2{,}32\cdot10^{2}$
	1,0	$4{,}82\cdot10^{2}$	$3{,}94\cdot10^{2}$		1,0	$3{,}34\cdot10^{2}$	$2{,}79\cdot10^{2}$
	3,0	$1{,}96\cdot10^{2}$	$1{,}52\cdot10^{2}$		3,0	$1{,}19\cdot10^{2}$	$9{,}79\cdot10^{1}$
	5,0	$9{,}98\cdot10^{1}$	$7{,}58\cdot10^{1}$		5,0	$5{,}96\cdot10^{1}$	$4{,}80\cdot10^{1}$
	10	$4{,}56\cdot10^{1}$	$3{,}37\cdot10^{1}$		10	$2{,}70\cdot10^{1}$	$2{,}13\cdot10^{1}$
	30	$1{,}65\cdot10^{1}$	$1{,}22\cdot10^{1}$		30	$1{,}03\cdot10^{1}$	$7{,}96\cdot10^{0}$
3. szektor (ÉK-i irány)	0,5	$5{,}01\cdot10^{2}$	$3{,}82\cdot10^{2}$	11. szektor (DNy-i irány)	0,5	$3{,}09\cdot10^{2}$	$2{,}57\cdot10^{2}$
	1,0	$5{,}58\cdot10^{2}$	$4{,}53\cdot10^{2}$		1,0	$3{,}84\cdot10^{2}$	$3{,}16\cdot10^{2}$
	3,0	$2{,}09\cdot10^{2}$	$1{,}63\cdot10^{2}$		3,0	$1{,}26\cdot10^{2}$	$1{,}01\cdot10^{2}$
	5,0	$1{,}06\cdot10^{2}$	$7{,}94\cdot10^{1}$		5,0	$6{,}02\cdot10^{1}$	$4{,}83\cdot10^{1}$
	10	$4{,}93\cdot10^{1}$	$3{,}60\cdot10^{1}$		10	$2{,}70\cdot10^{1}$	$2{,}12\cdot10^{1}$
	30	$1{,}72\cdot10^{1}$	$1{,}26\cdot10^{1}$		30	$9{,}95\cdot10^{0}$	$7{,}70\cdot10^{1}$
4. szektor (ÉK, K-i irány)	0,5	$5{,}20\cdot10^{2}$	$4{,}09\cdot10^{2}$	12. szektor (DNy,Ny-i irány)	0,5	$3{,}54\cdot10^{2}$	$2{,}89\cdot10^{2}$
	1,0	$5{,}64\cdot10^{2}$	$4{,}62\cdot10^{2}$		1,0	$4{,}25\cdot10^{2}$	$3{,}49\cdot10^{2}$
	3,0	$2{,}07\cdot10^{2}$	$1{,}57\cdot10^{2}$		3,0	$1{,}46\cdot10^{2}$	$1{,}17\cdot10^{2}$
	5,0	$1{,}04\cdot10^{2}$	$7{,}83\cdot10^{1}$		5,0	$7{,}24\cdot10^{1}$	$5{,}72\cdot10^{1}$
	10	$4{,}71\cdot10^{1}$	$3{,}44\cdot10^{1}$		10	$3{,}28\cdot10^{1}$	$2{,}54\cdot10^{1}$
	30	$1{,}68\cdot10^{1}$	$1{,}24\cdot10^{1}$		30	$1{,}22\cdot10^{1}$	$9{,}35\cdot10^{0}$

Receptorpont, Kibocsátási ponttól vett távolság [km]		Lekötött effektív dózis [µSv]		Receptorpont, Kibocsátási ponttól vett távolság [km]		Lekötött effektív dózis [µSv]	
		Felnőtt	1 éves gyermek			Felnőtt	1 éves gyermek
5. szektor (K-i irány)	0,5	$5{,}58\cdot10^{2}$	$4{,}51\cdot10^{2}$	13. szektor (Ny-i irány)	0,5	$3{,}38\cdot10^{2}$	$2{,}72\cdot10^{2}$
	1,0	**$5{,}93\cdot10^{2}$**	**$4{,}87\cdot10^{2}$**		1,0	$4{,}19\cdot10^{2}$	$3{,}41\cdot10^{2}$
	3,0	$2{,}17\cdot10^{2}$	$1{,}72\cdot10^{2}$		3,0	$1{,}47\cdot10^{2}$	$1{,}19\cdot10^{2}$
	5,0	$1{,}08\cdot10^{2}$	$8{,}39\cdot10^{1}$		5,0	$7{,}73\cdot10^{1}$	$6{,}06\cdot10^{1}$
	10	$4{,}96\cdot10^{1}$	$3{,}75\cdot10^{1}$		10	$3{,}52\cdot10^{1}$	$2{,}70\cdot10^{1}$
	30	$1{,}76\cdot10^{1}$	$1{,}33\cdot10^{1}$		30	$1{,}26\cdot10^{1}$	$9{,}50\cdot10^{0}$
6. szektor (K,DK-i irány)	0,5	$5{,}08\cdot10^{2}$	$4{,}13\cdot10^{2}$	14. szektor (Ny,ÉNy-i irány)	0,5	$2{,}61\cdot10^{2}$	$2{,}07\cdot10^{2}$
	1,0	$5{,}60\cdot10^{2}$	$4{,}66\cdot10^{2}$		1,0	$2{,}97\cdot10^{2}$	$2{,}41\cdot10^{2}$
	3,0	$1{,}95\cdot10^{2}$	$1{,}54\cdot10^{2}$		3,0	$1{,}07\cdot10^{2}$	$8{,}64\cdot10^{1}$
	5,0	$9{,}63\cdot10^{1}$	$7{,}49\cdot10^{1}$		5,0	$5{,}43\cdot10^{1}$	$4{,}35\cdot10^{1}$
	10	$4{,}35\cdot10^{1}$	$3{,}29\cdot10^{1}$		10	$2{,}49\cdot10^{1}$	$1{,}95\cdot10^{1}$
	30	$1{,}57\cdot10^{1}$	$1{,}19\cdot10^{1}$		30	$9{,}27\cdot10^{0}$	$7{,}14\cdot10^{0}$
7. szektor (DK-i irány)	0,5	$4{,}15\cdot10^{2}$	$3{,}37\cdot10^{2}$	15. szektor (ÉNy-i irány)	0,5	$2{,}16\cdot10^{2}$	$1{,}69\cdot10^{2}$
	1,0	$5{,}02\cdot10^{2}$	$4{,}16\cdot10^{2}$		1,0	$2{,}47\cdot10^{2}$	$2{,}00\cdot10^{2}$
	3,0	$1{,}61\cdot10^{2}$	$1{,}29\cdot10^{2}$		3,0	$8{,}94\cdot10^{1}$	$7{,}26\cdot10^{1}$
	5,0	$7{,}90\cdot10^{1}$	$6{,}20\cdot10^{1}$		5,0	$4{,}57\cdot10^{1}$	$3{,}68\cdot10^{1}$
	10	$3{,}59\cdot10^{1}$	$2{,}76\cdot10^{1}$		10	$2{,}11\cdot10^{1}$	$1{,}66\cdot10^{1}$
	30	$1{,}32\cdot10^{1}$	$1{,}00\cdot10^{1}$		30	$7{,}92\cdot10^{0}$	$6{,}13\cdot10^{0}$
8. szektor (DK,D-i irány)	0,5	$3{,}23\cdot10^{2}$	$2{,}70\cdot10^{2}$	16. szektor (ÉNy,É-i irány)	0,5	$2{,}40\cdot10^{2}$	$1{,}81\cdot10^{2}$
	1,0	$4{,}19\cdot10^{2}$	$3{,}53\cdot10^{2}$		1,0	$2{,}83\cdot10^{2}$	$2{,}25\cdot10^{2}$
	3,0	$1{,}49\cdot10^{2}$	$1{,}22\cdot10^{2}$		3,0	$1{,}08\cdot10^{2}$	$8{,}54\cdot10^{1}$
	5,0	$7{,}41\cdot10^{1}$	$5{,}97\cdot10^{1}$		5,0	$5{,}58\cdot10^{1}$	$4{,}36\cdot10^{1}$
	10	$3{,}38\cdot10^{1}$	$2{,}68\cdot10^{1}$		10	$2{,}58\cdot10^{1}$	$1{,}97\cdot10^{1}$
	30	$1{,}30\cdot10^{1}$	$1{,}00\cdot10^{1}$		30	$9{,}78\cdot10^{0}$	$7{,}33\cdot10^{0}$

Megjegyzés: A táblázatban félkövér betűvel jelöltek az egyes reprezentatív személyekre kapott maximális dózisok értékei.



5.3.5.2.2-1. ábra: A 3. sorszámú tervezési üzemzavari (TA4) kibocsátási esetre nézve meghatározott, légnemű kibocsátásból származó 90 µSv-et meghaladó dózisértékre vonatkozó radiológiai hatásterület felnőtt és 1 éves gyermek reprezentatív személyekre

Az eredmények igazolták, hogy a tervezési üzemzavaroknál a radiológiai hatásterület az új elemzésekben kisebbnek adódik, mint az atomerőmű előző üzemidő-hosszabbítására vonatkozó KHT készítése idején (*5.3.5.1.3. fejezet*). Míg az atomerőmű első üzemidő-hosszabbítására vonatkozó KHT-ban leírtak szerint az elviselhető hatások legfeljebb a kibocsátási ponttól 6,3 km távolságig valószínűsíthetők, a jelen TÜH KHT-hoz elvégzett új elemzések alapján 6,0 km-nél nagyobb távolságban a hatás már semleges.

Az eltérés oka, hogy a korábbi és a lakossági sugárterhelés meghatározására elvégzett új elemzések sok, lényegi tekintetben különböznek, úgymint az alkalmazott módszertan és az elemzőeszközök fejlődése, a számítások bemenő adatainak változása, valamint az egyéb figyelembe vett megfontolások konzervativizmusának csökkenése. Az eredmények ilyen irányú változása összhangban van az elemzési eszközök fejlődésével és abból eredően bizonyos konzervatív feltételezések elemzésekből való kivezetésével.

Az eredmények közötti eltérések a számítások különbözőségeit figyelembe véve elfogadhatóak, az azok alapján levont, a lakossági sugárterhelésre, a radiológiai hatásokra és hatásterületre vonatkozó végkövetkeztetések egymással összhangban vannak.

Légnemű kibocsátás Dunába való kimosódása

Tervezési üzemzavarok esetén nem történik közvetlen folyékony kibocsátás a Dunába, így a vízi terjedési elemzések annak feltételezésével készültek, hogy a tervezési üzemzavari eseteknél a légnemű kibocsátás során a levegőbe kerülő teljes aktivitás (a nemesgázokat kivéve) 19,1%-a kimosódik a Dunába. A kimosódási hányad az alapján került meghatározásra, hogy a kibocsátott szennyeződés mekkora hányada mosódik ki egy 700×700 méter nagyságúnak feltételezett területre annyi idő alatt, ameddig az adott szélsebesség mellett a szennyeződés áthalad a terület felett. A számításokhoz a légköri kibocsátásra megadott forrástagnak ezen kiülepedő hányada lett forrástagnak véve.

A számítások alapján a vízi besugárzási útvonalakra az üzemzavari kibocsátási forrástagok közül (*5.3.5.1.3-1. táblázat*) a 9. sorszámú esetben (NÁ 492 mm melegági vezeték törése a 4. hurokban 1485 MW hőteljesítményen, 2 sprinkler rendszer működésével) adódtak a legnagyobb dózisok. Ennek oka, hogy ugyan a legtöbb radionuklidra a 3. sorszámú esetben (NÁ 90 mm-es TK befecskendező vezeték törése 1485 MW hőteljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével) nagyobb a kibocsátott aktivitás mennyisége, azonban a vízi terhelés szempontjából domináns radionuklidok (például a radiojódok) esetében a 9. esetben adódik nagyobbnak a kibocsátás mértéke.

Az *5.3.5.2.2-5. táblázatban* láthatók a Gerjenben, az atomerőműtől 10 km-es távolságban a felnőtt és az 1 éves gyermek reprezentatív személyek lekötött effektív dózisának számított értékei. A kitettség idejének a radioaktív szennyeződés vízben való levonulásának ideje volt tekintve, ezalatt pedig az úszás és a vízi tevékenység közül az a besugárzási útvonal, amely a nagyobb dózist adta. A kibocsátott, majd vízbe mosódott radionuklidok közül a jódizotópok dózisjáruléka volt a legmeghatározóbb, a felnőtteknél és a gyermekeknél a teljes dózis több, mint felét adva.

5.3.5.2.2-5. táblázat: A 9. sorszámú tervezési üzemzavari (TA4) kibocsátási esetben kibocsátott légnemű aktivitás Dunában való kimosódására nézve meghatározott lekötött effektív dózisok felnőtt és 1 éves gyermek reprezentatív személyekre Gerjenben, különböző besugárzási útvonalakból

Besugárzási útvonal	Lekötött effektív dózis [μSv]	
	Felnőtt	1 éves gyermek
Teljes	$2{,}88 \cdot 10^{1}$	$2{,}92 \cdot 10^{1}$
Vízi tevékenység – gamma-sugárzás külső dózis	$2{,}77 \cdot 10^{1}$	
Halfogyasztás – belső dózis	$1{,}07 \cdot 10^{0}$	$1{,}48 \cdot 10^{0}$

Ezen radionuklidok esetében a halfogyasztásból származó belső sugárterhelés megállapításához felhasznált dóziskonverziós tényezők a gyermekekre nézve meghaladják a felnőttekét, így az előbbi korcsoportra számított belső dózis is nagyobb. Mivel viszont a halfogyasztásból származó belső dózis a teljes dózisnak kis (4-5%) járulékát adja csak, a gyermekekre számított dózis összességében csak kb. 1,5%-kal haladja meg a felnőttekét.

A felnőttekre, valamint az 1 éves gyermekekre kapott 28,8 µSv és 29,2 µSv eredmények alapján megállapítható, hogy a dózisok még ebben az erősen konzervatív feltételezések mellett vizsgált szcenárióban is a 90 µSv/év érték alatt maradnak, vagyis nem érik el a semleges hatásokra vonatkozó felső határértéket.

A légnemű kibocsátás kimosódása következtében a vízi besugárzási útvonalakra adódó számítási eredmények nem összeadhatók a légnemű kibocsátás alapján a légköri besugárzási útvonalakra meghatározott dózisértékekkel, mivel a két szcenárió egyidejű bekövetkezése nem lehetséges.

Amennyiben a kibocsátott radioaktív anyag a felhőből ilyen nagy mértékben kimosódik a Dunába, a légkörben kevesebb anyag marad, és így a légköri terjedés következtében meghatározott besugárzási útvonalak dózisai is kisebbek lennének. Mivel a légköri terjedésre vonatkozó besugárzási útvonalakra meghatározott dózisok a legtöbb receptorponton jóval meghaladják az itt bemutatott értékeket, ezért a radiológiai hatásterület meghatározásánál légköri kibocsátási szcenárió lett figyelembe véve.

A további üzemidő-hosszabbítás alatt végbemenő potenciális változások hatása

A vizsgálatok részét képezte annak értékelése is, hogy a lakosság sugárterhelését befolyásoló, a további üzemidő-hosszabbítás során esetlegesen változó jellemzők hatásai milyen változásokat eredményezhetnek a környezeti radiológiai hatások és a lakosság sugárterhelése szempontjából.

A légnemű kibocsátások dóziskövetkezményei esetében a légköri terjedésszámítást befolyásoló meteorológiai adatok, különös tekintettel a szélsebesség, a csapadékintenzitás és a légköri stabilitási kategória, valamint a dózisszámítást befolyásoló lakossági életviteli szokások és a helyi termelésű termékek fogyasztási mennyiségének megváltozására vonatkozóan készültek paraméterérzékenységi vizsgálatok. A folyékony kibocsátás és a vízi terjedés következményei elemzésének része volt annak vizsgálata, hogy egyes hidrológiai adatok megváltozása, különösen a Duna vízhozamának változása és a vízi tevékenységek (úszás, csónakázás, horgászat, parton tartózkodás) időtartamának, valamint a Dunából kifogott hal fogyasztott mennyiségének megváltozása miként hat a lakossági dózisokra.

A meteorológiai adatok érzékenységi vizsgálata megmutatta, hogy a dózisokra legnagyobb hatással a csapadékintenzitás növekedése van. Például a meteorológiai adatbázis extrém csapadékos napokkal való kiegészítésével végzett elemzések és egy üzemzavari kibocsátás figyelembevételével a reprezentatív személyekre meghatározott lekötött effektív dózisok alapesettől való eltérése maximum 7,5%-nak adódott. A számítások azt mutatták, hogy a csapadékintenzitások jövőben feltételezhető megnövekedése ellenére sem várható, hogy az elemzések következtetései és a meghatározott radiológiai hatásterület érdemben változzon.

A lakossági életviteli és a helyben termesztett élelmiszerekre vonatkozó fogyasztási szokások a jövőben lehetséges változásuk mellett sem okoznak nagyon jelentős (40%-ot meghaladó) változást a légnemű kibocsátások okozta dózisok értékében, ennek megfelelően nem várható a hatásterület lakossági életviteli és fogyasztási szokások megváltozásából fakadó jelentős növekedése sem. A vízi terjedésszámítási elemzések megmutatták, hogy a vízhozam szignifikáns lecsökkenése (középvízről kisvízre) a normál üzemi folyékony kibocsátásra meghatározott lekötött effektív dózist kevesebb mint háromszorosára növelheti, azonban a sugárterhelés mértéke még így is jóval a 90 µSv/év dózismegszorítás és a semleges hatás felső határértéke alatt marad.

A normál üzemi folyékony kibocsátás esetében a teljes dózist szinte teljes egészében (közel 99%-ban) a halfogyasztásból származó belső dózis adta, így a kapcsolódó bemenő életviteli paraméterek közül kizárólag a halfogyasztás mennyiségének megváltozása okozhat érdemi

változást a teljes, lekötött effektív dózis értékében. A többi besugárzási útvonalon keresztül elszenvedett dózisokban még az úszás vagy a vízi tevékenység éves időtartamának kétszeresére növelése is csak elhanyagolható, <1%-os növekményt eredményez.

5.3.5.2.3. A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének radiológiai hatásai

A Paksi Atomerőmű, a KKÁT és Paks II. Atomerőmű normál üzemelésének együttes radiológiai hatását az új paksi blokkok környezetvédelmi engedélyezéséhez készített KHT-ban is vizsgálták. A Paks II. KHT-ban a három létesítmény összesített maximális dózisa Csámpán a felnőtt és az 1-2 éves gyermekek korcsoportjára sem érte el az évente 1 μSv értéket (rendre 0,154 és 0,120 μSv), a teljes dózis értéke a nagyobb távolságokban (30 km-ig) pedig tovább, 0,003 μSv (3 nSv) alá csökken. A lakossági sugárterhelés meghatározására végzett újabb elemzések a Paksi Atomerőmű önálló, normál üzemelésének dózisaira a Paks II. KHT-ban szereplő, <0,1 μSv értékkel azonos nagyságrendű, de azoknál némileg alacsonyabb értékeket adtak.

Az eltérés oka az elemzések során alkalmazott módszertanok és eszközök folyamatos fejlődése, a számításokban figyelembe vett bemenő adatok különbözősége, valamint a feltételezések és a megfontolások konzervativizmusának eltérő mértéke. Kijelenthető azonban, hogy a három létesítmény (Paksi Atomerőmű, KKÁT és Paks II.) együttes normál üzemelésének összesített dózisa a TÜH KHT megalapozásához elvégzett elemzések alapján is jelentősen a 90 μSv/év dózismegszorítás és ez által a semleges hatás felső határértéke alatt marad.

5.4. A lakosság egészségi állapotára gyakorolt hatások

Az atomenergia alkalmazásának természetszerű velejárója az ionizáló sugárzás. Ionizáló sugárzás egész életében éri az embert, részben természetes, részben mesterséges forrásokból. A sugárzás káros is lehet, komoly betegségeket okozva, amelynek hatására például a kialakuló DNS-mutációk hosszabb idő alatt kifejlődő betegségekhez is vezethetnek. Minél nagyobb az alacsony dózisú (sugárbetegséget nem okozó, de a DNS-t károsító) ionizáló sugárzás dózisa, annál nagyobb valószínűséggel alakít ki betegséget (daganatot vagy genetikai betegséget).

A földfelszínen minden élőlényt folyamatosan ér ionizáló sugárzás. A Földön átlagosan 2,4 mSv/év, Magyarországon 3,0 mSv/év ennek a sugárzásnak az effektív dózisa. A Föld több pontján a hazainál nagyságrenddel magasabb a természetes háttérsugárzás, amit nem tükröz a daganatos megbetegedések gyakorisága, azaz a 2-3 mSv/év effektív dózis tartomány körüli expozíció-eltérések nem okoznak kimutatható daganatos kockázat növekedést. (A mesterséges forrásból származó ionizáló sugárzás átlagos dózisa a Földön 0,4 mSv/év.)

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása környezeti hatásainak értékelése részeként megtörtént annak vizsgálata, hogy az ionizáló sugárzással potenciálisan kapcsolatos megbetegedések milyen gyakorisággal fordulnak elő az atomerőmű 30 km-es környezetében élő népesség körében. Az elemzéseknek arra a kérdésre kellett válaszolniuk, hogy a megbetegedések megfigyelhető mintázata alapján felmerül-e annak a gyanúja, hogy a Paksi Atomerőmű működéséhez köthető sugárterheléshez egyes betegségek többletkockázata kapcsolódik.

Az atomerőmű környezetében élő lakosság egészségi állapota legutóbb két átfogó tanulmány alapján volt részletes vizsgálat tárgya:

- Lévai Projekt, A környezeti hatástanulmány összeállítását megalapozó szakterületi vizsgálati és értékelési programok kidolgozása és végrehajtása, Zárójelentés, a telephely környezetében élők egészségügyi állapotának meghatározása, MVM Zrt. szerződésszám: MVM TEVH/11C00039, MVM ERBE Zrt. szerződésszám: S 11 122 0, ERBE dokumentum azonosító: S 11 122 0 007 v0 25, 2013. június 12.
- MVM Paks II. Zrt., Új atomerőművi blokkok létesítése a paksi telephelyen, Környezeti hatástanulmány, MVM Paks II. Zrt. szerződésszám: 4000018343, MVM ERBE Zrt.

szerződésszám: 13A380069000, 20. fejezet: Környezeti radioaktivitás – a telephely környezetében élő lakosság sugárterhelése.

A véleményalkotást megalapozó vizsgálat két fázisban zajlott. Az 1. fázisban a magyarországi egészségstatisztikai rendszerekben elérhető releváns adatok feldolgozása valósult meg. (A demográfiai adatokat a Közigazgatási és Elektronikus Közszolgáltatások Központi Hivatala /KEKKH/, településeken évenként megfigyelt halálesetek számát és a települések társadalmi-gazdasági státusz indikátorait a Központi Statisztikai Hivatal /KSH/, a regisztrált fejlődési rendellenességek adatbázisát a Veleszületett Rendellenességek Országos Nyilvántartása, a járóbeteg és a fekvőbeteg szakellátásban folyó ellátásról tételes teljesítmény-elszámolási adatokat az Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő bocsátotta rendelkezésre.) A 2. fázisban primer adatgyűjtésen alapuló felmérést végeztek, ami lehetővé tette az egyéni szinten ható egyéb (nem ionizáló sugárzás) rizikófaktorokra korrigált kockázatértékelést.

Az atomerőmű környezetében egészségi kockázattal járó környezetterhelést korábban nem észleltek, amelyet a fentiekben hivatkozott vizsgálati eredmények is megerősítettek.

A vizsgálati területet – összhangban a környezeti hatások más vizsgálati feladatok kiterjedésével – 30 km-es körként határozták meg. Ezen a területen belül mérésekkel, illetve mérési eredményeken alapuló modellszámításokkal lehetett alátámasztani azt, hogy nem került az atomerőműből a környezetbe lényeges biológiai hatás kiváltására képes ionizáló sugárzás. A vizsgálati terület egy potenciálisan exponálódó populációt ad meg. A vizsgálatokban ezért az atomerőmű 10 km-es körzetén belüli populációt (mint elsődleges potenciális hatásviselőt), a 10-20 km-es sávban élőket (mint másodlagos potenciális hatásviselőket) és a 20-30 km-es sávon belül élő populációt (mint a helyi viszonyokat tükröző referencia-populációt) külön-külön értékelték.

5.4.1. Az 1. fázis vizsgálatai

A halálozási és megbetegedési viszonyok értékelése során lényegében azt vizsgálták, hogy milyen a viszony a várható és a megfigyelt esetek száma között. Ennek az elemzésnek első lépése volt, hogy a kor, nem és vizsgálati év szerint standardizált hányadosokat állítottak elő indirekt standardizálással, hogy olyan gyakorisági adatokat kapjanak, amelyek a kockázatot a demográfiai összetétel zavaró hatásától függetlenül mutatják meg. Majd távolságtrend elemzéssel azt vizsgálták, hogy a Paksi Atomerőmű helye egészségkárosító hatás pontforrásaként hat-e (az atomerőmű környezetében emelkedett-e, tőle távolodva csökkenő-e kockázat). Utóbbi elemzéseket a vizsgált betegségek kialakulásában szerepet játszó társadalmi-gazdasági státusz hatásának értékelésével egészítették ki.

Összességében a vizsgálat alapján majdnem minden végponton a referencia-értékekhez viszonyítva kedvezőnek vagy a referencia-populációkban megfigyelthez hasonló egészségi állapotúnak volt jellemezhető a vizsgálati területen élő populáció.

Az alábbi végpontokon merült fel a statisztikai mutatók alapján az erőművel kapcsolatba hozható kockázatemelkedés elvi lehetősége:

- vastagbél rosszindulatú daganatai okozta halálozás,
- magasvérnyomás betegség okozta halálozás,
- tápcsatorna fejlődési rendellenességeinek előfordulási gyakorisága,
- vastagbél rosszindulatú daganatai okozta morbiditás,
- magasvérnyomás betegség okozta morbiditás,
- ischaemiás szívbetegségek okozta morbiditás,
- agyérbetegségek okozta morbiditás,
- keringési rendszer betegségei okozta morbiditás,
- egyéb mozgásszervi fejlődési rendellenességek okozta morbiditás,
- gerincvelői eredetű izomsorvadás okozta morbiditás.

A fentiekre vonatkozóan a következőket lényeges kiemelni:

- A keringési rendszer betegségei okozta morbiditás a magasvérnyomás betegség, az ischaemiás szívbetegség és az agyérbetegségek eseteit összegzi, emiatt nem tekinthető önállóan értékelendő potenciálisan kockázatemelkedést jelző végpontnak.
- A keringési rendszer egyes betegségei okozta szakellátás során regisztrált kockázati többleteket magyarázhatja, hogy a Pakshoz közel lakók gondozásában jelentősebb részt tud vállalni a szakellátó, akinek a szerepét a messzebb lakók esetében az alapellátó háziorvosok veszik át. Elvileg az erőmű közelében élők kedvezőtlenebb kardiovaszkuláris kockázati faktor (dohányzás, elhízás, mozgásszegény életmód) mintázata is magyarázhatná a helyi kockázat emelkedését. Viszont a Pakstól való távolság függvényében csökkenő helyi kockázatok miatt valószínűbb a szakellátás könnyebb hozzáférésén alapuló magyarázat.
- A kardiovaszkuláris betegségek etiológiai tényezői közt nem szerepel az ionizáló sugárzás, ami szintén azt támasztja alá, hogy a helyi kockázatok emelkedése mögött nem az ionizáló sugárzás többletexpozíciója áll.
- A 82 vizsgált végpont közt 8 összegző indikátor (daganatok összesen, kardiovaszkuláris betegségek összesen, tápcsatorna betegségei összesen, erőszakos halálnemek együtt) szerepelt. A 74 részletes indikátor közül 6 foglalkozott szívérrendszeri krónikus betegségekkel, melyek etiológiai faktorai közt nem szerepel ionizáló sugárzás alacsony dózisa. Ezek figyelembevételével 68 releváns végponton került sor statisztikai értékelésekre. A statisztikai műtermék eredmények száma ilyen elemzésszámnál 68×0,05=3,4. Ez alapján (feltételezve a pozitív és negatív irányú látszólagos szignifikáns eltéréseket produkáló tesztek számának egyenlőségét) 3,4 (1,7 kockázatemelkedés és 1,7 kockázatcsökkenés) az olyan statisztikailag szignifikáns eltérések várható száma, melyek mögött véletlennel is magyarázható kockázateloszlás van.
- A vastagbél rosszindulatú daganatai okozta halálozás (magas paksi kockázat 63 eset alapján), a gerincvelői eredetű izomsorvadás okozta morbiditás (magas paksi kockázat 8 eset alapján) és a vastagbél rosszindulatú daganatai okozta morbiditás is (magas 0-10 km-es zónakockázat 136 eset alapján) 1-1 statisztikailag szignifikáns kockázatemelkedés alapján került kiemelésre, a tápcsatorna fejlődési rendellenességeinek előfordulási gyakorisága és az egyéb mozgásszervi fejlődési rendellenességek okozta morbiditás pedig 2-2 szignifikáns statisztikai teszt alapján (magas paksi kockázat 13, illetve 1936 eset alapján és magas 0-10 km-es zónakockázat 17, illetve 2599 eset alapján). Ezek közt biztosan van statisztikai műtermék. (7 szignifikáns kockázatemelkedést figyeltünk meg a 3,4 várhatóval szemben). Az 1. fázisban rendelkezésre álló adatok alapján azonban nem lehet a statisztikai műterméket és a valódi halmozódást mutató végpontokat elkülöníteni. Ehhez a kórképek etiológiai viszonyait kell értékelni, illetve a kockázati faktorok vizsgálati területen megfigyelhető intenzitását kellene ismerni. Utóbbi elsősorban a vastagbélrák esetében volt fontos, mert ez a daganat mind a mortalitási, mind a szakellátásban regisztrált morbiditási elemzésekben helyi kockázatemelkedést mutatott.
- A kockázatemelkedést mutató végpontok alapadatainak megbízhatósága nem egyforma. A szakellátásban regisztrált betegségek egy része kivizsgálások alkalmával használt iránydiagnózis (a betegség gyanúja alapján kerül csak regisztrálásra). A fejlődési rendellenességek jelentési fegyelme területi variabilitást mutat. A szövettani diagnózison alapuló daganatos haláloki diagnózis tekinthető a legmegbízhatóbbnak a kockázatemelkedést mutató indikátorok alapadatai közül. Ez a megfontolás is a vastagbélrákok előfordulási viszonyainak pontosabb feltárásának szükségességét támasztotta alá.

5.4.2. A vizsgálat 2. fázisa háziorvosok bevonásával

Az 1. vizsgálati fázis során azonosított, az erőművel kapcsolatba hozható kockázatemelkedés elvi lehetőségek értékelése érdekében a 2. fázis szerinti vizsgálatok a háziorvosok bevonásával történt.

A vizsgálat során, az egyéni szinten ható életmódi rizikófaktorok interpretációs nehézségeket okoznak, ha az egyes betegségek előfordulási gyakoriságát nem lehet az életmódhoz kapcsolódó zavaró tényezők (pl. dohányzás, alkoholfogyasztás, családi halmozódás stb.) hatásától megtisztítani. Az aggregált adatokon nyugvó elemzéseket ezért kellett kiegészíteni primer adatgyűjtéssel is a vizsgálati területen, ami nem csak a lakók egészségi állapotát írta le, de személyenként a kockázati profiljukat is. Ilyen adatbázis felépítése a háziorvosok segítségével képzelhető el. Ennek érdekében együttműködő háziorvosi szolgálatot kellett szervezni, mert a háziorvosok ismerik azokat az alapvető kockázati tényezőket, amik a programban vizsgált betegségek kialakulására jelentős hatással bírnak. Segítségükkel mind az egészségi állapot, mind a kockázati profil rögzíthető az adatvédelmi szabályok tiszteletben tartásával, a vizsgálat számára fontos teljes lefedettséget biztosítva és a megkívánt minőségben.

A képzettség (mint az általános társadalmi-gazdasági státuszt közelítő jelleggel leíró indikátor), a rendszeres dohányzás, a munkahelyi sugárexpozíció, a cukorbetegség, az ischaemiás szívbetegség és a magasvérnyomás betegség előfordulása, valamint a daganatok családon belüli előfordulása voltak az elemzésekben figyelembe vett zavaró tényezők. A kontroll-csoport kiválogatásánál a háziorvos korban, nemben és képzettségben illeszkedő daganatos megbetegedésben nem szenvedő felnőtteket kértek fel a részvételre. A (potenciális) lakókörnyezeti expozíciókat a vizsgálatban résztvevők lakóhelyének az erőműtől való távolságával lehetett közelítő jelleggel leírni. A Pakstól 20 km-nél távolabb lakókat nem exponáltnak, a közelebb lakókat pedig (potenciálisan) exponáltnak tekintették.

A vizsgálatban arra kerestek választ, hogy van-e kapcsolat a daganatos megbetegedések előfordulása és a potenciális atomerőművi expozícióval korreláló lakóhely-erőmű távolság között. A számított kapcsolati mérőszám az esélyhányados volt, ami szemléletesen azt mutatja meg, hogy hányszor nagyobb a daganatos megbetegedések előfordulási esélye az erőmű közelében élők között, mint a távolabb élő referencia-népességben.

A vizsgálat célja annak értékelése volt, hogy az ionizáló sugárzással elvben kapcsolatos biológiai hatások milyen gyakorisággal fordulnak elő az atomerőmű környezetében élők között.

Olyan vizsgálati megközelítést alkalmaztak, amely lehetővé tette, hogy a daganatok kialakulására ható kockázati tényezők hatásainak korrekciója révén, önmagában az erőműből származó expozíció daganatos kockázat befolyásoló képességét számszerűsítsék. A vizsgált expozíciót (az erőműből környezetbe kerülő ionizáló sugárzás dózisát) közvetlen mérési adatai helyett, a vizsgálati alanyok lakóhelye és az erőmű közötti távolsággal becsülték 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, magasvérnyomás, ischaemiás szívbetegség. A vizsgálat során 3 vármegye, erőműhöz képest 30 km-nél közelebb elhelyezkedő településein folytatták a háziorvosok az adatgyűjtést. A feldolgozás során daganat-típusonként elemezték a rizikófaktorok hatását. Leírást készítettek az eset- és a kontroll-populációról, majd meghatározták az egyes rizikófaktorok kockázat befolyásoló szerepét többváltozós logisztikus regresszió segítségével.

Összességében megállapítható volt, hogy a vizsgálat nem talált daganatos megbetegedési kockázatnövekedést az atomerőmű közelében élők között.

5.4.3. A további üzemidő-hosszabbítás során várható hatások

A normál üzemelésnél a légköri és a vízi kibocsátásokra tekintettel a radiológiai hatás semleges, mert a három paksi létesítmény (Paksi Atomerőmű, KKÁT, Paks II.) összesített maximális teljes dózisai normál üzemi légköri kibocsátás esetén két nagyságrenddel a semleges érték felső határértéke alatt maradnak.

A folyékony kibocsátások legnagyobb együttes hatása pedig 1-2 éves gyermekek esetén 0,154 μSv/év, felnőttek esetén 0,204 μSv/év. Az alkalmazott erősen konzervatív közelítések alapján sem jelent a semlegesnél nagyobb kockázatot (90 μSv értéket meghaladó) a lakosság számára az erőmű normál üzemi működése.

Emiatt a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása és a Paks II. üzembe lépése után ugyanolyan egészségügyi hatások várhatók, mint a Paksi Atomerőmű eddigi működése során. Vagyis semleges hatású a Paksi Atomerőmű és a KKÁT eddigi működése a környezetében élő lakosság egészsége szempontjából, amin nem változtat az sem, ha a Paks II. – az eddig tervezetteknek megfelelő módon – megkezdi a működését.

Nem lehetett kimutatni a hatásterületen élők körében olyan egészségveszteséget, ami a kontroll-csoportokban nincs jelen és ionizáló sugárzásnak tulajdonítható. A mérések és konzervatív modellszámítások alapján nagyságrendekkel kisebb környezetterhelést idézett elő a Paksi Atomerőmű és a KKÁT, mint amit a hatósági dózismegszorítás meghatározott. A modellszámítások szerint a Paks II. üzembe lépése sem fogja ezt a helyzetet megváltoztatni. A dózismegszorításhoz viszonyítottan rendkívül kicsi lakossági expozíció miatt nem is lehet a környezet-epidemiológiai vizsgálatokban szokásos módon hatásterületet definiálni. Egyszerűen nincs olyan többletexpozíció, aminek földrajzi kiterjedéséhez lehetne igazítani a hatásterületet.

Az alacsony dózisú ionizáló sugárzás sztochasztikus egészségkárosító hatásai jelentős latenciával jelennek meg daganatok és genetikai betegségek esetében. Fejlődési rendellenességek esetében viszont a terhességek hosszának megfelelő időtartamon belül jelentkezik a hatása. Emiatt fontos rendszeresen végezni fejlődési rendellenességekre vonatkozó kockázatelemzést, és ezért fontos folyamatos monitoring-rendszert működtetni a hosszú latenciával jelentkező egészségkárosodások detektálása érdekében. Az atomerőmű környezetében ezért folyik rendszeres és hosszú időszakot lefedő egészség-monitorozás.

Az ionizáló sugárzás által keltett betegségek többsége az életet veszélyezteti, vagy a kezelések mellett is jelentős életminőségromlást okoz. Emiatt nem lehet olyan stratégiákat követni ezen a területen, amik a kialakult károsodások utólagos enyhítésére fókuszálnak. Emiatt indokolt, hogy a dózismegszorítások rendkívül szigorúak. (Az átlagos orvosi ellátás mellékhatásaként jelentkező 0,4 mSv/év effektív dózishoz viszonyítva is nagyan alacsonyak az erőművenkénti 90 µSv/év dózismegszorítások.) És emiatt értékelendő nagyon pozitívan, hogy a Paksi Atomerőmű működése során a dózismegszorításhoz képest is nagyon kis mértékben terheli a környezetét.

5.5. Az élővilág sugárterhelése

A Paksi Atomerőmű TÜH környezeti hatásvizsgálatának részeként megtörtént az élővilág sugárterhelése legutóbbi átfogó vizsgálatának, a Paks II. Atomerőmű létesítésére és üzemeltetésére vonatkozóan elkészített KHT-ban tett megállapítások felülvizsgálata, valamint a Paks II. KHT óta készült kibocsátási, meteorológiai és élővilág sugárterhelését bemutató tanulmányok feldolgozása és értékelése. A 2024-ben végrehajtott célzott mintavételes vizsgálatok lehetővé tették az élővilág aktuális radiológiai állapotának további ellenőrzését. Ezzel a Paksi Atomerőmű TÜH keretein belül megvalósult a nemzetközi ajánlásoknak megfelelően az élőlények sugárterhelésének vizsgálata, a jövőbeli kockázatok becslése.

Az élőlények ionizáló sugárzásra való érzékenysége nagyon tág határok között változik, ami abból következik, hogy a legalacsonyabb szerveződési szintektől az emlősökig minden élőlény a vizsgálat tárgya volt. A nemzetközi ajánlásokra, tudományosan megalapozott becslésekre támaszkodó kutatások szerint a hatás nélküli dózisteljesítmény értéke 10 µGy/h-ban állapítható meg az élőlények széles tartományára. Konzervatív módon ezért a 10 µGy/h dózisteljesítmény érték került figyelembevételre a felmérésben szereplő minden biótára. Ameddig a dózisteljesítmény bármely biótára ezen érték alatt marad semmilyen a sugárterheléssel összefüggő hatással nem kell számolni.

A Paksi Atomerőmű üzemszerű kibocsátásai elsősorban a kéményeken keresztül a légkörbe, továbbá a melegvíz-csatornán keresztül folyékony kibocsátás formájában a Dunába történnek. Az uralkodó széliránynak megfelelően leginkább az erőműtől D-i, DK-i irányban feltételezhető a légnemű kibocsátásból származó sugárterhelés, míg a folyékony kibocsátásból eredő sugárterhelés leginkább közvetlenül a melegvíz-csatorna alatti Duna szakaszon jelentkezhet.

Az elvégzett vizsgálatok szempontjából alapállapotként volt definiálható az élővilág természetes forrásokból származó sugárterhelése, amely független az erőmű kibocsátásaitól, ugyanakkor a sugárterhelés tekintetében ugyanúgy hat az élővilágra, mint az erőművi eredetű sugárterhelés. A

szárazföldi környezetben az élőlények sugárterhelését döntő hányadban a talajból származó természetes radioaktív izotópok határozzák meg. Az atomerőmű környezetében élő szárazföldi élőlények háttér-sugárterheléséről elmondható, hogy annak mértéke a fajok döntő részénél 0,5 µGy/h érték alatt van, amely az egységesen hatás nélküli dózisként definiált 10 µGy/h 1/20-a. A legnagyobb értékek a mohák esetében jelentkeztek, azonban ezek is 5 µGy/h alattiak voltak.

A vízi élőhelyeket illetően a meghatározó élettér maga a víz, mely többnyire csak kis mennyiségben tartalmaz oldott földkéregi anyagot, kiváltképp igaz ez az U- és Th-sorra. Ennek következtében a vizekben aktivitáskoncentrációjuk 3-4 nagyságrenddel kisebb, mint a talajban. A halak, vízi madarak, kétéltűek és vízi emlősök sugárterhelése a szárazföldi élővilágra tipikus dózisteljesítménnyel jellemezhető. A kagyló, rák, csiga esetén a 10 µGy/h-t megközelítő értékekben nyilván nagy szerepe van annak, hogy ezek az élőlények jellemzően fenéklakók, tehát az életterük és táplálkozásuk is inkább az üledékhez kötődik.

Az emberi tevékenység eredményeként az 1950-es, 60-as évek légköri nukleáris fegyverkísérletekből, továbbá a csernobili reaktorbalesetből származó, atmoszférába jutott hasadási és aktivációs termékeknek a Paksi Atomerőmű környezetében való megjelenése, illetve döntő mértékben a csapadék által való kimosása is része az élővilág sugárterhelésének. Az elvégzett értékelés szempontjából a fő kérdés azonban a Paksi Atomerőmű élővilágot közvetlenül terhelő radiológiai hatása, amely az üzemszerű kibocsátások miatt szintén jelen van a környezetben. A normál üzemhez köthető jelenlegi hatások értékelése során kiemelt figyelem irányult azokra az izotópokra, melyek az erőműből üzemszerűen kibocsátásra kerülnek (pl. ^{3}H, ^{14}C, ^{54}Mn, ^{58}Co, ^{60}Co, ^{134}Cs, ^{137}Cs).

Az értékeléséhez a kibocsátások állapotát és azokat a meteorológiai tényezőket is vizsgálni kellett, amelyek befolyásolják a kibocsátott radionuklidok kimosódásának, kihullásának mértékét az erőmű környezetében. Ezen a meghatározó tényezők, a kibocsátott aktivitás, a csapadék, szél és légköri állapotok jellemzői. Megállapító, hogy a vizsgált izotópok tekintetében a 2011 és 2022 közötti időszakban nagyságrendi változások nem következtek be. Az éves csapadékmennyiséget vizsgálva a 2010-es csapadékosabb évtől eltekintve nagy fluktuációk nem tapasztalhatók, amiből következik, hogy a csapadékkal történő kimosódás intenzitása a vizsgált időszakban trendszerűen és jelentősen nem változott.

A kihullás intenzitásának további meghatározó tényezője a területre jellemző légköri stabilitási állapotok gyakorisága és eloszlása. A légköri stabilitási jellemzőkben a vizsgált időszakban számottevő elmozdulás nem történt, a kihullást elősegítő instabil állapotok gyakorisága és az ahhoz tartozó szélsebességek átlaga sem változott számottevően.

Az éves átlagos kibocsátási adatokkal és éves meteorológiával modellezett kihullási sebességet a ^{137}Cs esetében az erőműtől távolodva 500 m-es távolság után nagyságrendi csökkenés következik be. Megállapítható, hogy sem a kibocsátási értékekben sem a meteorológiai jellemzőkben nem volt azonosítható az élővilág sugárterhelése szempontjából számottevő eltérés a Paks II. KHT elkészítése óta eltelt közel 10 éves időszakra vonatkozóan, így a Paks II. KHT-ban a kibocsátásra és kihullásra vonatkozóan tett megállapítások továbbra is helytállóak.

A 2024-es mintavételes radioanalitikai vizsgálatok eredményeként megállapítható volt, hogy a környezeti közegekben és élőlényekben a mesterséges eredetű gamma sugárzó izotópok közül általában a ^{137}Cs volt kimutatható függetlenül a mintavétel helyétől és idejétől. A nukleáris energiatermelés során kialakuló ^{134}Cs/^{137}Cs arányát figyelembe véve, a mintákban mért ^{137}Cs döntő hányada nem a Paksi Atomerőmű kibocsátásának eredménye, hanem légköri nukleáris fegyverkísérletek és a csernobili reaktorbalesetből származó kihullás következménye.

A Paksi Atomerőmű kibocsátásának egyik legjelentősebb hosszabb felezési idejű izotópja a ^{14}C. Bizonyos, a kibocsátással leginkább érintett élőhelyeken, közvetlenül a melegvíz-csatorna kifolyó alatti szakaszon, illetve az A9-es állomás környezetében a természetes hátteret valamelyest meghaladó értékek jelentkeztek, amelyekhez hasonló nagyságrendű ^{14}C járulék a korábbi vizsgálati programokban is azonosíthatók voltak. Korábban a melegvíz-csatorna alatti Duna szakaszon előfordultak jól mérhető ^{3}H koncentrációk, azonban a 2024-es kampány során minden minta esetében a természetes csapadék eredetű ^{3}H koncentrációk voltak mérhetők. Az alfa sugárzó izotópok esetében is megállapítható volt, hogy a talajminták kivételével minden minta az

0,01 Bq/kg-os kimutatási határ alattira adódott. A talajok eredményei pedig összhangban voltak a globális kihullásból származó jellemző értékekkel.

A Paksi Atomerőmű Kibocsátás Ellenőrző Laboratórium folyamatosan méri az erőmű légnemű kibocsátását. Ezt felhasználva került elvégzésre az élővilág sugárterhelésének becslése az egyes élőhelyek vonatkozásában. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az erőmű élővilágra gyakorolt járuléka gyakorlatilag elhanyagolható, azaz semleges hatású a globális és a csernobili eredetű sugárterhelés mellett, tekintve, hogy számottevően kisebb dózisjárulékot jelent a globális háttérhez képest. A flóra és a fauna egyes csoportjaira kapott dózisteljesítmények között nem tapasztalható jelentősnek mondható különbség egyik forrás esetén sem.

A vízi élővilág jelenlegi antropogén forrásoktól származó sugárterhelése a szárazföldi élővilágéhoz hasonlóan elsősorban a nukleáris fegyverkísérletek nyomán kihullott ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{239}Pu és ^{241}Am izotópoktól, továbbá a csernobili reaktorbaleset idején kiülepedett ^{137}Cs izotóptól ered. Továbbá a Dunánál számolni kell a Paksi Atomerőmű folyékony kibocsátásából származó radioaktivitással is. Megállapítható volt, hogy az egyes vízi szervezetek dózisterhelése a 10^{-6}-10^{-3} µGy/h nagyságrendbe esik. Az erőművi kibocsátás és a globális mesterséges háttér hasonló nagyságrendű. Összeségében a vízi élővilág sugárterheléséről is elmondható, hogy a mesterséges forrásoktól származó dózisteljesítmény nagyságrendekkel elmarad a vonatkoztatási szintként értelmezett 10 µGy/h-tól. Ennek alapján kijelenthető, hogy az erőmű radioaktív kibocsátásai a vízi élővilágra semleges hatással vannak.

A jövőre vonatkozó becslést a várható kibocsátások prognosztizálhatósága szabja meg. Erre jó lehetőséget kínál annak vizsgálata, hogy a múltban hogyan alakultak az erőmű kibocsátásai. Kimutatható-e esetleg egyértelmű növekedésre/csökkenésre utaló trend, vagy a hosszú ideje fennálló üzemi kultúra egy kiszámítható, és a kibocsátásokban is jelentkező stabilitást mutat. A dozimetriai szempontból legfontosabbnak tekinthető izotópok nagyságrendileg viszonylag szűk sávban mozognak. A blokkok öregedésével kapcsolatba hozható esetleges növekvő trend nem észlelhető. Feltételezhető a további üzemelés időszakára, hogy a légköri kibocsátások érdemben nem fognak változni, egyes izotópokra még kismértékű kibocsátás-csökkenés is elképzelhető. Ez azt is eredményezné, hogy a környezetben az évtizedek során akkumulálódott radioizotópok koncentrációjára a radioaktív bomlás okozta csökkenés válik a jellemzővé, ami egyúttal az élővilágra nézve az antropogén eredetű dózis még alacsonyabb szintjét jelenti.

Ami a Dunába történő kibocsátást illeti, az adatok alapján hasonló gondolatmenet vihető végig. Az erőmű további működtetése érdemben nem fog megnövekedett kibocsátásokat eredményezni. Az élővilág sugárterhelésére nézve fenti értékelések alapján nem várható érdemi növekedés, annak ellenére sem, hogy a rendszeres kibocsátás következtében a talajban elvileg az olyan hosszú felezési idejű izotópok, mint pl. a ^{137}Cs az időben akkumulálódnak. A talaj ilyen szennyeződéséhez ugyanis az erőmű elenyésző járulékot ad a korábbi globális és csernobili szennyezés jelenlegi maradékához képest, így a teljes kontamináció a további üzemeltetés során is csökkenő tendenciát fog mutatni. Előbbieket megerősítik, a 2010 óta öt évente, és a TÜH környezeti hatásvizsgálata keretein belül 2024-ben elvégzett, az élővilág sugárterhelését ellenőrző mintavételes vizsgálatok eredményei is.

Az élővilág természetes forrásoktól származó háttér-sugárterhelése fajtól és élettértől függően néhány tized µGy/h-tól néhány µGy/h-ig terjed. Az erőmű becsült járuléka a szárazföldi és vízi élővilág sugárterheléséhez mindössze 10^{-3}-10^{-6} µGy/h-ra adódott. Ez a jelentéktelennek tekinthető többlet a Paksi Atomerőmű további üzemeltetésénél is megmarad, mivel a légköri és vízi kibocsátások mértéke becsülhetően nem fog változni. Az energiatermelés és a folyékony radioaktív hulladékok kezelésének megszűnése után a vízi élővilág eme csekély sugárterhelése meg fog szűnni, míg a szárazföldi élővilág esetén számottevően csökkenni fog, ahogyan a talajban akkumulálódott hosszabb felezési idejű hasadási és korróziós termékek lebomlanak. A TÜH időszaka alatt az élővilágra teljesülni fog jelenlegi állapotra is érvényes semleges, hatás nélküli dózisterhelési állapot.

A Paks II. Atomerőmű hatása értelemszerűen csak a tervezési paraméterek felhasználásával és a valóságos (várható) helyi hatótényezőket figyelembe véve becsülhető. A paksi környezet élővilágára prognosztizálható hatását a hatás nélküli dózisteljesítmény értéket (10 µGy/h) a két erőműnek együtt is teljesítenie kell. Az éves kibocsátási leltárból és a paksi meteorológiai

adatokból kiindulva megbecsülhető volt az üzemi területet határoló szárazföldi környezetbe kijutó radioaktív anyag feltételezhető területi eloszlása. Ez egyrészt kiterjed a környező levegő radioaktivitására, továbbá a talaj, mint befogadó vizsgálatára. Az értékelés során a maximális koncentrációval jellemezhető helyek azonosítására került sor. Az ezekre érvényes adatok kerültek felhasználásra a referencia élőlények sugárterhelésének becslésére. Mivel a két blokk kéményei egymáshoz képest nem túl messze helyezkednek el, a kikerülő radioaktív anyag terjedése azonos helyről kiindulónak tekinthető. A Paks II. KHT-ban megállapításra került, hogy tendenciózusan nagyobbak az új blokkok hatásaként becsült dózisteljesítmény adatok a Paksi Atomerőmű hatásaihoz képest, mely nyilván a megadott tervezési kibocsátási adatok konzervatív voltával magyarázható, továbbá a nagyobb beépített teljesítmény is hozzájárul a nagyobb hatáshoz. A felülvizsgálat során végzett elemzések eredményei jellemzően kisebbek a korábbi számításokétól és továbbra is a 10^{-4} µGy/h, az élőlények sugárterhelése tekintetében elhanyagolható mértékűek.

Megállapítható, hogy légköri kibocsátások tekintetében a Paksi Atomerőmű az üzemidő-hosszabbítás időszakában a Paks II. kibocsátásaival együtt sem lesz hatással a szárazföldi élővilágra, azaz hatása semlegesként értékelhető.

A tervezett új blokkok kibocsátott összes aktivitásának 99,99%-át a trícium teszi ki, amely igen közel áll a Paksi Atomerőmű rendszeres mérésekkel alátámasztott folyékony kibocsátási leltárához, másrészt az is kitűnik, hogy a tervezett kibocsátás messze a határérték alatt prognosztizálható.

A természetes háttérhez viszonyítva a folyófenék közelében élő szervezetek szenvedik el a legnagyobb relatív dózisteljesítmény járulékot. Mindemellett az akkumulálódó mesterséges izotópoknak leginkább kitett üledéklakó élőlények becsült összes dózisteljesítmény járuléka is mindössze 10^{-3} µGy/h nagyságrendbe esik. A becsült dózisteljesítmények összege (Paks négy blokkja és Paks II. két blokkja) is durván 2-3 nagyságrenddel alatta van a vízi élővilágra becsült háttér-sugárterhelésnek, és még további legalább 1-2 nagyságrenddel alacsonyabb az ICRP (International Commission on Radiological Protection – Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság) által javasolt 10 µGy/h vonatkoztatási szintnél. Ezek alapján kijelenthető, hogy a jelenlegi ismeretek szintjén a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása a folyékony kibocsátások esetében semleges az élővilágra nézve a két erőmű együttes üzemelése esetében is, így teljesülni fog a jelenlegi állapotra is érvényes semleges, hatás nélküli dózisterhelési állapot.

Az üzemzavari események vonatkozásában nem várható a környező élővilágot érintő jelentős hatás a lehetséges üzemzavari események következtében, továbbá nem kell számolni országhatáron átterjedő hatásokkal sem.

Összeségében megállapítható volt, hogy a Paksi Atomerőmű környezetének élővilágára ható dózisteljesítmény 90-99%-a természetes forrásból származik. A Paksi Atomerőmű üzemeléséhez/kibocsátásaihoz köthető dózisjárulék elhanyagolható mértékű, semleges hatású, az élőlények számára értelmezhető mértékű kockázattal nem jár. Az élővilágot érő radiológiai hatások mindig is elhanyagolható nagyságrendűek voltak, és ez várható a TÜH időszaka alatt is. Ez a megállapítás a két erőmű együttes üzemelésének esetében is érvényes.

Mivel a jelenlegi kibocsátások nincsenek hatással a környező élővilágra, közvetlen hatásterület nem határolható le, így közvetett hatásterületet sem. A vizsgált területeken a sugárterhelés mértéke nem éri el azt a szintet, hogy az bármilyen hatásfolyamat révén tovább terjedve más területeken változást okozzon az élővilág állapotában.

5.6. Radioaktív hulladékok és kiégett fűtőelemek keletkezése és kezelése

5.6.1. A radioaktív hulladékok keletkezése, kezelése és tárolása

Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény 38. § (1) bek. értelmében a további üzemidő-hosszabbítás engedélyezési eljárása során igazolni kell, hogy biztosított a keletkező radioaktív hulladék és kiégett üzemanyag biztonságos elhelyezése, összhangban a tudomány legújabb igazolt eredményeivel, a nemzetközi elvárásokkal, valamint tapasztalatokkal. A radioaktív

hulladékok végleges elhelyezésével és a kiégett üzemanyag átmeneti tárolásával összefüggő tevékenységek a Kormány által kijelölt szerv az RHK Kft. feladatkörébe tartoznak.

Az atomerőmű üzemeltetése során szilárd és folyékony, kis-, közepes és nagy aktivitású radioaktív hulladékok keletkeznek, melyeket az atomerőműben a végleges tárolóba történő átszállításig ideiglenesen tárolnak. A szilárd halmazállapotú radioaktív hulladékok többségét 200 literes acélhordókban, tömörített – a nem tömöríthető hulladékok esetében tömörítetlen – formában helyezik el. A folyékony radioaktív hulladékokat tartályokban gyűjtik az atomerőműben. A radioaktív hulladékokat csak szilárd formában lehet véglegesen elhelyezni, ezért a folyékony hulladékok szilárdítására is sor kerül az atomerőműben a végleges tárolóba történő átszállítást megelőzően.

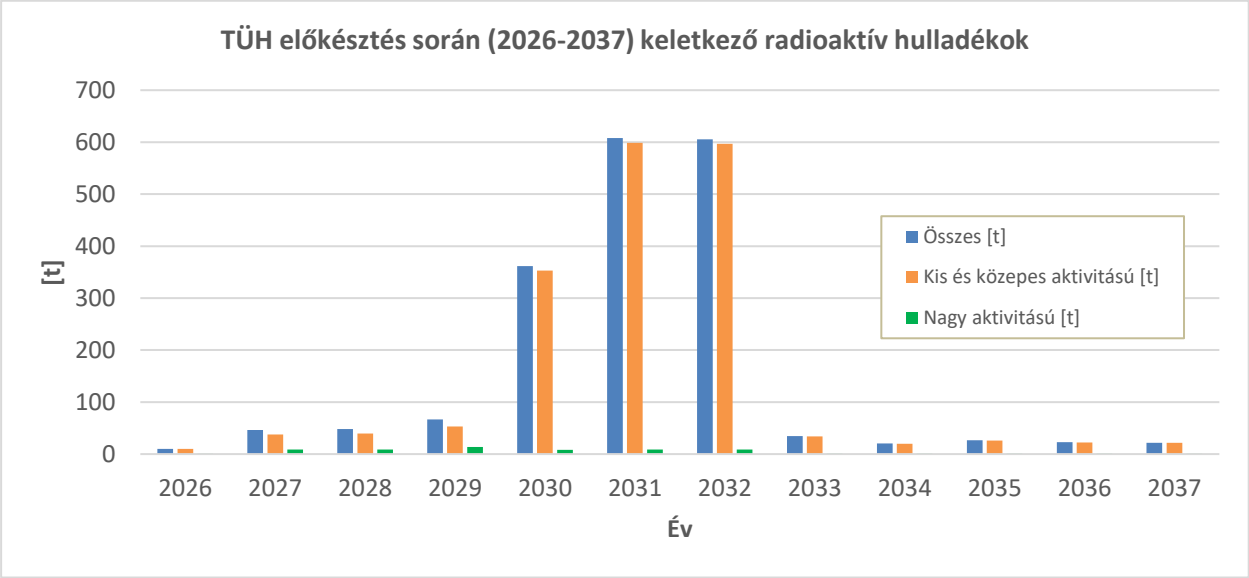
5.6.1.1. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítése során keletkező radioaktív hulladékok keletkezése, kezelése, átmeneti tárolása

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának előkészítése, illetve a további üzemeléshez tervezett tevékenységek, átalakítások keretében tervezett, a *2.2.2.5. fejezetben* bemutatott egyes rekonstrukciós munkákból eredően kis és közepes, valamint nagy aktivitású radioaktív hulladékok keletkezésével is számolni kell. Az elvégzett becslések alapján jellemzően az alábbi, az atomerőmű építészeti szerkezeteit, illetve technológiai rendszereit, berendezéseit érintő rekonstrukciók járnak radioaktív hulladék keletkezésével:

- az üzemi főépületek kisebb szerkezeti megerősítése,
- a reaktoron belüli berendezések (közbenső rudak, reaktor kosár csavarok) cseréje, javítása,
- szabályozó rúd hajtások cseréje,
- főkeringtető szivattyú tányérrúgó kötegek kiváltása,
- gépészeti berendezések (pl.szelepek, szivattyúk) kiváltása, cseréje,
- egyes villamos, irányítástechnikai, vegyészeti berendezések cseréje,
- radioaktívhulladék-kezelési technológiákhoz tartozó berendezések (^{60}Co eltávolító-komplex bontó technológia, Folyékony Hulladékvíz Feldolgozó /FHF/ technológia) cseréje.

A TÜH előkészítése során végzett, az atomerőmű építészeti létesítményeit és technológiai rendszereit érintő, 2026-2037 között elvégezni tervezett rekonstrukciós munkálatokból – az előzetesen végzett becslések szerint – összesen 1870 t radioaktív hulladék keletkezésével kell számolni, melyből 1810 t kis és közepes aktivitású, 60 t nagy aktivitású radioaktív hulladék. (Az elhelyezendő hulladék térfogatát a keletkező hulladék fizikai formája /tömöríthető, fém, beton stb./ határozza meg.)

A TÜH előkészítéshez kapcsolódó radioaktív hulladékok éves keletkezési üteme alapján megállapítható, hogy a legnagyobb mennyiségekkel (évi 360-605 t) 2030-2032 között kell számolni, melynek döntő része a kis és közepes aktivitású kategóriába sorolható (*5.6.1.1-1. ábra*). A további években az összes keletkező radioaktív hulladék mennyisége 10-67 t között változik. Az éves adatokból adódik, hogy a nagy aktivitású hulladékok mennyisége az összes éves radioaktív hulladékok mennyiségének csak néhány, legfeljebb 18-20%-át teszik ki.



5.6.1.1-1. ábra: A Paksi Atomerőmű TÜH előkészítési tevékenységek végrehajtásából eredően várható radioaktív hulladékok becsült éves mennyisége

A TÜH előkészítése során keletkező, fent becsült hulladékmennyiség az *5.6.1.1-1. ábra* szerint a 2030-2032 időszakban jelentősen meghaladja a szokásos, évente keletkező üzemviteli hulladékmennyiséget. A környezeti hatások értékelése céljából ezért ennek a kritikus időszaknak a részletesebb vizsgálatára került sor. A *2.2.2.5. fejezet 2.2.2.5-1. táblázatában* összefoglalt tevékenységek közül az alábbi négy rekonstrukciós munka során keletkezik a kis és közepes aktivitású hulladékok több mint 90%-a:

- az üzemi főépületek kisebb szerkezeti megerősítése (863,5 t, ~3500 db hordó),
- hermetikus tér kábelátvezetések és kábelek cseréje (502 t, ~4700 db hordó),
- szabályozó- és biztonság-védelmi kazetta hajtások cseréje (93 t, ~460 db hordó),
- pihentető medence burkolat és az alatta lévő szénacél és betonelemek rekonstrukciója (150 t, ~600 db hordó).

Az ellenőrzött zónában végzett rekonstrukciós munkák esetében konzervatív módon a teljes keletkező hulladékmennyiséget radioaktív hulladéknak tekintik. Az üzemeltetési tapasztalatok alapján azonban az ellenőrzött zónában keletkező hulladékok jelentős része felszabadítható. Gyakorlati tapasztalatok és elméleti megfontolások alapján feltételezhető, hogy a keletkező hulladékok jelentős része a normál felszabadítási gyakorlat vagy egyedi felszabadítási engedélyek alapján felszabadítható lesz és az ellenőrzött zónából kiszállítva hagyományos hulladékként kezelhető.

A radioaktív hulladékok várható mennyiségének reálisabb becsléseként a fenti, a hulladékok 90%-át adó hulladékáramok tekintetében a következő feltételezések tehetők:

- Az üzemi főépületek szerkezeti megerősítése során jellemzően építészeti hulladék keletkezik, azaz betontörmelék. Az ellenőrzött zóna falainak belső felületei dekontaminálható bevonatokkal vannak ellátva. A bontási munkák előtt ezek dekontaminálásával a keletkező hulladék aktivitástartalma várhatóan a felszabadítási határérték alá csökkenthető. Amennyiben az érintett épületszerkezet térfogatában szennyezett, akkor a dekontaminálással nem érhető el a fenti eredmény, ezért a becsült hulladékmennyiség 10%-a (86,4 t, ~350 db hordó) radioaktív hulladék lehet.
- A hermetikus téri kábelek és kábelátvezetések során keletkező kábelek felülete nagy valószínűséggel kisebb vagy nagyobb mértékben szennyezett lesz radioizotópokkal. A radioaktív hulladékok mennyiségének csökkentésére a rekonstrukciós projekt keretében el kell végezni a lebontott kábelek radiológiai minősítését, ami alapján a kábelek további kezelés nélkül vagy dekontaminálás után felszabadíthatók. Amennyiben a dekontaminálás nem valósítható meg vagy eredménytelen, akkor sor kerülhet a kábelszigetelések eltávolítására és radioaktív hulladékként történő kezelésre, a vezető fém pedig

felszabadításra kerülhet. Ezen tevékenységek következtében a radioaktív hulladékok mennyisége a keletkező hulladékmennyiség 10%-ára (50 t, 470 db hordó) csökkenthető.

- A szabályozó- és biztonság-védelmi kazetta hajtások esetén gyakorlati tapasztalatok alapján a hajtások dekontaminálása után a hulladék 70%-a felszabadítható, 30% (28 t, 115 db hordó) marad radioaktív hulladék.
- A pihentető medence burkolat és az alatta lévő szénacél és betonelemek rekonstrukciójának kiváltása érdekében egy nemfémes burkolat javítási módszer alkalmazásának fejlesztése kezdődött el. A nemzetközi tapasztalatok hasznosításával folyó projekt sikere esetén a rekonstrukció várható hulladékmennyiségével nem kell számolni. Tekintettel a nemzetközi referenciákra feltételezhető, hogy a burkolatok jelentős része javítható ezzel a megoldással, és csak részben lesz szükséges a burkolat cseréjére. A keletkező hulladékok mennyisége a teljes rekonstrukció hulladék-mennyiségének 20%-ára (30 t, ~120 db hordó) becsülhető.

A fentieket figyelembe véve a TÜH előkészítése során keletkező kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok várható mennyisége 375 t (~1750 db hordó) lesz, amiből mintegy 1000 db hordó fog a 2030-2032 között keletkezni.

Nagy aktivitású radioaktív hulladékok keletkezésével a reaktoron belüli berendezések (szabályozó- és biztonság-védelmi kazetták hajtásához tartozó közbenső rudak cseréje (215 db, 9 t), reaktorkosár csavarok cseréje (0,4 t) és a pihentető medence burkolat és az alatta lévő szénacél és betonelemek rekonstrukciója (50 t) során lehet számolni. Utóbbi esetben a nem fémes burkolatjavítási technológia alkalmazásának eredményeképp a nagy aktivitású hulladékok esetén is csak a becsült hulladékmennyiség 20%-ával (10 t) lehet számolni. A szabályozó- és biztonság-védelmi kazetták hajtásához tartozó közbenső rudak nem teljes egészében nagy aktivitású hulladékok, hanem csak egy részük az, amelyik a használat során felaktiválódik. Ebből következően a közbenső rudak darabolásával jelentősen csökkenthető a nagy aktivitású hulladékok mennyisége. Darabolás nélkül egy közbenső rúd elfoglal egy teljes nagy aktivitású hulladék tároló kutat, azaz 215 db kút lenne szükséges a hulladék átmeneti tárolására. Darabolás után egy tároló kútba 4-5 db közbenső rúd nagy aktivitású része helyezhető el, ami így csak 43 tároló kutat igényel.

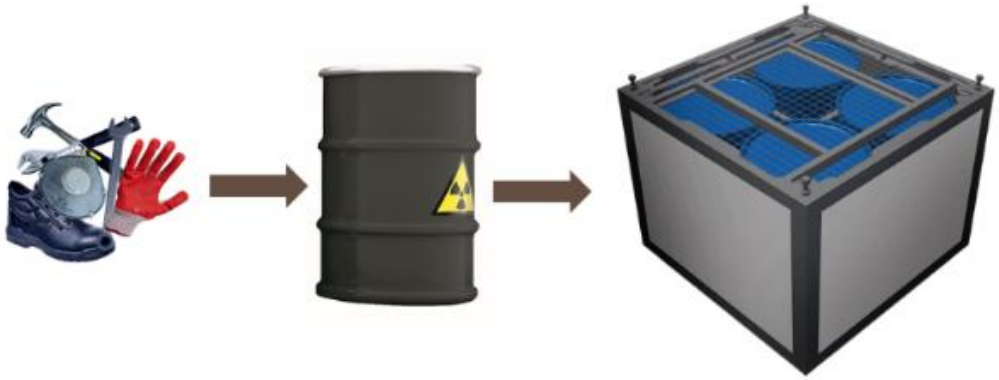
A TÜH előkészítés során keletkező radioaktív hulladékok gyűjtése, minősítése, kezelése, illetve elszállításra és végleges elhelyezésre való előkészítése az atomerőmű érvényes eljárásrendjeinek megfelelően, a meglévő kezelési folyamatokba illesztetten tervezett.

Tekintettel arra, hogy a TÜH előkészítése során keletkező hulladékok aránylag rövid időn belül keletkeznek és jelentősen meghaladják a szokásos, évente keletkező hulladékmennyiséget, ezért gondoskodni kell a végleges elhelyezést megelőző átmeneti tárolásukról.

A kis- és közepes aktivitású szilárd radioaktív hulladékok telephelyi átmeneti tárolókapacitásainak kihasználtsága a 2025. évi adatok szerint közel 90%-os, így a várható hulladékmennyiség átmeneti tárolása tárolókapacitás felszabadítást tesz szükségessé.

Az erőmű telephelyén 11 355 db kis és közepes aktivitású hulladékot tartalmazó 200 literes hordó tárolására van lehetőség a kijelölt tárolóhelyeken. 2025. december 31-én 10 405 db hordót tároltak ezeken a tárolóhelyeken. A szabad kapacitás 950 db hordó átmeneti tárolását teszi még lehetővé, így itt is szükség lesz tárolókapacitás-növelés biztosítására a normál üzemviteli radioaktív hulladékok és a TÜH előkészítése során keletkező hulladékok átmeneti tárolásának biztosítására.

A cementező technológia üzemszerű működése a tervek szerint 2029-tól kezdődik. Ez a technológia ún. kompakt hulladékcsomagokat állít elő, amelyekben a 200 literes fémhordók négyesével kerülnek egy vékonyfalú, merevített acélkonténerbe (*5.6.1.1-2. ábra*). A hordók közötti teret folyékony radioaktív hulladékból kevert cementpéppel töltik fel, így a konténerek holt terét is radioaktív hulladék tölti ki. A hulladékcsomagok a gyártás és minőségbiztosítási folyamatokat követően kiszállításra kerülnek az RHK Kft. által üzemeltetett Nemzeti Radioaktívhulladék-tárolóba (NRHT).



Forrás: Az RHK Kft. honlapja (rhk.hu)

5.6.1.1-2. ábra: Acélkonténerrel kialakított, kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékokat tartalmazó kompakt hulladékcsomag

A cementező technológiával az atomerőmű évi 400-500 kompakt hulladékcsomag előállítását tervezi, ami évi 1600-2000 db hordó kompakt hulladékcsomagba helyezését és végleges tárolásra történő elszállítását jelenti. 2029-2032 között tehát 6400-8000 db kis és közepes aktivitású hulladékot tartalmazó hordó kiszállítása fog megtörténni. Ezzel párhuzamosan a 2026-2032 közötti időszakban várhatóan maximum 3500 db hordónyi hulladék keletkezik a normál üzemmenet során, valamint a TÜH tevékenységekhez kapcsolódóan 1500 db hordó, azaz összesen 5000 db hordónyi radioaktív hulladék keletkezik. A cementező technológia üzemeltetésével így a kis és közepes aktivitású szilárd hulladékok átmeneti tárolásához szükséges kapacitások biztosíthatók lesznek.

Amennyiben a radioaktív hulladékok keletkezési üteme előre nem látható okból meghaladná ezt a tervezett éréket vagy a feldolgozás nem tud a tervezett kapacitással működni, akkor lehetőség van alternatív átmeneti tárolókapacitás kialakítására. Ez az atomerőmű ellenőrzött zónáján kívüli, meglévő raktárépület, vagy az épület egy részének átalakítása és sugárvédelmi hatósági engedélyeztetése után történhet meg. Ilyen megoldásra a Paksi Atomerőműnek van már referenciája is, mivel korábban nagy méretű, kis mértékben radioaktívan szennyezett berendezéseknek a hivatkozott raktárépületben való tárolására már kapott engedélyt. Ebből következően reálisan feltételezhető, hogy 500-1000 db nagyon kis aktivitású hulladékot tartalmazó 200 literes hordó tárolása az épület megfelelő átalakítását követően engedélyeztethető. Így a kis és közepes aktivitású hulladékok megfelelő átmenti tárolása minden körülmények között biztosítható.

Mindezek mellett az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2015 óta jelentős erőfeszítéseket tett annak érdekében, hogy a radioaktív hulladékok telephelyi mennyiségét csökkentse. A kis és közepes aktivitású szilárd hulladékok újrafeldolgozásával, a nagyon alacsony aktivitástartalmú hulladékok egyedi felszabadításával 2452 db hordónyi tárolókapacitást lehetett felszabadítani, ami 5-6 év normál üzemviteli hulladékmennyiségének felel meg. Ennek a tevékenységnek a folytatása a TÜH előkészítés hulladékainak átmeneti tárolása szempontjából is lényeges lehet.

A nagy aktivitású hulladékok átmeneti tárolása – a méretüktől függően – vagy a reaktorcsarnokokban kialakított csőkutakban, vagy az A216/3 és A216/6 számú tartalékhelyiségekben és a reaktorcsarnokokban elhelyezett árnyékolt, 200 literes hordók elhelyezésére alkalmas konténerekben történik.

Az atomerőmű I. és a II. kiépítésein összesen 1114 darab csőkút, azaz 222,8 m^3 tároló kapacitás áll rendelkezésre az üzemeltetés során képződő nagy aktivitású radioaktív hulladék elhelyezésére. A 222,8 m^3-es tárolási kapacitásból 2025. január 1-jén 112,7 m^3-nyi került felhasználásra. Az utóbbi 15 évben az átlagosan keletkező nagy aktivitású hulladék mennyiség 1,4 m^3/év volt, így az 50 éves üzemidő végéig konzervatívan további 22 m^3 nagy aktivitású radioaktív hulladék keletkezésével kell számolni. Ebből eredően közel 85 m^3 tárolókapacitás áll rendelkezésre a TÜH előkészítésének és végrehajtásának időszaka során keletkező nagy aktivitású hulladékok átmeneti tárolására.

A csőkutakban tárolható kis- és közepes aktivitású részeket is tartalmazó nagy aktivitású hulladékok közé tartoznak a reaktorokból eltávolított közbenső rudak. Ezek mennyisége a fentiekben már hivatkozott darabolással jelentős mértékben csökkenthető, így a közbenső rudak tárolására használt tároló kutak 80%-a felszabadítható, azaz kb. 40 m^3 tárolókapacitás nyerhető. Az így felszabadított tárolókapacitással biztosítható, hogy – a további 20 éves üzemidő-hosszabbításával összesen – 70 éves üzemidő alatt keletkező nagy aktivitású hulladékok átmeneti tárolása is megoldott legyen.

5.6.1.2. A további üzemidő-hosszabbítás során keletkező radioaktív hulladékok keletkezése, kezelése

Az atomerőmű üzemeltetésével kapcsolatban keletkező kis- és közepes aktivitású hulladékokról az *5.6.1.2-1. táblázat* ad áttekintést a 2025. január 1-i állapotnak megfelelően. Az atomerőmű normál üzemviteléből adódó hulladékmennyiségek táblázatban feltüntetett éves keletkezési üteméből adódóan éves rendszerességgel kb. 90 m^3 szilárd hulladék (kb. 450 db 200 l-es hordó) keletkezik, amelyhez további 10 m^3 (50 db hordó) várható az FHF technológia üzemeltetéséből. Így évente várhatóan 500 db hordó keletkezik.

A szilárd hulladékok között jelennek meg a nagyméretű szilárd hulladékok is. Ezen radioaktív hulladékokat nem lehet (vagy nem célszerű) 200 l-es hordókban elhelyezni, azonban éves keletkező mennyiségük nem meghatározó mértékű.

A szilárd hulladékok körében szerepelnek a cézium és egyéb szűrőpatronok, amiket speciális körszelvényű tároló konténerekben helyeznek el a későbbiekben. Ebből a hulladékformából is kevés keletkezik a teljes üzemidőre vetítve, így az éves keletkezési mennyiség ezek esetében sem meghatározó.

Éves gyakorisággal 225 m^3 folyékony halmazállapotú hulladékkal kell számolni, melynek nagy része (200 m^3/év) bepárlási maradék (sűrítmény), de a folyékony hulladékok körében vannak nyilvántartva az evaporátor savazó oldatok, az ioncserélő gyanták (5 m^3/év transzportvíz nélkül), az iszapok (20 m^3/év) és a dekontamináló oldatok is. A dekontamináló oldatok időszakonként keletkeznek, így az éves keletkezési mennyiség nem került meghatározásra.

A jelenleg engedélyezett 50 éves üzemidő végéig, valamint a további 20 éves üzemidő-hosszabbítás időszakában keletkező többlet radioaktív hulladékok mennyiségére vonatkozó – a 2023.évi adatok bázisán elvégzett – becsléseket az *5.6.1.2-1. táblázat* tartalmazza. A becslés szerint az üzemviteli radioaktív hulladékok kondicionálás utáni végső elhelyezésre kerülő térfogata közel 3000 m^3-rel, ≈14 000 m^3-ről ≈17 000 m^3-re növekszik.

A TÜH során keletkező üzemviteli hulladékok gyűjtése, minősítése, kezelése, illetve elszállításra és végleges elhelyezésre való előkészítése az atomerőmű érvényes eljárásrendjeinek megfelelően, a meglévő kezelési folyamatok szerint fog történni a *2.2.1.1. fejezetben* bemutatottak szerint.

5.6.1.2-1. táblázat: A Paksi Atomerőműben keletkező kis- és közepes aktivitású üzemviteli radioaktív hulladékok leltára az engedélyezett 50 éves és a további 20 éves üzemidő-hosszabbítás végrehajtásával tervezett 70 éves üzemidő alatt

	Hulladékáram	Tárolt mennyiség (2025.01.01.) [m^3]	Keletkezés évente [m^3]	50 (30+20) éves üzemidő végéig keletkezik	70 (30+20+20) éves üzemidő végéig keletkezik	Kezelés	Elhelyezendő radioaktív hulladék				
							Hulladék-csomag	az 50 (30+20) éves üzemidő végéig		70 (30+20+20) éves üzemidő végéig	
								Mennyiség [m^3]	Térfogat [m^3]	Mennyiség [m^3]	Térfogat [m^3]
Szilárd	Tömörített hulladék (elhelyezés vasbeton konténerben)	0	0	967	967	Nincs	Vasbeton konténer	537	967	537	967
	Tömörített nem történelmi hulladék hordós elhelyezés	0	55	603	969	Nincs	Hordó	3 017	603	4 847	970
	Tömörített nem történelmi hulladék kompakt hulladék-csomagban	998		1 367	2 217	Kompakt hulladék-csomagba helyezés	Kompakt hulladék-csomag	1 720	3 165	2 771	5 099
	Nem tömörített hulladék	828	33	1 160	1 853			1 450	2 668	2 316	4 261
	Gyöngykovafölddel felitatott és víztelenített iszapok	150	3	181	254			226	416	316	581
	Co eltávolító utószűrő	67	14	283	443			367	675	553	1 018
	Nagy méretű hulladék	–	–	200	200	Nincs	Konténer (4 m^3)	50	200	50	200
	Cs-oszlop tároló konténer	19	n.a.	51	80	Nincs	Konténer (1,7 m^3)	30	51	47	80

	Hulladékáram	Tárolt mennyiség (2025.01.01.) [m³]	Keletkezés évente [m³]	50 (30+20) éves üzemidő végéig keletkezik	70 (30+20+20) éves üzemidő végéig keletkezik	Kezelés	Elhelyezendő radioaktív hulladék				
							Hulladék-csomag	az 50 (30+20) éves üzemidő végéig		70 (30+20+20) éves üzemidő végéig	
								Mennyiség [m³]	Térfogat [m³]	Mennyiség [m³]	Térfogat [m³]
Folyékony	Normál üzemi bepárlási maradék	3 620	200	7 645	12 055	FHF technológia	–	1 808 Részben a szilárd hulladéknál jelenik meg	3 327	857* Részben a szilárd hulladéknál jelenik meg	1 577*
	Üzemzavari bepárlási maradék (iszappal együtt)	2 787	n.a.	2 907	2 815	Kompakt hulladék-csomagba cementezés (1,6-1,8-szoros térfogat-növekedés)	Kompakt hulladék-csomagban cementpép-ként				
	Ülepítő iszap és bepárlási maradék iszap	470	20	948	1 348						
	Evaporátor savazó oldat (iszappal együtt)	159	0	159	159						
	Dekontamináló oldat (iszappal együtt)	538	0	538	543						
	Ioncserélő gyanta	314	5	508	598	Cementezés konténerbe (3,8-szoros térfogat-növekedés)	Konténer (a kompakt hulladék-csomaggal megegyező)	1 002	1 894	1 260	2 319
								Üzemvitel és üzemzavar:	*13 966*		*17 072*

* A TÜH időszakában a korábbi keletkezési ütemmel arányosan éves 450 db hordós hulladék keletkezével lehet számolni.

A cementezésre kerülő folyékony hulladékok nagyobb részét az alfaszennyezett bepárlási maradékok, dekontamináló oldatok és evaporátor savazó oldatok adják, amelyek mennyisége azonban nem nő arányosan végig a TÜH alatt (vélelmezhetően idővel nem is fog keletkezni). Arányosan növekszik ugyan a különböző iszapok mennyisége, de az nem képvisel meghatározó térfogatot. A két hulladékáram (hordós és cementezendő folyékony) TÜH időszak alatti keletkezési ütemének és mennyiségének eltérése okozza azt, hogy több olyan kompakt hulladékcsomag készülhet majd, amelyben hordós hulladék is van. A cementezendő hulladék jelentős része még az 50 éves üzemidő alatt állt elő vagy keletkezik még. Ebből adódik, hogy a kompakt hulladékcsomagok száma eredően nem arányosan változik az idő előrehaladásával.

5.6.1.3. A radioaktív hulladékok végleges elhelyezése

A Paksi Atomerőmű kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékainak végleges elhelyezése az RHK Kft. által üzemeltetett, felszín alatti tárolókamrás kialakítású Nemzeti Radioaktívhulladék-tárolóban (NRHT) (*5.6.1.3-1. ábra*) biztosított. A radioaktív hulladék végleges elhelyezése a felszín alatt, 200-250 m-es mélységben kialakított tárolókamrákban történik. Az eredeti tárolási koncepciónak megfelelően a hulladékcsomag elkészítése (hordók vasbetonkonténerbe helyezése majd a vasbetonkonténerek inaktív betonnal feltöltése) az NRHT-ban történt 2017-ig. Az NRHT I-K1 megjelölésű tárolókamrája (*5.6.1.3-1. ábra*) 2017. májusában megtelt. A jövőben az NRHT a Paksi Atomerőműben előállított kompakt hulladékcsomagokat fogad és gondoskodik azok elhelyezéséről a további tárolókamráiban.



Forrás: Az RHK Kft. honlapja (rhk.hu)

5.6.1.3-1. ábra: A bátaapáti Nemzeti Radioaktívhulladék-tároló (NRHT) felszíni létesítményei és az I-K1 megjelölésű tárolókamrájának feltöltése vasbetonkonténerekkel

A bátaapáti NRHT teljes befogadóképessége az eredeti tervek szerint kialakítandó tárolókamrákkal az atomerőmű 50 (30+20) éves üzemideje, és annak leszerelése során keletkező kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék számára biztosít elegendő helyet.

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása során keletkező kis és közepes aktivitású szilárd radioaktív hulladékok végleges elhelyezése az NRHT tárolókapacitásának későbbi bővítésével biztosítható.

A nagy aktivitású hulladékot a végső elhelyezés érdekében konténerekben gyűjtik össze és betonnal öntik ki. A nagy aktivitású radioaktív hulladékok keletkezési ütemét figyelembe véve, a végleges elhelyezést az atomerőmű műszaki tervében foglaltak szerint csak az erőmű leszerelési fázisában kell megoldani.

A nagy aktivitású hulladék végleges elhelyezését széleskörű nemzetközi egyetértés szerint mélységi geológiai tárolóban lehet biztonságosan megoldani. Ez egy több száz méter mélyen megépülő létesítmény, amely védett a felszíni hatásoktól, folyamatoktól, és amelyben az ember alkotta műszaki létesítmények mellett a stabil földtani környezet is garantálja a hosszú távú biztonságot. Abban is egységes álláspont alakult ki az érintett nemzetközi szervezetek körében, hogy egy mélységi geológiai tároló egyaránt alkalmas a kiégett nukleáris üzemanyag közvetlen elhelyezésére, valamint a feldolgozott kiégett üzemanyag maradékainak elhelyezésére is.

Magyarországon a lehetséges tároló helyszínét kijelölő kutatási program 1993 végén indult el, a mecseki uránbányából nyitott vágatokban, a Bodai Agyagkő Formáció vizsgálatával. A nagy aktivitású hulladékok végleges elhelyezésére irányuló kutatás jelenleg is folyamatban van. Az RHK Kft. 2018-ban összeállította, majd 2022-ben aktualizálta a Bodai Agyagkő Formáció telephelykutatási keretprogramját, amely 2036-ig határozza meg a feladatokat. A tervezett ütemezés szerint a tároló létesítmény 2064-ben lép üzembe.

5.6.2. A kiégett fűtőelemek átmeneti tárolása

A Paksi Atomerőműben keletkező kiégett üzemanyagot hosszabb időre (jelenleg 50 évre) átmeneti tároló létesítményben, a KKÁT-ban helyezik el, amíg döntés születik az újrafeldolgozásáról vagy a végleges elhelyezéséről.

A KKÁT engedélyezett, 33 kamrát tartalmazó moduláris kamrás száraz tároló (MVDS) technológiával való kiépítése biztosítani tudja a Paksi Atomerőmű 50 (30+20) éves üzemideje alatt keletkező VVER-440 típusú kiégett fűtőelem kazettáinak átmeneti tárolását.

Az RHK Kft. – együttműködve a MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-vel – több szempont, így az új paksi blokkok üzembevételének figyelembevételével alternatívákat vizsgált a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása és a Paks II. Atomerőmű kiégett üzemanyagának kezelésére:

- Az első alternatíva a KKÁT jelenlegi MVDS technológiájának tárolókapacitás-növelése a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása többlet kiégett üzemanyag mennyisége számára. Ehhez a tároló nyugati, illetve a keleti oldalán egy-egy ötkamrás modul létesítését tételezték fel.
- A második alternatíva szerinti műszaki koncepció a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása többlet kiégett üzemanyag mennyiségének tárolására kettős célú fém vagy beton konténert vett figyelembe.

A hivatkozott vizsgálatok eredményeként 2025. novemberében döntés született arra vonatkozóan, hogy a Paksi Atomerőmű TÜH során keletkező kiégett fűtőelemkazetták átmeneti tárolását konténeres technológiára való átállással valósítják meg.

Technológiai szempontból ez azt jelenti, hogy a konténer, mint tárolási egység tárolásra történő előkészítése az erőművi rendszerekkel, az atomerőműben történik. Ezt követően a konténert zárt és hermetikusan szigetelt állapotában már csak át kell szállítani a KKÁT tárolási területére.

A konténeres technológiára való átállás lehetőségeinek vizsgálata során merült fel az egyik lehetséges szállító új, a paksi telephely adottságai szempontjából az eddig vizsgált konténeres technológiáknál is kedvezőbb átmeneti tárolási technológiája alkalmazásának lehetősége. A technológia alapja – a kiégett fűtőelemkazetták tárolásra történő előkészítését tekintve – azonos a vizsgált konténeres technológiákkal, azzal a különbséggel, hogy az átmeneti tárolás nem a földfelszínen, egy csarnokban, hanem a földfelszín alatt megépített, szellőztetett beton szerkezetben történik. A több mint 10 évvel ezelőtt kifejlesztett, megfelelő referencia létesítményekkel is rendelkező technológia a Holtec International HI-STORM UMAX nevű rendszere, amelynek ismertetését a *2.2.2.4 fejezet* tartalmazza.

Környezetvédelmi szempontból az új tárolási technológiára való átállás esetében a kiégett fűtőelem kazetták tárolásra történő szárításához kapcsolódó kibocsátások nem a KKÁT-ban, hanem az atomerőműben, a reaktorcsarnokban végzett műveletekhez kapcsolódnak. Ezek a kibocsátások a jelenlegi KKÁT technológia esetében is jelentősen a határérték alatt vannak, ami az új technológia esetében várhatóan, ha nem is jelentős mértékben, de ennél is kedvezőbbek lesznek. A kezelési műveletekre vonatkozóan elvégzett elemzések alapján megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű TÜH környezeti hatásvizsgálata keretében elvégzett – a lakosság sugárterhelésére vonatkozó elemzések és azok megállapításai – a Holtec HI-STORM UMAX technológia alkalmazása esetére is érvényesek. Mindezek tételes igazolását, hasonlóan az üzemanyag diverzifikációval kapcsolatban tett megfontolásokhoz, a nukleáris biztonsági engedélyezés megalapozásához szükséges elemzések elkészítése biztosítja majd.

A tervezett technológia a további 20 éves üzemidő során keletkező kiégett üzemanyag átmeneti tárolását a KKÁT jelenlegi területén belül biztosítja, így az átmeneti tárolás nem igényli további terület foglalását. A kiválasztott technológia további előnye, hogy a környezeti hatások alacsony értéken tartása mellett alternatívája lehet a Paks II. Atomerőmű terveiben jelenleg figyelembe vett földfelszíni, tárolócsarnokos konténeres tárolási technológiának is.

6. A felhagyás környezeti következményei (az atomerőmű leszerelése)

Az atomerőmű leszerelése a létesítmény fennállásának legutolsó fázisa, ami az villamosenergia-termelési folyamathoz szükséges üzemeltetési tevékenységek felhagyásával kezdődik meg. A leszerelés alatt a létesítmény részleges vagy teljes hatósági felügyeletének megszüntetése érdekében végrehajtott adminisztratív és műszaki intézkedéseket kell érteni.

A leszerelés célja az erőmű leszerelésre kijelölt részének elbontása, a telephely állapotának visszaállítása, amelybe beletartozik a létesítmény és a telephely radiológiai szennyeződésektől való mentesítése (vagyis dekontaminálása), a felépítmények elbontása, a kiépített infrastruktúrák felszámolása, a keletkező hulladékok elszállítása, valamint mindazon ellenőrző tevékenységek végrehajtása, amelyek igazolják a leszerelési tevékenységek engedélyezett tervek szerinti végrehajtását.

Az atomerőművek esetében követett általános gyakorlat szerint a Paksi Atomerőmű üzemidejének lejártát követő felhagyás, leszerelés tervezése már az erőmű üzemelésének részeként megkezdődött. A leszerelésre vonatkozó nukleáris biztonsági előírások alapján az üzemelés időszakában is vizsgálják és értékelik a leszerelés lehetséges megoldásait, hatásait. Ezeket az elemzéseket az erőmű üzemideje alatt rendszeresen, illetve a felszámolási tevékenység megkezdését megelőzően közvetlenül is aktualizálják.

Az atomerőmű felhagyásának tervezése, előkészítése és hatósági engedélyezése jogszabályok által részletesen szabályozott folyamat. Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény alapján az atomerőmű üzemen kívül helyezésével, leszerelésével kapcsolatos tevékenységek nukleáris biztonsági engedélyezése és ellenőrzése az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) hatáskörébe tartozik. A nukleáris biztonsági követelményekről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló – és a leszerelésre vonatkozó követelményeket is részletező – 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet alapján a leszereléshez az OAH engedélye szükséges.

Az atomerőmű engedélyese ún. Előzetes Leszerelési Tervet készít, amelyet az üzemeltetés időszakában folyamatosan aktualizál és tájékoztatás céljából minden felülvizsgálatot követően benyújt az OAH részére. A leszerelési terv 5 éves ciklusban kerül felülvizsgálatra az atomerőműben történt változások figyelembevétele és megfelelő követése érdekében. A felülvizsgálat részét képezi az aktuális tervváltozat alapján a környezetre gyakorolt hatások értékelése is. A KHT készítésének időpontjában a 2021. évi tervváltozat van érvényben, amely a tervezett további 20 éves üzemidő-hosszabbítással még nem számol. A leszerelési terv következő felülvizsgálatára 2026 második felében kerül sor. Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítására vonatkozó engedélyek megszerzését követően a leszerelési terv soron következő felülvizsgálatánál már figyelembe fogják venni a további 20 éves üzemidőt.

Az 1996. évi CXVI. törvény alapján a Kormány által kijelölt szerv, a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft. (RHK Kft.) gondoskodik a radioaktív hulladékok végleges elhelyezésével, a kiégett üzemanyag átmeneti tárolásával, a nukleárisüzemanyag-ciklus lezárásával kapcsolatos feladatok mellett a nukleáris létesítmények leszerelésével összefüggő feladatok elvégzéséről is. A leszerelés előkészítésének és végrehajtásának finanszírozása a hivatkozott törvény 62. §-a szerint elkülönített állami Központi Nukleáris Pénzügyi Alapból biztosított.

Az atomerőmű felhagyása (leszerelése) a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet alapján környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenység. Ezt a Paksi Atomerőmű 391-18/2017 ügyiratszámú, egységes szerkezetbe foglalt környezetvédelmi engedélyének II. 6.5. pontja is rögzíti: *„A tevékenység felhagyása (az erőmű leszerelése) önállóan hatásvizsgálat köteles tevékenység”*. Ennek megfelelően a leszerelési tevékenységre vonatkozóan környezeti hatástanulmányt kell készíteni és környezetvédelmi engedélyt kell szerezni az illetékes környezetvédelmi hatóságtól. A leszerelési tevékenységek, illetve azok várható hatásainak részletes elemzése, valamint a szükséges környezetvédelmi intézkedések meghatározása – beleértve a környezetállapot utóellenőrzésének módját a felhagyást követően – az atomerőmű felhagyására vonatkozó önálló környezeti hatásvizsgálatnak lesz a feladata, melyet a meghosszabbított üzemidő végén, a leszerelési folyamatot megelőzően kell elkészítenie és engedélyeztetnie a leszerelésért felelős szervezetnek.

6.1. A leszerelés szempontjából mértékadó jogszabályi előírások

Az atomerőmű leszerelésének engedélyezésére, hatósági felügyeletére, illetve végrehajtására vonatkozó legfontosabb nukleáris és környezetvédelmi jogszabályi előírások a következők:

- 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról:
  - Az atomerőmű üzemen kívül helyezésével, leszerelésével kapcsolatos tevékenységek nukleáris biztonsági engedélyezése és ellenőrzése az OAH hatáskörébe tartozik.
  - A leszereléssel összefüggő feladatok finanszírozása elkülönített állami pénzalapból, a Központi Nukleáris Pénzügyi Alapból történik, a leszerelés költségeit az atomerőmű az alapba történő befizetés útján köteles biztosítani.
  - A leszereléssel összefüggő feladatokat a Kormány által kijelölt szerv az RHK Kft. köteles elvégezni.
- 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről és 1-10. mellékletei a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (NBSZ):
  - Az atomerőmű leszereléshez az OAH engedélye szükséges (leszerelési engedély).
  - Az atomerőmű engedélyese az Előzetes Leszerelési Tervet az üzemeltetés időszakában tájékoztatás céljából minden egyes aktualizálást követően benyújtja az OAH részére.
  - Az atomerőmű megszüntetésének tervezésére és végrehajtására vonatkozó nukláris biztonsági követelményeket az NBSZ 8. kötete határozza meg.
- 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet:
  - A rendelet általános sugárvédelmi követelményeket határoz meg, amelyeket olyan tevékenységek esetén kell alkalmazni, melyek a nukleáris energia alkalmazásával vannak összefüggésben, vagy ahol ionizáló sugárzás lép fel.
- 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe kerülő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről:
  - A rendelet hatálya a leszerelési tevékenységekre is kiterjed a radioaktív anyagoknak a levegőbe és vízbe történő kibocsátására, illetve a levegő és a vízi környezet radioaktív szennyeződésének ellenőrzésére vonatkozóan.
- 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól:
  - A törvény 68. § (1) és (2) bekezdései alapján a Paksi Atomerőmű leszerelési tevékenysége egyértelműen a környezetre jelentős hatást gyakorló tevékenységnek minősül és így környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenység.
  - A 69. § (1) bekezdése alapján a környezeti hatásvizsgálat eredményeit környezeti hatástanulmányban kell bemutatni.
- 2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról:
  - Tekintettel a leszerelés alatt keletkező nagy mennyiségű inaktív hulladékra, a törvény előírásainak betartása kötelező, és a leszerelés alatt törekedni kell az adott műszaki és gazdasági követelmények között megvalósítható leghatékonyabb, illetve legkörnyezetkímélőbb hulladékkezelési megoldások alkalmazására.
- 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról:
  - A környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenységek körét a rendelet 1. számú melléklete határozza meg (az atomerőmű, atomreaktor felhagyása /méretmegkötés nélkül/ a 31. pontban szerepel).
  - A rendelet részletesen szabályozza a környezeti hatásvizsgálati eljárás folyamatát, tartalmát, továbbá a nemzetközi környezeti hatásvizsgálati eljárás menetét, a benyújtandó dokumentációk körét és azok tartalmát.
  - A környezeti hatástanulmány általános tartalmi követelményeitlamint a rendelet 6. számú melléklete határozza meg.

Az Európai Parlament és a Tanács 2011. december 13-án fogadta el a 2011/92/EU irányelvet, amely az egyes köz- és magánprojektek környezetre gyakorolt hatásainak vizsgálatát szabályozza. Az az irányelv azoknak a projekteknek a környezeti hatásvizsgálatára vonatkozik,

amelyek várhatóan jelentős hatást gyakorolnak a környezetre. Célja, hogy a tagállamok meghozzanak minden olyan intézkedést, amely ahhoz szükséges, hogy az engedély megadása előtt, többek között a jellegüknél, méretüknél vagy elhelyezkedésüknél fogva a környezetre várhatóan jelentős hatást gyakorló projektek engedélyezése kötelező legyen, és esetükben hatásvizsgálatot végezzenek.

Az irányelv 4. cikkének (1) bekezdése utal az I. mellékletre, amely felsorolja azokat a projekteket, amelyek esetében vizsgálatot kell végezni. Az I. melléklet 2. b) pontja nevesíti az atomerőművek leszerelését: *„atomerőművek és egyéb atomreaktorok, ideértve az ilyen erőművek és reaktorok leszerelését és üzemen kívül helyezését”*. Az irányelv útmutatást ad továbbá a hatásvizsgálat tartalmára és terjedelmére vonatkozóan is.

6.2. A leszerelés végrehajtása, tevékenységei

A KHT készítésének időpontjában érvényes, 2021-ben felülvizsgált Előzetes Leszerelési Terv alapján a jelenleg elfogadott leszerelési stratégia a primerkör 20 éves védett megőrzése. A Paksi Atomerőmű mind a négy blokkja leszerelésre kerül, a leállítások sorrendje megegyezik az üzembe helyezés sorrendjével. A blokkok leállításának várható időpontjai a tervezett 20 éves további üzemidő-hosszabbítást figyelembe véve a következők:

- 1. blokk: 2052. december 31.
- 2. blokk: 2054. december 31.
- 3. blokk: 2056. december 31.
- 4. blokk: 2057. december 31.

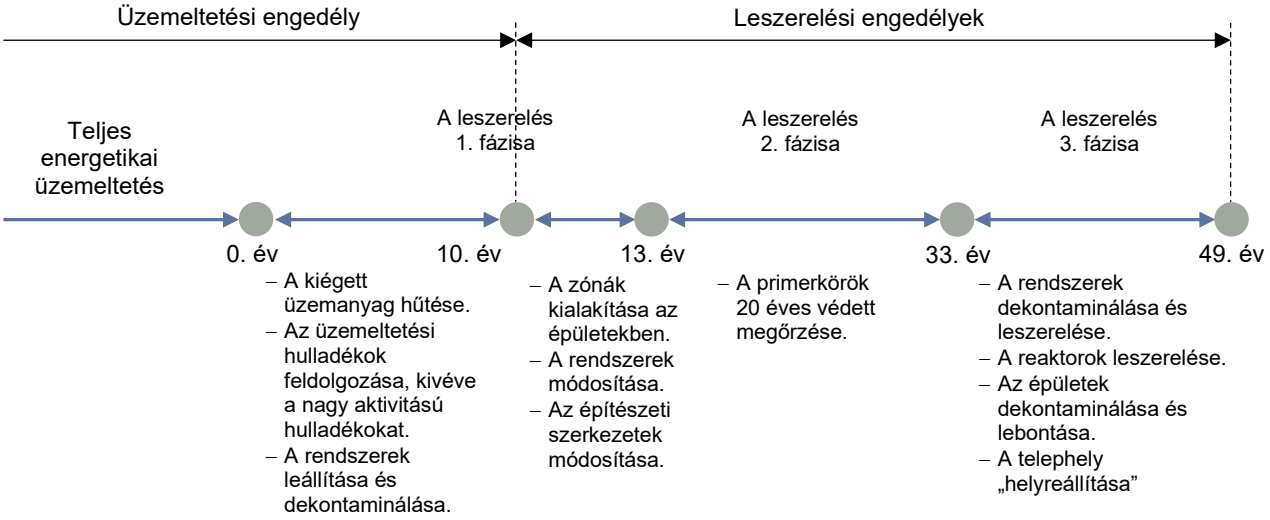
Az Előzetes Leszerelési Terv szerint a leszerelési munkák az alábbi három lényeges fázisra oszthatók:

1. fázis: A primerkör védett megőrzésének előkészítése.
2. fázis: A primerkör 20 éves védett megőrzése.
3. fázis: A primerköri technológiák és épületek leszerelése / lebontása.

A környezeti hatások szempontjából az 1. és a 3. fázisban végzett tevékenységek a meghatározók. A leszerelés folyamatának időbeni ütemezését és az egyes fázisokban elvégzésre kerülő tipikus tevékenységeket a *6.2-1. ábra* mutatja.

A leszerelés fázisaiban az alábbi tipikus tevékenységek kerülnek végrehajtásra:

- 1. fázis: A primerkör védett megőrzésének előkészítése:
  - zónákra osztás az épületekben – a szennyezett helyek kismértékű dekontaminálása, az ellenőrzött zóna újradefiniálása, a belépőhelyek számának csökkentése stb.,
  - a primerkör védett megőrzéséhez szükséges rendszerek módosítása,
  - az építészeti szerkezetek és rendszerek módosítása a primerkör védett megőrzés hosszú távú biztonságának biztosítása érdekében.
- 2. fázis: A primerkör 20 éves védett megőrzése.
- 3. fázis: A primerköri technológiák és épületek leszerelése / lebontása:
  - a leszerelés előkészítése,
  - az alacsony szennyezettségű vagy inaktív segédrendszerek leszerelése,
  - a primerköri rendszerek leszerelése,
  - a reaktorok leszerelése,
  - az építészeti szerkezetek dekontaminálása és sugárvédelmi ellenőrzése,
  - az építészeti szerkezetek lebontása, a telephely sugármentesítése és átadása.



6.2-1. ábra: Az atomerőmű leszerelésének időbeni ütemezése a primerkör 20 éves védett megőrzésének feltételezésével

Az első fázisban a keletkező radioaktív és inaktív anyagokat az üzemi hulladékok kezelésére létesített, meglévő rendszerekben kezelik. A második fázisban keletkező hulladékokat minimalizálják és összegyűjtik, a kezelésre csak a harmadik fázisban kerül sor. A harmadik fázis keretein belül a hulladékkezelő kapacitás kerül kiépítésre.

A kiégett üzemanyag és a radioaktív hulladék kezelésének nemzeti politikájáról szóló 21/2015. (V. 4.) OGY határozat szerint az engedélyesek a nukleáris létesítmények leszerelési tervének rendszeres felülvizsgálata és szükség szerinti aktualizálása által kötelesek biztosítani, hogy azok kövessék a nukleáris biztonsági hatósági követelmények változását és a technológia fejlődését. Ennek megfelelően a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításával kapcsolatos szempontok az Előzetes Leszerelési Terv, illetve a leszerelési politika következő felülvizsgálata során kerülnek majd figyelembevételre.

6.3. A leszerelés várható környezeti hatásainak áttekintése

A leszerelési terv alapján az atomerőmű leszerelésének legfontosabb munkafolyamatai az alábbiak:

- műszaki előkészítés (leszerelésre való felkészülés, leszerelési infrastruktúra kialakítása, beszerzés, üzemi közegek leeresztése, hulladékok kiszállítása),
- technológiai rendszerek leszerelése,
- épületek, szerkezeti elemek elbontása,
- hulladékkezelési tevékenységek (gyűjtés, szelektálás, tárolás, csomagolás, kiszállítás),
- radiológiai felmérések,
- kontaminált felületek, berendezések dekontaminálása,
- szállítási tevékenységek (telephelyre és telephelyről el),
- leszerelési infrastruktúra felszámolása, tereprendezés.

A leszerelés folyamatai tovább bonthatók, amely alapján elkészíthető a környezeti hatásmátrix és becsülhetők a várható környezeti hatások. A hatásmátrixban a tételesen felsorolt tevékenységekhez hozzá lehet rendelni az azonosított környezeti hatásokat, amely hasznos a hatások áttekintéséhez, de nem tekinthető a hatások átfogó és teljes körű rendszerezéseként, mivel a másodlagos és kapcsolt hatások elemzése további vizsgálatot igényel. Az atomerőmű leszereléséhez köthető környezeti hatások mátrixos áttekintése a *6.3-1. táblázatban* látható.

A leszerelés potenciális hatásai környezeti elemenként, illetve rendszerenként kerülnek áttekintésre az alábbiakban, azok rövid jellemzésével. Az egyes hatások esetén feltüntetésre kerül, hogy az adott környezeti elemre, rendszerre vonatkozóan hagyományos, vagy radiológiai hatásként jelenik-e meg az illető hatás, amelyek a leszerelésre vonatkozó környezeti

hatásvizsgálat keretében kerülnek majd részletesen meghatározásra. Az erőmű leszerelésének potenciális környezeti hatásai a következők szerint foglalhatók össze:

- Levegő: A leszereléssel együtt jár az épületek lebontása, a keletkező törmelék aprítása, a technológiai rendszerek és gépek szétszerelése stb. A leszereléssel együtt járó tevékenységek feltételezik nagyméretű és nehéz gépjárművek, munkagépek mozgását. A levegő minősége az elsődleges tényező, amelyet a leszerelési folyamat érint, figyelembe véve a régió meteorológiai jellemzőit is, mivel minden ilyen tevékenység radioaktív és inaktív gázok, aeroszolok és por kibocsátásával járhat. A nagyobb szennyezettségű berendezések darabolásánál feltételezett a nagyhatékonyságú mobil elszívó és szűrőberendezések alkalmazása, valamint a megfelelően átalakított üzemi rendszerek a szennyezett és nem szennyezett aeroszolok kikerülésének minimumra csökkentése céljából. A leszerelés időszakában a hagyományos (nem radioaktív) légszennyező anyagok környezetbe jutása két területről várható. Egyrészt üzemelni fognak olyan berendezések, amelyek az üzemelés időszakában is működtek. Ilyen lehet az üzemben maradó szükségáramforrásként üzemelő dízelgenerátor. Másrészt új légszennyező források lépnek üzembe. Ezek közül a legfontosabb a szállításból eredő kibocsátás, a különböző mobil berendezések motorjainak kibocsátása, az épületek bontásakor keletkező porszennyezés és a hulladékok helyszíni feldolgozásával kapcsolatosan fellépő por- és égéstermék kibocsátás. Összeségében hagyományos és radiológiai hatás várható, amelyek esetében, megfelelő – az alkalmazott eszközök folyamatos fejlődéséből eredően egyre környezetkímélőbb – technológia és adminisztratív előírások alkalmazásával biztosítható a vonatkozó környezetvédelmi határértékek és követelmények betartása.
- Felszíni és felszín alatti víz: A leszerelés folyamatának hatásai ezeket a környezeti rendszereket a telephely hidrológiai és hidrogeológiai jellemzőitől függően érintik. A leszerelés során a radioaktív hulladékvizek kibocsátása ellenőrző tartályokból történik. A folyékony radioaktív hulladék kategóriába főleg a leszerelés előtti, a leszerelést követő dekontaminálásból és az épületfelületek dekontaminálásából származó oldatok tartoznak, valamint a hulladékfeldolgozó technológiai rendszerekből származó kondenzátumok és mosóvizek. A hagyományos kibocsátások tekintetében a kommunális szennyvíz kibocsátás mellett technológiai szennyvíz kibocsátás nem valószínűsíthető, legfeljebb, ha szükséges, egyes gépek hűtővizei sorolhatók ide, ami minimális terhelést jelenthet. Az atomerőművi energiatermelés felhagyásával megszűnik a felmelegedett hűtővíz bevezetés okozta dunai hőterhelés, amely kedvező változást jelent. A fentiek alapján a felszíni és mélységi vizek lehetséges szennyeződéseit kell figyelembe venni, amelyet a kibocsátott és leoldott anyagok szennyező összetevői okozhatnak. A nem természetes eredetű felületek eltávolítása (az utak és épületek lebontása) módosítja a felszíni vizek lefolyását, a terület vízelvezetését és az elfolyó vizek talajvízbe történő beszivárgását. Összességében hagyományos és radiológiai hatás várható, amelyek esetében, megfelelő – az alkalmazott eszközök folyamatos fejlődéséből eredően egyre környezetkímélőbb – technológia és adminisztratív előírások alkalmazásával biztosítható a vonatkozó környezetvédelmi határértékek és követelmények betartása.
- Zaj: A leszerelés zajterhelésénél az üzemelő zajforrásokra, a leszereléshez szükséges felvonulási útvonalakra és területekre, a védendő objektumoktól való távolságára kell elsődlegesen figyelemmel lenni. Zajforrások a bontásnál alkalmazott munkagépek és berendezések (trailerek, markolók, törők, darabolók), a telephelyen belül és kívül mozgó teherszállító járművek (közút, vasút), a bontási munkákban résztvevő személyek szállításához alkalmazott járművek (közút). Összességében hagyományos hatás várható, amely esetében, megfelelő – az alkalmazott eszközök folyamatos fejlődéséből eredően egyre környezetkímélőbb – technológia és adminisztratív előírások alkalmazásával biztosítható a vonatkozó környezetvédelmi határértékek és követelmények betartása.
- Földterület és talaj: Az ide tartozó hatások fontossága változó a kiválasztott leszerelési stratégia függvényében. Az épületeket a kiválasztott stratégiának megfelelően le kell bontani. Ezt követően az ellenőrzött törmelékeket kiszállítják. A földterület változását a szintkiegyenlítés, a tömörítés és a föld alatti szerkezetek eltávolítása okozhatja. A bontás

során a levegőbe kerülő szennyezett részecskék kiülepedése érintheti a talaj minőségét, bár az így kialakuló szennyezett területek várhatóan a telephelyen belül maradnak. – Összességében hagyományos hatás várható, amely esetében, megfelelő – az alkalmazott eszközök folyamatos fejlődéséből eredően egyre környezetkímélőbb – technológia és adminisztratív előírások alkalmazásával biztosítható a vonatkozó környezetvédelmi határértékek és követelmények betartása.

- Élővilág, ökoszisztémák: A növényvilágot érintő hatásokat a munkák során felszabaduló por megjelenése és kiülepedése okozza a környező termőföldeken és a növények levelein. Az állatvilágot érintő hatásokat egyfelől a zajszint növekedése okozhatja (bizonyos fajok települési helyére, valamint annak viselkedésére vonatkozóan), másfelől szerepet kaphat másodlagos okként a növényvilág megváltozása is (pl. a táplálékul szolgáló növények eltűnése, vagy megjelenése esetén, vagy a búvóhelyek megváltozása következtében). A Duna hőterhelésének megszűnése az élővilág szempontjából is kedvező változást jelent. Összességében hagyományos hatás várható, amely esetében, megfelelő – az alkalmazott eszközök folyamatos fejlődéséből eredően egyre környezetkímélőbb – technológia és adminisztratív előírások alkalmazásával biztosítható a vonatkozó környezetvédelmi határértékek és követelmények betartása.
- Táj (tájkép): A leszereléskor figyelembe vehető módosulása, a kiválasztott leszerelési stratégiát követve vélhetően pozitív változáshoz vezet. A leszerelés, lebontás és felszámolás ténye befolyásolhatja a szabadidős és üdülési jellegű tájhasználatot, a turizmust, az idegenforgalom fejlődését, a terület ipari célú rendelkezésre állását, az ipari terület felhasználásában beálló változást, a felhasználatlan területet és az úthasználati jogokat. Mindez természetesen függ a telephelyen üzemelő egyéb létesítmények üzemidejétől és a tervezett leszerelés ütemezésétől. Összességében hagyományos hatás várható, amely esetében, megfelelő – az alkalmazott eszközök folyamatos fejlődéséből eredően egyre környezetkímélőbb – technológia és adminisztratív előírások alkalmazásával biztosítható a vonatkozó környezetvédelmi határértékek és követelmények betartása.
- Hulladékkeletkezés: A hulladékkezelés összefoglalóan magába foglalja a leszerelés során keletkező hulladékok szortírozásával, darabolásával, dekontaminálásával, feldolgozásával, minősítésével, csomagolásával, szállításával, ideiglenes tárolásával és végleges tárolásra történő elszállításával összefüggő összes tevékenységet.

  A leszerelési tevékenységek során a keletkező anyagok egy része felszabadítható, ezt követően újrafelhasználásra kerülhet, vagy nem radioaktív hulladékként lehet kezelni. A technológiai rendszerek leszereléséből, illetve az épületek / építmények bontásából származó inaktív hulladékok jellemzően a következők: beton, vasbeton, korrózióálló és egyéb acél, falazat, színesfém.

  A leszereléskor keletkező radioaktív hulladékok azok az anyagok, amelyeknek radiológiai tulajdonságai nem teszik lehetővé a környezetbe való kibocsátást, illetve a felszabadítást. Radioaktívan szennyeződött hulladékok lehetnek a reaktortartály és belső szerkezeti elemei, a technológiai rendszerek egyes elemei, a kémények felületéről eltávolított rétegek, valamint a kontaminálódott beton. A radioaktív hulladékoknál a végső cél a biztonságos szállítást, tárolást és végleges elhelyezést biztosító követelmények kielégítésének elérése. Az atomerőművek leszerelése során keletkező radioaktív hulladékok kezelésére számos módszer létezik. Az adott helyzetben a legmegfelelőbb technológia kiválasztását minden részletre kiterjedő elemzés előzi meg. A jelenlegi tervben szereplő hulladékkezelési, kondicionálási és elhelyezési megoldások a jelenlegi legjobb ismeretek alapján készültek, az atomerőmű leszerelésének időszakára azonban világviszonylatban meg fog sokszorozódni az a tapasztalat, ismeret és technológia, amely a hulladékkezeléssel kapcsolatos műveleteknek az elvégzését megkönnyíti. A hulladékkezelésben használt eszközök, eljárások felülvizsgálata a mindenkor elérhető legjobb tapasztalatokon kell, hogy alapuljon.

  A hulladékkezelés telephelyi befejező lépése a hulladékok elszállítása. Az elszállítás, aktivitásuktól függően elkülönítetten és különböző helyekre történhet:

- Inaktív hulladékok befogadói, ahova azok a hulladékok szállíthatók, amelyek eleve nem voltak szennyezettek, vagy dekontaminálták és felszabadították azokat:
  - hulladékhasznosítók, ahol a beszállított hulladékokat átalakítás nélkül felhasználják, mint pl. a megtört és osztályozott beton és téglatörmelék (helyszíni feldolgozás után),
  - hulladékkezelők, ahol a hulladékok módosításával, átalakításával értékes anyagokat állítanak elő, mint pl. öntödék,
  - kommunális lerakó, ahová a nem veszélyes, de nem hasznosítható hulladék kerülhet,
  - veszélyeshulladék-lerakó, a hulladékjegyzékről szóló 72/2013. (VIII. 27.) VM rendeletben veszélyes hulladékként megjelölt hulladékok részére.
- Radioaktív hulladékok befogadói:
  - a felszín alatti tároló, ahova konténerbe helyezett, végleges formára kondicionált kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékokat szállítanak,
  - mélygeológia tároló, ahova a felszín alatti tárolóban való elhelyezésre alkalmatlan, konténerbe helyezett, végleges formára kondicionált, nagy aktivitású radioaktív hulladékokat szállítanak.

A leszerelés társadalmi, szociológia és gazdasági hatásait illetően, amellett, hogy csak hagyományos hatások értelmezhetők, alapvetően meghatározó körülmény, hogy a Paksi Atomerőmű négy blokkjának leszereléséből eredő hatások nem függetleníthetők a két szomszédos nukleáris létesítmény, a Kiégett Kazetták Átmenti Tárolója, valamint az épülő két új erőműblokkok üzemeltetésétől és leszerelésétől. Mindezek részletes vizsgálatára, meghatározására és értékelésére a létesítmények leszerelési terveinek kidolgozása részeként kerül sor. Tekintettel arra, hogy a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása a meglévő erőművi technológia alkalmazásával, a meglévő épületek, építmények felhasználásával tervezett, a további üzemelés ezáltal előre láthatóan nem befolyásolja a leszerelés fentiek szerint várható környezeti hatásait.

Az Előzetes Leszerelési Terv a lehetséges havária, üzemzavari eseményeket is vizsgálja. Burkoló eseményekként a következők kerültek meghatározásra:

- folyékony radioaktív közeg szivárgás a primerkör részeiből a dekontaminálás folyamán,
- aeroszol képződés a primerkör leszerelése során szakszerűtlen munkavégzés következtében,
- berendezések leejtéséből eredő események.

A mértékadó események vizsgálati eredményei azt mutatják, hogy az ilyen események során a környezetbe jutó maximális radioaktív kibocsátások több nagyságrenddel az éves korlát alatt maradnak.

A leszerelés során várható kibocsátások ellenőrzésére és hatásainak felmérésére nyomon követési rendszer kerül alkalmazásra. A környezeti kibocsátások (levegőbe, talajba, vízbe, zajkibocsátás) nyomon követésének megtervezése az egyes munkafázisok, az alkalmazandó technológiák, berendezések ismeretében kerül elvégzésre. Ekkor kerül meghatározásra, hogy hol van szükség telephelyen belül vagy akár telephelyen kívül mérőpontok felállítására, az ellenőrzést milyen vizsgálati módszerek és milyen műszerek alkalmazásával kell megvalósítani.

A leszerelési terv készítése és rendszeres aktualizálásainak részeként elvégzett környezeti vizsgálatok eddigi eredményei alapján megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű leszerelése megvalósítható lesz a leszerelés idején hatályos környezetvédelmi előírások betartásával.

A Paksi Atomerőmű négy blokkjának leszerelése, a létesítmény részleges vagy teljes hatósági felügyeletének megszüntetése az üzemelő Kiégett Kazetták Átmenti Tárolója (KKÁT) létesítményre, valamint az épülő új erőműblokkokra vonatkozó leszerelési stratégia és tervek figyelembevételével valósul meg. A négy blokk leszerelésének konkrét meghatározása és megvalósítása, környezeti hatásainak értékelése, illetve a környezet állapotának a felhagyást követően szükséges utóellenőrzése módjának meghatározása, a tevékenységek nukleáris biztonsági és környezetvédelmi hatósági engedélyeztetése a fentiekben leírt folyamatok részeként biztosított.

6.3-1. táblázat: Az atomerőmű leszereléséhez köthető környezeti hatások azonosításának mátrixos reprezentációja

Leszerelési projekt tevékenységei	Hatásviselő környezeti elemek / rendszerek									
	Természetes környezeti elemek/rendszerek					Társadalmi, szociológiai, gazdasági rendszerek				
	Levegő	Víz	Földterület és talaj	Flóra és fauna	Táj	Földhasználat, terület-hasznosítás	Kultúra	Infrastruktúra	Emberi szempontok	Népesség és gazdaság
Ideiglenes tárolóhelyek létesítése és eszközök telepítése vagy létrehozása					H	H		H		
Üzemi rendszerek leürítése		H/R	H/R							
Üzemi folyadékok feldolgozása, csomagolása									H/R	H/R
Üzemi folyadékok elszállítása	H							H	H	H
Dekontaminálás	H/R	H/R							H/R	
Rendszerek, berendezések, létesítmények ellenőrzése és karbantartása								H/R	H/R	
Gépek felvonulása	H		H					H	H	
Munkaerő kiszolgálásához szükséges infrastruktúra kialakítása és fenntartása			H		H		H	H	H	H
Munkafeltételek biztosítása								H	H	H
Munkaerő kiszolgálása								H		H
Leszerelési infrastruktúra kialakítása és felszámolása	H		H	H		H		H		H
Kontaminálódott főberendezések leszerelése és szállítása	H/R			H				H	H	
Inaktív technológiai rendszerek és berendezések bontása és leszerelése	H	H	H							
Kontaminálódott épületszerkezetek eltávolítása	H/R		H/R			H/R				
Tömörtelenségre visszavezethető kontamináció eltávolítása az épületen belül	R								R	
Talajszint alatti kontaminálódott technológiai rendszerek eltávolítása	R	R	R						R	

Leszerelési projekt tevékenységei	Hatásviselő környezeti elemek / rendszerek									
	Természetes környezeti elemek/rendszerek					Társadalmi, szociológiai, gazdasági rendszerek				
	Levegő	Víz	Földterület és talaj	Flóra és fauna	Táj	Földhasználat, terület-hasznosítás	Kultúra	Infrastruktúra	Emberi szempontok	Népesség és gazdaság
Tömörtelenség miatt kontaminálódott szerkezetek és talaj kitermelése	R	R	R		R	R			R	
Hagyományos hulladékok szelektív eltávolítása						H		H	H	
Radioaktív hulladékok szelektív eltávolítása						R		R	R	
Hagyományos hulladékok feldolgozása	H	H	H		H	H		H	H	H
Radioaktív hulladékok feldolgozása								H/R	H/R	H
Hagyományos hulladékok helyszíni tárolása			H					H		
Radioaktív hulladékok helyszíni tárolása						H		H	R	
Inaktív építési törmelék felhasználása			H		H	H		H		H
Hagyományos hulladékok elszállítása	H		H	H				H	H	H
Radioaktív hulladékok elszállítása	H			H/R				H	H	
Veszélyes anyagok kezelése								H	H	
Baleset / havária – tűzesetek	H/R				H				H/R	H
Baleset / havária – szivárgások, bemosódások	H/R	H/R	H/R						H/R	
Baleset / havária – karbantartási hibák							H		H	
Baleset / havária – külső hatások által okozott szerkezeti károsodások	H/R	H/R	H/R			H		H	H/R	H

Jelmagyarázat: H – hagyományos környezeti hatások.
R – radiológiai hatások.

7. A környezeti hatások és területi kiterjedésük összegzése

7.1. Összesítő értékelés a végső hatásviselők szempontjából

Az atomerőmű további üzemelésének előkészítéséhez és a további üzemeléshez, üzemzavar, havária eseményeihez köthető tényleges környezeti hatótényezők, illetve az azokból eredő hatások becslése a *3.1. fejezetben* számításba vett potenciális hatótényezők és feltételezett hatások alapján történt.

A további üzemidő-hosszabbításhoz kötődően várható környezeti hatások vizsgálatának alapfeltételezése, hogy az erőműhöz kapcsolódó jelenlegi környezeti hatások, hatásfolyamatok lesznek a későbbiekben is meghatározók, ezért a jelenleg is fennálló hatótényezőkkel kell a továbbiakban is számolni, azok „működési" időtartama azonban a további üzemelés 20 éves időtartamával kitolódik.

Az elvégzett hatásbecslés során az egyes környezeti hatások minősítésére az *1.6.3. fejezetben* ismertetett kritériumok szerint került sor. A hatásterület az adott hatás kimutatható, vagy becsülhető területeként került meghatározásra.

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának előkészítéséhez és végrehajtásához kapcsolódó, az annak előkészítéséhez szükséges tevékenységekből, illetve a további működésből eredő és a feltételezett üzemzavarokhoz, havária eseményekhez köthető környezeti hatások értékelése és becsült hatásterületei táblázatos formában kerülnek bemutatásra. A *7.1-1. – 7.1-3. táblázatok* az egyes környezeti elemekre, rendszerekre vonatkozó hatótényezők szerinti bontásban adják meg a környezeti hatások területi kiterjedését a TÜH előkészítés, valamint a további üzemelés fázisára vonatkozóan, normál üzemállapotra és üzemzavar, illetve havária esetre vonatkozóan.

A Paksi Atomerőmű eddigi üzemelése során tapasztalt környezeti hatásokat tükröző adatok, illetve monitoring eredmények értékelésére jelentős mértékben támaszkodóan, valamint a TÜH előkészítésének keretében tervezett átalakítások várható hatásainak figyelembevételével elkészített KHT alapján elmondható, hogy nem azonosítható olyan kizáró környezet-, természet- és tájvédelmi ok, amely az atomerőmű tervezett további üzemidő-hosszabbítását lehetetlenné tenné.

7.1-1. táblázat: A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának előkészítéséből eredő környezeti hatások hatásterületeinek kiterjedése

Hatótényező / tevékenység	Hatások / hatásfolyamatok	Hatásviselő	Hatásterület	Hatás jellege
Levegőminőségre gyakorolt hatások				
Légszennyezőanyag-kibocsátás építési munkákból eredően	Levegőminőség változása	Környezeti levegő	A kibocsátások középpontjának (EOV Y: 635873,2 m; X: 136988,9 m) 1100 m sugarú körzetén belül: telepítési és üzemi területen, és telephelyen kívüli területen.	Állapotváltozás: terhelő Tartósság: középtávú Jelentőség: közepes jelentőségű
Felszíni vizekre gyakorolt hatások				
Duna medrét érintő építési tevékenység	Vízminőség változás	Vízi életközösségek	Építési munkálatokkal érintett meder terület	Állapotváltozás: elviselhető Tartósság: rövid távú Jelentőség: kis jelentőségű
Földtani közegre és felszín alatti vizekre gyakorolt hatások				
Területfeltöltés	Földtani közeg fizikai változása	Földtani közeg és felszín alatti víz	A feltöltéssel érintett terület tekinthető hatásterületnek.	Állapotváltozás: semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
Kotrás	Földtani közeg fizikai változása	Földtani közeg	A kotrással és a mederanyag elhelyezésével érintett terület tekinthető hatásterületnek.	Állapotváltozás: semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
Útépítés	Földtani közeg fizikai változása	Földtani közeg	Az építéssel érintett terület és 5 m-es pufferzónája tekinthető hatásterületnek	Állapotváltozás: semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
Élővilágra és ökoszisztémára gyakorolt hatások				
A létesítmény kivitelezése	Életfeltételek változása	Élővilág, életközösségek	Építési munkálatokkal érintett terület és közvetlen környezete	Állapotváltozás: terhelő Tartósság: rövid távú Jelentőség: közepes jelentőségű
Tájképre, tájhasználatra gyakorolt hatások				
A létesítmény (épületek, építmények) megjelenése	Tájhasználat korlátozás, tájképi zavarás	Környező lakosság	Építési munkálatokkal érintett terület és szűkebb környezete	Állapotváltozás: elviselhető Tartósság: rövid távú Jelentőség: kis jelentőségű

Hatótényező / tevékenység	Hatások / hatásfolyamatok	Hatásviselő	Hatásterület	Hatás jellege
Települési környezetre gyakorolt hatások				
A létesítmény (épületek, építmények) megjelenése	Település működésére gyakorolt hatások	Település, környező lakosság	Építési munkálatokkal és a szállítási útvonallal érintett terület és közvetlen környezete	Állapotváltozás: terhelő Tartósság: rövid távú Jelentőség: kis jelentőségű
Hulladékkeletkezés, -kezelés				
Nem veszélyes és veszélyes hulladékok keletkezése, építési területen belüli szállítása, rakodása	Területigénybevétel	Talaj	Az építési munkálatokkal érintett ingatlan telekhatárán belül	Állapotváltozás: elviselhető Tartósság: középtávú Jelentőség: kis jelentőségű
Zaj- és rezgésállapotra gyakorolt hatások				
Építési munkavégzésből eredő zajkibocsátás, kapcsolódó közúti szállításból eredő zajkibocsátás	Zavarás, életminőség romlás	Környező lakosság, élővilág	Az építési munkálatok ~400-600 m-es sugarú környezetét érintő területrész	Állapotváltozás: semleges Tartósság: rövidtávú Jelentőség: kis jelentőségű

7.1-2. táblázat: A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításából eredő környezeti hatások hatásterületeinek kiterjedése normál üzemállapot esetén

Hatótényező / tevékenység	Hatások / hatásfolyamatok	Hatásviselő	Hatásterület	Hatás jellege
Radiológiai hatások				
Ellenőrzött (légköri és folyékony) radionuklid kibocsátás	Lakosság sugárterhelése	Referenciaszemély	Paksi Atomerőmű biztonsági övezete	Állapotváltozás: semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
	Élővilág sugárterhelése	Referencia élőlény	Nincs	Állapotváltozás: semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
Hagyományos hatások				
Levegőminőségre gyakorolt hatások				
Légszennyezőanyag-kibocsátás a légszennyező pontforrások (dízelgenerátorok) üzemeléséből	Levegőminőség változása	Környezeti levegő	A kibocsátások (EOV Y 634982,6 m; X 136753,0 m) 690 m sugarú körzetén belül, a telephely és telephelyen kívüli területek	Állapotváltozás: terhelő Tartósság: rövidtávú Jelentőség: közepes jelentőségű
Légszennyezőanyag-kibocsátás a kapcsolódó közúti szállításokból	Levegőminőség változása	Környezeti levegő	Paksi Atomerőmű D-i bekötőút mentén az úttest szélétől 30 m-es távolságon belül, 6. sz. főút, D-i bekötőút és Paks-Kölesdi úti csomópont közötti szakasz mentén az úttest szélétől 20 m-es távolságon belül	Állapotváltozás: semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
Meteorológiai / klímára gyakorolt hatások				
Beépítettségből eredő léghőmérséklet növekedés	Éghajlati tényezőkre gyakorolt hatások (urbánhatás)	Légkör	Paksi Atomerőmű üzemi terület határa	Állapotváltozás: semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
Felmelegedett hűtővíz kibocsátása a Dunába	Duna vízhőmérséklet változás	Duna folyam, légkör	Nincs	Állapotváltozás: semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű

Hatótényező / tevékenység	Hatások / hatásfolyamatok	Hatásviselő	Hatásterület	Hatás jellege
Csúcshűtő rendszer hűtőcelláinak párakibocsátása	Éghajlati tényezőkre gyakorolt hatások	Légkör	Nincs	Állapotváltozás: semleges Tartósság: rövidtávú Jelentőség: kis jelentőségű
Felszíni vizekre gyakorolt hatások				
Ipari, kommunális tisztított szennyvíz és csapadékvíz kibocsátás	Melegvíz-csatornán a Dunába kibocsátott vizek vízkémiai jellemzőinek változása	Duna folyam	Nincs	Állapotváltozás: semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
	Vízminőség változás	Vízi életközösségek	Nincs	Állapotváltozás: semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
Felmelegedett hűtővíz kibocsátása a Dunába	Duna élőhelyi adottságainak változása (aljzat változása, áramlási viszonyok változása), közösség-szerkezet módosulása	Vízi életközösségek	17,3 km-re a kibocsátási ponttól, alvízi irányban	Állapotváltozás: terhelő Tartósság: hosszútávú Jelentőség: nagy jelentőségű
Hidegvíz-csatorna kotrásából származó mederanyag Dunában való elhelyezése	Duna élőhelyi adottságainak változása (alzat módosulása) Duna vízminőségi változása (lebegőanyag mennyiség növekedése, potenciális nehézfém terhelés) Közösségszerkezet módosulása	Vízi életközösségek	Duna folyásirányában Nagy-sarkantyúig, a bevezetés időszakában az Uszódi-mellékág alsó szelvényéig	Állapotváltozás: terhelő Tartósság: hosszútávú Jelentőség: nagy jelentőségű
Felszín alatti vizekre gyakorolt hatások				
Felmelegedett hűtővíz kibocsátása a Dunába	Talajvíz hőmérsékletének emelkedése	Gerjen észak távlativízbázis Foktő-Baraka üzemelő vízbázis Sekély porózus víztest	Nincs	Állapotváltozás: semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
	Ivóvíztermelés hatására bekövetkező vízszintcsökkenés	Csámpa-pusztai vízbázis Porózus víztest	Nincs	Állapotváltozás: semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű

Hatótényező / tevékenység	Hatások / hatásfolyamatok	Hatásviselő	Hatásterület	Hatás jellege
	Talajvíz hőmérsékletének emelkedése	Gerjen észak távlativízbázis Foktő-Baráka üzemelő vízbázis Sekély porózus víztest	Nincs	Állapotváltozás: semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
Élővilágra és ökoszisztémára gyakorolt hatások				
A létesítmény léte, működése (beleértve az egyéb környezeti elemekre vonatkozó hatótényezőket)	Életfeltételek változása	Élővilág, életközösségek	A telephely körüli 2,8-3 km sugarú területrész	Állapotváltozás: semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
Fénykibocsátás (térvilágítás)	Éjszakai aktivitású fajok életfeltételeinek változása	Élővilág, életközösségek	Nincs	Állapotváltozás: elviselhető Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
Tájképre, tájhasználatra gyakorolt hatások				
A létesítmény (épületek, építmények) léte	Tájhasználat korlátozás, tájképi zavarás	Környező lakosság	A telephely körüli 3-8 km sugarú területrész	Állapotváltozás: elviselhető Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
Települési környezetre gyakorolt hatások				
A létesítmény (épületek, építmények) léte, működése	Település működésére, fejlődésére gyakorolt hatások	Település, környező lakosság	Paks város belterületi részei (összefüggő, városias, ipari területrészek)	Állapotváltozás: semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
Hulladékkeletkezés, -kezelés				
Nem veszélyes és veszélyes hulladékok keletkezése, telephelyen belüli szállítása, rakodása	Területigénybevétel	Talaj	Paksi Atomerőmű üzemi terület határa (hulladékgyűjtő helyek, tárolók helyszíne, közvetlen környezete)	Állapotváltozás: elviselhető Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű
Zaj- és rezgésállapotra gyakorolt hatások				
Üzemi zajkibocsátás,	Zavarás, életminőség romlás	Környező lakosság, élővilág	A hatásterület egy ~2,3 km sugarú, a Paksi Atomerőmű középpontjától kelet-északkeleti irányba tolódott (EOV Y: 636453 m, X: 136977 m) középpontú körön belül alakul ki	Állapotváltozás: Uszódon terhelő, az üzemi területen belül terhelő, egyéb védendő övezetekben semleges Tartósság: hosszútávú

Hatótényező / tevékenység	Hatások / hatásfolyamatok	Hatásviselő	Hatásterület	Hatás jellege
				Jelentőség: közepes jelentőségű
Kapcsolódó közúti szállításból eredő zajkibocsátás	Zavarás, életminőség romlás	Környező lakosság, élővilág	A 6. sz. főút mentén Paks déli lakóterületei és Csámpa lakóterülete közötti kb. 3 km-es szakaszon, az út menti 50-400 m-es sávban	Állapotváltozás: összességében véve semleges, kezdetben Paks-Csámpa út mentén elviselhető, máshol semleges Tartósság: hosszútávú Jelentőség: kis jelentőségű

7.1-3. táblázat: A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításából eredő környezeti hatások hatásterületeinek kiterjedése feltételezett üzemzavar / havária esetén

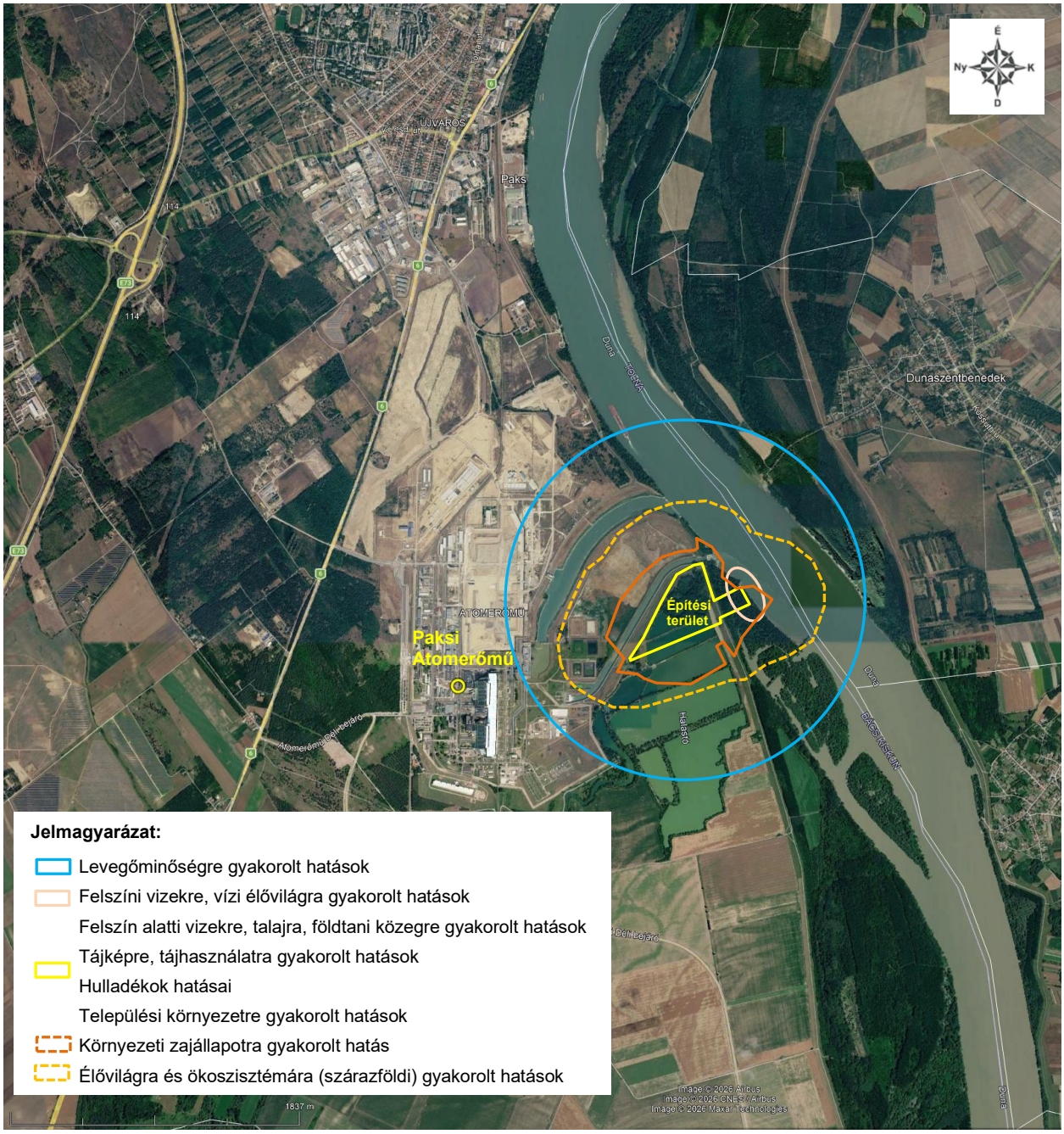
Hatótényező / tevékenység	Közvetlen hatások / hatásfolyamatok	Hatásviselő	Hatásterület	Közvetlen hatás jellege
Radiológiai hatások				
Ellenőrzött (légköri és folyékony) radionuklid kibocsátás	Lakosság sugárterhelése	Referenciaszemély	6 km sugarú kör a kibocsátási pont körül	Állapotváltozás: elviselhető Tartósság: rövidtávú Jelentőség: közepes jelentőségű
Hagyományos hatások				
Levegőminőségre gyakorolt hatások				
Légszennyezőanyag-kibocsátás „black-out” állapotban, több dízelgenerátor egyidejű üzemelése esetén	Levegőminőség változása	Környezeti levegő	A kibocsátások középpontjának (EOV Y: 634962,6 m; X: 136625,3 m) 1600 m sugarú körzetén belül: a telephely és a telephelyen kívüli területek.	Állapotváltozás: terhelő Tartósság: rövidtávú Jelentőség: közepes jelentőségű
Felszíni vizekre gyakorolt hatások				
Ipari, kommunális szennyvíz és szennyezett csapadékvíz kikerülés	Melegvíz-csatornán a Dunába kibocsátott vizek vízkémiai jellemzőinek változása	Duna folyam	Nincs	Állapotváltozás: semleges Tartósság: rövidtávú Jelentőség: kis jelentőségű
	Vízminőség változás	Vízi életközösségek	Nincs	Állapotváltozás: semleges Tartósság: rövidtávú Jelentőség: kis jelentőségű
Felszín alatti vizekre gyakorolt hatások				
Szennyezőanyag kikerülése	Lokális szennyezés	Felszín alatti vízi környezet (telephely)	Paksi Atomerőmű üzemi területén belül lokális	Állapotváltozás: elviselhető Tartósság: rövidtávú Jelentőség: kis jelentőségű
Talajra, földtani közegre gyakorolt hatások				
Szennyezőanyag, hulladék kikerülése	Lokális szennyezés	Talaj, földtani közeg a telephelyen	Paksi Atomerőmű üzemi területén belül lokális	Állapotváltozás: elviselhető Tartósság: rövidtávú Jelentőség: kis jelentőségű

Hatótényező / tevékenység	Közvetlen hatások / hatásfolyamatok	Hatásviselő	Hatásterület	Közvetlen hatás jellege
Élővilágra és ökoszisztémára gyakorolt hatások				
Szennyezőanyag kikerülése (levegőbe, vízbe, talajra)	Élővilág egyedeinek, élőhelyeinek károsodása	Élővilág, életközösségek	A telephely körüli 2,8-3 km sugarú területrész	Állapotváltozás: semleges Tartósság: rövidtávú Jelentőség: kis jelentőségű
Hulladékkeletkezés, -kezelés				
Nem tervezett fajtájú / mennyiségű hulladék keletkezése	Területigénybevétel	Talaj	Paksi Atomerőmű üzemi területén belül lokális	Állapotváltozás: semleges Tartósság: rövidtávú Jelentőség: kis jelentőségű
Zaj- és rezgésállapotra gyakorolt hatások				
Zajkibocsátás „black out” állapotban (erőművi zajforrások és több dízelgenerátor egyidejű üzemelése)	Zavarás, életminőség romlás	Környező lakosság, élővilág	3-4,8 km sugarú területrész az EOV Y: 635680 m, X: 136715 m középpont (meghatározó zajforrás) körül	Állapotváltozás: terhelő Tartósság: rövidtávú Jelentőség: kis jelentőségű

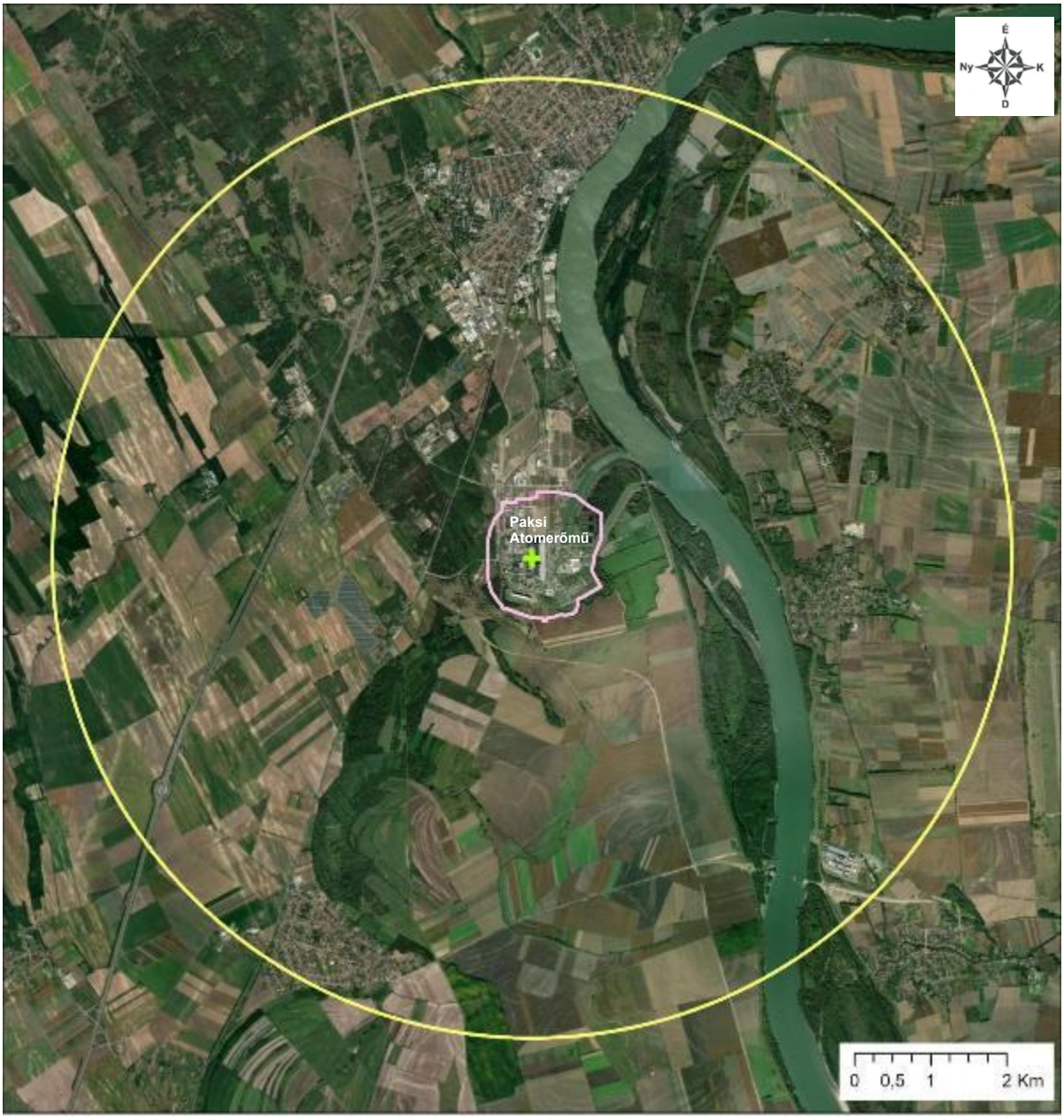
7.2. A hatásfolyamatok területi kiterjedése

Az egyes környezeti elemekre, rendszerekre vonatkozó hatásterületek térképi formában a *7.2-1. – 7.2-4. ábrákon* láthatók. A *7.2-1. ábra* TÜH előkészítéséből, a *7.2-2. – 7.2-4. ábrák* a TÜH időszaka alatti üzemelésből eredő környezeti hatások hatásterületeit mutatja. Az egyes környezeti elemekre, rendszerekre vonatkozó hatásterületek összesítésével meghatározható teljes hatásterületet a *7.2-5. ábra* mutatja, amely a *7.2-1. táblázatban* felsorolt településeket érinti.

A Paksi Atomerőmű tervezett további üzemidő-hosszabbításhoz köthető környezeti hatások teljes hatásterülete a telephely 6-17 km sugarú környezete, amely a tevékenységnek helyet adó Paks város közigazgatási területén túl 10 további település területét érinti.



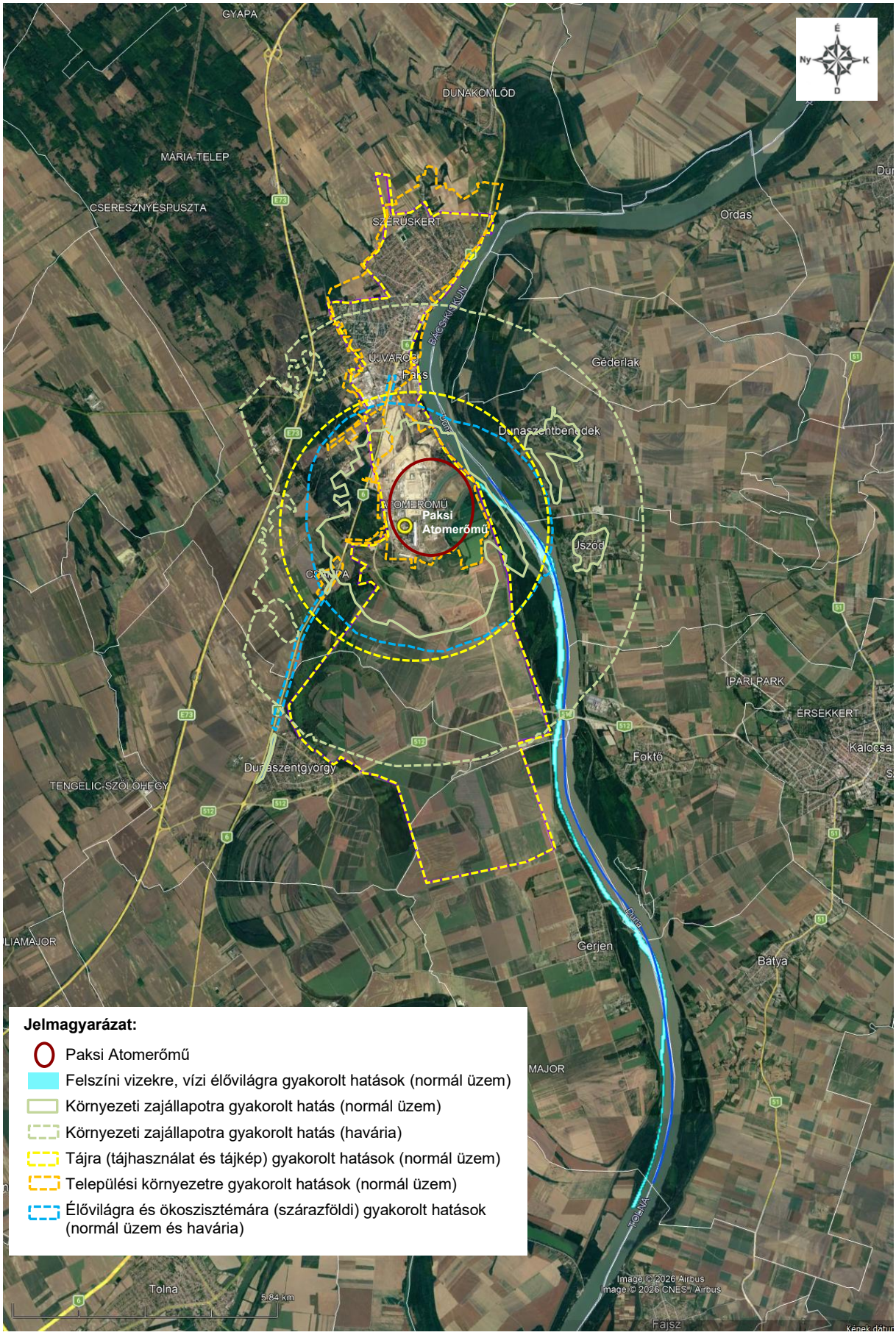
7.2-1. ábra: A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának előkészítéséből eredő környezeti hatások hatásterülete (hagyományos környezeti hatások)



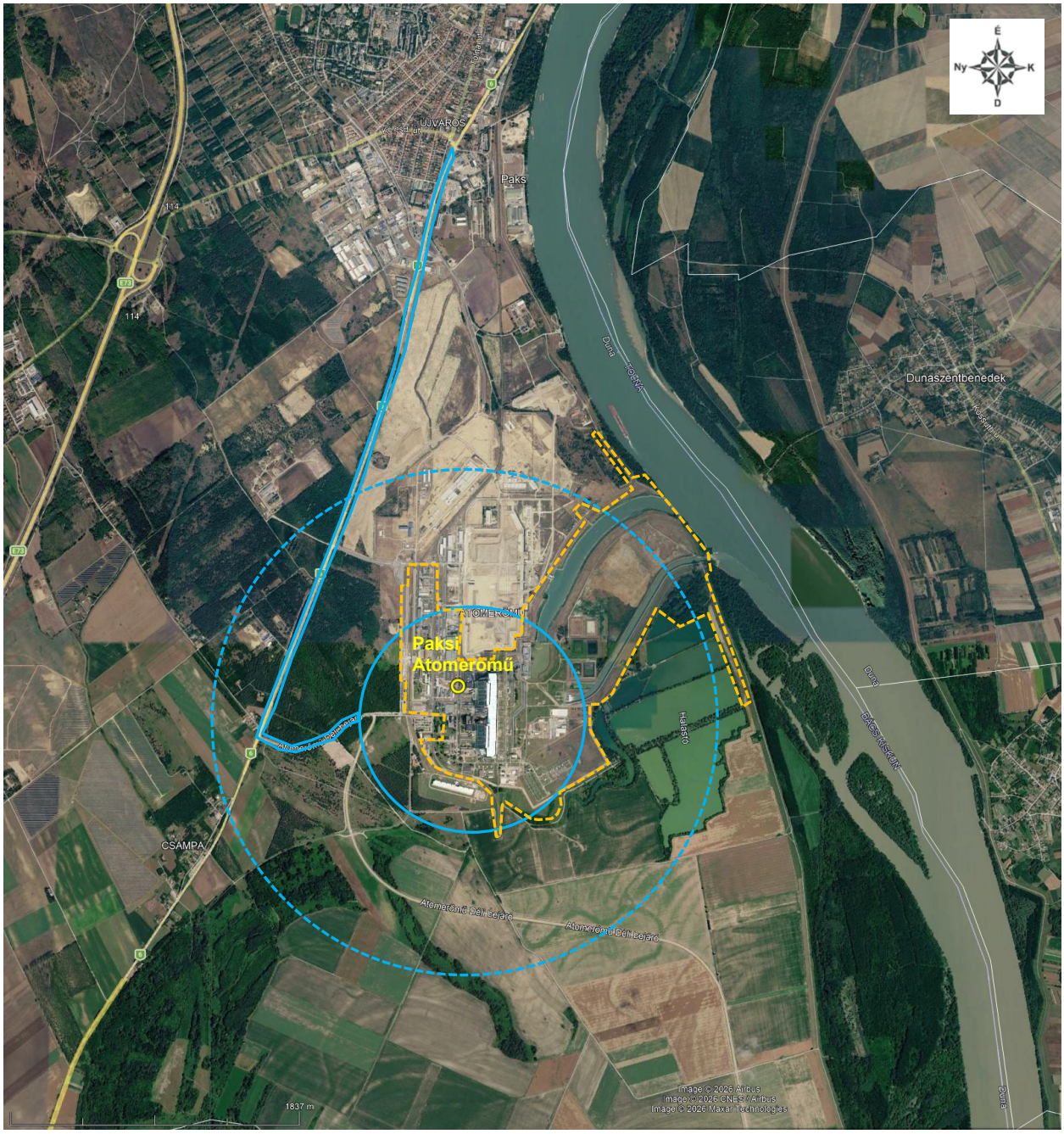
Jelmagyarázat:

- Paksi Atomerőmű
- Radiológiai hatások (normál üzem: az atomerőmű biztonsági övezete)
- Radiológiai hatások (üzemzavar: 6 km sugarú kör)

7.2-2. ábra: A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása időszakára becsült radiológiai hatások hatásterülete



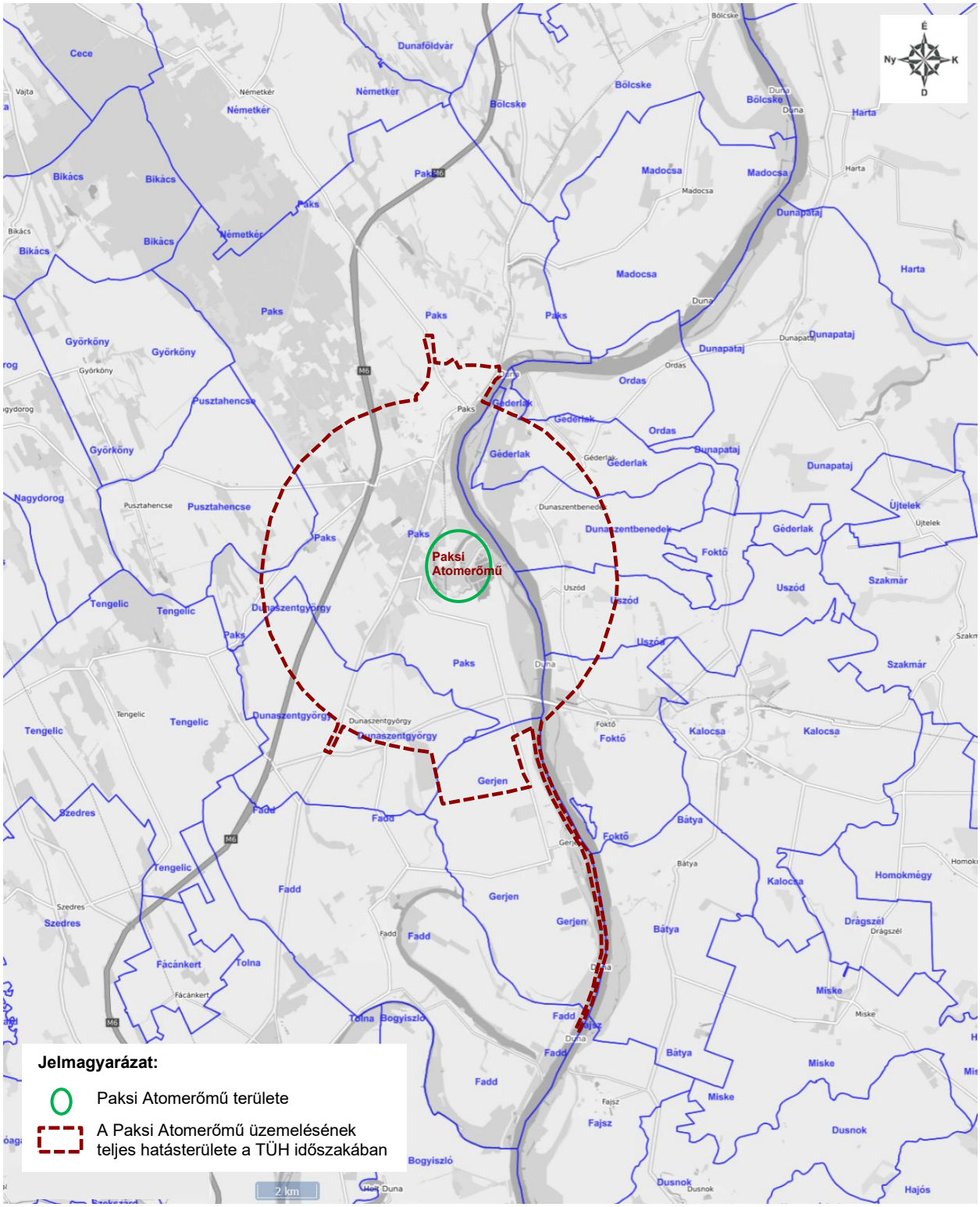
7.2-3. ábra: A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása időszakára becsült hagyományos környezeti hatások hatásterülete (felszíni vizek, táj, települési környezet, élővilág, zajkibocsátás)



Jelmagyarázat:

- Levegőminőségre gyakorolt hatások (normál üzem)
- Levegőminőségre gyakorolt hatások (havária)
- Felszín alatti vizekre, talajra, földtani közegre gyakorolt hatások (havária)
- Meteorológiai, klímára gyakorolt hatások (normál üzem)
- Nem radioaktív hulladékok hatásai (normál üzem és havária)

7.2-4. ábra: A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása időszakára becsült hagyományos környezeti hatások hatásterülete (levegőminőségre, felszín alatti vizekre, talajra, földtani közegre, meteorológiai, klímára gyakorolt hatások nem radioaktív hulladékok hatásai)



7.2-5. ábra: A Paksi Atomerőmű üzemeléséből eredő környezeti hatások teljes hatásterülete és a hatásterülettel érintett települések a további üzemidő-hosszabbítás időszakára vonatkozóan

7.2-1. táblázat: A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításából eredően várható környezeti hatások teljes hatásterületével érintett települések

Ssz.	Település	Rang	Járás	Terület [km^2]	Lakónépesség száma [fő]	Népsűrűség [fő/km^2]
Tolna vármegye						
1.	Dunaszentgyörgy	Község	Paksi	37,63	2 434	65
2.	Fadd	Nagyközség	Tolnai	67,54	4 012	59
3.	Gerjen	Község	Paksi	36,28	1 151	32
4.	***Paks***	***Város***	***Paksi***	***154,08***	***17 827***	***116***
5.	Pusztahencse	Község	Paksi	31,71	917	29
Bács-Kiskun vármegye						
6.	Bátya	Község	Kalocsai	33,86	1 830	54
7.	Dunaszentbenedek	Község	Kalocsai	23,24	714	31
8.	Foktő	Község	Kalocsai	31,46	1 409	45
9.	Géderlak	Község	Kalocsai	18,94	874	46
10.	Ordas	Község	Kalocsai	16,31	427	26
11.	Uszód	Község	Kalocsai	24,46	846	35

Forrás: KSH Népszámlálás 2022

8. Az országhatáron esetlegesen átterjedő környezeti hatások vizsgálata

8.1. Az országhatáron átterjedő hatások értékelésének szempontjai

8.1.1. A hatásvizsgálatra vonatkozó nemzetközi és hazai előírások

Az atomerőművek üzemeltetése az országhatáron átterjedő környezeti hatások vizsgálatáról szóló Espooi Egyezmény és az Európai Parlament és a Tanács 2014/52/EU (2014. április 16.) irányelvvel módosított, az egyes köz- és magánprojektek környezetre gyakorolt hatásainak vizsgálatáról szóló 2011/92/EU irányelve (2011. december 13.) hatálya alá tartozik. Az Espooi Egyezmény kötelező alkalmazását Magyarországon az országhatáron átterjedő környezeti hatások vizsgálatáról szóló, Espooban (Finnország), 1991. február 26. napján aláírt egyezmény kihirdetéséről szóló 148/1999. (X. 13.) Korm. rendelet írja elő.

Országhatáron átterjedő hatásnak kell tekinteni azt a hatást, amelynek jelentős, végleges változást vagy huzamos ideig fennálló állapotromlást okozó hatásterülete átterjed az országhatáron. Az Egyezmény hatálya alá tartozó tevékenységek esetében nemzetközi hatásvizsgálati eljárás lefolytatását a magukat érintettnek tekintő országok attól függetlenül kérhetik, hogy a hatásterület az elvégzett elemzések alapján kiterjed-e az adott országra, vagy sem.

Az Espooi Egyezmény hatálya alá tartozó tevékenységek esetében lefolytatni szükséges nemzetközi környezeti hatásvizsgálati eljárásra vonatkozó részletes szabályokat a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet határozza meg. A rendelet előírásai szerint a nemzetközi hatásvizsgálati eljáráshoz szükséges koordináció és az érdekelt felekkel való kapcsolattartás a környezetvédelemért felelős miniszter által vezetett minisztérium – az előzetes konzultáció során az Energiaügyi Minisztérium – feladata. Amennyiben a vizsgált tevékenységgel kapcsolatban az előzetes konzultáció során országhatáron átterjedő jelentős környezeti hatás bekövetkezése valószínűsíthető a környezetvédelmi hatóság – az előzetes konzultáció dokumentumainak megküldésével – tájékoztatja erről az illetékes Minisztériumot. A Minisztérium az előzetes konzultációs dokumentum angol nyelvű változatának megküldésével értesíti a külföldi feleket. Amennyiben az értesített fél az értesítésre adott válaszában bejelenti, hogy részt kíván venni a környezeti hatásvizsgálati eljárásban, akkor az eljárást a nemzetközi környezeti hatásvizsgálati eljárásra vonatkozó – a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendeletben előírt – szabályok szerint kell tovább folytatni, figyelembe véve a hatásviselő fél által tett észrevételeket.

Az előzetes konzultáció megindulásáról a BVMKH mint illetékes környezetvédelmi hatóság – az Előzetes konzultációs dokumentum angol nyelvű változata és a kérelem megküldésével – értesítette az Energiaügyi Minisztériumot. Az Energiaügyi Minisztérium 2024. október 30-án – a Paks II. Atomerőmű esetében lefolytatott nemzetközi hatásvizsgálati eljárás során értesített országok figyelembevételével – 31 külföldi felet értesített (a Magyarországgal szomszédos országok, az Európai Unió valamennyi tagállama, továbbá az Egyesült Királyság, Norvégia és Svájc).

Az előzetes konzultációs eljárás során az értesített országoktól 2025. január 22-ig érkeztek észrevételek, összesen 8 ország részéről érkezett visszajelzés. A hatásvizsgálati eljárásban való előzetes részvételi szándékát Ausztria, Lettország, Románia és Horvátország jelezte, Finnország, Lengyelország és Csehország tájékoztatást kért a környezeti hatásvizsgálat eredményéről.

A jogszabályi előírások szerint a Minisztérium az – előzetes konzultációt lezáró hatósági vélemény, valamint a külföldi felek részéről beérkezett észrevételek figyelembevételével elkészített – KHT közérthető összefoglaló a külföldi fél nyelvén vagy angol nyelven elkészített fordítása, valamint a külföldi felek részéről érkezett visszajelzések áttekintését és válaszait tartalmazó nemzetközi fejezet megküldésével tájékoztatja a külföldi feleket, és kezdeményezi az ennek alapján tartandó konzultációt. A külföldi felekkel való konzultáción kapott, valamint a külföldi fél nyilvánossága által adott észrevételeket a környezetvédelmi hatóság az érintett szakhatóságok bevonásával mérlegeli és figyelembe veszi az eljárásban hozott döntése során.

8.1.2. Az országhatáron átterjedés lehetősége szempontjából vizsgált környezeti hatások, üzemállapotok, események

A Paksi Atomerőmű TÜH KHT megalapozásaként elvégzett vizsgálatok és elemzések részeként – hatásfolyamatok és a területek érzékenysége alapján – valamennyi lehetséges hagyományos és radiológiai hatás esetében megtörtént az azonosított környezeti hatások országhatáron átterjedése lehetőségének vizsgálata, illetve a potenciálisan átterjedő hatások jelentőségének értékelése. Valamennyi hatótényező esetében megtörtént az országhatárt esetlegesen elérő hatások értékelése, a levegő minőségére, a felszíni és felszín alatt vizekre, a földtani közegre, az az élővilágra és az ökoszisztémára, a zaj- és rezgésállapotokra, valamint a környezeti sugárzási viszonyokra vonatkozóan.

Jelentős, országhatáron átterjedő hatás a Paksi Atomerőmű normál üzeme esetén a hagyományos hatások és a radiológiai – légnemű és folyékony kibocsátásokból eredő – hatások esetében nem volt azonosítható. Az atomerőmű országon belüli centrális elhelyezkedéséből, a legközelebbi országhatár több mint 60 km-es távolságából adódóan, jelentős, országhatáron átterjedő hatás a normál üzemtől eltérő haváriák és üzemzavarok esetében sem azonosítható.

Összhangban a hatásértékelések nukleáris létesítmények esetében követett nemzetközi gyakorlatával az országhatáron átterjedő hatások vizsgálataként nem csak az üzemzavari, hanem a nukleáris biztonsági követelmények szerint a tervezési alapon túli kategóriába tartozó, a magyar terminológia szerint balesetként kategorizált események hatásainak elemzése is megtörtént.

A nukleáris létesítményekre, és így az atomerőművekre vonatkozó, rendkívül szigorú nukleáris biztonsági követelmények betartása biztosítja, hogy baleset bekövetkezésére csak rendkívül kis valószínűséggel kell számítani. Ezt erősíti az a körülmény is, hogy az atomenergia eddigi alkalmazása során bekövetkezett balesetek elemzéseként olyan fejlesztéseket hajtottak végre, amelyek kiterjedtek mind a technológiára, mind a nukleáris létesítmények üzemeltetésére vonatkozó követelményekre. Ezek részeként a Paksi Atomerőmű esetében számos fejlesztést, biztonság növelő intézkedést valósítottak meg, amelynek következményeként az 1980-as években üzembehelyezett négy blokkos atomerőmű ma is megfelel a korszerű nemzetközi szabályzással összhangban lévő nukleáris biztonsági követelményeknek. A hatósági követelmények időszakos korszerűsítése, és az azoknak való megfelelés kötelezettsége biztosítja azt, hogy a biztonsági követelmények teljesítése a TÜH időszakában hatályos követelményeknek is megfeleltethető, teljesíthető lesz. A követelmények betartása mellett biztosított, hogy a lakosság sugárterhelése az előírt kritériumok alatt maradjon a normál üzem és az attól eltérő várható üzemi állapotokban vagy tervezési üzemzavarok során.

A tervezési alap kiterjesztésére, a balesetek elemzésére vonatkozó jogszabályi előírások – eltérően a normál üzemre és a tervezési üzemzavarokra vonatkozóktól – nem határoznak meg dóziskorlátokat. Szükséges esetben a lakosság sugárterhelésének csökkentése érdekében védelmi intézkedések bevezetését írják elő. A tervezési alap kiterjesztésére vonatkozó előírások elsődleges célja ennek megfelelően, hogy a kis valószínűségű, de súlyos következményekkel járó események esetleges bekövetkezésére is megfelelően felkészültek legyenek az atomerőmű üzemeltetői és az azok kezelésében közreműködő szervezetek, hatóságok.

A balesetek országhatáron átterjedő lehetséges hatásainak bemutatása céljából – a normál üzem és a tervezési üzemzavarok hatásainak bemutatása mellett – elemzések készültek a kibocsátás szempontjából jelentős következményeket eredményező tervezési alapon túli üzemállapotokra is.

8.2. Hagyományos és az élővilág sugárterhelésére vonatkozó környezeti hatások

A Paksi Atomerőmű TÜH KHT megalapozásaként elvégzett elemzések és hatásvizsgálatok a hagyományos és az élővilág sugárterhelésére vonatkozó hatások terjedelmében nem azonosítottak jelentős, országhatáron átterjedő hatást. A hatások kiterjedésére vonatkozó információk a következők szerint összegezhetők:

- **A levegőminőségre gyakorolt hatások** esetében a légszennyező anyagokra vonatkozóan a hatásterületek az atomerőművi telephelyen és annak közvetlen környezetét érintik. Az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódó szállítások vonatkozásában Paks és Dunaszentgyörgy között a 6. sz. főút közvetlen környezetében jelentkeznek a környezeti hatások. A vizsgálati eredmények is igazolták, hogy az országhatárt megközelítő hatás nem azonosítható függetlenül attól, hogy csak a Paksi Atomerőmű meglévő négy blokkja vagy a Paks II. Atomerőmű épülő két új blokkjának hatása is figyelembevételre kerül.
- **A felszín alatti vizekre gyakorolt hatások** esetében a partiszűrésű-, az országos törzshálózati- és a Paksi Atomerőmű telephelyi monitoring mérési, valamint a regionális és lokális hidrodinamikai és hőtranszport modellek eredményei alapján megállapítható, hogy országhatáron átterjedő környezeti hatás nem azonosítható. Mind a Paksi Atomerőmű önálló, mind a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelése esetén okozott hatások lokálisak.
- **A zaj- és rezgésállapotra gyakorolt hatások** esetében a Paksi Atomerőmű önálló, illetve a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes zajkibocsátásából eredően országhatáron átterjedő környezeti hatással nem kell számolni, mert a hatásterület határa az atomerőmű néhány km-es környezetére lokalizálódik.
- **Az élővilágra és ökoszisztémára gyakorolt hatások** részeként mivel a vizsgált szárazföldi élőhelyek és élőlénycsoportok tekintetében az atomerőmű 3 és 10 km-es körzetében sem lehetett negatív hatást kimutatni, így távolabb – az országhatáron átterjedően – sem kell ilyen hatást feltételezni.
- **Az élővilág sugárterhelése** értékelésének részeként áttekintett korábbi, rendelkezésre álló eredmények, valamit az elvégzett legfrissebb mérések is azt igazolták, hogy az atomerőmű közvetlen környezetében is csak elhanyagolható aktivitáskoncentrációk voltak mérhetők. A környezetbe kerülő radioaktivitás a távolsággal jelentős mértékben hígul, ezért nagyobb távolságokon még inkább elhanyagolhatóvá válik az atomerőmű élővilágra gyakorolt sugárterhelése. Az élővilág sugárterhelése tekintetében ezért nem kell országhatáron átterjedő hatással számolni, függetlenül a Paksi Atomerőmű önálló üzemétől vagy hat blokk (a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű) együttes üzemétől.

8.3. A további üzemidő-hosszabbítása alatt várható dunai hőterhelés hatásai

Az országhatáron átterjedő hatások számszerűsítése több lépésből álló, egymásra épülő modellezési módszertannal történt, amely a jelenlegi állapot vizsgálata mellett a jövőbeli viszonyok előrejelzésére is lehetőséget adott. A vizsgálatok során a Duna teljes vízgyűjtőjére két éghajlati forgatókönyv (RCP4.5 és RCP8.5) alapján készültek előrejelzések. Mindkét forgatókönyv esetében 14-14 releváns globális és regionális klímamodell eredményei lettek figyelembe véve, így a jövőbeli meteorológiai viszonyok alakulását több modell együttes értékelése alapján lehetett megbecsülni.

A klímamodellek eredményeire építve egy vízgyűjtőléptékű hidrológiai modell került felállításra a Duna teljes vízrendszerére. A modell kalibrálása és ellenőrzése mintegy 30 évnyi nemzetközi hidrológiai adat felhasználásával, részvízgyűjtő-specifikusan történt, amely biztosította, hogy a számítások megbízhatóan tükrözzék a Duna vízjárásának jellegzetességeit. A modell segítségével előrejelzés készült arra vonatkozóan, hogy a klímaváltozás hatására hogyan módosulhat a Duna vízhozama a paksi szelvényben. A hidrológiai számítások eredményei alapul szolgáltak a további vizsgálatokhoz, különösen a vízhőmérséklet és a hőterhelés modellezéséhez.

A vízhozam-adatok és a meteorológiai feltételek figyelembevételével a Duna vízhőmérséklete jövőbeli alakulásának modellezése is elkészült. Ehhez egy olyan hőmérsékleti modell került alkalmazásra, amely több évtizedes mérési idősor alapján lett kalibrálva. A hidrológiai és hőmérsékleti modellek eredményei alapján meghatározhatók voltak azok a hidrológiai szempontból mértékadó állapotok, amelyek az erőművek működése és a befogadó folyó szempontjából különösen fontosak. Ezek közé tartozik a középvízi állapot, valamint a biológiai

szempontból kritikus kisvízi állapot. A hidrológiai állapotokhoz részletes háromdimenziós hidrodinamikai és termodinamikai modellezéssel kerültek hozzárendelésre azok a dunai vízhőmérsékletek, amelyek mellett az erőművek hűtővíz-kibocsátása még nem igényel visszaterhelést, vagyis a hatósági hőmérsékleti határértékek túllépése még nem történik meg.

Az országhatáron átterjedő hatások részletes vizsgálatához egy mélységátlagolt, kétdimenziós (2D) hidrodinamikai modell került felépítésre a Duna érintett szakaszára. A hidrodinamikai modell kalibrálása vízszintrögzítések alapján történt, külön a kisvízi és a középvízi állapotokra. A keveredési és hőtranszport-folyamatok modellezéséhez távérzékelt vízhőmérsékleti adatok is felhasználásra kerültek. Ez lehetővé tette a modell számára, hogy a hőcsóva terjedését és a vízhőmérséklet térbeli változását valósághűen írja le.

A modellel nemcsak a jelenlegi hidrológiai és hőmérsékleti viszonyok lettek vizsgálva, hanem a jövőbeli állapotok is szimulálhatók voltak. Ezekben a számításokban figyelembevételre kerültek a klímaváltozás hatásai, például a kisvizes vízhozamok várható csökkenése, amely a jelenlegi körülbelül 910 m^3/s értékről mintegy 790 m^3/s-re csökkenhet. Emellett külön vizsgálatra került a Paks II. Atomerőmű üzembe lépésének hatása is, azaz az állapot, amikor a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű egyidejűleg működik.

A modellezés során a víz és a levegő közötti hőcsere folyamata is figyelembevételre került, amely különösen a magas vízhőmérsékletű állapotokban számottevő. Ez a folyamat a folyó mentén lefelé haladva a víz fokozatos lehűlését eredményezi, ami mérsékli a hőcsóva hatását.

A kétdimenziós hidrodinamikai modell segítségével a felmelegedett hűtővíz által létrehozott hőcsóva hosszmenti terjedésének részletes vizsgálatára is sor került. A számítások szerint a felmelegedett víz keresztirányú elkeveredése a Duna teljes keresztmetszetében körülbelül 70 folyamkilométer alatt válik közel teljessé. A jelenlegi állapotban a paksi hőbevitel az országhatárnál középvízi állapot esetén körülbelül 0,4°C-os, kisvízi állapot esetén pedig mintegy 0,9°C-os vízhőmérséklet-emelkedést okoz. A jövőbeli állapotban, amikor a jelenlegi paksi blokkok és Paks II. egyidejűleg működnek, ez a hatás közel kétszeresére növekedhet, középvíznél körülbelül 0,7°C, kisvízi állapotban pedig 1,8°C hőmérsékletemelkedés alakulhat ki az országhatárnál.

A Paksi Atomerőmű felmelegedett hűtővízkibocsátása országhatáron átterjedő potenciális hatásainak értékelése a további üzemidő-hosszabbítás időszakára vonatkozóan a 2000-2023 közötti archív kémiai, és biológiai adatok, továbbá a 2024-ben és 2025-ben elvégzett felmérések adatainak elemzése és értékelése alapján történt. A klímaváltozás, illetve a különböző erőművi üzemállapotokhoz tartozó hosszútávú hatások ökológiai értelmezéséhez, a hatásterület meghatározásához a különböző klímaszcenáriókra elkészített hidrológiai és hőterhelési modellek megfelelő háttérinformációt biztosítottak.

A melegvíz-csatornából az 1526,2. folyamkilométernél a Duna jobb partján visszavezetett felmelegedett hűtővíz és az ezzel együtt visszavezetett tisztított, nem radioaktív technológiai és kommunális szennyvizek kimutathatóan hidromorfológiai változásokat, valamint a vízhőmérséklet emelkedését és további lokális vízminőségi változásokat okoznak a Duna vizében.

Az ökológiai szempontú, víztestszintű és kis felbontású elemzések azt igazolták, hogy a kibocsátott hűtővíz hőmérsékletemelkedése és a hidromorfológiai változások okozta hatások kimutathatók a közösség szerkezetében. Ugyanakkor a kibocsátás során az egyes kémiai komponensek kimutatott kismértékű változásai nem okoznak kimutatható hatást az akvatikus szervezetek ökológiai struktúrájában. A jelenlegi és a további üzemidő-hosszabbítás időszakában a tényleges környezeti hatótényezők ezek alapján a vízkivétel hidromorfológiai hatása, a felmelegedett hűtővíz kibocsátásának hőterhelése, valamint a felmelegedett hűtővíz kibocsátásának hidromorfológiai hatása. Ezek közül a legjelentősebb hatású a kibocsátás hőterhelése. Az ökológiai vizsgálatok azt is igazolták, hogy a vizsgált élőlénycsoportok közül a tényleges hatásviselők a bentikus kovaalgák (fitobenton), a makroszkópikus vízi gerinctelenek (makrozoobenton), valamint a halak, míg a planktonikus élőlények (fitoplankton, zooplankton) ökológiai struktúrájában a kibocsátás nem okoz kimutatható változást, így azok nem tekinthetők hatásviselőknek. Az inputadatok alapján elvégzett ökológiai értékelés alapján megállapítható, hogy a legerősebb hatással és legnagyobb hatásterülettel a további üzemidő-hosszabbítás

időszakában a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelése időszakában lehet számolni.

A kis felbontású ökológiai elemzések eredményei azt jelezték, hogy a kibocsátás okán létrejövő hőmérsékletemelkedés azonnali, rövid távú hatásként $t_{max} \geq 36°C$-os alvízi hőmérséklettől a halak elkerülését okozza a kibocsátás környékén. A 2060-as időpontra és kisvízi (790 m^3/s) állapotra meghatározott hidrológiai modelleredmény alapján ezen terület kiterjedése nem haladja meg a 200 m-t alvízi irányban a Duna jobbparti, a hőcsőva által érintett területén.

Ezzel együtt megállapítható volt az is, hogy a hatásviselő élőlényközösségek szerkezetének módosulását a hőterhelés hosszabb időtávon jelentkező folyamatos expozíciója okozza egyfajta tartós hatásként, és ez jelenti a legnagyobb területi kiterjedésű hatást is. Az elemzések alapján kimutatható volt, hogy a $\Delta t = +1\text{-}2°C$ hőmérséklettöbbletig a közösségek szerkezete a felvízi referencia-állapothoz hasonló marad, vagyis nem mutatható ki a hatásviselő csoportokban közvetlen hatás. Ez az eredmény összevág a gyakorlati tapasztalatokkal is, hiszen ilyen mértékű hőmérséklet-különbségek természetes okok miatt is kialakulhatnak a dunai környezetben. A közösségszerkezet kimutatható változása +2-3°C közötti tartós hőmérséklet-különbségnél indul el, illetve válik kimutathatóvá. A hatásviselő szervezetek szempontjából meghatározott kimutatási határérték $\Delta t \geq 2{,}5°C$-nak adódott.

A hidrológiai modellek alapján megállapítható volt, hogy a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelése során a 2060-ra kalkulált kisvízi állapotra meghatározott – legnagyobb – hatásterület kiterjedése nem haladja meg a kibocsátási ponttól a 18 km-t alvízi irányban. Ezek alapján egyértelműen megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű dunai kibocsátása egyetlen biológiai elem vonatkozásában sem okoz országhatáron átterjedő hatást.

8.4. A további üzemidő-hosszabbítása alatt várható radiológiai hatások

8.4.1. Értékelési módszer, kiinduló adatok

A radiológiai hatások értékelése során közvetlen és közvetett radiológiai hatásokat lehet megkülönböztetni. A közvetlen radiológiai hatások az atomerőmű üzemeléséből származóan közvetlenül, külső sugárterhelésként érik a lakosság tagjait, mint például a friss és kiégett fűtőelemek, radioaktív hulladékok szállítása vagy a telephely területén, felületükön radionuklidot tartalmazó eszközök, sugárforrások mozgatása. A közvetett radiológiai hatások az atomerőmű légnemű és folyékony kibocsátásaiból származó hatások.

A Paksi Atomerőmű üzemeltetéséhez kapcsolódó közvetlen (direkt szórt sugárzásból adódó) hatás már az erőmű környezetében is igen alacsony, az országhatáron túli hatás nem kimutatható. Az országhatáron potenciálisan átterjedő radiológiai hatások értékelése így a közvetett hatások vizsgálatára, annak részeként a radioaktív kibocsátásokból eredő sugárzási viszonyok és a lakossági dózisok meghatározására terjed ki.

Az országhatáron átterjedő radiológiai hatások értékelése a korábban rendelkezésre álló elemzések felülvizsgálata mellett új elemzések alapján is megtörtént, az elérhető legfrissebb adatok felhasználásával és a rendelkezésre álló adatok figyelembevételével. Megtörtént annak értékelése is, hogy a TÜH során esetlegesen változó jellemzők (pl. a meteorológiai-hidrológiai adatok vagy a helyi lakosságra jellemző életviteli és fogyasztási szokások) módosulása milyen változásokat eredményezhetnek az országhatáron átterjedő radiológiai hatások szempontjából. Az atomerőmű további üzemeltetéséhez köthető országhatáron átterjedő radiológiai hatások értékelése a normál üzemi légnemű és folyékony kibocsátások, valamint a tervezési üzemzavarok és súlyos balesetek potenciális légnemű kibocsátásai alapján történt.

A környezetben kialakuló sugárzási viszonyok és a lakossági dózisok meghatározásához alkalmazott modellek bemeneti adatai a kibocsátási forrástag, a meteorológiai-hidrológiai állapot jellemzői, valamint a lakosság életviteli és fogyasztási adatai voltak. Minden üzemállapotra nézve meghatározásra került az alkalmazandó elemzőeszköz, a kibocsátási forrástagok és a kibocsátás körülményei, az alkalmazandó input adatok a meteorológiához és hidrológiához, illetve a lakossági életviteli, fogyasztási szokásokhoz. Azonosításra kerültek a figyelembe veendő sugárterhelési útvonalak, a receptorpontok és a meghatározandó dózismennyiségek.

Közvetlenül a Dunába való folyékony kibocsátás csak normál üzem esetén fordulhat elő. Tervezési üzemzavarok közé tartozik a folyékony radioaktív hulladékrendszer szivárgása vagy hibája, valamint a folyadéktárolóból történő feltételezett kibocsátás, azonban ezekben az esetekben a szivárgás az erőmű egy helyiségébe történik, onnan párolgással és a szellőzőrendszereken keresztül kerülhet légnemű radioaktív anyag a környezetbe (amelynek aktivitása a vizsgált légköri kibocsátásoknál több nagyságrenddel alacsonyabb), vagyis folyékony kibocsátás a Dunába nem következhet be ezekben az esetekben.

A tervezési üzemzavarok és súlyos balesetek esetében a vízi terjedés országhatáron átterjedő hatásainak elemzése annak feltételezésével készült, hogy a kibocsátási eseteknél légnemű kibocsátás során a levegőbe kerülő teljes aktivitás közel 20%-a kimosódik a Dunába (kivéve a nemesgázokat).

A tervezési üzemzavarok és súlyos baleseti számítások között csupán a felhasznált forrástagban és a kibocsátás jellemzőiben van eltérés. A súlyos balesetek elemzése két olyan esetre készült, amelyek jelentős környezeti kibocsátással járnak, valamint az előfordulási gyakoriság és az esemény lefolyásának gyorsasága szempontjából jellemző eseteknek tekinthetők. Az egyik súlyos baleseti esetben közvetlen környezeti kibocsátás a reaktorcsarnok sérült falán keresztül történik, így az elemzések 40 m-es effektív kibocsátási magassággal készültek. A másik súlyos baleseti esetben a kibocsátás a szellőzőkéményen keresztül történik, így az arra vonatkozó elemzések 120 m-es effektív kibocsátási magassággal történtek.

A légnemű kibocsátás légköri terjedésének modellezése esetében az országhatáron túli alkalmazott receptorpontok a környező országok határmenti, az atomerőmű telephelyéhez viszonyított legközelebbi települései, valamint az ausztriai Bécs volt. A Paksi Atomerőmű telephelyéhez képest a receptorpontok távolságának kijelölése a települések atomerőműhöz legközelebbi pontja távolságának 1 km-es pontossággal való meghatározásával történt.

Kijelölésre került, hogy a receptorpontok a telephelytől vett 16 irányszektor melyikében helyezkednek el. A receptorpontként meghatározott települések és azok jellemzői a következők:

- Szlovénia: Pince (~179 km, 13-as szektor Ny),
- Horvátország: Dályok (Duboševica) (~77 km, 9-es irányszektor D),
- Szerbia: Regőce (Riđica) (~67 km, 8-as irányszektor DDK),
- Románia: Óbéba (Beba Veche) (~122 km, 6-os szektor KDK),
- Ukrajna: Tiszasalamon (Solomonovo) (~327 km, 3-as szektor ÉK),
- Szlovákia: Ebed (Obid) (~138 km, 1-es szektor É),
- Ausztria: Lovászad (Luising) (~187 km, 14-es szektor NyÉNy) és Bécs (Wien) (~267 km, 15-ös szektor, ÉNy).

A Dunába kerülő radioaktív kibocsátások határon potenciálisan átterjedő hatásainak vizsgálatához receptorpontnak az a pont került kiválasztásra, ahol a Duna Magyarországot elhagyva eléri az első lakott települést. Ez a horvátországi Kiskőszeg (Batina) település, amely a 1428 fkm-nél található, 98 km távolságban az erőmű folyékony kibocsátási pontjától (1526 fkm).

8.4.2. A Paksi Atomerőmű önálló üzemelésének országhatáron átterjedő radiológiai hatásai

8.4.2.1. Normál üzemi állapot

A normál üzemi állapotra vonatkozóan az elemzések szempontjából legkedvezőtlenebbnek tekintett 2022. évi tényleges légnemű kibocsátási adatok alapján meghatározott éves dózisokat a *8.4.2.1-1. táblázat* tartalmazza az 1 éves gyermekre és felnőttekre vonatkozóan, a vizsgált, országhatáron túli receptorpontokon. A legnagyobb dózis az atomerőműtől kb. 77 km-es távolságban D-i irányban lévő horvátországi Dályokra adódott, a felnőtt reprezentatív személy éves lekötött effektív dózisa felnőttre 0,042 nSv, míg az 1 éves gyermekeké 0,022 nSv.

Az eredményeknél összegezve láthatóak az egyes figyelembe vett besugárzási útvonalakból származó dózisok. Példaként, a *8.4.2.1-2. táblázatban* kerül bemutatásra Dályokra vonatkozóan az egyes besugárzási útvonalak járuléka is.

A különböző besugárzási útvonalak közül a teljes lekötött effektív dózis legnagyobb részét, a felnőttek esetében kb. 52%-ot a tápláléklánc adja. A felnőtteknél közel 35%-os járulékkal bír a talajra kiülepedett aktivitás sugárzásából származó dózis. Az inhalációs dózis járuléka felnőtteknél 12% körüli. Az 1 éves gyermekek esetében a legnagyobb járuléka a talajdózisnak adódott 50%-kal. Az inhalációs és a tápláléklánc dózis az 1 éves gyermekek dózisának rendre 27%-át és 22%-át teszi ki, míg a felhődózis a teljes dózisnak kevesebb, mint 1%-át adta mindkét korcsoportnál.

8.4.2.1-1. táblázat: A normál üzemi állapotra vonatkozóan a 2022. évi tényleges légnemű kibocsátási adatok alapján meghatározott lekötött effektív dózisok, felnőtt és 1 éves gyermek reprezentatív személyekre

Receptorpont	Kibocsátási ponttól vett távolság és irány	Lekötött effektív dózis [nSv]	
		Felnőtt	1 éves gyermek
Szlovénia, Pince	179 km, Ny-i irány	$9{,}97\cdot10^{-3}$	$5{,}14\cdot10^{-3}$
Horvátország, Dályok	77 km, D-i irány	$4{,}20\cdot10^{-2}$	$2{,}20\cdot10^{-2}$
Szerbia, Regőce	67 km, D, DK-i irány	$3{,}57\cdot10^{-2}$	$1{,}86\cdot10^{-2}$
Románia, Óbéba	122 km, K, DK-i	$1{,}54\cdot10^{-2}$	$7{,}98\cdot10^{-3}$
Ukrajna, Tiszasalamon	327 km, ÉK-i irány	$7{,}89\cdot10^{-3}$	$3{,}97\cdot10^{-3}$
Szlovákia, Ebed	138 km, É-i irány	$3{,}61\cdot10^{-2}$	$1{,}87\cdot10^{-2}$
Ausztria, Lovászad	187 km, Ny, ÉNy-i irány	$1{,}21\cdot10^{-2}$	$6{,}21\cdot10^{-3}$
Ausztria, Bécs	267 km, ÉNy-i irány	$1{,}04\cdot10^{-2}$	$5{,}38\cdot10^{-3}$

8.4.2.1-2. táblázat: A normál üzemi állapotra vonatkozóan a 2022. évi tényleges légnemű kibocsátási adatok alapján meghatározott lekötött effektív dózisok, felnőtt és 1 éves gyermek reprezentatív személyekre Dályokra (Horvátország), különböző besugárzási útvonalakból

Besugárzási útvonal	Lekötött effektív dózis [nSv]	
	Felnőtt	1 éves gyermek
Teljes	$4{,}20\cdot10^{-2}$	$2{,}20\cdot10^{-2}$
Felhődózis	$1{,}48\cdot10^{-4}$	$1{,}20\cdot10^{-4}$
Talajdózis	$1{,}48\cdot10^{-2}$	$1{,}10\cdot10^{-2}$
Inhalációs dózis	$5{,}09\cdot10^{-3}$	$5{,}99\cdot10^{-3}$
Táplálékláncdózis	$2{,}20\cdot10^{-2}$	$4{,}94\cdot10^{-3}$

A normál üzemi folyékony kibocsátások vizsgálata esetében a számítások az atomerőmű – az elemzések szempontjából legkedvezőtlenebbnek tekintett – 2021. évi tényleges folyékony kibocsátási adataival készültek, a kibocsátást folyamatosnak és a part mentén pontszerűnek véve. A *8.4.2.1-3. táblázatban* láthatók a horvátországi Kiskőszegen (Batina), az atomerőműtől 98 km-es távolságban a felnőtt és 1 éves gyermek reprezentatív személyek lekötött effektív dózisának számított értékei. Az atomerőmű normál üzemi 2021. évi tényleges folyékony kibocsátásából származó dózist a ^{14}C járuléka dominálta, a teljes dózis több, mint 90%-át adva mind a felnőtt, mind a 1 éves gyermek reprezentatív személyre. A teljes dózist a halfogyasztásból származó belső sugárterhelés dominálta, az eltérő fogyasztási értékek miatt a felnőttek belső és teljes dózisa kis mértékben nagyobbnak adódott, mint az 1 éves gyermekeké.

A normál üzemi légnemű és folyékony kibocsátások országhatáron túli radiológiai hatásairól megállapítható, hogy a semleges kategóriába esnek, számottevően alatta maradnak a 90 µSv/év dózismegszorításnak és a semleges radiológiai hatás felső határértékének.

8.4.2.1-3. táblázat: A normál üzemi állapotra vonatkozóan a 2021-es évi tényleges folyékony kibocsátási adatok alapján meghatározott lekötött effektív dózisok, felnőtt és 1 éves gyermek reprezentatív személyekre, különböző besugárzási útvonalakból, Kiskőszegre (Horvátország)

Besugárzási útvonal	Lekötött effektív dózis [nSv]	
	Felnőtt	1 éves gyermek
Teljes	$1{,}13 \cdot 10^{1}$	$1{,}01 \cdot 10^{1}$
Úszás – béta-sugárzás külső bőrdózis	$1{,}79 \cdot 10^{-5}$	
Úszás – gamma-sugárzás külső dózis	$1{,}54 \cdot 10^{-5}$	
Vízi tevékenység – gamma-sugárzás külső dózis	$3{,}16 \cdot 10^{-2}$	
Halfogyasztás – belső dózis	$1{,}12 \cdot 10^{1}$	$1{,}01 \cdot 10^{1}$

8.4.2.2. Tervezési üzemzavar

A tervezési üzemzavarok esetében a figyelembe vett esetek azonosak voltak az *5.3. fejezetben* a lakossági sugárterhelés meghatározása esetén alkalmazottakkal. A légnemű kibocsátás következtében kialakuló dózisok értéke legnagyobbnak a 3. sorszámú kibocsátási esetre (NÁ 90 mm-es TK befecskendező vezeték törése 1485 MW hőteljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével) adódott.

A tervezési üzemzavari kibocsátási esetre meghatározott dózisokat a *8.4.2.2-1. táblázat* foglalja össze az 1 éves gyermekekre és felnőttekre vonatkozóan a vizsgált receptorpontokon. A legnagyobb érték az atomerőműtől kb. 67 km-es távolságban D, DK-i irányban található szerbiai Regőcére és a kb. 77 km-es távolságban D-i irányban található horvátországi Dályokra adódott, a felnőtt reprezentatív személy lekötött effektív dózisának számított értéke 7,57 µSv, míg az 1 éves gyermekeké 5,88 µSv.

8.4.2.2-1. táblázat: A 3. sorszámú tervezési üzemzavari kibocsátási esetre nézve meghatározott lekötött effektív dózisok, felnőtt és 1 éves gyermek reprezentatív személyekre

Receptorpont	Kibocsátási ponttól vett távolság és irány	Lekötött effektív dózis [µSv]	
		Felnőtt	1 éves gyermek
Szlovénia, Pince	179 km, Ny-i irány	2,93	2,25
Horvátország, Dályok	77 km, D-i irány	7,56	5,88
Szerbia, Regőce	67 km, D, DK-i irány	7,57	5,87
Románia, Óbéba	122 km, K, DK-i	4,94	3,79
Ukrajna, Tiszasalamon	327 km, ÉK-i irány	1,81	1,38
Szlovákia, Ebed	138 km, É-i irány	4,70	3,61
Ausztria, Lovászad	187 km, Ny, ÉNy-i irány	2,35	1,82
Ausztria, Bécs	267 km, ÉNy-i irány	1,57	1,22

Az elemzések alapján a legnagyobb lakossági sugárterhelést eredményező tervezési üzemzavari esetekben meghatározott lekötött effektív dózis sem haladja meg a 90 µSv-es értéket, vagyis az országhatáron átterjedő hatások a tervezési üzemzavarok esetében is több mint egy nagyságrenddel a semleges hatás felső határértéke alatt maradnak.

A tervezési üzemzavarok esetén nem történik közvetlen folyékony kibocsátás a Dunába, így a vízi terjedés országhatáron átterjedő hatásainak elemzése annak feltételezésével készült, hogy a tervezési üzemzavari kibocsátási eseteknél légnemű kibocsátása során a levegőbe kerülő teljes aktivitás kb. 20%-a kimosódik a Dunába (kivéve a nemesgázokat). A kimosódási hányad az alapján került meghatározásra, hogy a kibocsátott szennyeződés mekkora hányada mosódik ki egy 700×700 méter nagyságúnak feltételezett területre annyi idő alatt, ameddig az adott szélsebesség mellett a szennyeződés áthalad a terület felett. A számításokhoz a légnemű kibocsátásra megadott forrástagnak ezen kiülepedő hányada felel meg a vízi terjedésszámítás forrástagjának. A vízi besugárzási útvonalakra az üzemzavari kibocsátási forrástagok közül

ebben az esetben is a 3. sorszámú (NÁ 90 mm-es TK befecskendező vezeték törése 1485 MW hőteljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével) esetben adódtak a legnagyobb dózisok.

A *8.4.2.2-2. táblázatban* láthatók a horvátországi Kiskőszegre, az atomerőműtől 98 km-es távolságban a felnőtt és 1 éves gyermek reprezentatív személyek lekötött effektív dózisának számított értékei a vizsgált üzemzavari esetre. A kitettség ideje a radioaktív szennyeződés vízben való levonulásának ideje az éves ott-tartózkodási idő arányában lett figyelembe véve, ezalatt pedig az úszás (vízbe merülés) és a vízi tevékenység (pl. parton tartózkodás, csónakázás, horgászat) közül a nagyobb dózist eredményező besugárzási útvonal, amely a vízi tevékenység. A levegőbe kibocsátott, majd vízbe mosódott radionuklidok közül a cézium és a jód dózisjáruléka volt a legmeghatározóbb, a felnőtteknél és az 1 éves gyermekeknél a teljes dózis körülbelül 70-80%-át adva. Ezen radionuklidoknak a halfogyasztásból származó belső sugárterhelés megállapításához felhasznált dóziskonverziós tényezői az 1 éves gyermekekre nézve meghaladják a felnőttekét, így az előbbi korcsoportra számított belső dózis is nagyobb.

8.4.2.2-2. táblázat: A 3. sorszámú tervezési üzemzavari esetben kibocsátott légnemű aktivitás Dunában való kimosódására nézve meghatározott lekötött effektív dózisok felnőtt és 1 éves gyermek reprezentatív személyekre, különböző besugárzási útvonalakból, Kiskőszegre (Horvátország)

Kibocsátási eset	3. sorszámú tervezési üzemzavari esetben	
Besugárzási útvonal	Lekötött effektív dózis [µSv]	
	Felnőtt	1 éves gyermek
Teljes	14,2	14,4
Vízi tevékenység – gamma-sugárzás külső dózis	13,1	
Halfogyasztás – belső dózis	1,06	1,26

A vízi besugárzási útvonalakra kapott dózis nagyobb, mint az azonos üzemzavari esetben a légköri besugárzási útvonalakra. Ennek elsődleges oka, hogy míg a légkörben a radioaktív csóva terjedésére sokkal nagyobb tér áll rendelkezésre és ezáltal a távoli receptorpontig eljutva jobban szétterjed és hígul, addig a vízi terjedésnél a radioaktív anyag a folyómederbe szorítva sokkal kisebb térfogatban tud terjedni és hígulni.

A számítások alapján megállapítható, hogy a tervezési üzemzavari esetekre meghatározott dózisok még az erősen konzervatív feltételezések mellett vizsgált szcenárióban is bőven a semleges hatásokra vonatkozó felső határérték, vagyis a 90 µSv alatt maradnak.

A légnemű kibocsátás kimosódása következtében a vízi besugárzási útvonalakra adódó számítási eredmények nem összeadhatók a légnemű kibocsátás alapján a légköri besugárzási útvonalakra meghatározott dózisértékekkel, mivel a két szcenárió egyidejű bekövetkezése nem lehetséges. Amennyiben a kibocsátott radioaktív anyag a felhőből ilyen nagy mértékben kimosódik a Dunába, a légkörben kevesebb anyag marad és így a légköri terjedés következtében meghatározott besugárzási útvonalak dózisai is kisebbek lesznek.

8.4.2.3. A további üzemidő-hosszabbítás alatt végbemenő potenciális változások hatása

A vizsgálatok részét képezte annak értékelése is, hogy a lakosság sugárterhelését befolyásoló, a TÜH során esetlegesen megváltozó jellemzők hatásai milyen változásokat eredményezhetnek az országhatáron potenciálisan átterjedő környezeti hatások és a lakosság sugárterhelése szempontjából.

A légnemű kibocsátások dózisökövetkezményei esetében a légköri terjedésszámítást befolyásoló meteorológiai adatok, valamint a dózisszámítást befolyásoló lakossági életviteli szokásoknak és a helyi termelésű termékek fogyasztási mennyiségének megváltozására vonatkozóan készültek paraméterérzékenységi vizsgálatok. A folyékony kibocsátás és a vízi terjedés következményei

elemzésének része volt annak vizsgálata, hogy egyes hidrológiai adatok megváltozása, különösen a Duna vízhozamának és mederesésének változása, továbbá a vízi tevékenységek időtartamának, valamint a Dunából kifogott, potenciálisan szennyezett hal fogyasztott mennyiségének megváltozása miként hat a meghatározott dózisokra.

A meteorológiai adatok érzékenységi vizsgálata megmutatta, hogy az országhatáron túli távolságokban a leggyakoribb meteorológiai körülményekhez képest az extrém változások, mint például az esőintenzitás vagy a szélsebesség növekedése, vagy a légköri stabilitás instabilabb kategóriák irányába történő módosítása a dózisban csökkenést eredményeznek. Például egy jellemző meteorológiai esetben a csapadékintenzitás átlagos 0,06 mm/h értékről 2,2, mm/h-ra növelésének hatására az országhatáron túli legközelebbi receptorpontokon az 50 éves lekötött effektív dózis mind a tervezési üzemzavar, mind a súlyos baleset esetében körülbelül 35-55%-kal csökkent. Ennek oka, hogy az intenzívebb esőzés hatására a kibocsátási ponthoz közel jobban kimosódik a radioaktív felhőből az aktivitás, és ezáltal a levegőben megmaradó aktivitás és a távolabbi pontokra szállított szennyezőanyag mennyiség kisebb lesz. A lakossági életviteli és fogyasztási szokások változása okozhat növekedést a légnemű kibocsátások okozta dózisok értékében, de ezek jövőben lehetséges mértéke sem eredményez nagyon jelentős (40%-ot meghaladó) változást. Ezek alapján a lakossági életviteli és fogyasztási szokások jövőben feltételezhető változása ellenére sem várható, hogy az elemzések következtetései és a meghatározott hatások érdemben változzanak.

A légnemű szennyeződés Dunába való kimosódása már így is nagyon konzervatívan van figyelembe véve. A vizsgálatok alapján mértékének további változása (a meteorológiai körülmények változásából adódóan) a vízi besugárzási útvonalakra számított lekötött effektív dózisban sem okoz 13%-ot meghaladó változást. Ezáltal nem várható az országhatáron potenciálisan átterjedő radiológiai hatások kimosódás mértékének megváltozásából fakadó jelentős növekedése sem.

A vízi terjedésszámítási elemzések megmutatták, hogy a vízhozam szignifikáns lecsökkenése (középvízről kisvízre) a normál üzemi folyékony kibocsátásra meghatározott lekötött effektív dózist kevesebb mint háromszorosára növelheti, azonban a sugárterhelés mértéke még így is jóval a 90 µSv/év dózismegszorítás és a semleges radiológiai hatás felső határértéke alatt marad. A normál üzemi folyékony kibocsátás esetében a teljes dózist szinte teljes egészében (közel 99%-ban) a halfogyasztásból származó belső dózis adta, így a kapcsolódó bemenő életviteli paraméterek közül kizárólag annak megváltozása okozhat érdemi változást a teljes lekötött effektív dózis értékében, míg a többi besugárzási útvonalon keresztül elszenvedett dózisokban még a vízi tevékenység éves időtartamának kétszeresére növelése is csak elhanyagolható, <1%-os növekményt eredményez.

8.4.2.4. Súlyos baleset

A súlyos balesetekre vonatkozóan az alábbi két reprezentatív, jelentős környezeti kibocsátással járó esetre készült elemzés, mint a súlyos balesetek hatásainak értékelése szempontjából jellemző esetek:

- 1. eset: Teljes feszültségkiesés zárt reaktor és konténment esetén, névleges teljesítményen.
- 2. eset: 233 mm-es nagy csőtörés és a zsomptolózárak meghibásodása, a konténment hermetizálás sikertelensége mellett.

A kibocsátási forrástag a jelentős kibocsátás első 48 órára való koncentrálásával állt elő, így a légköri terjedés modellezése 48 óráig tartó, időben változó kibocsátás esetére történt. A két eset közül a 2. sorszámú súlyos baleseti kibocsátási esetre adódtak nagyobb dózisok, így az erre vonatkozó eredmények kerültek bemutatásra.

A *8.4.2.4-1. táblázat* foglalja össze az 1 éves gyermekekre és felnőttekre vonatkozó dózisokat a vizsgált receptorpontokon. A besugárzási útvonalak közül a felhőtől és a talajtól származó külső, valamint az inhalációból és táplálékláncból adódó belső dózis került meghatározásra. A felhő és az inhaláció esetében a kitettség ideje a csóva elvonulásának időtartama, a talajdózis és a

tápláléklánc esetében pedig a teljes élettartam (felnőttek esetében 50 év, 1 éves gyermekek esetében 70 év). A legnagyobb érték az atomerőműtől kb. 77 km-es távolságban D-i irányban található horvátországi Dályokra adódott, a felnőtt reprezentatív személy lekötött effektív dózisának számított értéke 5,4 mSv, míg az 1 éves gyermekeké 2,0 mSv.

8.4.2.4-1. táblázat: A 2. sorszámú súlyos baleseti kibocsátási esetre nézve meghatározott lekötött effektív dózisok, felnőtt és 1 éves gyermek reprezentatív személyekre

Receptorpont	Kibocsátási ponttól vett távolság és irány	Lekötött effektív dózis [µSv]	
		Felnőtt	1 éves gyermek
Szlovénia, Pince	179 km, Ny-i irány	$1{,}23 \cdot 10^3$	$4{,}34 \cdot 10^2$
Horvátország, Dályok	77 km, D-i irány	$5{,}35 \cdot 10^3$	$2{,}00 \cdot 10^3$
Szerbia, Regőce	67 km, D, DK-i irány	$4{,}94 \cdot 10^3$	$1{,}82 \cdot 10^3$
Románia, Óbéba	122 km, K, DK-i	$2{,}04 \cdot 10^3$	$7{,}04 \cdot 10^2$
Ukrajna, Tiszasalamon	327 km, ÉK-i irány	$7{,}23 \cdot 10^2$	$2{,}36 \cdot 10^2$
Szlovákia, Ebed	138 km, É-i irány	$3{,}21 \cdot 10^3$	$1{,}14 \cdot 10^3$
Ausztria, Lovászad	187 km, Ny, ÉNy-i irány	$1{,}02 \cdot 10^3$	$3{,}62 \cdot 10^2$
Ausztria, Bécs	267 km, ÉNy-i irány	$9{,}10 \cdot 10^2$	$3{,}25 \cdot 10^2$

Egy esetleges súlyos baleset esetében jogosan feltételezhető, hogy balesetelhárítási óvintézkedéseket (elsősorban elzárkóztatást vagy élelmiszerfogyasztás-korlátozást) vezetnek be azon a területen, amelyre az OBEIT ezt az óvintézkedések alkalmazása nélkül becsült dózisra alapozva előírja. Feltételezhető, hogy a Magyarországgal szomszédos országok baleset-elhárítási intézkedési tervei – mivel azok is a NAÜ által kiadott Általános biztonsági követelmények 7. részének (International Atomic Energy Agency, Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, General Safety Requirements Part 7, IAEA, Vienna, 2015) figyelembevételével készülnek – hasonló eljárásrendet tartalmaznak, illetve a baleset során az illetékes szerveik együttműködnek a magyarországi baleset-elhárítással. Az élelmiszer-fogyasztás-korlátozás sikeres végrehajtása esetében, vagyis a szennyezett élelmiszer fogyasztását nullának tekintve, kizárólag a külső és az inhalációs besugárzási útvonalak figyelembevételével a dózis jellemzően a harmadára csökken minden receptorponton.

Az elzárkóztatás esetében a dózisszámítások azzal a feltételezéssel készültek, hogy a lakosok a csóva elvonulása alatt végig zárt térben tartózkodnak és azalatt nyugodt tevékenységet folytatnak. Az elzárkóztatás hatására a felhő és a talajdózis 20-30%-kal, az inhalációs dózis pedig a felnőttek esetében majdnem 70%-kal csökken. Ennek ellenére, mivel a dózis legnagyobb részét a tápláléklánc okozza, a teljes dózis csak körülbelül 10%-kal adódik kevesebbnek, mint elzárkóztatás nélkül.

Az élelmiszerfogyasztás-korlátozási és elzárkóztatási óvintézkedések együttes alkalmazásánál várható súlyos baleseti dózisokat a *8.4.2.4-2. táblázat* mutatja be. Látható, hogy ezen óvintézkedések bevezetésével a teljes lekötött effektív dózisok körülbelül 50-80%-kal csökkennek (például a Dályokra számított maximális dózisok esetében 1 éves gyermekeknél 48%-kal, felnőtteknél 83%-kal).

A radioaktív kibocsátások vízi terjedésével járó, országhatáron potenciálisan átterjedő radiológiai hatások elemzése a súlyos baleseti légnemű kibocsátások Dunába való kimosódásának figyelembevételével készült. A kimosódási arány ebben az esetben is – a tervezési üzemzavaroknál alkalmazott módszerrel megegyezően – kb. 20%, azaz a légköri kibocsátásra megadott forrástagnak ezen kiülepedő hányada volt forrástagnak tekintve a vízi terjedés modellezésénél.

8.4.2.4-2. táblázat: A 2. sorszámú súlyos baleseti kibocsátási esetre nézve meghatározott lekötött effektív dózisok, felnőtt és 1 éves gyermek reprezentatív személyekre élelmiszerfogyasztás-korlátozással és elzárkóztatással

Receptorpont	Kibocsátási ponttól vett távolság és irány	Lekötött effektív dózis [μSv]	
		Felnőtt	1 éves gyermek
Szlovénia, Pince	179 km, Ny-i irány	$1{,}03 \cdot 10^{2}$	$1{,}55 \cdot 10^{2}$
Horvátország, Dályok	77 km, D-i irány	$4{,}93 \cdot 10^{2}$	$7{,}65 \cdot 10^{2}$
Szerbia, Regőce	67 km, D, DK-i irány	$4{,}49 \cdot 10^{2}$	$6{,}86 \cdot 10^{2}$
Románia, Óbéba	122 km, K, DK-i	$1{,}68 \cdot 10^{2}$	$2{,}45 \cdot 10^{2}$
Ukrajna, Tiszasalamon	327 km, ÉK-i irány	$5{,}73 \cdot 10^{1}$	$7{,}79 \cdot 10^{1}$
Szlovákia, Ebed	138 km, É-i irány	$2{,}73 \cdot 10^{2}$	$4{,}12 \cdot 10^{2}$
Ausztria, Lovászad	187 km, Ny, ÉNy-i irány	$8{,}55 \cdot 10^{1}$	$1{,}30 \cdot 10^{2}$
Ausztria, Bécs	267 km, ÉNy-i irány	$7{,}61 \cdot 10^{1}$	$1{,}16 \cdot 10^{2}$

A vízi besugárzási útvonalak dózisai a nagyobb értékeket adó 2. sorszámú súlyos baleseti esetre vonatkozóan kerülnek bemutatásra. A *8.4.2.4-3. táblázat* láthatók a horvátországi Kiskőszegre, az atomerőműtől 98 km-es távolságban a felnőtt és 1 éves gyermek reprezentatív személyek lekötött effektív dózisának számított értékei. A vízi tevékenységek közül az a besugárzási útvonal lett figyelembe véve, amely a nagyobb dózist adta. A levegőbe kibocsátott, majd vízbe kimosódott radionuklidok közül a cézium (^{134}Cs, ^{136}Cs, ^{137}Cs) és jód (^{131}I, ^{133}I, ^{135}I) izotópjai a meghatározók, a külső gamma-dózis 70%-át adva. A halfogyasztásból származó belső sugárterhelés számítása azzal a konzervatív feltételezéssel történt, hogy a lakosok a kibocsátás után azonnal elfogyasztják a radioaktív szennyeződést tartalmazó éves halmennyiséget.

8.4.2.4-3. táblázat: A 2. sorszámú súlyos baleseti esetekben kibocsátott légnemű aktivitás Dunában való kimosódást feltételezve meghatározott lekötött effektív dózisok felnőtt és 1 éves gyermek reprezentatív személyekre, különböző besugárzási útvonalakból, Kiskőszegre (Horvátország)

Kibocsátási eset	2. sorszámú súlyos baleseti eset	
Besugárzási útvonal	Lekötött effektív dózis [μSv]	
	Felnőtt	1 éves gyermek
Teljes	$5{,}34 \cdot 10^{3}$	$5{,}02 \cdot 10^{3}$
Vízi tevékenység – gamma-sugárzás külső dózis	$4{,}06 \cdot 10^{3}$	
Halfogyasztás – belső dózis	$1{,}28 \cdot 10^{3}$	$9{,}64 \cdot 10^{2}$

Az erősen konzervatív feltételezések mellett a 2. súlyos baleseti esetben Kiskőszegre a halfogyasztás esetében 1 éves kitettségre, a vízi tevékenység esetében pedig a csóva levonulási idejére meghatározott lekötött effektív dózis felnőttekre 5,3 mSv, 1 éves gyermekekre pedig 5,0 mSv. A nagyságrendek értelmezéséhez érdemes figyelembe venni, hogy az egész Földre átlagolt éves természetes háttérsugárzás értéke 2,4 mSv[15]. A teljes dózishoz a vízi tevékenységből származó külső gamma-dózis járuléka felnőttek esetében 76%, 1 éves gyermekeknél 81%, míg a halfogyasztás dózisának hozzájárulása 24% és 19%. A vízi besugárzási útvonalak esetében is figyelembe lehet venni különböző balesetelhárítási óvintézkedéseket (a vízi tevékenységek és a halfogyasztás korlátozását), amelyek bevezetésével jelentősen – gyakorlatilag nullára – csökkenthető a lekötött effektív dózis.

A légnemű kibocsátás kimosódása következtében a vízi besugárzási útvonalakra bemutatott számítási eredmények nem összeadhatók a légnemű kibocsátás alapján és a légköri besugárzási

[15] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2008 Report, Volume I: SOURCES, Report to the General Assembly Scientific Annexes A and B, ISBN 978-92-1-142274-0.

útvonalakra meghatározott dózisértékekkel, mivel a két szcenárió egyidejű bekövetkezése nem lehetséges.

8.4.3. A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének országhatáron átterjedő radiológiai hatásai

A Paksi Atomerőmű, a Paks II. Atomerőmű és a KKÁT együttes normál üzemelésének összesített lakossági dózisa a telephely 30 km-es környezetében is jelentősen – az önállóan a Paksi Atomerőműre és a Paks II. Atomerőműre külön-külön meghatározott – 90 μSv/év dózismegszorítás alatt marad. Ez alapján kijelenthető, hogy a három létesítmény (Paksi Atomerőmű, Paks II. Atomerőmű és KKÁT) együttes normál üzemelése esetében az országhatáron potenciálisan átterjedő radiológiai következményekkel nem kell számolni, a létesítményekre vonatkozó dózismegszorítás betartása esetén az országhatáron túli receptorpontokon a hatások semleges kategóriába esnek.

A telephelyen jelenleg működő, illetve a jövőben létesítendő nukleáris létesítmények bármelyikére külön-külön feltételezett üzemzavar vagy súlyos baleset esetén, a másik kettő – a baleset idején is feltételezetten normál üzemben működő – létesítményekből származó hatások érdemben nem befolyásolják az elemzések eredményét, sem a környezeti kibocsátások mértékét, sem pedig az abból adódó lakossági sugárterhelést. Az elemzések során nem szükséges feltételezni, hogy a telephelyen jelenleg vagy jövőben működő több nukleáris létesítményben egyidejűleg alakulna ki üzemzavar vagy súlyos baleset. Ennek oka, hogy a KKÁT-ban vagy a Paks II. Atomerőműben történő üzemzavar vagy baleset esetében a kialakuló dózisok jelentősen alacsonyabbak lennének a Paksi Atomerőmű esetére, hasonló súlyosságú balesetre meghatározott értékeknél, továbbá egy esetleges együttes esemény bekövetkezésekor sem feltételezhető olyan, a létesítmények közötti kölcsönhatás, amely a dózisok növekedéséhez vezetne. Továbbá, bár a párhuzamosan bekövetkező balesetek valószínűsége rendkívül alacsony, egy ilyen – elméletileg feltételezhető – esetben sem azonos az egyes események időbeli lefutása, így a radioaktív kibocsátások időpontjai is eltérnének egymástól. Ennek következtében, a nagy valószínűséggel különböző meteorológiai viszonyok miatt, a radioaktív csóvák eltérő irányokba terjednének. Ez összességében ugyan nagyobb terület érintettségét eredményezheti, azonban az egyes balesetekre külön-külön meghatározott maximális dózisértékek ilyen esetben sem tekinthetők összeadandónak. Hasonlóképpen, nem képezte a vizsgálatok részét olyan eset sem, amikor a Paksi Atomerőmű több blokkján egyszerre, párhuzamosan alakulna ki ilyen helyzet. Az elemzések konzervatív és legjobb becslésnek megfelelő megfontolásokkal készültek, egy bizonyos valószínűségi korlát fölötti, de biztonsági szempontból releváns szcenáriók vizsgálatával, amely nem tartalmazza az elméletileg lehetséges, de rendkívül alacsony valószínűségű eseményeket (például több létesítmény vagy több reaktorblokk egyidejű üzemzavarának figyelembevételét).

9. A meghosszabbított üzemidő alatti várható környezetterhelés csökkentésére, nyomonkövetésére vonatkozó intézkedések

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának időszakában a környezetvédelmi megfelelőséget elsősorban az atomerőmű biztonságának garantálásával lehet elérni. Ezt az üzemi létesítmények és berendezések folyamatos állapot-felügyeletével és -fenntartásával, karbantartási, illetve öregedéskezelési programok kidolgozásával és végrehajtásával biztosítja az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. A további üzemidő-hosszabbítás időtartama alatt tovább folytatódik az öregedési hatások értékelésére vonatkozó monitorozási, tesztelési, mintavételezési és ellenőrzési tevékenység, amely biztosítja az üzemközben nem várt folyamatok vagy romlások időben történő azonosítását és a szükséges megelőző, javító intézkedések megtételét.

Az atomerőműben már bevezetett és alkalmazott környezetvédelmi intézkedések, eljárások, ellenőrzések alapvetően a további üzemidő-hosszabbítás időszakára vonatkozóan is megfelelőek és alkalmasak az atomerőmű környezeti kibocsátásainak, illetve az erőmű környezete állapotának nyomonkövetésére, ellenőrzésére. A további üzemidő-hosszabbításhoz kapcsolódóan az ellenőrzési tevékenység kiegészítése az alternatív melegvíz-csatorna szakasz megépítésével létrejövő új dunai vízbevezetési pont esetében szükséges, ahol a meglévővel egyenértékű, új mérési, illetve vízmintavételi hely kialakítása tervezett. Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz üzembe lépéséhez kapcsolódóan javaslatok kerültek megfogalmazásra a felszíni vizek kémiai és biológiai monitorozó rendszerének további működtetésére vonatkozóan. A Paksi Atomerőmű és a Paks II. megfelelő környezeti sugárvédelmi monitoringjának biztosítása érdekében a meglévő légköri kibocsátás ellenőrző rendszer kiegészítése tervezett.

Tekintettel arra, hogy a tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz nyomvonala érinti a Paks II. Atomerőmű építési munkáihoz kapcsolódóan kijelölt déli menedék területét is (amely területre kerültek áttelepítésre a védett állatok a hideg- és melegvíz-csatornák közötti, az építési munkákkal érintett területről), olyan új menedékterület kerül kijelölésre kerül sor, amely az eredeti közelében található, hasonló méretű és hasonló élőhelyei adottságokkal rendelkezik.

Természetvédelmi célú intézkedésként az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódó fényszennyezés hatásainak csökkentése érdekében alapelvként a térvilágítás kialakítása és üzemeltetése során törekedni kell arra, hogy az ne zavarja a madarak, denevérek, rovarok és egyéb fényérzékeny élőlények természetes aktivitási ciklusait, és ne növelje indokolatlanul a megvilágítás szintjét és időtartamát.

Jövőbeli jogszabályváltozás, az atomerőmű rendszereit érintő jelentős átalakítás vagy a környezeti feltételekben beálló esetleges változások esetén az erőmű környezetvédelmi intézkedéseit, eljárásrendjeit és alkalmazott gyakorlatát szükség szerint felülvizsgálják és indokolt esetben módosítják, vagy kiegészítik.

A jövőbeni környezetterhelés csökkentését célzó intézkedést jelent az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a hozzá kapcsolódó csúcshűtő rendszer megépítése, amely lehetőséget biztosít az atomerőműben a hűtési célra felhasznált, ezáltal felmelegedett Duna víz hőmérsékletének csökkentésére a folyóba visszavezetést megelőzően. A csúcshűtő rendszer üzemeltetésével a kritikus időszakban lehetővé válik a Duna hőterhelésének csökkentése.

Egyéb tekintetben – figyelembe véve a több évtizede működő atomerőmű okozta környezeti hatások nyomonkövetésére vonatkozóan rendelkezésre álló eredményeket, a jelen hatásvizsgálat következtetéseit, valamint az atomerőműben már alkalmazott szabályozásokat – a környezet és az emberi egészség védelme érdekében, illetve a lehetséges igénybevettséget, zavarást, szennyezettséget elkerülő, megelőző vagy csökkentő további intézkedés nem került megfogalmazásra.

Rövidítésjegyzék

ABOS	Atomerőművi Berendezések Osztályba Sorolása
ALARA	As Low As Reasonably Achievable – az észszerűen elérhető legalacsonyabb sugárterhelés
ÁNTSZ OTH	Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat Országos Tisztifőorvosi Hivatal
ÁOKU	Állapot Orientált Kezelési Utasítás
ASNR	L'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection – French Authority for Nuclear Safety and Radiation Protection – a francia nukleáris biztonsági hatóság
ATEX	ATmosphères EXplosibles – két uniós irányelvet foglal magában a robbanásvédelem területén az 1999/92/EK üzemeltetési irányelvet a munkahelyi egészségvédelemről és biztonságról, valamint a 2014/34/EU termékirányelvet a robbanásveszélyes légkörökre vonatkozó termékszabványokról
ATWS	Anticipated Transient Without Scram – várható üzemi tranziensek a reaktorvédelem működés elmaradásával
ÁVIT	Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv
Á-NÉR	Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer
BEPU	Best Estimate Plus Uncertainty – legjobb becslés plusz bizonytalanság
BME	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
BOI	Biokémiai oxigénigény
BTEX	Benzol, toluol, etil-benzol és xilol illékony aromás szénhidrogének csoportja
BWR	Boiling-Water Reactor – forralóvizes reaktor
CCA	Canonical Correspondence Analysis – kanonikus korrespondencia-analízis
CEC	Cavity Enclosure Container – üreges zárt tartály
CfD	Contract-for-Difference – különbözeti szerződés
CLC	Corine Land Cover, az Európai Környezetvédelmi Ügynökség felszínborítási adatbázisa
CLMS	Copernicus Land Monitoring Service – Copernicus Földfelszín Monitorozási Program, a Föld felszínének monitorozására létrehozott európai rendszer
CORINE	Corine Land Cover, az Európai Környezetvédelmi Ügynökség felszínborítási adatbázisa
EB EBJ	Első Beton előtti Előzetes Biztonsági Jelentés
EEA	European Environment Agency – Európai Környezetvédelmi Ügynökség
EEE	Earthquake Environmental Effect – földrengések környezeti hatása
EK	Elektromos kece
EKD	Előzetes konzultációs dokumentum
EMC	Elektromágneses megfelelőség
EME	Elektromos mintavételi eszköz (egyenáramú elektromos halászgép)
EOV	Egységes Országos Vetületi rendszer
EPR	European Pressurised Reactor – európai nyomottvizes reaktor
EQR	Environmental Quality Ratio – környezetminőségi arány
ERPG	Emergency Response Planning Guidelines – Vészhelyzeti Tervezési Irányelvek
ERPG-2	Olyan maximális koncentráció, amely egy órás behatás után nem okoz visszafordíthatatlan egészségkárosodást
EU	Európai Unió
FAVÖKO	Felszín alatti vizektől függő ökoszisztémák

FB	Fitobenton
FHF	Folyékony Hulladékvíz Feldolgozó technológia
FP	Fitoplankton
GDP	Gross domestic product – bruttó hazai termék
GNSS	Global Navigation Satellite System – globális műholdas helymeghatározó rendszer
GPS	Global Positioning System – globális helymeghatározó rendszer
GWP	Global Warming Potential – globális felmelegedési potenciál
HAZOP	Hazards and Operability Analysis – veszély- és működőképesség elemzés
HÉSZ	Helyi Építési Szabályzat
HIPA	Helyi iparűzési adó
HI-STORM UMAX	Holtec International STORage Module Underground MAXimum Capacity – a Holtec International cég felszín alatti kiégett fűtőelem átmeneti tároló rendszere
HPGe	High Purity Germanium – nagytisztaságú germánium
HUN-REN EK	HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont
ICP	Induktív csatolású plazma
ICRP	International Commission on Radiological Protection – Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság
IGALL	International Genereric Aging Lessons Learned – Nemzetközi általános öregedési tapasztalatok (a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség által indított program)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change – Éghajlatváltozási Kormányközi Testület
IPS	Index of Pollution Sensitivity – szennyezés érzékenységi index, az ökológiai állapotértékelés soránhasznált kovaalga index
ITS	Integrált Településfejlesztési Stratégia
KEKKH	Közigazgatási és Elektronikus Közszolgáltatások Központi Hivatala
KHT	Környezeti hatástanulmány
KIBE	Korlátozott Időtartamra Érvényes Biztonsági Elemzése
KiESZ	Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzat
KKÁT	Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója
KKSER	Kibocsátás és Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer
KOI	Kémiai oxigénigény
KöESZ	Környezetellenőrzési Szabályzat
KÖQ	Középvízhozam
KQ	Kisvízhozam
KSH	Központi Statisztikai Hivatal
LCM	Land Change Modeler – felszínborítás-változás modellezés
LKV	Legkisebb vízállás
LNV	Legnagyobb vízállás
MEKH	Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal
MLP	Multilayer perceptron – mesterséges neurális hálózat
MNDS	Non-metric Multidimensional Scaling – nem metrikus többdimenziós skálázás
MPC	Multi-Purpose Canister – többcélú tartály
MVDS	Modular Vault Dry Storage – moduláris száraz tároló (az atomerőművi kiégett üzemanyag kazetták részére)
MZB	Makrozoobenton
NATéR	Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer

NAÜ	Nemzetközi Atomenergia Ügynökség
NÁ	Névleges átmérő
NBSZ	Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet 1-10. mellékletei)
NEKT	Nemzeti Energia- és Klímaterv
NÉBIH	Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal
NÖSZTÉP	Nemzeti ökoszisztéma szolgáltatás-térképezés és értékelés
NRC (US NRC)	United States Nuclear Regulatory Commission – az Amerikai Egyesült Államok nukleáris biztonsági hatósága
NRHT	Nemzeti Radioaktívhulladék-Tároló
OAH	Országos Atomenergia Hivatal
OBEIT	Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv
OLM	Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat
OTrT	Országos Területrendezési Terv
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons – policiklusos aromás szénhidrogének
PCB	PolyChlorinated Biphenyls – poliklórozott bifenilek
PFDHA	Probabilistic Fault Displacement Hazard Analysis – valószínűségi hibaeltolódás-veszélyelemzés
PRISE	PRImary-to-SEcondary leaking – a primerkörből a szekunderkörbe történő átfolyás
PSA	Probabilistic safety assessment – valószínűségi biztonsági elemzés
PSHA	Probabilistic Seismic Hazard Assessment – valószínűségi szeizmikus veszély értékelés
PTS	Pressurized Thermal Shock – nyomás alatti hőütés
PWR	Pressurized Water Reactor – nyomottvizes reaktor
RCP	Representative Concentration Pathways – reprezentatív koncentrációs útvonalak
RHK Kft.	Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft.
SAC	Special Areas of Conservation – Különleges Természetmegőrzési Terület (Natura 2000 terület)
SALTO	Safety Aspects of Long Term Operation – a hosszú távú üzemeltetés biztonsági szempontjai (a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség felülvizsgálati tevékenysége)
SBKU	Súlyos Baleset Kezelési Útmutató
SLR	Subsequent License Renewal – az atomerőművek további üzemidő-hosszabbítása, azaz az eredeti engedély érvényességének többszöri megújítása
SZBV	Szabályozó és biztonságvédelmi rendszer
SZJA	Személyi jövedelemadó
TA	Tervezési alap
TA1	Normál üzem (tervezési alapba tartozó állapot)
TA2	Várható üzemi események (tervezési alapba tartozó állapot)
TA4	Tervezési üzemzavarok (tervezési alapba tartozó állapot)
TAK	Tervezési alap kiterjesztése
TAK1	Komplex üzemzavar (tervezési alap kiterjesztésébe tartozó állapot)
TAK2	Súlyos baleset (tervezési alap kiterjesztésébe tartozó állapot)
TeIR	Országos Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszer
TFP	Total Factor Productivity – teljes tényezőtermelékenység
TIR	Természetvédelmi Információs Rendszer

TK	Tájvédelmi körzet
TL	Termolumineszcens (dózismérés)
TPH	Total Petroleum Hydrocarbons – összes alifás szénhidrogén
TPH-GC	Total Petroleum Hydrocarbons analysis by Gas Chromatography – összes alifás szénhidrogén elemzése gázkromatográfiával
TSPM	Total Suspended Particulate Matter – összes lebegő por
TT	Természetvédelmi terület
TÜH	További üzemidő-hosszabbítás
UHRS	Uniform Hazard Response Spectra – egyenlő veszélyeztetettségű válaszspektrum
ÜHG	Üvegházhatású gáz
ÜKSER	Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer
VBJ	Végleges Biztonsági Jelentés
VCT	Vertical Cask Transporter – függőleges konténerszállító jármű
VGT	Vízgyűjtő-gazdálkodási terv
VKI	Víz Keretirányelv
VVER	Vízzel moderált, vízhűtésű energetikai reaktor
VVM	Vertical Ventilated Module – függőleges szellőztetett modul
WENRA	Western European Nuclear Regulators' Association – Nyugat-európai Nukleáris Hatóságok Szövetsége
ZÜHR	Zóna üzemzavari hűtőrendszer

Mellékletek