

Tárgy:

DEBRECEN KELETI ELKERÜLŐ 47. SZ. FŐÚT ÉS A 354. SZ.
FŐÚT KÖZÖTTI SZAKASZÁNAK ELŐKÉSZÍTÉSE

Megrendelő:



ÉPÍTÉSI ÉS KÖZLEKEDÉSI MINISZTERIUM

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

PST kód:

K481.13.11
K481.13.12

Konzorciumvezető:



UTIBER KÖZÚTI BERUHÁZÓ KFT
Cím: 1115 Budapest, Csóka u. 7-13.
Tel.: +36-1-203-05-55,
Telefax: +36-1-204-8825
E-mail: tervezes@utiber.hu
www.utiber.hu

Konzorcium tag:



UVATERV Zrt.

Székhely: 1146 Budapest, Hermina út 17.
E-mail: uvaterv@uvaterv.hu
www.uvaterv.hu

Generáltervező:



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

Tervszám:

43.701-1

Szakági alvállalkozó:



VIKÖTI
Mérnök Iroda Kft.

1519 Budapest, Pf.: 241.
+36 1 610 40 10
vikoti@vikoti.hu



UVATERV Zrt.

Székhely: 1146 Budapest,
Hermina út 17.
E-mail: uvaterv@uvaterv.hu
www.uvaterv.hu

Tervszám:

V309

Terv tárgya:

DEBRECEN KELETI ELKERÜLŐ 47. SZ. FŐÚT ÉS A 354. SZ. FŐÚT
KÖZÖTTI SZAKASZÁNAK ELŐKÉSZÍTÉSE

Tervfázis:

ENGEDÉLYEZÉSI TERV

Szállítási ütem jele:

V02

Szakág:

KHT - Környezeti hatástanulmány

Szakág jele:

KHT

Megnevezés:

Klímavédelmi Kockázatelemző Tanulmány

Dátum:

2025. szeptember 5.

Méretarány:

A4

Rajzszám:

E_00_KHT_01.03

Fájl elnevezés:

E_00_KHT_01.03_V02.dwg



DEBRECEN KELETI ELKERÜLŐ 47. SZ. FŐÚT ÉS A 354. SZ. FŐÚT KÖZÖTTI SZAKASZÁNAK ELŐKÉSZÍTÉSE

(PST KÓD: K481.13.11, K481.13.12)

KÖRNYEZETI HATÁSTANULMÁNY Klímvédelmi Kockázatelemző Tanulmány

Tervező konzorcium:

*UTIBER Közúti Beruházó Kft. (konzorciumvezető),
UVATERV Út- és Vasúttervező Zrt.,
Pannonway Építő Kft.*

Alvállalkozó:

Cívis Komplex Mérnök Kft.

Szaktervező:



VIKÖTI Mérnök Iroda Kft.

Postacím: 1519 Budapest, Pf.: 241.

E-mail: vikoti@vikoti.hu

Telefax: 06-1-206-6128



UVATERV Út-, Vasúttervező Zrt.

Postacím: 1537 Budapest 114, Pf.: 453/421.

E-mail: uvaterv@uvaterv.hu

web: www.uvaterv.hu

Megbízó:



ÉPÍTÉSI ÉS KÖZLEKEDÉSI
MINISZTERIUM

Útépítési Beruházások Támogatásáért Felelős

Helyettes Államtitkárság

Közúti Beruházás Lebonyolítási Főosztály

1134 Budapest, Váci út 45.

E-mail: info@ekm.gov.hu

A tanulmányt szerzői jogvédelem védi, a címben szereplő téma kivételével sem részben, sem egészben fel nem használható.

Budapest

- 2025 -

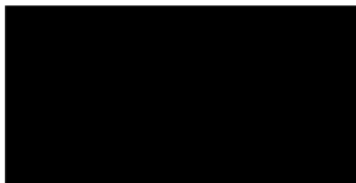
FELELŐS SZAKÁGI TERVEZŐ:



okl. környezetmérnök
környezet- és természetvédelmi szakértő
Utiber Közúti Beruházó Kft.

SZAKÉRTŐK, TERVEZŐK:

Viköti Mérnök Iroda Kft.



okl. környezetmérnök
okl. környezetmérnök, zaj- és rezgésvédelmi szakmérnök SZKV-1.1., SZKV-1.2., SZKV-1.3., SZKV-1.4., K-SZ./ 01-16808)

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés, előzmények.....	10
1.1. Megbízó, feladat leírása	10
2. A tervezett létesítmény jelen kockázatelemzés szempontú bemutatása	11
2.1. A tervezett létesítmény főbb műszaki paramétereinek ismertetése	11
2.2. Pályaszerkezetek méretezése.....	11
2.3. Forgalmi adatok, tervezési forgalmak (TF) és terhelési osztályok	12
2.4. Vízelvezetés.....	13
2.5. Műtárgyak méretezése	13
2.6. Rézsűvédelem	13
3. A dokumentáció elkészítésének módja, felhasznált irodalmak és adatok.....	14
3.1. Jövőbeli éghajlati folyamatok modellezése	14
4. A klímaváltozás hatása a projektre	16
4.1. Érzékenység vizsgálata.....	16
4.2. Kitétség szintjének meghatározása	17
4.2.1. Átlagos felszíni hőmérséklet lassú növekedése	18
4.2.2. Hőmérsékleti szélsőségek alakulása.....	18
4.2.3. Csapadék intenzitásának növekedése.....	19
4.2.4. Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés	20
4.2.5. Viharos időjárási események gyakoriságának növekedése	21
4.2.6. Árvizek, belvizek és villámárvizek kialakulása	21
4.2.7. Talajmozgások.....	22
4.2.8. Erdőtüzek	22
4.3. Sérülékenység vizsgálata	24
4.4. Kockázatok	25
5. A projekt hatása a klímaváltozásra	27
5.1. Területfoglalás, erdő, mezőgazdasági területek csökkenése	27
5.2. Üvegházhatású gázok várható kibocsátása az építési, kivitelezési időszakban	29
5.3. Üvegházhatású gázok várható kibocsátása az üzemelés időszakában	29
6. A feltárt kockázatok kezelése, lehetséges mitigációs és adaptációs intézkedések.....	31
6.1. A beruházás klímaállékonnyá tétele – lehetséges adaptációs (alkalmazkodási) intézkedések.....	31
6.1.1. Tervezés időszakában.....	31

6.1.2. Kivitelezés időszakában.....	32
6.1.3. Üzemeltetés időszakában	33
6.2. A beruházás klímaváltozásra kifejtett hatásának mérséklése – lehetséges mitigációs intézkedések	34
6.2.1. A tervezett mitigációs intézkedés várható hatásának becslése.....	36
7. Összegzés	37

ÁBRAJEGYZÉK

1. 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.]	20
2. ábra	Évi átlagos szélsőségek és az uralkodó szélirányok Magyarországon a 2000 és 2009 közötti időszakban [Forrás: MET].....	21

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat	A tervezett gyorsforgalmi út diszpozíció szerinti tervezési osztálya és tervezési sebessége	11
2. táblázat	A pályaszerkezetek méretezésekor alkalmazott forgalmi adatok (2038).....	12
3. táblázat	Érzékenységi mátrix.....	16
4. táblázat	Az éves felszíni átlaghőmérséklet a különböző éghajlatváltozást modellező modellszimulációk eredményei alapján.....	18
5. táblázat	A hőségnapok éves száma, a fagyos napok éves száma és a másodfokú hóhullámos éves napok száma a különböző éghajlatváltozást modellező modellszimulációk eredményei alapján.....	19
6. táblázat	Az éves csapadékösszeg, csapadékos napok éves száma és a 20 mm-t meghaladó csapadékösszegű napok száma 30 év során a különböző éghajlatváltozást modellező modellszimulációk eredményei alapján.....	19
7. táblázat	Sérülékenységi mátrix	24
8. táblázat	Releváns kockázatok és hatásaik táblázatos értékelése.....	25
9. táblázat	Kockázatok kategorizálására szolgáló mátrix.....	26
10. táblázat	Utak közvetett kockázati tényezői és mérséklési intézkedési lehetőségek.....	27

11. táblázat A fejlesztés jelenlegi tervszinten rendelkezésre álló kisajátítási területével érintett erdők bemutatása az állományt alkotó főfafaj alapján	28
12. táblázat A módszer alapján használatos értékek	28
13. táblázat A javasolt csereerdő telepítésével a vizsgált területre számított szén-dioxid-megkötés	36

1. BEVEZETÉS, ELŐZMÉNYEK

1.1. Megbízó, feladat leírása

Az Építési és Közlekedési Minisztérium jogelődje a NIF Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt., mint Megrendelő 2022. október 14. napján szerződést kötött a tervező konzorciummal (UTIBER Közúti Beruházó Kft. (konzorciumvezető), UVATERV Út-, Vasúttervező Zártkörűen Működő Részvénytársaság (konzorciumi tag), PANNONWAY Építő Korlátolt Felelősségű Társaság (konzorciumi tag), továbbiakban Tervező, „Keretmegállapodás projektek tervezési feladataira” tárgyban.

A Megrendelő a Keretmegállapodás alapján „Debrecen keleti elkerülő 47. sz. főút és a 354. sz. főút közötti szakaszának előkészítése” tárgyban 2023. november 22. napján szerződést kötött a Tervezővel.

A projekt előkészítése során a Debrecen keleti elkerülő út hiányzó, a 47. sz. főút és a 354. sz. főút közötti szakaszára vonatkozóan tanulmánytervet, közúti biztonsági hatásvizsgálatot és környezeti hatástanulmányt kell elkészíteni a környezetvédelmi engedély megszerzésével bezárólag. A Tervező, a Megbízó egyetértésében vállalta, hogy a tervezési szerződésben nem szereplő Döntéselőkészítő Tanulmányt (DET) készít, amelyben az összes lehetséges nyomvonalváltozat szerepel.

2025. március 6-án megtartott Tervzsűri a DET nyomvonalak kapcsán az II. nyomvonalváltozat (piros) és I-5. nyomvonalváltozat (fekete) továbbtervezését szavazta meg. A tervezési szerződés értelmében a Tanulmányterv elkészítése 2 nyomvonalváltozatra szükséges.

A környezeti hatásvizsgálati dokumentációt – a beruházó Építési és Közlekedési Minisztérium PAT/865-5/2025/ÉSZABLO iktaószámú levele értelmében – a lakossági észrevételek nyomán született I/5 sz. módosított nyomvonalra kell elkészíteni, a Magyar Közút Nonprofit Zrt. állásfoglalása mellett.

A tervezett beruházás a 345/2012. (XII. 6.) Korm. rendelet 1. mellékletében szerepel, ezért nemzetgazdasági szempontból kiemelt jelentőségű közlekedési infrastruktúra-beruházásnak minősül.

A KHT kidolgozása az Utiber Kft. és az Uvaterv Zrt feladata, míg az útépítési műszaki terveket az alvállalkozó Cívis Komplex Mérnök Kft. és az Utiber Kft. készíti. A forgalmi tervezést az Utiber Kft. végezte. Konzorciumvezető Utiber Kft. a környezetvédelmi feladatok ellátásával a VIKÖTI Mérnök Iroda Kft-t bízta meg. A tervezési feladat magában foglalja a tárgyi munka részletes környezeti hatástanulmányának elkészítését és a hatósági eljárásokban való közreműködést.

Jelen dokumentum a környezeti hatástanulmány E_00_KHT_01.03_V02 szakági kóddal ellátott Klímavédelmi kockázatelemző tanulmány c. kötete.

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 tervezett nyomvonal a 481 sz. M35 – Debrecen Nemzetközi Repülőtér másodrendű főút ~4+700 km szelvényében csatlakozik a külön a „481. sz. főút fejlesztése” tárgyú projekt részeként tervezett körforgalmú csomóponthoz. (0+000 km sz.)

A tervezett tengely teljes hossza cirka **24.500 m** a tervezési szakasz vége a 24+568 km szelvény.

Tervezési paraméterek

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

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

Tervezett út	Tervezési osztály	Környezeti körülmény	Tervezési sebesség
2x1 sávós elsőrendű főút	K.III.A	A	90 km/h

A tervezett keresztmetszeti kialakítás:

2x1 sávós főút:

Koronaszélesség:	12,00 m
Épített burkolat szélessége:	7,50 m
Forgalmi sáv szélessége:	3,50 m
Forgalmi sáv száma:	2x1
Padka szélesség:	2,50 m
Külső biztonsági sáv szélessége:	0,25 m

2.2. Pályaszerkezetek méretezése

A tervezett út pályaszerkezete aszfaltburkolat, hidraulikus kötőanyagú stabilizációs alapréteggel. A forgalmi vizsgálaton alapuló méretezés és az e-UT 06.03.13 *Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése* c. Útügyi Műszaki Előírás alapján, a tervezett burkolat várhatóan "E" Nagyon nehéz forgalmi terhelési osztályba tartozik. A pályaszerkezet ennek megfelelően 20 cm vastag hidraulikus kötőanyagú alaprétegből, valamint min. 19 cm összvastagságú aszfalttrétegből áll. Az egyes aszfalttrétegek vastagságát elsősorban az építéstechnológiai követelmények határozzák meg. A felső aszfalt kopóréteg kialakítható aszfaltbeton (AC) valamint, zúzalékvázás masztixaszfalt (SMA) felhasználásával is. A pontos útpályaszerkezetet az engedélyezési terv készítése során kell meghatározni, egyeztetve az üzemeltetői igényekkel.

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

A tervezett Debrecen elkerülő főút aszfalt pályaszerkezettel épül a forgalomba helyezéstől számított 20 év tervezett élettartammal. A forgalmi adatokat a szakági tervezők a 2025. évre és 2038. távlati évre projekt és projekt nélküli esetre adták meg.

Pályaszerkezet méretezéshez a 2038. és 2041. évi távlati forgalmak kerültek megadásra járműtípusonként, a tervezett főút jellemző keresztmetszeteire, csatlakozó csomóponti ágakra és az érintett mellékutakra.

2. táblázat A pályaszerkezetek méretezésekor alkalmazott forgalmi adatok (2038)

Közút	2041-os évre számított forgalmi adatok [jármű/nap]				Tervezési forgalom (TF millió db)	Terhelési osztály	TF (TF millió db) tartomány
	D1	D2	D3	D4			
4808 j. út	7864	11	135	39	502050,5714	C Közepes	0,3 <TF=< 1
4814 j. út	8236	26	157	28	681428,6261	C Közepes	0,3 <TF=< 1
48 sz.főút	14110	102	302	94	2378348,288	D Nehéz	1 <TF=< 3
4908 j. út	2672	8	67	13	264518,1566	B Könnyű	0,1 <TF=< 0,3
471 sz.főút	22147	98	372	514	6217507,744	E Nagyon nehéz	3 <TF=< 10
4 sz. főút	17881	140	408	509	6150865,337	E Nagyon nehéz	3 <TF=< 10
354 sz. főút	17021	373	494	1047	11014908,28	K Különösen nehéz	10 <TF=< 30
Debrecen Keleti elkerülő - A	6125	36	330	337	4029211,151	E Nagyon nehéz	3 <TF=< 10
Debrecen Keleti elkerülő - B	7236	37	339	344	4120148,181	E Nagyon nehéz	3 <TF=< 10
Debrecen Keleti elkerülő - C	9510	36	274	359	4030411,824	E Nagyon nehéz	3 <TF=< 10
Debrecen Keleti elkerülő - D	6818	36	307	328	3873702,087	E Nagyon nehéz	3 <TF=< 10
Debrecen Keleti elkerülő - E	6601	62	303	360	4136983,635	E Nagyon nehéz	3 <TF=< 10
Debrecen Keleti elkerülő - F	5689	67	346	354	4230280,839	E Nagyon nehéz	3 <TF=< 10

Közút	2041-os évre számított forgalmi adatok [jármű/nap]				Tervezési forgalom (TF millió db)	Terhelési osztály	TF (TF millió db) tartomány
	D1	D2	D3	D4			
Debrecen Keleti elkerülő - G	4399	50	275	509	5331232,465	E Nagyon nehéz	3 <TF=< 10
Debrecen Keleti elkerülő - H	5190	59	165	364	3705607,607	E Nagyon nehéz	3 <TF=< 10

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 víztelenítésének megoldását a töltéses jelleg, a pálya ívviszonyai, magassági vonalvezetése, az altalaj és a töltés anyaga határozza meg.

A tervezési területen számos befogadó található. Általánosságban elmondható, hogy a terepről és a burkolatról lefolyó csapadékvíz a töltéses szakaszon nyílt talpárokban kerül elvezetésre a befogadóhoz. A befogadóba történő bevezetés előtt hordalékfogó, eseteként tisztítóműtárgy (vízbázisba történő bevezetéskor) alkalmazása szükséges.

Vízvezető szegély menti vízvezetéssel, melyek folytatásában surrantókon, vagy víznyelőkkal kialakított tisztító és ellenőrző aknákon át zárt csatornákon keresztül vezetik le a csapadékvizeket. A vízelvezető szegélyek a padkák, a rézsűk, végső soron a földmű védelmét is szolgálják. Segítségükkel koncentrált helyeken károkozás nélkül lehet a csapadékvizeket el és levezetni. A vízvezető szegélyek által szállított csapadékvizet 25-50 m-ként (méretezetten) kiosztott szegélymegnyitásokon, rézsű surrantókon keresztül tervezettek a talpárkokba vezetni. A surrantók – talpárkok csatlakozásainál az árkot burkolattal látják el.

A tervezők a számításokat, méretezést az érvényben lévő szabványok, előírások figyelembevételével készítik, az ÚT 2-1.215:2004 (e-ÚT 03.07.12) számú utügyi műszaki előírás egyéb érintettek (vízfolyás-, és közútkezelők, vízügyi hatóságok) előírásai alapján.

2.5. Műtárgyak méretezése

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

2.6. Rézsűvédelem

A rézsűvédelem a vonatkozó érvényes utügyi 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 az alábbi források felhasználásával vizsgáltuk,

- 1) Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) térinformatikai rendszerből nyerhető adatok és térképek;
- 2) HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. (a továbbiakban: MET) internetes oldalán elérhető adatok és térképek; ([KLIMADAT térinformatikai rendszer \(met.hu\)](https://www.klimadat.hu))
- 3) 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 szcenárióval készült a modellszimuláció (2100-ra 8,5, illetve 4,5 W/m² 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 (szcenáriókat) 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 korlátos 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 PROJEKTRA

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 főút út és főút út között, ugyanakkor különbséget teszünk egy belterületi főút és egy autópálya között. Az érzékenység meghatározása a lenti táblázat alapján történt. Az alkalmazott színekkel 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.

3. 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
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 erdőtüzekre 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 hatnak, 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, érzékenyek 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 kitétség szintjének a meghatározásakor szükséges figyelembe venni a létesítmény, valamint annak részeinek, allétesítményeinek a tervezett hasznos élettartamát is. A beruházás egyes elemeinek esetében igen gyakori felújítási ciklust alkalmaznak (pl. pályaszerkezet), azonban mivel bizonyos alkotóelemeinek hasznos élettartama meghaladja az 50 évet (pl. nagy műtárgy), így szükséges figyelembe venni a jövőre vonatkozó további tendenciák tekintetében a 2071-2100-as időtávra vonatkozó meteorológiai adatok is, ezért ezeket is ismertetjük a továbbiakban.

4.2.1. Átlagos felszíni hőmérséklet lassú növekedése

A MET, „Az éghajlatváltozás magyarországi hatásainak feltérképezése regionális klímamodell-szimulációk elvégzésével és reprezentatív adatbázis fejlesztésével” megnevezésű projektje keretén belül elkészítette a KlimAdat megnevezésű online adatbázist (<https://klimadat.met.hu/>). Az oldalról az alábbi adatok nyerhetők ki, melyekből látható a növekvő tendencia. Az éves felszíni átlaghőmérséklet a referencia időszakhoz képest az évszázad közepére feltételezhetően 1,4 °C-ot emelkedik, kritikus esetben akár 3,1°C körüli emelkedés is lehetséges. Az évszázad végére a melegedés tovább fokozódik, nem zárható ki a 4,4 °C emelkedés sem. Az évszázad végére a melegedés mértéke az első időszakra jelzett értékek több mint kétszerese lehet. **Ezek alapján kijelenthető, hogy a beruházás létesítményei és környezetük az átlagos felszíni hőmérséklet lassú növekedésével szemben magasan kitettek.**

4. táblázat Az éves felszíni átlaghőmérséklet a különböző éghajlatváltozást modellező modellszimulációk eredményei alapján

Éghajlati/időjárási változó, paraméter	Klímaperiódushoz köthető medián érték (szögletes zárójelben a minimum és maximum értékekkel)			
	1971-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2100
éves felszíni átlaghőmérséklet [°C]	9,8	11,1 [10,9-11,2]	12 [11,2-12,9]	13,2 [11,6-14,2]

4.2.2. Hőmérsékleti szélsőségek alakulása

A MET által elkészített KlimAdat online adatbázis alapján az alábbiak állapíthatók meg.

A vizsgált területen a **hőségnapok** átlagos éves száma az 1971–2000 időszakon 17,9 nap volt, a 2011–2040-es időszakon azonban már 71 ilyen nap várható. A szimulációk mediánja a század közepére 96 hőségnapot jelez, s ez az érték a század végére akár már a 195 napot is elérheti. 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 között az eltérés nagy lehet.

A **fagyos nap** egy gyakrabban jelentkező éghajlati index, múltbeli átlagos előfordulása 102 nap körül alakult. A jövőben az index gyakorisága jelentős mértékű csökkenést mutat: a szimulációk mediánja szerint, a század közepére több, mint egy hónappal, a század végére pedig majdnem 50%-kal kevesebb napon kell számítani előfordulására. Ez utóbbiban, az időszakban még a legkisebb változást mutató modell szerint is 40 nappal lerövidül az indikátor éves előfordulása a múltbeli megfigyelt értékhez képest.

A múltbeli átlagos előfordulása a másodfokú hóhullámos napok számának éves szinten 2,5 nap körül alakult. Másodfokú hóhullámos napnak számít, ha a napi átlaghőmérséklet legalább 3 egymást követő napon keresztül eléri a 25°C-ot. A modellek mediánértéke szerint az évszázad első felére közel 65%-os növekedés várható, ami a század közepére tovább fokozódik, s a század végére eléri a 10,4 napot. Ekkor a legnagyobb változást mutató modell alapján akár 21 napra is növekedhetnek a másodfokú hóhullámos napok számai.

5. táblázat A hőségnapok éves száma, a fagyos napok éves száma és a másodfokú hőhullámos éves napok száma a különböző éghajlatváltozást modellező modellszimulációk eredményei alapján

Éghajlati/időjárási változó, paraméter	Klímaperiódushoz köthető medián érték (szögletes zárójelben a minimum és maximum értékekkel)			
	1971-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2100
hőségnapok éves száma [nap]	17,9	71,7 [18,1-221,1]	96,8 [21,7-283,8]	195,3 [24-365]
fagyos napok éves száma [nap]	102,5	84,6 [77,5-86]	70,9 [58,4-81,2]	61,8 [26,8-73,6]
másodfokú hőhullámos éves napok száma [nap]	2,5	5,1 [3,8-9]	7,3 [5,6-10]	10,4 [6,1-21,1]

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

4.2.3. Csapadék intenzitásának növekedése

A MET által elkészített KlimAdat online adatbázis 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.

A vizsgált területen az éves **csapadékösszeg** a 2011–2040 időszakon, illetve az évszázad végéig kis mértékben növekszik a múltbeli értékhez képest. A növekedés mértéke azonban egyik modell szerint sem haladja meg a 20%-ot.

A 2011–2040 időszakon a **csapadékos napok éves száma** kismértékű, 5%-on belüli növekedést mutat, mely az évszázad végére némi csökkenést nem feltételez, valamint az 1971-2000-es időszakhoz képest a 11 napos csökkenés sem zárható ki.

A **20 mm-t meghaladó csapadékösszegű nap** az 1971-2000 időszakban csupán 2,2-szer fordult elő. A század közepéig fokozatos növekedés prognosztizálható, a modellek mediánértéke szerint a referenciaértékhez képest több mint egy nappal növekedhet az érték az évszázad közepére. A legnagyobb különbség szerint csupán 3 napra növekedne a 20 mm-t meghaladó csapadékösszegű napok száma az évszázad végére.

6. táblázat Az éves csapadékösszeg, csapadékos napok éves száma és a 20 mm-t meghaladó csapadékösszegű napok száma 30 év során a különböző éghajlatváltozást modellező modellszimulációk eredményei alapján

Éghajlati/időjárási változó, paraméter	Klímaperiódushoz köthető medián érték (szögletes zárójelben a minimum és maximum értékekkel)			
	1971-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2100
éves csapadékösszeg [mm/hónap]	43,9	48,2 [44,7-52,2]	49,2 [45,3-52,9]	47,7 [41,8-57,3]
csapadékos napok éves száma [nap]	92,7	96,3 [90,1-101,9]	95,6 [90,1-102,8]	91,4 [81,5-105,7]

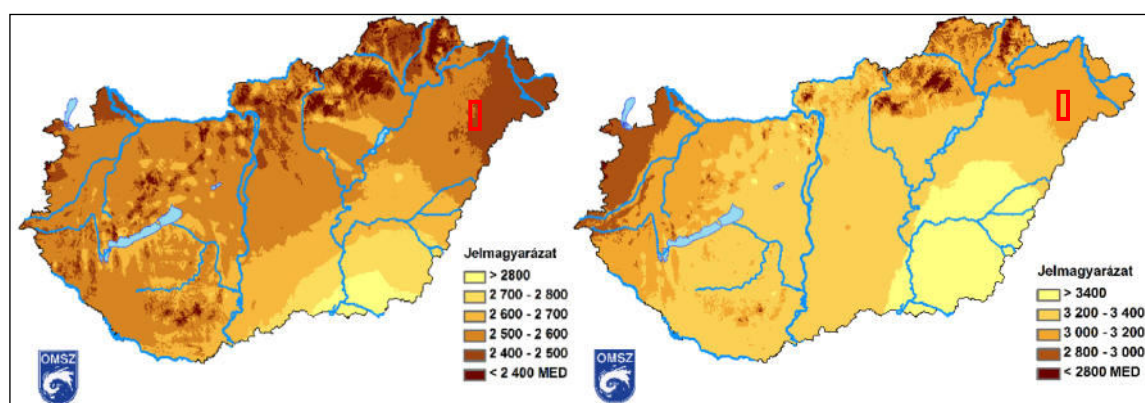
Éghajlati/időjárási változó, paraméter	Klímaperiódushoz köthető medián érték (szögletes zárójelben a minimum és maximum értékekkel)			
	1971-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2100
20 mm-t meghaladó csapadékú napok száma [nap]	2,2	3,3 [3-3,5]	3,4 [2,8-3,8]	3,7 [2,4-5,6]

A legfrissebb kutatások, illetve szakirodalmi adatok alapján Magyarország területén az összes csapadék mennyisége nem változott jelentős mértékben az elmúlt száz év alatt, azonban ezen csapadék intenzitása nagy változékonyságot mutat. A csapadékos napok száma jelentős mértékben csökkent, ugyanakkor megnőtt a 20 mm-t meghaladó csapadékú napok száma. A napi csapadékintenzitás (egy adott időszakban lehullott csapadékösszeg és a csapadékos napok számának aránya) a nyári időszakot tekintve szintén jelentősen megnövekedett. Mindez lényegében azt jelenti, hogy az éves csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok formájában hullik egyenletesen eloszló csapadék helyett, különösen nyáron.

Összefoglalva megállapítható a fenti eredményekből, hogy a vizsgált beruházás létesítményei és környezetük a csapadék intenzitásának növekedésének alacsonyan kitettek.

4.2.4. 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 <2400 MED (Minimal Erythema Dose) volt, amely a 2012-es évben már átlag 3200 MED-re módosult, amelyet a lenti ábrával mutatunk be. A klímamodellek egyöntetűen azt mutatják, hogy a napsütéses órák száma növekedni fog a jövőben. **A vizsgált út tervezési területét, valamint annak környezetét a növekvő UV sugárzással szemben magasan kitettnek minősítjük a fentiek alapján.**



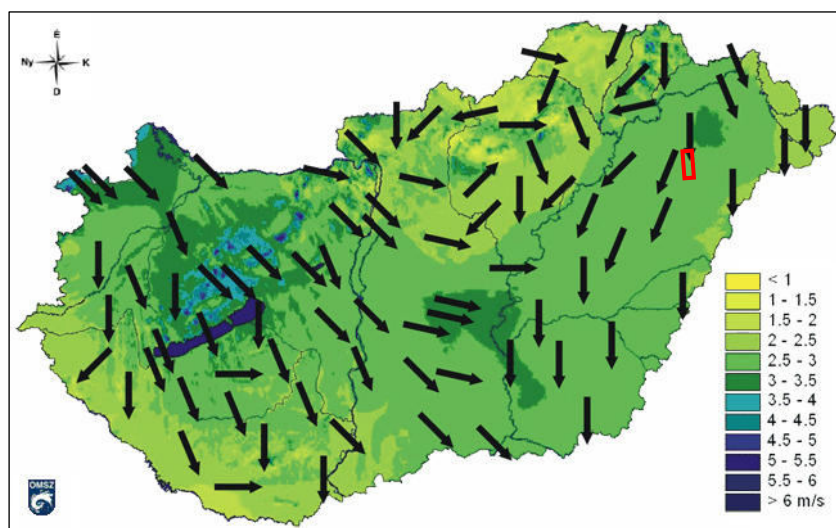
1. ábra Az UV sugárzás országos éves eloszlása bal oldali képen 2006-ban, a jobb oldali képen 2012-ben (a tervezett beruházás helye piros színű körrel jelölve) [Forrás: Dávid R. Á., 2016.]

4.2.5. Viharos időjárási események gyakoriságának növekedése

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 vezetékeit, fákat törhet ki, amely közlekedési zavarokat, akadályokat idézhet elő az úton. Az OMSZ honlapján elérhető egy ábra, mely a 90 km/h-t meghaladó napi szélsősebesség maximumok éves átlagos gyakoriságát szemlélteti az 1981 és 2010 közötti időszakban., mely szerint a 90 km/h szélsősebességet meghaladó viharok éves szinten kevesebb, mint 0,5 nap fordultak elő átlagosan a vizsgált területen.

A vizsgált terület az évi átlagos szélsősebességek tekintetében az ország enyhén szeles területei közé sorolható. Az OMSZ honlapjáról származó alábbi ábra szemlélteti, hogy a térség szélsősebessége átlagosan 2,5 és 3 m/s között alakult 2000 és 2009 között.

Összefoglalva megállapítható a fenti eredményekből, hogy a vizsgált létesítmény és környezete a viharos időjárási események gyakoriságának növekedésével szemben alacsony mértékben kitett.



2. ábra Évi átlagos szélsősebességek és az uralkodó szélirányok Magyarországon a 2000 és 2009 közötti időszakban [Forrás: MET]

4.2.6. Árvizek, belvizek és villámárvizek kialakulása

A jelen beruházás az Országos Vízügytőgazdálkodási Terv (OVGT) szerint a Hortobágy-Berettyó alegység, valamint a Berettyó alegység területén helyezkedik el. A keresztezett vízfolyások bemutatását és pontos jellemzését a **Környezeti Hatástanulmány Felszíni vizek védelme c.** fejezet részletesen ismerteti. A települések ár- és belvíz veszélyeztetettségi alapon történő besorolásáról szóló 18/2003. (XII. 9.) KvVM–BM együttes rendeletben a beruházás által érintett települések közül Debrecen nem szerepel a rendeletben, tehát nem veszélyeztetett. A tervezési terület nem érinti a nagyvízi meder övezetét.

Magyarország árvízzel szembeni kitettségét a „Klímakockázati Útmutató és részletes módszertani leírás a klímakockázati útmutatóhoz” című dokumentáció 7. sz. mellékletében található „Kék térkép” mutatja be, mely alapján megállapítható, hogy **a tervezési terület nem tekinthető kitettnek az árvízveszéllyel szemben.**

Belvizek képződésére elsősorban télvég idején (téli és nyári hidrológiai félév határánál) kell számítani. A tenyészidőn belül és őszen is képződhetnek belvizek (különösen akkor, ha a talajzóna átmedvesedett), de nem jellemző, hogy minden évben képződjenek. A vizsgált terület belvizeknek való kitettségét a néhai VITUKI Rt., majd a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) Vízgazdálkodási Önálló Kutatási Osztálya gondozásában készült Magyarország belvízi veszélytérképe alapján ellenőriztük, amelyet szokás Pálfai-féle térképnek is nevezni. Ez alapján a tervezési terület érinti az egyik belvíz veszélyeztetettség II. kategóriát, **így a tervezési területet mérsékelten tekinthető kitettnek a belvizekkel szemben.**

A települések **villámárvíz veszélyeztetettségét** alapvetően a vízgyűjtő területének tulajdonságai (mérete, alakja, lejtéviszonyai, karsztos területek stb.), valamint a vízgyűjtőn előforduló csapadék intenzitása határozzák meg. A villámárvíz veszélyeztetettség 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 NATér honlapján elérhető térkép alapján a tervezési terület környezetében nem található kifolyási pont, ahonnan számítani lehet villámárvizek megjelenésével. A fentiek alapján **a tervezési területet, valamint annak környezetét a villámárvizek gyakoriságának és mértékének növekedésével szemben nem minősítjük kitettnek.**

4.2.7. 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 tervezési terület nagy részén kismértékű a talajmozgások kialakulásának veszélye.

A Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat internetes oldalán elérhető online térképek, amelyek között az szerepel a Magyarország mozgásveszélyes területei (1:500 000) elnevezésű térkép is, mely alapján megállapítható, hogy a tervezési terület környezetében található felületi és vonalas erózióval érintett terület, illetve nem regisztráltak kúszást, omlást, lassú tömegmozgást, illetve suvadást, **így a vizsgált beruházás területe és annak környezete a talajmozgásokkal szemben nem tekinthető kitettnek.**

4.2.8. 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 vizsgált nyomvonalak döntően szántó, mezőgazdasági területeken halad, azonban néhány helyen adódik erdőérintettség. Arra, hogy egy erdőterület mennyire tekinthető tűzveszélyesnek, a Nemzeti Földügyi Központ naponta frissülő online Erdészeti térképe nyújt segítséget, mely

alapján a vizsgált nyomvonal által érintett erdőterületek döntően kis mértékben minősítettek tűzveszélyesnek.

A „Klímakockázati Útmutató és részletes módszertani leírás a klímakockázati útmutatóhoz” című dokumentáció 7. sz. mellékletében található térkép alapján a nyomvonal által érintett megye, azaz Hajdu-Bihar vármegye kismértékben veszélyeztetett Magyarország megyéinek erdőtüzveszélyességi 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 alacsonyan kitett az erdőtüzsekkel 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 kitettsége, és/vagy nincs megfelelően felkészülve a hatások kivédésére, kezelésére. Vagyis a sérülékenység egyaránt függ a rendszer klímaváltozással szembeni kitettségétől és érzékenységétől.

A sérülékenység meghatározása (vulnerability analysis, VA) során - a korábban említett tanulmány alapján - a rendszer érzékenységének, valamint a terület kitettségének 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.

7. táblázat *Sérülékenység mátrix*

		Kitettség		
		Alacsony	Közepes	Magas
Érzékenység	Alacsony			
	Közepes			
	Magas	Csapadék intenzitásának növekedése	Hőmérsékleti szélsőségek számának és mértékének növekedése, Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés.	Átlagos felszíni hőmérséklet lassú növekedése

A fenti mátrixban kizárólag azon éghajlati paramétereket, valamint klímaváltozással összefüggésbe hozható jelenségeket tüntettük fel, amelyek esetében a sérülékenység magasnak tekinthető. 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;
- megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés.

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 projektekre 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.

8. táblázat Releváns kockázatok és hatásaik táblázatos értékelése

Kockázat típusa	A bekövetkezés valószínűsége*	Következmény nagyságának értékelése**	Hatása
<u>Eszközökben keletkezett kár (műszaki, üzemeltetési)</u>			
A magas hőmérsékleti értékek miatti aszfaltkárosodások és kapcsolódó létesítmények károsodásának kialakulása.	2	3	Rövidebb élettartam, repedések, nyomvályúsodás kialakulása, gyakoribb karbantartási igény, baleseti kockázat növekedése.
Megnövekedett UV sugárzás.	3	3	A KRESZ táblák és útburkolati jelek rövidebb élettartama, gyakoribb karbantartási igény.
<u>Biztonság és egészség</u>			
Hóhullámok hatására az érintettek rosszul létének bekövetkezése.	2	3	A tervezett autótutat használók résztvevőire nagyobb a közlekedésbiztonsági kockázat.

* 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).

9. táblázat Kockázatok kategorizálására szolgáló mátrix

		Következmény, vagy hatás				
		jelentéktelen	kicsi	közepes	nagy	katasztrofális
A bekövetkezés valószínűsége	ritka					
	nem valószínű			A magas hőmérsékleti értékek miatti aszfaltkárosodások és kapcsolódó létesítmények károsodásának kialakulása, Hőhullámok hatására az érintettek rosszul létének bekövetkezése		
	közepes valószínűség			Megnövekedett UV sugárzás		
	valószínű					
	majdnem bizonyos					

Összefoglalva, a vizsgált beruházás térségében a magas hőmérsékleti értékek, a hőhullámok, valamint a megnövekedett UV sugárzás kialakulásának 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 autópályák tehermentesítik 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.

10. 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.
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 tervezési terület alapvetően síkvidéki mezőgazdasági területeken húzódik, melyen gyümölcsstermesztés, erdő és szántóföldi gazdálkodás folyik.

A fejlesztés jelenlegi tervszinten rendelkezésre álló kisajátítási területével érintett erdők a Környezeti Hatásvizsgálat keretei között részletesebben kerülnek bemutatásra.

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.

11. táblázat A fejlesztés jelenlegi tervszinten rendelkezésre álló kisajátítási területével érintett erdők bemutatása az állományt alkotó főfafaj alapján

Nyomvonal	Állományt alkotó főfafaj	Érintett terület [ha]	Természetszerű terület [ha]
I-5.A	Akác	70,03	0

Összegezve a fenti területi értéket, várhatóan 70,03 ha erdő terület válik érintetté a I-5.A nyomvonal esetén, amelyből nem érint természetsszerű erdő területet.

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 CO₂ kibocsátás az alábbiak szerint alakul.

$$\text{ahol} \quad C_t = (V_t \cdot D) \cdot (1 + R) \cdot CF$$

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

V_t az erdő átlagos élőfakészlete [m³/ha]

D a figyelembe vett fafaj bázissűrűsége [t/m³]

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

CF a vizsgált biomassa széntartalma [t/m³]

A C_t -t, azaz szénkészletet (44/12) hányadossal szorozva kapható meg a hektáronkénti CO₂ érték, amelyet az erdő kivágás okozta kibocsátásnak tekintünk.

12. táblázat A módszer alapján használatos értékek

Állományt alkotó főfafaj	V_t [m ³ /ha] *	D [t/m ³] **	R [-] **	CF [t/m ³] **
Fehér akác	119,16	0,59	0,25	0,48

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

** a legfrissebb, 2020-as NIR-ből

A fentiek alapján a beruházás hatására 10 831,1 tonna CO₂ kibocsátása becsülhető, amelyek az erdő kivágásokból származnak.

Mint fentebb bemutatottuk, adódik erdő érintettség, így erdő érintettségéből adódó CO₂ kibocsátás is.

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 ~24,5 km hosszön történő útépités,
- a tanulmány szerinti 793,81 tonna CO₂e /km fajlagos kibocsátás alapján,
- kb. **19 448,3 tonna CO₂e** kibocsátása becsülhető a jelenlegi tervfázisban az építés alatt.

A fenti eredmények a bemutatott tanulmány alapján csak becsült 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 az UTIBER Kft. rendelkezésünkre bocsájtotta a forgalmi vizsgálat futásteljesítmény adatait.
2. A futásteljesítmény adatokból a távlati (2040) tervezett beruházás megvalósulása melletti és nélküli állapotok 3,5 tonna alatti és feletti gépjárművek adatait, megkülönböztetve 4 útkategóriát (1.: autópálya; 2.: autótút; 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: CO₂, CH₄, N₂O), továbbra is megkülönböztetve a 3,5 tonna alatti és feletti járműveket, illetve a fenti 4 útkategóriát.
4. A HBEFA 4.1. emisszió kataszterből 2013-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 2025-es jelenlegi magyarországi gépjármű park összetételnek kb. a 2015-es német állapot felel meg.

5. A számításokat kizárólag a távlati (2040) év futásteljesítmény adataival és a jelenlegi évnek (2025) megfelelő 2015. 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. 87 484,4 tonna CO₂e kibocsátás változás várható a vizsgált térségben.**

Az elvégzett számítások alapján a fejlesztéssel némileg növekszik az üzemelés következtében történő ÜHG kibocsátás a vizsgált térségben.

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.

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

A vizsgált 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, azaz pályaszerkezet károsodása. 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 15 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 bemutatott, pályaszerkezetek méretezésekor alkalmazott forgalmi adatok, tervezési forgalmak (TF) és terhelési osztályok **c. 2. sz. táblázat** alapján megállapítható, hogy a tervezett út az (E) terhelési osztályba került besorolásra, ahol a tervezési forgalmon a tervezési forgalmak által adott intervallum alsó határán helyezkedik el, így a tervezett pályaszerkezet 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.

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.

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 ellenállóak e szerkezetek a hőség- és forrónapokkal való kitettséggel szemben. Az **Üzemeltetés** időszakában lesz szükséges a felmerülő kockázatok kezelése. Megjegyezzük, hogy az üzemelés során nem zárható ki a magasabb helyreállítási költségekkel járó káresemények kialakulása sem.

Jelen tanulmányban beazonosításra került kockázatként, hogy a jövőben várhatóan számítani lehet rövidebb-hosszabb ideig az útpálya bizonyos szakaszainak vízzel való borítására, amely a közlekedésbiztonság területén magasabb baleseti kockázattal jár, illetve idővel kialakulhatnak kimosódások is akár. Az érvényes szabványok és műszaki előírások (e-UT 03.01.11, valamint az e-UT 03.07.12) alapján kerül megtervezésre a pályaszerkezet víztelenítése és a rézsűvédelem. A feltárt kockázatok megelőzéséről, illetve megfelelő kezeléséről az Üzemelés időszakában szükséges gondoskodni, azonban nem zárható ki káresemények keletkezése sem.

A vízvezető szegélyek a padkák, a rézsűk, végső soron a földmű védelmét is szolgálják. Segítségükkel koncentrált helyeken károkozás nélkül lehet a csapadékvizeket el és levezetni. A vízvezető szegélyek által szállított csapadékvizet 25-50 m-ként (méretezetten) kiosztott szegélymegnyitásokon, rézsű surrantókon keresztül tervezettek a talpárkokba vezetni. A surrantók – talpárkok csatlakozásainál az árkot burkolattal látják el.

Azokon a szakaszokon, ahol a talajvíz vagy rétegvíz kis mértékben meghaladja a tervezett árok fenékszintjét, ott ezen vizek elvezetésére, a pálya és bevágási rézsűk védelmére vízáteresztő (pl. gyephézagos lapburkolat) burkolatok tervezettek.

6.1.2. Kivitelezés időszakában

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 viszonytárságokkal 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 középtartomány teljesítése legyen a cél.
- Kivitelezéskor az építési technológiai fegyelmet szigorúan be kell tartani és tartatni, továbbá a bitumenadagolásnak egyenletesnek kell lennie.

A kivitelezés során biztosítani kell a csapadékvizek megfelelő elvezetését, figyelembe véve az esetlegesen előforduló szélsőségesen nagy mennyiségű csapadékokat, belvizek kialakulását.

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.

A szélsőségesen magas hőmérsékleti értékek, hőhullámok 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, roszullétek 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.

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 illetékes 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 közútkezelőnek. Szükség esetén sűrűbb karbantartási munkákat kell alkalmazni, illetve a megrövidült élettartamok miatt akár cserélni is szükséges lehet egy-egy adott műtárgyat.

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 visszatörölthet okozhat, amely az áteresz környezetében, árokérsűnél kimosódást okozhat.

A fenti kockázatok kezelésére az alábbi javaslatok tehetők 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.

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

Javasoljuk az üzemeltetőnek a folyamatos monitoring tevékenységet, az esetleges káresemények utáni pontos felméréseket (kitérve a káresemény kialakulásához vezető okok minél gondosabb feltárására). Intenzív csapadékeseményeket követően, de legalább félévente szükséges ellenőrizni az út csapadékvíz elvezető rendszerét. Az esetleges kimosódásokat, eltömődéseket javítási, illetve karbantartási munkákkal helyre kell állítani.

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

Amint az 5.1. *Területfoglalás, erdő mezőgazdasági területek csökkenése c.* fejezetben bemutattuk, hogy jelentős az erdőérintettség, illetve jelentősnek tekinthető a kiszámított erdőérintettségből adódó CO₂ kibocsátás is. **A jelenleg hatályos magyar jogi szabályozás szerint szükség van csereerdősíteni a beruházás kapcsán. Javasoljuk a későbbi tervfázisban pontosan meghatározott kiterjedésű teljes erdőterület pótlását.**

Amennyiben nem történik a beruházás kapcsán csereerdősítés, úgy az alábbi magyarországi stratégiák, illetve jogszabályi kötelek sérülnek:

- A Magyarország és egyes kiemelt térségeinek területrendezési tervéről szóló 2018. évi CXXXIX. törvény 39 § (1) értelmében a településszerkezeti terv készítése vagy módosítása során az e törvénnyel való összhang megteremtése érdekében történő felülvizsgálatot követően a természetközeli területként és erdőterületként kijelölt területfelhasználási egységek nagysága a település közigazgatási területére vonatkozóan összességében nem csökkenhet.
- A 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 6. számú melléklete, amely a környezeti hatástanulmány általános tartalmi követelményeiről szól, ott a várható környezeti

hatások becsléséről és értékeléséről szóló 4. pont, al) alpontja azt írja elő, hogy alkalmazzunk, illetve mutassunk be olyan, lehetséges alkalmazkodási intézkedéseket, valamint az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését, illetve ellentételezését szolgáló intézkedéseket, amelyek éghajlati, ökológiai és környezeti szempontból hasznosak, továbbá megvalósításuk nem jár aránytalanul magas költséggel.

- A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS-2): A IV.6.2. sz. fejezet írja, az alkalmazkodás és felkészülés specifikus céljai között: „A természeti erőforrások készleteinek és minőségének megőrzése, illetve tartamos hasznosítása a fenntarthatóság felé való átmenet elősegítése érdekében”, továbbá a IV.3.4. fejezet mutatja be az éghajlati alkalmazkodással kapcsolatos erdőgazdálkodási teendőket, ahol a rövid távú cselekvési irányok között szerepel többek között a következő: „Az erdőterületek nagyságának növelése szükséges...”
- Nemzeti Erdőtelepítési Program (NEtP): a program céljai között szerepel az erdővel való borítottság folyamatos növelése, amelynek értelmében 35-50 év alatt el kell érni a 27%-os erdőborítottságot Magyarországon (jelenleg ez a szám 21% körüli).
- A Nemzeti Erdőstratégia támogatja a NEtP 27%-os erdőszültségi arány célszámot.

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

A beruházás során kiemelt figyelmet kap a zöldfelületi egyensúly fenntartása és a természetes élőhelyek pótlása. A kötelező jellegű csereerdősítés mellett azonban indokolt olyan további, célzott klímavédelmi beavatkozások alkalmazása is, amelyek közvetlenül a beruházás környezetében, lokális szinten szolgálják az éghajlatváltozás hatásainak mérséklését.

Ilyen természetalapú megoldásként kerül javaslatételre a védőfásítás is, amely a beruházás nyomvonala mentén kialakítva több szinten támogatja a klímavédelmi célokat és a környezeti minőség javítását. **A védőfásítási terv kialakításánál a Debrecen Megyei Jogú Város Települési Környezetvédelmi Programjának (2023–2026)** védőfásítással kapcsolatos stratégiai célkitűzései jelentették a szakmai alapot, különös tekintettel az alábbi tényezőkre:

- a biológiai sokféleség megőrzése,
- a közlekedési és mezőgazdasági eredetű por- és légszennyező anyagok kibocsátásának csökkentése,
- a levegőminőség javítása a fák lombfelületének természetes szűrőhatásán keresztül (szén-dioxid megkötése, porszűrés, szennyezésmegkötés, oxigéntermelés),
- a csapadékvíz helyben tartása, vízháztartás szabályozása,
- a szélsőséges időjárási hatások elleni védelem,
- a klímaadaptációs kapacitás erősítése.

A védőfásítás tervezése során kiemelt figyelmet fordítottak a szakági tervezők a települést övező zöld gyűrű folytonosságának biztosítására, a lakóingatlanok irányában történő védelmi sáv kialakítására, valamint a fatelepítés helyigényére rendelkezésre álló helyigény realitásának figyelembevételére.

védőfásítás tervezése során kiemelt figyelmet fordítottunk a települést övező zöld gyűrű folytonosságának megteremtésére, valamint a nyomvonal közvetlen közelében található ingatlanok védelmére és a fatelepítés helyigényére is

A védőfásítás nemcsak ökológiai és klímavédelmi szempontból hasznos, hanem esztétikai értéke is jelentős: a zajárnyékoló fal mögött elhelyezett növényállomány vizuálisan takarja az infrastruktúrát, így természetesebb és élhetőbb környezetet teremt.

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 CO₂ 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 fajtát alkalmazva)
- rosszabb természetességi besorolású állomány telepítése (akác fajtát 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 CO₂ megkötések várhatók.

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

Telepíteni kívánt erdőterület nagysága [ha]*	Becsléshez alkalmazott faj**	Az alkalmazott fajjal alkotott erdő becsült átlagos CO ₂ megkötése évente [tonna CO ₂ /év]	A telepíteni kívánt erdőterület becsült átlagos CO ₂ megkötése évente [tonna CO ₂ /év]***
68,5	Akác	9,4	658,3
68,5	Kocsányos tölgy	6,2	434,2

* Az egyéb (nyiladék, vadföld, tisztás) erdőterületeket (8,45 ha) is beleszámítottuk a telepíteni kívánt erdőterület nagyságába

**A becsléshez alkalmazott faj 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.

Továbbá az építés időszakában hatáscsökkentő intézkedésként javasoljuk, hogy a kivitelezés során modern, alacsony kibocsátású kivitelezői géppark legyen alkalmazva, az energiahatékonyságot szem előtt tartó organizáció mellett.

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

7. ÖSSZEGRZÉS

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. Eves 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;
- megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés.

A kockázatok értékelésekor, elemzésekor megállapításra került, hogy a vizsgált beruházás szempontjából a fentiek releváns kockázatok is jelentenek. Ezen kockázatok 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 **10 831,1 tonna CO₂** kibocsátása becsülhető, amelyek az erdőkivágásokból származnak, valamint a tervezett fejlesztésnek a megvalósítás során (építési, kivitelezési tevékenység) megközelítőleg **19 448,3 tonna CO₂e** kibocsátása becsülhető a jelenlegi tervfázisban, mely egy egyszeri kibocsátás. Jelen beruházás üzemelés alatti kibocsátása **87 484,4 tonna CO₂e becsülhető**, tehát az elvégzett számítások alapján a fejlesztéssel nagymértékben növekszik 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.

A beruházás által 68,5 ha erdőterület is érintetté válik, így a jelenleg hatályos magyar jogi szabályozás szerint szükséges csereerdősíteni a beruházás kapcsán. Javasoljuk a későbbi tervfázisban pontosan meghatározott kiterjedésű teljes erdőterület pótlását. A csererdősítést kiegészítő védőfásítás hozzájárul a beruházás karbonlábnyomának csökkentéséhez, a mikroklima kedvező alakításához, valamint a zöldinfrastruktúra

fejlesztéséhez. E komplex célrendszer mentén, a védőfásítás megvalósítása szakszerűen indokolt és támogatandó.

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