

Tárgy:



M200 gyorsforgalmi út Dunavecse - Kecskemét közötti szakaszán környezeti hatástanulmány és tanulmányterv készítése, továbbá engedélyezési és kiviteli tervek készítése

Megrendelő:



ÉPÍTÉSI ÉS KÖZLEKEDÉSI MINISZTERIUM

1054 Budapest, Alkotmány utca 5.  
Levelezési cím: 1054 Budapest  
Alkotmány utca 5.  
E-mail: info@ekm.gov.hu

PST kód:

A008.10.11

## m8 DD Konzorcium

Konzorcium vezető:



Cím: 1115 Budapest, Csóka u. 7-13.  
Telefon: +36-1-203-0555, Telefax: +36-1-203-7607  
E-mail: tervezes@utiber.hu  
Weblap: www.utiber.hu

Konzorciumtag:



**TURA-Terv Mérnökiroda Kft.**  
1145 Budapest, Gyarmat u. 30., Tel: 599-9804, 269-5058, Fax: 599-9807, E-mail: tura-terv@tura-terv.hu

Ugyvezető igazgató:

Lakits György

Tervezési igazgató:

Vass Gábor

Ugyvezető igazgató:

Adrovitz Miklós

Irodavezető:

Balogh Imre

Projektvezető:

Tótmán Lajos

Tótmán Lajos

Projektvezető:

Balogh Imre

Szaktervező:



**VIKÖTI Mérnök Iroda Kft.**

Postacím: 1519 Budapest, Pf.: 241.  
E-mail: vikoti@vikoti.hu

Tervszám:

**V153**

Felelős tervező:

Szakály Krisztina

Szakály Krisztina

Tervező:

Vincze Vilmos

Vincze Vilmos

Tervező:

Heckenast Ádám

Heckenast Ádám

Ellenőr:

Váradyné Fort Veronika

Váradyné Fort Veronika

Terv tárgya:

M200 gyorsforgalmi út Dunavecse - Kecskemét közötti szakasza

Tervfázis:

Környezeti Hatástanulmány

Szállítási ütem jele:

Szállítási ütem:

Szakág:

**E - KÖRNYEZETVÉDELEM**

Szakág jele:

**E**

Megnevezés:

Klímavédelmi kockázatelemző tanulmány

Dátum:

2024. június

Méretarány:

Rajzszám:

E\_01.03

Fájl elnevezés:

E\_01.03.dwg





# M200 gyorsforgalmi út Dunavecse-Kecskemét közötti szakasz

## Környezeti hatástanulmány

Klímvédelmi kockázatelemző tanulmány

**Megbízó:**



ÉPÍTÉSI ÉS KÖZLEKEDÉSI  
MINISZTERIUM

**Tervező:**



Munkaszám: 43.531

**Szakági tervező:**



**VIKÖTI Mérnök Iroda Kft.**

Levélcím: 1519 Budapest, Pf.: 241.

Telefon: +36 1 - 610 40 10

E-mail: vikoti@vikoti.hu

Munkaszám: V153

2024. június

**FELELŐS SZAKÁGI TERVEZŐ:**

**Szakály Krisztina (k. szám: 13 -12295)**

*okl. környezetmérnök  
környezetvédelmi szakértő  
UTIBER Kft.*

**SZAKÉRTŐK, TERVEZŐK:**

**Csóka Gergely**

*okl. környezetmérnök,  
zaj- és rezgésvédelmi szakmérnök  
VIKÖTI Mérnök Iroda Kft.  
klímavédelmi kockázatelemzés*

**Gaál Júlia**

*okl. környezetmérnök  
VIKÖTI Mérnök Iroda Kft.  
klímavédelmi kockázatelemzés*

**Vincze Vilmos**

*okl. építőmérnök  
VIKÖTI Mérnök Iroda Kft.  
klímavédelmi kockázatelemzés*



## TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés, előzmények.....	10
1.1. Megbízó, feladat leírása.....	10
2. A tervezett létesítmény jelen kockázatelemzés szempontú bemutatása.....	12
2.1. A tervezett létesítmény főbb műszaki paramétereinek ismertetése.....	12
2.2. Forgalmi adatok, tervezési forgalmak (TF) és terhelési osztályok.....	12
2.3. Pályaszerkezetek méretezése.....	13
2.4. Vízelveztetés .....	13
2.5. Műtárgyak méretezése.....	14
2.6. Rézsűvédelem.....	14
3. A dokumentáció elkészítésének módja, felhasznált irodalmak és adatok .....	15
3.1. Jövőbeli éghajlati folyamatok modellezése .....	15
4. A klímaváltozás hatása a projektre .....	17
4.1. Érzékenység vizsgálata.....	17
4.2. Kitétség szintjének meghatározása .....	18
4.2.1. Átlagos felszíni hőmérséklet lassú növekedése.....	19
4.2.2. Hőmérsékleti szélsőségek alakulása.....	20
4.2.3. Csapadék intenzitásának növekedése.....	21
4.2.4. Aszályok mértékének és gyakoriságának növekedése .....	24
4.2.4.1. A PaDI aszályindex számítási módszertana.....	24
4.2.4.2. ODP adatsorokkal való vizsgálat .....	25
4.2.4.3. NATér térképi fedvényeivel való vizsgálat.....	28
4.2.4.4. Kis és munkatársai kutatási eredményeikkel való vizsgálat .....	30
4.2.4.5. Összefoglalás .....	32
4.2.4.6. Felhasznált irodalom.....	33
4.2.5. Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés .....	34
4.2.6. Viharos időjárási események gyakoriságának növekedése.....	34
4.2.7. Árvizek, belvizek és villámárvizek kialakulása .....	35
4.2.8. Talajmozgások.....	37
4.2.9. Erdőtüzek.....	38
4.3. Sérülékenység vizsgálata.....	38
4.4. Kockázatok.....	40
5. A projekt hatása a klímaváltozásra.....	42

5.1. Területfoglalás, erdő, mezőgazdasági területek csökkenése.....	42
5.2. Üvegházhatású gázok várható kibocsátása az építési, kivitelezési időszakban.....	44
5.3. Üvegházhatású gázok várható kibocsátása az üzemelés időszakában .....	44
6. A feltárt kockázatok kezelése, lehetséges mitigációs és adaptációs intézkedések.....	46
6.1. A beruházás klímaállékonnyá tétele – lehetséges adaptációs (alkalmazkodási) intézkedések.....	46
6.1.1. Tervezés időszakában.....	46
6.1.2. Kivitelezés időszakában .....	49
6.1.3. Üzemeltetés időszakában.....	50
6.2. A beruházás klímaváltozásra kifejtett hatásának mérséklése – lehetséges mitigációs intézkedések.....	52
6.2.1. A tervezett mitigációs intézkedés várható hatásának becslése .....	53
7. Összegzés.....	54

## ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra	Az X:19,3; Y:46,9 koordináta középpontú pixel (ahol a tervezett M8 gyorsforgalmi út vizsgált szakasza érinti a Natura2000 területet) évenkénti PaDI aszályindexe 1975 és 2023 között, és az erre illeszthető lineáris trend (Forrás: ODP adatsorok alapján, saját számításokkal és vizualizációval) .....	26
2. ábra	Átlagos PaDI aszályindex értékek az 1975-2023 időszak alapján (Forrás: ODP adatsorok alapján, saját számításokkal és vizualizációval) .....	27
3. ábra	A legalább 6-os PaDI aszályindexű évek százalékos gyakorisága az 1975-2023 időszak alapján (Forrás: ODP adatsorok alapján, saját számításokkal és vizualizációval) .....	28
4. ábra	Átlagos PaDI aszályindex értékek Magyarországon a NATÉR adatbázis szerint, az 1961-1990 közötti időszak alapján (Forrás: NATÉR térinformatikai portál, saját vizualizációval) .....	29
5. ábra	Átlagos PaDI aszályindex értékek változása Magyarországon a NATÉR adatbázis szerint, a 2071-2100 közötti időszakra a RegCM klímamodell alapján (referencia időszak: 1961-1990) (Forrás: NATÉR térinformatikai portál, saját vizualizációval) .....	29
6. ábra	Átlagos PaDI aszályindex értékek változása Magyarországon a NATÉR adatbázis szerint, a 2071-2100 közötti időszakra az ALADIN klímamodell alapján (referencia	

	időszak: 1961-1990) (Forrás: NATÉR térinformatikai portál, saját vizualizációval)	30
7. ábra	Azon évek száma, amelyek közepes erősségű, vagy súlyos aszály PaDI aszályindex (min. 8-as) besorolásba esnek a 2001-2020 közötti 20 évben (Forrás: KIS ET AL., 2023, saját vizualizációval)	31
8. ábra	Azon évek száma, amelyek közepes erősségű, vagy súlyos aszály PaDI aszályindex (min. 8-as) besorolásba esnek a 2081-2100 közötti 20 évben, RCP4.5 forgatókönyvvvel meghajtott klímamodell esetén (Forrás: KIS ET AL., 2023, saját vizualizációval)	31
9. ábra	Azon évek száma, amelyek közepes erősségű, vagy súlyos aszály PaDI aszályindex (min. 8-as) besorolásba esnek a 2081-2100 közötti 20 évben, RCP8.5 forgatókönyvvvel meghajtott klímamodell esetén (Forrás: KIS ET AL., 2023, saját vizualizációval)	32
10. ábra	Az UV sugárzás országos éves eloszlása bal oldali képen 2006-ban, a jobb oldali képen 2012-ben (a tervezett beruházás helye piros színű körrel jelölve) [Forrás: Dávid R. Á., 2016.]	34
11. ábra	Évi átlagos szélsőségek és az uralkodó szélirányok Magyarországon a 2000 és 2009 közötti időszakban [Forrás: HungaroMet Zrt.]	35
12. ábra	Magyarország árvíz-veszélyeztetettségi térképe (ún. „Kék térkép”) [Forrás: Klímakockázati Útmutató 7. sz. melléklete]	36
13. ábra	Magyarország belvíz-veszélyeztetettségi térképe (ún. Pálfa-féle térkép) [Forrás: Klímakockázati Útmutató 7. sz. melléklete]	37

## TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat	A tervezett gyorsforgalmi út diszpozíció szerinti tervezési osztálya és tervezési sebessége	12
2. táblázat	A pályaszerkezetek méretezésekor alkalmazott forgalmi adatok, tervezési forgalmak (TF) és terhelési osztályok	13
3. táblázat	A vízepítés tervezésekor alkalmazott táblázatos csapadékontenzitás értékek	13
4. táblázat	Érzékenység mátrix	17
5. táblázat	Az M8 gyorsforgalmi út vizsgált szakaszának egyes elemeinek várható hasznos élettartama	19



6. táblázat	Az éves felszíni átlaghőmérséklet, és a napsütéses órák éves száma a különböző éghajlatváltozást modellező modellszimulációk eredményei alapján .....	20
7. táblázat	A hőségnapok éves száma, a fagyos napok éves száma, azon napok éves száma, ahol a napi minimumok fagypon alattiak, a napi maximumok fagypon felettiak a különböző éghajlatváltozást modellező modellszimulációk eredményei alapján ...	20
8. táblázat	Az éves és évszakos csapadékösszeg, a csapadékos napok éves és évszakos száma, a száraz időszakok maximális éves és évszakos hossza, az órás csapadékin tenzitás éves és évszakos maximumának változása, az 50 mm-t meghaladó csapadékösszegű napok száma 30 évsorán a különböző éghajlatváltozást modellező modellszimulációk eredményei alapján .....	22
9. táblázat	Az órás csapadékin tenzitás éves maximumának és a 2, 4, 10 és 100 éves és évszakos visszatérési értékeinek változása a 30 év során a különböző éghajlati modell szimulációk eredményei alapján, illetve múltbeli mért 10 perces és órás csapadékin tenzitás adatok .....	22
10. táblázat	PaDI aszályindex során alkalmazandó minősítés.....	25
11. táblázat	Az X:19,3; Y:46,9 koordináta középpontú pixel (ahol a tervezett M8 gyorsforgalmi út vizsgált szakasza érinti a Natura2000 területet) évenkénti PaDI aszályindexe 1975 és 2023 között (Forrás: ODP adatsorok alapján, saját számításokkal) .....	26
12. táblázat	Az éves maximális széllökés változása a különböző éghajlatváltozást modellező modellszimulációk eredményei alapján .....	35
13. táblázat	Sérülékenység mátrix.....	39
14. táblázat	Releváns kockázatok és hatásaik táblázatos értékelése .....	40
15. táblázat	Kockázatok kategorizálására szolgáló mátrix .....	41
16. táblázat	Utak közvetett kockázati tényezői és mérséklési intézkedési lehetőségek .....	42
17. táblázat	A fejlesztés jelenlegi tervszinten rendelkezésre álló kisajátítási területével érintett erdők bemutatása az állományt alkotó főfafaj alapján – III. a. nyomvonal változat esetén.....	42
18. táblázat	A fejlesztés jelenlegi tervszinten rendelkezésre álló kisajátítási területével érintett erdők bemutatása az állományt alkotó főfafaj alapján – III. nyomvonal változat esetén.....	43
19. táblázat	A módszer alapján használatos értékek.....	43
20. táblázat	Vizsgálatokhoz felhasznált csapadékin tenzitás értékek összefoglalása.....	47
21. táblázat	A javasolt csereerdő telepítésével a vizsgált területre számított szén-dioxid-megkötés .....	53

## 1. BEVEZETÉS, ELŐZMÉNYEK

### 1.1. Megbízó, feladat leírása

NIF Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő zártkörűen működő Részvénytársaság, mint ajánlatkérő 2018/S 075-167061 hivatkozási szám alatt ajánlati felhívást tett közzé az Európai Unió hivatalos lapjában nyílt közbeszerzési eljárás megindítására. Az m8DD konzorcium (Utiber Kft. és Tura-Terv Kft.), mint ajánlattevő „Tervezési szerződés az „M8 gyorsforgalmi út M7-Dunaújváros és Dunavecse-Kecskemét közötti szakaszán környezeti hatástanulmány és tanulmányterv készítése, továbbá engedélyezési és kiviteli terv készítése” tárgyában indított közbeszerzési eljárásban a törvényes feltételeknek megfelelő érvényes ajánlatot nyújtott be a Tervezési szerződés az „M8 gyorsforgalmi út Dunavecse-Kecskemét közötti szakaszán környezeti hatástanulmány és tanulmányterv készítése, továbbá engedélyezési és kiviteli terv készítése” tárgyában. Az ajánlati felhívás szerinti értékelési szempontok alapján az m8DD konzorcium került kiválasztásra, és Megrendelő (NIF Zrt.) Tervezőt (m8DD konzorcium) hirdette ki az eljárás nyerteseként. Ennek értelmében a tervezési feladat az M8 gyorsforgalmi út Dunavecse-Kecskemét közötti szakaszán Előzetes Régészeti Dokumentáció, Környezeti hatástanulmány (KHT), Natura 2000 hatásbecslési dokumentáció, közúti biztonsági hatásvizsgálat, engedélyezési- és kiviteli tervek elkészítése, valamint közreműködést a hatósági engedélyek megszerzésében.

A környezetvédelmi szakági tervek és jelen Környezeti hatástanulmány szakági tervezője a Viköti Mérnök Iroda Kft. (tervszám: V153).

A 345/2012. kormányrendelet 1.1.41 pontjában a hatásvizsgálati eljárás tárgyát képező beruházás M8 gyorsforgalmi út 51. számú főút (Dunavecse) és M5 autópálya (Kecskemét) közötti szakasz megvalósítása néven szerepel, tehát a beruházás nemzetgazdasági szempontból **kiemelt jelentőségű közlekedési infrastruktúra-beruházásnak** minősül.

Az Építési és Beruházási Minisztérium tulajdonosi joggyakorlása alá tartozó, 100%-os állami tulajdonban lévő gazdasági társaságok által ellátott feladatok központi költségvetési szerv általi átvételéről és a társaságok megszüntetéséről, az ezzel kapcsolatos eljárási kérdések rendezéséről szóló 362/2022. (IX. 19.) Korm. rendelet szerint a NIF Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő zártkörűen működő Részvénytársaság 2023. január 1-jével megszűnt és feladatait jogutódként az Építési és Beruházási Minisztérium vette át. A Kormány döntése alapján az Építési és Beruházási Minisztérium 2022. decemberétől Építési és Közlekedési Minisztérium (továbbiakban: Megrendelő, 1054 Budapest, Alkotmány utca 5.) elnevezéssel működik tovább.

A tervezési szerződés értelmében 2022. júliusában benyújtásra került a véglegesített Környezeti hatástanulmány (II. „zöld” nyomvonal) az Országos Környezetvédelmi Természetvédelmi és Hulladékgazdálkodási Főosztályra a környezetvédelmi engedély megszerzése céljából. Az eljárást lezáró PE/KTFÖ/3875-76/2022 ügyiratszámú határozatot 2022. 09. 16-ai dátummal adta ki a Hatóság.

Az engedélyezett nyomvonallal kapcsolatban több módosítási igényt fogalmaztak meg egyes érintettek, továbbá a Kiskunsági Hagyományőrző Kézműves és Turisztikai Egyesület és Kerekegyháza Város Önkormányzata bírósági kereset nyújtott be a környezetvédelmi engedély Hatóság általi visszavonása érdekében.

A 2023. március 17-én indult jelenleg is folyamatban lévő peres eljárás miatt a Megrendelő felkérte a Tervezőt, hogy ismételten vizsgálja meg az érintett területeket további, kisebb társadalmi érintettségű alternatív nyomvonalak kijelölése érdekében. A vizsgálat eredményeként a tárgyi KHT-ben ismertetésre kerülő III. „piros” és III/a „narancssárga” nyomvonalváltozat

született meg, mely változatok előzetesen egyeztetésre kerültek az érintettekkel. Az új nyomvonallal kapcsolatos összességében pozitív visszajelzéseket követően került véglegesítésre a két nyomvonalra vonatkozó hatástanulmány.

**A tervezési folyamat során az Építési és Közlekedési Minisztérium jelezte, hogy a tervezett Dunavecse-Kecskemét közötti gyorsforgalmi útszakasz a legújabb országos közút hálózati elképzelések alapján a Komárom-Székesfehérvár-Dunaújváros-Kecskemét gyorsforgalmi útszakasz részeként már M200 gyorsforgalmi útként kezelendő. Ennek értelmében a tervezett szakasz a dokumentációban M200-ként került elnevezésre. Ezen módosítás alapját a Technológiai és Ipari Minisztérium korábbi elrendelő levele adta.**

**A Megbízó, engedélykérő alapadatai:**

Építési és Közlekedési Minisztérium

1054 Budapest, Alkotmány u. 5.

adószám: 15847397-2-41

Magyar Államkincstár: 10032000-00003582-09050028

KSH szám: 15847397-8411-311-01

## 2. A TERVEZETT LÉTESÍTMÉNY JELEN KOCKÁZATELEMZÉS SZEMPONTÚ BEMUTATÁSA

Jelen fejezetben kizárólag azon tervezési alapadatokat mutatjuk be a létesítmény műszaki paramétereit közül, amelyeket a későbbi kockázatelemző vizsgálatainknál figyelembe vettünk.

### 2.1. A tervezett létesítmény főbb műszaki paramétereinek ismertetése

A gyorsforgalmi út jellemzően 50-60 m-es keresztmetszeti szélességű igénybevétellel jár, melyhez többletként adódik a pihenőhelyek, üzemi területek, keresztező létesítmények területfoglalása. Összességében megállapítható, hogy a tervezett nyomvonalak megvalósítása 350-380 ha között területfoglalást fog várhatóan eredményezni.

A tervezett III. jelű nyomvonal a 0+000 km szelvényben indul, végszelvénye az 51+064 km szelvény.

A tervezett III/a jelű nyomvonal a 0+000 km szelvényben indul, végszelvénye az 51+018 km szelvény.

#### Tervezési paraméterek

A tervezési szakaszon alkalmazott paraméterek megfelelnek az e-UT 03.01.11:2008 „Közutak tervezése (KTSZ)” című Ütügyi műszaki előírásainak.

1. táblázat A tervezett gyorsforgalmi út diszpozíció szerinti tervezési osztálya és tervezési sebessége

Tervezett út	Tervezési osztály	Környezeti körülmény	Tervezési sebesség
M200 gyorsforgalmi út	K.II.	A	110 km/h

#### A tervezett keresztmetszeti kialakítás:

- koronaszélesség 20 m
- forgalmi sávok száma: 2x2 sáv;
- forgalmi sávok szélessége: 3,50 m;
- középső elválasztó sáv szélessége: 3,0 m;
- padkaszélesség: 1,50 m.

### 2.2. Forgalmi adatok, tervezési forgalmak (TF) és terhelési osztályok

A gyorsforgalmi út aszfalt pályaszerkezettel épül a forgalomba helyezéstől számított 20 év tervezett élettartammal, így a méretezéshez szükséges adatot a tervezett élettartam felénél, 2041. évre adták meg a forgalmi tervezők.

A következő táblázatban mutatjuk be, hogy milyen forgalmak alapján milyen tervezési forgalmak (TF), illetve terhelési osztályok kerültek meghatározásra a vonatkozó érvényes ÚT 2-1.202 [e-UT 06.03.13] útügyi műszaki előírásai alapján.

**2. táblázat** A pályaszerkezetek méretezésekor alkalmazott forgalmi adatok, tervezési forgalmak (TF) és terhelési osztályok

Szakasz	2041.év számított forgalmi adatok [jármű/nap]				Tervezési forgalom (TF db)	Terhelési osztály	TF (TF millió tartomány)
	D1	D2	D3	D4			
M200 Dunavecse- Szabadszállás	7568	44	66	1243	13 300 661	K	10<=TF<30
M200 Szabadszállás- Kerekegyháza	4647	53	165	1271	14 138 589	K	10<=TF<30
M200 Kerekegyháza- Kecskemét	5655	87	182	1258	14 097 142	K	10<=TF<30

## 2.3. Pályaszerkezetek méretezése

Az M8 gyorsforgalmi út főpályára tervezett burkolata a jelen tervszinten („K” terhelési osztály az Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése c. e-UT 06.03.13:2005 sz. utügyi műszaki előírás szerint):

- 5 cm SMA 11 (mF) kopóréteg
- 10 cm AC 22 kötő (mF) kötőréteg
- 10 cm AC 22 kötő (mF) aszfalt alapréteg
- 20 cm vtg. FZKA 0/32 burkolat alapréteg

## 2.4. Vízelvezetés

Az útépítéssel összhangban biztosítani kell az útról lefolyó, valamint a terepről az út felé gravitáló csapadékvizek összegyűjtését, kártétel nélküli elvezetését, továbbá a keresztező vízfolyások út alatti átvezetését. A pálya vízelveztetését kétoldali talpárók- illetve szikkasztóárok rendszer biztosítja. A burkolaton megjelenő csapadékvíz elvezetését oly módon kell biztosítani, hogy a pályán visszaduzzasztás ne keletkezzen.

A víztelenítési rendszer kialakításánál a fő szempont, hogy a csapadékvizek gravitációsan legyenek a befogadóba vezetve, illetve ennek hiányában az út mentén elhelyezett tározókba kerül bevezetésre. A pálya víztelenítésének megoldását a pálya ívviszonyai, magassági vonalvezetése, a terepviszonyok, a földtani és talaj adottságok is meghatározzák.

A következő táblázatban bemutatjuk, hogy milyen csapadékkintenzitás értékek járatosak a vízépítés létesítmények tervezése során.

**3. táblázat** A vízépítés tervezésekor alkalmazott táblázatos csapadékkintenzitás értékek

T <sub>m</sub> [perc]	Q <sub>50%</sub> (2 éves gyakoriságú) [liter/másodperc/hektár]	Q <sub>25%</sub> (4 éves gyakoriságú) [liter/másodperc/hektár]	Q <sub>10%</sub> (10 éves gyakoriságú) [liter/másodperc/hektár]	Q <sub>1%</sub> (100 éves gyakoriságú) [liter/másodperc/hektár]
10	203	270	364	662

A tervezők a számításokat, méretezést az érvényben lévő szabványok, előírások figyelembe vételével készítik, az ÚT 2-1.215 sz. műszaki előírás alapján.

A tervezett létesítmények vízelvezetésénél, a vízműtani számításoknál a Tervezők racionális méretezési módszerrel dolgoztak, a 10 perces csapadékintenzitást véve figyelembe.

## **2.5. Műtárgyak méretezése**

A vonatkozó érvényes ÚT 2-1.215 [e-ÚT 03.07.12] útügyi műszaki előírás alapján történtek a műtárgyak méretezései, amelyek figyelembe veszik adott vízfolyásonként a vonatkozó mértékadó árvízszinteket.

## **2.6. Rézsűvédelem**

A rézsűvédelem a vonatkozó érvényes útügyi műszaki előírás alapján kerül meghatározásra.

### 3. A DOKUMENTÁCIÓ ELKÉSZÍTÉSÉNEK MÓDJA, FELHASZNÁLT IRODALMAK ÉS ADATOK

Az egyes projektek klímakockázati vizsgálatához a Miniszterelnökség megbízásából a Klímapolitika Kft. elkészítette az „Útmutató Projektek Klímakockázatának Értékeléséhez és Csökkentéséhez” című útmutatót, amelyet jelen dokumentum elkészítéséhez alapul vettünk.

Emellett felhasználtuk az Európai Bizottság által kiadott „Non paper Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient” című útmutatót, amelynek moduljait követve mutatjuk be az éghajlatváltozás hatását a projektekre, a releváns kockázatokkal együtt, majd ezek ismeretében javaslatokat teszünk azok csökkentésére.

A tanulmány elkészítéséhez figyelembe vettük továbbá a szintén az Európai Bizottság által kiadott „Guidance on Integrating Climate Change and Biodiversity into Environmental Impact Assessment” című dokumentumot is.

A Kárpát-medencére, valamint Magyarországra jellemző éghajlati folyamatokat és adatokat többek között az alábbi források felhasználásával vizsgáltuk,

- 1) Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) térinformatikai rendszerből nyerhető adatok és térképek;
- 2) HungaroMet Zrt. (korábban: OMSZ) internetes oldalán elérhető adatok és térképek, (Meteorológiai Adattár is);
- 3) HungaroMet Zrt. által készített regionális éghajlati modellszimulációk futtatásainak eredményeit,
- 4) valamint a magyar nyelvű Részletes módszertani leírás a klímakockázati útmutató c. tanulmány mellékletei között szereplő térképek.

#### 3.1. Jövőbeli éghajlati folyamatok modellezése

A NATÉR az interneten nyilvánosan bárki számára elérhető. Két modell számításai alapján ad tájékoztatást, az Aladin Climate, és a Reg-CM regionális klímamodell előrejelzéseiből. A modellszimulációk során az ún. SRES A1B forgatókönyvet vették figyelembe, amely az antropogén szennyező-anyag és üvegházgáz kibocsátásra egy, a XXI. század közepéig növekvő, majd az évszázad végéig csökkenő tendenciával, és az évszázad végére 700 ppm-et meghaladó szén-dioxid koncentrációval számol. A klímamodellek adatai az 1961-1990 referencia időszakot, valamint a távlati 2021-2050 és a 2071-2100 időszakokat fedik le. Az ALADIN-Climate esetében a pesszimista RCP8.5, a RegCM esetében pedig az optimista RCP4.5 scenárióval készült a modellszimuláció (2100-ra 8,5, illetve 4,5 W/m<sup>2</sup> sugárzási kényszert feltételezve).

##### Az éghajlat modellezése és bizonytalanságai

Az éghajlati rendszert kormányzó fizikai folyamatok és a rendszer egyes tagjai között fellépő kölcsönhatások és visszacsatolások leírására azok az ún. kapcsolt globális modellek képesek, melyek a teljes éghajlati rendszer választ leírják egy feltételezett jövőbeli kényszerre. A modell szimulációkban a természetes éghajlatalakító folyamatok mellett figyelembe veszik az emberi tevékenység hatását, azonban ennek alakulását nem ismerjük egy évszázadra előre. Ezért ún. forgatókönyveket (scenáriókat) állítanak fel, amelyek az antropogén tevékenység eltérő jövőbeli fejlődési lehetőségeit jelenítik meg. A globális modellekben ezt a hatást a légköri üvegházhatású gázok és aeroszol részecskék koncentrációjának változásával számszerűsítik.

Egy ország vagy kisebb térség feletti éghajlatváltozásról regionális éghajlati modellek segítségével nyerhetünk részletes információt. Ezeket a modelleket korlátozott tartományon (pl. a Kárpát-medencére) a globális modellekénél jóval finomabb rácsfelbontással (10-25 km, míg a globális modellek felbontása manapság 100-200 km körüli) alkalmazzuk, ami lehetővé teszi az adott területre jellemző kisebb skálájú folyamatok pontosabb leírását. A regionális modellek a globális modellek eredményeit figyelembe veszik tartományuk peremén oldalsó határfeltételek formájában.

Az éghajlati szimulációk számos bizonytalanságot tartalmaznak, melyek az alábbi tényezőkre vezethetők vissza:

- Az éghajlati rendszer természetes tulajdonsága a belső változékonyság (pl. csapadékosabb és szárazabb évek előfordulása).
- A fizikai folyamatok leírása némileg különböző módon történik az egyes (globális és regionális) modellekben, ami eltérő eredményekre vezethet. Ez a hatás különösen számottevő a csapadékképződési folyamatok modellezésében.
- Az emberi tevékenység XXI. század során várható kiszámíthatatlan alakulása.

E bizonytalanságokból adódóan a jövőbeli éghajlatváltozás leírását nem alapozhatjuk egyetlen modell eredményére. Több (globális és regionális) modellel és kibocsátási forgatókönyvvel végrehajtott éghajlati szimuláció eredményének együttes vizsgálatára van szükség.



## 4. A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A PROJEKTRE

### 4.1. Érzékenység vizsgálata

Egy adott rendszert attól függően nevezünk érzékenynek, hogy mennyire fogékony az éghajlatváltozáshoz kötődő időjárási jelenségek közvetlen, vagy közvetett hatásaira. Az érzékenység vizsgálata (sensitivity analysis; SA) során az éghajlatváltozás hatásait/éghajlatvédelmi kockázatait határoztuk meg közúti infrastruktúrafejlesztésekre, és azok szolgáltatásaira vonatkozóan – általánosabb jelleggel. Általános jelleg alatt értjük, hogy például nem teszünk különbséget gyorsforgalmi út és gyorsforgalmi út között, ugyanakkor különbséget teszünk egy belterületi főút és egy gyorsforgalmi út között. Az érzékenység meghatározása a lenti táblázat alapján történt. Az alkalmazott színkódok segítségével kerül bemutatásra, hogy mennyire érzékenyek az ilyen beruházások, és az általuk nyújtott szolgáltatások, kitérve a létesítmény környezetére is, amely ugyancsak hatásviselő. A projekt környezete esetében azt vettük figyelembe, hogy az út megvalósulása befolyásolja-e a környezetében található meglévő eszközök és infrastruktúrák sérülékenységét és adaptációs képességét. Az érzékenység szintjeinek meghatározásakor a fent hivatkozott útmutatók nyomvonalas létesítményekre vonatkozó javaslatait vettük alapul. Az érzékenység szintjeinek meghatározásakor azokat a klimatikus hatásokat, amelyekkel szemben a létesítmények jelentős (magas) mértékben érzékenyek pirossal, az enyhébb (közepes) hatásokat sárgával, azokat pedig, amelyekkel szemben a beruházás alacsony mértékben érzékenyek, zölddel jelöltük. A besorolásokat az alábbi táblázat mutatja be.

4. táblázat      Érzékenység mátrix

Éghajlati jellemzők várható változása	Várható hatás mértéke		
	Fizikai infrastruktúra	Közlekedési szolgáltatás	A tervezett létesítmény hatása a környezetre
Átlagos felszíni hőmérséklet lassú növekedése	Magas	Közepes	Közepes
Hőmérsékleti szélsőségek számának és mértékének a növekedése	Magas	Magas	Közepes
Csapadék intenzitásának növekedése	Magas	Magas	Közepes
Aszályok mértékének és gyakoriságának növekedése	Magas (csak a növény-telepítéseknél)	Alacsony	Közepes
Hideg szélsőségek csökkenése/csökkenés a fagyos napok számában	Alacsony	Alacsony	Alacsony
Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés	Közepes	Közepes	Alacsony
Viharos időjárási események számának és intenzitásának növekedése	Magas	Magas	Alacsony
Belvizek gyakoriságának és mértékének növekedése	Magas	Közepes	Közepes
Árvizek, villámárvizek gyakoriságának és mértékének növekedése	Magas	Magas	Közepes
Talajmozgások gyakoriságának és mértékének növekedése	Magas	Magas	Alacsony
Erdőtüzek gyakoriságának és mértékének növekedése	Magas	Magas	Alacsony

Az érzékenység mátrixból összegzésképpen megállapítható, hogy az érzékenységi szempontok közül a vizsgált projekt, és általában a hasonló jellegű infrastrukturális beruházások egységesen a XXI. század végéig prognosztizált átlagos hőmérsékleti emelkedésre, a kialakuló hőmérsékleti szélsőségekre (főként emelkedésre), a csapadékintenzitás változásra, viharokra, a talajmozgásokra, az árvízi és belvízi eseményekre, valamint az esetlegesen fellépő erdőtűzekre érzékenyek. Egyes klímaváltozáshoz köthető hatásokra, mint például a hideg szélsőségek csökkenésére sem a fizikai infrastruktúra, sem a nyújtott szolgáltatások nem érzékenyek, itt pozitív hatásokkal számolhatunk, mint például a csökkenő téli útkárok.

A **hőmérséklet emelkedésével**, különösen nyári időszakban, szélsőségesen magas hőmérséklet esetén a **hőhullámok kialakulásával** az útburkolatok deformálódhatnak, nyomvályúsodásuk felgyorsul, az élettartamuk megrövidül. Ez közvetve a nyújtott szolgáltatásra is negatív hatással van, mivel a károsodott infrastruktúra baleseti kockázatot jelenthet. Emellett számolni kell az extrém hőmérsékleti értékek fellépésével a közlekedőket érő egészségügyi hatásokkal is.

A **csapadék intenzitásának növekedésével** az utak szerkezete károsodik, szélsőséges esetben az útalap kimosódását, a pálya süllyedését, beszakadását is eredményezheti. A hirtelen lezúduló, nagy mennyiségű csapadék miatt villámárvizek alakulhatnak ki, amelyek a közlekedést akadályoztathatják, egyes mélyebben fekvő szakaszok víz alá kerülhetnek.

A **viharos időjárási események gyakoriságának** és intenzitásának növekedése főként a kiegészítő infrastruktúrára lehetnek hatással, annak károsodását eredményezhetik. Közvetett hatásként a közlekedés akadályoztatása is jelentkezhet, az útpályára boruló oszlopok, lámpák, fák miatt. A közlekedés akadályoztatása mellett baleseti kockázatot is jelentenek ezek az események.

Általánosságban kijelenthető, hogy az utak kifejezetten érzékenyek **az árvizek, villámárvizek és belvizek hatásaival** szemben. Az alacsonyabban fekvő területeken, ártereken, vízfolyások mentén víz alá kerülhetnek a felszíni közlekedési infrastruktúra elemei. Az út egy része tartós vízborítás alá kerülhet, a magasabb területekről lezúduló vizek pedig elmoshatják az utakat és egyéb műtárgyakat, vagy a pályaszerkezetet. Az elöntések miatt a közlekedés akadályozottá válhat. Emellett teherbírás-csökkenés miatt a forgalom korlátozására is szükség lehet.

A várható éghajlatváltozás következtében megváltozhatnak a felszín alatti vízfolyások mennyiségi értékei, időbeni lefolyásainak gyakorisága, intenzitása, amelyek hatására kialakulhatnak talajmozgások. Ezek az utak szerkezetére, annak károsodását vonják maguk után, illetve az ezzel járó forgalomkorlátozásokat, mivel az út nem tudja a funkcióját ellátni. Az **erdőtűzek** is kockázatot jelentenek a fizikai infrastruktúrára nézve, ebben az esetben az út felszíne károsodhat, ami közlekedésbiztonsági kockázatot rejt.

## 4.2. Kitétség szintjének meghatározása

A kitétség értékelésekor (Evaluation of exposure, EE) annak felmérése és osztályozása történik, hogy az érzékenységi vizsgálatban beazonosított, érzékenynek minősített létesítmények, használók, és a létesítmény környezete mennyire van, illetve lesz kitéve a káros éghajlati tényezőknek, a tényezők változásából eredő hatásoknak a vizsgált projekt földrajzi elhelyezkedése, és volumene szempontjából.

A kitétséget a jelenlegi és a jövőbeli éghajlati viszonyok szerint kell vizsgálni. **A 3. A dokumentáció elkészítésének módja, felhasznált irodalmak és adatok** c. fejezetben bemutatott források felhasználásával végeztük el a vizsgálatokat. Mivel a jövőre vonatkozóan csak becslésekre hagyatkozhatunk, így a kitétség értékelésénél ezt a bizonytalanságot szükséges figyelembe venni.

A kitettség szintjének a meghatározásakor szükséges figyelembe venni a létesítmény, valamint annak részeinek, allétesítményeinek a tervezett hasznos élettartamát is.

**5. táblázat** *Az M8 gyorsforgalmi út vizsgált szakaszának egyes elemeinek várható hasznos élettartama*

Építés elemek	Hasznos élettartam [év]
Útépítés aszfalt pályaszerkezet	20
Vízépítés	50
Nagy műtárgyak	100
Forgalomtechnika	10
Környezetvédelem	30
Növénytelepítés	30-100

A beruházás egyes alkotóelemeinek, hasznos élettartamának többsége tehát nem haladja meg az 50 évet, továbbá egyes elemek esetében igen gyakori felújítási ciklust alkalmaznak (pl. pályaszerkezet). Ettől függetlenül információval szolgálnak a jövőre vonatkozó további tendenciák tekintetében a 2070-2099-es időtávra vonatkozó meteorológiai adatok is, ezért ezeket is ismertetjük. Illetve megjegyezzük, hogy a nagy műtárgyakat 100 éves hasznos élettartamra tervezik, így ezek esetében fontos az évszázad végi időszak elemzése is.

A következőkben részletesen ismertetjük a tervezési terület kitettségét azokkal a klímaváltozáshoz köthető hatásokkal szemben, amelyekre a vizsgált és ahhoz hasonló létesítmények érzékenyek.

#### 4.2.1. Átlagos felszíni hőmérséklet lassú növekedése

A HungaroMet Zrt. által készített területspecifikus modellszimulációk eredményei, valamint a területen a HungaroMet Zrt. által észlelt és nyilvántartott időjárási események, adatok alapján az alábbiak állapíthatók meg.

Az éves felszíni átlaghőmérséklet a referencia időszakhoz képest az évszázad közepére feltételezhetően 2,4 °C-ot emelkedik, kritikus esetben akár 3,5 °C körüli emelkedés is lehetséges. Az évszázad végére a melegedés tovább fokozódik, nem zárható ki a 3,5-6 °C emelkedés sem. Az évszázad végére a melegedés mértéke az első időszakra jelzett értékek több mint kétszerese lehet.

A **napsütéses órák éves száma** a 2010–2039 időszakon egyértelműen csökken, s ez a modellek átlaga szerint mindhárom időszakon hasonlóan alakul, a század közepétől azonban 1-1 szimuláció szerint a növekedés sem kizárt. A várható csökkenés a legnagyobb változást adó modellek szerint sem éri el a 3%-ot.

**Összefoglalva kijelenthető a fent bemutatottak alapján, hogy a beruházás létesítményei és környezetük az átlagos felszíni hőmérséklet lassú növekedésével szemben közepesen tekinthetők kitettek.**

**6. táblázat** Az éves felszíni átlaghőmérséklet, és a napsütéses órák éves száma a különböző éghajlatváltozást modellező modellszimulációk eredményei alapján

Éghajlati/időjárási változó, paraméter	Klímaperiódushoz köthető átlagos érték (szögletes zárójelben a minimum és maximum értékekkel)			
	1971-2000	2010-2039	2040-2069	2070-2099
éves felszíni átlaghőmérséklet [°C]	10,8	12,1 [11,6-12,8]	13,2 [12,2-14,2]	14,3 [12,5-16,4]
napsütéses órák éves száma [óra]	1971	1951 [1932-1971]	1957 [1936-1980]	1955 [1922-1995]

#### 4.2.2. Hőmérsékleti szélsőségek alakulása

A HungaroMet Zrt. által készített területspecifikus modellszimulációk eredményei, valamint a területen a HungaroMet Zrt. által észlelt és nyilvántartott időjárási események, adatok alapján az alábbiak állapíthatók meg.

A vizsgált területen a **hőségnapok** átlagos éves száma az 1971–2000 időszakon 19 nap volt, a 2010–2039 időszakon azonban átlagosan 24 ilyen nap várható. A szimulációk átlagos értéke a század közepére 32 hőségnapot jelez, s ez az érték a század végére már az 5 hetet is meghaladhatja. Az évszázad végére azonban a modellek bizonytalanabban jelzik az indikátor várható értékét, ugyanis ekkor már jobban érvényesül a forgatókönyvek hatása a hőmérsékleti eredményekben. Így a legkisebb és legnagyobb változást adó szimulációk szerint legalább 28, de akár 70 hőségnapra is lehet számítani, ami azt jelenti, hogy a múltbeli érték akár több mint háromszorosa is lehet.

A **fagyos nap** egy gyakrabban jelentkező éghajlati index, múltbeli átlagos előfordulása 89 nap körül alakult. A jövőben az index gyakorisága jelentős mértékű csökkenést mutat: a szimulációk átlaga szerint a század közepére majdnem egy hónappal, a század végére pedig körülbelül 55%-kal kevesebb napon kell számítani előfordulására. Ez utóbbiban, az időszakban még a legkisebb változást mutató modell szerint is 25 nappal lerövidül az indikátor éves előfordulása a múltbeli megfigyelt értékhez képest.

A múltbeli átlagos előfordulása **azon napok éves számának, ahol a napi minimumok fagypon alattiak, a napi maximumok fagypon feletti** 67 nap körül alakult. A modellek átlagértéke szerint az évszázad első felére 14%-os csökkenés várható, ami a század közepére tovább fokozódik, s a század végére megközelíti a 40%-os csökkenést. Ekkor a legnagyobb változást mutató modell alapján akár 27 napra is csökkenhet azon napok éves száma, ahol a napi minimumok fagypon alattiak, a napi maximumok fagypon feletti.

Az előző bekezdésekben leírtakat az alábbi táblázat mutatja be.

**7. táblázat** A hőségnapok éves száma, a fagyos napok éves száma, azon napok éves száma, ahol a napi minimumok fagypon alattiak, a napi maximumok fagypon feletti a különböző éghajlatváltozást modellező modellszimulációk eredményei alapján

Éghajlati/időjárási változó, paraméter	Klímaperiódushoz köthető átlagos érték (szögletes zárójelben a minimum és maximum értékekkel)			
	1971-2000	2010-2039	2040-2069	2070-2099
hőségnapok éves száma [nap]	19	24 [22-27]	32 [28-38]	40 [28-70]
fagyos napok éves száma [nap]	89	70 [61-78]	60 [50-71]	48 [27-64]
azon napok éves száma, ahol a napi minimumok fagypon alattiak, a napi maximumok fagypon feletti [nap]	67	58 [48-65]	51 [45-61]	41 [27-53]

**Összefoglalva megállapítjuk, hogy a beruházás létesítményei és környezetük magasan kitettek a hőmérsékleti szélsőségek alakulásával szemben.**

#### **4.2.3. Csapadék intenzitásának növekedése**

A HungaroMet Zrt. által készített területspecifikus modellszimulációk eredményei, valamint a területen a HungaroMet Zrt. által észlelt és nyilvántartott időjárási események, adatok alapján az alábbiak állapíthatók meg.

A csapadék a hőmérséklethez képest nehezebben modellezhető meteorológiai elem, ebből adódóan jövőbeli megváltozása gyakran nagy bizonytalansággal terhelt – a különböző modellek eredményei nemcsak a változás mértékében, de annak előjelében sem mindig mutatnak egyezést.

Az **éves és évszakos csapadékösszegek** a referencia időszakhoz képest alig változnak, az éves összeg kismértékben nő, fontos viszont megjegyezni, hogy a tavaszi és téli csapadékösszeg hasonlóan növekszik (10%-os növekedés várható az évszázad végére a modellek átlaga alapján).

A **csapadékos napok éves és évszakos száma** mindhárom vizsgált időszakban közel azonos a referencia időszyakkal. A 2010–2039 időszyakon a **csapadékos napok** éves számának kismértékű, körülbelül 3%-os növekedését a század közepétől gyenge (csupán 1-2 napos) csökkenés váltja fel a modellek átlaga szerint. Évszakosan tavasszal és télen a szimulációk többsége 1-2 napos növekedést mutat mindhárom időszyakon, s csak a legnagyobb változást adó modellek szerint fordulhat elő 4-5 nappal több csapadékos nap a múltban megfigyelt értékhez képest. A szimulációk a nyári és őszi változásokat kissé bizonytalanabban jelzik: a modellek átlaga szerint 1-2 napos csökkenés a legvalószínűbb, azonban az 1-3 napos növekedés mellett az 5-9 napos csökkenés sem zárható ki.

Az **egymást követő száraz napok maximális hosszának** változását a modellek bizonytalanabban jelzik. Az éves átlagértékeket tekintve gyenge, 0-10%-os növekedésre számíthatunk mindhárom időszyakon. A szimulációk átlaga tavasszal csökkenést mutat, ekkor rövidebb aszályos időszyakok várhatók, míg télen, a század közepéig kismértékű csökkenést, majd a század végére a referencia időszyakkal azonos értéket mutat. Az őszi évszyakban növekedés tapasztalható mindhárom időszyakban: ekkor a legpesszimistább szimuláció eredményei szerint a század végére 35%-kal hosszabb csapadékmentes időszyakok előfordulására is lehet számítani. Az évszyázad végére télen akár 23 nap, őszyel pedig 35 nap hosszúságú száraz időszyak valószínűsíthető.

**50 mm-t meghaladó csapadékösszegű nap** az 1971-2000 időszyakban csupán alig egyszer fordult elő. A század közepéig ugyan egy-egy szimuláció szerint csökkenés is lehetséges, a modellek átlagértéke szerint a referenciaértékhez képest fél nappal növekedhet az érték. A legnagyobb különbség szerint az évszyázad végére is csak körülbelül 2,5 napra növekedne az 50 mm-t meghaladó csapadékösszegű napok száma, de akár nulla is lehet.

Az előző bekezdésekben leírtakat az alábbi táblázat mutatja be.

**8. táblázat** Az éves és évszakos csapadékösszeg, a csapadékos napok éves és évszakos száma, a száraz időszakok maximális éves és évszakos hossza, az órák csapadékinintenzitás éves és évszakos maximumának változása, az 50 mm-t meghaladó csapadékösszegű napok száma 30 év során a különböző éghajlatváltozást modellező modellszimulációk eredményei alapján

Éghajlati/időjárási változó, paraméter		Klímaperiódushoz köthető átlagos érték/változásérték (szögletes zárójelben a minimum és maximum értékekkel)			
		1971-2000	2010-2039	2040-2069	2070-2099
éves és évszakos csapadékösszeg [mm/hónap]	éves	44	48 [42-52]	48 [45-51]	49 [45-54]
	tavas	43	51 [42-59]	50 [42-58]	51 [44-58]
	nyár	57	60 [47-69]	59 [50-71]	58 [47-73]
	ősz	43	43 [37-48]	44 [38-47]	45 [41-57]
	tél	33	35 [35-42]	39 [34-45]	41 [37-44]
csapadékos napok éves és évszakos száma [nap]	éves	88	91 [86-97]	86 [81-91]	86 [80-93]
	tavas	24	26 [24-29]	25 [21-27]	25 [23-28]
	nyár	25	25 [23-28]	23 [20-26]	23 [16-28]
	ősz	20	19 [17-21]	18 [16-20]	18 [14-20]
	tél	19	21 [20-23]	20 [18-23]	20 [19-21]
száraz időszakok maximális éves és évszakos hossza [nap]	éves	29	29 [24-34]	31 [27-40]	32 [25-47]
	tavas	16	15 [14-18]	16 [14-18]	15 [13-17]
	nyár	15	15 [12-18]	16 [14-18]	17 [14-21]
	ősz	23	24 [20-30]	27 [22-34]	26 [22-35]
	tél	21	19 [17-22]	20 [17-23]	21 [20-23]
50 mm-t meghaladó csapadékösszegű napok száma 30 év során [nap]		0,7	0,8 [0,3-1,7]	1,3 [0,3-2,7]	1,2 [0,0-2,4]

Az **órák csapadékinintenzitás éves és évszakos maximumának változása** tekintetében az látható, hogy az egymást követő klímaperiódusokban folyamatosan és fokozatosan emelkednek az intenzitásértékek, az 1,2-es intenzitás érték az évszázad végére 2,7-re növekedik.

**9. táblázat** Az órák csapadékinintenzitás éves maximumának és a 2, 4, 10 és 100 éves és évszakos visszatérési értékeinek változása a 30 év során a különböző éghajlati modell szimulációk eredményei alapján, illetve múltbeli mért 10 perces és órák csapadékinintenzitás adatok

Éghajlati/időjárási változó, paraméter		Klímaperiódushoz köthető átlagos érték/változásérték (szögletes zárójelben a minimum és maximum értékekkel)			
		2000-2019	2010-2039	2040-2069	2070-2099
órás csapadékinzintázás éves és évszakos maximumának változása (lekerekített zárójelben ) a 10 perces) [mm/óra, (10 perc)]	éves	21,87 (10,62)	1,2 [-1,2-3,3]	2,3 [-0,1-6,2]	2,7 [0,8-6,0]
	tavas	13,82 (6,29)	1,0 [0,0-2,4]	1,1 [0,5-2,0]	1,5 [0,2-2,8]
	nyár	18,09 (8,52)	0,9 [-1,5-3,2]	1,6 [-1,0-5,9]	1,5 [0,1-5,2]
	ősz	10,31 (4,09)	0,4 [-0,5-1,4]	1,0 [0,1-2,2]	1,5 [0,1-3,0]
	tél	4,75 (1,41)	0,4 [-0,1-1,1]	0,7 [0,1-2,2]	1,3 [0,2-2,8]
	éves	20,75 (10,03)	1,1 [-1,0-2,9]	2,0 [0,0-4,9]	2,4 [0,6-4,8]

Éghajlati/időjárási változó, paraméter		Klímaperiódushoz köthető átlagos érték/változásérték (szögletes zárójelben a minimum és maximum értékekkel)			
		2000-2019	2010-2039	2040-2069	2070-2099
órás csapadékintenzitás 2 éves és évszakos maximumának visszatérési értéke- inek változása (lekerekített záró- jelben () a 10 perces) [mm/óra, (10 perc)]	tavaszi	12,46 (5,7)	0,8 [-0,1-2,2]	1,0 [0,5-2,0]	1,4 [0,3-2,7]
	nyári	16,98 (7,97)	0,8 [-1,3-2,8]	1,3 [-1,0-4,5]	1,2 [-0,1-3,9]
	ősz	8,83 (3,25)	0,3 [-0,5-1,3]	0,9 [0,0-2,1]	1,3 [0,1-2,7]
	téli	4,4 (1,26)	0,4 [0,0-0,9]	0,7 [0,2-2,0]	1,2 [0,2-2,5]
órás csapadékintenzitás 4 éves és évszakos maximumának visszatérési értéke- inek változása (lekerekített záró- jelben () a 10 perces) [mm/óra, (10 perc)]	éves	27,52 (13,61)	1,6 [-1,5-4,6]	3,4 [-0,2-11]	3,7 [1,3-9,7]
	tavaszi	18,36 (8,42)	1,4 [0,0-3,0]	1,5 [0,8-2,1]	2,1 [0,1-3,7]
	nyári	23,61 (11,15)	1,1 [-2,0-4,5]	2,7 [-1,1-11]	2,5 [0,7-9,2]
	ősz	12,66 (4,94)	0,5 [-0,5-1,9]	1,3 [0,0-2,7]	2,0 [0,4-4,1]
	téli	5,59 (1,65)	0,5 [-0,3-1,6]	0,9 [-0,1-2,8]	1,6 [0,2-3,8]
órás csapadékintenzitás 10 éves és évszakos maximumának visszatérési értéke- inek változása (lekerekített záró- jelben () a 10 perces) [mm/óra, (10 perc)]	éves	35,25 (17,7)	2,3 [-2,1-6,5]	5,0 [-0,6-17]	5,1 [1,6-15]
	tavaszi	25,11 (11,52)	2,1 [-0,1-5,1]	2,2 [1,1-3,1]	3,0 [-0,2-5,6]
	nyári	31,18 (14,78)	1,5 [-2,7-6,4]	4,3 [-1,1-17]	4,0 [0,9-15]
	ősz	17,04 (6,86)	0,8 [-0,7-2,7]	1,8 [-0,5-3,9]	2,7 [0,6-5,8]
	téli	6,96 (2,08)	0,6 [-0,6-2,4]	1,1 [-0,5-3,7]	2,1 [0,2-5,2]
órás csapadékintenzitás 100 éves és évszakos maximumának visszatérési értéke- inek változása (lekerekített záró- jelben () a 10 perces) [mm/óra, (10 perc)]	éves	53,35 (27,27)	3,9 [-3,4-11]	8,7 [-2,3-32]	8,5 [2,0-29]
	tavaszi	40,88 (18,77)	3,7 [-0,7-10]	3,7 [1,9-6,3]	5,0 [-0,8-11]
	nyári	48,9 (23,28)	2,3 [-4,5-11]	8,0 [-2,5-33]	7,4 [1,1-30]
	ősz	27,28 (11,36)	1,3 [-1,2-4,6]	2,9 [-1,8-7,1]	4,5 [0,5-9,8]
	téli	10,16 (3,1)	0,9 [-1,3-4,2]	1,7 [-1,2-5,8]	3,2 [0,2-8,6]

A visszatérési időkre történt becslés a Gumbel szélsőérték eloszlás függvény paramétereinek maximum-likelihood közelítésén alapul.

Fontos megjegyezni, kiemelni, hogy a HungaroMet Zrt. adatszolgáltatása alapján az 2000-2019 közötti időszakhoz szakmailag helytelen hozzáadni a változásértékeket, mivel

- ez a múltbeli időintervallum nincs 30 év hosszúságú, amely a klímakutatók körében egy általánosan elfogadott klímaperiódus;
- illetve nem egyezik meg a modellek saját 1971-2000 referencia időszakával sem.

A fentiből adódóan fenntartással szükséges kezelni az értékek összevetését.

Összefoglalva, a területen az éves és évszakos összegek csak kismértékben fognak változni, a nagyobb változás a csapadék intenzitásában, illetve az éves eloszlásban lesz tetten érhető a jövőben. Az órási intenzitás értékek növekedni fognak, amely azt jelenti, hogy a csapadékok

egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok formájában hullnak majd le, növelve ezzel a csapadéktalan időszakok hosszát.

**Összefoglalva megállapítható a fenti eredményekből, hogy a vizsgált beruházás létesítményei és környezetük a csapadék intenzitásának növekedésével szemben közepesen kitettek.**

#### 4.2.4. Aszályok mértékének és gyakoriságának növekedése

A regionális klímamodellek előrejelzései alapján – egymástól függetlenül – több tudományos kutatómunka is azt vetítette előre, hogy az éves csapadékösszeg közel változatlan marad az országban, illetve kismértékben akár még növekedhet is, azonban a csapadékesemények éves eloszlása, illetve intenzitása is kedvezőtlen irányba változik. A kutatások eredményeként az várható, hogy a téli félévben növekszik, míg a nyári félévben csökken a csapadékok mennyisége, illetve a nyári félévben lehulló csapadékok kevesebb alkalommal, ugyanakkor intenzívebben fognak lehullani (BARTHOLY ET AL., 2010). Ezen várható változások kedvezőtlenül hatnak a lassan terjedő és/vagy a nem szárazságtűrő vegetációra a Kárpát-medencében (KORDOS, 2007).

Magyarországon számos kiváló aszályindex került kidolgozásra az elmúlt kb. 100 évben. Ezek közül az egyik legelterjedtebb a módosított Pálfai-féle aszályindex (a továbbiakban: PaDI). A PaDI országos, illetve nemzetközi szinten elismert és alkalmazott aszályindex, melynek alkalmazása azért is széleskörű, mert a domborzati adottságon kívül kizárólag havi felbontású hőmérsékleti és csapadékadatok szükségesek az előállításához. Ennek köszönhetően könnyen előállíthatók PaDI térképek a teljes országra a múltra (1975-től napjainkig), valamint klímamodellek segítségével a jövőre is (napjainktól 2100-ig).

Jelen dokumentumban az aszálynak való kitettség az alábbi három módszerrel is megvizsgálásra került:

- 1.) a HungaroMet Zrt. (volt OMSZ) meteorológiai adattárának (a továbbiakban: ODP) rácsponti adatsorai alapján az 1975-2023 időszakban;
- 2.) a Magyar Bányászati és Földtani és Szolgálat (MBFSZ), a Nemzeti Alkalmazkodási Központ Főosztály (NAKFO) és a HungaroMet Zrt. által üzemeltetett Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (a továbbiakban: NATÉR) PaDI térképi fedvényeivel 1961-1990 és 2071-2100 időszakokban;
- 3.) Kis Anna és munkatársai 2023-ban a Másfélfok tudományos ismeretterjesztő weboldalon megjelent „Elkerülhető volna, hogy a tavalyi legsúlyosabb aszály három-négyévente forduljon elő a század végére Magyarországon” c. cikke alapján, 2001-2020 és 2081-2100 időszakokban.

##### 4.2.4.1. A PaDI aszályindex számítási módszertana

A PaDI aszályindexet Bihari és munkatársai 2012-es, illetve Benyhe és Fiala 2014-es publikációik szerint kell meghatározni.

Az PaDI aszályindex meghatározását követően a kapott értékeket az alábbi táblázat alapján szükséges értékelni.



**10. táblázat PaDI aszályindex során alkalmazandó minősítés**

PaDI [°C/100 mm]	Minősítés
< 4	aszálymentes év
4 – 6	enyhe aszály
6 – 8	mérsékelt aszály
8 – 10	közepes erősségű aszály
10 – 15	súlyos aszály
15 – 30	nagyon súlyos aszály
30 <	extrém erősségű aszály

**4.2.4.2. ODP adatsorokkal való vizsgálat**

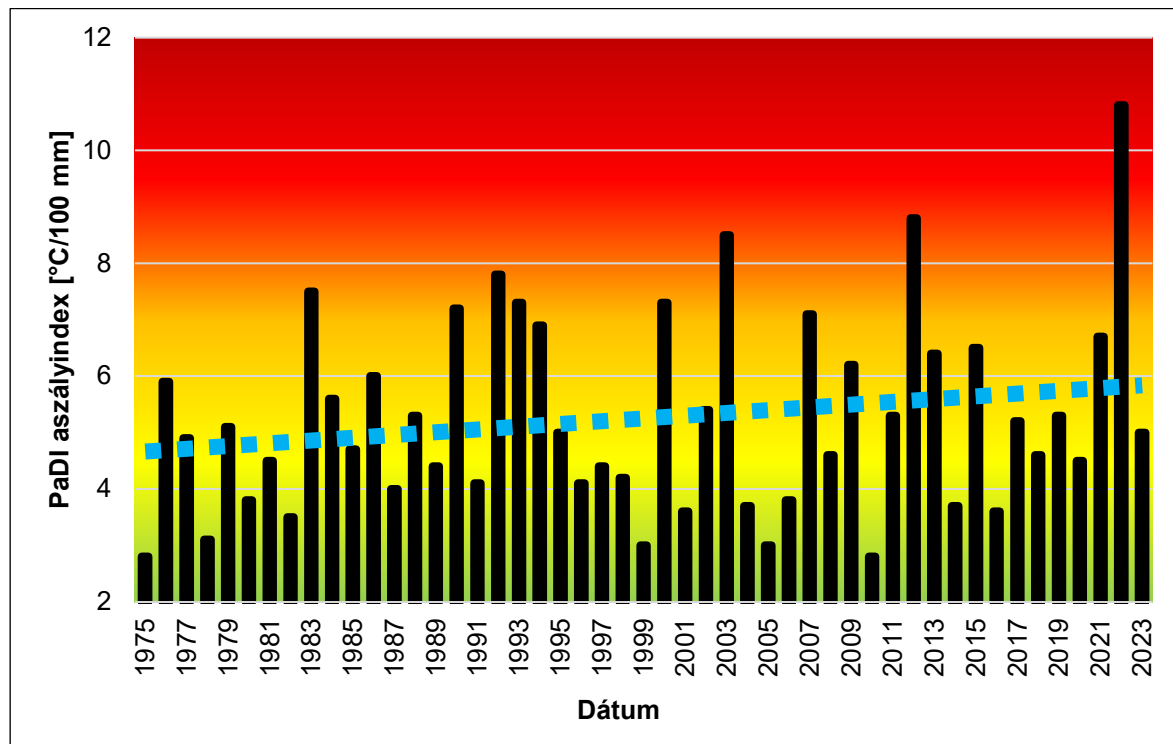
A HungaroMet Zrt. a meteorológiai adattárukba (ODP) évente feltölti a napi felbontású, egész Magyarországot lefedő napi középhőmérséklet és napi csapadékösszeg rácsponti adatsorukat. Ezen adatokból előállíthatók a PaDI térképek és az azokból nyerhető statisztikák. A PaDI aszályindex számítási módszertanából adódik, hogy az 1971.01.01-től rendelkezésre álló adatokból 1975 az első év, amelyre meg lehet határozni a PaDI-t.

Az ODP-ről letölthető rácsponti adatok felbontása 0,1x0,1°, ami kb. 10x10 km-nek felel meg. A rácsponti adatokból előállítható egy teljes Magyarországot lefedő georeferált raszteres térkép. A raszteres térkép olyan pixelekből áll, amelyek középpontjaiban a rácspontok találhatók.

Ahol az M8 gyorsforgalmi út tervezett szakasza érinti a fejlesztés kapcsán vizsgált Natura2000 területet, ott egy darab pixel (középponti rácspontjának földrajzi koordinátái: 19,3; 46,9) érintett. Ennek a pixelnek az adatait szemlélteti a következő ábra. A PaDI éves aszályindex értékeket a következő táblázat mutatja be.

Az ábra és a táblázat értékeinek statisztikai elemzésével az alábbi eredmények adódnak:

- minimum: 2,8 °C/100 mm,
- alsó kvartilis: 4,0 °C/100 mm,
- medián: 5,0 °C/100 mm,
- átlag: 5,3 °C/100 mm,
- felső kvartilis: 6,4 °C/100 mm,
- maximum: 10,8 °C/100 mm,
- szórás: 1,7 °C/100 mm,
- a vizsgált 49 évre lineáris trend illesztésével enyhe emelkedés adódik.

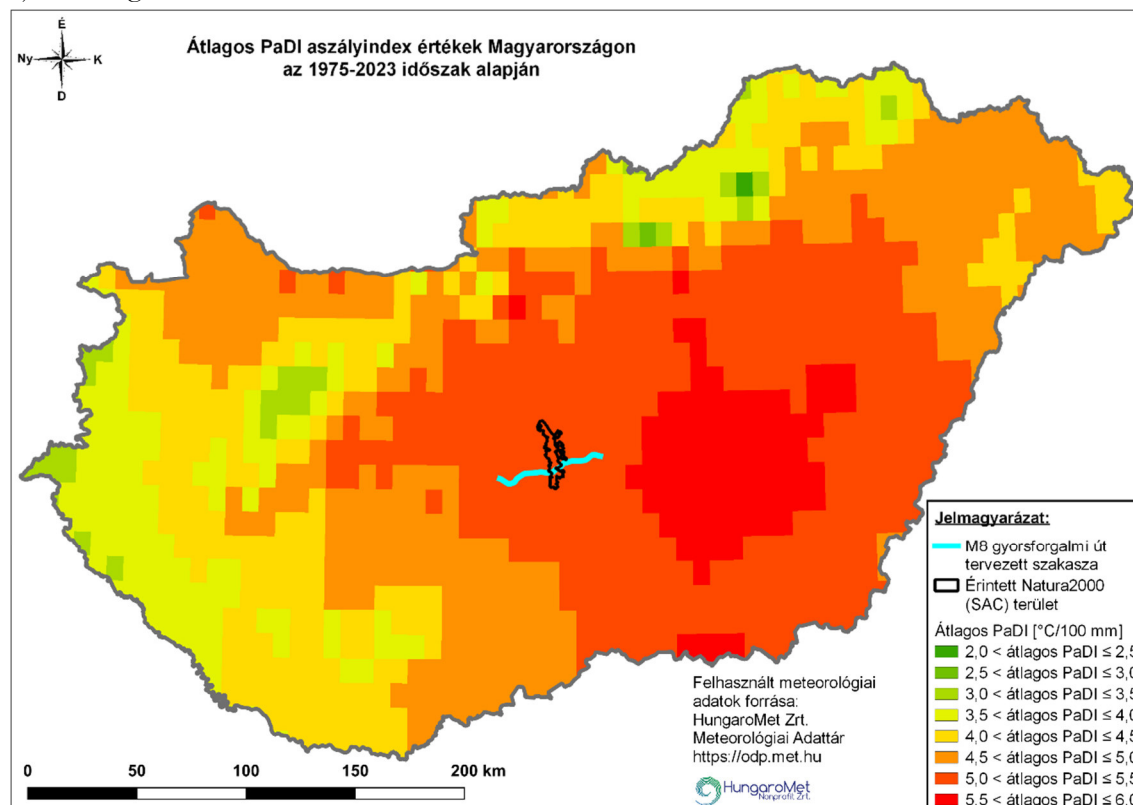


**1. ábra** Az X:19,3; Y:46,9 koordináta középpontú pixel (ahol a tervezett M8 gyorsforgalmi út vizsgált szakasza érinti a Natura2000 területet) évenkénti PaDI aszályindexe 1975 és 2023 között, és az erre illeszthető lineáris trend (Forrás: ODP adatsorok alapján, saját számításokkal és vizualizációval)

**11. táblázat** Az X:19,3; Y:46,9 koordináta középpontú pixel (ahol a tervezett M8 gyorsforgalmi út vizsgált szakasza érinti a Natura2000 területet) évenkénti PaDI aszályindexe 1975 és 2023 között (Forrás: ODP adatsorok alapján, saját számításokkal)

Év	PaDI [°C/100 mm]	Év	PaDI [°C/100 mm]	Év	PaDI [°C/100 mm]
1975	2,8	1992	7,8	2009	6,2
1976	5,9	1993	7,3	2010	2,8
1977	4,9	1994	6,9	2011	5,3
1978	3,1	1995	5,0	2012	8,8
1979	5,1	1996	4,1	2013	6,4
1980	3,8	1997	4,4	2014	3,7
1981	4,5	1998	4,2	2015	6,5
1982	3,5	1999	3,0	2016	3,6
1983	7,5	2000	7,3	2017	5,2
1984	5,6	2001	3,6	2018	4,6
1985	4,7	2002	5,4	2019	5,3
1986	6,0	2003	8,5	2020	4,5
1987	4,0	2004	3,7	2021	6,7
1988	5,3	2005	3,0	2022	10,8
1989	4,4	2006	3,8	2023	5,0
1990	7,2	2007	7,1	-	-
1991	4,1	2008	4,6	-	-

A vizsgált 49 éves időszakra számított átlagos PaDI értékeket a következő ábra szemlélteti a teljes országra.



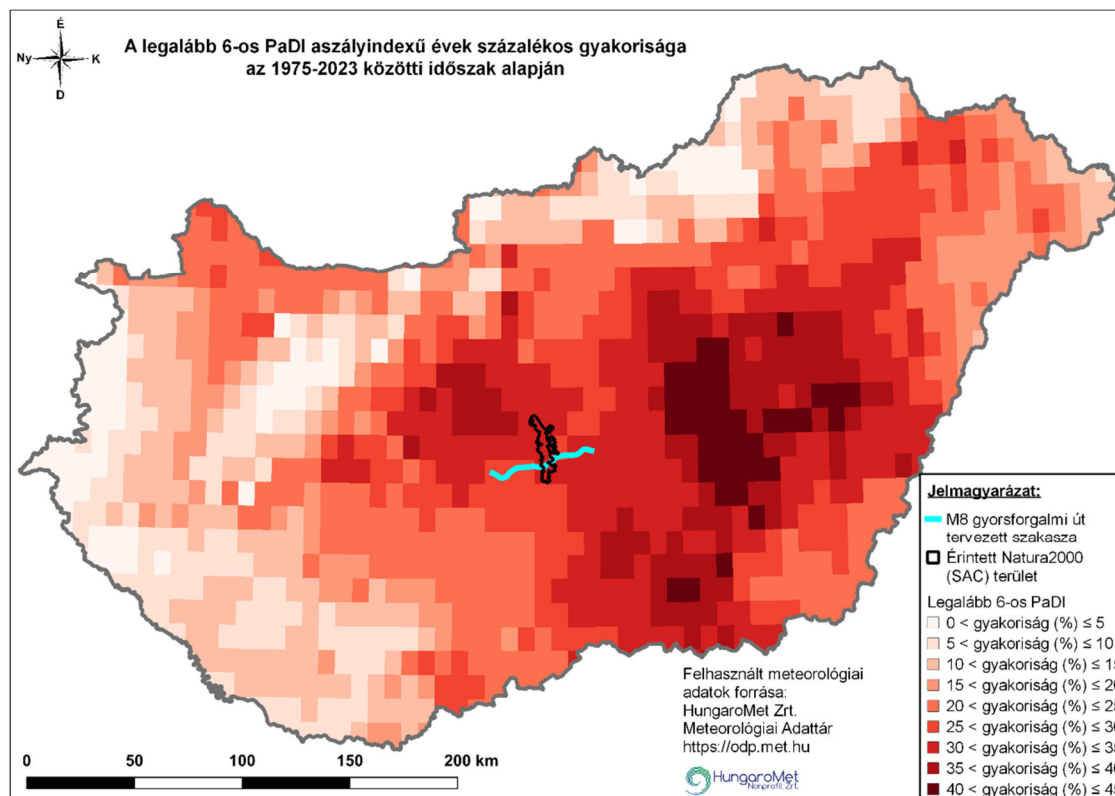
**2. ábra Átlagos PaDI aszályindex értékek az 1975-2023 időszak alapján**  
 (Forrás: ODP adatsorok alapján, saját számításokkal és vizualizációval)

A **4.2.4.1. A PaDI aszályindex számítási módszertana** c. fejezetben bemutatottak szerint az osztályozás alapján  $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ mm}$  értéktől enyhe aszályról szükséges beszélni. A 49 év adatai alapján – az adott 1975-2023 intervallumra jellemző – különböző gyakoriságok, valamint százalékos gyakoriságok is számíthatók. A kapott eredmények az alábbiak:

- $0 \leq \text{PaDI aszályindex értéke } [^{\circ}\text{C}/100\text{ mm}] < 4$ : 12 év,
- $4 \leq \text{PaDI aszályindex értéke } [^{\circ}\text{C}/100\text{ mm}] < 6$ : 22 év,
- $6 \leq \text{PaDI aszályindex értéke } [^{\circ}\text{C}/100\text{ mm}] < 8$ : 12 év,
- $8 \leq \text{PaDI aszályindex értéke } [^{\circ}\text{C}/100\text{ mm}] < 10$ : 2 év,
- $10 \leq \text{PaDI aszályindex értéke } [^{\circ}\text{C}/100\text{ mm}] < 15$ : 1 év,
- legalább  $4\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ mm}$  a PaDI aszályindex értéke: 75,5%,
- legalább  $6\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ mm}$  a PaDI aszályindex értéke: 30,6%,
- legalább  $8\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ mm}$  a PaDI aszályindex értéke: 6,1%,
- legalább  $10\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ mm}$  a PaDI aszályindex értéke: 2,0%,

A legalább  $6\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ mm}$  a PaDI aszályindexű pixelek százalékos gyakoriságát szemlélteti a következő ábra.

Az eredményeket összefoglalva megállapítható, hogy a vizsgált terület aszálynak erősen kitett. A vizsgált 1975-2023 közötti 49 év kicsit több, mint 3/4-ében legalább enyhe, közel 1/3-ában mérsékelt, 6,1%-ában közepes erősségű aszály fordult elő. Tehát az elmúlt közel 50 éves időszak alapján statisztikailag 3 évente előfordul mérsékelt aszály a területen.

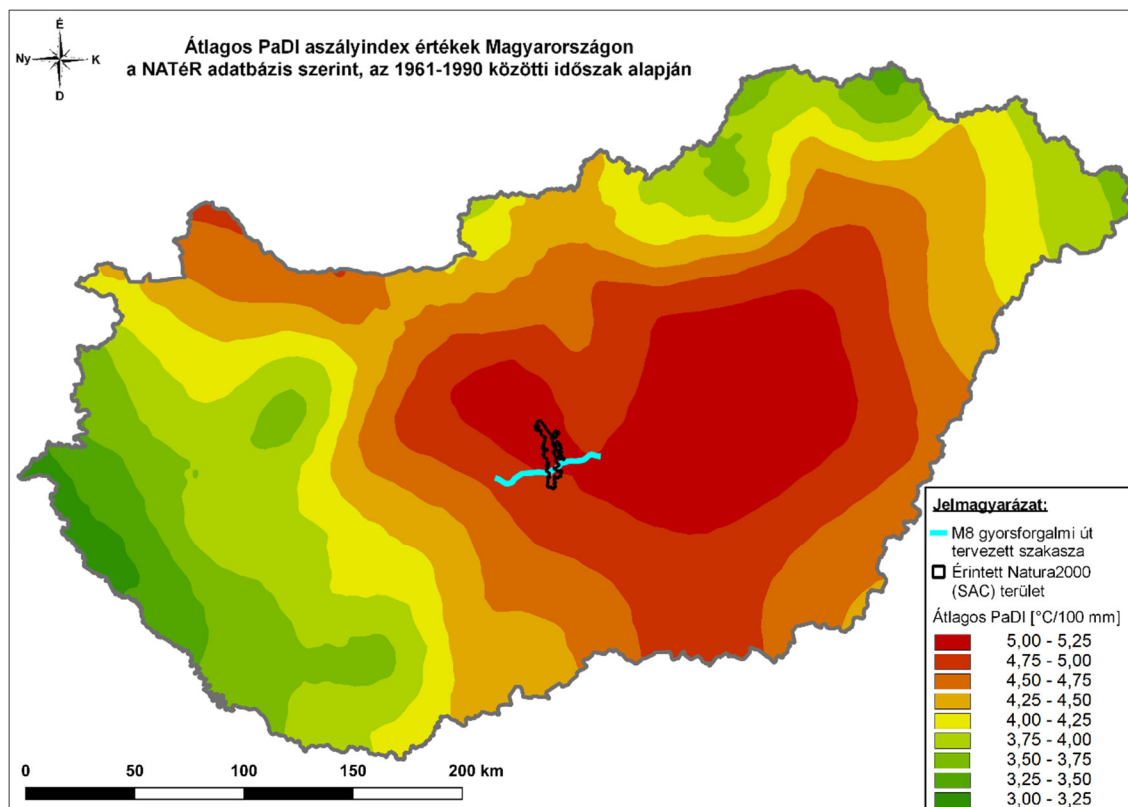


**3. ábra** A legalább 6-os PaDI aszályindexű évek százalékos gyakorisága az 1975-2023 időszak alapján  
 (Forrás: ODP adatsorok alapján, saját számításokkal és vizualizációval)

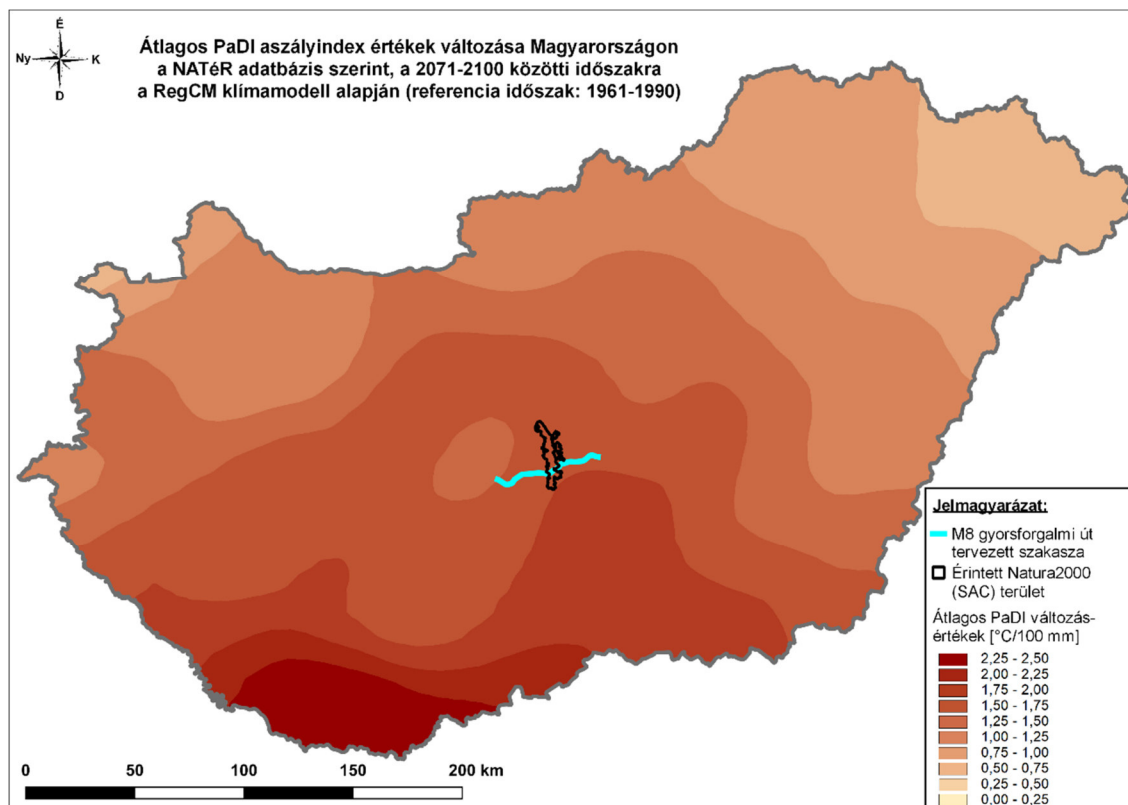
#### 4.2.4.3. NATÉR térképi fedvényeivel való vizsgálat

A NATÉR térképi fedvényei Magyarország éghajlatára, valamint az annak várható jövőbeli változására vonatkozó információkat jelenítik meg. A következőkben bemutatásra kerülő térképek a módosított Pálfi-féle aszályindex (PaDI) időszakokra átlagolt értékeit ábrázolják. A térképi adatbázis a meteorológiai mérésekből szabályos rácsra interpolált CarpatClim-HU, valamint két regionális klímamodell, az ALADIN-Climate és a RegCM modellek egy-egy projekciójából származó adatok alapján álltak elő. Mindkét projekció egy közepesen optimistának számító klíma scenárióra alapozva készült. A klímamodellek adatai az 1961-1990, a 2021-2050 és a 2071-2100 időszakokat fedik le. A múltbeli adatok az időszakokra vonatkozó átlagokat mutatják (rácspontonként mind a 30 évre kiszámításra kerültek az adatok, majd ezek kerültek átlagolásra), a jövőbeni adatok a múltbeli referencia időszakhoz (1961-1990) képesti átlagos változást mutatják be. Jelen vizsgálatban a jövőbeni időszakokból csak az évszázad végi kerül bemutatásra. A különböző időszakokra jellemző térképeket a következő oldalakon bemutatott ábrák szemléltetik.

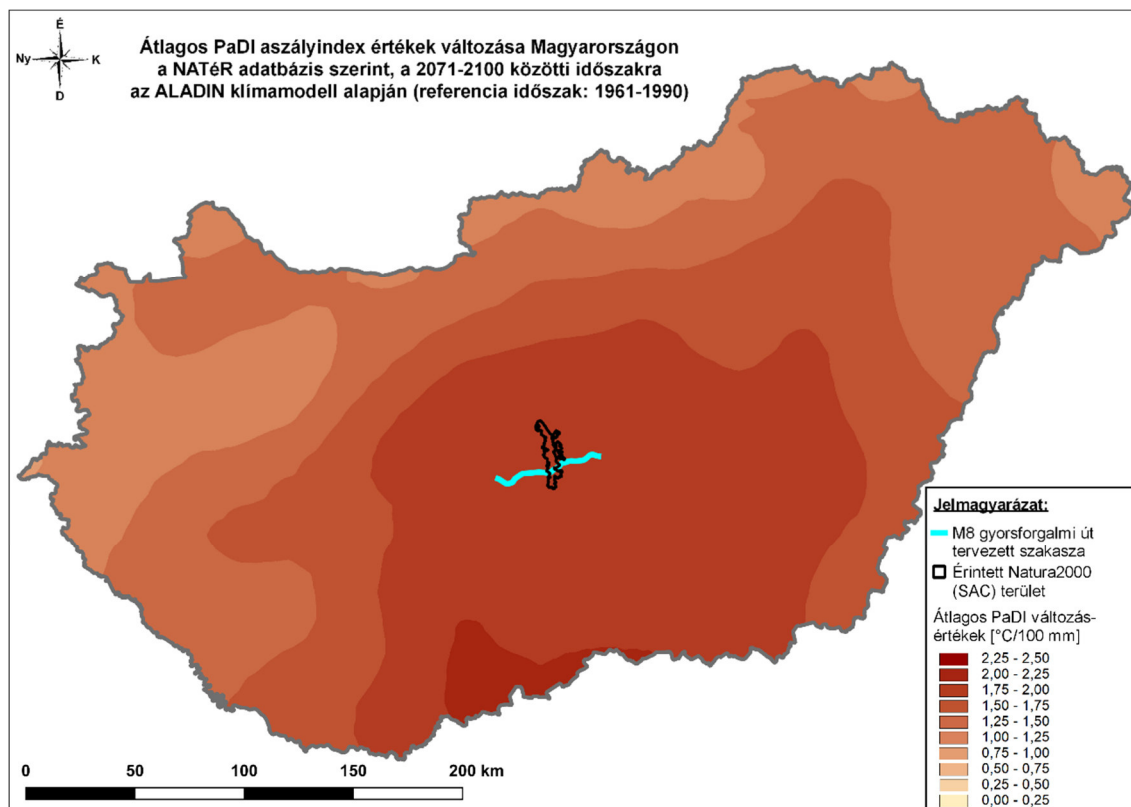
Elemezve a térképi adatokat, azt kapjuk eredményként, hogy a múltban a vizsgált területen 5,00-5,25 közötti a PaDI aszályindex 30 éves átlagértéke (a térképen ez az országban a legmagasabb érték), míg az évszázad végén a RegCM klímamoddellel 1,50-1,75 közötti, az ALADIN-Climate klímamoddellel 1,75-2,00 közötti a változás. Mindezek alapján a NATÉR térinformatikai adatbázisa szerint a vizsgálati területen várhatóan nagymértékben növekedni fog az aszálynak való kitettség, az évszázad végére a PaDI aszályindex 30 éves átlagértéke a múltbeli 5,00-5,25 közötti intervallumról várhatóan 6,50-7,25 közötti intervallumra fog emelkedni, amely emelkedés országos viszonylatban a magasabbak közé tartozik.



**4. ábra** Átlagos PaDI aszályindex értékek Magyarországon a NATÉR adatbázis szerint, az 1961-1990 közötti időszak alapján (Forrás: NATÉR térinformatikai portál, saját vizualizációval)



**5. ábra** Átlagos PaDI aszályindex értékek változása Magyarországon a NATÉR adatbázis szerint, a 2071-2100 közötti időszakra a RegCM klímamodell alapján (referencia időszak: 1961-1990) (Forrás: NATÉR térinformatikai portál, saját vizualizációval)



**6. ábra** Átlagos PaDI aszályindex értékek változása Magyarországon a NATéR adatbázis szerint, a 2071-2100 közötti időszakra az ALADIN klímamodell alapján (referencia időszak: 1961-1990) (Forrás: NATéR térinformatikai portál, saját vizualizációval)

#### 4.2.4.4. Kis és munkatársai kutatási eredményeikkel való vizsgálat

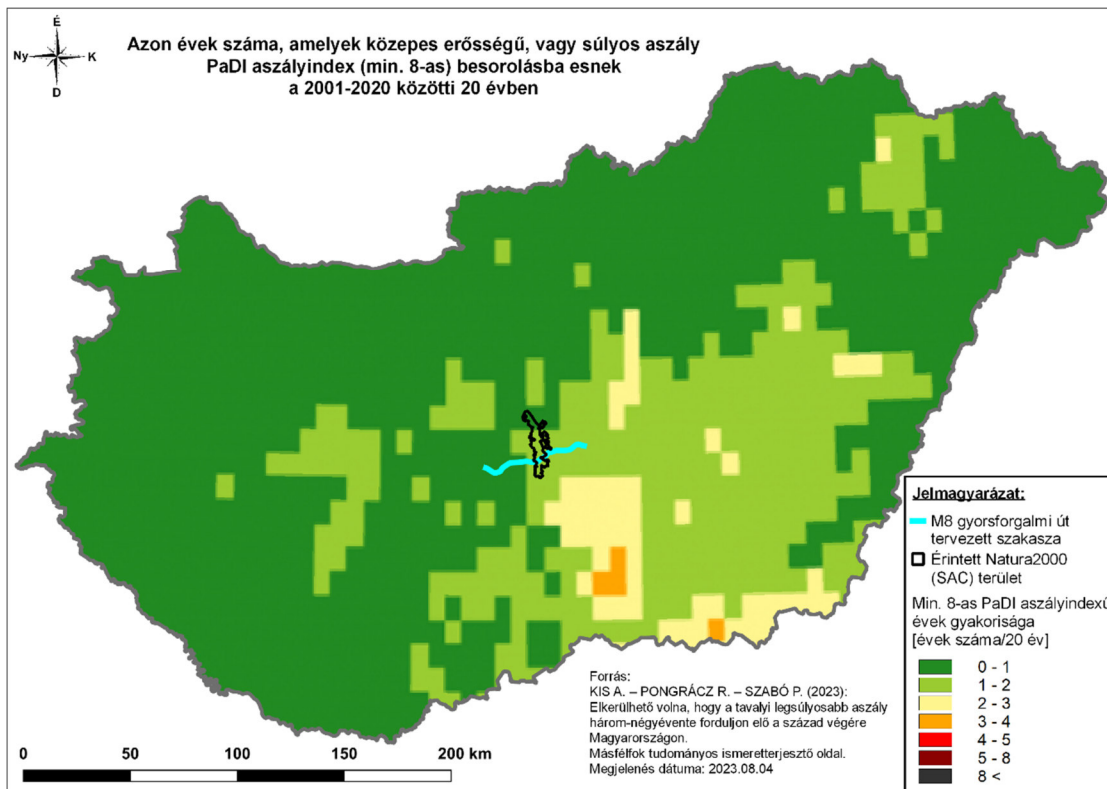
Kis Anna és munkatársai 2023-ban publikálták azon kutatási eredményeiket, amelyek azt mutatják be, hogy vizsgálataik szerint várhatóan hogyan fog változni Magyarországon a közepes erősségű, vagy súlyos aszály (a minimum 8-as PaDI aszályindex érték) gyakorisága a jövőben.

Vizsgálataik során a szerzők saját számításokkal határozták meg a PaDI aszályindex értékeket és gyakoriságokat, felhasználva az EURO-CORDEX klímamodell szimulációk adatait (forgatókönyvenként 6 regionális klímamoddellel), valamint a HungaroMet Zrt. meteorológiai adattárának adatait. A gyakorisági térképes eredményeik során két forgatókönyv melletti értékek vannak bemutatva, az RCP4.5 melletti, amely egy optimistább kibocsátás-csökkentéssel számol az emberiség részéről, és az RCP8.5 melletti, amely kibocsátás-csökkentés nélküli, pesszimista előreveléssel.

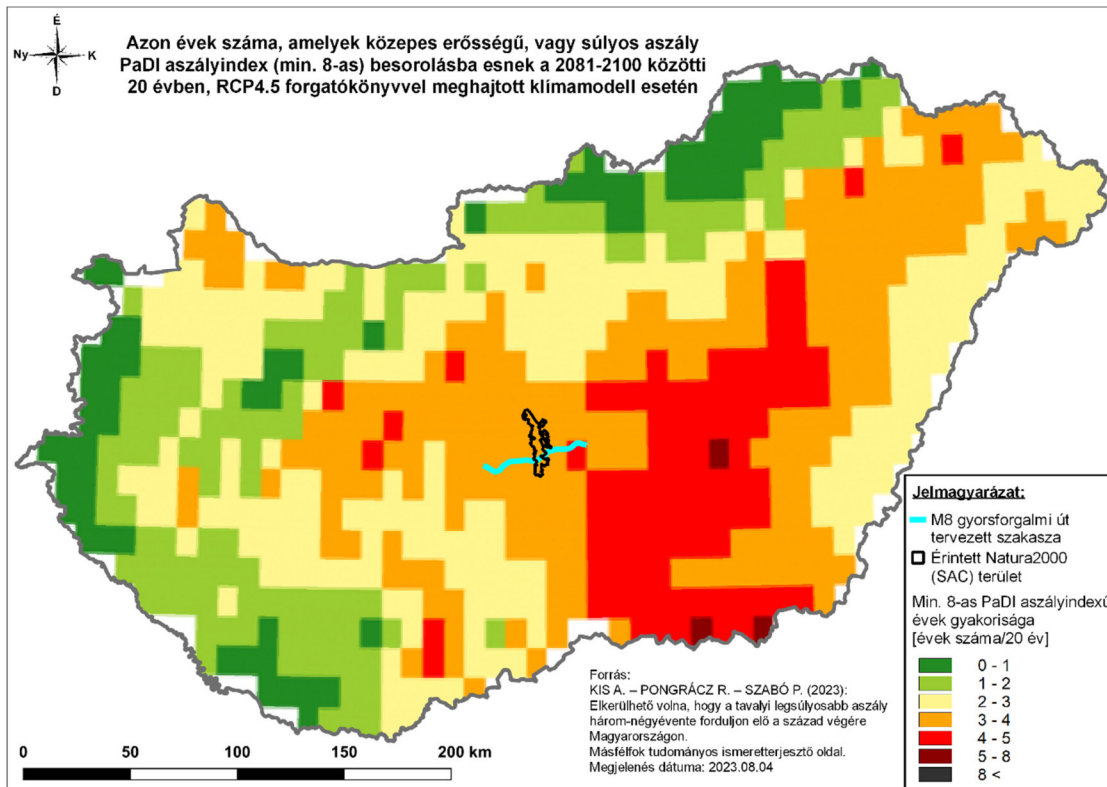
A következő oldalakon olyan térképeket mutatunk be, amelyek azt szemléltetik, hogy különböző 20 éves időszakokban milyen gyakoriságai vannak a minimum 8-as PaDI aszályindexű éveknek.

**Megvizsgálva Kis és munkatársai eredményeit, a vizsgált területen 2001-2020 között 1-2 nap/20 év közötti volt min. 8-as PaDI aszályindexű évek gyakorisága, amely 2081-2100 között az optimistább forgatókönyv szerint 3-4 nap/20 év gyakoriságra, a pesszimista forgatókönyv szerint 5-8 nap/20 év gyakoriságra emelkedik. Az emelkedés mértéke országos viszonylatban a magasabbak közé sorolható.**

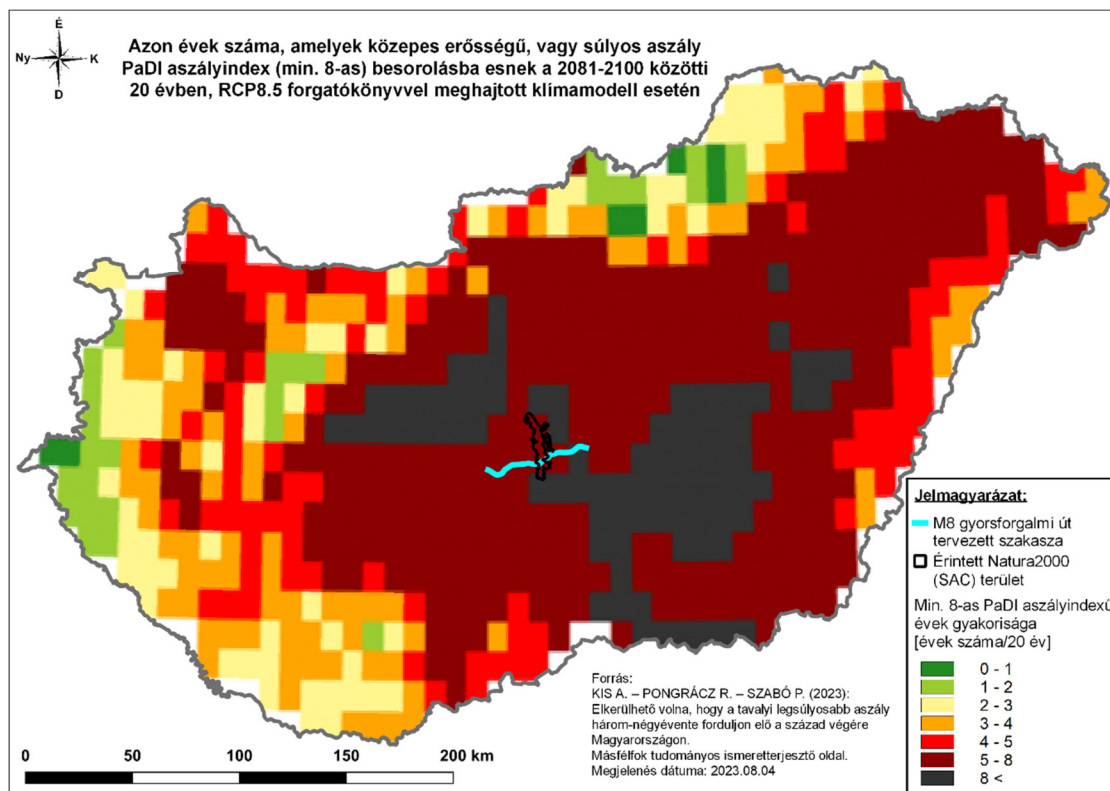




**7. ábra** Azon évek száma, amelyek közepes erősségű, vagy súlyos aszály PaDI aszályindex (min. 8-as) besorolásba esnek a 2001-2020 közötti 20 évben (Forrás: KIS ET AL., 2023, saját vizualizációval)



**8. ábra** Azon évek száma, amelyek közepes erősségű, vagy súlyos aszály PaDI aszályindex (min. 8-as) besorolásba esnek a 2081-2100 közötti 20 évben, RCP4.5 forgatókönyvvel meghajtott klímamodell esetén (Forrás: KIS ET AL., 2023, saját vizualizációval)



**9. ábra** Azon évek száma, amelyek közepes erősségű, vagy súlyos aszály PaDI aszályindex (min. 8-as) besorolásba esnek a 2081-2100 közötti 20 évben, RCP8.5 forgatókönyvvel meghajtott klímamodell esetén (Forrás: KIS ET AL., 2023, saját vizualizációval)

#### 4.2.4.5. Összefoglalás

Az, hogy Magyarországon egy terület a múltban és jelenleg mennyire aszályos, és a jövőben ez várhatóan hogyan fog változni, egy rendkívül összetett kérdés, amely messze túlmutat azon, hogy egy-egy év az átlagoshoz képest csapadékosabb volt, vagy sem.

Az aszály kialakulását és súlyosságát több tényező is befolyásolja, mint például az előző évek meteorológiai viszonyai, a domborzat, a csapadékok évközbéli eloszlása, a nyári csapadékhány és természetesen a nyári hőmérséklet. Vannak olyan aszályindexek, ahol a talaj is figyelembe van véve, illetve befolyásoló tényező lehet még maga a felszínborítás is.

Jelen dokumentum a „HUKN20003” azonosító számú, „Felső-kiskunsági turjánvidék” elnevezésű Natura2000 különleges természetmegőrzésű terület (SAC) tervezett M8 gyorsforgalmi úttal érintett területének aszálynak való kitettségét vizsgálta több releváns irodalom és forrás segítségével.

Magyarországon számos kiváló aszályindex került kidolgozásra az elmúlt kb. 100 évben. Ezek közül az egyik legelterjedtebb a módosított Pálfai-féle aszályindex (PaDI). A PaDI országos, illetve nemzetközi szinten elismert és alkalmazott aszályindex, melynek alkalmazása azért is széleskörű, mert a domborzati adottságon kívül kizárólag havi felbontású hőmérsékleti és csapadékadatok szükségesek az előállításához. Ennek köszönhetően könnyen előállíthatók PaDI térképek a teljes országra a múlt (1975-től napjainkig), valamint klímamodellek segítségével a jövőre is (napjainktól 2100-ig).

A dokumentumban vizsgált három, egymástól független vizsgálat mindegyike azt vetíti előre, hogy Magyarországon növekedni fognak az aszályos időszakok gyakoriságai és mértékei is.



A vizsgált területen ez a változás országos viszonylatban mérve a magasabbak közé tehető, azaz a területen a jelenlegi kutatások alapján várhatóan gyakrabban és jóval nagyobb mértékű aszályokra kell számítani, mint amiket eddig megfigyeltünk, illetve a vizsgált terület jelenleg is az ország aszályosabb területei közé sorolható. Egyes, jelen dokumentumban be nem mutatott kutatások azt is előrevetítik a Duna–Tisza közti homokhátság kapcsán, hogy amennyiben nem oldódik meg a terület vízutánpótlása, úgy az teljesen kiszárad és elsivatagosodik a klímaváltozás hatására.

#### 4.2.4.6. Felhasznált irodalom

##### Nyomtatott irodalom

- BARTHOLY, J. ; BOZÓ, L. (szerk.) ; HASZPRA, L. ; BARCZA, Z. ; BIHARI, Z. ; CZIRA, T. ; HORÁNYI, A. ; HORVÁTH, E. S. ; KRÜZSELYI, I. ; LAKATOS, M. ; MÉSZÁROS, R. ; MIKA, J. ; PÁLVÖLGYI, T. ; PIECZKA, I. ; PONGRÁCZ, R. ; PRÁGER, T. ; RADICS, K. ; SZENTIMREY, T. ; SZABÓ, P. ; SZÉPSZÓ, G. ; TORMA, CS. 2011: Klímaváltozás – 2011: Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. Budapest, Magyar Tudományos Akadémia és Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék
- BENYHE, B. ; FIALA, K. 2014: Annex II: Examples of the national drought indicator systems. Előadás: 2. Nemzeti Aszálykonzultáció Budapest, 2014. október 16.
- BIHARI, Z. ; GAUZER, B. ; GNANDT, B. ; GREGOR, G. ; HERCEG, Á. ; KOVÁCS, T. ; KOZÁK, P. ; LAKATOS, M. ; MATTÁNYI, ZS. ; NAGY, A. ; NÉMETH, Á. ; PÁLFAI, I. ; SZALAI, S. ; SZENTIMREY, T. ; VINCZE, E. 2012: Délkelet-európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE – Összefoglaló a projekt eredményeiről. Budapest. Országos Meteorológiai Szolgálat.
- KISS, A. ; PONGRÁCZ, R. ; SZABÓ, P. 2023: Elkerülhető volna, hogy a tavalyi legsúlyosabb aszály három-négyévente forduljon elő a század végére Magyarországon. Másfélfok tudományos ismeretterjesztő oldal. Megjelenés dátuma: 2023.08.04
- KORDOS, L. 2007: Globális klímaváltozás és az élővilág. „KLÍMA-21” Füzetek: 2007. 49. szám: 104 p, pp. 38-44. , 7 p.

##### Internetes források

Borítókép forrása

<https://kecsup.hu/2021/03/homokhatsag-es-a-tudati-forradalom/>

HungaroMet Zrt. – Meteorológiai Adattára

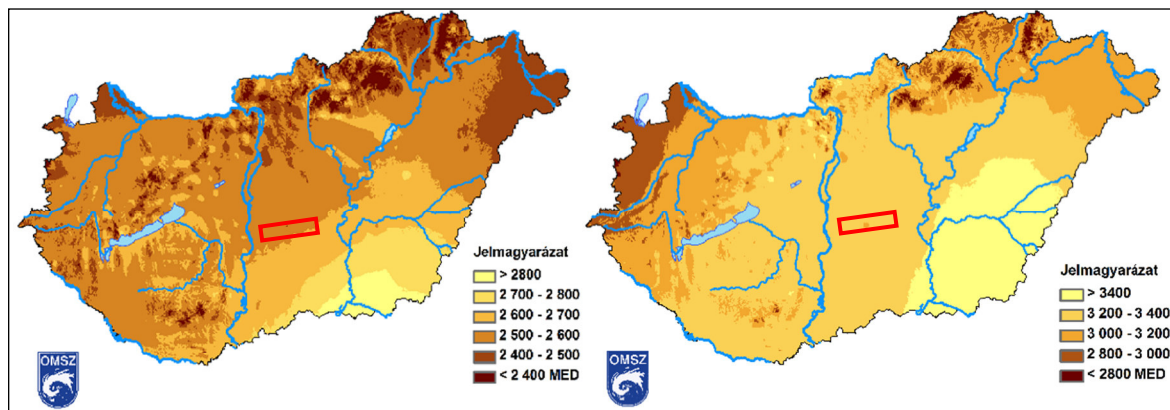
<https://odp.met.hu/>

Magyar Bányászati és Földtani és Szolgálat (MBFSZ), Nemzeti Alkalmazkodási Központ Főosztály (NAKFO) és a HungaroMet Zrt. által üzemeltetett Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR)

<https://map.mbfisz.gov.hu/nater/>

#### 4.2.5. Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés

A globálsugárzásból számított hazai éves UV sugárzás eloszlása hazánkban a medencejelleg miatt, az ország belső területein nagyobb értékeket mutat, mint a Kárpátokhoz közeledve. Ezen értékeket tekintve a tervezett beruházás elhelyezkedéséből adódóan 2006-ban átlagosan 2550 MED (Minimal Erythema Dose) volt, amelyet a lenti ábrával mutatunk be. A klímamodellek egyöntetűen azt mutatják, hogy a napsütéses órák száma növekedni fog a jövőben. **A vizsgált gyorsforgalmi út tervezési területét, valamint annak környezetét a növekvő UV sugárzással szemben közepesen kitétnék minősítjük a fentiek alapján.**



10. ábra Az UV sugárzás országos éves eloszlása bal oldali képen 2006-ban, a jobb oldali képen 2012-ben (a tervezett beruházás helye piros színű körrel jelölve) [Forrás: Dávid R. Á., 2016.]

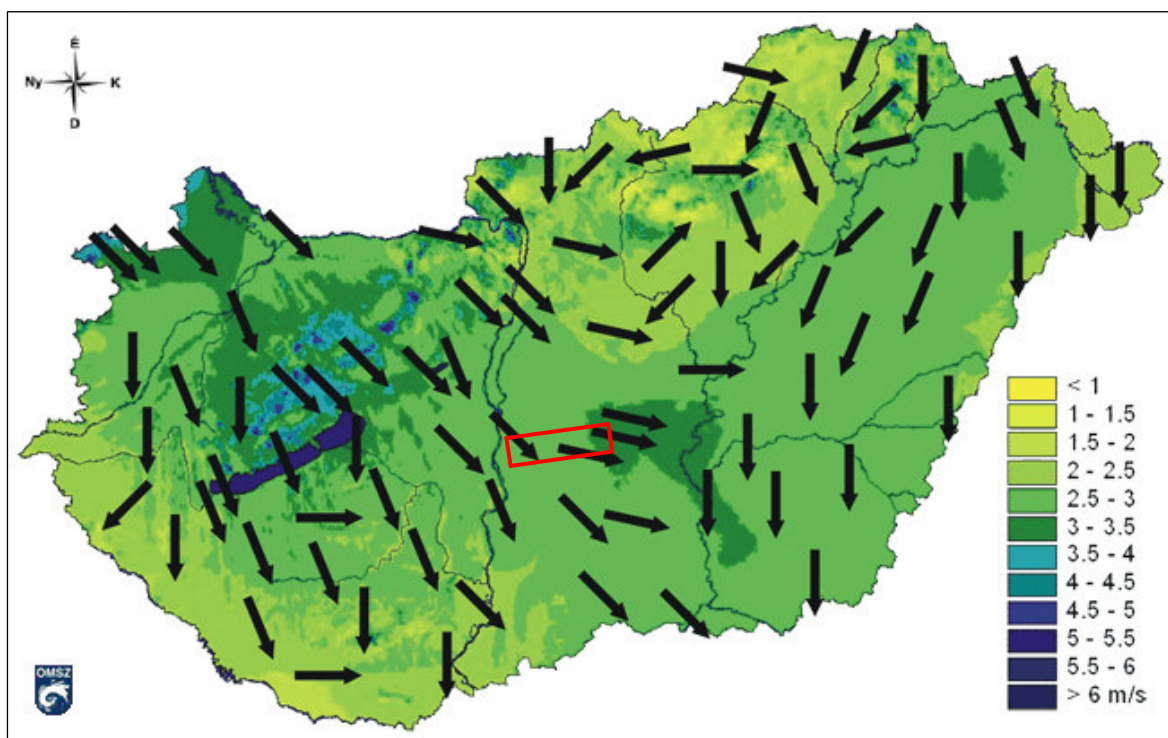
#### 4.2.6. Viharos időjárási események gyakoriságának növekedése

A vizsgált terület az évi átlagos szélsébségek tekintetében az ország közepesen széles területei közé sorolható. A HungaroMet Zrt. honlapjáról származó, alábbi ábra szemlélteti, hogy a térség átlagos szélsébsége 3 m/s volt 2000 és 2009 között.

A HungaroMet Zrt. által készített területspecifikus modellszimulációk eredményei, valamint a területen a HungaroMet Zrt. által észlelt és nyilvántartott időjárási események, adatok alapján az **éves maximális szélőkés változása** mindhárom időszak során gyenge növekedést mutat, de 1-1 szimuláció szerint értékének csökkenése is előfordulhat. A növekedés mértéke a legnagyobb változást adó modellek szerint sem haladja meg az 1,3 m/s értéket.

A Katasztrófavédelem honlapjának tájékoztatása alapján megállapítható, hogy a 70 km/h-nál erősebb **szélvihar emberre, állatra veszélyes viharkárokat okozhat. Az ilyen, vagy nagyobb mértékű viharok súlyosan megrongálhatják az energiaellátás és a távközlés vezetőkeit, fákat törhet ki, amely közlekedési zavarokat, akadályokat idézhet elő az úton.** A HungaroMet Zrt. honlapján elérhető egy ábra, mely a 90 km/h-t meghaladó napi szélsébség maximumok éves átlagos gyakoriságát szemlélteti az 1981 és 2010 közötti időszakban., mely szerint a 90 km/h szélsébséget meghaladó viharok éves szinten kevesebb, mint 1,5 nap fordultak elő átlagosan a vizsgált területen.

**Összefoglalva megállapítható a fenti eredmények alapján, hogy a vizsgált beruházás létesítményei és környezetük a viharos időjárási események gyakoriságának a növekedésével szemben közepesen tekinthető kitétnék.**



11. ábra Évi átlagos szélességek és az uralkodó szélirányok Magyarországon a 2000 és 2009 közötti időszakban [Forrás: HungaroMet Zrt.]

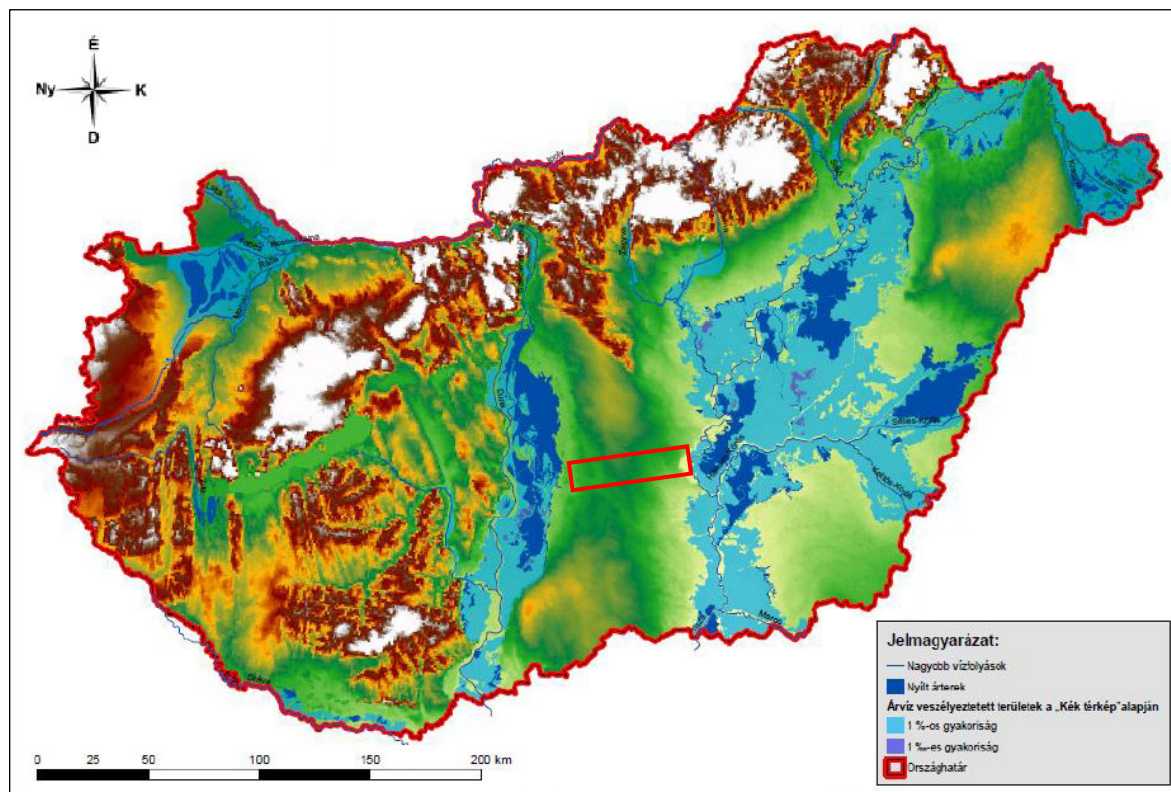
12. táblázat Az éves maximális szélleőkés változása a különböző éghajlatváltozást modellező modellszimulációk eredményei alapján

Éghajlati/időjárási változó, paraméter	Klímaperiódushoz köthető átlagos, a referenciaidőszakhoz képesti változásérték (szögletes zárójelben a minimum és maximum értékekkel)			
	1971-2000	2010-2039	2040-2069	2070-2099
éves maximális szélleőkés változása [m/s]	-	0,2 [-0,8-0,8]	0,3 [-0,4-1,3]	0,3 [-0,5-1,2]

#### 4.2.7. Árvizek, belvizek és villámárvizek kialakulása

A tervezési terület az **1\_10 Duna-völgyi-főcsatorna alegység**hez tartozik, a tervezési terület vízrajzának jellemzését, valamint a keresztezett vízfolyások bemutatását és pontos jellemzését a Környezeti Hatástanulmány **4.3. Felszíni vizek c.** fejezete részletesen ismerteti.

Magyarország árvízzel szembeni kitettségét a „Klímakockázati Útmutató és részletes módszertani leírás a klímakockázati útmutatóhoz” című dokumentáció 7. sz. mellékletében található „Kék térkép” is bemutatja. A térképen látható, hogy a vizsgált terület keleti részét az árvizek nem érintik, a nyugati harmadában közepes árvízi kockázattal kell számolni. A fentiek alapján megállapítható, hogy a vizsgált terület kelet felé eső nagyobb hányada az árvizekkel szemben nem tekinthető kitettnek, viszont a beruházás nyugati harmadára eső létesítményei, valamint ezek környezete **árvizekkel szemben közepesen tekinthető kitettnek. A továbbiakban, a biztonság javára a közepesen kitettséget vizsgáljuk az árvizek tekintetében.**

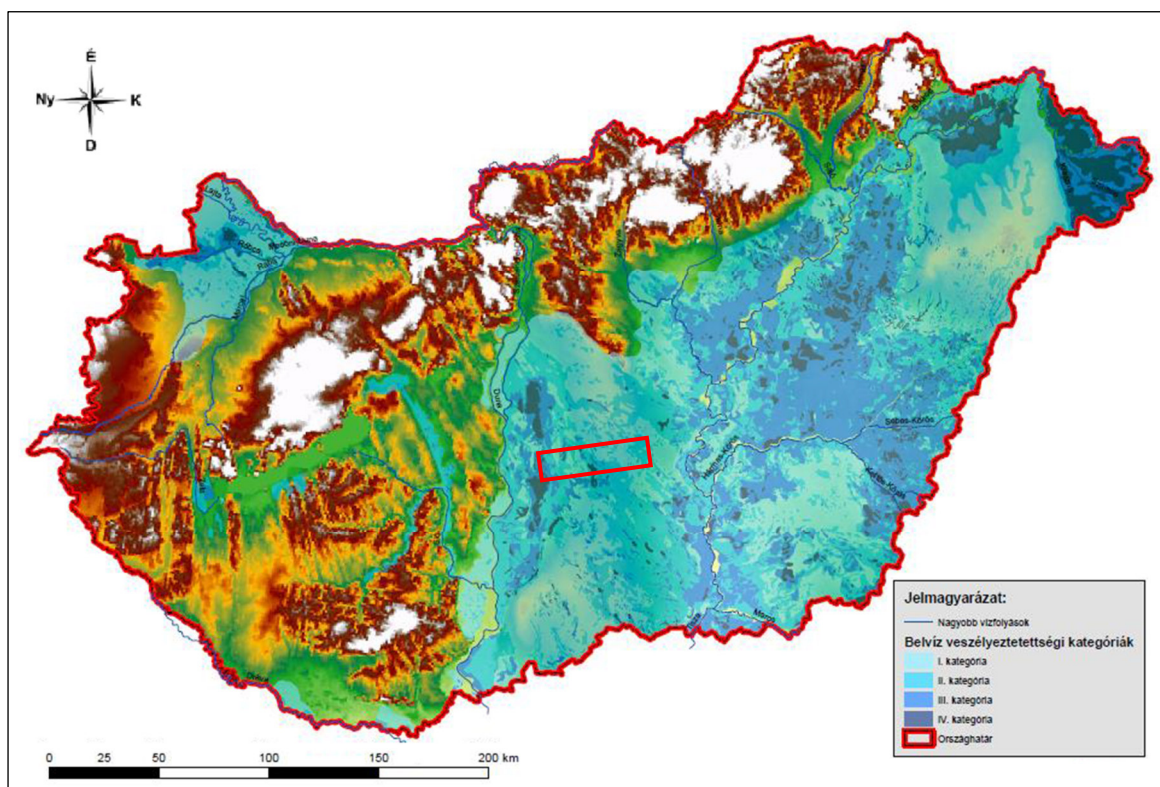


12. ábra Magyarország árvíz-veszélyeztetettségi térképe (ún. „Kék térkép”)  
[Forrás: Klímakockázati Útmutató 7. sz. melléklete]

Belvizek képződésére elsősorban télvég idején (téli és nyári hidrológiai félév határánál) kell számítani. A tenyészidőn belül és ősszel is képződhetnek belvizek (különösen akkor, ha a talajzóna átnedvesedett), de nem jellemző, hogy minden évben képződnek. A vizsgált terület belvizeknek való kitétséget a néhai VITUKI Rt., majd a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) Vízgazdálkodási Önálló Kutatási Osztálya gondozásában készült Magyarország belvízi veszélytérképe alapján ellenőriztük. Ezt a térképet szokás Pálfai-féle térképnek is nevezni. Az értékelésnél a térkép belvíz-veszélyeztetettségi kategóriát vettük figyelembe, mely alapján a tervezési terület érinti a II. „belvízzel mérsékelten veszélyeztetett terület” kategóriát, valamint érinti a III. „belvízzel közepesen veszélyeztetett terület” és a IV. „belvízzel erősen veszélyeztetett” kategóriákat is.

Az érintett terület egy része foltokban lefolyástalan, a felső talajrétegek jó vízvezetőképessége miatt azonban tartósan belvizes területek nem alakulnak ki, azonban a magas belvízi kockázatú területeken (a nyomvonal középső részén) belvizek megjelenésére számítani lehet. **A fentiek alapján azt állapítjuk meg, hogy a vizsgált beruházás létesítményei, valamint ezek környezete belvizekkel szemben közepesen kitéttek.**





13. ábra Magyarország belvíz-veszélyeztetettségi térképe (ún. Pálfi-féle térkép)  
[Forrás: Klímakockázati Útmutató 7. sz. melléklete]

A települések villámárvíz veszélyeztetettségét alapvetően a vízgyűjtő területének tulajdonságai (mérete, alakja, lejtésviszonyai, karsztos területek stb.), valamint a vízgyűjtőn előforduló csapadék intenzitása határozzák meg. A villámárvíz veszélyeztettség meghatározásának célja felhívni a figyelmet arra, hogy a települések kitettsége, helyzetüktől és a felszíni környezettől függően különböző, és ez a különbözőség osztályozható, rangsorolható. A vízgyűjtő kitettsége csak egy erősebb vagy gyengébb lehetőségre hívja fel a figyelmet, a tényleges bekövetkezés csak olyan extrém csapadékkal együtt áll fenn, amelynek elvezetésére a településhez kapcsolható vízelvezetés nem alkalmas. **A vizsgált terület a fenn megnevezett paraméterekkel nem rendelkezik, a villámárvízre való esély nem számottevő.** A NaTér adatbázisa alapján a nyomvonal villámárvíz veszélyének nem kitett.

#### 4.2.8. Talajmozgások

Az Európai Bizottság által kiadott, és a Miniszterelnökség megbízásából a Klímapolitika Kft. által honosított és összeállított részletes klímakockázati útmutató 7. mellékletében szerepel egy, a talajmozgásokat (az útmutató tömegmozgásnak nevezi) szemléltető térkép is, amely alapján a vizsgálat területen jelentéktelen a talajmozgások kialakulásának veszélye.

A Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat internetes oldalán elérhetők online térképek, amelyek között szerepel egy Magyarország mozgásveszélyes területei (1:500 000) elnevezésű térkép is. A térképet áttekintve megállapítható, hogy a tervezési terület környezetében elszórtan, néhány helyen regisztráltak felületi eróziót, azonban azokat a nyomvonal nem érinti.

**Összefoglalva a megtekintett források alapján kijelenthető, hogy a vizsgált beruházás létesítményei és környezetük a talajmozgásokkal szemben nem kitettek.**

#### 4.2.9. Erdőtüzek

Az erdőtüzek projektre való kockázatát a Firelife Erdőtűz-megelőzési Projekt keretében létrehozott honlap segítségével állapítottuk meg. A hazai erdőtüzek döntő hányada az emberi gondatlanság, hanyagság, esetleg gyújtogatás eredménye, a természetes úton kialakuló erdőtüzek aránya 1%, és ezek nagy része a mezőgazdasági tevékenységgel függ össze. Kialakulása főként a hóolvadás utáni, valamint a nyári csapadékmentes időszakokban a legvalószínűbb. Az erdotuz.hu internetes oldalon elérhető információk alapján a tavaszi tüzek legnagyobb arányban az Észak-Magyarországi régióban keletkeznek, míg a nyári szezonban előforduló erdőtüzek főként az Alföldön pusztítanak.

A tervezett út zömében tanyákkal szabdaltnak, mezőgazdasági területeken halad át, de erdőterületeket is érint. Arra, hogy egy erdőterület mennyire tekinthető tűzveszélyesnek, a NÉBIH naponta frissülő online Erdészeti térképe nyújt segítséget. A tervezett út nagymértékben érint, többnyire gazdasági tevékenységet szolgáló és a NÉBIH online erdészeti térképe alapján kis-, és nagymértékben tűzveszélyesnek minősített erdőterületet is.

A „Klímakockázati Útmutató és részletes módszertani leírás a klímakockázati útmutatóhoz” című dokumentáció 7. sz. mellékletében található térkép alapján a nyomvonalak által érintett megye, azaz Bács-Kiskun megye nagymértékben veszélyeztetett Magyarország megyéinek erdőtűzveszélyességi besorolása alapján.

A fentiekben leírtak alapján, valamint figyelembe véve azt a tényezőt is, hogy az erdőtüzek kialakulása 99%-ban emberi tevékenységhez köthető, a tervezési terület **közepesen tekinthető kitértnek** az erdőtüzekkel szemben.

#### 4.3. Sérülékenység vizsgálata

Egy rendszer akkor sérülékeny, ha a klímaváltozás hatásai nagy eséllyel okoznak benne jelentős károkat, vagy azért, mert nagy a rendszer érzékenysége, és/vagy a kitértisége, és/vagy nincs megfelelően felkészülve a hatások kivédésére, kezelésére. Vagyis a sérülékenység egyaránt függ a rendszer klímaváltozással szembeni kitértiségétől és érzékenységétől.

A sérülékenység meghatározása (vulnerability analysis, VA) során - a korábban említett tanulmány alapján - a rendszer érzékenységének, valamint a terület kitértiségének értékeiből egy mátrixot képzünk, amellyel meghatározható a vizsgált rendszer sérülékenysége az egyes klimatikus hatásokkal szemben. Piros színezéssel a magas, sárga színezéssel a közepes, zöld színezéssel az alacsony sérülékenységet fejezzük ki a lenti táblázatban.

13. táblázat Sérülékenység mátrix

		Kitettség		
		Alacsony	Közepes	Magas
Érzékenység	Alacsony			
	Közepes		Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés	
	Magas		Átlagos felszíni hőmérséklet lassú növekedése; Csapadék intenzitásának növekedése; Viharos időjárási események számának és intenzitásának növekedése; Belvizek gyakoriságának és mértékének növekedése; Árvizek gyakoriságának és mértékének növekedése; Erdőtüzek gyakoriságának és mértékének növekedése	Hőmérsékleti szélsőségek számának és mértékének növekedése; Aszályok mértékének és gyakoriságának növekedése (csak a növénytelepítéseknél)

A sérülékenységi mátrixban – amennyiben adódik – a közepes, valamint a magas sérülékenységeket is szerepeltetjük (sárga és piros szín). Kiemeljük, hogy a dokumentum későbbi fejezeteiben, a kockázatelemzésnél és az adaptációs intézkedésekre tett javaslatoknál kizárólag azon elemek vizsgálatával foglalkoztunk, amelyek mind a kitettség, mind az érzékenység esetében legalább közepes minősítéssel rendelkeztek. Amennyiben magas a kitettség, de alacsony az érzékenység, vagy magas az érzékenység, de alacsony a kitettség, úgy azon elemek további vizsgálatát nem tartottuk szakmailag indokoltnak. A sérülékenységi (érzékenység-kitettség mátrix) vizsgálat eredménye, hogy a projekt keretében megépülő, illetve üzemeltetés előtt álló létesítményeket a következő klímaváltozással összefüggésbe hozható jelenségek befolyásolhatják:

- Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés;
- Átlagos felszíni hőmérséklet lassú növekedése;
- Csapadék intenzitásának növekedése;
- Viharos időjárási események számának és intenzitásának növekedése;
- Belvizek gyakoriságának és mértékének növekedése;
- Árvizek gyakoriságának és mértékének növekedése;
- Erdőtüzek gyakoriságának és mértékének növekedése;
- Hőmérsékleti szélsőségek számának és mértékének növekedése;
- Aszályok mértékének és gyakoriságának növekedése (csak a növénytelepítéseknél).

## 4.4. Kockázatok

Miután beazonosításra került a projekt sérülékenysége, a következő lépésben annak a felmérése szükséges, hogy az egyes jövőbeli, a klímaváltozáshoz köthető események bekövetkezése milyen kockázattal jár a vizsgált projektre nézve, milyen károkat okozhat.

Az egyes kockázatokat, valamint azok bekövetkezésének valószínűségét és súlyosságát a következő táblázat foglalja össze. A következmények, illetve a bekövetkezés valószínűségének kategorizálásához a **3. A dokumentáció elkészítésének módja, felhasznált irodalmak és adatok** c. fejezetben hivatkozott Európai Bizottság által kiadott útmutatók javaslatait vettük alapul. Kiemeljük, hogy a következő táblázatban kizárólag azon kockázatok kerülnek feltüntetésre, amelyek releváns kockázatok lehetnek.

14. táblázat      *Releváns kockázatok és hatásaik táblázatos értékelése*

Kockázat típusa	A bekövetkezés valószínűsége*	Következmény nagyságának értékelése**	Hatása
<b><u>Eszközökben keletkezett kár (műszaki, üzemeltetési)</u></b>			
A magas hőmérsékleti értékek miatti aszfaltkárosodások és kapcsolódó létesítmények károsodásának kialakulása.	3	3	Rövidebb élettartam, repedések, nyomvályúsodás kialakulása, gyakoribb karbantartási igény, baleseti kockázat növekedése.
A csapadékintenzitás növekedésével időszakos elöntések kialakulása.	3	3	Az útszakaszon forgalomkorlátozásokra kell számítani, gyakoribb karbantartási igény, baleseti kockázat növekedése.
Viharos időjárási események számának és intenzitásának növekedése.	2	3	Kiegészítő infrastruktúra (pl. világítás, korlátok stb.) károsodása. Közlekedés akadályoztatása, balesetek kockázatának növekedése, utak járhatatlanná válása.
Megnövekedett UV sugárzás.	2	2	A KRESZ táblák és útburkolati jelek rövidebb élettartama, gyakoribb karbantartási igény.
Árvízzel, belvízzel való elöntések, és a töltés kimosódása.	2	3	Az útszakaszon forgalomkorlátozásokra kell számítani; töltés helyreállítási munkálatok szükségesek. A kapcsolódó létesítmények károsodása.
<b><u>Növénytelepítés</u></b>			
Aszályok mértékének és gyakoriságának növekedése miatt a növénykiültetések kisebb-nagyobb mértékű pusztulása.	4	3	A tervezett növénykiültetések megeredése nehezebb, több utógondozás és pótlás lesz várhatóan szükséges, később akár tömeges pótlás is szükséges lehet, akár fajcserék.
<b><u>Biztonság és egészség</u></b>			
Hőhullámok hatására az érintettek rosszul létének bekövetkezése.	3	3	A tervezett autópályát használók résztvevőire nagyobb a közlekedésbiztonsági kockázat.
A csapadék intenzitásának növekedése miatt a pálya vízzel való időszakos borítottsága.	2	3	Lassul a forgalom, megnövekszik az eljutási idő, illetve nem helyes sebesség megválasztásakor megnövekszik a balesetveszély

\* 1: ritka (5% évente); 2: nem valószínű (20% évente); 3: közepes valószínűség (50% évente); 4: valószínű (80% évente); 5: majdnem bizonyos (95% évente)

\*\* 1: jelentéktelen; 2: kicsi; 3: közepes; 4: nagy; 5: katasztrofális



A következő táblázatban ismét egy, a korábban hivatkozott útmutatóban javasolt mátrix segítségével kategorizáljuk az egyes kockázati tényezőket. A színek kódok kis mértékben eltérnek a korábban alkalmazottól, a kockázatok kategorizálása az extrémről (piros) az alacsonyig (zöld), illetve addig az esetig tart, amikor nincs kockázat (sötét zöld).

15. táblázat      Kockázatok kategorizálására szolgáló mátrix

		Következmény, vagy hatás				
		jelentéktelen	kicsi	közepes	nagy	katasztrofális
A bekövetkezés valószínűsége	ritka					
	nem valószínű			A csapadékintenzitás növekedésével időszakos elöntések kialakulása. Viharos időjárási események számának és intenzitásának növekedése. Árvízzel, belvízzel való elöntések, és a töltés kimosódása. A csapadék intenzitásának növekedése miatt a pálya vízzel való időszakos borítottsága.		
	közepes valószínűség			A magas hőmérsékleti értékek miatti aszfaltkárosodások és kapcsolódó létesítmények károsodásának kialakulása. Hőhullámok hatására az érintettek rosszul letének bekövetkezése.		
	valószínű			Aszályok mértékének és gyakoriságának növekedése miatt a növénykiültetések kisebb-nagyobb mértékű pusztulása.		
	majdnem bizonyos					

Összefoglalva, a vizsgált nyomvonal térségében a magas hőmérsékleti értékek, a csapadék intenzitásának növekedése, az árvízzel, belvízzel való elöntések, a viharos időjárási események növekedése, valamint a hőhullámok káros hatásai tekinthetők releváns kockázatnak. Ezen kockázatok kezelésére figyelemmel kell lenni a tervezés, a majdani kivitelezés és üzemeltetés során.

## 5. A PROJEKT HATÁSA A KLÍMAVÁLTOZÁSRA

Az üvegházhatású gázok kibocsátása tekintetében a különböző iparágak között a közlekedés jelentős részesedéssel bír (~20%). Ezen belül a közúti közlekedés tekinthető a legjelentősebb kibocsátónak az egyes közlekedési ágakon belül (vasúttal, hajóval, repülővel, közúti gépjárművel történő közlekedések, szállítások). Az úthálózat bővülése révén a kibocsátások helyei átrendeződnek, emellett a zöldfelületek mérete csökken. Pozitív hatásként érdemes megemlíteni, hogy a településeket elkerülő autópálya tehermentesíti a környező településeket az átmenő forgalomtól (különösen a teherforgalomtól), amely a városok belterületein kialakuló hősziget hatást valamelyest enyhíti, javítva a helyi klimatikus viszonyokat és a levegőminőséget.

A vizsgált beruházás közvetlen és közvetett módon az alábbi klímaváltozási kockázati tényezőket tartalmazza.

16. táblázat Utak közvetett kockázati tényezői és mérséklési intézkedési lehetőségek

Kockázati tényező	Várható hatás	Hatáscsökkentő intézkedés
Területfoglalás: erdő, mezőgazdasági stb. területek csökkenése, ezzel módosítva a terület ÜHG megkötését, valamint a helyi klímát.	Az útkorona által igénybe vett területen megszűnik a növényzet ÜHG megkötése, valamint csökken a felszínborítás albedója, ezzel tovább fokozva a helyi hőmérsékleti viszonyok emelkedését.	Növénytelepítés az út mellett. Csereerdők telepítése.
Üvegházhatású gázok kibocsátása az építési, kivitelezési időszakban.	Munkagépek és szállítójárművek ÜHG kibocsátása. Felvonulási utakon, depóterületeken a cserje- és fakivágások, ezzel további kibocsátást okozva.	Korszerű, alacsony károsanyag kibocsátású munkagépek és szállítójárművek alkalmazása. Az építkezést követően olyan területrendezés, amely lehetővé teszi a növényzet visszatelepülését.
Üvegházhatású gázok kibocsátása az üzemelés során.	Az úthálózaton közlekedő gépjárművek ÜHG kibocsátása.	Európai kibocsátási normák jogszabályi keretrendszere.

### 5.1. Területfoglalás, erdő, mezőgazdasági területek csökkenése

A vizsgált nyomvonal zömében mezőgazdasági területeket halad át és részben gazdasági és erdőterületeket érint. A nyomvonal a tervezési szakasz keleti felében, Szabadszállás és Kecskemét között sok tagban és jelentős hosszban érint erdőterületet.

A tervezett beruházás erdőérintettségét a Környezeti Hatástanulmány **2.3.2. Erdőterületek igénybevétele** c. fejezete részletesen ismerteti.

17. táblázat A fejlesztés jelenlegi tervszinten rendelkezésre álló kisajátítási területével érintett erdők bemutatása az állományt alkotó főfafaj alapján – III. a. nyomvonal változat esetén

Állományt alkotó főfafaj	Érintett terület [m <sup>2</sup> ]	Érintett terület [ha]	Összes érintett terület [ha]	Természeteszerű terület [ha]
Akác	529 581,96	52,96	106,05	0,046
Hazai nyár	311 685,82	31,17		
Nemes nyár	46 589,38	4,65		
Feketeenyő	85 085,34	8,51		
Erdei fenyő	87 620,77	8,76		

**18. táblázat A fejlesztés jelenlegi tervszinten rendelkezésre álló kisajátítási területével érintett erdők bemutatása az állományt alkotó főfafaj alapján – III. nyomvonal változat esetén**

Állományt alkotó főfafaj	Érintett terület [m <sup>2</sup> ]	Érintett terület [ha]	Összes érintett terület [ha]	Természetszerű terület [ha]
Akác	529 581,96	52,96	<b>106,05</b>	<b>0,046</b>
Hazai nyár	311 685,82	31,17		
Nemes nyár	46 589,38	4,65		
Feketefenyő	85 085,34	8,51		
Erdei fenyő	87 620,77	8,76		

Az érintett erdőterületek kultúrerdő, faültetvény, származék erdő és átmeneti erdő természetességi besorolásba esnek.

A beruházás során érintett erdő művelési ágú területek igénybevétele miatt a vonatkozó törvények értelmében **csereerdő** telepítése szükséges. Az erdészeti hatóság által előírt csereerdő nagysága az igénybevett erdő természetességi fokától függően változhat, de minimum az igénybevett területtel azonos nagyságú kell, hogy legyen.

**Összegezve a fenti területi értékeket, 106,05 ha erdőterületet érint a beruházás a III. a. és a III. nyomvonalváltozat esetén.**

Alkalmazva a „National Inventory Report for 1985-2018 Hungary” című, 2020. áprilisában kiadott jelentés (a továbbiakban: NIR; forrás: <https://unfccc.int/documents>) 6.5.3. sz. fejezete által leírt módszert, az erdő kivágással okozott CO<sub>2</sub> kibocsátás az alábbiak szerint alakul.

$$C_t = (V_t \cdot D) \cdot (1 + R) \cdot CF$$

ahol

$C_t$  a kivágásra kerülő erdő szénkészlete adott időben, tonnában kifejezve [t/ha]

$V_t$  az erdő átlagos élőfakészlete [m<sup>3</sup>/ha]

$D$  a figyelembe vett fafaj bázissűrűsége [t/m<sup>3</sup>]

$R$  a föld alatti biomaszra figyelembe vételéhez dimenzió nélküli szorzó [-]

$CF$  a vizsgált biomaszra széntartalma [t/m<sup>3</sup>]

A  $C_t$ -t, azaz szénkészletet (44/12) hányadossal szorozva kapható meg a hektáronkénti CO<sub>2</sub> érték, amelyet az erdő kivágás okozta kibocsátásnak tekintünk.

**19. táblázat A módszer alapján használatos értékek**

Állományt alkotó főfafaj	$V_t$ [m <sup>3</sup> /ha] *	$D$ [t/m <sup>3</sup> ] **	$R$ [-] **	$CF$ [t/m <sup>3</sup> ] **
Akác	119,16	0,59	0,25	0,48
Hazai nyár	197,91	0,36	0,25	0,48
Nemes nyár	159,57	0,34	0,25	0,48
Fekete fenyő	286,20	0,47	0,25	0,51
Erdei Fenyő	286,20	0,42	0,25	0,51

*\* értékek: <https://nfe.gov.hu/> vagy <http://www.ksb.hu/> (az adott fajcsoport összes területe adott évben, mint érték osztva az adott fajcsoport összes játfogata adott évben, mint értékkel) a legfrissebb, 2018-as adatokkal számolva*

*\*\* a legfrissebb, 2020-as NIR-ből*

**A fentiek alapján a beruházás hatására 18 768,9 tonna CO<sub>2</sub> kibocsátása becsülhető, amelyek az erdő kivágásokból származnak.**

## 5.2. Üvegházhatású gázok várható kibocsátása az építési, kivitelezési időszakban

Az EGIS csoport (francia mérnökvállalat) által 2010 novemberben kiadott, és az interneten közzétett, (elérési út: <http://siteresources.worldbank.org/INTEAPASTAE/Resources/GHG-ExecSummary.pdf>) Introduction to Greenhouse Gas Emissions in Road Construction and Rehabilitation c. tanulmányának 2.1. sz. fejezet 2. táblázata alapján a tervezett fejlesztésnek a megvalósítás során (építési, kivitelezési tevékenység) körülbelül az alábbi szén-dioxid egyenérték kibocsátása várható.

- A tervezett ~51 km hosszön történő útépítés (mindkét nyomvonal változat esetén),
- a tanulmány szerinti 3.234,0 tonna CO<sub>2e</sub>/km fajlagos kibocsátás alapján,
- kb. **164 934 tonna CO<sub>2e</sub>** kibocsátása becsülhető a jelenlegi tervfázisban az építés alatt.

A fenti eredmények a bemutatott tanulmány alapján csak becslő értékek. Megjegyezzük, hogy a terhelés csak egy egyszeri kibocsátás.

Hatáscsökkentő intézkedésként javasoljuk, hogy a kivitelezés során modern, alacsony kibocsátású kivitelezői géppark alkalmazását, az energiahatékonyságot szem előtt tartó organizáció mellett. Mivel a terhelés egyszeri, nem üzemszerűen állandósult, évenként ismétlődő, így elviselhetőnek tekintjük azt.

## 5.3. Üvegházhatású gázok várható kibocsátása az üzemelés időszakában

A környezeti hatástanulmányban az egyes légszennyezőkre vonatkozó immissziós értékek részletesen vizsgálva lettek. Jelen fejezetben a klímaváltozás szempontjából releváns, közlekedés eredetű üvegházhatású gázok várható koncentrációjával foglalkozunk a vizsgált beruházás megvalósulása esetén.

A számítások során az egyik legfontosabb bemenő adat a futásteljesítmény (napi járműkilométer).

A számítás menete lépésenként, valamint a kapott eredmény

1. A vizsgált beruházáshoz a szakági tervezők rendelkezésünkre bocsájtották a forgalmi vizsgálat futásteljesítmény adatait.
2. A futásteljesítmény adatokból a távlati (2039) tervezett beruházás megvalósulása melletti és nélküli állapotok 3,5 tonna alatti és feletti gépjárművek adatait, megkülönböztetve 4 útkategóriát (1.: autópálya; 2.: autóút; 3.: külterületi főút és mellékút; 4.: belterület és minden egyéb út, jellemzően 50 km/óra, vagy alacsonyabb megengedett legnagyobb haladási sebesség) kaptunk meg.
3. Felhasználva a HBEFA 4.1 német levegőemisszió kataszter adatbázist, a fentebb meghatározott értékeket beszoroztuk a fajlagos kibocsátás értékekkel (a figyelembe vett 3

ÜHG komponens: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O), továbbra is megkülönböztetve a 3,5 tonna alatti és feletti járműveket, illetve a fenti 4 útkategóriát.

4. A HBEFA 4.1. emisszió kataszterből 2012-es adatokat vettük figyelembe a fajlagos kibocsátási értékeknél. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem egy vizsgálata azt állapította meg, hogy a német és a magyar gépjárműpark fejlettsége, összetétele között kb. 6-8 év eltérés van (a biztonság javára a vizsgálat során 10 év lemaradást feltételezünk), azaz a 2022-es jelenlegi magyarországi gépjármű park összetételnek kb. a 2012-es német állapot felel meg.
5. A számításokat kizárólag a távlati (2039) év futásteljesítmény adataival és a jelenlegi évnél (2024) megfelelő 2012. évi fajlagos kibocsátási értékekkel végeztük el. Ezzel a biztonság irányába tévedve, mivel a gépjárművek fajlagos kibocsátási értékei folyamatosan javulnak országos, éves szinten, ahogy korszerűsödnek évről évre a belsőégésű motorok, illetve ahogy egyre több hibrid, valamint elektromos gépjármű kerül forgalomba.
6. Összeadtuk a 3,5 tonna feletti, illetve alatti járművek, illetve a 4 útkategória által kapott értékeket szituációnként (beruházás melletti és nélküli állapotok).
7. A meghatározott beruházás melletti értékből kivontuk a beruházás nélküli értéket, megkapva ezzel azt a különbségértéket, amely a beruházás hatására kialakuló ÜHG kibocsátás.
8. **EREDMÉNY:** a beruházás hatására évente kb. 451,8 tonna CO<sub>2</sub>e kibocsátás változás várható a vizsgált térségben a nyomvonalváltozatok esetén.

Az elvégzett számítások alapján a fejlesztéssel némileg csökken az üzemelés következtében történő ÜHG kibocsátás a vizsgált térségben, tehát a beruházás kedvezően hat a klímaváltozásra az üzemelés alatti kibocsátások tekintetében.

## 6. A FELTÁRT KOCKÁZATOK KEZELÉSE, LEHETSÉGES MITIGÁCIÓS ÉS ADAPTÁCIÓS INTÉZKEDÉSEK

Az alábbiakban bemutatásra és értékelésre kerülnek azon szempontok, intézkedések, amelyek a projekt végrehajtási folyamata, megvalósítási szakaszai során a korábbi részben bemutatott kockázatok eliminálására, a rendszer éghajlatváltozás-biztosabbá tételére, illetve az alkalmazkodási képességének, rugalmasságának növelése érdekében számításba vehetők.

A feltárt sérülékenységek, illetve releváns kockázatok alapján megállapítható, hogy a projekt létesítményei közül a fő hatásviselők az aszfalt pályaszerkezet, annak földműve, az út vízelvezető rendszere és a közlekedők. Az adott létesítményeket a Tervezők a hatályos jogszabályok, az érvényben lévő szabványok, illetve tervezési útmutatók alapján előírtaknak megfelelően tervezték, valamint méretezték. Az aszfalt pályaszerkezetek tervezésére, kialakítására vonatkozó műszaki előírások, illetve szabványok sűrűbben, kb. 2-4 évente frissülnek, azonban az alkalmazott területspecifikus csapadékgörbék igen elavultaknak tekinthetők, ezek felülvizsgálata időszerű lenne, amely következtében az új görbék által szolgáltatott adatokkal tervezett méretezésekkel csökkennének a kockázatok is.

### 6.1. A beruházás klímaállékonnyá tétele – lehetséges adaptációs (alkalmazkodási) intézkedések

A vizsgálat azokat a klímavédelmi megfontolásokat részletezi, melyeket a projekt megvalósítása (tervezés, kivitelezés), illetve az üzemeltetés során javasolt figyelembe venni, ezáltal is biztosítva, illetve növelve a beruházás hosszú távú biztonságát, rugalmasságát az éghajlatváltozással szemben, csökkentve a kockázatokat, növelve a rendszer alkalmazkodási képességét.

#### 6.1.1. Tervezés időszakában

##### Magas hőmérsékleti értékek

A tervezett úton és műtárgyain az építésben résztvevőket és a közlekedőket érintő, az éghajlatváltozással összefüggésbe hozható egyik kockázat a szélsőségesen magas hőmérsékleti értékek és a hőségnapok éves számának a növekedése. A tervezett létesítményt érintő kockázat az éghajlat változással járó szélsőséges hőmérsékletek okozta aszfaltkárosodás. A tervezés során az egyik feladat teljesen új pályaszerkezet tervezése a fenn nevezett szakaszon. Az aszfaltméretezés teljes folyamatát az erről szóló szakági szabványok írják elő. Gyengébb pályaszerkezetet tervezni nem lehet, erősebb pedig gazdasági okokból nem kerül megtervezésre a legtöbb esetben. A klimatikus viszonyokat és azok változását a bitumen kémiai összetételének változtatásaival követi nyomon a szakma, illetve az aszfaltbeszállítók. Tágabb hőtűrésű bitumenek és modifikáló szerek – a tapasztalatok szerint – a 20 éves élettartam alatt jól követik a változó klimatikus viszonyok okozta új kihívásokat.

A **2.2. Forgalmi adatok, tervezési forgalmak (TF) és terhelési osztályok** c. fejezetben bemutatottak alapján megállapítható, hogy a vizsgált nyomvonal esetében a tervezett pályaszerkezetek méretezéséhez a „K” különösen nehéz terhelési osztály javasolt, valamint ennek megfelelő pályaszerkezet létesítése. Ezáltal a tervezett pályaszerkezetek ellenállóképessége a magas hőmérsékleti értékekkel szemben várhatóan megfelelő lesz. Továbbá javasolt a pályaszerkezet tervezett élettartama végén, az átadást követő 20. évben olyan mód felülvizsgálni a terhelési osztályt, a pályaszerkezet rétegrendjét, méretezését, illetve minőségre vonatkozó paramétereit, hogy azok nagyobb tartalékokat tartalmazzanak a szélsőséges hőmérsékleti paraméterekkel szemben.

Az utak létesítése során az érintett területen a zöldfelületek csökkenése várható, amely a kapcsolódó növénytelepítéssel bizonyos fokig kompenzálható.

A beruházás kapcsán tervezett létesítmények ki lesznek téve a szélsőségesen magas hőmérsékleti értékeknek, a hőségnapok számának a növekedésének és a megnövekedett UV sugárzásnak. A betonnak -25 és +45, az acélnek -25 és +55 Celsius-fok között kell megfelelnie a jelenleg érvényes szabványok, műszaki előírások szerint. A prognosztizált extrém melegek mellett várhatóan csak magasabb költségekkel (sűrűbben lesznek szükségesek karbantartási munkák, esetleg cserék) lesznek ellenállók e szerkezetek a hőség- és forrónapokkal való kitettséggel szemben. Az **Üzemeltetés** időszakában lesz szükséges a felmerülő kockázatok kezelése. Megjegyezzük, hogy az üzemelés során nem kizárható a magasabb helyreállítási költségekkel járó káresemények kialakulása.

Továbbá a magas hőmérsékleti értékek nagy terhelést jelentenek a közlekedés résztvevőire, és közvetve közlekedésbiztonsági kockázatot jelentenek. A közlekedők számára pihenők (egyszerű és komplex egyaránt), leálló öblök kialakításával lehetővé válik az utazás megszakítása, amely különösen fontos extrém időjárási viszonyok esetén.

Csapadék intenzitásának növekedése

A nyomvonal mentén a két tájegységen eltérő vízelvezetési koncepció körvonalazódott, mely szerint a futóhomokos területeken, ahol a befogadók is ritkábban elérhetők, a csapadékvíz tározókban/tározóárkokban való visszatartására törekedtek a tervezés során. Ezzel szemben a kevésbé jó vízelvezetésű talajok alkotta szakaszokon, ahol megfelelő befogadó áll rendelkezésre, a tervezők előnyben részesítették a talpárkokban befogadóba való elvezetését a megjelenő csapadékvizeknek.

Az alábbi táblázat összeveti a prognosztizált távlati csapadékintenzitás értékeket a tervezett értékekkel. Az összehasonlításból látszik, hogy a jelen állapotnak a 10 perces időtartamú csapadékok esetében biztonsággal megfelel a vízelvezetés, azonban a távlatban már van némi eltérés az alkalmazott értékektől a 180 perces adatok esetében, így ezeket javasoljuk figyelembe venni a számítások során.

A tervezők a méretezésnél zárt csapadék-csatorna esetén, amennyiben nincs külső hozzáfolyás 4 éves 10 perces; vízelvezető árkok, zárt csapadékcatorna esetén, ha van külső hozzáfolyás 10 éves 10 perces, míg tározó/ párologtató/szikkasztó árkok esetén 4 éves 180 perces és átereszeknél, hidak esetén 100 éves 10 perces értékekkel számolnak.

20. táblázat Vizsgálatokhoz felhasznált csapadékintenzitás értékek összefoglalása

Paraméter	Csapadékintenzitás értékek [liter/ha/s]								Tervezett vízelvezetési létesítmények	
	Jelenlegi (2000-2019) időszak mért adatai		Távlati (2040-2069) időszak becsült adatai		Távlati (2070-2099) időszak becsült adatai		A tervezés során alkalmazott értékek		10 perces csapadékra méretezve	180 perces csapadékra méretezve
	10 perces	60 perces	10 perces	180 perces	10 perces	180 perces	10 perces	180 perces		
Éves maximumok becslése 2 éves visszatérési periódusra	177	61	200	31	205	32	203	-	-	-
Éves maximumok becslése	227	76	262	41	261	40	270	35	zárt csapadék-csatorna,	tározó/ párologtató/

Paraméter	Csapadékkintenzitás értékek [liter/ha/s]								Tervezett vízelvezetési létesítmények	
	Jelenlegi (2000-2019) időszak mért adatai		Távlati (2040-2069) időszak becsült adatai		Távlati (2070-2099) időszak becsült adatai		A tervezés során alkalmazott értékek		10 perces csapadékra méretezve	180 perces csapadékra méretezve
	10 perces	60 perces	10 perces	180 perces	10 perces	180 perces	10 perces	180 perces		
4 éves visszatérési periódusra									ha nincs külső hozzáfolyás	szikkasztó árkok
Éves maximumok becslése 10 éves visszatérési periódusra	295	98	349	53	339	52	364	-	vízvezető árkok; zárt csapadék-csatorna, ha van külső hozzáfolyás	-
Éves maximumok becslése 100 éves visszatérési periódusra	455	148	548	82	529	79	662	-	átereszek; hidak	-

Tapasztalatok alapján számítani lehet rövidebb-hosszabb ideig az útpálya vízzel való borítására, amely a közlekedésbiztonság területén magasabb baleseti kockázattal jár, illetve idővel kialakulhatnak kimosódások is akár. A feltárt kockázatok megelőzéséről, illetve megfelelő kezeléséről az **Üzemelés** időszakában szükséges gondoskodni.

Az érvényes szabványok és műszaki előírások alapján kerültek megtervezésre a műtárgyak és a rézsűvédelem. Az alkalmazott szabványok és műszaki előírások nem veszik figyelembe a nagyobb mennyiségű csapadékokat. Az **Üzemelés** időszakában lesz szükséges a felmerülő kockázatok kezelése, illetve nem kizárható káresemények keletkezése sem.

#### Aszályok mértékének és gyakoriságának növekedése

A növénykiültetéseknél olyan fajok/fajták/változatok kiválasztása szükséges, amelyek bizonyosan ellenállóbbak a melegebb, szárazabb klímának is.

#### Árvizek és belvizek gyakoriságának és mértékének várható növekedése

A tervezési terület belvízi elöntések gyakorisága terén a korábban bemutatott tájegységek mentén két részre osztható. A Duna-Tisza közti homokhátság területén, a jó vízáteresztő képességű homoktalajok és némiképpen mélyebben (5-7 m) lévő nyugalmi talajvízszint miatt nem jellemző a belvízi elöntés. A terület Ny-i részén, a Duna menti síkságon azonban, a relatív magas talajvízszintek és a finomabb szemösszetételű aleuritos talajalkotók miatt, a lefolyástalan kisebb mélyedésekben megjelenik a belvíz. Ennek mértéke azonban összességében nem jelentős, és az elöntési relatív gyakoriság is meglehetősen alacsony a nyomvonalak legnagyobb részén. Mindazonáltal a vízelvezetés megtervezésénél a belvizes foltok figyelembevétele fontos. A belvízre való tekintettel a kritikus szakaszokon az út olyan magas töltéssel kerül kialakításra, hogy az útárkot is a terep felett lehessen kialakítani.

A nyomvonalak keleti részét az árvizek nem érintik. A tervezési terület nyugati harmadában közepes árvízi kockázattal kell számolni. Az érvényes szabványok és műszaki előírások alapján került megtervezésre az árvízvédelem, valamint a rézsűvédelem.



Az **Üzemelés** időszakában is szükséges lehet a felmerülő kockázatok kezelése, illetve nem kizárható káresemények keletkezése sem.

#### Erdőtüzek gyakoriságának és mértékének növekedése

Erdőtüzek következtében károsodhat az utak felszíne, valamint a közúti jelzőtáblák és magas közlekedésbiztonsági kockázattal jár. A tervezés során javasoljuk a 'fokozottan tűzveszélyes terület'-re veszélyt jelző táblák elhelyezését a nyomvonal mentén (erdőterületet keresztező szakaszon), valamint a beruházás kapcsán várhatóan több Változtatható Jelzőképű Tábla (VJT) kerül telepítésre, amelyen az erdőtüzekre, illetve az ezekből eredő kockázatokra, veszélyekre lehet felhívni a közlekedők figyelmét. A táblák kihelyezések pontos helyei a területileg illetékes közútkezelővel kerülnek a későbbi tervfázisokban leegyeztetésre. Az előírásoknak és egyeztetéseknek megfelelő sűrűségben, döntően csomópontok, illetve pihenők környezetében lesznek várhatóan elhelyezve ezen VJT táblák.

### **6.1.2. Kivitelezés időszakában**

#### Magas hőmérsékleti értékek

A kivitelezés során az esetlegesen megjelenő szélsőséges időjárási körülmények ellen a helyszínen dolgozó munkások számára védett pihenőhely biztosítása szükséges. Emellett hőhullámok idején kiemelt figyelmet kell fordítani a dolgozók számára történő folyadék biztosítására.

A pályaszerkezet úgy került meghatározásra a tervezés során, hogy az várhatóan megfelelően ellenálló lesz a jelenleg ismert extrém időjárási viszonyosságokkal szemben az élettartama alatt. Az ellenállóképességet nagyban befolyásolja továbbá a kivitelezés minősége és az aszfaltkeverék receptúrájának gondos megválasztása, azonban fontos kiemelni, mint védelmi intézkedés, hogy a leendő Kivitelező vállalkozó az aszfaltkeverék receptúrájának megválasztásakor, illetve az építési technológiában a lehető leggondosabban járjon el, az alábbi szempontokat figyelembe véve.

- A szemszerkezet, a kötőanyag tartalom és minőség, a modifikáló szerek megválasztásakor előnyben kell részesíteni azokat a megoldásokat, amelyekkel a pályaszerkezet megfelelő merevségű és fáradásellenálló lesz a magas hőmérsékleti értékeknek való kitettséggel szemben.
- A bitumentartalom meghatározásakor ne a minimumkövetelmények, hanem a középérték teljesítése legyen a cél.
- Kivitelezéskor az építési technológiai fegyelmet szigorúan be kell tartani és tartatni, továbbá a bitumenadagolásnak egyenletesnek kell lennie.

#### Csapadékintenzitás növekedése, árvizek és belvizek gyakoriságának és mértékének várható növekedése

A kivitelezés során biztosítani kell a csapadékvizek megfelelő elvezetését, figyelembe véve az esetlegesen előforduló szélsőségesen nagy mennyiségű csapadékokat is, továbbá figyelemmel kell lenni az esetlegesen kialakuló belvizekre, árvizekre egyaránt.

#### Aszályok mértékének és gyakoriságának növekedése

Fokozottabb utógondozás (több locsolás, főleg nyáron, szárazabb időszakban) szükséges.

### Erdőtűzek gyakoriságának és mértékének növekedése

A kivitelezés során figyelemmel kell lenni az esetlegesen kialakuló erdőtűzekre, a veszélyekre fel kell hívni a kivitelezési területen dolgozók figyelmét egyaránt. Az erdotuz.hu oldalon lehet tájékozódni az aktuális tűzgyújtási tilalomról, illetve a tűzgyújtási szabályokról. A tűzek 99 százalékat emberi tevékenység okozza, ezért a kivitelezés során fokozott figyelemmel kell eljárni tűzveszélyes tevékenység végzésekor.

#### **6.1.3. Üzemeltetés időszakában**

Az üzemeltetés a reagáló intézkedések bevezetéséért és végrehajtásáért felel. Az üzemeltetés feladata az infrastruktúra folyamatos monitorozása, az érzékeny helyek beazonosítása, a kritikus állapotok előrejelzése és a vészforgatókönyvek alkalmazása.

#### Magas hőmérsékleti értékek

A szélsőségesen magas hőmérsékleti értékek, hóhullámok nagy terhelést jelentenek a közlekedés résztvevőire, és közvetve közlekedésbiztonsági kockázatot jelentenek. Hőségriadó esetén a Magyar Katasztrófavédelem, illetve a helyi önkormányzatok ivóvíz osztással igyekeznek csökkenteni a balesetek, rosszhullámok kialakulásának számát.

A nyomvályúk, illetve süllyedések kialakulásának egyik oka lehet többek között egyszerre két tényező fennállása: egy magas forgalmi terhelés (nagyobb gyakorisága a nagyobb tengelysúly áthaladásoknak), illetve az extrém meleg hőmérséklet. A tervezett pályaszerkezet várhatóan csak magasabb költségekkel (sűrűbben lesznek szükségesek karbantartási munkák) lesz ellenálló a fenti hőségnapok emelkedésének a tervezett 20 éves élettartam alatt.

Másik tönkremeneteli forma, illetve kárképződés a repedések, illetve ezek által kátyúk kialakulása: Enyhe telek során a napi középhőmérséklet 0 Celsius-fok körüli alakulása, így egy napokon belüli gyakoribb olvadási-fagyási pont kialakulása ehhez nagyban hozzájárul. Az előrejelzések alapján enyhülni fognak a telek, így erre a kárképződésre is fokozott figyelemmel kell lenni az üzemeltetés során.

A tervezett élettartam végén, illetve a nem tervezhető extrém mértékű és hosszúságú hőségnapos időszakokat követően a károsodás többféle lehet: fáradások okozta repedések keletkezhetnek a pályaszerkezetben, nyomvályúk, bordásodás, burkolati egyenlőtlenségek, vagy csúszós bitumen kiválások alakulhatnak ki a pálya felületén. Ezek kialakulásakor romlik a vezetés kényelme, illetve megnövekedik a balesetek kialakulásának veszélye.

Az adott közútkezelő irányába javaslat, hogy ezen kockázatokat csökkenteni szükséges

- az eddiginél rendszeresebb útállapot ellenőrzésekkel, és szükség esetén beavatkozásokkal, javítási munkálatok elvégzésével.

A közútkezelő részére fontos javaslat továbbá, hogy

- a tervezett élettartam végén részletes és pontos vizsgálatokat végezzen a pályaszerkezet felmérésekor, ellenőrizve a keverék és a bitumen tulajdonságokat, a repedéseket és deformációkat minden pályaszerkezeti rétegben.
- Ezt követően el kell végezni a pályaszerkezet komplett felújítását, ha szükséges, akkor teljes cseréjét.
- Felújításkor javasoljuk, hogy olyan pályaszerkezet méretezések kerüljenek alkalmazásra, amely szigorúbb követelményeknek is megfelelnek, ezzel javítva a prognosztizált extrém melegekkel szembeni ellenálló képességet.

Amennyiben a fenti javaslatok nem kerülnek alkalmazásra, úgy tovább növekszik a pályaszerkezet hibáiból adódó baleseti kockázat, amelyet tovább fokoz az egyre magasabb hőmérsékletnek való kitettség és a hőhullámok gyakoriságának növekedése.

A tervezett műtárgyak sűrűbb ellenőrzése is feladatát kell képeznie az adott közútkezelőknek. Szükség esetén sűrűbb karbantartási munkákat kell alkalmazni, illetve a megrövidült élettartamok miatt akár cserélni is szükséges lehet egy-egy adott műtárgyat.

Továbbá javasoljuk a várhatóan telepítésre kerülő Változtatható Jelzőképű Táblák (VJT), szakszerű és folyamatos üzemeltetését, amelyen az extrém időjárási viszonyokra, illetve az ezekből eredő kockázatokra, veszélyekre fel kell hívni a közlekedők figyelmét.

#### Csapadékintenzitás növekedése

Az intenzívebb és gyakoribb heves esőzések, záporok a vizsgált autópályát vízelvezetésére vannak nagy hatással. A vízelvezetés kapcsán az alábbi kockázatok és veszélyek állhatnak fenn.

- Intenzív csapadékesemények esetén feltételezhető, hogy egy-egy rövidebb időszakig kialakul vékony rétegben vízborítás az úttesten. Ennek hatására lassul a forgalom, megnövekszik az eljutási idő, illetve nem helyes sebesség megválasztásakor megnövekszik a balesetveszély. Ezen kockázatok növekedésére számítani szükséges, mivel az intenzív csapadékesemények gyakorisága és mértéke növekedni fog a jövőben az előrejelzések alapján.
- A padka felgyomosodása, vagy feltöltődése (magasodása, felhízása), illetve annak szélén szegély kialakulása esetén, az visszaduzzaszthat vizeket az úttesten. A vízborítás, vagy részleges vízborítás esetén, a nem helyes sebesség megválasztásakor megnövekszik a balesetveszély.
- Amennyiben az áteresz szelvénye szűkült, vagy a méretezett csapadékeseménynél nagyobb adódik a területen, úgy az visszatörést okozhat, amely az áteresz környezetében, árokérszűnél kimosódást okozhat.

A fenti kockázatok kezelésére az alábbi javaslatok tehetőek az üzemeltetés idejére.

- A közútkezelő által történő rendszeres, negyedévenkénti felülvizsgálat, a felmérés és igény alapján karbantartási munkák végzése. A karbantartási munkálatok az árkok, átereszek tisztántartását jelentik.
- Egy-egy nagy csapadékesemény után szükséges az árkok, átereszek közútkezelő általi ellenőrzése, hogy az üzemszerű állapot visszaállítható legyen.
- A közútkezelő és az adott befogadó vízfolyást kezelő közös ellenőrzése és megfelelő karbantartása is elengedhetetlen az útpálya megfelelő vízelvezetése érdekében.
- Javasoljuk az üzemeltetőnek a folyamatos monitoring tevékenységet, a rendszeres, évente legalább 1-2 alkalommal történő állapotfelméréseket, továbbá az esetleges káresemények utáni pontos felméréseket (kitérve a káresemény kialakulásához vezető okok minél gondosabb feltárására).
- Intenzív csapadékeseményeket követően, de legalább félévente szükséges ellenőrizni a csapadékvízelvezető rendszert. Az esetleges kimosódásokat, eltömődéseket javítási, illetve karbantartási munkákkal helyre kell állítani.

A felsorolt javaslatokkal csökkenthető a műszaki károk bekövetkezésének kockázata, valamint a klímaváltozás hatására emelkedő baleseti kockázat mértéke is csökkenthető.

### Aszályok mértékének és gyakoriságának növekedése

Fokozottabb utógondozás (több locsolás, főleg nyáron, szárazabb időszakban) szükséges.

### Árvizek és belvizek gyakoriságának és mértékének várható növekedése

Javasoljuk az üzemeltetőnek a folyamatos monitoring tevékenységet, az esetleges káresemények utáni pontos felméréseket (kitérve a káresemény kialakulásához vezető okok minél gondosabb feltárására). Átereszek, műtárgyak esetén fennáll ezek esetleges kimosódása, elöntése. Javasoljuk az átereszek, műtárgyak folyamatos monitoring tevékenységét, a rendszeres évente legalább 1-2 alkalommal történő állapotfelveteleket.

### Erdőtüzek gyakoriságának és mértékének növekedése

Javasoljuk az üzemeltetőnek a folyamatos monitoring tevékenységet, az esetleges káresemények utáni pontos felméréseket (kitérve a káresemény kialakulásához vezető okok minél gondosabb feltárására). Továbbá kiemeljük a várhatóan telepítésre kerülő Változtatható Jelzések Táblák (VJT), szakszerű és folyamatos üzemeltetését, amelyen az erdőtüzekre, illetve az ezekből eredő kockázatokra, veszélyekre fel kell hívni a közlekedők figyelmét.

## **6.2. A beruházás klímaváltozásra kifejtett hatásának mérséklése – lehetséges mitigációs intézkedések**

A korábbi fejezetben bemutattuk, hogy jelentős az erdőérintettség, illetve jelentősnek tekinthető a kiszámított erdőérintettségéből adódó CO<sub>2</sub> kibocsátás is.

A beruházás során érintett erdő művelési ágú területek igénybevétele miatt a vonatkozó törvények értelmében csereerdő telepítése szükséges. Az erdészeti hatóság által előírt csereerdő nagysága az igénybevett erdő természetességi fokától függően változhat, de minimum az igénybevett területtel azonos nagyságú kell, hogy legyen. Kiemelt beruházás esetében a csereerdő területét az érintett erdészeti hatóság az országon belül bárhol kijelölheti, ezért az engedélyezési/kiviteli tervek készítése folyamán indított elvi erdő igénybevételei eljárásakor a terület kijelölése tervezőnek nem feladata, azonban Beruházói döntéstől függően a projekt műszaki terveinek készítésével egyidőben az út mellett csereerdőnek alkalmas területek kijelölhetőek és kisajátíthatóak.

**A fentiek alapján mitigációs intézkedésnek a beruházás következtében kivágásra kerülő erdők miatti csereerdő telepítés tekinthető. A csereerdő helyét az építés megkezdése előtt az erdőművelés alóli kivonásának eljárása során benyújtandó tervnek kell majd tartalmaznia. A csereerdő javasolt helyszínét a Beruházónak az illetékes erdőgazdasággal közösen kell meghatározniuk.**

Továbbá az építési időszakban történő kibocsátások esetén hatáscsökkentő intézkedésként javasoljuk, a kivitelezés során modern, alacsony kibocsátású kivitelezői géppark alkalmazását, az energiahatékonyságot szem előtt tartó organizáció mellett. Mivel a terhelés egyszeri, nem üzemszerűen állandósult, évenként ismétlődő, így elviselhetőnek tekintjük azt.

### 6.2.1. A tervezett mitigációs intézkedés várható hatásának becslése

Az **5.1. Területfoglalás, erdő, mezőgazdasági területek csökkenése** c. fejezetben bemutatott feltételek mellett, a CASMOFOR modell alkalmazásával az alábbiak szerint becsülhető/számszerűsíthető a várható csereerdősítés hatása.

A CASMOFOR Online CO<sub>2</sub> kalkulátor (Somogyi, Z. 2019. CASMOFOR (verziószám: 6.1) – NAIK Erdészeti Tudományos Intézet, Budapest – weblapcím: <http://www.scientia.hu/casmoform>) alapján az alábbi két szituációra végeztünk számításokat.

- jobb természetességi besorolású állomány telepítése (kocsányos tölgy fafajt alkalmazva)
- rosszabb természetességi besorolású állomány telepítése (akác fafajt alkalmazva)

A két különböző szituáció bemutatása azért szükséges, mivel a jelenlegi tervszinten nem tudható, hogy milyen főfafajjal történne a csereerdő telepítése. Az alábbi táblázatban foglaltuk össze, hogy a két különböző szituáció mellett milyen CO<sub>2</sub> megkötések várhatók.

**21. táblázat A javasolt csereerdő telepítésével a vizsgált területre számított szén-dioxid-megkötés**

Telepíteni kívánt erdőterület nagysága [ha]	Becsléshez alkalmazott fafaj *	Az alkalmazott fafaj által alkotott erdő becsült átlagos CO <sub>2</sub> megkötése évente [tonna CO <sub>2</sub> /év]	A telepíteni kívánt erdőterület becsült átlagos CO <sub>2</sub> megkötése évente [tonna CO <sub>2</sub> /év]**
106,05	Akác	9,4	996,9
106,05	Kocsányos tölgy	6,2	657,5

\* A becsléshez alkalmazott fafaj nem tekintendő tervezői javaslatnak.

\*\* Mindkettő szituáció esetében érvényes: közepes termőhelyi adottságok mellett, egészséges faállomány esetében, szakszerű, egyben normál (vágásos) erdőgazdálkodás mellett, az erdő egy vágásfordulója alatt, a kezdeti intenzív növekedési fázisban.

Megjegyezzük, hogy a fejlesztési terület és környezetének ÜHG megkötése, illetve a területen az ÜHG kibocsátásainak csökkenése a beruházástól függetlenül várhatóan folyamatosan javulni fog a jövőben, mivel az erdővel való borítottság folyamatosan nő hazánkban, illetve egyre nagyobb támogatásokban részesülnek a korszerű, alacsony ÜHG kibocsátású rendszerek, technológiák alkalmazása.

Kiemeljük, hogy a beruházás részeként további mitigációs intézkedések tételére nem kerülhetett sor, mivel azok költségei aránytalanul magasak lettek volna, és ellehetlenítették volna a fejlesztést.

## 7. ÖSSZEGZÉS

Európát érintő klímaváltozási hatások vizsgálatát elvégezve megállapítható, hogy Magyarország, mint a közép-kelet európai régió része, érzékeny a klímaváltozásra. A meleg szélsőségek gyakorisága erőteljesen növekszik, a hideg szélsőségek előfordulása kisebb mértékben csökken. Éves viszonylatban a nyári és a tavaszi csapadék csökkenése, valamint az őszi csapadék növekedése valószínű. Kevesebb csapadékos nap várható, nő a tartós szárazsággal járó időszakok hossza. A csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok formájában fog lehullani, amely esetenként akár villámárvízi jelenségeket okozhat.

A sérülékenységi (érzékenység-kitettség mátrix) vizsgálat eredménye, hogy a projekt keretében megépülő, illetve üzemeltetés előtt álló létesítményeket a következő klímaváltozással összefüggésbe hozható jelenségek befolyásolhatják:

- átlagos felszíni hőmérséklet lassú növekedése;
- hőmérsékleti szélsőségek számának és mértékének növekedése;
- csapadék intenzitásának növekedése;
- aszályok mértékének és gyakoriságának növekedése;
- megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés;
- viharos időjárási események számának és intenzitásának növekedése;
- belvizek gyakoriságának és mértékének növekedése;
- árvizek gyakoriságának és mértékének növekedése;

A kockázatok értékelésekor, elemzésekor megállapításra került, hogy a vizsgált beruházás szempontjából a fentiek releváns kockázatokat is jelentenek. Ezen kockázatokat a szaktervezők csak részben tudták figyelembe venni a tervezés során. A tervezők a hatályos jogszabályok, az érvényben lévő szabványok, illetve tervezési útmutatók alapján előírtaknak megfelelően tervezték, valamint méretezték a létesítményeket.

A klímakockázati vizsgálaton belül bemutattuk a projekt hatását a klímaváltozásra. Megállapítható, hogy a tervezett közlekedési infrastruktúra fejlesztés területfoglalással (területhasználat változásával), erdőkivágással, építési, kivitelezési tevékenység kibocsátásaival, valamint közlekedés eredetű üvegházhatású gázok (elsődlegesen a szén-dioxid) kibocsátásával jár.

Az **5. A projekt hatása a klímaváltozásra** c. fejezetben számításokat végeztünk arra vonatkozóan, hogy várhatóan a beruházás megvalósításával, illetve majdani üzemelésével hogyan alakulnak az ÜHG gázok kibocsátásai. Az elvégzett számítások és becslések alapján megállapítottuk, hogy a beruházás következtében **18 768,9 tonna CO<sub>2</sub>** kibocsátása becsülhető, amelyek az erdőkivágásokból származnak, valamint a tervezett fejlesztésnek a megvalósítás során (építési, kivitelezési tevékenység) megközelítőleg **164 934 tonna CO<sub>2e</sub>** kibocsátása becsülhető a jelenlegi tervfázisban, mely egy egyszeri kibocsátás. Jelen beruházás üzemelés alatti kibocsátása **451,8 tonna CO<sub>2e</sub>-re becsülhető**, tehát az elvégzett számítások alapján a fejlesztéssel némileg csökken az üzemelés következtében történő ÜHG kibocsátás a vizsgált térségben.

A **6.1. A beruházás klímaállékonnyá tétele – lehetséges adaptációs intézkedések** c. fejezetben a tervezési, kivitelezési és üzemeltetési szakaszban felsorolt intézkedések segítségével az azonosított kockázatok hatásai mérsékelhetők. Megjegyezzük, hogy várhatóan a felsorolt

intézkedések ellenére is számítani kell az üzemelés alatt károk kialakulására, illetően magasabb üzemeltetési költségekre, a gyakoribb karbantartási, monitorozási tevékenységek miatt.

Az építési időszakban történő kibocsátások esetén hatáscsökkentő intézkedésként javasoljuk, hogy a kivitelezés során modern, alacsony kibocsátású kivitelezői géppark legyen alkalmazva, az energiahatékonyt szem előtt tartó organizáció mellett. Mivel a terhelés egyszeri, nem üzemszerűen állandósult, évenként ismétlődő, így elviselhetőnek tekintjük azt.

Az érintett erdőterületek között minimálisan szerepel természetes, vagy természetsszerű erdő, de a vonatkozó törvények értelmében **csereerdő** telepítése szükséges minden érintett erdő esetében természetességtől függetlenül. Az elvégzett számítások alapján a fejlesztés következtében növekszik az ÜHG kibocsátás, így javasoljuk az útmenti növénytelepítés fokozott alkalmazását (természetvédelmi érdekek figyelembevétele mellett), valamint a jogszabályi előírások szerinti erdők pótlásával bizonyos mértékig kompenzálhatóak az okozott negatív hatások.

Megjegyezzük, hogy a fejlesztési terület és környezetének ÜHG megkötése, illetve a területen az ÜHG kibocsátásainak csökkenése a beruházástól függetlenül várhatóan folyamatosan javulni fog a jövőben, mivel az erdővel való borítottság folyamatosan nő hazánkban, illetve egyre nagyobb támogatásokban részesülnek a korszerű, alacsony ÜHG kibocsátású rendszerek, technológiák alkalmazása.