

KÖRNYEZETI HATÁSTANULMÁNY

Kiegészítő információk a Paksi Atomerőmű
További Üzemidő-hosszabbítási Projekt Környezeti
hatástanulmányához felhasznált elemzések lezárása
után tapasztalt extrém hőhullámok és dunai kisvizek
következményeinek értékelésére

2026. szeptember 15.

A PAKSI ATOMERŐMŰ
TOVÁBBI ÜZEMIDŐ-HOSSZABBÍTÁSA



Paksi
Atomerőmű

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	3
2. A 2026-ban tapasztalt extremitások.....	3
2.1. Meteorológiai szélsőségek.....	3
2.2. A Duna vízjárásának szélsőségei	4
3. Az extremitások által érintett szakterületek szerinti értékelések eredményei	4
3.1. Meteorológia	4
3.1.1. Klimatikus viszonyok.....	4
3.1.2. Az éghajlatváltozással szembeni kitettség és érzékenység.....	5
3.2. A Duna hidrológiai és hőmérsékleti jellemzői	6
3.3. A felszín alatti vizek.....	8
3.3.1. Lokális vizsgálatok	8
3.3.2. Regionális vizsgálatok	8
3.4. A Duna élővilága	9
3.5. Radioaktív kibocsátások	11
4. A tapasztalt extremitások hatásainak összefoglaló értékelése	11

1. Bevezetés

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. az általa üzemeltetett Paksi Atomerőmű 1-4. blokkjának további üzemidő-hosszabbítását tervezi. 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 Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítására vonatkozó Környezeti hatástanulmány – tekintettel a számos témakört felölelő vizsgálatok, elemzések volumenére, illetve az ezek elvégzéséhez szükséges különböző, közreműködő szakterületek számára – kiterjedt (műszaki, környezet- és természetvédelmi, sugárvédelmi, meteorológiai, hidrológiai stb.) szakértői kör összehangolt munkájával került elkészítésre 2024-2026 folyamán. A további üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi engedélyezésének megalapozásául szolgáló Környezeti hatástanulmány összeállítása lezárásának dátuma 2026. június 25. volt.

Közvetlenül ezt követően extrém hőhullámok és dunai kisvizek alakultak ki, amelyek jelentős hatást gyakoroltak a Paksi Atomerőmű üzemére. Az események időbelisége lehetővé és szükségessé tette az atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása engedélyezésének megalapozásához készített Környezeti hatástanulmány tartalmát érintő hatásainak felülvizsgálatát. A jelen dokumentum ezen felülvizsgálat eredményének bemutatását tartalmazza a 2026. augusztus végéig terjedő időszakra.

A bekövetkezett kisvízi események kezelése érdekében a kormányzat intézkedéseket hozott, amelyek biztosítják, hogy az atomerőmű hűtővízellátása az eddigiekkel szemben lényegesen védettebbé váljon az alacsony vízállások miatti kényszerű leállításokkal szemben.

Jelen dokumentum készítésekor a dunai mederküszöb létesítése és engedélyezése még folyamatban van. A mederküszöb létesítményre gyakorolt hatását annak engedélyezett elkészültekor az atomerőmű üzemeltetési feltételei és korlátai felülvizsgálata keretében figyelembe fogják venni.

2. A 2026-ban tapasztalt extremitások

A Paksi Atomerőmű üzemeltetése szempontjából releváns, 2026 nyarán tapasztalt szélsőséges környezeti paraméterek is arra hívták fel a figyelmet, hogy a folyamatos üzem fenntartása műszaki beavatkozások megvalósítását igényelheti a jövőben. A környezeti hőmérséklettel és a Dunával kapcsolatos, a vízgyűjtő területek és Paks környezetében tapasztalt szélsőséges paramétereket a következők szerint lehet összefoglalni.

2.1. Meteorológiai szélsőségek

A HungaroMet Zrt. által közölt adatok alapján a 2026-os év nyári átlaghőmérséklete 24,1°C volt, amely jelentősen magasabb minden korábbi értéknél. Ezt megelőzően 2022-ben volt a legmagasabb nyári átlaghőmérséklet, melynek értékét (23,5°C) 0,6°C-kal haladta meg az idei érték.

Paksnál az 1986-2023 közötti vizsgált időszakban az addig mért legmagasabb napi maximumhőmérséklet 40,6°C volt (2007. július). A legmagasabb napi maximumhőmérséklet 2026-ban eddig 40,3°C volt (2026. június 30.), tehát a napi maximumhőmérsékleti rekord nem dőlt meg. A legmagasabb napi minimumhőmérséklet Paksnál eddig 23,3°C volt (2017. augusztus). Ebben az évben az eddigi legmagasabb napi minimumhőmérséklet 24,6°C volt (2026. augusztus 7.), amely 1,3°C-kal magasabb a referenciaként szolgáló 1986-2023 időszakhoz képest.

Az 1986-2023 időszakban az évszakok közül a nyár mutatja a csapadékösszegek tekintetében a legnagyobb évek közötti változékonyságot. A nyári csapadékösszeg minimuma 89,1 mm (2013) és a maximuma 407,9 mm (2005) volt ebben az időszakban. 2026-ban Paksnál a nyári csapadékösszeg mindössze 33,9 mm volt, ami jelentősen, 55,2 mm-rel alacsonyabb, mint a referenciaidőszak legalacsonyabb nyári csapadékösszege.

Az egymást követő száraz napok – azaz az 1 mm-nél alacsonyabb csapadékösszegű napok – maximális száma korábban 49 nap volt (1989 és 1992). 2026-ban augusztus 31-ig a leghosszabb ilyen időszak 30 nap volt.

2026. június végén egy időjárási esemény következményeként magas légnyomású hőkupola alakult ki Magyarország felett, ami rendkívüli, 40°C-nál magasabb napi maximális hőmérsékletet okozott az egész ország területén. A kánikula a Duna vízgyűjtő területén hónapok óta tartó csapadékhány – ideértve a téli csapadékdeficitet is – okán a júniusban ritka, igen alacsony vízállás mellett történt. Ennek következtében a Duna víz hőmérséklete a paksi szelvényben elérte a kritikus szintet, június 27-től szükségessé vált az erőmű fokozatos teljesítménycsökkentése a hőterhelési határérték betartása érdekében. A Duna víz hőmérsékletének további növekedése miatt, az ellátásbiztonság szavatolása érdekében június 29-től július 3-ig az energiapolitikáért felelős miniszter a Paksi Atomerőmű számára részleges felmentést adott a további teljesítménycsökkentés alól. Ennek következtében június 29. és július 1. között a melegvíz-csatorna dunai torkolatától 500 m-re lévő keresztaszelvényben 30°C-ot meghaladó víz hőmérsékletek alakultak ki (a mért maximális hőmérséklet július 1-én elérte a 30,47°C-ot.)

2.2. A Duna vízjárásának szélsőségei

A 2026. július-augusztusi rendkívüli dunai kisvíz elsősorban a teljes Magyarország fölötti vízgyűjtőt érintő, hónapokon át felhalmozódó csapadékhány és hőség következménye volt. Az alpesi részvízgyűjtőkön tavasszal 35-70%-kal kevesebb csapadék hullott az átlagosnál, majd a száraz tavaszt ismétlődő hóhullámok és kevés, térben egyenetlen nyári eső követte.

A tartós meleg fokozta a párolgást és a növényzet vízfelhasználását, emiatt a talajok vízkészletei kimerültek. A kisebb vízfolyásokból származó és a felszín alatti utánpótlás is visszaesett, így az időszakos, nagyobb területeket érintő rövidebb csapadékesemények sem tudtak vízhozam-növekedést okozni. A Duna vízjárását Magyarországon döntően a külföldi, felső vízgyűjtők határozzák meg, így bár a hazai 90 napos csapadékösszeg is országosan mintegy 80-130 mm-rel elmaradt az átlagtól, de a folyóba érkező vízhozam hiánya maradt a meghatározó tényező.

Ennek eredményeként a Duna paksi szelvényében a korábbi kisvízes szélsőértékek megdőltek. A 2018. október 26-án a paksi vízmércén mért –97 cm-es (84,41 mBf) vízszint helyett az LKV (legkisebb vízállás) most már –140 cm (83,98 mBf) értéknél zárt 2026. augusztus 3-án. Vízhozam tekintetében a korábban valaha közvetlen módon mért legkisebb hozam 855 m³/s volt (2018. október), míg 2026 augusztusában a legkisebb, Paksnál mért vízhozam 685 m³/s-ra csökkent.

Tehát mind a Duna vízhozama, mind a vízállása, mind pedig az előző fejezetben említett módon a víz hőmérséklete tekintetében korábban sosem tapasztalt extrémumok keletkeztek, amelyeket tovább komplikált, hogy a kirívó és hosszú ideje fennálló régiós csapadékhány miatti extrém kis vízhozam és alacsony vízállás egyidőben jelentkezett a hőkupola jelenség miatt kialakuló extrém magas levegő- és víz hőmérséklettel. Ezek az események önmagukban is komoly kihívást jelentettek volna a műszaki létesítmények számára, de együttállásuk végképp rendkívüli helyzetet eredményezett.

3. Az extremitások által érintett szakterületek szerinti értékelések eredményei

3.1. Meteorológia

3.1.1. Klimatikus viszonyok

Az éghajlat melegedésének egyik fontos következménye és indikátora a forró és hóhullámos napok számának növekedése. A forró napok száma (amikor a napi maximumhőmérséklet legalább 35°C) 2026. augusztus 31-ig 23 volt, ami több, mint a 2015-ben és 2012-ben megfigyelt eddigi maximum (19 és 18 nap). A hóhullámos napok száma (amikor is a napi átlaghőmérséklet meghaladja a 25°C-ot) 2026. augusztus 31-ig 35 volt, ami 6 nappal haladja meg az eddigi maximumot.

Fontos megjegyezni, hogy a forró és hőhullámos napok számának hosszútávú növekedése mellett egyes években kiugróan magas értékek is előfordulnak, tehát egyetlen év alapján nem szabad hosszútávú következtetéseket levonni.

A hőmérséklethez hasonlóan egyes, a csapadékkal kapcsolatos klímaparaméterek is rendkívüliek voltak a 2026-os évben. A nyári csapadékösszeg a korábbi időszakhoz (1986-2023) képest jóval (55,2 mm-rel) alacsonyabb az eddigi nyári csapadékösszeg minimumainál. Mindez úgy, hogy száraz volt a tavasz is.

A 2026-os év augusztus végéig vizsgált időszakának szélsőségesége nem is az egyes paraméterek extremitásaiban, hanem a hőmérséklet- és a csapadéértékek együttes alakulásában mutatkozik meg igazán („compound event”). A Paks közvetlen környezetében kialakult időjárási extremitások hatását a tágabb (regionális) földrajzi környezet szélsőséges időjárása tovább súlyosbította.

Összességében 2026 nyarán extrém hőmérsékleti értékek fordultak elő. Több extrém érték (eddigi legmagasabb napi minimumhőmérséklet, forró napok száma, hőhullámos napok száma) is megdőlt a korábbi vizsgálati időszakhoz (1986-2023) képest. Emellett a nyári csapadékösszeg a korábbi vizsgálati időszakhoz (1986-2023) képest jóval kisebb értéket mutat (kb. 55,2 mm-rel alacsonyabb az eddigi nyári csapadékösszeg minimumnál: 89,1 mm vs. 33,9 mm).

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának környezetvédelmi engedélyezéséhez elvégzett elemzések és azok Környezeti hatástanulmányban bemutatott eredményei nincsenek ellentmondásban a 2026-ban megtapasztalt szélsőséges értékekkel. A klímaprojekcióban 20 éves éghajlati átlagértékek vizsgálata történt meg, ami értelemszerűen kisimítja az egyedi extremitásokat.

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítására vonatkozó környezetvédelmi elemzések eredményeit a fentiekben felsorolt paraméterek egyrészt az éghajlatváltozással szembeni kitettség és érzékenységen, valamint a Duna víz hőmérsékletén keresztül érintik meghatározó mértékben.

3.1.2. Az éghajlatváltozással szembeni kitettség és érzékenység

A Paksi Atomerőmű éghajlatváltozással szembeni kitettség- és érzékenységvizsgálata a Környezeti hatástanulmányban a Miniszterelnökség megbízásából készített és kiadott Klímareziliencia Útmutató (2022. február) alapján került végrehajtásra, az abban meghatározott standard éghajlatváltozási rezilienciavizsgálat módszerét és lépéseit követve. A vizsgálat két – részben egymással összefüggő, de mégis jól elkülöníthető – részből állt:

1. Klímasemlegességi részvizsgálat: a projekt eredményeképpen várható üvegházhatásúgáz-kibocsátás változásának megítélése.
2. Klímaalkalmazkodási részvizsgálat: a projekt éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásának megítélése.

Az átvilágítási szakaszban a telephely éghajlati kitettsége vizsgálatának eredményeként az alábbi éghajlatváltozási következmények bizonyultak relevánsnak, alacsony jelenlegi és jövőbeni várható hatás mellett:

- a Klímareziliencia Útmutatóban meghatározott szempontok szerinti vizsgálat alapján:
 - várható éves átlaghőmérséklet-változás (lassú növekedés),
 - várható nyári átlaghőmérséklet-változás,
 - az egy év alatt előforduló forró napok számának várható változása,
 - az egy év alatt előforduló hőhullámos napok számának növekedése;
- a speciális atomerőművi szempontok szerinti vizsgálat alapján:
 - a Duna vízhozamának csökkenése a száraz időszakok maximális hosszának a vízgyűjtő területen tapasztalható növekedése miatt,
 - a Duna víz hőmérsékletének emelkedése.

A fentiek alapján két hatás-csoport került azonosításra, amelyek vonatkozásában a létesítmény érzékenységvizsgálata során a következő megállapítások kerültek megfogalmazásra:

MVM ERBE Zrt.	Dokumentum azonosító: 84A400115000-KH00-0019-A	2026.09.15.	5/12
---------------	--	-------------	------

- A levegőhőmérséklet növekedésével kapcsolatos éghajlatváltozási következmények csoportjára a létesítmény nem érzékeny. Ezeket a hatásokat a létesítmény üzemeltetése során eddig is kezelték és a rendelkezésre álló prognózisok nem mutattak olyan változásokat, amelyek ezen éghajlatváltozási következmények kezelését a jövőben meghiúsítanák.
- A Duna hűtési potenciáljának csökkenésével kapcsolatos éghajlatváltozási következmények csoportjára a Klímareziliencia Útmutató szerinti konzervatív becslés készült, amely alapján az útmutatóban megadott kategóriákat alkalmazva a létesítményre vonatkoztatható veszély nagyságrendje a „kicsi” kategóriába sorolható a jelenlegi üzemviteli gyakorlat mellett.

A 2026 nyarán tapasztalt szélsőséges értékek figyelembevételével mellett a levegőhőmérséklet növekedéssel kapcsolatos megállapítás, miszerint a létesítmény levegőhőmérséklet növekedésével kapcsolatos éghajlatváltozási következmények csoportjára közvetlenül nem érzékeny, továbbra is érvényes. A melegedő éghajlat a Duna hőmérsékletének emelkedésén keresztül a folyó hűtési potenciáljának csökkenéséhez vezet. Ehhez tartozóan fontos megemlíteni, hogy ha a paksi szelvényben 2026 júliusában és augusztusában tapasztalt szélsőségesen alacsony vízállások miatt nem kellett volna az erőmű blokkjait szinte teljes mértékben leterhelni, akkor a leterhelésre a magas Duna víz hőmérséklet miatt lett volna szükség.

Az elvégzett elemzés igazolja, hogy a létesítmény klímaalkalmazkodási sajátosságai kiemelkedőek, az atomerőműre jellemző robosztus felépítés és a jelentős biztonsági tartalékok az egyéb emberi és természeti veszélyek mellett a klímaváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás szempontjából is jelentősek. A hivatkozott megállapítások a 2026-ban tapasztalt hőmérsékleti szélsőségek mellett, az azok kezelésére tervezett műszaki megoldásokkal (csúcshűtő rendszer) továbbra is érvényesek maradnak.

3.2. A Duna hidrológiai és hőmérsékleti jellemzői

A kialakuló kisvizes és melegvizes időszakok jelentős mértékben befolyásolják az atomerőmű termelési kapacitását. A kisvizes időszakok fizikai korlátot jelenthetnek, mivel a tervezési alapnál alacsonyabb vízszintek esetén jelenleg nem lehetséges a hűtéshez szükséges 100 m³/s hűtővíz-forgalom biztosítása a hidegvíz-csatornából. Magas víz hőmérsékletek esetén – különösen kisvizes, kedvezőtlenebb keveredési és hígulási feltételek mellett – a víz hőmérsékletre vonatkozó környezetvédelmi előírás (maximum 30°C az 500 m-es referencia-szelvényben) betartása érdekében szükség lehet az atomerőmű teljesítményének csökkentésére olyan időszakban, amikor villamosenergia-ellátásbiztonsági szempontból az erőmű üzemben tartására nagy szükség lenne.

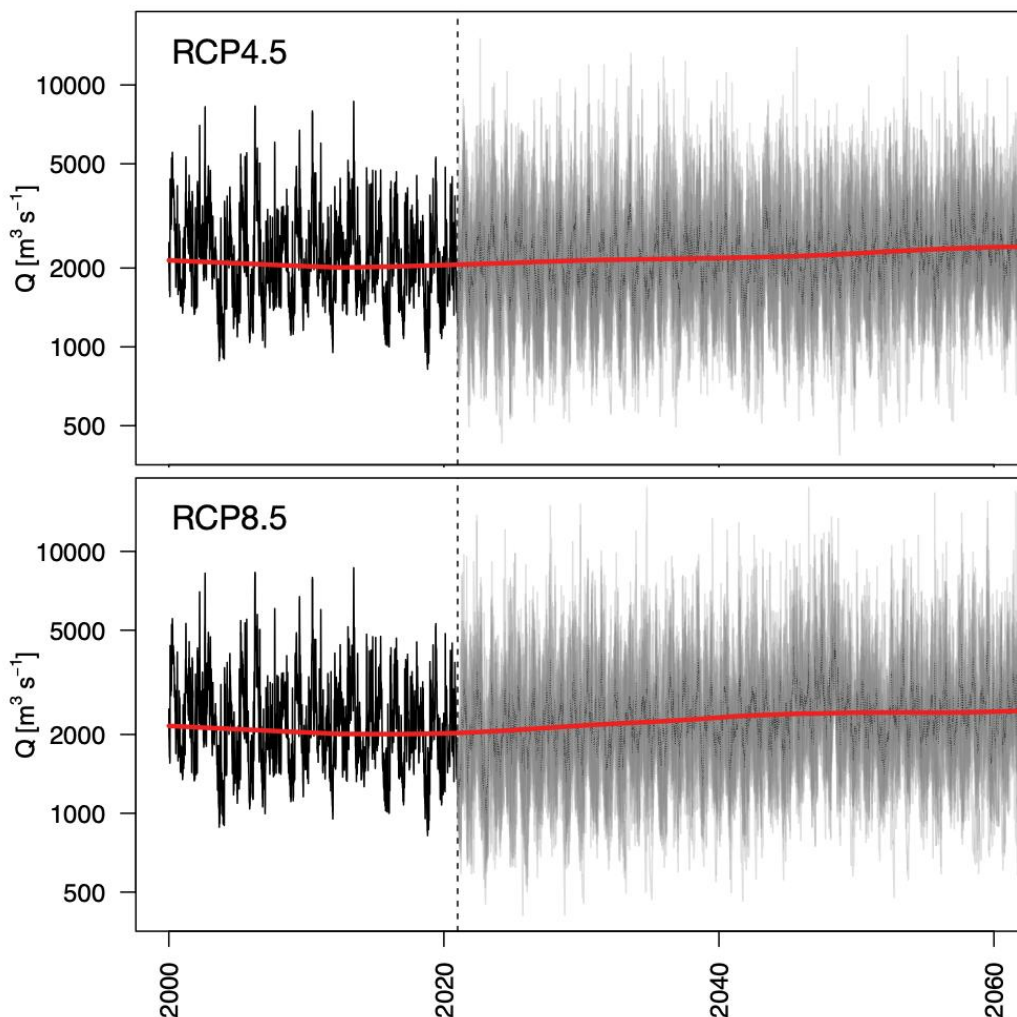
A további üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi engedélyezéséhez elvégzett vizsgálatok, elemzések szerint a Duna vízhozama az éghajlatváltozás nyomán a múlthoz képest szélsőségesebbé válik, a melegedő éghajlat pedig a víz hőmérsékletek növekedését okozza. A 2026-ban kialakult szélsőséges helyzet már ezeknek a változásoknak a tünete.

A 2026. évi szélsőséges kisvízi esemény önmagában nem jelent olyan új körülményt, amely a Környezeti hatástanulmányban alkalmazott, a jövőbeli szélsőséges kisvízi helyzeteket is figyelembe vevő hidrológiai prognózisok felülvizsgálatát indokolná. A Duna vízhozamának az RCP4.5 és RCP8.5 éghajlati forgatókönyvekre történő előrejelzése mindkét esetben kimutatta, hogy – bár a vízgyűjtő nyugati részén a csapadékmennyiség enyhe növekedése várható, mely az átlagos vízhozam szintén enyhe növekedését okozhatja – a korábbinál szélsőségesebb vízjárás (kisebb kisvizek, nagyobb árvizek) kockázata már jelenleg is nagy és ez a további üzemidő-hosszabbítás időszakában még növekedni fog. A paksi szelvény vízhozam trendjét bemutató 3.2-1. ábrán a mért (fekete vonal) és az ensemble módszerrel előre jelzett vízhozam (szürke tartomány) látható (az időbeli trendet a piros vonal jelzi).

A Környezeti hatástanulmány 4.2.2. fejezetében az éghajlatváltozás előrejelzésében leírtak szerint a szélsőségesen alacsony vízhozamok tekintetében a 2026-ban megfigyeltnél kedvezőtlenebb esetek előfordulása is lehetséges: „Az 1% alatti napi tartósságú vízhozam kis

valószínűséggel 500 m³/s alá is lecsökkenhet, ugyanakkor a közepesnél kisebb vízhozamok esetében a számottevő csökkenés nagy biztonsággal bekövetkezik.”

Az RCP4.5 forgatókönyvben a középvízhozamok nagysága nem változik, a legnagyobb vízhozamok enyhén növekednek. Ennél jelentősebb változás várható a kisvizek esetében, az 1% és 0,1% napi tartósságú – vagyis 3 évente átlagosan 11, illetve 1 napig fennálló – vízhozamok csökkenése jelentős, az ensemble modell-előrejelzések teljes tartománya a megfigyelt vízhozam-percentilis alá esik. A legextrémebb éghajlati modell-lánc (HadGEM2_CCLM) szerint az 1% alatti napi tartósságú vízhozam 500 m³/s alá csökkenhet, de ezt a többi modell-lánc eredménye nem támasztja alá. Ugyanakkor a közepesnél kisebb vízhozamok esetében egyöntetűen számottevő csökkenést jeleznek előre.



3.2-1. ábra: A paksi szelvényre előrejelzett vízhozam trendje

Az RCP8.5 forgatókönyvben a nagy vízhozamok növekedése erőteljesebb, melynek oka a többi modell-láncnál minden tartósságra magasabb vízhozamot jelző CNRM_ALADIN53 éghajlati modell-lánc. A közepes vízhozamok kismértékben nőnek, a jelenlegihez hasonló vízhozam a 20% tartósságú tartományban alakul ki. Ez alatt a vízhozamok csökkennek, az RCP4.5 forgatókönyvhöz hasonló mértékben.

Az elvégzett vizsgálatok alapján meghatározott adott bekövetkezési valószínűségű vízhozamok alapján a további üzemidő-hosszabbítás időszakában nincs jelentős különbség a kétféle klímaforgatókönyv között. Ezek alapján a 2026. augusztus végéig megfigyelt legkisebb hozam már a közeli jövőben is gyakran előfordulhat, vagyis majd már nem tekinthető nagyon extrém eseménynek.

A jövő vízhőmérsékleteinek eloszlása a jelenhez képest mindkét éghajlati forgatókönyv esetén megváltozik. A vízhőmérséklet múltban tapasztalt növekedése továbbra is folytatódni fog, azonban a növekedés üteme várhatóan csökken.

A két forgatókönyv között azonban igazán számottevő eltérés az ensemble átlagok tekintetében nincs a 2021-2060 közötti időszakra. A 80%-os alulmaradási valószínűség felett mindkét forgatókönyv ensemble átlaga ugyanazt a hőmérsékletet jelzi előre. A 99%-os alulmúlási valószínűséghez tartozó érték a jelenlegi 25°C-ról 25,7°C-ra növekszik. Az RCP8.5 forgatókönyv esetén azonban az egyes ensemble tagokkal kapott valószínűségi értékek nagyobb szórással bírnak.

A szezonális szempontjából a nyári maximumok valamelyest előbbre tolódnak időben. A jövőbeli havi maximumok erőteljes emelkedést mutatnak az őszi hűlési időszakban.

A Környezeti hatástanulmányban és itt ismét bemutatott vizsgálati eredmények a 2026 július-augusztusában bekövetkezett extremitások figyelembevétele mellett továbbra is érvényesek.

3.3. A felszín alatti vizek

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása környezetvédelmi engedélyezésének megalapozása céljából végzett, a felszín alatti vizekre vonatkozó vizsgálatokat a 2026 nyarán tapasztalt extremitások a lokális vizsgálatok esetében a meglévő trícium háttérkoncentráció változását, míg a regionális vizsgálatok esetében a Csámpa-pusztai vízbázist, másrészt az üzemelő és távlati parti szűrésű vízbázisokat illetően érintik.

3.3.1. Lokális vizsgálatok

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának vizsgálatai során elvégzett lokális hidrodinamikai és szennyeződésterjedési szimulációk a trícium terhelés fokozatos csökkenését mutatják. A tapasztalt szélsőségesen alacsony Duna vízállások érdemben nem változtatnak a korábbi megállapításokon.

Az időben változó és az időben állandó paraméterekkel szimulált környezetben a legkisebb vízszint 83,99 mBf volt, amely 2026. augusztus 3-án mért új minimum szerint 83,65 mBf-re csökkent. Ez azt jelenti, hogy a hidraulikus gradiens mértéke nőtt egy rövid időszakra, mivel a talajvíz szintje lassabban reagál a Duna medrében kialakuló változásokra. Az így előállt áramlási rendszer felgyorsította a trícium atomerőmű alatti kiürülésének folyamatát, amelyet a monitoring kutakban jelentkező trícium aktivitáskoncentráció csökkenés egyértelműen jelez. Hosszantartó alacsony Duna vízállás esetén a trícium háttérkoncentráció csökkenés az eddig figyelembe vettél is gyorsabban valósul meg.

3.3.2. Regionális vizsgálatok

A felszín alatti vizek regionális léptékű hatásvizsgálata során egyrészt a Csámpa-pusztai vízbázis, másrészt az üzemelő és távlati parti szűrésű vízbázisok vizsgálatára került sor. A Duna vízállása és annak változásai a parti szűrésű, illetve a sekély vízáadó rétegek nyomásviszonyait befolyásolja, míg a mélyebb rétegek vizét megcsapoló Csámpa-pusztai vízbázisra gyakorolt hatások elhanyagolható mértékűek.

A hidrodinamikai és hőtranszport-modellezés során a Duna hőmérséklet-eloszlása peremfeltételként, a vízállások pedig hidraulikai potenciál feltételként szolgáltak, amelynek értékeit a felszíni vizekre elvégzett modellezés eredményei szolgáltatták. Az alacsony vízhozamokhoz tartozó alacsony dunai vízállás esetén a partól távolodása és a lecsökkenő hidraulikus gradiensek miatt a vízbázis termelőkútjaiig értelmezett elérési idő megnövekszik, ami csökkenti a Paksi Atomerőmű üzemeléséből származó hőterhelés hatását. A regionális hatások szempontjából is az állapítható meg, hogy a 2026 júliusában és augusztusában tapasztalt szélsőséges környezeti paraméterek érdemben nem eredményeznek jelentős változást a további üzemidő-hosszabbítás időszakára, maguk a minimális mértékű változások pedig kedvező irányúak.

3.4. A Duna élővilága

A Környezeti hatástanulmány részletesen tárgyalja a Paksi Atomerőmű további üzemelésének dunai élővilágra gyakorolt hatásait, kiemelten az erőmű felmelegedett hűtővíze bevezetésének hatását a Duna Víz Keretirányelv szempontjából releváns akvatikus közösségeire (fitoplankton, fitobenton, zooplankton, makrozoobenton, halak). Az elemzések elvégzésre kerültek a jelenlegi és a további üzemidő-hosszabbítás időszakára, de vizsgálatra kerültek a 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet derogációja alapján a 2025. évi módosításával lehetővé vált időszakosan (egy naptári éven belül kumulatív módon maximum 15 nap), 32°C-ra emelt hőmérsékleti korlát (a Környezeti hatástanulmányban „32/15 szabály” néven ismertetett szcenárió) várható hatásai is.

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. üzemeltetési tapasztalatai, kiemelten az üzem környezetvédelmi engedélye alapján 2009 óta a Víz Keretirányelv szempontjai szerint végzett dunai monitorozás azt jelezte, hogy a Paksi Atomerőmű felmelegedett hűtővizének dunai kibocsátása a meleg, és kisvízes időszakokban okozza a legjelentősebb hatást a Duna élővilágára. Figyelembe véve a 2026. június végén kialakuló helyzetet, ami a rendkívüli, 40°C-nál melegebb napi maximális levegőhőmérséklettel és igen alacsony vízzszinttel volt jellemezhető, az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. ellenőrző biológiai vizsgálatot végzett a paksi Duna-szakaszon.

A felmérés alapvető célja a dunai akvatikus szervezetek állapotának nyomon követése volt a kritikus környezeti helyzetben. A vizsgálat szükségességét ugyanakkor az is alátámasztotta, hogy először került alkalmazásra a 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet 2025. évi módosításával lehetővé vált felmentés az 500 m-es referenciaszelvényre előírt 30°C-os kibocsátási határérték betartása alól. A felmérés először szolgáltatott adatokat a felmentés biológiai hatásának értékeléséhez extrém hidrológiai és időjárási körülmények között. A vizsgálatok eredményeként a következő megállapításokat lehetett tenni.

A hossz-szelvény mentén végzett vízhőmérséklet-mérés eredményei összhangban vannak a környezeti hatásvizsgálat során készített modelleredményekkel: *„kisvízes állapotban a jelenlegihez viszonyítva lefutása elnyúlik, és még az 1520-as fkm-nél is elérheti a 3,0°C-t a hőlépcső mértéke. A 2,5°C-os kimutathatósági távolság 7,8 km-ről 8,2 km-re nyúlik”*. A biológiai felmérések szerint az extrém magas vízhőmérséklet és alacsony vízállás mellett megemelt hőmérsékletű hűtővíz kibocsátása ellenére sem volt kimutatható a vizsgált biológiai elemek vonatkozásában a közösség összeomlása, vagy gyors, irreverzibilis megváltozása a mintavétel helyén a kibocsátási pontnál.

A fitoplankton vizsgálatának eredményei alapján továbbra sem mutatható ki olyan mértékű változás a fitoplankton-közösségek taxonómiai és diverzitási jellemzőiben, funkcionális szerkezetében vagy dominanciaviszonyaiban, amely egyértelmű, statisztikai alapon igazolható módon utalna a hőterhelés hatására.

A fitobenton értékelés taxonómiai eredményei lokális eltéréseket is mutattak (a legmagasabb taxonszám közvetlenül a melegvíz-csatorna torkolatának alvívén volt kimutatható, és a jobbparti minták taxonszáma jellemzően magasabb volt, mint a kibocsátás által nem érintett balparti mintahelyeken). A korábbi vizsgálatok adataival összevetve azonban az is látszik, hogy az egyes évek közötti különbségek markánsan határozzák meg a bentikus kovaalga-közösség taxonómiai szerkezetét. A 2026-os felmérés során észlelt gyenge fitobentosz-alapú ökológiai állapot a teljes vizsgált folyószakaszon arra utal, hogy a szélsőséges hidrológiai körülményekhez kapcsolódó éves szintű környezeti változás erősebb hatást gyakorol az ökológiai állapotr, mint az erőművi hőterheléshez kapcsolódó lokális hatások.

Ez az eredmény összhangban áll a korábbi vizsgálatok során tett azon megállapítással, hogy a kibocsátás közvetlen környékén tapasztalható gyengébb ökológiai állapot kialakulásáért több környezeti tényező (pl. aljzat, áramlási viszonyok) együttesen felel. Ezen környezeti hatásokat a felmelegedett hűtővíz hőterhelése tovább erősíti, azonban jellegzetes hossz-szelvény szerinti elrendeződés nem mutatható ki a jobbparti alvízi területeken sem.

A makrozoobenton felmérés eredményei alapján két védett fajt lehetett kimutatni, miközben az idegenhonos taxonok a teljes taxonkészlet 51,3%-át és az összesített denzitás 77,2%-át adták. Az elvégzett kiegészítő felmérés adatait összevetve a korábbi eredményekkel, az átlagos taxonszám és a denzitás 2026-ban meghaladta a korábbi vizsgálati évek értékeit. A legutóbbi

vizsgálat alapján nem lehetett igazolni az ökológiai állapot romlását, a 2026-os adatok mérsékelt ökológiai állapotot jeleztek az érintett Duna-szakaszon. Összességében a makrogerinctelen-közösségek alapján nem volt azonosítható olyan kedvezőtlen változás, ami a 2026-os mintavétel során az extrém hidrológiai, és hőmérsékleti körülmények között összefüggésbe hozható a Paksi Atomerőmű felmelegedett hűtővizének kibocsátásával.

Ugyanakkor a 2026-os vizsgálat eredményei rávilágítanak arra a tényre, hogy a makrozoobenton közösség minőségi és mennyiségi összetétele folyamatosan alakul át a teljes vizsgált Duna-szakaszon. Ezek a változások egyaránt kimutathatók a kibocsátással érintett jobbparti és a nem érintett balparti területen is, és alapvetően a klímaváltozás összetett hatásaként értékelhetők. Ezt jelzi, hogy a 2026-os évihez hasonlóan magas víz hőmérséklettel jellemezhető 2018-as évhez viszonyítva is jelentős változás volt tapasztalható minden mintahelyen. A Duna makroszkopikus vízigerinctelen-közösségére a folyó teljes hazai szakaszán általánosan jellemző az invazív fajszám és egyedszám drasztikus növekedése, ezen túl a vizsgált szakaszon lokálisan is tapasztalható az egyes élőhelyek változása. Az előző jelenség hátterében elsősorban a hosszabb távú környezeti változások állnak, míg a 2026-os képet lényegesen befolyásolta az extrém aszály miatti szélsőségesen magas víz hőmérséklet és szélsőségesen alacsony vízállás. A korábbi vizsgálatokkal összhangban megállapítható, hogy ezeket a környezeti hatásokat a Paksi Atomerőmű kibocsátása lokálisan erősíti, az atomerőmű kibocsátásával összefüggő, és attól független tényezők hatása az erőművi hűtővízcsóva hatásterületén egymástól nem választható szét.

A halközösség ökológiai elemzése alapján a korábbi vizsgálatokkal egyezően látható, hogy a melegvíz-csatorna torkolata alatti Duna-szakaszon az érintett jobbparti területek halközösségének szerkezete az atomerőmű melegvíz-kibocsátása okán kimutathatóan megváltozik. A jelen felmérés eredményei alapján az is jól látszik, hogy az alacsony vízállás, és a magas víz hőmérséklet együtt szintén változást indukál a közösségszerkezetben. Az extrém hidrológiai állapot hatására az érintett területen jelentősebben növekszik az idegenhonos fajok száma és előfordulási gyakorisága, és kimutathatóan változik néhány őshonos faj előfordulási gyakorisága is. A változások a kövezéses aljzatú területek élőhelyein jelentkeznek erőteljesebben. A 2026-os vizsgálat eredményei validálták a korábbi tanulmányokban meghatározott hőmérsékleti kategóriákat is. 36°C-os kibocsátási hőmérséklet körül már elkerülés figyelhető meg, az érintett területen jelentősen csökken a halak egyedszáma. A vizsgálati eredmények jelezték, hogy az elkerülési viselkedés a hőmérséklet növekedésével fokozatosan jelentkezik. Szintén megerősíthető volt, hogy a kibocsátás hőmérsékleti hatása a halak egyedszámára kb. $\Delta T \geq 2,5^\circ\text{C}$ -os határig kimutatható.

Végső soron fontos kiemelni, hogy a jelenleg extrémnek tekintett időjárási események a klímaváltozás okán egyre inkább a jellemző nyári aspektust fogják jelenteni. A Paksi Atomerőmű üzembe helyezése óta a Duna átlaghőmérséklete mintegy 2,5°C-kal emelkedett. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy a klímaváltozás következményeként a Duna élővilága az atomerőmű kibocsátásától függetlenül is jelentős strukturális változáson megy át. Az adaptáció a közösség szerkezetének megváltozásában manifesztálódik, invazív fajok megjelenésével és a toleráns fajok gyakoriságának növekedésével.

A 2026-os vizsgálatok azt igazolják, hogy a Paksi Atomerőmű jelenlegi és az időszakos 32°C-os kibocsátási rezsim szerinti hűtővíz kibocsátása továbbra is hatással van az egyes vízi életközösségekre a kibocsátási ponttól folyásirányban a Duna jobb parti szakaszán. Ez a hatás azonban elsősorban a környezeténél folyamatosan magasabb víz hőmérséklethez, és nem a kibocsátott víz hőmérsékletének abszolút értékéhez kapcsolódik, lokálisan és időlegesen módosítva az akvatikus közösségek struktúráját.

A 2026 júniusában kapott eredmények a fentiek értelmében azt is igazolják, hogy a Környezeti hatástanulmányban (3. melléklet, 6.4.1.4. fejezet) a dunai akvatikus szervezetek vizsgálata alapján tett megállapítások helytállóak. Az egy naptári éven belül kumulatív módon, maximum 15 nap időtartamra megemelt, az 500 m-es szelvényre vonatkozó 32°C-os hőmérsékleti korlát alkalmazása során meghatározott modelleredményeket a 2026 júniusában végrehajtott felmérések megerősítették.

3.5. Radioaktív kibocsátások

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításának megalapozásához készült Környezeti hatástanulmányban bemutatott, a radioaktív kibocsátásokból eredő lakossági sugárterhelés meghatározására irányuló elemzések részeként légnemű és folyékony kibocsátások hatásainak elemzésére, értékelésére került sor. Ezen elemzések részeként érzékenységvizsgálatok is készültek, amelyek terjedelmében elemzés tárgya volt többek között a Duna vízhozamának és a meder esésének megváltozására érzékeny paraméterek vizsgálata, ideértve az elemzések készítésekor jellemző, ténylegesen mért tartományokon kívül eső, szélsőséges értékeket is. A vizsgálat célja annak feltárása volt, hogy mely paraméterváltozások képesek a számított dózisértékeket, és ezen keresztül a Környezeti hatástanulmányban bemutatott eredményeket lényegesen módosítani.

A légköri terjedésszámítás eredményeiben nem várható változás a Duna extrém alacsony vízhozama vagy a meder paramétereinek változása következtében.

A folyékony kibocsátásból származó, illetve vízi terjedéssel összefüggő lakossági dózisok meghatározására végzett érzékenységvizsgálatok a hidrológiai paraméterek (a vízhozam, illetve a mederesés) hatásait számszerűsítette. Ezen vizsgálatok eredménye alapján megállapítható volt, hogy az átlagos vízhozam („középvíz”) helyett alacsony vízhozam („kiszív”) figyelembevételével a kifejezetten alacsony értékű lekötött effektív dózist mintegy kétszeresére növeli, míg a mederesés vizsgált tartományban való változása ennél lényegesen kisebb, mintegy 15%-os eltérést okoz a dózisértékekben.

Ezen korábbi eredmények felhasználásával megállapítható, hogy a 2026 nyarán tapasztalt, a korábbi elemzésekben figyelembe vett kiszív értékeket meghaladó mértékben alacsony dunai vízhozam feltételezése esetén a számított lekötött effektív dózisok számértéke a korábbiakhoz képest valamelyest módosulhat. Ugyanakkor a Környezeti hatástanulmányban megfogalmazott végső megállapítások érdemi változása nem várható. A Környezeti hatástanulmány készítése során elvégzett érzékenységvizsgálatok eredménye alapján a lakossági sugárterhelés továbbra is a megadott limitek alatt marad jelentős biztonsági tartalékkal.

Az atomerőmű üzemeltetésére vonatkozó sugárvédelmi előírások teljesítésének igazolása érdekében folyamatos monitoring mellett éves jelentésben mutatja be az MVM Paks Atomerőmű Zrt. az atomerőmű sugárvédelemmel összefüggő környezeti hatásait, így a lakossági dózisok meghatározásához kapcsolódó mérések és modellszámítások eredményeit is. A rendelkezésre álló modellek és számítási módszerek biztosítják annak lehetőségét, hogy ha a vízhozam értékek a jövőben olyan mértékben változnának, amelyek már esetlegesen kilépnének a Környezeti hatástanulmányban meghatározott tartományból, a szükséges elemzések elvégezhetők legyenek. Ezzel is igazolva, hogy az elemzésekben korábban figyelembe vett paraméterváltozások mellett is teljesülnek a sugárvédelemre vonatkozó követelmények, és így a környezeti hatásokban sem lehet érdemi változás.

4. A tapasztalt extremitások hatásainak összefoglaló értékelése

A Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása környezetvédelmi engedélyezésének megalapozásul szolgáló Környezeti hatástanulmány elkészítését, a fejezetek lezárását követően 2026 nyarán az atomerőmű környezetében meg tapasztalt extrém hőhullámok és dunai kisvizek következményei (magas hőmérséklet mind a léghőmérsékletet, mind a Duna víz hőmérsékletét illetően, valamint az alacsony vízszint és kis vízhozam) szükségessé tették a további üzemidő-hosszabbítás környezetvédelmi engedélyezésének tárgyában elvégzett környezeti hatásvizsgálat áttekintését.

A tapasztalt extremitások egyértelműen megmutatták, hogy a Paksi Atomerőmű üzemeltetésének villamosenergia-ellátás szempontú fenntartása érdekében három szélsőséget kell figyelembe venni, kezelni, úgymint vízhőmérséklet, vízszint és vízforgalom. A magas léghőmérséklet, amint azt az eddigi üzemeltetési tapasztalatok is alátámasztják, a Duna magas vízhőmérséklete által érinti az erőművet. Az atomerőmű melegvíz-csatornán keresztül történő hőkibocsátására, a

kibocsátási ponttól 500 m-re lévő szelvényre vonatkozó 30°C-os korlát betartásáig az erőmű normál üzeme magas léghőmérséklet mellett is biztosítható.

A klimatikus hatásokkal összefüggő környezeti hatások és határértékek betartása szempontjából a Duna vízhőmérséklete a meghatározó. Itt fontos megemlíteni azt a tényt is, hogyha a Duna vízállással összefüggő problémák miatt nem kellett volna csökkenteni a paksi blokkok teljesítményét, akkor azt a 30°C-os korlát miatt kellett volna megtenni. Jelenleg a Duna hőterhelésére vonatkozó korlát betartását az atomerőművi blokkok részleges, vagy teljes leállításával lehet biztosítani.

A Környezeti hatástanulmány megalapozásához elvégzett vizsgálatok, valamint az utóbbi évek tapasztalatai egyértelművé tették, hogy a tervezett további üzemidő-hosszabbítás időszakában már olyan mértékű termelés kiesés következhet be a hivatkozott, Dunára vonatkozó hőmérsékleti korlát betartása következtében, amely gazdaságossági alapon is indokoltá teszi a Környezeti hatástanulmányban bemutatott, és hatásaiban értékelt csúcshűtő rendszer megépítését és a nyári szélsőséges időszakokban való üzembe vételét.