

KÖRNYEZETI HATÁSTANULMÁNY

Közérthető összefoglaló

2026. június 25.

A PAKSI ATOMERŐMŰ
TOVÁBBI ÜZEMIDŐ-HOSSZABBÍTÁSA



Paksi
Atomerőmű

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	4
1.1. Előzmények.....	4
1.2. A tervezett tevékenység meghatározása.....	7
1.3. A tervezett tevékenység célja, indoklása	7
1.4. A kérelmező MVM Paks Atomerőmű Zrt. bemutatása, azonosító adatai	11
1.5. Az atomerőmű üzemidő-hosszabbítás nemzetközi gyakorlata	12
1.6. A további üzemidő-hosszabbításhoz szükséges engedélyezési eljárások	13
2. Az atomerőmű telephelye, a nukleáris energiatermelés technológiája.....	17
2.1. Az atomerőmű telephelye és környezete.....	17
2.2. A paksi telephelyen meglévő és tervezett egyéb nukleáris létesítmények	20
2.3. A villamosenergia-termelés technológiája, létesítményei	21
2.3.1. A Paks Atomerőmű technológiája és fő műszaki jellemzői	21
2.3.2. Kapcsolódó tevékenységek és létesítmények	25
2.3.2.1. Vízellátás, szennyvízkezelés.....	25
2.3.2.2. A tevékenységhez szükséges teher- és személyszállítás.....	26
2.3.2.3. Egyéb kapcsolódó tevékenységek, technológiai rendszerek	26
2.4. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítése, a további üzemeléshez tervezett tevékenységek és átalakítások	26
2.4.1. Alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer kialakítása	26
2.4.2. A kiegészítő üzemanyag-kezelés átalakítása	28
2.4.3. Egyéb tervezett rekonstrukciók, intézkedések, beavatkozások	28
2.5. Kibocsátás- és környezetellenőrzés	29
3. Az atomerőmű jelenlegi környezeti hatásai és az üzemidő-hosszabbítás miatt várható változások	32
3.1. Környezeti hatótényezők, hatásfolyamatok	32
3.2. Hagyományos környezetállapot-jellemzők	34
3.2.1. A levegőminőségre gyakorolt hatások.....	34
3.2.2. A meteorológiai és klimatikus viszonyokra gyakorolt hatások.....	35
3.2.3. A felszíni vizekre gyakorolt hatások.....	37
3.2.3.1. A felszíni vizek és az üledék fizikai, kémiai jellemzői bakteriológia	37
3.2.3.2. A Víz Keretirányelv szempontú értékelés.....	43
3.2.3.3. A Paks Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának hatásértékelése.....	44
3.2.4. A felszín alatti vizekre és a földtani közegre gyakorolt hatások	46
3.2.4.1. Lokális és regionális vizsgálatok	46
3.2.4.2. A további üzemidő-hosszabbítás hatásai	49
3.2.5. Az élővilágra és ökoszisztémára gyakorolt hatások	49
3.2.6. Nem radioaktív hulladékok keletkezése és kezelése	52
3.2.7. A zaj- és rezgésállapotra gyakorolt hatások	53
3.2.8. Tájkép, tájhasználat, települési környezet.....	56
3.2.9. Társadalmi, gazdasági hatások	59
3.3. A környezeti radioaktivitás jellemzése és az üzemidő-hosszabbítás miatt várható változások	60
3.3.1. Radioaktív anyagok kibocsátásai, a környezet radioaktivitásának jellemzése.....	60
3.3.2. A lakosság sugárterhelésének vizsgálata	61

3.3.2.1. Az atomerőmű jelenlegi üzemeléséből adódó lakossági dózisok	61
3.3.2.2. Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása miatt várható változások	62
3.3.3. A lakosság egészségi állapotára gyakorolt hatások	64
3.3.4. Az élővilág sugárterhelése	65
3.3.5. Radioaktív hulladékok és kiegégett fűtőelemek keletkezése és kezelése	66
4. Az atomerőmű leszerelése	69
5. A környezeti hatások és területi kiterjedésük összegzése.....	70
6. Az országhatáron esetlegesen áttérjedő környezeti hatások vizsgálata	72
7. A meghosszabbított üzemidő alatti várható környezetterhelés csökkentésére és nyomonkövetésére vonatkozó intézkedések	73
Rövidítésjegyzék	75

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 Atomerőműben az üzemelés kezdete óta számos biztonságnövelő intézkedés, modernizációs program valósult meg.

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 ezáltal meghatározó a magyarországi klímasemlegességi célok eléréséhez.

Az atomerőmű eredetileg 30 évre tervezett üzemideje meghosszabbításának lehetőségét – a nemzetközi trendeknek megfelelően – az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a 2000-es évek elején kezdte vizsgálni, műszaki-tudományos és gazdasági háttérintézmények bevonásával. Az elvégzett részletes megvalósíthatósági vizsgálatok kedvező eredményei alapján 2003-ban született döntés az atomerőmű első 20 éves üzemidő-hosszabbításáról. Az atomerőműben alkalmazott üzemeltetési és karbantartási gyakorlat, a szerkezetek és rendszerelemek robosztus konstrukciója, illetve az elvégzett felújítások és biztonságnövelő intézkedések eredményeként az erőmű állapota lehetővé tette a 30 éven túli biztonságos üzemelést. A környezetvédelmi, nukleáris és villamosenergia-ipari engedélyezési eljárásokat magába foglaló engedélyezési folyamat egyik első lépéseként környezeti hatásvizsgálati eljárásra került sor.

Az atomerőmű első üzemidő-hosszabbítására vonatkozó, 2006-ban elkészített környezeti hatástanulmány megállapította, hogy az üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi szempontból megvalósítható. Az atomerőmű blokkjainak az eredetileg tervezett 30 éves üzemidőn túli 20 évvel történő üzemeltetésére a Dél-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. részére 2006 októberében adott környezetvédelmi engedélyt. A jelenleg hatályos környezetvédelmi engedély blokkonként került kiadásra, amelyek 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 50 (30+20) éves üzemidőn túli, további üzemidő-hosszabbítás lehetőségével. Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. vállalati stratégiája keretében 2019-ben indult el a további üzemidő-hosszabbítás lehetőségének vizsgálata, majd 2020-ban megalapozó elemzés készült a jogi, műszaki és gazdasági megvalósíthatóságra vonatkozóan. 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 azonban 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.

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 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 vizsgálati programok végrehajtását, valamint 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 Atomerőmű mint létesítmény élettartamát azok a szerkezetek és rendszerelemek határozzák meg, amelyek nem cserélhetők, nem felújíthatók, vagy az ezzel járó költségek és leállási idő olyan nagy lenne, hogy műszaki-gazdasági értelemben az nem ésszerű. Az elvégzett anyagvizsgálati, elemzési, karbantartási eredmények alapján a nukleáris biztonság szempontjából legfontosabb berendezések 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 öregedéskézelési, 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.

Az atomerőművek üzemidő-hosszabbítására vonatkozó nemzetközi gyakorlatot is figyelembe véve a Paksi Atomerőmű további üzemeltetésére vonatkozó műszaki és környezetvédelmi vizsgálatok 20 éves további üzemidő-hosszabbítással, azaz összesen 70 éves teljes üzemidővel számolnak.

A hatályos törvényi szabályozás alapján új atomerőmű létesítése esetén kötelező, üzemelő atomerőmű üzemidő-hosszabbításához viszont nem szükséges az Országgyűlés előzetes elvi jóváhagyása. Az Országgyűlés tájékoztatása ennek ellenére a Paksi Atomerőmű első üzemidő-hosszabbítása előkészítésének megkezdéséről is megtörtént.

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 elfogadta és tudomásul vette az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítását, ami 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 (OAH) 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 környezetvédelmi engedély birtokában végezhető. A környezeti hatásvizsgálat eredményeit a kérelmezőnek Környezeti hatástanulmányban kell bemutatnia. A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításához a Baranya Vármegyei Kormányhivatal (BVMKH) mint illetékes környezetvédelmi hatóság által lefolytatott környezeti hatásvizsgálati eljárás alapján, az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. részére kiadott környezetvédelmi engedély szükséges.

Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása esetében a környezetvédelmi engedélyezési eljárást megelőzően a jogszabály ún. előzetes konzultáció lefolytatására biztosít lehetőséget a kérelmező részére a környezetvédelmi hatóság és az érintett közigazgatási szervek véleménye, valamint a nyilvánosság észrevételeinek megismerésére érdekében. Az érintett nyilvánosságba beleértendő az országhatáron áterjedő környezeti hatások vizsgálatáról szóló, Espoóban (Finnország), 1991. február 26. napján aláírt egyezmény kihirdetéséről szóló 148/1999. (X. 13.) Korm. rendelet szerint az előzetes konzultáció során értesített országok nyilvánossága 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 a BVMKH-nál, a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 4. számú melléklete szerinti tartalmi követelményeknek megfelelő dokumentum (Előzetes konzultációs dokumentum) benyújtásával. Az előzetes konzultáció kérelmezésének célja az volt, hogy a környezeti hatástanulmány kidolgozására a környezetvédelmi hatóság, valamint a bevont közigazgatási szervek véleményének, illetve a nyilvánosság észrevételeinek figyelembevételével kerülhessen sor.

A BVMKH az előzetes konzultációt lezáró, 383-100/2024. ügyiratszámú, 2024. október 24-én kiadott véleményében megállapította, hogy az atomerőmű további üzemidő-hosszabbításával kapcsolatban a környezetvédelmi engedélyezést kizáró ok nem merült fel. A környezetvédelmi hatóság a véleményében rögzítette, hogy az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása a jogszabályi előírások alapján környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenység, 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, a Kormányhivatal előzetes konzultációt lezáró véleményében megfogalmazott követelmények figyelembevételével.

Tekintettel arra, hogy az atomerőmű a 148/1999. (X. 13.) Korm. rendelettel kihirdetett Espooi Egyezmény I. Függelékében, a várhatóan jelentős országhatáron áterjedő 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 érdekelt külföldi felek értesítése. A külföldi érdekelt felekkel való kapcsolattartás a környezetvédelemért felelős minisztérium feladata.

Az előzetes konzultáció megindulásáról a BVMKH tájékoztatta az illetékes Energiaügyi Minisztériumot, lehetőséget biztosítva ezáltal a külföldi érdekelt felek számára az előzetes konzultációs eljárásban történő részvételt. Az Energiaügyi Minisztérium 2024. október 30-án – a Paks II. Atomerőmű esetében lefolytatott nemzetközi hatásvizsgálati eljárás során értesített országok figyelembevételével, azaz a Magyarországgal szomszédos országoknál jóval szélesebb körben és függetlenül a lehetséges áterjedő hatások korlátozott voltától – 31 külföldi felet értesített (a Magyarországgal szomszédos országok, valamennyi EU tagállam, továbbá az Egyesült Királyság, Norvégia és Svájc). 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 további üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi engedélyezési eljárásával kapcsolatos feladatok végrehajtására 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 irányított 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 környezetvédelmi szakmai feladatok felügyeletére Környezetvédelmi Szakértői Testületet hozott létre, amelynek tagjai a vonatkozó szakterületek magyarországi elismert tudományos szakértői.

Jelen dokumentum a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása környezetvédelmi engedélyezését megalapozó, az elvégzett környezeti hatásvizsgálat eredményeit bemutató Környezeti hatástanulmány közérthető összefoglalója.

Az összefoglalót az MVM ERBE Zrt. és az AFRY SOM System Kft. közreműködésével az AFRY ERŐTERV Zrt. készítette, a hatásvizsgálatban közreműködő szakmai szervezetek vizsgálati eredményeinek felhasználásával.

1.2. A tervezett tevékenység meghatározása

A tervezett tevékenység a négy VVER-440/213 típusú, nyomottvizes, könnyűvíz moderátorú, termikus reaktorblokkal üzemelő Paks Atomerőmű üzemidejének, azaz a villamosenergia-termelő tevékenységének további 20 évvel történő meghosszabbítása. Az atomerőmű 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 tevékenység helye Magyarország, Tolna vármegye, Paks város közigazgatási területe (7030 Paks, hrsz.: 8803/17.), a Paks Atomerőmű meglévő telephelye.

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 környezetvédelmi engedély – blokkonként meghatározott – érvényességének vége az 1.2-1. táblázat szerint. A további üzemidő-hosszabbítás blokkonkénti időtartama az MVM Paks Atomerőmű Zrt. szándéka szerint az adott blokk meghosszabbított üzemideje utolsó évének végéig tart.

1.2-1. 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.

A Paks 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. Az atomerőmű üzemeltetése a további üzemidő-hosszabbítás időszakában is alaperőműként, folyamatos és közel egyenletes terheléssel tervezett, a blokkok leállítására csak az időszakos karbantartások alkalmával tervezetten és ütemezetten kerül sor.

Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítására vonatkozó környezeti hatásvizsgálat az erőmű mind a négy blokkjára vonatkozik, beleértve az üzemidő-hosszabbítás megvalósításához tervezett előkészítő tevékenységeket is. A bemutatott vizsgálatok az atomerőmű négyblokkos üzemére vonatkozóan kerültek elvégzésre.

A számításba vett és vizsgált változat kizárólag a meglévő atomerőmű üzemidejének további meghosszabbítása a meglévő telephelyen és technológiával, más telepítési, technológiai vagy egyéb változatok jelen esetben nincsenek. Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának megvalósítása mellett a jogszabály szerinti változatként csak az atomerőmű blokkjainak további üzemidő-hosszabbítás nélküli leállítása, a villamosenergia-termelési tevékenységének felhagyása értelmezhető a jelenleg engedélyezett 50 éves üzemidő végén.

1.3. A tervezett tevékenység célja, indoklása

A tervezett tevékenység célja az MVM Paks Atomerőmű Zrt. által a Paks Atomerőmű üzemeltetésével jelenleg is végzett kereskedelmi célú villamosenergia-termelés fenntartása az erőmű meglévő négy reaktorblokkjának további 20 éves üzemeltetésével. A Paks 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, mint 40%-át (az utóbbi időszakban közel 48%-át) a Paks 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 további üzemidő-hosszabbítás 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 elérje a teljes klímasemlegességet, azaz az üvegházhatású gázok még fennmaradó hazai kibocsátása, valamint elnyelése a 2050. évre egyensúlyba kerül.

A földgáz energiahordozó tekintetében az EU kiszolgáltatót 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 kizáró 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. Atomerőmű üzembe lépésével ez az arány hosszú távon is fenntartható.

A további üzemidő-hosszabbítás 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. Atomerőmű 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 további üzemidő-hosszabbítás projekt által további 20 évre biztosítani szándékozott évi 16 TWh mennyiségű karbonsemleges zsinóraram továbbra is rendelkezésre álljon.

A klímapolitikai célok teljesítése az ellátásbiztonsági célokkal – többek között – a paksi további üzemidő-hosszabbítás 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 zsinóraram-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, trolis) 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 megújulóakra 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 indokoltóság és költséghatékonyság

A villamosenergia-piacon az atomerőműveknek versenyképesnek kell lenniük. A további üzemidő-hosszabbítás 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 további üzemidő-hosszabbítás 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 áráról. 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 árambehozattal 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 infrastruktúrális 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 további üzemidő-hosszabbítás megalapozó tevékenységek körébe tartozik a Paksi Atomerőmű tovább-üzemeléséhez kötődő környezeti hatások jelen vizsgálata is, melynek célja a további üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi szempontú megvalósíthatóságának részletes értékelése, illetve a szükséges környezetvédelmi engedély kérelmezése.

1.4. A kérelmező MVM Paksi Atomerőmű Zrt. bemutatása, azonosító adatai

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítására vonatkozó környezetvédelmi engedély kérelmezője az MVM Paksi Atomerőmű Zrt., azonosító adatai, elérhetőségei az alábbiak:

Megnevezés:

Rövidített név:

Teljes név:

MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

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

Tájékoztató és Látogatóközpont:

+36 (75) 507-432

uzemlatogatas@npp.hu

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a tevékenységéből eredő környezetterhelés észszerűen elérhető legkisebbre történő csökkentése, az előírások betartása érdekében MSZ EN ISO 14001:2015 szabványnak megfelelő környezetközpontú irányítási rendszert működtet, amelyet rendszeresen tanúsítat. A társaság által megfogalmazott integrált irányítási politika szerint elkötelezett a környezetkímélő villamosenergia-termelés, a környezet védelme, az éghajlatváltozás lényeges tényezőként történő figyelembevétele, a környezetszennyezés megelőzése, a környezeti teljesítmény növelése, valamint a működési kockázatok csökkentése iránt.

A MVM Paks Atomerőmű Zrt. a környezetvédelmi tevékenységéről, illetve az általa kitűzött környezeti célokról és azok megvalósításáról 2001 óta az éves környezetvédelmi jelentésekben¹ számol be, 1995 óta Tájékoztató és Látogatóközpontot² működtet, valamint szervezett csoportos látogatásokra is lehetőséget biztosít.

1.5. Az atomerőmű üzemidő-hosszabbítás nemzetközi 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 PWR³ és VVER⁴) 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 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 erővel dolgozik az üzemidő-hosszabbításon. Ott az atomerőművek üzemidő-hosszabbításának engedélyezése egy sajátos, kétlépcsős folyamatban zajlik. A francia

¹ <https://atomeromu.mvm.hu/Rolunk/Kozerdeku/Jelentesek>

² <https://atomeromu.mvm.hu/hu-HU/Latogatoknak/TajekoztatoEsLatogatokozpont>

³ Pressurized water reactor – nyomottvizes atomreaktor.

⁴ Vízzel moderált, vízűtésű energetikai reaktor.

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 ukrain 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 jelenleg 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.

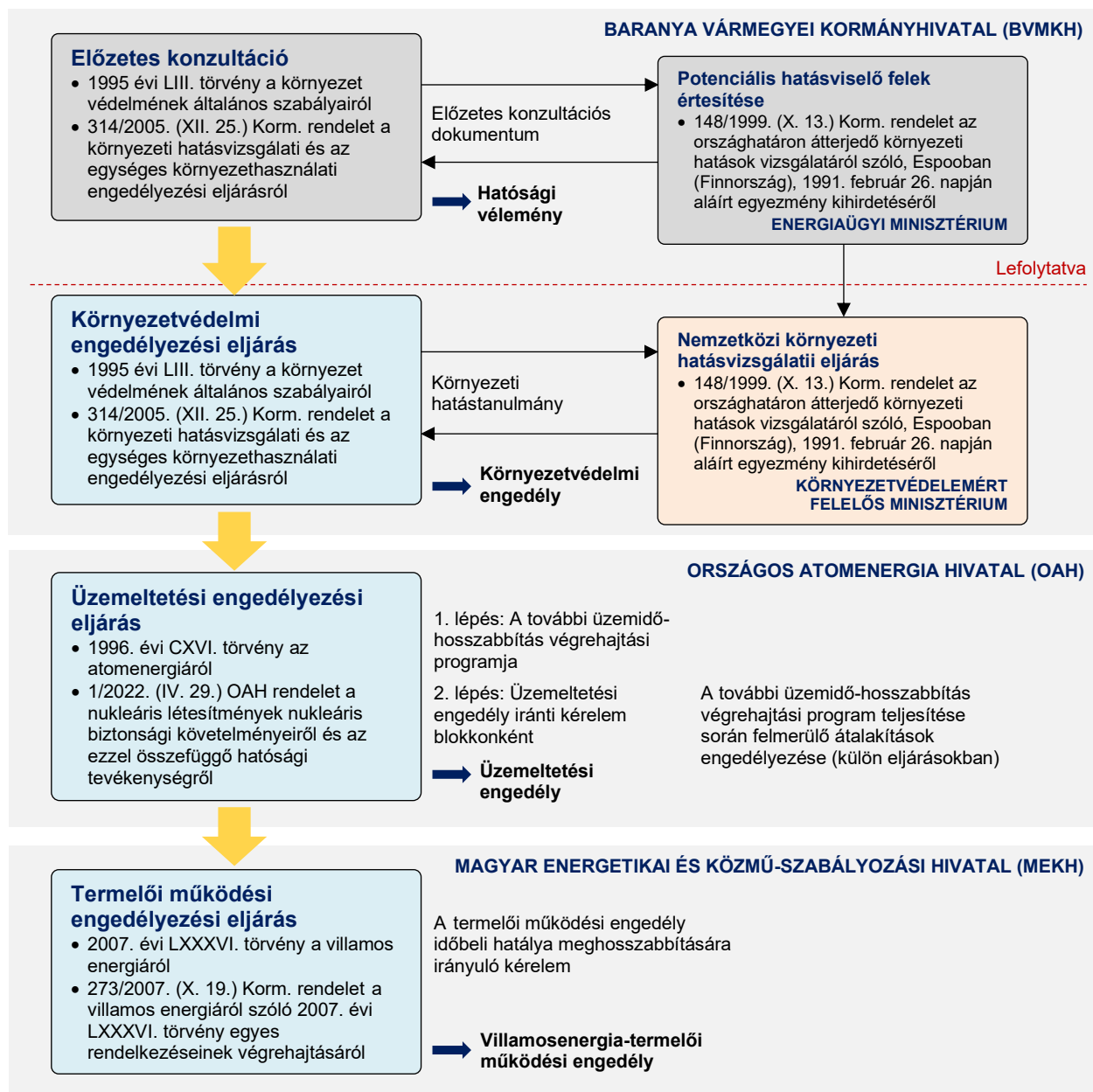
Finnországban a Fortum vállalat üzemeltetésében lévő Loviisa Atomerőmű VVER-440-es blokkjai 2050-ig kaptak további üzemeltetési engedélyt a finn kormánytól, ez 70 éves teljes üzemidőt jelent. A biztonság és stabilitás fenntartására egy 1 milliárd eurós, 10 fő elemből álló modernizációs programot hajtanak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

1.6. A további üzemidő-hosszabbításhoz szükséges engedélyezési eljárások

Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbításához a környezetvédelmi engedélyezési eljárás mellett az OAH hatáskörébe tartozó nukleáris biztonsági engedélyezési eljárás lefolytatása is szükséges, valamint az atomerőmű villamosenergia-termelői működési engedélye időbeli hatályának meghosszabbítását is kérelmezni kell a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatalnál (MEKH). A teljes engedélyezési folyamatról, annak jogszabályi háttéréről az 1.6-1. ábra ad áttekintést.



1.6-1. ábra: Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának engedélyezési folyamata

Környezetvédelmi engedélyezési eljárás

A környezet védelmének általános szabályairól szóló, 1995 évi LIII. törvény 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 hatásvizsgálat köteles tevékenységek esetében kérelmezhető előzetes konzultáció 2024 szeptember-október folyamán került lefolytatásra a BVMKH-nál mint illetékes környezetvédelmi hatóságnál. A környezetvédelmi hatóság a konzultációba bevont közigazgatási és egyéb szervek észrevételeinek figyelembevételével adta meg az előzetes konzultációt lezáró véleményét. A hatósági vélemény tartalmazza a környezeti hatástanulmány kidolgozásához kapcsolódó – a jogszabályi előírások szerinti általános követelmények mellett – elvégzendő további feladatokat, illetve szempontokat melyek figyelembevételével került kidolgozásra a környezeti hatástanulmány.

Az atomerőművek üzemeltetése az országhatáron áterjedő 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 áterjedő környezeti hatást idézhet elő. Az előzetes konzultációhoz kapcsolódóan az Energiaügyi Minisztérium értesítést küldött az érdekelt külföldi felek részére a tervezett tevékenységről, illetve a folyamatban lévő eljárásról.

Tekintettel arra, hogy – az 1.1. fejezetben bemutatottak szerint – több ország is jelezte a hatásvizsgálati eljárásban való részvételi szándékát, az eljárást az Espooi Egyezmény előírásai figyelembevételével kell tovább folytatni (nemzetközi környezeti hatásvizsgálati eljárás). Ennek során a környezeti hatástanulmány és a kapcsolódó dokumentumok megküldésre kerülnek a külföldi érdekelt felek részére, valamint az érdekelt külföldi felek tájékoztatása és véleménye megismerése érdekében konzultáció kerül lefolytatásra. A környezetvédelmi hatóság a környezetvédelmi engedély tárgyában meghozott döntéséhez figyelembe veszi a nemzetközi eljárásban a külföldi érdekelt felektől kapott véleményeket, észrevételeket.

Üzemeltetési engedélyezési eljárás

Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvényben megfogalmazottak szerint az atomenergia-felügyeleti szerv, azaz az OAH hatáskörébe tartozik a nukleáris létesítmény tervezett üzemidőn túli üzemeltetést követő további üzemeltetéséhez szükséges nukleáris biztonsági engedélyezés. A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet értelmében a nukleáris biztonsági hatóság, az OAH által kiadott üzemeltetési engedély szükséges az atomerőmű további üzemidő-hosszabbításához. A környezetvédelmi engedély megszerzése előfeltétele a további üzemidő-hosszabbításra vonatkozó nukleáris biztonsági (üzemeltetési) engedély kiadásának.

A nukleáris biztonsági engedélyezési eljárás kétlépcsős. Az eljárás első lépcsőjeként, 4 évvel az 1. blokk üzemeltetési engedély lejárta előtt benyújtásra kerül az OAH részére a Paks Atomerőmű 1-4. blokki további üzemidő-hosszabbítás végrehajtási programja, a további üzemidő-hosszabbítási szándék hivatalos bejelentésével egyidejűleg. A végrehajtási program 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 OAH a végrehajtási programot – amennyiben az megfelel az OAH rendeletében foglalt követelményeknek – jóváhagyja, és annak végrehajtását ellenőrzi. A további üzemidő-hosszabbítás végrehajtási programjának teljesítése során felmerülő átalakítások elvégzéséhez szükséges engedélyeket a hatályos üzemeltetési engedély fennállása alatt, a vonatkozó tevékenység engedélyezésére irányadó szabályok szerint külön kell beszerezni.

Az eljárás második lépcsőjében, 1 évvel az adott blokk üzemeltetési engedély lejárta előtt, blokkonként külön-külön a további üzemidő-hosszabbítás időszakára vonatkozó üzemeltetési engedély iránti kérelmek kerülnek benyújtásra az OAH-hoz. Az engedélyt megalapozó dokumentáció tartalmazza a blokkok tervezési alapjának felülvizsgálatát, az erőmű átfogó, illetve a konkrét rendszerelemei öregedéskézelési programjainak felülvizsgálatát, illetve kidolgozását, az erőmű műszaki állapotának felmérését, a további üzemelésre való alkalmasság igazolását, valamint az elemzések eredményei alapján szükséges intézkedéseket.

Az elvégzendő felülvizsgálatok és elemzések a környezetvédelmi engedélyezéssel részben párhuzamosan, illetve a további üzemidő-hosszabbítás előkészítés időszakában folyamatosan kerülnek végrehajtásra. Az OAH a tervezett további üzemidő-hosszabbítását az engedélyes kérelmére kiadott új üzemeltetési engedélyben engedélyezi.

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 további üzemidő-hosszabbítás megalapozásához igazolni kell, hogy a rendszerelemek állapota lehetővé teszi a további üzemelést. Az atomerőmű rendszerei és építési szerkezetei állapotának ellenőrzése már az üzembe helyezéstől kezdve folyik. 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. 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.

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 további üzemidő-hosszabbítás előkészítése során ezek a programok felülvizsgálatra kerülnek, szükség esetén új programok kerülnek kidolgozásra. Ezen programok alkalmasságának igazolása képezi a további üzemidő-hosszabbításhoz szükséges engedélyezési dokumentáció egyik fontos fejezetét. Az öregedéskezelési programok alkalmasságának igazolása során sor kerül a korábbi öregedéskezelési gyakorlat teljes körű felülvizsgálata is, a már meglévő programok szükség szerinti módosításával, illetve néhány esetben újak készítésével.

A Paksi Atomerőmű élettartamát azok a szerkezetek és rendszerelemek (pl. reaktortartály, gőzfejlesztők) 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 ésszerű. A további üzemidő-hosszabbítás 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 egyike esetében 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.

A további üzemidő-hosszabbítás 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 végrehajtására elsősorban a tervezett főjavítások, illetve a biztonsági rendszerek üzem közbeni karbantartása alkalmával kerül sor.

Termelői működési engedélyezési eljárás

A villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény értelmében az atomerőmű villamosenergia-termelése a MEKH által kiadott villamosenergia-termelői működési engedély birtokában végezhető. A termelői működési engedély időbeli hatályát atomerőmű esetében legkorábban az engedély lejártá előtt öt évvel lehet meghosszabbítani. A termelői működési engedély időbeli hatálya meghosszabbítására irányuló kérelmet legkésőbb az engedély lejártá 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.

2. Az atomerőmű telephelye, a nukleáris energiatermelés technológiája

2.1. Az atomerőmű telephelye és környezete

A Paksi Atomerőmű telephelye Magyarország dél-dunántúli régiójában, 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 (2.1-1. ábra). 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.

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:
Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. által üzemeltetett 1-4. blokk, a hozzá kapcsolódó turbinagépház, vízkivételi mű, az ezek kiszolgálásához szükséges segédberendezések, rendszerek, a hideg- és melegvíz-csatorna, valamint iroda-, karbantartó- és raktárépületek helyezkednek el ezen a területrészen.
- A Paks II. Atomerőmű 5-6. blokk területe:
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 Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolójának (KKÁT) üzemi területe:
Az 1-4. blokk üzemi területétől délnyugatra található területen helyezkedik el a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (RHK Kft.) mint a nukleáris létesítmény engedélyese által fenntartott KKÁT, illetve az ahhoz kapcsolódó egyéb épületek, építmények.

Az erőmű telephelyét és közvetlen környezetét műholdfelvételen – a Paks II. Atomerőmű építési területének és a KKÁT területének feltüntetésével – a 2.1-2. ábra mutatja. Az ábrán feltüntetésre került továbbá a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása előkészítése részeként kialakítani tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúcshűtő rendszer építményeinek, berendezéseinek telepítési területe is. Ez utóbbi létesítésére a Paksi Atomerőmű és Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének időszakában a – Dunából kivett, felmelegedett hűtővíz folyóba való visszavezetését megelőző – hűtés biztosítása érdekében, a Duna hőterhelésnek csökkentése céljából van szükség (A tervezett átalakítás műszaki ismertetése a 2.4. fejezetben található.)



2.1-1. ábra: A Paksi Atomerőmű telephelye és környezete

A Paksi Atomerőmű 1-4. blokk üzemi területe az MVM Paksi Atomerőmű Zrt., a Paks II. Atomerőmű területe a Paks II. Atomerőmű Zrt. tulajdona. A tényleges üzemi területeken kívül a tartalék üzemi terület, a halastavak, a megközelítési útvonalak és az erdők külső területeknek tekinthetők.

A Paksi Atomerőmű területét biztonsági övezet veszi körül, amely a nukleáris létesítmény és a radioaktív hulladék-tároló biztonsági övezetéről szóló 246/2011. (XI. 24.) Korm. rendelet alapján az OAH által határozatban került kijelölésre.

A biztonsági övezet földfelszíni távolsága az atomerőmű legkülső technológiai védelmet jelentő falának síkjától számítottan 500 m. Szintén 500 m-es biztonsági övezet került kijelölésre a Paksi Atomerőművel szomszédos KKÁT és Paks II. Atomerőmű területe körül is. A biztonsági övezetekben a kormányrendelet szerinti korlátozások érvényesek.



2.1-2. ábra: A Paksi Atomerőmű telephelye és környezete műholdfelvételen, a Paks II. Atomerőmű építési területének és a KKÁT területének feltüntetésével

2.2. A paksi telephelyen meglévő és tervezett egyéb nukleáris létesítmények

A Paksi Atomerőmű üzemi területével közvetlenül szomszédos, attól délnyugatra lévő területen helyezkedik el az RHK Kft. által fenntartott KKÁT. A Paksi Atomerőmű 1-4. blokk területétől északra, az azzal közvetlenül szomszédos terület a Paks II. Atomerőmű Zrt. beruházásában épülő Paks II. Atomerőmű 5-6. blokkok elhelyezésére kijelölt terület.

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 (2.2-1. ábra). Az átszállításhoz a kiégett kazettákat – egyszerre maximum 30 darabot – az atomerőműben vízzel töltött szállítókonténerbe helyezik. A konténert vasúti szerelvénnel, erre a célra kialakított felépítménnyel rendelkező vasúti teherkocsin szállítják át az atomerőművel szomszédos átmeneti tárolóba.



2.2-1. ábra: A KKÁT és a Paksi Atomerőmű főépületei

A KKÁT egy moduláris, kamrás típusú, passzív hűtési elven működő átmeneti tároló, mely a kiégett fűtőelem-kazetták száraz tárolását biztosítja. A tároló létesítmény fogadó épületét 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 fűtőelem-kazetták keletkezési ütemével összhangban bővítik. 2025-ig bezárólag összesen 28 tárolókamrát helyeztek üzembe. Az átmeneti tárolás a jelenlegi tervek szerint legalább 50 évet jelent.

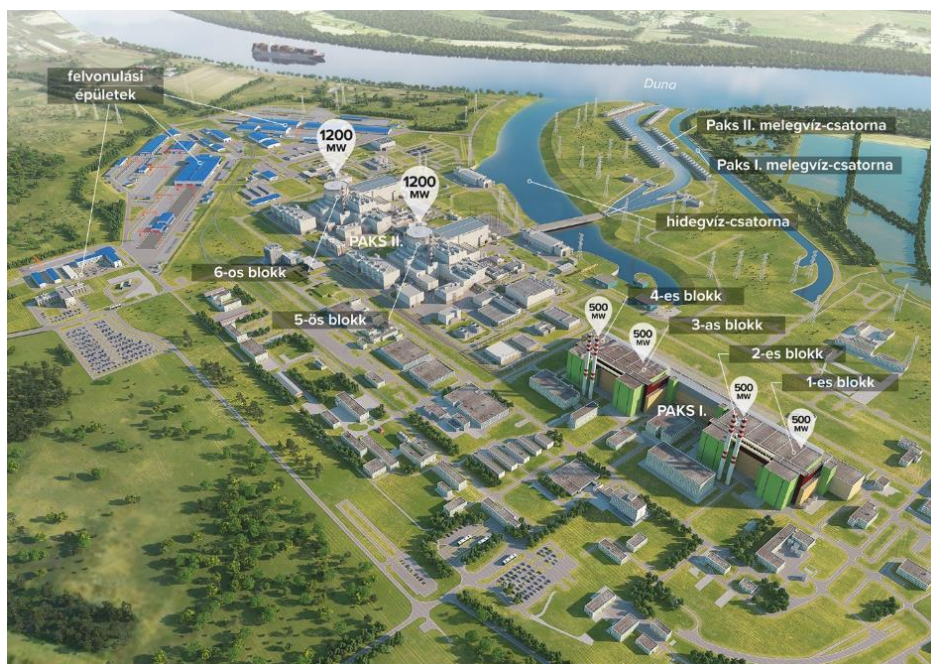
A 2025. év végi adatok alapján 11 317 db kiégett fűtőelem-kazettát tárolnak a létesítményben. A tároló létesítmény tervezett és engedélyezett tárolókapacitását a Paksi Atomerőmű első 20 éves üzemidő-hosszabbítása során keletkező kiégett fűtőelem-kazetták számának figyelembevételével alakították ki. Ennek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

A 20 éves további üzemidő-hosszabbítás során keletkező közel 7800 kiégett fűtőelem-kazetta átmeneti tárolását az RHK Kft. a KKÁT jelenlegi telephelyén belül tervezi megvalósítani. Ennek előkészítése – beleértve a környezetvédelmi engedélyezését is – már 2025-ben megkezdődött.

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 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. Atomerőmű saját vízkivételi műveinek szivattyúi emelik ki. A felmelegedett hűtővíz a Paks II. Atomerőmű saját melegvíz-csatornáján keresztül kerül a folyóba visszavezetésre.

A felmelegedett hűtővíz Dunába való visszavezetése előtti hűtésének lehetőségét hűtőcellasorokból álló ún. csúcshűtő rendszer biztosítja. A Paks II. Atomerőmű látványterve a Paksi Atomerőmű épületeinek feltüntetésével a 2.2-2. ábrán látható.



2.2-2. ábra: A Paks II. Atomerőmű látványterve

2.3. A villamosenergia-termelés technológiája, létesítményei

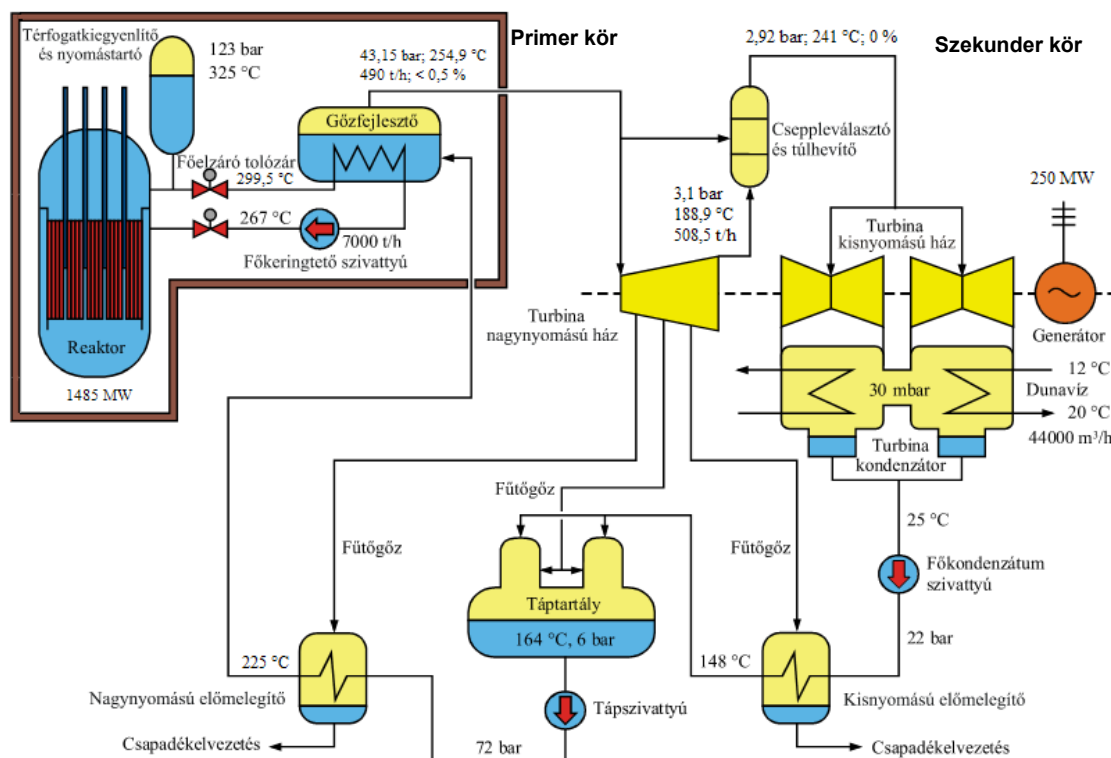
A Paksi Atomerőmű üzemeltetése a további üzemidő-hosszabbítás időszakában a jelenleg is alkalmazott erőművi technológiával, termelőkapacitással és anyagfelhasználási jellemzőkkel tervezett, a meglévő villamosenergia-termelő berendezések, illetve infrastruktúra további használatával. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítésével kapcsolatos műszaki elemzések, megvalósíthatósági vizsgálatok eredményeként azonban az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. néhány olyan műszaki-technológiai átalakítást is tervbe vett, amelyek megvalósításból, illetve az átalakított rendszerek üzemeltetéséből eredő környezeti hatásokat a hatásvizsgálatban elemezni és értékelni kellett. Ezek a tervezett műszaki átalakítások a 2.4. fejezetben kerülnek részletesen ismertetésre.

A Paksi Atomerőmű – a várható környezeti hatások szempontjából lényeges – fő technológiai berendezései és feladataik a további üzemidő-hosszabbítás miatt alapvetően nem változnak, működési időtartamunk azonban meghosszabbodik. A meglévő berendezések további üzemeltethetőségének műszaki feltételeit a jelenleg is folyamatosan végzett állapotfenntartási, illetve rekonstrukciós tevékenységek teremtik meg.

2.3.1. A Paksi Atomerőmű technológiája és fő műszaki jellemzői

A Paksi Atomerőműben négy VVER-440/213 típusú reaktor működik két ikerblokkos kiépítéssel. A VVER elnevezés a „víz-vizes energetikai reaktor” rövidítéséből adódik. A „440” szám az atomerőművi blokk eredeti 440 MW-os névleges villamos teljesítményére utal (az erőmű összesített villamos teljesítménye így 1760 MW-ra adódott), a „213” szám pedig a reaktor típuszáma. 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 Paksi Atomerőmű összesített névleges villamos teljesítménye ezáltal 2026,6 MW-ra emelkedett.

A reaktorblokkok 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 a radioaktív primer körből és a nem radioaktív szekunder körből állnak. Az atomerőművi blokkok főberendezéseinek sematikus ábrája, az erőművi körfolyamat elvi működése a 2.3.1-1. ábrán látható.



2.3.1-1. ábra: Az atomerőművi villamosenergia-termelésben részt vevő főberendezések sematikus ábrája

Az atomerőművi blokk reaktorának aktív zónájában elhelyezett fűtőelemek urán-dioxid fűtőanyagában lévő ^{235}U izotópok termikus neutronok által előidézett hasadása eredményeképpen keletkező energiát a primer kör hűtőközege (magas nyomású és hőmérsékletű víz) veszi fel. A primer hűtőkörben a vizet nagy nyomáson tartják, emiatt az még a magas üzemi hőmérsékleten sem forr fel. A felmelegedett primer körű vizet a gőzfejlesztőbe vezetik, amelynek kis átmérőjű csöveiben átadja hőjét a szekunder kör vizének. A szekunder hűtőkörben levő víz nyomása sokkal alacsonyabb, mint a primer körben lévőé, emiatt a gőzfejlesztőben a felmelegedett víz felforr. Innen kerül (cseppléválasztás 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 szekunder kör vize nem keveredik egymással, a hűtőközegbe került radioaktív anyagok a primer körben maradnak, nem kerülnek a turbinába és a kondenzátorba. A szekunder körű gőzfázisú hűtőközeg a hő mechanikus energiává való átalakításával hűl le, a maradék hő pedig a kondenzátorok folyóvíz oldali melegítésével adja le, melyet a Duna vizével hűtenek le. A felmelegedett hűtővizet visszavezetik a Dunába.

Az atomerőmű alaperőműként, viszonylagosan egyenletes terheléssel üzemel. A termelt villamos energia 400, illetve 120 kV-os feszültségszinten kapcsolódik az országos villamosenergia-rendszerre.

A nyomottvízes technológiát használó (PWR) reaktoroknál a hűtővíz a reaktort is magába foglaló, zárt primer körben kering, közvetlen kapcsolata a külvilággal nincs. A primer kör 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 csővezeték tartozik. A reaktortartály feladata az aktív zónában megvalósuló szabályozott, önfenntartó nukleáris láncreakció révén termelt hőenergia biztonságos előállítása és átadása a primer körnek. A reaktortartály függőleges elhelyezésű, hengeres edény elliptikus fedéllel és fenékkal.

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 rúd. A zóna átmérője 2,66 m, magassága 2,5 m. A fűtőelem kötegeket alul a kosárfenek, felül a védőcsőblokk alsó lemeze rögzíti, biztosítva azok rezgésmentes megfogását.

A Paksi Atomerőműben alacsony dúsítású keramikus urándioxid üzemanyagot használnak. A fűtőelem kötegek a VVER-440/213 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.

A Paksi Atomerőmű üzemeltetéséhez szükséges üzemanyag beszállítását és készletezését a négy blokk üzembe helyezése óta – az orosz tervek szerint létesített atomerőműhöz – orosz beszállító, a TVEL biztosította és biztosítja jelenleg. Az atomerőmű – a nukleáris üzemanyag felhasználás fejlesztési stratégiájának megfelelően, ellátásbiztonsági szempontokat is szem előtt tartva – még a további üzemidő-hosszabbítás megkezdését megelőzően megkezdte az üzemanyag beszerzési forrás bővítését további két gyártó (a francia-orosz Framatome-TVEL közös vállalat és az amerikai Westinghouse cég) bevonásával. A további két beszállító esetében a Framatome-TVEL közös vállalat nem módosítja a beszállított kazetták paramétereit. Ezeknél a fűtőelem-kazettáknál részben más beszállítótól (közös vállalattól) származó, de a jelenleg engedélyezett kazettatípusokkal teljes mértékben azonos paramétű fűtőelem-kazetta beszerzéséről van szó, amely a környezetvédelmi engedélyezés szempontjából csak a beszállító cég megnevezését érinti. A Westinghouse által gyártott fűtőelem-kazetták esetében kisebb mértékben változnak a műszaki paraméterek, amelyeket a gyártó és a Paksi Atomerőmű szakemberei közösen határoztak meg. A jelenleg alkalmazott TVEL fűtőelem-kazettákhoz 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.

A főkeringtető kör (főkeringtető vezeték és a főelzáró tolózár) feladata, hogy a reaktor aktív zónájában keletkező hőenergia révén felmelegedett primer körű hőhordozót elvezesse a reaktor kilépő csővezetékén a gőzfejlesztőhöz, onnan a lehűlt közeget a főkeringtető szivattyúhoz, majd a reaktor belépő csővezetékéhez juttassa vissza. A hurok hideg és meleg ágában elhelyezett főelzáró tolózárak feladata szükség esetén a hurok gőzfejlesztőt és a főkeringtető szivattyút tartalmazó részének leválasztása a reaktorról. A főkeringtető szivattyú feladata a primer körű hőhordozó keringtetése a reaktoron, a primer körű hurokokon és a gőzfejlesztőkön keresztül, így biztosítva a reaktorban keletkező hőenergia elszállítását a gőzfejlesztőbe, valamint a fűtőelem-kazetták hűtését.

A gőzfejlesztő feladata a reaktorban megtermelt hőenergia átadása a szekunder körű 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 primer körű hőhordozó a csőkötegeken belül áramlik, amelyek a primer körű hűtőközegből a szekunder körű hűtőközegbe történő hőátadással biztosítja a szekunder oldali száraz telített gőz előállítását, valamint hermetikusan elválasztja a radioaktív, zárt primer kört a szintén zárt szekunder körtől.

A térfogat-kiegyenlítő és nyomástartó rendszer feladata a nyomás létrehozása a blokk indításakor és a kör állandó nyomáson tartása ún. stacioner (állandó) üzemmódban, valamint a nyomás

ingadozások korlátozása átmeneti üzemmódokban. A nyomástartás mellett a térfogat-kiegyenlítő fontos feladata a primer köri víztérfogat szabályozása.

A szekunder kör feladata a primer körből történő hőelvonás biztosítása a gőzfejlesztőkön keresztül, a gőzfejlesztőkben előállított, száraz telített gőz eljuttatása a két, ún. turbó gépcsoporthoz (egymáshoz kapcsolt gőzturbina és generátor) és a keletkező kondenzátum visszajuttatása a gőzfejlesztőkbe.

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 szekunder köri hőelvonás folyamatához. Egy erőműblokkhoz két turbina tartozik.

Az atomerőmű számos rendszerének és berendezésének működtetése megfelelő hűtővízellátást igényel. Az atomerőmű hűtővízrendszere a biztonságihűtővíz-rendszerből, a technológiai hűtővíz-rendszerből és a kondenzátorhűtővíz-rendszerből áll. 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 Paksi Atomerőmű négy blokkja alaperőműként az Országos Villamos Energia Rendszer számára termel villamos energiát, amelyet a 400, és a 120 kV-os alállomásokon keresztül adnak ki az országos hálózati rendszerbe. Az egy reaktorblokkhoz tartozó két főtranszformátor közös 400 kV-os blokkvezetéken keresztül csatlakozik az országos alaphálózat részét képező 400 kV-os alállomáshoz. A 400 kV-os rendszer két transzformátoron keresztül táplálja a 120 kV-os alállomást, amely a termelt energiát az országos főelosztó-hálózat felé továbbítja. A paksi alállomások a 400 kV-os országos alaphálózathoz öt különböző irányú távvezetéken, míg a 120 kV-os országos főelosztó-hálózathoz transzformátorokon és hét távvezetéken keresztül kapcsolódnak.

Az atomerőmű háziüzemi hálózatán bekövetkező váratlan meghibásodás, feszültségkimaradás esetén az adott blokkhoz tartozó dízelgenerátor gépegységek automatikusan indulnak, és a biztonsági villamosenergia-ellátó hálózathoz kapcsolódva önálló energiaforrásként biztosítják az érintett technológiai rendszerek villamosenergia-ellátását. Blokkonként 3 db (az erőműben összesen 12 db) dízelgenerátor van beépítve. A dízelgenerátorok a blokk normál üzeme mellett készenléti állapotban vannak, indításukra csak a normál üzemtől eltérő üzemi állapotokban, valamint az időszakos, évi néhány órás időtartamú üzemi próbák alkalmával kerül sor.

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. Az üzemzavari dízelgenerátorok esetében az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. egy új dízelgenerátor, az ún. 1-2. blokki üzemzavari kihelyettesítő dízelgenerátor létesítéséről hozott döntést. 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 pályázatás keretében később kerül kiválasztásra.

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.

Az atomerőmű rendszereiben történő esetleges baleset esetén a balesetkezelésben érintett gépészeti, villamos és irányítástechnikai rendszerek villamosenergia-ellátására az északi és déli baleseti dízelgépházakba elhelyezett egy-egy dízelgenerátor gépegység szolgál. A baleseti dízelgenerátorok normál üzem esetén szintén az időszakos, évi néhány órás időtartamú üzemi próbák során működnek.

2.3.2. Kapcsolódó tevékenységek és létesítmények

2.3.2.1. Vízellátás, szennyvízkezelés

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 partiszűrészű 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 m³/év, a vízműutakból 200 000 m³/év.

A Paksi Atomerőmű területén kiépített szennyvízcsatorna-hálózat üzemel. Az erőmű kommunális szennyvizeinek, az egészségügyi és laboratóriumi épület hulladék vizeinek, valamint időnként a mérlegen felüli vizek fogadója és tisztítója az erőműhöz tartozó 1870 m³/nap kapacitású kommunális szennyvíztisztító. A szennyvíztisztító telep két műtárgysorból áll, melyeknél a tisztítási technológia mechanikai és totáloxidációs tartományban levezetett eleveniszapos rendszerű teljes biológiai tisztítás. A fölösiszap iszapszikkasztó ágyakra kerül.

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 sűrített iszapot az iszapvezetéken keresztül viszik az 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.

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

A vízlágyító hulladékvizeinek kezelése az erőmű ipari zagyszerének 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 m³-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.

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.

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 üzemben 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.

2.3.2.2. 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. 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 szelvényénél 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. Az atomerőmű üzemeltetéséhez kapcsolódó átlagos közúti járműforgalom a tehergépjárművek (jellemzően kisteherautó) esetében napi 450 jármű a nappali időszakban és 40 jármű éjszaka, a személygépkocsik esetében napi 1920 jármű nappal, 220 jármű éjszaka, az autóbuszok esetében 316 jármű nappal, 58 jármű éjszaka.

A paksi vasúti végállomásról az iparvágányon keresztül az erőmű telephelyét csak célszerelvények érhetik el, kizárólag eseti jellegű teherszállítási céllal, vasúton személyszállítás nem történik. A KKÁT-ban átmeneti tárolásra kerülő kiégett fűtőelem-kazetták az atomerőműből dízelmozdony által vontatott vasúti szerelvényen érkeznek az atomerőművel szomszédos KKÁT telephelyére. Fűtőelem kiszállításra az erőműből jelenleg 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 további üzemidő-hosszabbításának időszakára – az erőmű üzemeltetéséhez kapcsolódóan – a jelenleg is fennálló teher- és személyszállítási igények számottevő változással 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 nagyságrendje a jelenlegivel egyezőnek becsülhető a további üzemidő-hosszabbítás időszakára vonatkozóan is.

2.3.2.3. 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, feladatuk többek között a veszélyes anyagok, illetve hagyományos veszélyes hulladékok kezelése, szállítása, tárolása.

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

A további üzemidő-hosszabbítás előkészítésével kapcsolatos műszaki elemzések, megvalósíthatósági vizsgálatok eredménye alapján az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. műszaki-technológiai átalakításokat tervez megvalósítani, amelyek a környezeti hatásvizsgálat során a várható környezeti hatások jellege, jelentősége szempontjából elemzésre és értékelésre kerültek. A számottevő, ezért részletes vizsgálatot igénylő átalakítások az alábbiakban kerülnek összefoglalásra.

2.4.1. Alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer kialakítása

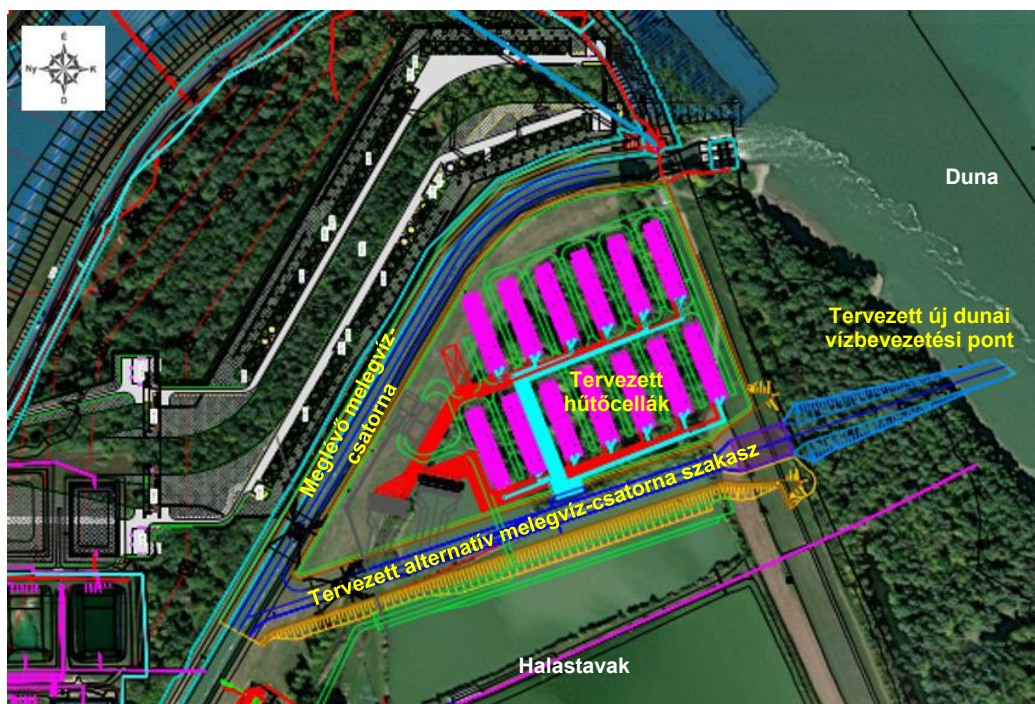
A Paksi Atomerőmű technológiai rendszereinek végső hőelvonása a Dunából vett frissvizes hűtéssel történik. A Duna jobb partjára telepített erőműhöz a hűtővizet az erre a célra kialakított hidegvíz-csatornán keresztül vezetik a blokkokhoz, majd a felmelegedett hűtővizet a melegvíz-csatornán keresztül juttatják vissza a Dunába. A Duna hőterhelésére vonatkozó – jogszabályban

rögzített – korlát szerint a bevezetési ponttól folyásirányban számolva 500 m-re a teljes keresztmetszvényben 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 termeléskiesést jelent az atomerőmű villamosenergia-termelése 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) üzembevétele 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 elemzések eredményei alapján az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a meglévő melegvíz-csatornából kiágazó alternatív melegvíz-csatorna szakasz és ehhez kapcsolódóan hűtőcellákból álló, ún. csúcshűtő rendszer létesítését tervezi. A tervezett hűtőrendszer a mesterséges huzatú hűtőcellák segítségével lehetőséget biztosít az atomerőműben a hűtési célra felhasznált, ezáltal felmelegedett Duna víz hőmérsékletének csökkentésére a folyóba visszavezetést megelőzően.

A tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz kb. 950 m hosszúságú nyomvonala a meglévő melegvíz-csatornából ágazik ki, annak jobb partján, az övcsatorna szivattyútelepét követő szakaszon (2.4.1-1. ábra). Az új melegvíz-csatorna szakasz nyomvonala az árvízvédelmi töltés és a Duna közötti hullámtéren érinti a Tolnai Duna Natura 2000 területet. Az új csatorna szakasz érinti továbbá a meglévő halastavak északi területeit.



2.4.1-1. ábra: Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a hozzá kapcsolódó csúcshűtő rendszer elrendezése

Az alternatív melegvíz-csatorna szakaszból kiemelt felmelegedett hűtővíz a hűtőcellákba jut, ahol a hűtőbetétek mentén lefolyva lehűl, majd a cellák alatti medencéből gravitációsan visszafolyik a csatornába. A hűtőcellák olyan ventilátor egységeket tartalmaznak, amelyek a cellában a hőcsere során megteremtik a szükséges légmennyiséget a hűtési hatás biztosítására. A hűtőcellák üzemeltetése szakaszos, arra csak abban az esetben kerül sor az év meghatározott időszakaiban, amikor azt a Duna víz magas hőmérséklete szükségessé teszi.

2.4.2. A kiégett üzemanyag-kezelés átalakítása

Az atomerőmű üzemidejének további meghosszabbítása alatt keletkező kiégett fűtőelemek átmeneti tárolásának biztosíthatósága érdekében az átmeneti tárolásáért felelős szervezet, az RHK Kft. által üzemeltetett KKÁT kapacitásának a bővítése is szükségessé válik. A KKÁT összesen 33 kamrás kiépítését eredetileg az atomerőmű 30 éves üzemidejét figyelembe véve 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.

Tekintettel arra, hogy a KKÁT jelenlegi, moduláris, kamrás típusú, száraz tárolási technológiával történő kapacitás-bővítésre figyelembe vehető szabad tartalékai lényegében felhasználásra kerültek, a további üzemidő-hosszabbítás időszakában keletkező többlett kiégett fűtőelem-kazetta mennyiség átmeneti tárolását új technológiára való átállással kívánják biztosítani a KKÁT jelenlegi telephelyén belül. A több mint 10 évvel ezelőtt kifejlesztett, megfelelő referencia létesítményekkel is rendelkező új technológia a Holtec International cég HI-STORM UMAX nevű rendszere. Ebben a tárolórendszerben a kiégett fűtőelem-kazetták elhelyezése egy vastag falú, hegesztéssel lezárt rozsdamentes acél tartályban (Multi-Purpose Canister (MPC) azaz többcélú tartály) történik. A több célra való utalás alatt az kell érteni, hogy ez a csomagolási egység az átmeneti tároláson túl 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 tárolótartályok kiégett üzemanyaggal való feltöltése és lezárása az atomerőműben történik, majd a KKÁT területére – az MPC-k szállítására kialakított speciális konténerben – való átszállítást követően a tartályok földfelszín alatt kialakított beton tárolószerkezetben kerülnek elhelyezésre.

A tárolótartályok felöltése és kiszolgálása lényegében a kiégett fűtőelemek KKÁT-ba kiszállítására jelenleg használt C30 konténernél alkalmazott technológiához hasonló módon történik majd, kiegészítve azt a tartály hegesztéssel történő lezárásával, a tartályban lévő víz leürítésével, majd a kazetták szárításával és inert gázzal való feltöltésével, végül ez utóbbi műveletekhez szükséges nyílások hegesztéssel történő lezárásával és a tömörség ellenőrzésével.

2.4.3. Egyéb tervezett rekonstrukciók, intézkedések, beavatkozások

A további üzemidő-hosszabbítás műszaki feltételeit az atomerőműben folyamatosan végzett műszaki felülvizsgálatok, tervszerű öregedéskezelési tevékenységek, felújítások, berendezés- és eszközcserek, karbantartások alapozzák meg. A következőkben összefoglalóan felsorolásra kerülő tevékenységek elvégzése a további üzemidő-hosszabbításra vonatkozó tervektől függetlenül is szükséges, egyúttal 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.

A következő évekre vonatkozóan az alábbi berendezés- és eszközcsereket, felújításokat, rekonstrukciókat irányozták elő, melyek a vizsgálandó környezeti hatások szempontjából alapvetően hulladékképzéssel járnak:

- Az üzemi főépületek, segédépületek, dízelgépházak, egészségügyi és laborépület, melegvíz-csatorna és egyéb építmények rekonstrukciója, megerősítése.
- Reaktoron belüli berendezések, szivattyúk, hőcserélők, szerelvények, kompresszorok, szűrők cseréje, pihentető és átrakó medencével kapcsolatos rekonstrukciók.
- Híradástechnikai rendszerek elemeinek cseréje.
- Sugárzásellenőrző rendszerek felújítása, cseréje.
- Irányítástechnikai eszközök cseréje, felújítása.
- A radioaktív hulladékok minősítő rendszere elemeinek felújítása.
- Új radioaktív hulladéktömörítő prés telepítése, ⁶⁰Co eltávolítás, komplex-bontás berendezéseinek kiváltása, a folyékony hulladék feldolgozó technológia berendezéseinek felújítása, a cementező technológia időszakos felújítása.

- A tűzjelző rendszerek elemeinek felújítása a tűzjelző-oltásvezérlő rendszer elemeinek cseréjére.
- Az egyéb, rekonstrukciókkal kapcsolatos tevékenységek közé tartozik továbbá:
 - a nagynyomású zóna üzemzavari hűtőrendszer szivattyúk cseréje (vagy felújítása),
 - a hermetikus szénacél lemezburkolat rekonstrukciója,
 - ventilátorok kiváltása, cseréje,
 - cseppfolyós nitrogén tároló tartályok, cseppfolyós nitrogén elpárologtató cseréje,
 - nagynyomású nitrogén elgázosító cseréje,
 - 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 transzformátor állomások cseréje,
 - gőzfejlesztő leiszapolás rendszeri armatúrák cseréje,
- Villamos, épületgépészeti, vizesblokki, szennyvíz átemelői felújítások, berendezéscserék.
- Vegyszeti mintavételi rendszerre kiterjedő berendezéscserék.
- Emelőgépek felújítása, rekonstrukciója, kiváltása, lámpatestek, villamos motorok cseréje.

A további üzemidő-hosszabbítás 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 további üzemidő-hosszabbítás miatt szükséges tevékenységgel.

2.5. Kibocsátás- és környezetellenőrzés

A Paksi Atomerőmű az érvényes környezetvédelmi engedélyében rögzített feltételek mellett üzemel. Az atomerőmű több évtizede üzemelő létesítmény, a környezet állapotának ellenőrzése érdekében végzett tevékenységek biztosítják az erőmű környezeti hatásainak nyomonkövethetőségét azáltal, hogy részletes és naprakész információkat szolgáltatnak 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 további üzemidő-hosszabbítás időszakára vonatkozóan is megfelelőek és alkalmasak az atomerőmű környezeti kibocsátásainak, illetve az erőmű környezete állapotának nyomonkövetésére. 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 biztosítékeként az atomerőmű az MSZ EN ISO 14001:2015 szabvány szerint tanúsított Környezetközpontú Irányítási Rendszert működtet.

A meglévő környezetellenőrző tevékenységet az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a további üzemidő-hosszabbítás időszakára kiterjesztve is folytatni fogja. A további üzemidő-hosszabbítás előkészítéseként végrehajtani tervezett, a 2.4. 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: mintavétel és gamma-spektrometriai mérések végzése 5 éves gyakorisággal.
 - Talaj és Duna üledék gamma-spektrometriai mérések szintén 5 éves gyakorisággal.

- 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 ellenőrzésére környezetellenőrző rendszert működtetnek. Az erőmű környezetének ellenőrzését a mindenkor érvényes Környezetellenőrzési Szabályzatban (KöESZ) foglaltaknak megfelelően végzik.
- Vízvédelem:
 - Az atomerőmű felmelegedett hűtővizének és szennyvizének a Duna vízminőségére és élővilágára gyakorolt hatását a Víz Keretirányelv (VKI) elvárásainak megfelelő monitoring rendszerrel ellenőrzik. Az ellenőrző vizsgálatokat háromévente évszakonként végzik el.
 - Az erőmű hűtővizét és a technológiai pótvízelőkészítőben felhasznált nyersvizet a Dunából, az ivóvízigényt a csámpai kutakból (rétegvíz), a tűzvízrendszer vízellátását parti szűrésű kutakból biztosítják. A melegvíz-csatorna torkolati energiatörő műtárgyában kialakított V4 mintavételi hely (2.5-1. 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. (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 radiometria jellemzőit ellenőrzi folyamatosan. A kidobó vezetéken távozó tisztított fekális szennyvíz és a mérlegen felüli vizek együttes jellemzőit a V3 mintavételi hely berendezései mérik. Mindegyik állomáson folyamatos mintavétel is történik laboratóriumi vizsgálatok céljából.) Az érvényes monitoring program keretében a vízjogi engedélyben határértékkel meghatározott valamennyi paramétert ellenőrzik.
 - A Duna élővilágának a hőszennyezés elleni védelme érdekében a hűtés céljából kivett Duna víz és a kibocsátásra kerülő felmelegített hűtővíz (kibocsátási ponton) hőmérsékletét folyamatosan mérik. Amennyiben a Duna víz hőmérséklete 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 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 a mindenkor érvényes vízjogi engedélyben foglaltak szerint működtetik. Az erőmű talajvízre és talajra gyakorolt hatását kiterjedt talajvízfigyelő kútszettel ellenőrzik. A monitoring rendszerben 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 Duna medre és a partfal állapota változásainak nyomon követésére a korábban elvégzett vizsgálatokat 10 évente megismétlik.
 - A meghibásodásuk esetén a környezetet veszélyeztető, nem biztonsági osztályba sorolt (azaz nukleáris vagy egyéb biztonsági funkcióval nem rendelkező) rendszerek öregedésével kapcsolatosan létrehozott ellenőrzési program eredményeit, és az ahhoz kapcsolódó karbantartási (felújítási) ütemtervet, valamint a környezetre gyakorolt hatások vizsgálatának programját 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 környezetvédelmi engedélyben rögzített légszennyező anyagokra vonatkozóan a légszennyező pontforrásokra vonatkozó kibocsátási határértékek teljesülését akkreditált mérőszervezettel végeztetett szabványos emisszióméréssel öt évente meghatározásra kerül.
- Zaj elleni védelem:
 - A mindenkor érvényes jogszabályi előírások szerinti zajterhelési határértékek betartásáról az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. gondoskodik.

A további üzemidő-hosszabbítás előkészítése keretében az atomerőműben tervezett 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 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. Az alternatív melegvíz-csatorna szakasz új dunai bevezetési helyén ezért – a meglévő melegvíz-csatorna Dunába való becsatlakozása előtt jelenleg végzett vízminőségi mérésekkel (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. A Duna víz hőmérsékletére vonatkozó 30°C-os korlát betartása az alternatív melegvíz-csatorna szakasz üzembe lépését követően az új bevezetési ponttól folyásirányban számított 500 m-en lévő szelvényben kerül ellenőrzésre.

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 öt évente, akkreditált mérőszervezettel végeztetett szabványos emisszióméréssel kerül ellenőrzésre.

A nukleáris környezetvédelmi ellenőrzés alapvető feladata, hogy egyrészt folyamatosan kontrollálja a radioaktív anyagok erőműből történő kibocsátását, másrészt széleskörűen vizsgálja azok közvetlen környezeti megjelenését. Az ellenőrzés kétszintű, a távmérő hálózatok állandóan mérik, monitorozzák a legfontosabb kibocsátási és környezeti sugárzási mennyiségeket, valamint a meteorológiai jellemzőket, az érzékeny laboratóriumi vizsgálatok pedig kiegészítik, pontosítják a távmérési eredményeket. A folyamatos és lehetőség szerint reprezentatív mintavételek éves száma közel 10 000, az analízisük révén kapott, többnyire nuklidspecifikus adatok száma ennek két-háromszorosa. Az erőmű nukleáris környezeti hatásának megítélése elsődlegesen a kibocsátások izotópszelektív radioaktív kibocsátási korlátokhoz való viszonyításán alapul.

Az atomerőmű Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszerének (ÜKSER) feladata, hogy közvetlen környezeti mérésekkel is bizonyítsa, az erőmű normál üzemben nincs a megengedettnél nagyobb hatással a környezetre. Az erőmű környezetének sugárvédelmi ellenőrzése részben távmérő rendszereken, részben mintavételes laboratóriumi vizsgálatokon alapul. A Paksi Atomerőmű környezetében a mintavető és távmérő állomások elhelyezkedését a 2.5-1. ábra mutatja be. A laboratóriumi vizsgálatok kiterjednek mind a környezeti közegekre, mind a tápláléklánc elemeire. Ez éves szinten körülbelül 4000 minta feldolgozását és mérését jelenti.

A környezeti gamma-sugárzás dózisteljesítményének mérésére az összes mérőponton típusvizsgálattal és hitelesítéssel rendelkező dózismérő rendszert használnak. Az „A” és „G” típusú állomások 1,5 km-es, a B24, L25 és „C” típusú állomások 30 km-es körzetben helyezkednek el az erőmű környezetében.



2.5-1. ábra: Az „A”, „G” és a „V” típusú távmérő állomások elhelyezkedése az atomerőmű környezetében

A lakossági sugárterhelés meghatározása a radioaktív anyagok kibocsátásán és terjedésén alapuló számítási eljárásokkal történik a kritikus lakossági csoportra (Csámpa /légtéri kibocsátások/ és Gerjen /folyékony kibocsátások/) vonatkozóan.

A Paksi Atomerőmű kibocsátás- és környezetellenőrző rendszere alapvetően megfelel a meglévő és az épülő Paks II. Atomerőmű együttes kibocsátásainak ellenőrzésére, azonban néhány pontban szükséges módosítani azt. 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 válik majd szükségessé az új blokkok üzembevételével.

3. Az atomerőmű jelenlegi környezeti hatásai és az üzemidő-hosszabbítás miatt várható változások

3.1. Környezeti hatótényezők, hatásfolyamatok

A környezeti hatások vizsgálatának célja a tervezett tevékenység következtében a környezet egyes elemeiben, rendszereiben beálló változások előrebecslése egy meghatározott alapállapothoz képest, és minősítése a végső hatásviselőkben beálló változások alapján. A hatások becsléseinek elvégzéséhez elsőként áttekintésre került az erőművi technológia, illetve az ahhoz kapcsolódó tevékenységek köre, valamint a további üzemidő-hosszabbítás előkészítéseként tervezett tevékenységek. Ezek alapján kerültek azonosításra az egyes környezeti hatótényezők (pl. anyag- és energiakibocsátások, hulladékkeletkezés, zajterhelés stb.), illetve az azokból eredő lehetséges közvetlen és közvetett hatások, azaz a lehetséges hatásfolyamatok.

A hatótényezők és hatásfolyamatok meghatározására a környezeti hatásvizsgálat során a tervezett tevékenység egyes fázisaihoz (létesítés, üzemelés, felhagyás) kötődően került sor. Jelen esetben a létesítési fázis a további üzemidő-hosszabbítás előkészítési tevékenységek végrehajtásának feleltethető meg. Az üzemelési fázis a további üzemidő-hosszabbítás 20 éves időtartamát jelenti, az atomerőmű felhagyása, leszerelése azonban a jogszabályi előírások alapján önálló hatásvizsgálat-köteles tevékenység, a leszerelés hatásainak értékelésére a környezeti hatásvizsgálatban ezért csak elvi szinten került sor.

A további üzemidő-hosszabbítás előkészítése keretében tervezett 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 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, radioaktív hulladékok).

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. A 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 fűtőelem-kazetták keletkezése.

Az üzemelés során esetlegesen bekövetkező üzemzavarok, haváriák lehetséges 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 üzemem túli többlet) hulladékkeletkezés.

A fenti hatótényezők figyelembevételével elvégzett környezeti hatásvizsgálat eredményei az alábbi fejezetekben kerülnek összefoglalásra a hagyományos, illetve a radioaktív kibocsátásokhoz köthető környezeti hatások szerinti bontásban.

3.2. Hagományos környezetállapot-jellemzők

3.2.1. A levegőminőségre gyakorolt hatások

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása 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 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 alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúcshűtő rendszer létesítésére vonatkozó vizsgálatok eredményei alapján az építési munkákból eredő légszennyezőanyag-kibocsátás okozta terhelés a telepítési területen kívüli vizsgált környezetben a határérték alatt marad. A légszennyezőanyag-kibocsátás hatásterületét a nitrogén-dioxid (NO₂) kibocsátás határozza meg, melynek kiterjedése a kibocsátások középpontjának 1100 m sugarú közege, amely a telepítési és üzemi területet és telephelyen kívüli területeket foglal magába. A hatások középtávon – a földmunkák időszakában – jelentkeznek. A hatás erőssége eléri a terhelő szintet, amely azonban a hatásterület viszonylag kis részén fog csak jelentkezni.

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 kipufogócsomjajai helyhez kötött légszennyező pontforrások. A dízelgenerátorok

normál üzemi körülmények között csak tesztüzemben működnek, amikor is az évi néhány óras próbajáratásukat végzik, egy időben csak egy dízelgenerátor járatásával.

Az elvégzett légköri terjedési modellszámítások eredménye alapján a dízelgenerátorok üzemeltetéséből eredő légszennyezőanyag-kibocsátás okozta terhelés az üzemi területen kívüli vizsgált környezetben a határérték alatt marad. A légszennyezőanyag-kibocsátás hatásterületét a nitrogén-dioxid (NO₂) kibocsátás határozza meg, melynek kiterjedése a kibocsátások középpontjának a Paksi Atomerőmű önálló üzeme esetében 690 m, míg a Paks II. Atomerőművel való egyidejű üzem esetében 700 m sugarú körzete, amely a telephelyet és telephelyen kívüli területeket foglal magába. A hatás erőssége eléri a terhelő szintet, azonban ezek a hatások csak időszakosan és a hatásterület viszonylag kis részén fognak jelentkezni. Feltételezhető, hogy a két atomerőmű dízelgenerátorainak üzemi próbái, összehangoltan, nem egy időben kerülnek majd végrehajtásra. Az elemzések konzervativizmusa érdekében ez azonban nem került figyelembevételre az elemzésekben.

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. Az elvégzett számítások eredményei alapján a közúti közlekedésből eredő légszennyezőanyag-kibocsátás okozta terhelés a szállítási útvonalak környezetében a határérték alatt marad. A légszennyezőanyag-kibocsátás hatásterületét a nitrogén-dioxid (NO₂) kibocsátás határozza meg, melynek kiterjedése a Paksi Atomerőmű déli bekötőút mentén az úttest szélétől 30 m-es távolságon belül, valamint a 6. sz. főút, a Paksi Atomerőmű déli bekötőút és a Paks-Kölesdi úti csomópont közötti szakasz mentén az úttest szélétől 20 m-es távolságon belül alakul ki. A hatások semlegesek lesznek.

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű 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. Az elvégzett számítások eredményei alapján a közúti közlekedésből eredő légszennyezőanyag-kibocsátás okozta terhelés a szállítási útvonalak környezetében a határérték alatt marad. A légszennyezőanyag-kibocsátás hatásterületét a nitrogén-dioxid (NO₂) kibocsátás határozza meg, melynek kiterjedése a Paksi Atomerőmű déli bekötőút mentén az úttest szélétől 30 m-es távolságon belül, valamint a 6. sz. főút, a Paksi Atomerőmű déli bekötőút és a Paks-Kölesdi úti csomópont közötti szakasz mentén az úttest szélétől 20 m-es távolságon belül alakul ki. A hatások ebben az esetben is semlegesek 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 kipufogócsonkjai lesznek.

Az elvégzett modellszámítások eredménye alapján a dízelgenerátorok üzemeltetéséből eredő légszennyezőanyag-kibocsátás okozta terhelés az üzemi területen kívüli vizsgált környezetben a határérték alatt marad. A légszennyezőanyag-kibocsátás hatásterületét a nitrogén-dioxid (NO₂) kibocsátás határozza meg, melynek kiterjedése a kibocsátások középpontjának 1600 m sugarú körzete, amely a telephelyet és telephelyen kívüli területeket foglal magába. A dízelgenerátorok üzemzavari működésének hatásai a havária esemény időtartama alatt jelentkeznek. A hatások erőssége a terhelő szintet éri el a hatásterületen belül.

3.2.2. A meteorológiai és klimatikus viszonyokra gyakorolt hatások

Az atomerőmű telephelyét jellemző meteorológiai tényezők vizsgálata mellett előrejelzés készült az éghajlatváltozás várható hatásaira vonatkozóan, a tervezett üzemidő-hosszabbítás időtartamának figyelembevételével. A vizsgálatokhoz két ún. RCP (Representative Concentration Pathways – Reprezentatív Koncentrációs Útvonalak) forgatókönyv eredményei kerültek felhasználásra (RCP4.5 és RCP8.5). Az RCP8.5 egy 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 21. 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.

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 üzemeltetéséből eredő hőterhelés:
 - 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 párákibocsátása).

A Paksi Atomerőmű és kapcsolódó létesítményei a létesítésük idején jelentősen módosították a felszín jellegét. A korábbi mezőgazdasági és biológiailag aktív felületeket beépítették, ez jelentősen befolyásolta pl. a terület albedóját (azaz a földfelszín napsugárzást visszaverő képességét) a párolgási viszonyokat, a biológiai aktivitást.

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 csupán néhány tized °C-ra becsülhető.

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, ún. urbán hatás 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 kismértékben 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, az éghajlatváltozás figyelembevétele nélkül is.

A Duna hőterheléséből eredő hatások tekintetében általánosan elmondható, hogy a frissvízhűtéses hőerőművek hűtőrendszerén keresztül végbemenő hőkibocsátás egyes éghajlati elemekben lokális változásokat okozhat. A Paksi Atomerőmű 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 megfigyelési eredmények a mért paraméterekben az országosan megfigyelt tendenciákhoz képest jellegzetes változásokat nem mutattak ki.

Az elvégzett mérések és modellezések alapján megállapításra került, hogy a Paksi Atomerőműből a Dunába visszavezetett felmelegedett hűtővíz okozta hőterhelés – bár kimutatható – nem jelent beavatkozást indokló mértékű változást a légköri környezetben.

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 hőhatás 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 kimutathatók lesznek, mezoklimatikus változások azonban ebből eredően nem feltételezhetők.

A további üzemidő-hosszabbítás időszakára tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz és az ahhoz kapcsolódó csúcshűtő rendszer feladata a visszavezetésre kerülő felmelegedett hűtővíz hőmérsékletének csökkentése annak érdekében, hogy a bevezetési pont alatt 500 m-re lévő Duna szelvényre előírt 30°C-os felső vízhőmérsékleti korlát magas Duna vízhőmérséklet 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. Atomerőműhöz 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 a nyári, hőhullámos időszakokra korlátozódik. A telepítendő csúcshűtő rendszerek működésük során nagy mennyiségű vízpárát bocsátanak ki, ami várhatóan befolyásolja a mikroklimát. A párákibocsátás kapcsán valószínűsíthető, hogy az időszakosan befolyásolja a légnedvesség alakulását az atomerőművek környezetében.

A várható relatív páratartalom a hűtők feletti térrészben a két csúcshűtő rendszer maximális terhelése és a legkedvezőtlenebb szélviszonyok (<0,5 m/s szélsősebesség) 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 párákibocsátás látható párája gyorsan elpárolog, nem fog jelentős felhőképződéshez vezetni. Megállapítható továbbá az is, hogy a legnagyobb páratartalom-növekedéssel járó üzemállapotok gyakorisága elhanyagolhatóan kicsi.

Figyelembe véve, hogy a csúcshűtő rendszerek üzemeltetésére a tartósan meleg nyári időszakokban van szükség, amikor a levegő páratartalma általában alacsony, a párákibocsátás hatása pozitívnak tekinthető, kompenzálja a beépítettségéből fakadó párolgási hiány egy részét a leginkább kritikus tartósan meleg nyári időszakban. Pozitív hatása elsősorban az éjszakai és hajnali harmatképződésben jelenik meg, amely a növények számára hasznosítható nedvességet biztosít.

A Paksi Atomerőmű éghajlatváltozással szembeni kitettség és érzékenység vizsgálata a Miniszterelnökség megbízásából készített és kiadott Klímareziliencia Útmutató (2022. február) szerinti módszert követve került elvégzésre. Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának klímavédelmi indokoltságát megalapozza, hogy az energia-, és klímastratégiákkal összhangban az atomerőművi villamosenergia-termelés alacsony üvegházhatásúgáz-kibocsátással járó tevékenység. Az elvégzett elemzés igazolta, hogy a létesítmény klímaalkalmazkodási sajátosságai kedvezőek, az atomerőműre jellemző robosztus felépítés és jelentős biztonsági tartalékok az egyéb emberi és természeti veszélyek mellett, a klímaváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás szempontjából is jelentősek.

3.2.3. A felszíni vizekre gyakorolt hatások

3.2.3.1. A felszíni vizek és az üledék fizikai, kémiai jellemzői bakteriológia

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, fitobenton, makrozoobenton és a halközösségek alapján történt. Az értékelésbe a zooplankton is bevonásra került – annak ellenére, hogy az nem tartozik a Víz Keretirányelv (VKI) szerint vizsgálandó biológiai elemek közé – mivel a csoport a vizek 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 ökológia állapot értékeléséhez 2024-ben teljes körű felmérés történt, míg 2025-ben a környezeti változók hatásainak részletes ökológiai

szempontú vizsgálata, továbbá a tervezett új vízbevezetési ponttal rendelkező alternatív melegvíz-csatorna és a kapcsolódó csúcshűtő rendszer hatásainak értékelése történt meg.

A 2024. évben végzett vizsgálatok célja a Duna érintett szakaszainak 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 alapállapotú értékelése volt. A vizsgálatok kiterjedtek a Duna főmedrére a folyó 1544-1474 fkm közötti szakaszára, amely két víztesthez tartozik, a Duna Dunaföldvár-Sió torkolat között (AOC754) (közvetlen érintett a Paksi Atomerőmű kibocsátásával) és a Duna Sió torkolat-országhatár közötti szakasza (AOC755) (az előző 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: Uszód-mellékág, Grébeci-Holt-Duna, Rezéti-Holt-Duna, Vén-Duna. A 2025-ben végzett hidrológiai és biológiai vizsgálatok az atomerőmű környéki Duna-szakaszon történtek.

A VKI alapkémiai elemei közül a Paksi Atomerőmű kibocsátásának hatását két komponens vonatkozásában lehetett kimutatni. A vizsgált nitrogénformák közül az összes szerves-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 nitrogén-forgalmára, azonban egyrészt ez a hatás nem jelent osztályértékű romlást még a kibocsátás közvetlen közelében sem, másrészt a szakasz nitrogén-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 nitrogén-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 alapkémiai komponenscsoportok alapján elvégzett VKI szempontú kémiai állapotértékelés szerint a 2024-es vizsgálat során mind a vizsgált 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 Vízgyűjtőgazdálkodási Tervben (VGT3) 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 felmelegedett hűtővizének dunai bevezetése egyértelműen a hőterhelés szempontjából jelenti a legmarkánsabb hatást. A bevezetés hatására a melegvíz-kifolyó jobbparti mintahelyén a hőmérsékletemelkedés maximális mértéke a 2024-es vizsgálatok során 9,6°C volt a májusi mintavétel időszakában. A víz hőmérséklet-adatok elemzése alapján megállapítható volt, hogy a hőmérséklet csökkenése 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 Duna hőterhelésének vizsgálatára vonatkozóan elvégzett modellszámítások eredményeivel összhangban azt igazolták, hogy a melegvízcsóva a Duna jobb part mentén vonul le. A modelleredmények és a vizsgálati eredmények továbbá azt is jelzik, hogy a hőcsóva térbeli lefutását a vízhozam és a mindenkori áramlási viszonyok határozzák meg. A hőterhelés szempontjából kritikus állapotot a magas háttérhőmérséklet és a kisvízes állapot együttes fellépése jelenti.

A vizsgált Duna-szakasz a klorofill-a alapján az oligotróf (tápanyagban szegény) és a mezotróf (közepes mennyiségű tápanyagot tartalmazó) 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) koncentrációmelkedése ezt az időszakos erőművi hatást megerősítette.

A fent bemutatott paramétereken túl a vizsgálati program keretei között további kémiai komponensek vizsgálatára is sor került (összes lebegő-anyag, lúgosság, vas, mangán, nátrium, kálium, magnézium, kalcium, karbonát, hidrogénkarbonát, összes keménység, 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 víz hőmérséklet 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.

A Duna vizsgált szakaszán 2024-ben négy mintavételi alkalommal (április, május, augusztus, október) gyűjtött 96 fitoplankton minta elemzése gazdag mikrofóra jelenlétét igazolta. A florisztikai összetétel megfelelt annak, ami a nagy, síkvidéki, lassú folyású 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 2024-ben elvégzett vizsgálatok eredményei igazolták, hogy a Duna fitoplanktonja jellegzetes szezonális változást mutat a biomassa tekintetében, magas áprilisi biomasszával, majd azt követő biomassa 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 ökológiai állapotát.

A hőterhelés hatásának értékelése az e tekintetben jól elkülöníthető vizsgálati pontok (kontroll, közvetlenül érintett, és közvetlenül nem érintett) háttérváltozóinak és mikrofórájának 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 Uszodi-mellékág és Rezáti-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 jellegűt 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 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 kovaalga-index értékei alapján megállapítható volt, hogy a melegvíz-kibocsátás által közvetlenül érintett helyeken az éves átlagértékek mérsékelt állapotot jeleztek, míg a többi mintahelyen a mérsékelt és jó minősítés ugyanakkora valószínűséggel fordult elő.

Az éves átlag EQR (környezetminőségi arány) értékek alapján azonban a két vizsgált víztest között nem volt szignifikáns eltérés. Ezzel szemben a melegvíz-kifolyó hatásának kitett, közvetlenül érintett szakasz éves átlagminősítése szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a kontroll (felvízi mintahelyek és balparti helyek Uszódig) és a nem érintettnek tekintett (Gerjen-Baja) szakaszok minősítése. A minősítés értékei a melegvíz-kifolyó lokális hatását bizonyítják. Ugyanakkor az érintett szakaszon sarkantyúk törik meg a meder lefutását és ezen a területen az áramlási sebesség csökkenése mikrohabitat-szintű változásokat okoz. Emellett mikroléptékben a víz fizikai és kémiai paraméterei bár kis mértékben – 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 Rezáti-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 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 voltak a Duna és a négy, különböző habitusú mellékág ökológiai jellemzésére, illetve a Paksi Atomerőmű kibocsátásának ökológiai szempontú értékelésére.

A közösségszerkezeti, valamint a környezeti háttérváltozókkal történt többváltozós statisztikai elemzések alapján egyöntetűen megállapítható, hogy a zooplankton-közösség leginkább évszakos hatás alapján rendeződik. Emellett a vízhozam, és az ennek következtében változó kémiai jellemzők jelentenek jelentősebb közösségsszervező erőt. Bár a hőmérséklet is erősen befolyásolja a közösség szerkezetét, az nem a kibocsátás, hanem egyértelműen az évszakos különbségekre reflektál. A felmelegedett hűtővíz hatása az ökológiai elemzések alapján nem volt kimutatható. A kibocsátással közvetlenül érintett minták környezeti és biotikus jellemzői szignifikánsan nem különböztek a kontroll, illetve a közvetlenül nem érintett helyszínektől.

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 nincs kimutatható hatással.

A makroszkópikus vízi gerinctelenek (makrozoobenton) 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 fajösszetétel jól tükrözi a Duna középső szakaszára jellemző, stabil makrogerinctelen közösséget. A vizsgálat keretei között négy védett fajt sikerült kimutatni. A Tolnai Duna (HUDD20023) Natura 2000 terület makrogerinctelen szempontból kijelölt egyetlen jelölő faja, az *Unio crassus*, 2024-ben nem került elő, a vizsgált szakaszon utoljára 2015-ben észlelték. A Gemenc (HUDD20032) 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 adták az összesített egyedszám mintegy 40%-át.

A fajsza és az egyedsűrűség nagy térbeli változatosságot mutatott a mintavételi helyek között. A kontroll és a melegvíz-kibocsátással érintett helyek közötti különbségek több közösség szerkezeti mutatóban statisztikai szempontból is igazolhatók voltak. A közösségi válaszok elsősorban nem a fajsza csökkenésében, hanem a dominancia- és abundanciaviszonyok átrendeződésében jelentkeztek. A többváltozós statisztikai értékelés alapján a közösségszerkezetre a legjelentősebb hatást a víz hőmérséklet gyakorolta. Különösen a melegvíz-kifolyó jobbparti mintavételi helye tért el markánsan, ahol a közösség szerkezete erősen asszociált a kibocsátáshoz köthető környezeti tényezőkkel – jelezve, hogy itt a hőterhelésnek jól kimutatható közösségformáló hatása van.

Az ökológiai értékelés érdekében a 2024-es vizsgálat mellett 2025-ben kiegészítő felmérés történt. A két vizsgálat eredményei alapvetően megerősítik egymást, azonban a makrozoobenton 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 víz hőmérséklet és a hőmérsékleti többlet a közösségszerkezetet befolyásoló tényezők közé tartozik, hatása azonban kifejezetten élőhelyfüggő. Ez arra utal, hogy a hőterhelés hatása az aljzati és áramlási viszonyokkal együtt érvényesül. A 2025. évi eredmények a 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 közösségsszintű küszöbelemzések alapján kb. 2,1°C hőmérsékletkülönbség 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 VKI szempontú ökológiai állapotértékelés azt jelzi, hogy a Dunaföldvár és a Sió-torkolat közötti víztest ökológiai állapota a makrozoobenton alapján mérsékelt, míg a Sió-torkolat és országhatár közötti víztest gyenge állapotú.

A mellékágak közül a Grébeci-Holt-Duna bizonyult a legfajgazdagabbnak (44 taxon), míg a Uszódi-mellékág mutatta a legalacsonyabb fajszámot (26 taxon). Az eredmények alapján a mellékágak közösségei jól elkülönültek a főági mintáktól, különösen a hidrológiailag izolált élőhelyek (pl. Grébeci-Holt-Duna) esetében. Az eredmények megerősítik, hogy a hidrológiai kapcsoltság mértéke meghatározó szerepet játszik a közösségek diverzitásában és struktúrájában.

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 (nyíltvízi) 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 2024. évi haltani felmérés során a Dunában mindösszesen 44 faj 11 254 egyede került meghatározásra. A mellékágakból összesen 34 faj került elő. 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 nincs olyan faj, amely melegvíz-kibocsátás hatására az érintett szakaszon ne találná meg az életfeltételeit.

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 3 fokozottan védett, valamint 7 védett fajt lehetett kimutatni. A holtágakból a természetvédelmi oltalom alatt álló fajok közül 5 került elő. Itt az áramláskedvelő védett fajok csak az állandóbb dunai kapcsolattal holtágakban fordultak elő. A Tolnai Duna Natura 2000 terület 11 jelölő halfaja közül a mintavételek során 8 került elő. A Gemenc Natura 2000 terület 12 jelölő halfaja közül a főmeder mintahelyeiről 9 jelölő faj előfordulását lehetett igazolni.

A Duna jelenlegi és korábbi vizsgálatai alapján egyértelműen megállapítható, hogy a vizsgált Duna-szakasz természeti értéke jelentős, egyrészt az itt előforduló védett halfajok számát, de még inkább a halközösség struktúráját figyelembe véve. A védett áramláskedvelő fajok többségének stabil populációja van jelen a Duna ezen szakaszain. Az invazív fajok közül továbbra is a géb-félék 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 vizsgálati időszakban. A vizsgálatok eredményei alapján megállapítható volt, hogy a kibocsátással közvetlenül érintett mintaszakaszon jellemzően magasabb az egységnyi hosszra számított egyedszám értéke, azonban statisztikai különbség nem mutatható ki az egyes szakaszok között. A melegvíz-kibocsátással közvetlenül érintett, valamint nem érintett mintaegységek 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 volt, 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 mértékén túl szintén jelentős közösségsszervező 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, kisvízes időszakban nagyobb különbségek mutatkoznak az érintett és nem érintett szakaszok között.

Az eredmények megerősítették, hogy a kibocsátással érintett területeken, mind a parti, mind a nyíltvízi régióban a kibocsátás következményeként megemelkedett víz hőmérséklet jelentős hatással van a halközösség struktúrájára. A felmelegedett hűtővíz hatása mellett kimutatható az aljzatösszetétel, és az áramlás közösségsszervező hatása is. A 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 gradiens-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 (nyíltvízi) régióban a hatás távolsága összemérhető a ripális (parti) területen tapasztalttal.

A funkcionális jellemzők vizsgálatának eredményei azt jelezték, hogy a vizsgált mellékágak halegyüttese a vizsgált terület dunai kapcsolataik erősségével szoros összefüggésben különböző mértékben térnek el a főmeder halegyütteseitől. Bár a főmeder vizsgált hat szakaszának halegyüttese egyveretűek, kisebb különbségek tapasztalhatók közöttük. A kibocsátással közvetlen érintett szakaszon az áramláskedvelő, bentikus halfajok dominálnak, míg a legalsó szakaszon a Gemenci ágrendszer hatására változatosabb halegyüttes jellemző, megnő az áramláskedvelő fajok mellett az áramláskerülő (stagnofil), vízínövényzethez kötődő (metafitikus) fajok aránya is.

A VKI szempontú ökológiai minősítés 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 mindkét vizsgált víztest állapota a nyári minta értékelése alapján jó állapotú. A fenti értékelés azt is igazolja, hogy a Paksi Atomerőmű melegvíz-kibocsátásának nincs a VKI szempontrendszer 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.

3.2.3.2. 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. A kémiai állapot értékelése az alapkémiai komponenscsoportokon túl, a speciális szennyezők közül a fémek értékelésére is kiterjedt. A zooplankton-alapú vízminősítés jelenleg nem része a VKI által hivatalosan elfogadott biológiai minősítési rendszereknek, így ezen taxon minősítése szakértői becslés alapján a korábbi szaprobitási index figyelembevételével történt.

A 2024. évi vizsgálatok eredményeként a Duna Dunaföldvár-Sió torkolat megnevezésű (AOC754) 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 (AOC755) víztest ökológiai állapota gyenge. Ezen a szakaszon ezt az állapotot a makrozoobenton minősítése határozza meg. Ugyanakkor mindenképpen meg kell jegyezni, hogy a víztest makrozoobenton alapján meghatározott állapota 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, Duna Dunaföldvár-Sió torkolat közötti víztest, sem a közvetett módon érintett távolabbi, Duna Sió torkolat-országhatár közötti víztest állapotváltozását.

A kémiai értékelés, az egyes élőlénycsoportok közösségszerkezeti elemzései, valamint az ökológiai állapotértékelések alapján egyaránt mutatnak kisebb-nagyobb mértékű és irányú változást az elmúlt mintegy 20 év során. 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 kisvízes időszakok hosszának növekedése. Ezek a környezeti változások a természetes közösségek szerkezetét folyamatosan erodálják. Jórészt ezzel hozható összefüggésbe az invazív fajok, kiemelten a makrozoobenton 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 (fitobenton, makrozoobenton, hal) ökológiai állapotában mutatkozó erősebb időszakos fluktuáció. Az ugyanakkor kijelenthető, 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.

3.2.3.3. A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának hatásértékelése

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 további üzemidő-hosszabbítás kapcsán. Ugyanakkor az értékelés értelemszerűen kizárólag a Duna ökológiai állapota szempontjából ténylegesen ható tényezőkre történt meg.

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 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, Rezáti-Holt-Duna, Vén-Duna) továbbá az archív adatok alapján több állóvíz-víztestre (Faddi-Holt-Duna, Tolnai-Északi-Holt-Duna, Tolnai-Déli-Holt-Duna, Bogyiszlói-Holt-Duna). A hatásértékelés, illetve a hatásterület meghatározása több forgatókönyv figyelembevételével készült, a Paksi Atomerőmű jelenlegi üzemállapota, a további üzemidő-hosszabbítás időszaka, figyelembe véve a Paks II. Atomerőművel való együttes üzemelést is, valamint az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a kapcsolódó csúcshűtő rendszer üzemelésére a Paks II. Atomerőművel való együttes üzemelése során.

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 kifelébontásban is elvégzett ökológiai elemzése 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 szerves nitrogén-formák, valamint az olajszármazékok és a policiklusos aromás szénhidrogének – 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: a vízkivétel hidromorfológiai hatása, a felmelegedett hűtővíz kibocsátásának hőterhelése, a felmelegedett hűtővíz kibocsátásának hidromorfológiai hatása.

Az ökológiai vizsgálatok azt igazolták, hogy a vizsgált élőlénycsoportok közül a tényleges hatások hatásviselői a bentikus kovaalgák (fitobenton), a makroszkópikus vízi gerinctelenek (makrozoobenton), valamint a halak.

A legjelentősebb hatást a melegvíz-csatorná(ko)n kibocsátott, felmelegedett hűtővíz dunai hőterhelése jelenti. Ennek a Duna hatásviselő élőlénycsoportjaira meghatározott kimutathatósági határértéke Δt (hőlépcső) $\geq 2,5^\circ\text{C}$. Ugyanakkor a közösségszerkezet jelentősebb és tartós átstrukturálódása $\Delta t \geq 4,3^\circ\text{C}$ 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 $t_{\max} \geq 36^\circ\text{C}$ -os alvízi hőmérsékletnél a halak elkerülése figyelhető meg. Összhangban a hőterhelési modellekkel kijelenthető, hogy a hőterhelés hatása nem terjed ki a teljes keresztmetszelyre. A hőterhelés hatása jellemzően hosszú távú, 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 scenáriók 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, nagy jelentőségű, terhelő hatásként értékelhető.

A kibocsátás hidromorfológiai hatásánál kisebb a vízkivétel hidromorfológiai hatása, amely alapvetően a vízkivételi műtárgy környékén a Duna parti élőhelyi adottságainak változásán (partkövezés) keresztül hat a hatásviselő élőlényközösségekre. A vízkivétel hidromorfológiai hatása így minden vizsgált forgatókönyvben hosszú távú hatásként értékelhető, de kis jelentőségű, így összességében elviselhető hatású a hatásviselő akvatikus szervezetek számára. Az ökológiai elemzések alapján összességében megállapítható, hogy a vizsgált üzemállapotok környezeti hatása alapvetően azok hatásterületében különbözik.

A vízkivétel hatásterülete gyakorlatilag minden forgatókönyvnél hasonló, kb. 500 méter, és a hidegvíz-csatorna, valamint a melegvíz-csatorna közötti jobbparti 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 forgatókönyvekben csak kisebb mértékben változik, hatása jellemzően a Nagy-sarkantyú környékéig terjed ki.

A jelenlegi hőterhelés hatásterülete a kritikus kisvízes állapotban közel 8 km, míg a további üzemidő-hosszabbítás időszakában a Paksi Atomerőmű önálló üzemelése során várhatóan ez csak csekély – néhány száz méterrel – mértékben nő meg. A legjelentősebb hatású, és ezzel a legnagyobb hatásterületű vizsgált eset a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelése a további üzemidő-hosszabbítás időszakában. A Duna hatásviselő élőlénycsoportjai

szempontjából ebben a forgatókönyvben a kimutatható hatás területe a hőterhelés modellszámításai alapján a dunai kisvízi kritikus állapotra és az üzemelési időszak végére a Duna jobbparti régiójában a Duna a 1508,9 folyamkilométerig, Fadd magasságáig húzódik, 17,3 km-re a kibocsátási ponttól. A legkisebb hatásterülettel az alternatív melegvíz-csatorna szakasz 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. Atomerőmű együttes üzemelése adódik.

A Paksi Atomerőmű kibocsátásait megvizsgálva és értékelve, a felszíni vizeket érintő havária eseményként az atomerőmű szennyvíztisztító művének meghibásodásából adódóan a tisztítatlan szennyvíz dunai kibocsátása vehető figyelembe racionális hatótényezőként.

A Paksi Atomerőmű saját szennyvízkezelő telepének jelenlegi tisztított szennyvízkibocsátása kb. 300 m³/nap. A haváriaesemények között tehát ennek hatása került vizsgálatra, egy napig fennálló üzemzavar figyelembevételével és a 300 m³/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. Az elvégzett számítás alapján látható volt, hogy a melegvíz-csatornába vezetett, majd onnan a Dunába kerülő szennyvíz kémiai komponenseinek koncentrációja a keveredés okán még tisztítatlan módon is olyan alacsony, ami jórészt a kimutathatósági határ alatt van.

3.2.4. 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.

3.2.4.1. Lokális és regionális vizsgálatok

A lokális 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. A lokális hidrodinamikai és terjedési modell, melynek célja egyrészt a Paks II. Atomerőmű tervezett épületeit körülvevő, már megépített részfal hatásának vizsgálata, másrészt egy esetlegesen a földtani közegbe és talajvízbe jutó szennyezőanyag terjedésének vizsgálata volt. A humán-egészségügyi és környezeti kockázatértékelés modellezés célja egy kiválasztott, az atomerőmű üzemeltetéséhez köthető jellemző, esetlegesen a jövőben is bekövetkező lehetséges havária során a földtani közegbe és a felszín alatti vízbe kerülő olajszenyezés vizsgálata volt, a 2024-ben bekövetkezett tényleges havária eseményt alapul véve.

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 paraméterei azt mutatták, hogy a vízkémiai állapot a térség természetes tartományába esik.

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 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 Paks Atomerőmű telephelyén lévő földtani közeg állapotának vizsgálata a 2006-2024 közötti esemény kivizsgálási 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, 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 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 (alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúcshűtő rendszer építése során végzett területfeltöltés, talajmozgatás) erednek, de lokálisak és nem befolyásolják érdemben a vízföldtani rendszert. A felszín alatti vízben a változások minimálisak, szennyezőanyag-terjedés nem várható.

A Paks Atomerőmű önálló és a Paks II. Atomerőművel való együttes üzemelése sem okoz jelentős változást a felszín alatti vízviszonyokban. A Paks II. Atomerőmű területét körülvevő részal és műtárgyai lokálisan módosíthatják az áramlási pályákat, de a módosulás az egész rendszer szintjén elhanyagolható.

A vizsgálatok során kidolgozott modellek a 2032-2058 közötti időszakra vonatkoznak. Kiterjednek a mélyalapozású műtárgyak, valamint a hidegvíz-csatorna – Paks II. Atomerőmű építéséhez kapcsolódóan tervezett – 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 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/dm³) alá esik. Az eredmények továbbá arra utalnak, hogy a Paks II. Atomerőmű létesítményei által okozott áramlásmódosító hatások a Paks Atomerőmű telephelyének területén belül a vizsgálatok szerint nem kimutathatók.

A korábbi (2006-2024 közötti) havária események jellemzően gyors beavatkozással teljes mértékben felszámolásra kerültek. A 2024-ben történt, olajszenyezéssel járó eset, mint jellemző havária esemény 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 vizsgált szennyezőanyag másik környezeti elemre, a talajvízre áttért, 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.

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása során valószínűsíthető hatások jellemzése céljából regionális értékelés és vizsgálat is végrehajtásra került. A Paksi Atomerőmű további üzemelése, valamint a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelése következtében vízföldtani szempontból a parti szűrővíz vízármlási rendszer a legérzékenyebb, ezért nem csak a regionális felszín alatti áramlási rendszereket, hanem a Duna és a felszín alatti vizek kapcsolatát is vizsgálni kellett. 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 felépítésére és a kalibrált alapállapot meghatározására került sor. A hatások értékelése és a hatások nagyságának kimutatása az alapállapothoz viszonyítva történt.

A vizsgált (modell)terület a Duna 1534-1498 fkm közötti szakaszára terjed ki, amely alapvetően síkvidéki, enyhén hullámzó felszínű táj. A monitoring rendszer kiterjedt a telephelyi, partiszűrővíz, 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 (a Csámpa-pusztai és a Gerjen-észak távlati vízbázis környezete, a Kalocsa-Fadd üzemelő ivóvízbázis környezete, a tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz 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 modellezése 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 a hőterhelés szempontjából meghatározó kisvíz idején. A parti szűrővíz vízkivételek szerepe jelentős. Lokálisan növelhetik vagy csökkenthetik a hőmérsékletet, de a kutakban mért hatás 0,05-0,3°C közötti, amely a mérés határon belül mozog.

3.2.4.2. A további üzemidő-hosszabbítás hatásai

A Paks 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) ismertett 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 nem az erőmű telephely irányába mutat, épp ellenkezőleg, a vízbázis kútjaihoz nyugat- északnyugat irányból áramlik a víz.

A Paks Atomerőmű jelenlegi üzemeltetése mellett fennálló állapotok a további üzemidő-hosszabbítás miatt a Gerjen-Északi távlati vízbázisra gyakorolt hatások tekintetében nem okoznak változást.

A Foktő-Barákai vízbázis kútjai a bal parton találhatók, azonban az egyes kutak magas, akár 2000 m³/nap mennyiséget is meghaladó termelése miatt nemcsak a balparti partmenti zónából, hanem a sodorvonalon túli területekről is kapnak utánpótlódást. Mindezek miatt a Paks II. Atomerőmű üzeme miatt megemelkedett hőmérsékletű, jobbparti csóva is részt vesz a kutak vizének utánpótlásában. Mindez hőmérséklet-emelkedést okoz mind a teraszrétegben, mind a kútkörnyezetben is. 790 m³/s Duna kisvízhhozam esetén a csóva alatti mederüledékben a maximális hőmérséklet-emelkedés 1-1,5°C, míg a balparti partközeli zónában 0,1-0,4°C. A kutak térségében a hőmérsékletemelkedések hatása 0,1-0,05°C alá csökkent. Összességében az állapítható meg, hogy Paks II. Atomerőmű üzembe lépése nem hat a balparti víztermelésre és a balparti zónában található parti szűrősű vízkészletekre sem.

A Paks Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének talajvízre gyakorolt hőhatása kapcsán összességében 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.

A teraszrétegben ez a hatás tovább csökken így bár ezeknek a hatásoknak az 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.

3.2.5. 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 Paks Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának időszakában az élővilágra, a hatásterületen található életközösségekre várhatóan gyakorolt hatások.

A hatásértékelés egyrészt a környezeti hatástanulmány készítését megalapozó aktuális biomonitoring vizsgálatok eredményeire, mint a jelenlegi állapotot jellemző, meghatározó eredményekre, másrészt a Paks Atomerőmű üzemelésének korábbi időszakában elvégzett felmérések nyomán rendelkezésre álló adatokra és információkra támaszkodik.

A vizsgálatokkal érintett terület az atomerőmű körüli 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 volt. 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.

Az 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.

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 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).

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 barnakánya (*Milvus migrans*) és a rétisas (*Haliaeetus albicilla*) fordul elő fészkelőként, amelyek a vizsgálati területen fészkelő többi fajnál érzékenyebbek az akusztikus és vizuális zavaró hatásokra. A jelenlegi ismeretek alapján a területen előforduló fajok közül az emberi tevékenység okozta akusztikus és vizuális zavaró hatásra leginkább érzékeny fajok közül leginkább érzékeny faj a rétisas, így e fajra vonatkozó információkat kellett alapul venni a közvetett hatásterület meghatározása során, melynek kiterjedése az építési terület körüli, kb. 0,5-1 km sugarú terület.

A további üzemidő-hosszabbítás előkészítéséhez kapcsolódóan a jellemzően az építési tevékenységekből eredő hatótényezők kerültek vizsgálatra az élővilágra mint környezeti elemre vonatkozóan. Egyrészt az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a kapcsolódó szivattyútelep, valamint a csúcshűtő rendszer hűtőcelláinak, és kapcsolódó létesítményeinek kivitelezéséhez szükséges területfoglalás, a kivitelezési munkafolyamatokhoz kapcsolódó munkaterület igénybevétel, amelyek közvetlen fizikai hatásokat jelentenek. Másrészt a létesítmények kivitelezési munkálatainak közvetett hatásait kiváltó hatótényezők, 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 további üzemidő-hosszabbítás 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 igénybevételével 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 további üzemidő-hosszabbítás miatt az élővilágra vonatkozóan várható hatások szempontjából 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 hatást detektálható vagy szakirodalmi adatok alapján valószínűsíthető. Ezek határozzák meg a hatásterületet a további üzemidő-hosszabbítás 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.

A további üzemidő-hosszabbítás időszakában jelentkező hatótényezők alapvetően megegyeznek az atomerőmű elmúlt üzemidőszakára jellemzőkkel, abban az esetben is, amikor a Paksi Atomerőmű önállóan, és akkor is, amikor a Paks II. Atomerőművel együtt üzemel. Az 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 további üzemelés időszakában 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 vagy a jelenlegi melegvíz-csatornán, vagy az új alternatív melegvíz-csatorna szakaszon kerül bevezetésre a Duna-főmederbe, de a hűtővíz mennyisége és a hőterhelés mértéke 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. A klímaváltozás hatásaival azonban ettől függetlenül számolni kell, a hatásvizsgálat ennek figyelembevételével került elvégzésre.

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 Dunára kiterjedő hatásterület, ahol mérhető kedvezőtlen irányú eltérések várhatók.

A további üzemidő-hosszabbítás 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 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.

A két atomerőmű együttes üzemeléséből eredő, a vízi élővilágra a hőterhelésből adódó hatást a kritikus időszakokban 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.

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 havária események közül a veszélyes anyagok talajra kerülése közvetlen mérgezés jellegű károsító hatással lehet a magasabbrendű növényzetre, az egyenesszárnúakra, a lepkékre, a talajfelszíni ízeltlábúakra és a kételtűekre. A kedvezőtlen közvetlen hatás hatásterülete alapvetően az atomerőmű telephelye és beszivárgás útján legfeljebb annak közvetlen környezete lehet. Ilyen jellegű havária esemény bekövetkezése esetén nem zárhatók ki a táplálékláncon keresztül jelentkező közvetett, ugyancsak mérgező jellegű károsító hatások a madarakra, a denevérekre és bizonyos egyéb, elsősorban a telephelyen, vagy annak közvetlen környezetében is előforduló emlősfajokra vonatkozóan.

A melegvíz-csatornán keresztüli vízszennyezés esetén a szennyező anyagok bejuthatnak a befogadó Dunába, így a hatásviselők elsősorban a Dunában élő életközösséget alkotó fajegyüttesek lehetnek. A várható hatások a szennyező anyag jellegétől függően lehetnek különböző mérgező jellegű hatások. Ezen havária esemény esetén sem zárhatók ki közvetett, a táplálékláncon keresztül érvényesülő, mérgező jellegű károsító hatások, melyek a közvetlen vagy közvetett mérgezésnek kitett táplálék-szervezetek elfogyasztásán keresztül valósulhatnak meg. Az ilyen jellegű havária esemény közvetlen hatásterülete jellemzően a melegvíz-csatorna torkolata alatti Duna-szakasz jobb oldali része, melynek alvízi irányú kiterjedése attól függ, hogy milyen toxicitású, milyen lebomlási sajátosságokkal jellemezhető a mérgező anyag, illetve milyen tartósságú maga mérgezőanyag elfolyás. A hatásvizsgálatban figyelembe vett havária eseményre (az atomerőmű szennyvíztisztító művének meghibásodásából eredő tisztítatlan szennyvíz dunai kibocsátása) vonatkozóan elvégzett modellszámítás eredménye szerint a Dunába kerülő szennyező komponensek koncentrációja a keveredés miatt olyan alacsony, ami jórészt a kimutathatósági határ alatt van.

3.2.6. Nem radioaktív hulladékok keletkezése és kezelése

Az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódóan a háztartási hulladékhoz hasonló (kommunális) és termelési (nem veszélyes és veszélyes) inaktív szilárd hulladékok keletkezésével kell számolni. Az MVM Paks Atomerőmű Zrt. hulladékgazdálkodási rendszerére vonatkozó 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-hulladékokat megfelelő 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 hulladékok teljes körű visszakövethetőségét biztosítja. A rendszer működési logikája nem a telephelyi felhalmozódásra épül, hanem arra, hogy a hulladék a keletkezést követően szervezeten, ellenőrzöten és igazolhatóan kerüljön hasznosításra vagy ártalmatlanításra.

A normál üzemelés időszakát reprezentáló 2014-2023 közötti 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 tonna/év nagyságrendben alakult, és jellemzően körülbelül 700-2200 tonna/év tartományban ingadozott, míg a veszélyes termelési hulladék éves mennyisége átlagosan 390-400 tonna/év körül alakult.

A nem veszélyes frakciók esetében a hasznosítási arány a vizsgált időszak jelentős részében 60-90% között volt, 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 további üzemidő-hosszabbítás előkészítési időszakára vonatkozó előrejelzés szerint az összes keletkező többlethulladék mennyisége jellemzően 420-560 tonna/év nagyságrendű, ugyanakkor 2031-ben és 2032-ben kiugró értékek várhatók, amikor a többlet elérheti a 700-760 tonna/év szintet. A többlethulladék összetétele ebben az időszakban döntően nem veszélyes, az arány várhatóan 80-90%, míg a veszélyes hulladék mennyisége jellemzően 20-90 tonna/év tartományban alakul. 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 cseréi, 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 többlet-hulladéka-ramok kezelése műszakilag és szervezetenként a meglévő gyűjtőhelyi, logisztikai és dokumentációs renddel megoldható, és a jogszerű, ellenőrzött működés fenntartása reálisan biztosítható.

A további üzemidő-hosszabbítás időszakára jellemző hulladékkeletkezés a legtöbb évben mérsékelt és egyenletesebb, az előrejelzés szerint jellemzően 100-350 tonna/év nagyságrendű. Ezen belül a nem veszélyes frakciók mennyisége jellemzően 50-300 tonna/év, míg a veszélyes frakciók a legtöbb évben néhány tonnától néhány tíz tonna/év nagyságrendben maradnak, és arányuk általában 5-20% között alakul.

A hulladékképződés jellegét tekintve a nem veszélyes frakciók között 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 mennyiségben 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 hulladéka-ramok.

A hulladékgazdálkodáshoz kapcsolódó környezeti hatások értékelése alapján a terhelések jellemzően kismértékűek, időszakosak és lokális jellegűek, elsődlegesen a telephelyen belüli anyagmozgatási, gyűjtési és tárolási műveletekhez 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 fenti értékelési elemek összegzéseként megállapítható, hogy a telephely jelenlegi hagyományos (nem radioaktív) hulladékgazdálkodási rendszere a gyakorlatban igazoltan alkalmas a keletkező hulladéka-ramok biztonságos és jogszerű kezelésére. 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.

3.2.7. A zaj- és rezgésállapotra gyakorolt hatások

A Paksi Atomerőmű jelentős ipari üzemként zajterhelést okoz a környezetében, illetve az üzemeléshez köthető gépjárműforgalmat is figyelembe kell venni a megközelítési útvonalakon. Az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódóan az aktuális környezeti zajhelyzet felmérésére

helyszíni alapállapotú mérések kerültek elvégzésre. Az alapállapotú közúti forgalomból eredő zajterhelés meghatározása a járműforgalmi adatokra épülő zajszámítás alapján történt.

A Paksi Atomerőmű üzemi zajterhelésének és az üzem háttérterhelésének vizsgálatára a feltételezett közvetlen hatásterületen belül, a legközelebbi védendő területen, a legközelebbi védendő létesítményeknél, a telephelye súlypontjától mért kb. 3 km-es körzetben került sor. A helyszíni vizsgálatok alapján a Paksi Atomerőmű üzemi zajterhelése a környező lakóterületeken alacsony, ezért nem érzékelhető és nem mérhető az alapzajtól függetlenül.

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 alapállapotú 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 decibel (dB) határérték túllépés adódik a nappali és/vagy az éjszakai órákban.

Zajvizsgálati szempontból a normál üzemeléshez kapcsolódóan vizsgálandó környezeti hatótényező az atomerőmű zajterhelést okozó berendezéseinek – mint zajforrásoknak – a zajkibocsátása. A közvetlen zajkibocsátásból eredő hatások alapvetően az üzemi területen jelentkeznek. A Paksi Atomerőmű főépületeinek 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 végén lévő két vízkivételi mű búvárszivattyúkkal. A 12 bar-os tűzivíz szivattyúház és két szivattyúház az üzemi terület keleti határán helyezkedik el. A terület délkeleti határán található a szabadtéri transzformátorállomás és a hálózati vezénnyő. 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 telephelyének délkeleti részén 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 zajterjedési modell alapján került meghatározásra. A zajmodellezés alapján megállapítható, hogy a Paksi Atomerőmű jelenlegi környezeti zajterhelése az előírt zajterhelési határérték alatt marad. Az atomerőmű jelenlegi üzemi, zajvédelmi szempontú hatásterülete Paks és Dunaszentbenedek közigazgatási határát érinti, az erőmű környezetében fekvő lakóterületeket, védendő övezeteket azonban nem érint. 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.

A korábbi vizsgálatok eredménye szerint rezgésterhelés – sem alapállapotú, 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 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. Az atomerőmű közlekedési zajterhelése a környezeti hatások minősítése szempontjából a védendő épületek, védendő területek tekintetében hosszú távú, a semleges-elviselhető kategóriákba sorolható.

A további üzemidő-hosszabbítás előkészítésének részeként tervezett tevékenységek közül az alternatív melegvíz-csatorna szakasz és csúcshűtő rendszer építéséből eredően kell a zajkibocsátást vizsgálni. A hatótényezők az építési időszakban a zajterhelést okozó építési munkagépek zajkibocsátása. Az építési fázis várhatóan legnagyobb zajterhelést okozó szakasza a gépi földmunkák végzése. Az építés hatásainak vizsgálata során nappali munkavégzés került figyelembevételre.

Az alternatív melegvíz-csatorna és csúcshűtő rendszer kiépítésénél az építési tevékenységre vonatkozó zajterhelési határértékek várhatóan teljesülnek. A csúcshűtő rendszer kiépítésének zajvédelmi szempontú hatásterülete az építési munkák 400-600 m-es sugarú környezetét érinti, zajtól nem védendő övezetekre és a Paksi Atomerőmű védendő létesítményt nem tartalmazó gazdasági területére terjed ki. A zajkibocsátásból eredő hatások az építési időszakra semlegesnek tekinthetők.

A további üzemidő-hosszabbítás időtartamára vonatkozóan a jelenlegi zajterheléshez képest számottevő változás nem várható a mesterséges huzatú hűtőcellás 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 rendszer hűtőcelláin áthaladva kerül a felmelegedett hűtővíz a Dunába visszavezetésre.

A további üzemidő-hosszabbítás 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 rendszerének zajcsökkentéseit úgy alakítják ki, hogy az érintett övezetekre vonatkozó zajterhelési határértékek teljesüljenek a Paks II. Atomerőművel való 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. Atomerőmű 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. Atomerőmű üzemi zajforrásai kerültek figyelembevételre.

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemeléséhez köthető zajterhelés a legközelebbi lakóövezetknél 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 kell alkalmazni, azokat úgy kell tervezni, hogy a várhatóan eleve a határérték közeli zajterhelések ne emelkedjenek, a hatásterület ne növekedjen jelentős mértékben.

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének zajvédelmi szempontú hatásterülete a Paksi Atomerőmű csúcshűtő rendszerének figyelembevételével és anélkül is egy kb. 2,3 km sugarú, a Paksi Atomerőmű középpontjától kelet-északkeleti irányba tolódott középpontú körön belül alakul ki, Paks, Dunaszentbenedek és Uszód közigazgatási területére terjed ki, érintve a környező Paks-Csámpa, Dunaszentbenedek és Uszód lakóövezeteit is.

Az alapállapotú archív – a Paks II. Atomerőmű környezeti hatásvizsgálata keretében végzett – rezgésmérések alapján a Paksi Atomerőmű környezeti rezgésterhelése határérték alatti. Az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódó közlekedésből származó rezgésterhelés várhatóan nem jelentős. A rezgésterhelés a Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű 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 további üzemidő-hosszabbítás időtartamára vonatkozóan változással nem kell számolni, a jelenlegi terhelés vehető figyelembe a további üzemelés időtartama alatt is.

Az atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódó jövőbeni közlekedési zajterhelés előrejelzésénél a várhatóan legkedvezőtlenebb esetet (a legnagyobb hatásterületet) feltételezve a jelenlegi állapotot jelentő, a 3 dB-t néhány tized decibellel meghaladó terhelési értékek miatt kialakuló hatásterület feltételezhető a további üzemidő-hosszabbítás 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 további üzemelés időszakában a közvetett hatások semlegesnek tekinthetők.

A Paks II. Atomerőmű üzemeléséhez kapcsolódó járműforgalomból eredő közúti zajkibocsátás – a Paks II. Atomerőműre vonatkozóan készített környezeti hatástanulmány alapján – 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. Atomerőmű együttes lehetséges közvetett hatásterület a Paks-Csámpa és a Dunaszentgyörgy út melletti lakóházainál alakul ki a további üzemidő-hosszabbítás kezdeti éveiben. A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű 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. Atomerőmű együttes közlekedési zajterhelése okán közvetett hatásként hatásterület az érintett utak mentén.

Zajkibocsátás szempontjából havária eseményként a külső villamos betáplálás és a belső váltóáramú betáplálás egyidejű elvesztése (mind a négy blokkon) lett alapul véve. 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 zajforrások 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. 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, mert a legnagyobb zajterhelést adó zajforrások szakaszosan működnek, és ez a zajterhelés átlagolódik a jogszabály szerinti megítélési időre, ami éjszaka és nappal eltér.

A zajvédelmi szempontú hatásterület havária esetén az övezeti kategóriáknak megfelelően irányonként eltérő nagyságú, a legtávolabbi pont a Paksi Atomerőmű súlypontjától kb. 5 km-re valószínűsíthető. 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.

3.2.8. Tájkép, tájhasználat, települési környezet

Az atomerőmű környezetében a szántóföldi, nagytáblás művelés az uralkodó tájhasználat. Jelentős a lomblevelű erdőültetvények, a települési területek és a vízfolyások (főként a Duna vízfelülete miatti) kiterjedése. Az utóbbi évtizedekben a gyepek területének csökkenése tapasztalható. A térség tájpotenciálja alapján megállapítható, hogy természeti adottságai révén magas ökológiai potenciállal, a tájhasználatokból adódóan magas mező- és erdőgazdasági potenciállal rendelkezik, továbbá – az ipari létesítményeknek köszönhetően – Paks település ipari potenciálja is magas.

A további üzemidő-hosszabbítás előkészítési fázisban táji szempontból a legfontosabb hatás a területfoglalás. Jelen esetben ez csak minimális változást okoz, mivel egy meglévő létesítmény esetén alapvetően nincs szükség újabb területek igénybevétele. Az előkészítési tevékenység keretében szükséges rekonstrukciós, felújítási munkák a telephelyen belül kerülnek végrehajtásra. Kivételt képez ez alól az előkészítés során megvalósítani tervezett alternatív melegvíz-csatorna szakasz és a kapcsolódó csúcshűtő rendszer 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. 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 igénybevétele szükséges számolni. A tervezett területigénybevétel 0,78 ha kiterjedésű származékerdőt érint, ezért a jogszabályi előírások értelmében csereerdősítés nem kötelező, az igénybevétel erdőjárulék megfizetésével megvalósítható.

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 emberi 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.

Táji értékváltozásként a Duna menti ártéri erdő igénybevétele nevesíthető. 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 szigetekben, 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.

A továbbüzemelés időszakában nem várható a területfoglalás növekedése. 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 építéskor és/vagy üzemelése közben alakult ki, azaz a környező területek használatára gyakorolt hatás/befolyás már korábban megvalósult. A környező használatok közül az új alternatív melegvíz-csatorna szakasz mellé telepített csúcshűtő rendszer jelenthet a szomszédos horgásztavi rekreációs tevékenységre kedvezőtlen hatást (zaj, látvány). A csúcshűtő rendszer működtetése azonban csak időszakos, kritikus, magas dunai és léghőmérséklet együtt-állásakor lesz szükséges, azaz várhatóan évente csak rövid időszakokban fognak működni a berendezések. A hatás elviselhetőnek becsülhető.

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 időszakokra 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.

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 ítéltető a hatás. 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.

A Paksi Atomerőmű és a Paks II. Atomerőmű együttes üzemelésének hatásait tekintve a területigénybevétel és a tájhasználat, mivel a Paks II. Atomerőmű 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.

A tájkarakterben az ipari környezetben a Paks II. Atomerőmű 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

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.

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 megléte következtében már korábban meghatározott területfejlesztési célok alapvetően összhangban állnak a terület- és településrendezési tervekben jelölt távlati vagy tervezett elemekkel.

Az alternatív melegvíz-csatorna megépítése és a csúcshűtő rendszer telepítése atomerőművi ipari gazdasági területet, vízgazdálkodási területet (horgásztavak, árvízvédelmi töltés) és egy keskeny védelmi rendeltetésű erdőterület sávot érintenek. E miatt a területrendezési terv minimális módosítása szükségessé válik.

Paks város általános településkörnyezeti jellemzői közül a város természetföldrajzi, illetve térszerkezeti pozíciója a további üzemidő-hosszabbítás következtében várhatóan nem változik. 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 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. A továbbüzemelés tehát a védett értékek szempontjából is semleges hatású. A települési környezet szempontjából a hatásterület továbbra is elsősorban Paks közigazgatási területével tekinthető azonosnak.

A Paksi Atomerőmű megléte és az új atomerőmű létesítése következtében már korábban meghatározott területfejlesztési célok alapvetően összhangban állnak a terület- és településrendezési tervekben jelölt távlati vagy tervezett elemekkel. Paks város általános településkörnyezeti jellemzői közül a város természetföldrajzi pozíciója nem változik az együttes üzemelés során sem. A térszerkezeti pozíció a két atomerőmű együttes működésével és a város gazdasági erősödésével párhuzamosan javulhat.

3.2.9. Társadalmi, gazdasági hatások

A telephely és tágabb környezetében jellemző demográfiai folyamatok illeszkednek az országos trendekbe, a népességfogyás, a negatív vándorlási egyenleg, az előregedés 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. A népességszám-változás a Paksi régióon belül feltételezhetően jellemző területi különbségekkel fog párosulni hosszú távon is. Várható Paks város jövőbeli kedvezőbb munkaerővonzó-képessége, ami egyedülként a vizsgálati területen pozitívan hat majd a demográfiai jövőképre a környezetéhez képest.

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. Tolna vármegyében Paks az atomerőműnek köszönhetően az egyik fő erőcentrumnak számít, a gazdasági mutatói sok esetben a vármegyeszékhelyénél, Szekszárdnál 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. Paks és közvetlen környéke az országos átlagtól jobb gazdasági teljesítményt mutat fel, de annak helyi túlcsoportoló hatásai csak egy korlátozott térben érvényesülnek.

A vizsgált társadalmi és gazdasági következmények előre vetítik 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 terület rész használatváltozása képez ez alól kivételt, ahol az erdőterület egy része ipari célra kerül felhasználásra. Az erdőterület igénybevétele elsősorban az élővilág, ökoszisztémák szempontjából volt releváns vizsgálandó kérdés. 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.

3.3. A környezeti radioaktivitás jellemzése és az üzemidő-hosszabbítás miatt várható változások

3.3.1. Radioaktív anyagok kibocsátásai, a környezet radioaktivitásának jellemzése

A Paksi Atomerőmű üzemelése során radioaktív anyagok a légkörbe és a felszíni vízbe (Dunába) kerülnek kibocsátásra. A légnemű és 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 kibocsátható radionuklidok mennyiségét szigorú hatósági korlátok szabályozzák, melyek betartását maga az erőmű és a hatóságok is többszörösen ellenőrzik. Az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről szóló 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet által előírt kibocsátási korlátozási rendszer az atomerőműre meghatározott dózismegszorításból (90 $\mu\text{Sv}/\text{év}$) származtatott izotóponkénti kibocsátási korlátok vonatkoznak mind a folyékony, mind a légnemű kibocsátásokra.

Összességében elmondható, hogy az atomerőmű a teljes üzemideje alatt minden vonatkozásban nagy tartalékkal betartotta a radioaktív kibocsátásokra vonatkozó korlátokat. Az erőmű 2024-ben 0,33%-ban használta ki a kibocsátási korlátot, ebből 0,24%-kal a folyékony, míg 0,08%-kal a légnemű kibocsátások részesedtek. A kibocsátási határérték kritérium kihasználtsága a korábbi években is 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 mutattak.

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 , 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 kiégett üzemanyag-kezelés tervezett átalakítása (a további üzemidő-hosszabbítás időszakában keletkező többlett kiégett fűtőelem átmeneti tárolása az új, Holtec HI-STORM UMAX technológiára való átállással) környezeti hatásainak értékeléséért megtörtént a konténer erőművi rendszerekben való kiszolgálásához kapcsolódó műveletek és az azokhoz tartozó kibocsátások felülvizsgálata. Az új technológia járuléka a kiégett fűtőelemek átmeneti tárolására való előkészítésből eredően az atomerőmű jelenlegi radioaktív kibocsátásai szempontjából nem lesz meghatározó.

A Paksi Atomerőmű radioaktív kibocsátásai a további üzemidő-hosszabbítás időszakában várhatóan érdemben nem változnak, mivel az atomerőmű technológiáját, illetve üzemeltetési

jellemzőit illetően nem tervezettek olyan változtatások, amelyek a radioaktív kibocsátások jellemzőit számottevő mértékben befolyásolnák.

Ennek megfelelően elmondható, hogy várhatóan a jelenlegi radioaktív kibocsátások lesznek jellemzőek a további üzemidő-hosszabbítás időszakában is. Ez azt jelenti, hogy a jelen állapothoz képest a légnemű és folyékony radioaktív kibocsátások jellemzői, mennyisége és a kibocsátások módja nem változik.

Az eddigi tapasztalatokat figyelembe véve megállapítható, hogy a meghosszabbított üzemidejű erőmű üzemelésének időszakában a normál üzemi légnemű és folyékony radioaktív kibocsátások nagyságrendje az eddigiekhez hasonló tartományban marad, ezáltal a Paksi Atomerőmű további üzemelése sem jár az eddigieknél nagyobb radiológiai kockázattal a környezetre nézve.

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. Atomerőmű 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. Atomerőmű két blokkjának normál üzemvitele során a légnemű és a folyékony kibocsátásokból eredő, a lakosságot várhatóan terhelő dózisok jelentősen kisebbek, mint a létesítményre önállóan megállapított 90 $\mu\text{Sv}/\text{év}$ dózismegszorítás, sőt a tényleges kibocsátásokból eredő dózis jóval kisebb lesz ennél az értéknél is. A Paksi Atomerőmű és az épülő Paks II. Atomerőmű normál üzemi együttes működése alatt elhanyagolható mértékű környezeti radiológiai terhelés várható.

3.3.2. A lakosság sugárterhelésének vizsgálata

3.3.2.1. Az atomerőmű jelenlegi üzemeléséből adódó lakossági dózisok

Az atomerőmű normál üzemi működéséből adódó lakossági dózisok a radioaktív anyagok kibocsátásából (nagyraest 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 alacsonyok.

A Paksi Atomerőmű eddigi üzemeléséből eredő lakossági sugárterhelés nagyságrendje közvetlen mérési adatok helyett a kibocsátási adatokból, terjedési modellek segítségével, a különféle besugárzási útvonalakat figyelembe véve, számítás útján határozható meg. A számításal meghatározott sugárterhelés a feltételezett, ún. kritikus lakossági csoportot, azaz a csoport jellemzőivel rendelkező reprezentatív személyt érintő dózis a légnemű kibocsátásból származó csámpai dózisok és a folyékony kibocsátásból a gerjéni lakosságra számított dózisok 1-5 éves gyermekekre vonatkozó értékeinek összegeként adódik.

A vizsgált 10 év (2013-2022) légnemű és folyékony kibocsátásokból származó, 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.

A fenti 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.

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 környezeti megjelenését is észlelni lehetett.

A Paksi Atomerőmű üzemzavari radioaktív kibocsátásai esetében a környezetben megjelent aktivitás kimutatása a nukleáris mérés technika igen nagy érzékenységet demonstrálta, amely igazolta, hogy a kibocsátások környezeti vagy egészségi következménnyel nem jártak. Ezt alátámasztja, hogy az üzemzavari kibocsátásokat követően – egy esetleges rövid idejű színtemelkedést követően – a víz- és élelmiszer mintákban 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.

3.3.2.2. Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása miatt várható változások

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, valamint a korábban végzett elemzések eredményei.

A lakossági sugárterhelés és a radiológiai hatásterület meghatározására a további üzemidő-hosszabbítás környezeti hatásvizsgálata keretében új elemzések is készültek az elérhető legfrissebb adatok figyelembevételével. Megtörtént továbbá annak értékelése, hogy a lakosság sugárterhelését befolyásoló, a további üzemelés 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. Az atomerőmű 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 bemenő 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.

A normál üzemi állapotra vonatkozóan a 2022-es évi tényleges légnemű kibocsátási adatok (mint az elemzések szempontjából legkedvezőtlenebb adatokat eredményező év) alapján kerültek meghatározásra a lakossági dózisok az 1 éves gyermekekre és felnőttekre vonatkozóan, a vizsgált 16 irányszektorban és különböző távolságokban. Csámpán, az atomerőműtől kb. 1 km-es távolságban, délnyugati-nyugati irányban a reprezentatív személy lekötött effektív dózisának számított értéke felnőttre 3,64 nSv, míg a gyermekeké 1,63 nSv.

Az eredmények alapján látható volt, 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 normál üzemi légnemű kibocsátások lakossági dóziskövetkezményeiről megállapítható, hogy az atomerőmű környezetében mindenhol a semleges kategóriába esnek, számottevően a

90 $\mu\text{Sv}/\text{év}$ dózismegszorítás és a semleges hatás felső határértéke alatt maradva. A számított lekötött effektív dózisértékek maximuma 500 m távolságban délnyugati irányában adódott, a felnőttekre meghatározott 12,2 nSv a dózismegszorítás értékének kevesebb, mint a 0,02%-a.

Az elemzések alapján tehát a normál üzemi légnemű kibocsátás radiológiai hatásterülete a biztonsági övezet határán (500 m) belül marad, a lakossági sugárterhelés jelentősen a 90 $\mu\text{Sv}/\text{év}$ 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 (mint az elemzések szempontjából legkedvezőtlenebb adatokat eredményező év) felhasználásával készültek, a kibocsátást folyamatosnak és a part mentén pontszerűnek véve.

Gerjenben, az atomerőműtől 10 km-es távolságban a felnőtt és az 1 éves gyermek reprezentatív személyek számított lekötött effektív dózist a halfogyasztásból származó belső sugárterhelés dominálta, az eltérő fogyasztási értékek miatt a felnőttek belső és teljes dózisa nagyobbak adódott, mint a gyermekeké.

A normál üzemi folyékony kibocsátások lakossági dóziskövetkezményeiről megállapítható, hogy az atomerőmű környezetében mindenhol a semleges kategóriába esnek, több nagyságrenddel a dózismegszorítás (90 $\mu\text{Sv}/\text{év}$) 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.

Az atomerőmű üzemeléséből eredő lakossági dózisok számítása a normál üzemi állapot mellett a tervezési üzemzavarokra vonatkozóan is elvégzésre került. A vizsgálat kiterjedt az atomerőmű tervezési alapjába tartozó számos kezdeti eseményre. A légnemű kibocsátás következtében kialakuló lakossági dózisok értéke a 30 km távolságon belüli receptorpontokon a „90 mm névleges átmérőjű, térfogat-kiegyenlítő befecskendező vezeték törése 1485 MW hőteljesítményen, teljes feszültségkiesés feltételezésével” üzemzavari esetben volt a legnagyobb, így ezek az eredmények kerültek figyelembevételre.

Csámpán, az atomerőműtől kb. 1 km-es távolságban a felnőtt reprezentatív személy lekötött effektív dózisének számított értéke 425 μSv , míg az 1 éves gyermekeké 349 μSv . Az eredmények alapján látható volt, hogy a radioaktív felhő földet érése után az erőműtől való távolság növekedésével a dózisok csökkennek. Az elemzések alapján megállapítható, hogy a 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 vizsgált tervezési üzemzavari esetre nézve meghatározásra került a légnemű kibocsátásból származó 90 μSv -et meghaladó dózisértékre vonatkozó radiológiai hatásterület az 1 éves gyermekekre és a felnőttekre. Az elvégzett új elemzések alapján 6,0 km-nél nagyobb távolságban a hatás már semleges.

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 közel 20%-a kimosódik a Dunába (a nemesgázokat kivéve). 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 szélesség mellett a szennyeződés áthalad a terület felett.

A számítások alapján a vízi besugárzási útvonalakra az üzemzavari kibocsátási forrástagok közül a „492 mm névleges átmérőjű melegági vezeték törése a 4. hurokban 1485 MW hőteljesítményen, 2 sprinkler rendszer működésével” esetben adódtak a legnagyobb dózisok.

Gerjenben, az atomerőműtől 10 km-es távolságban 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 forgatókönyvben is a 90 $\mu\text{Sv}/\text{év}$ 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 forgatókönyv 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 dózisa 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 forgatókönyv lett figyelembe véve.

A Paksi Atomerőmű, a KKÁT és Paks II. Atomerőmű normál üzemelésének együttes radiológiai hatását az új paksi blokkok környezetvédelmi engedélyezéséhez készített környezeti hatástanulmányban is vizsgálták. A Paks II. Atomerőmű környezeti hatástanulmányban 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 dózisa a Paks II. Atomerőmű környezeti hatástanulmányban szereplő, <0,1 μSv értékkel azonos nagyságrendű, de azoknál némileg alacsonyabb értékeket adtak.

Az eredmények szempontjából nem releváns eltérések oka az elemzések során alkalmazott módszertanok és eszközök folyamatos fejlődéséből, a számításokban figyelembe vett bemenő adatok változásából, valamint a feltételezések és a megfontolások konzervativizmusának eltérő mértékéből adódnak. Kijelenthető azonban, hogy a három létesítmény (Paksi Atomerőmű, KKÁT és Paks II. Atomerőmű) együttes normál üzemelésének összesített dózisa a jelen vizsgálat keretében elvégzett elemzések alapján is jelentősen a 90 $\mu\text{Sv}/\text{év}$ dózismegszorítás és ez által a semleges hatás felső határértéke alatt marad.

3.3.3. A lakosság egészségi állapotára gyakorolt hatások

Ionizáló sugárzás egész életében éri az embert, részben természetes, részben mesterséges forrásokból. 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 mesterséges forrásból származó ionizáló sugárzás átlagos dózisa a Földön 0,4 mSv/év.) A Föld több pontján a hazainál nagyságrenddel magasabb a természetes háttérsugárzás, amit nem tükröz a sugárzással összefüggő megbetegedések gyakorisága, azaz a 2-3 mSv/év effektív dózis tartomány körüli expozíció-eltérések nem okoznak kimutatható kockázat növekedést.

Összhangban a korábban végzett azonos vizsgálatokkal – amelyre legutóbb a Paks II. Atomerőmű környezetvédelmi engedélyezésének megalapozásához kapcsolódóan került sor – a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása környezeti hatásainak értékelése részeként ismételten 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 választ adniuk, hogy a tényleges megbetegedések mintázata alapján felmerül-e annak a gyanúja, hogy egyes betegségek többletkockázata összefüggésbe hozható a Paksi Atomerőmű működésével.

A vizsgálat két fázisban zajlott. Az 1. fázisban a magyarországi egészségstatisztikai rendszerekben elérhető, vonatkozó adatok feldolgozására került sor. A 2. fázisban elsődleges adatgyűjtésen alapuló felmérést végeztek, ami lehetővé tette az egyéni szinten ható egyéb (nem ionizáló sugárzás) rizikófaktorokra korrigált kockázatértékelést.

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 vizsgálatok eredményei alapján összességében megállapítható volt, hogy az atomerőmű üzemeltetése, kibocsátásai – összhangban a korábbi elemzések eredményeivel – nem eredményeznek megbetegedési kockázatnövekedést az atomerőmű környezetében élők között.

A további üzemidő-hosszabbítás során várható hatások tekintetében a normál üzemelésnél a légköri és a vízi kibocsátásokra tekintettel a radiológiai hatás semleges, mert a három paksi létesítmény (Paksi Atomerőmű, KKÁT, Paks II. Atomerőmű) összesített maximális teljes dózisa normál üzemi légköri kibocsátás esetén két nagyságrenddel a semleges érték felső határa alatt maradnak. Emiatt a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása és a Paks II. Atomerőmű 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. Atomerőmű megkezd a működését.

3.3.4. Az élővilág sugárterhelése

A további üzemidő-hosszabbítás környezeti hatásvizsgálatának részeként megtörtént az élővilág sugárterhelése legutóbbi átfogó vizsgálatának, a Paks II. Atomerőmű létesítésére és üzemeltetésére vonatkozóan végzett környezeti hatásvizsgálatban tett megállapítások felülvizsgálata, valamint az azóta eltelt időszakban 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 további üzemidő-hosszabbítása 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 $10 \mu\text{Gy/h}$ -ban állapítható meg az élőlények széles tartományára. Konzervatív módon ezért a $10 \mu\text{Gy/h}$ dózisteljesítmény érték került figyelembevételre a felmérésben szereplő élővilágra. Ameddig a dózisteljesítmény az élővilágra ezen érték alatt marad semmilyen a sugárterheléssel összefüggő hatással nem kell számolni.

A Paksi Atomerőmű Kibocsátás Ellenőrző Laboratórium folyamatosan méri az erőmű légnemű kibocsátást. 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 dóziszárulékot jelent a globális háttérhez képest.

A jövőre vonatkozó becslést a várható kibocsátások előrejelezhetősége szabja meg. Feltételezhető a további üzemelés időszakára, hogy a légköri kibocsátások érdemben nem fognak változni. A Dunába történő kibocsátás illetően az erőmű további működtetése érdemben nem fog megnövekedett kibocsátásokat eredményezni. Az élővilág sugárterhelésére nézve nem várható érdemi növekedés, annak ellenére sem, hogy a rendszeres kibocsátás következtében a talajban elvileg a hosszú felezési idejű izotópok felhalmozódhatnak. A talaj ilyen szennyeződéséhez ugyanis az erőmű elenyésző járulékot ad a korábbi globális és csernobili szennyezés jelenlegi maradékához képest, így a teljes felhalmozódás a további üzemeltetés során is csökkenő tendenciát fog mutatni.

Az élővilág természetes forrásoktól származó háttér-sugárterhelése fajtól és élettértől függően néhány tized $\mu\text{Gy/h}$ -tól néhány $\mu\text{Gy/h}$ -ig terjed. Az erőmű becsült járuléka a szárazföldi és vízi élővilág sugárterheléséhez mindössze 10^{-3} - $10^{-6} \mu\text{Gy/h}$ -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 felhalmozódott hosszabb felezési idejű hasadási és korróziós termékek lebomlanak. A további üzemidő-hosszabbítás időszaka alatt az élővilágra teljesülni fog jelenlegi állapotra is érvényes semleges, hatás nélküli dózisterhelési állapot.

Megállapításra került, hogy légköri kibocsátások tekintetében a Paksi Atomerőmű az üzemidő hosszabbítás időszakában a Paks II. Atomerőmű kibocsátásaival együtt sem lesz hatással a szárazföldi élővilágra, azaz hatása semlegesként értékelhető.

Az üzemzavari események vonatkozásában nem várható a környező élővilágot érintő jelentős hatás a lehetséges üzemzavari események következtében.

Összeségében megállapítható volt, hogy a Paksi Atomerőmű környezetének élővilágára ható dózisteljesítmény 90-99%-a természetes forrásból származik. A Paksi Atomerőmű üzemeléséhez/kibocsátásaihoz köthető dóziszárulék 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 további üzemidő-hosszabbítás időszaka alatt is. Ez a megállapítás a két erőmű együttes üzemelésének esetében is érvényes.

3.3.5. Radioaktív hulladékok és kiégett fűtőelemek keletkezése és kezelése

Az atomerőmű üzemeltetése során szilárd és folyékony kis- és közepes 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.

A további üzemidő-hosszabbítás előkészítése, illetve a további üzemeléshez tervezett tevékenységek, átalakítások keretében tervezett egyes rekonstrukciós munkákból eredően is számolni kell radioaktív hulladékok keletkezésével. Az elvégzett becslések alapján jellemzően az atomerőmű építészeti szerkezeteit, illetve technológiai rendszereit, berendezéseit érintő rekonstrukciók járnak radioaktív hulladék keletkezésével.

Az ellenőrzött zónában végzett rekonstrukciós munkák esetében konzervatív módon a teljes keletkező hulladékmennyiséget radioaktív hulladéknak tekintik. Az üzemeltetési tapasztalatok alapján azonban a 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. Az előkészítő munkák 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 során lehet számolni, közel 50 t mennyiségben.

A további üzemidő-hosszabbítás 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.

Az atomerőmű normál üzemviteléből adódóan éves rendszerességgel kb. 90 m³ kis- és közepes aktivitású szilárd radioaktív hulladék (kb. 450 db 200 literes hordó) keletkezik, amelyhez további 10 m³ (50 db hordó) várható a folyékony hulladékfeldolgozási technológia üzemeltetéséből. Így évente várhatóan 500 db hordó keletkezik.

A további 20 éves üzemidő-hosszabbítás időszakában keletkező többlet radioaktív hulladékok mennyisége a jelenlegi becslések szerint – az üzemviteli radioaktív hulladékok kondicionálás utáni – végső elhelyezésre kerülő térfogata a jelenlegi kb. 14 000 m³-ről közel 3000 m³-rel, 17 000 m³-re növekszik.

Az atomerőműben a kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékokból a tervezetetten 2029-től üzemszerűen működő cementező technológiával ún. kompakt hulladéksomagokat állítanak elő, amelyekben a 200 literes fémhordók négyesével kerülnek egy vékonyfalú, merevített acélkonténerbe (3.3.5-1. ábra). A hordók közötti teret folyékony radioaktív hulladékból kevert cementpéppel töltik fel, így a konténerek holt terét is radioaktív hulladék tölti ki.



Forrás: Az RHK Kft. honlapja (rhk.hu)

3.3.5-1. ábra: Acélkonténerrel kialakított, kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékokat tartalmazó kompakt hulladéksomag

A radioaktív hulladékok végleges elhelyezésével és a kiegészített üzemanyag átmeneti tárolásával összefüggő tevékenységek a Kormány által kijelölt szerv az RHK Kft. feladatkörébe tartoznak. A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezése az RHK Kft. által üzemeltetett, felszín alatti tárolókamrás kialakítású Nemzeti Radioaktív hulladék-tárolóban (NRHT) (3.3.5-2. ábra) biztosított. A kompakt hulladéksomagok a gyártás és minőségbiztosítási folyamatokat követően az atomerőműből kiszállításra kerülnek az NRHT-ba. A radioaktív hulladék végleges elhelyezése a felszín alatt, 200-250 m-es mélységben kialakított tárolókamrákban történik.



3.3.5-2. ábra: A bátaapáti Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló (NRHT) felszíni létesítményei és az első feltöltött tárolókamrája

A bátaapáti NRHT teljes befogadóképessége az eredeti tervek szerint kialakítandó tárolókamrákkal a Paksi Atomerőmű 50 (30+20) éves üzemideje, és annak leszerelése során keletkező kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék számára biztosít elegendő helyet. Az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása során keletkező kis és közepes aktivitású szilárd radioaktív hulladékok végleges elhelyezése az NRHT tárolókapacitásának későbbi bővítésével biztosítható.

Az atomerőműben összesen 1114 darab tárolócső, azaz 222,8 m³ tároló kapacitás áll rendelkezésre az üzemeltetés során képződő nagy aktivitású radioaktív hulladék elhelyezésére. A 222,8 m³-es tárolási kapacitásból 2025. január 1-jén 112,7 m³-nyi került felhasználásra. Az utóbbi 15 évben az átlagosan keletkező nagy aktivitású hulladék mennyiség 1,4 m³/év volt, így az 50 éves üzemidő végéig konzervatívan további 22 m³ nagy aktivitású radioaktív hulladék keletkezésével kell számolni. Ebből eredően közel 85 m³ tárolókapacitás áll rendelkezésre a

további üzemidő-hosszabbítás előkészítésének és végrehajtásának időszaka során keletkező nagy aktivitású hulladékok átmeneti tárolására.

A tárolócsövekben tárolható kis- és közepes aktivitású részeket is tartalmazó nagy aktivitású hulladékok mennyisége darabolással jelentős mértékben csökkenthető, így a tárolásukra használt tárolócsövek jelentős része felszabadítható, azaz kb. 40 m³ tárolókapacitás nyerhető. Az így felszabadított tárolókapacitással biztosítható, hogy – a további 20 éves üzemidő-hosszabbítással összesen – 70 éves üzemidő alatt keletkező nagy aktivitású hulladékok átmeneti tárolása is megoldott legyen.

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 a műszaki tervben foglaltak szerint csak az atomerőmű 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 a Bodai Agyagkő Formáció telephelykutatási keretprogramját, amely 2032-ig határozza meg a feladatokat. A tervezett ütemezés szerint a tároló létesítmény 2064-ben lép üzembe.

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.

Az RHK Kft. jelenlegi tervei szerint 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 kiégett fűtőelem-kazettáinak átmeneti tárolását.

Az RHK Kft. 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. A vizsgálatok eredményeként 2025. novemberében döntés született arra vonatkozóan, hogy a további üzemidő-hosszabbítás során keletkező kiégett fűtőelem-kazetták 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 fűtőelem-kazetták 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.

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 lakosság sugárterhelésére vonatkozóan elvégzett elemzések és azok megállapításai – a Holtec HI-STORM UMAX technológia alkalmazása esetére is érvényesek.

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.

4. Az atomerőmű leszerelése

Az atomerőmű leszerelése a létesítmény fennállásának legutolsó fázisa, ami a 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, 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 atomerőmű felhagyásának tervezése, előkészítése és hatósági engedélyezése jogszabályok által szabályozott folyamat. Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény alapján az atomerőmű üzemén kívül helyezéssel, leszereléssel kapcsolatos tevékenységek nukleáris biztonsági engedélyezése és ellenőrzése az 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.

Az 1996. évi CXVI. törvény alapján a Kormány által kijelölt szerv, az 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.

Az atomerőmű felhagyása (leszerelése) a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet alapján önállóan környezeti hatásvizsgálat köteles tevékenység. Ennek megfelelően a leszerelési tevékenységre vonatkozóan is önálló 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.

5. A környezeti hatások és területi kiterjedésük összegzése

A további üzemidő-hosszabbításhoz kötődően várható környezeti hatások vizsgálatának alapfeltételezése, hogy az atomerőműhöz 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. A további üzemidő-hosszabbítás időszakára megvalósítani tervezett alternatív melegvíz-csatorna és hűtőcellás csúcshűtő rendszer üzemeltetése a korábbiakhoz képest csak részleges és korlátozott mértékű változást eredményez a környezeti hatótényezők tekintetében.

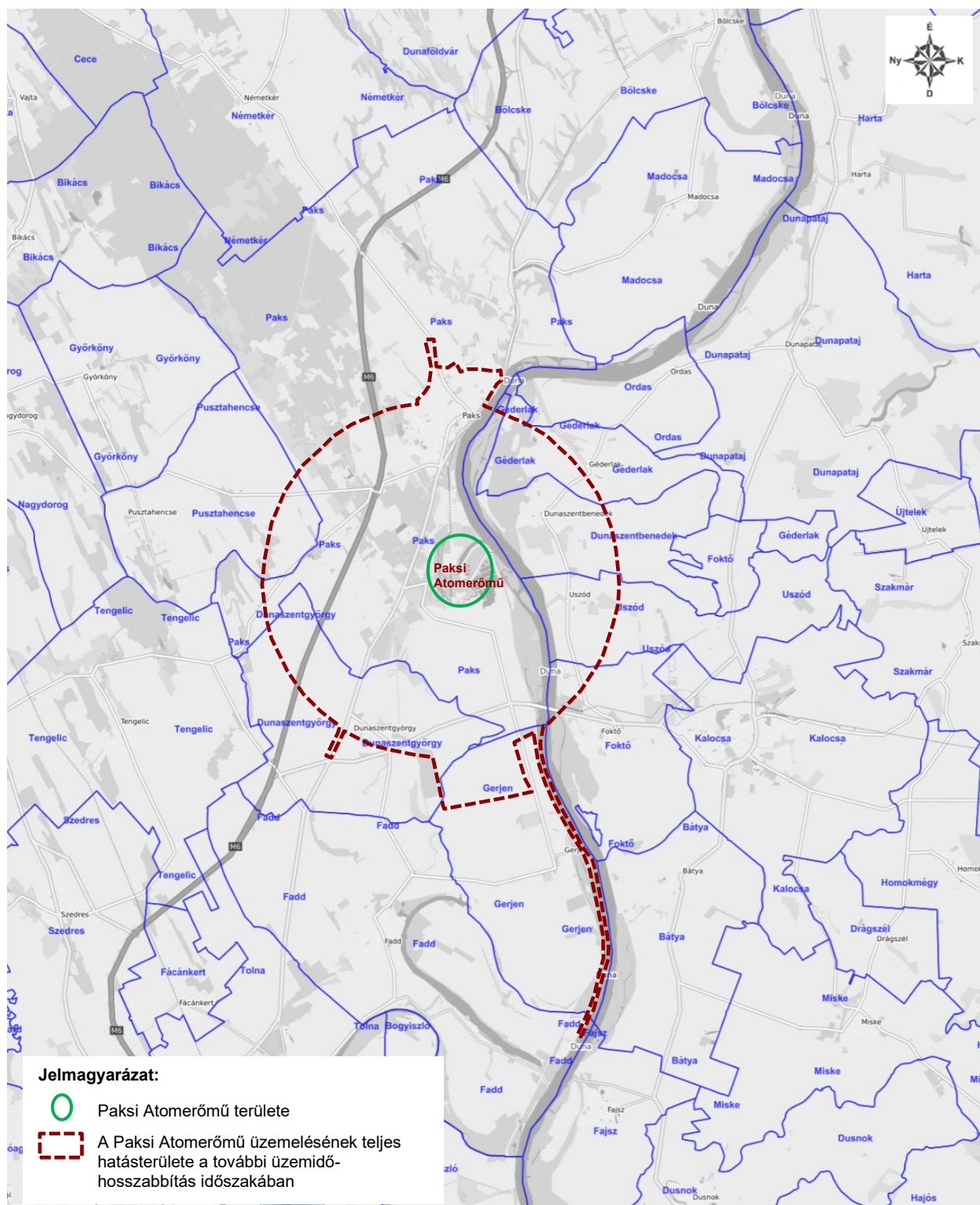
A Paksi Atomerőmű eddigi üzemelése során tapasztalt környezeti hatásokat tükröző adatok, illetve monitoring eredmények értékelésére jelentős mértékben támaszkodó, valamint a további üzemidő-hosszabbítás előkészítésének keretében tervezett átalakítások várható hatásainak figyelembevételével elkészített környezeti hatástanulmány alapján megállapítható, hogy nem azonosítható olyan kizáró környezet-, természet- és tájvédelmi ok, amely az atomerőmű tervezett további üzemidő-hosszabbítását lehetetlenné tenné.

Az egyes környezeti elemekre, rendszerekre vonatkozó hatásterületek együttesét jelentő teljes hatásterület az 5-1. táblázatban felsorolt településeket érinti. A további üzemidő-hosszabbításhoz köthető környezeti hatások teljes hatásterülete a telephely – 5-1. ábrán látható – 6-17 km kiterjedésű környezete, amely a tevékenységnek helyet adó Paks város közigazgatási területén túl 10 további település területét érinti.

5-1. 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



5-1. ábra: A Paksi Atomerőmű üzemeléséből eredő környezeti hatások teljes hatásterülete és a hatásterülettel érintett települések a további üzemidő-hosszabbítás időszakra vonatkozóan

6. Az országhatáron esetlegesen áttérjedő környezeti hatások vizsgálata

Az atomerőművek üzemeltetése az országhatáron áttérjedő 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 áttérjedő környezeti hatások vizsgálatáról szóló, Espooban (Finnország), 1991. február 26. napján aláírt egyezmény kihirdetéséről szóló 148/1999. (X. 13.) Korm. rendelet írja elő.

Országhatáron áttérjedő hatásnak kell tekinteni azt a hatást, amelynek jelentős, végleges változást vagy huzamos ideig fennálló állapotromlást okozó hatásterülete átnyúlik az országhatáron. Az Egyezmény hatálya alá tartozó tevékenységek esetében a 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.

A Paksi Atomerőmű tervezett további üzemidő-hosszabbítása környezeti hatástanulmányának megalapozásaként elvégzett vizsgálatok és elemzések részeként – a hatásfolyamatok és a területek érzékenysége alapján – valamennyi lehetséges hagyományos és radiológiai hatás esetében megtörtént az azonosított környezeti hatások országhatáron áttérjedése lehetőségének vizsgálata, illetve a potenciálisan áttérjedő 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 élővilágra és az ökoszisztémára, a zaj- és rezgésállapotokra, valamint a környezeti sugárzási viszonyokra vonatkozóan.

Jelentős, országhatáron áttérjedő hagyományos vagy radiológiai – légnemű és folyékony kibocsátásokból eredő – hatás a Paksi Atomerőmű normál üzeme, valamint a normál üzemtől eltérő haváriák és üzemzavarok esetében sem azonosítható.

Országhatárt elérő hatás a Paksi Atomerőmű országhatároktól távolabbi elhelyezkedéséből eredően (légvonalban is minimum 63 km, a Dunán folyásirányban 94 km) csak a Duna hőterhelése, valamint az atomerőmű tervezési alapját meghaladó események esetében fordulhat elő. Ezen hatások egyike sem sorolható a jelentős kategóriába.

A hőterheléssel összefüggő országhatáron átnyúló hatások számszerűsítése több lépésből álló, egymásra épülő modellezési módszertannal történt, amely a jelenlegi állapot vizsgálata mellett a jövőbeli viszonyok előrejelzésére is lehetőséget adott, figyelembe véve a Paks II. Atomerőmű üzembe lépésének hatását is. A klímamodellek eredményeire építve egy vízgyűjtőléptékű hidrológiai modell került felállításra a Duna teljes vízrendszerére. A vízhozam-adatok és a meteorológiai feltételek figyelembevételével a Duna vízhőmérséklete jövőbeli alakulásának modellezése is elkészült.

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. Atomerőmű 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 hőmérséklet-növekedés ökológia hatásainak vizsgálatként megállapításra került, hogy a Paksi Atomerőmű és Paks II. Atomerőmű együttes üzemelése során a 2060-ra kalkulált kisvízes állapotra mint legnagyobb hatásterületet eredményező állapotra meghatározott hatásterület kiterjedése sem haladja meg a paksi kibocsátási ponttól a 18 km-t alvízi irányban. Ezek alapján egyértelműen megállapítható volt, hogy a Paksi Atomerőmű dunai kibocsátása egyetlen biológiai elem vonatkozásában sem okoz országhatáron átnyúló hatást.

Összhangban a hatásértékelések nukleáris létesítmények esetében követett nemzetközi gyakorlatával az országhatáron áttérjedő hatások vizsgálatként 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. A tervezési alap kiterjesztésére, a balesetek elemzésére vonatkozó jogszabályi előírások – eltérően a normál üzemre és a tervezési üzemzavarokra vonatkozóan – 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 országhatárán áterjedő lehetséges hatásainak bemutatása céljából – a normál üzem és a tervezési üzemzavarok hatásainak bemutatása mellett – elemzések készültek a kibocsátás szempontjából súlyos következményeket eredményező tervezési alapon túli üzemállapotokra is. Az elvégzett elemzések eredményei alapján megállapítható, hogy jelentős országhatáron áterjedő hatással haváriák vagy balesetek esetében sem kell számolni.

7. A meghosszabbított üzemidő alatti várható környezetterhelés csökkentésére és nyomonkövetésére vonatkozó intézkedések

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának időszakában a környezetvédelmi megfelelést elsősorban az atomerőmű biztonságának garantálásával lehet elérni. Ezt az üzemi létesítmények és berendezések folyamatos állapot-felügyeletével és -fenntartásával, karbantartási, illetve öregedéskézelési 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 üzem közben 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 vízminztavéti 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. 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 alapvetően 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 csúcsűtő rendszer megépítése, amely lehetőséget biztosít az atomerőműben a hűtési célra felhasznált, ezáltal felmelegedett Duna víz hőmérsékletének csökkentésére a folyóba visszavezetést megelőzően. A csúcsűtő 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

ASNR	L'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection – French Authority for Nuclear Safety and Radiation Protection – a francia nukleáris biztonsági hatóság
BME NTI	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Nukleáris Technikai Intézet
BVMKH	Baranya Vármegyei Kormányhivatal
CfD	Contract-for-Difference – különbözeti szerződés
CHF	Svájci frank
dB	Decibel
EK	Elektromos kece
EME	Elektromos mintavételi eszköz
EPR	European Pressurised Reactor – Európai Nyomottvizes Reaktor
EQR	Environmental Quality Ratio – környezetminőségi arány
EU	Európai Unió
EUR	Euro
GDP	Gross domestic product – bruttó hazai termék
GWh	Gigawattóra
ha	Hektár
HI-STROM UMAX	Holtec International Storage Module Underground Maximum Security – kiégett fűtőelem kazetták konténeres, felszín alatti tároló rendszere
KiESZ	Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzat
KKÁT	Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója
KöESZ	Környezetellenőrzési Szabályzat
KSH	Központi Statisztikai Hivatal
kV	Kilovolt
LTO	Long Term Operation – hosszú távú üzemeltetés
MEKH	Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal
MPC	Multi-Purpose Canister – többcélú tartály
mSv	Millisievert
MVDS	Modular Vault Dry Storage – moduláris kamrás száraz tároló
MW	Megawatt
NEKT	Nemzeti Energia- és Klímaterv
NRHT	Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló
nSv	Nanosievert
nSv/h	Nanosievert/óra
OAH	Országos Atomenergia Hivatal
PAH	Policiklusos aromás szénhidrogének
PWR	Pressurized water reactor – nyomottvizes atomreaktor
RHK Kft.	Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft.
SEK	Svéd korona
SLR	Subsequent License Renewal – az engedély továbbmegújítása
TPH	Összes alifás szénhidrogén
TPH-GC	Összes alifás szénhidrogén (gázkromatográfiával)
TWh	Terawattóra
US NRC	United States Nuclear Regulatory Commission – az Amerikai Egyesült Államok nukleáris biztonsági hatósága
ÜKSER	Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer
VGT	Vízgyűjtőgazdálkodási Terv
VKI	Víz Keretirányelv
VVER	Vízzel moderált, vízhűtésű energetikai reaktor
μGy	Mikrogray
μGy/h	Mikrogray/óra
μSv	Mikrosievert