

# ÉGHAJLATVÁLTOZÁSHOZ KAPCSOLÓDÓ VIZSGÁLATOK

**Terv megnevezése:**

**Nyíregyháza Ipari Park bővítése – M3 autópálya új külön szintű csomópont tervezési feladatai**

## **Beruházó**



Építési és Közlekedési Minisztérium

1054 Budapest, Alkotmány utca 5.

Telefon: + 36 (1) 795 3300

E-mail: [info@ekm.gov.hu](mailto:info@ekm.gov.hu)

## **Generáltervező**



CÍVIS KOMPLEX MÉRŐK Kft.

4030 Debrecen, Gizella u. 13/D

Telefon: +36 (52) 795-467

Email: [info@ckmkft.hu](mailto:info@ckmkft.hu)

## **Környezetvédelmi tervező**



ENVIRO-EXPERT Kft.

4028 Debrecen, Hadrázi út 7. I./5.

Mobil: +36 (20) 426-4352

Email: [info@enviroexpert.hu](mailto:info@enviroexpert.hu)

Dátum

Debrecen, 2025. március

### Éghajlatvédelmi szempontok szerinti kockázatbecslés

A klímaváltozás mérséklése és a klímaváltozás miatt bekövetkező szélsőséges időjárási eseményekhez való minél jobb alkalmazkodás feladatai már követelményként jelennek meg a műszaki tervezésben és a beruházások környezetvédelmi előkészítésében is.

A hazai szabályozásban a *környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról* szóló 314/2005 (XII. 25.) Korm. rendelet 2017. évi módosításával kívánták a magyarországi klímavédelmi törekvéseket összhangba hozni az Európai Unió éghajlatvédelmi célkitűzéseivel.

A módosítás értelmében a rendelet hatálya alá tartozó tevékenységek engedélyeztetése során be kell mutatni, hogy a tervezett tevékenység milyen mértékben kitett az éghajlatváltozással összefüggő hatásoknak. Értékelni kell a tervezett tevékenységre vonatkozóan a telepítési helyen és a feltételezhető hatásterületen az éghajlati tényezőkből származó kitettséget. Az értékelést legalább az elmúlt harminc évre vonatkozó, és a klímamodellekből származtatható, illetve a jövőbeli, legalább harminc évre előre jelzett adatokkal kell alátámasztani. Amennyiben az érzékenységek-elemzés és a kitettség értékelése az egyes éghajlati tényezők változásával kapcsolatban lehetséges hatásokat tár fel, azokat elemezni kell. Így tehát a hatáselemzéshez tartozóan kockázatértékelést kell végezni és ennek eredménye alapján be kell mutatni a lehetséges jövőbeli kockázatok mértékét is.

Az elemzést az Európai Bizottság Éghajlat-politikai Főigazgatósága megbízása szerint elkészült „*Non-paper Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient*” című útmutató Magyarországra történő adaptálásának, az „*Útmutató projektek klímakockázatának értékeléséhez és csökkentéséhez*” című dokumentum (a továbbiakban: Klímakockázati Útmutató) alapján készítettük el.

### Az éghajlatváltozás által befolyásolt projekt azonosítása

Az éghajlatváltozás valamilyen módon minden tevékenységet, beruházást érint. A felmelegedés növekvő üteme és nagyságrendje, továbbá az éghajlati rendszerben tapasztalt más változások növelik a súlyos, átfogó és esetenként visszafordíthatatlan káros hatások kockázatát. Az éghajlatváltozás befolyásolni fogja a környezeti és társadalmi rendszereket, melyek körülveszik a fizikai eszközöket és infrastruktúrákat, és azok kölcsönhatását ezekkel a rendszerekkel.

Annak érdekében, hogy meghatározzuk, hogy egy adott projekt milyen mértékben befolyásolt az éghajlat által, a következő táblázatban szereplő ellenőrző listát alkalmazhatjuk.

Amennyiben a projekt adaptációs projekt, vagyis fő célja a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás elősegítése, szükségesek további vizsgálatok a beruházásra vonatkozóan a következő táblázatban 1-9. kérdésekre adott válaszoktól függetlenül.

Ha nem adaptációs projektről van szó, a következő, 1. kérdésére a válasz „igen”, és emellett a 2–9. kérdések bármelyikére „igen”-a válasz, a végrehajtandó projekt az éghajlatváltozás által potenciálisan befolyásolt projekt, ezért a projekt sérülékenységi elemzésének elvégzése és a projekt klímabiztossá tétele az adaptációs útmutatóban foglaltak szerint javasolt! Ha a következő táblázat minden kérdésre „nem” a válasz, akkor további elemzésre nincs szükség.

0.	A projekt megvalósításának célja az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodás? A projekt nem az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazást segíti elő, a beruházás célja a Nyíregyházi Ipari Park bővítése kapcsán M3 autópálya új csomópontjának létesítése.	igen/ <b>nem</b>
1.	Fizikai beruházás esetében annak tervezett élettartama, egyéb beruházás esetén a projekt tervezett működése legalább 15 év? A közlekedési infrastruktúrák hozzávetőleges élettartama 20-30 év, az új beruházások miatt kialakított térhálózatok (pl. új utak, új épületek) több száz évig is megmaradhatnak.	<b>igen</b> /nem
2.	A projekt megvalósításának helyszíne, illetve a projekt sikeressége szempontjából releváns egyéb helyszínek az éghajlatváltozásnak kitett helyszínek-e? Az éghajlatváltozás több módon befolyásolja a fizikai beruházások élettartamát, üzemeltetését, az általuk nyújtott szolgáltatások minőségét. Az éghajlatváltozás a projektek üzemelését is befolyásolhatja. Ez jelentkezik a berendezések hatékonyságának csökkenésében, illetve a megengedett hibahatárok csökkenésében vagy kényszerű üzemszünetekben. Az éghajlatváltozás hatásainak következményei a fizikai beruházásokra és infrastruktúrák tekintetében az alábbi kategóriákra bontható: <ul style="list-style-type: none"> <li>- az éghajlatváltozás miatt a beruházásban keletkező károk és rövidebb élettartam, pl. utakat és hidakat károsító árvíz, épületek tetőszerkezetét károsító szélvihar stb. melyek a projekt megvalósítása után vagy megvalósítás közben jelentkezhetnek.</li> <li>- az éghajlatváltozás miatt a beruházás okán a beruházás környezetében (egyéb infrastruktúrákban, természeti környezetben stb.) keletkező fizikai károk, illetve az ezek kapcsán felmerülő peres eljárások költségei, pl. a nem megfelelően rögzített tetőcserepek által okozott emberi sérülések, a víz lefolyását akadályozó utak miatt keletkező árvízkárok stb.</li> <li>- a beruházás által biztosított szolgáltatásban történő negatív változások az éghajlatváltozás hatására, pl. utak járhatatlanná válása, szennyvíztisztítás szünetelése, termelés hatékonyságának csökkenése stb. és adott esetben az ezzel összefüggő bevételkiesés, illetve többletköltség, valamint a beruházás megítélésének romlása, hírnévvesztés.</li> <li>- az éghajlatváltozás hatásai elleni védekezés miatt megnövekedett működési, illetve pótlólagos beruházási költségek,</li> <li>- az éghajlatváltozás közvetett hatása a beszállítók, illetve fogyasztókra kifejtett hatáson keresztül, pl. az élelmiszer feldolgozáshoz szükséges nyersanyagok nem állnak rendelkezésre megfelelő mennyiségben vagy minőségben a beszállítókat érintő éghajlatváltozás miatt stb.</li> <li>- megnövekedett biztosítási költségek,</li> <li>- egyéb társadalmi költségek.</li> <li>- Ezen elsődleges következmények miatt másodlagos következmények is megjelennek a társadalom, gazdaság és környezet körében, pl. munkahelyek számának csökkenése, vállalkozások csődje stb.</li> </ul>	<b>igen</b> /nem
3.	A projekt létesítményeket és tevékenységeket negatívan érinti-e a magasabb hőmérséklet és az egyéb éghajlati paraméterek változása? Az éghajlatváltozás vezethet-e csökkent termelékenységhoz, magasabb költségekhez vagy a berendezések meghibásodásához? A közlekedési infrastruktúrák különösen ki vannak téve az éghajlati elemeknek, mint pl. a hóhullámos időszakoknak, az intenzív csapadékoknak, extrém időjárási eseményeknek, viharoknak, villámárvizeknek, árvizeknek, tömegmozgásnak, csökkenő fagyos napok számának, melyek kedvezőtlen változása az utak állapotromlásához, élettartamuk csökkenéséhez, a közlekedési szolgáltatás minőségének romlásához vezetnek. A szélsőséges időjárási helyzetek közötti balesetekre gyakorolt hatása is jelentős.	<b>igen</b> /nem
4.	A víz szerves része-e a projekt működtetésének, illetve szerves része-e a projekt által előállított termékeknek vagy szolgáltatásoknak? Ide tartoznak az árvíz, belvíz, esővízelvezetés, ivóvíz és csatornavíz hálózatok, hűtővíz stb. és ezekhez kapcsolódó infrastruktúra, valamint az ezekről függő termékek és szolgáltatások. Amennyiben a víznek jelentős szerepe van a projekt üzemeltetésében (pl. hűtővíz egy termelési eljárás során), illetve része a terméknek (pl. italok gyártása) vagy a szolgáltatásnak (pl. vízparti turizmus) úgy a projektet befolyásolhatja az éghajlatváltozás.	igen/ <b>nem</b>
5.	A projekt energiaellátását megzavarhatja-e az időjárás változékonysága vagy az éghajlatváltozás? (pl. vezetékek károsodása extrém időjárási események következtében, víz, biomassa vagy egyéb megújuló energia potenciál változása az éghajlatváltozás következtében stb.)	igen/ <b>nem</b>
6.	A projekt által előállított termékek és szolgáltatások árát vagy mennyiségét befolyásolja-e az éghajlatváltozás, illetve azok függenek-e más közbenső termékektől vagy szolgáltatásoktól, amelyek árát vagy mennyiségét befolyásolhatják éghajlati paraméterek vagy időjárási események? (pl. élelmiszer feldolgozás, turizmus stb.)	igen/ <b>nem</b>
7.	A projekt szállítási útvonalai különösképpen ki vannak-e téve és érzékenyek-e időjárási eseményekre (pl. viharok, árvizek, tömegmozgások stb.)?	igen/ <b>nem</b>
8.	A projekt üzemeltetéséhez szükséges munkaerő különösképpen ki van-e téve hőmérsékleti stressznek vagy szélsőséges időjárási eseményeknek (pl. nem légkondicionált, illetve rosszul szellőző épületekben, vagy kint dolgozik)? Az utak fenntartását a munkavédelmi előírások betartásával kell végezni, mert a karbantartást végző munkaerő ki van téve az extrém időjárási viszonyoknak. Az üzemelés során a karbantartást végző munkaerő szabadban dolgozik.	<b>igen</b> /nem
9.	A projekt termékei és szolgáltatásai iránti keresletet befolyásolja-e az időjárás vagy éghajlat? (pl. épületek hűtése és fűtése stb.)	igen/ <b>nem</b>

1. táblázat Ellenőrző lista az éghajlatváltozás által befolyásolt projektek azonosítására

Mivel a tervezett beruházás nem adaptációs projekt, azonban a beruházásra az ellenőrző lista 1. pontja érvényes („Fizikai beruházás esetében annak tervezett élettartama, egyéb beruházás esetén a projekt tervezett működése legalább 15 év”) és további kérdésekre is „igen”-nel feleltünk, ezért a végrehajtandó projekt az

éghajlatváltozás által potenciálisan befolyásolt projekt, ezért a projekt sérülékenységi elemzésének elvégzése és a projekt klímabiztossá tétele a Klímakockázati Útmutatóban foglaltak szerint javasolt.

## Projektek klímabiztossá tételének integrálása a hagyományos eszköz életciklusba – alapfogalmak

Az adaptációs útmutatóban bemutatott elemzések elvégzése két szinten lehetséges:

Modulok sorrendje	Modul megnevezése
1	Projekt érzékenységelemzés
2	Helyszín kitettségének értékelése
3	Potenciális hatások elemzése (1. és 2. Modulok eredményei alapján)
4	Kockázatértékelés
5	Adaptációs opciók beazonosítása és előzetes szűrése
6	Adaptációs opciók értékelése
7	Adaptációs intézkedések integrálása a projektbe
8	Adaptációs intézkedések hatásosságának monitorozása

2. táblázat A klímakockázat csökkentési eszköztár 8 modulja

**Előzetes elemzés:** egy kvalitatív elemzés, mely eredményeképpen meghatározásra kerül, hogy a projekt érzékenysége, kitettsége, sérülékenysége és az éghajlatváltozás által okozott kockázat szintje alacsony, közepes vagy magas. Jellemzően a stratégiaalkotás fázisában készül.

**Részletes elemzés:** nem kvalitatív, hanem kvantitatív megközelítést igényel, az érzékenység, kitettség, sérülékenység és kockázat részletes módszertan alapján kerül felmérésre, pl. számításokon, modellezésen alapul. Jellemzően a részletes tervezéssel párhuzamosan készül.

A nagyprojektek esetében a részletes vizsgálatot minden esetben javasolt elvégezni, míg az **egyéb projektek esetében az 1-4 modulok alkalmazása során elegendő egy kvalitatív vizsgálat elvégzése**, mely az előzetes vizsgálatok mélységével megegyezik.

A nagyprojektek esetében a 6. Modul szerinti költség-haszon elemzés kötelező, az egyéb projektek esetében e helyett egy egyszerűbb módszertan is alkalmazható a legjobb adaptációs intézkedés kiválasztásához.

### 1. modul: A beruházás érzékenységének elemzése

Az érzékenység vizsgálat az éghajlatváltozás elsődleges és másodlagos hatásainak a beruházásra és az általa nyújtott szolgáltatásra, valamint a szolgáltatás inputjára és outputjára gyakorolt hatásának a feltárása.

A vizsgálat során beazonosítjuk azokat a tényezőket és éghajlati paramétereket, melyek hatással lehetnek az adott tevékenységre, beruházásra.

Első lépésben meg kell határozni a projekt potenciális érzékenységét az éghajlati paraméterek teljes skálájára (pl. eső, szél, hőmérséklet), valamint a másodlagos, éghajlattal összefüggő hatásokra (pl. árvíz, aszály). A projektek potenciális éghajlati veszélyekre való érzékenységét 6 tényező szerint lehet osztályozni.

A vizsgált időszakok hossza minimum 30 év, de fontos megvizsgálni a hosszabb időintervallumot is a ritkán bekövetkező szélsőséges természeti események miatt.

A vizsgálat elvégzését a tevékenységgel, beruházással összefüggő egyes tényezők feltárásával és csoportosításával kezdjük.

A tényezőket 6 csoportra osztottuk:

- A beruházás helyszínén található eszközöket és folyamatokat befolyásolja-e az éghajlatváltozás? – Ide soroljuk a meglévő vagy a tervezett épületállományt, a technológia eszközeit, az épületgépészeti eszközöket.

A beruházás tárgya az M3 autópályán tervezett új csomópont létesítése. A közlekedési infrastruktúrákra jellemző, hogy az extrém időjárási jelenségek bekövetkezési gyakoriságának növekedése negatív hatással van az utak minőségére, így a közlekedési szolgáltatásra. A közlekedési infrastruktúra több környezeti elemnek is kitett: az éghajlatváltozás eredményeként bekövetkező hőmérsékletváltozás, valamint az UV sugárzás növekedése jelentősen befolyásolja az utak élettartamát. A bitumen öregedése felgyorsul, felületi repedések jelennek meg. Az éves csapadék eloszlásának változása, a hirtelen lezúduló csapadékok az utak állékonyságát, a töltések és padkák állagát ronthatják, az utak szerkezete károsodik (alap kimosása, beszakadás, süllyedés, töltés stabilitásának csökkenése). Földmű teherbírásának csökkenése várható a víztartalom növekedése miatt. Az éghajlatváltozás eredményeként a tömegmozgás okozta károk kockázata nő. A szélsőséges hőmérséklet ingadozás, a fagyhatás eredményeként bekövetkező burkolatromlás miatt a közlekedésbiztonság csökkent.

- A térségre jellemző szélerózió felerősödése a tervezett csomópont műtárgyainak az élettartamát csökkenti, valamint kedvezőtlen hatással lehet a közlekedésbiztonságra. A termelési tényezők (munkaerő, víz, energia, nyersanyagok, félkész termékek és alkatrészek) mennyiségét, minőségét és/vagy árát befolyásolja-e az éghajlatváltozás? – Itt kell figyelembe venni a beszerzésre kerülő nyersanyagok, felhasznált víz, energia és segédanyagok mennyiségét és minőségét befolyásoló tényezőket.

A tervezett tevékenység nem tekinthető termelőtevékenységnek. A tervezett tevékenységhez az utak tisztításához szükséges vízfelhasználáson kívül egyéb vízhasználat nem kapcsolódik.

- Termékek (beleértve a saját előállítású vagy vásárolt közbenső termékeket) mennyiségét, minőségét és/vagy árát befolyásolja-e az éghajlatváltozás?

Nem befolyásolja, a beruházás keretein belül nem állítanak elő termékeket. – Nem releváns.

- Közlekedési kapcsolatokat, a munkaerő, inputok és termékek szállításának megbízhatóságát befolyásolja-e az éghajlatváltozás?

A tervezett beavatkozás a közlekedési kapcsolatok javítását szolgálja, így közvetve befolyásolja a munkaerő szabad áramlását, a termékek/árak szállítását.

- A projekt által előállított termékek vagy szolgáltatások iránti keresletet befolyásolja-e az éghajlatváltozás?

A tervezett tevékenység nem termelőtevékenység, a projekt által létesülő csomópont által nyújtott szolgáltatás erősen kitett az éghajlatváltozásnak, valamint az extrém időjárási tényezőknek, de a keresletet nem befolyásolja.

- A projekthelyszín környezetében található meglévő eszközök és infrastruktúrák sérülékenységét és adaptációs képességét befolyásolja-e a projekt?

A projekt környezete esetében azt vesszük figyelembe, hogy az út megvalósulása befolyásolja-e a környezetében található meglévő eszközök és infrastruktúrák sérülékenységét és adaptációs képességét.

Azon éghajlati tényezők, melyek vizsgálata releváns, azokra vonatkozóan szükséges végrehajtani az értékelést. Az értékelés eredményeképpen beazonosítható, hogy melyek a legrelevánsabb éghajlati paraméterek a beruházás érzékenysége szempontjából.

Ezek azok, amelyek tekintetében legalább egy dimenzió mentén 'magas' vagy 'közepes' minősítést kapott a projekt.

- Jelentős hatása lehet, vizsgálandó → magas
- A hatás kismértékű → közepes
- Nincs hatással → alacsony

Éghajlati paraméter változása	A beruházás helyszínén található eszközöket és folyamatokat befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	A termelési tényezők (munkaerő, víz, energia, nyersanyagok, félkész termékek és alkatrészek) mennyiségét, minőségét és/vagy árát befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	Termékek (beleértve a saját előállítású vagy vásárolt közbeszű termékeket) mennyiségét, minőségét és/vagy árát befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	Közlekedési kapcsolatokat, a munkaerő, inputok és termékek szállításának megbízhatóságát befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	A projekt által előállított termékek vagy szolgáltatások iránti keresletet befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	A projekt helyszín környezetében található meglévő eszközök és infrastruktúrák sérülékenységét és adaptációs képességét befolyásolja-e a projekt?
1. Felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése	közepes	nem releváns	nem releváns	alacsony	alacsony	közepes
2. Nyári napok számának növekedése (napi max. > 25 °C)	alacsony	nem releváns	nem releváns	alacsony	alacsony	alacsony
3. Fagyos napok számának csökkenése (napi min. < 0 °C)	közepes	nem releváns	nem releváns	alacsony	közepes	alacsony
4. Hőségnapok számának növekedése (napi maximum ≥ 30 °C)	magas	nem releváns	nem releváns	magas	magas	közepes
5. Trópusi éjszakák számának növekedése (napi minimum ≥ 20 °C)	alacsony	nem releváns	nem releváns	alacsony	alacsony	alacsony
6. Hőhullámos napok számának növekedése (napi középhőmérséklet > 25 °C)	közepes	nem releváns	nem releváns	magas	közepes	közepes
7. Átlagos napi hőingás növekedése (napi maximum és minimum különbsége, °C)	közepes	nem releváns	nem releváns	közepes	közepes	alacsony
8. Éves csapadékmennyiség csökkenése	alacsony	nem releváns	nem releváns	alacsony	alacsony	alacsony
9. Csapadékos napok számának csökkenése (napi csapadékösszeg ≥ 1 mm, %)	alacsony	nem releváns	nem releváns	alacsony	alacsony	alacsony
10. Átlagos napi csapadékos napok számának növekedése (csapadékos napok átlagos csapadéka, mm/nap)	közepes	nem releváns	nem releváns	alacsony	alacsony	alacsony
11. Max. száraz időszak hosszának növekedése (leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg < 1 mm, nap)	alacsony	nem releváns	nem releváns	alacsony	alacsony	alacsony
12. Max. nedves időszak hosszának változása (leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg ≥ 1 mm, nap)	alacsony	nem releváns	nem releváns	alacsony	alacsony	alacsony
13. 20 mm-t elérő csap. napok számának növekedése (napok száma, amikor a napi csapadékösszeg ≥ 20 mm, nap)	magas	nem releváns	nem releváns	alacsony	magas	alacsony
14. Felszíni vizek átlaghőmérsékletének lassú növekedése	alacsony	nem releváns	nem releváns	alacsony	alacsony	alacsony
15. Csapadék évszakos eloszlásának változása	alacsony	nem releváns	nem releváns	alacsony	alacsony	alacsony
16. Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés	magas	nem releváns	nem releváns	alacsony	magas	alacsony
17. Felhőszakadást (viharos időjárási) események számának és intenzitásának növekedése	közepes	nem releváns	nem releváns	alacsony	közepes	alacsony
18. Villámárvíz előfordulási gyakoriságának és intenzitásának növekedése	közepes	nem releváns	nem releváns	alacsony	közepes	közepes
19. Árhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése	közepes	nem releváns	nem releváns	alacsony	közepes	közepes
20. Belvíz kialakulásának gyakoriságának növekedése	közepes	nem releváns	nem releváns	alacsony	közepes	közepes
21. Vízkészletek csökkenése (vízfolyások nyári kisvízi készletének csökkenése, tavak alacsony vízállású időszakainak gyakoribbá válása, felszín alatti vízkészletek csökkenése)	alacsony	nem releváns	nem releváns	alacsony	alacsony	alacsony
22. Aszály gyakoribb előfordulása	alacsony	nem releváns	nem releváns	alacsony	alacsony	alacsony
23. Tömegmozgás gyakoribb előfordulása	közepes	nem releváns	nem releváns	magas	közepes	közepes
24. Erdőtűzek gyakoriságának növekedése	alacsony	nem releváns	nem releváns	alacsony	alacsony	alacsony
25. Szélerózió	alacsony	nem releváns	nem releváns	közepes	közepes	közepes

3. táblázat Mátrix a projekt érzékenységeinek előzetes vizsgálatához

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 szélerózióra érzékenyek. Egyes klímaváltozáshoz köthető hatásokra, mint például a hideg szélsőségek csökkenése tekintetében 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. 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.

Általánosságban kijelenthető, hogy az utak kifejezetten érzékenyek az árvizek 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 akadályoztatottá válhat. 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.

Releváns elemek:

- 1 Felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése
3. Fagyos napok számának csökkenése (napi min.  $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
4. Hőségnapok számának növekedése (napi maximum  $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
6. Hőhullámos napok számának növekedése (napi középhőmérséklet  $> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
7. Átlagos napi hőingás növekedése (napi maximum és minimum különbsége,  $^{\circ}\text{C}$ )
10. Átlagos napi csapadékos napok számának növekedése (csapadékos napok átlagos csapadéka, mm/nap)
13. 20 mm-t elérő csap. napok számának növekedése (napok száma, amikor a napi csapadékösszeg  $\geq 20$  mm, nap)
16. Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés
17. Felhőszakadási (viharos időjárási) események számának és intenzitásának növekedése
18. Villámárvíz előfordulási gyakoriságának és intenzitásának növekedése
19. Árhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése
20. Belvíz kialakulásának gyakoriságának növekedése
23. Tömegmozgás gyakoribb előfordulása

## 2. Modul: A projekthelyszín kitettségének értékelése

---

Miután a projekt érzékenysége meghatározásra került, a következő lépés annak eldöntése, hogy a projekt megvalósításának helyszíne ki van-e téve és milyen mértékben az éghajlatváltozásnak. Az 1. Modulban végzett elemzés azt tükrözi, hogy egy adott projekt típus különböző éghajlati veszélyekre és kockázatokra mennyire érzékeny általában, a 2. Modul pedig azt határozza meg, hogy az adott beruházási helyszín mennyire van kitéve egyes éghajlati veszélyeknek és kockázatoknak.

A projekthelyszín kitettségét a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (a továbbiakban: NATÉR) adatai alapján határoztuk meg a relevánsnak ítélt éghajlati paraméterek vonatkozásában. A kitettség meghatározásakor regionális, valamint globális klímamodelleket, az ALADIN-Climate, a RegCM, az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5, az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5, az RCA4/EC-EARTH/RCP4.5, valamint az RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 modellek adatait vettük figyelembe és a kedvezőtlenebb előrejelzést vettük alapul.

A klíma modellezése a teljes éghajlati rendszer viselkedésének leírásán alapul, amely azonban a benne közreműködő fizikai folyamatok kaotikus jellege következtében csak közelítő módon tehető meg. A modellezés bizonytalansága ezekre a közelítő módszerekre, valamint arra a tényre vezethető vissza, hogy nincs pontos ismeretünk arról, milyen hatással lesz a jövőben az emberi tevékenység az éghajlat alakulására. Utóbbi figyelembevételére különféle kibocsátási forgatókönyvek készülnek, melyek a társadalom, a gazdaság és a technológia területén várható változások becslésében különböznek. A klíma szimulációk elvégzése klímamodellek segítségével történik, melyek különféle matematikai számítási módszerek és parametrizációs sémák alkalmazásával kísérlik meg az éghajlat alakításában részt vevő folyamatok leírását. Minél többféle

modellre és forgatókönyvre alapozva végezzük el a jövőbeli klíma megismerésére célzott vizsgálatainkat, annál pontosabban tudjuk figyelembe venni az egyes szimulációkból adódó eredményekhez tartozó bizonytalanságot.

Az ALADIN-Climate klímamodell az ARPEGE-Climat globális általános cirkulációs modell és az ALADIN időjárás előrejelző modell alapján a francia meteorológiai szolgálatnál nemzetközi együttműködés keretében kifejlesztett modell.

A RegCM (Regional Climate Model) regionális skálájú hidrosztatikus éghajlati modellt eredetileg az amerikai Légköri Kutatások Nemzeti Központjában fejlesztették ki, melyet az ELTE Meteorológiai Tanszékén végzett magyarországi adaptálását követően használhatunk a hazai előrejelzésekhez is. A modellt regionális klímakutatásokhoz és évszakos előrejelzésekhez használják világszerte.

Az IPCC Negyedik Helyzetértékelő Jelentése (2007) szerint a sugárzási kényszer annak a hatásnak a mértéke, amivel egy hatótényező megváltoztatja a Föld-légkör rendszer bejövő és kimenő energiájának egyensúlyát. A sugárzási kényszer értékeit az iparosodás előtti, 1750-es állapotokhoz viszonyítják, és  $W/m^2$  egységben adják meg. Az RCP forgatókönyvek két globális klímamodell, (az CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 és az ICHEC-EC-EARTH) alapján készültek, és figyelembe veszik a kibocsátás-csökkentési (mitigációs) törekvéseket. Részletesen megadják az aeroszol részecskék és az üvegházhatású gázok koncentrációjának lehetséges jövőbeli értékeit. A Szenárió-család négy reprezentatív (RCP2.6, RCP4.5, RCP6 és RCP8.5) tagját aszerint nevezték el, hogy az általuk leírt koncentrációnövekedés 2100-ra mekkora sugárzási kényszer változást (rendre 2,6, 4,5, 6 és  $8,5 W/m^2$ -t) jelent. Elemzésünk során az RCP4.5 és RCP8.5 Szenáriókat vesszük figyelembe, melyek Közép- és Kelet-Európát lefedő 10 km-es felbontású szimulációk.

Az RCP4.5-ös Szenárió egy 2065. évi tetőpontra teszi a primerenergia felhasználás és a népesség maximumát, ezután csökkenést vetít előre. A fosszilis energiahordozók szerepe továbbra is nagymértékű, további  $CO_2$  emelkedést eredményezve. 2080-ra a szén árak növekedéséből kifolyólag stabilizálódik a kibocsátás, így az évszázad végére  $4,5 W/m^2$  sugárzási kényszer várható.

Az RCP8.5 forgatókönyv a leg pesszimistább, az évszázad végére  $8,5 W/m^2$ -es sugárzási kényszert jelez előre. Nem szerepel benne az éghajlatváltozás mérséklésének faktora. Az üvegházhatású gázok koncentrációjának nagymértékű növekedését, folyamatosan növekedő globális népességet vetít előre, amelynek következménye a megnövekedett energiaigény és a fosszilis energiahordozók még nagyobb szerepe, ami az üvegházhatású gázok még nagyobb kibocsátásához vezet.

A vizsgált területen várható éghajlatváltozás jellemzésére az alábbi változók kerülnek bemutatásra.

- Hőmérséklet:

1. Várható átlaghőmérséklet változás Magyarországon a 2071-2100 időszakra ( $^{\circ}C$ )
2. Hőhullámos napok gyakoriságának változása megyei szinten a 2071-2100 időszakra (%/év)
3. A forró napok számának várható változása a 2071-2100 időszakra (napok száma)
4. Hirtelen hőmérsékleteséssel ( $10^{\circ}C$  3 óra alatt) érintett napok éves átlagos számának változása a 2071-2100 időszakra (napok száma)

- Csapadék és aszály:

5. Az évszakos csapadékkintenzitás várható változása Magyarországon a 2071-2100 időszakra (mm/nap)
6. 30 mm-t meghaladó mennyiségű csapadékos napok számának növekedése a 2071-2100 időszakra (napok száma)
7. Az éves csapadékmennyiség várható változása Magyarországon a 2071-2100 időszakra (mm)
8. Az évszakos csapadék várható változása Magyarországon a 2071-2100 időszakra (mm)
9. A módosított Pálfi-féle aszályindex várható változása a 2071-2100 időszakra

- Időjárási szélsőségek:

10. A tavaszi fagyos napok számának várható változása a 2071-2100 időszakra (napok száma)

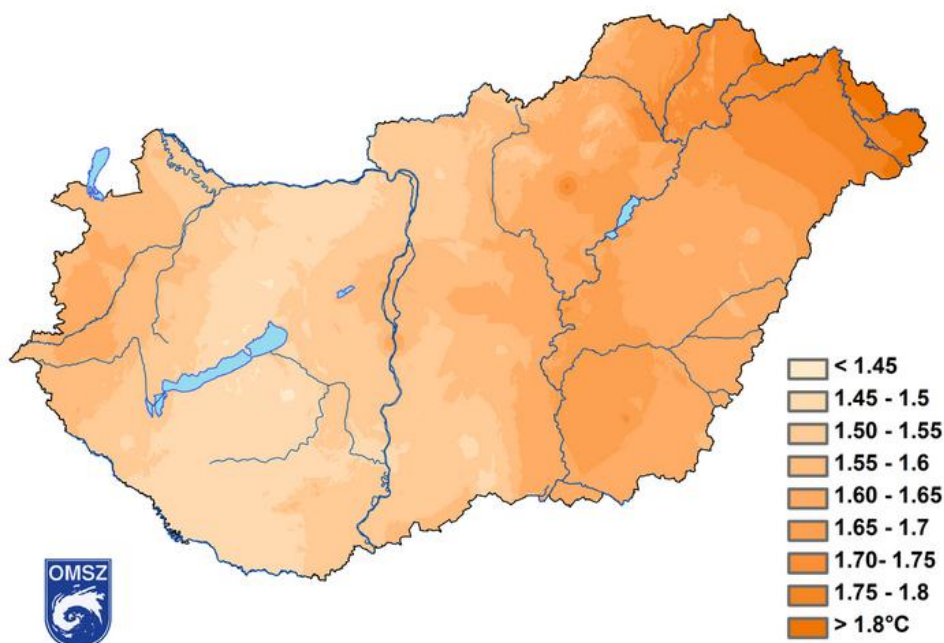


11. A klímaváltozás várható hatása a földtani veszélyforrások aktiválódására a 44 mm-t meghaladó csapadékos napok gyakorisága a 2071-2100 időszakra
- Párolgás:
  12. A potenciális evapotranspiráció várható változása a 2071-2100 időszakra (mm)
  13. A klimatikus vízmérleg várható változása a 2071-2100 időszakra (mm)
- Belvízgyakoriság alakulása
  14. Belvízérzékenység
- Árvíz és villámárvizek gyakorisága
  15. Villámárvíz gyakoriságának és intenzitásának vizsgálata
  16. Árhullámok gyakoriságának és intenzitásának vizsgálata
- Globálsugárzás:
  17. A globálsugárzás várható változása Magyarországon a 2071-2100 időszakra (MJ/m<sup>2</sup>)

## Hőmérséklet

A Magyarországra vonatkozó múltbeli megfigyelések és a jövőre vonatkozóan rendelkezésre álló regionális klímamodellek eredményei egyaránt a hőmérséklet emelkedését mutatják. Ez a XXI. századra minden évszak és minden modell esetében statisztikailag szignifikáns, azaz a változások nagysága meghaladja a természetes változékonyságot. A növekedés abban a tekintetben folyamatos, hogy a vizsgált 2071-2100 időszakban ez nagyobb mértékű (átlagosan 3,5 fok), mint a korábbi 2021-2050 időszakban (amikor 1,7 fok az átlagos változás). Magyarországon a nyolcvanas évek elejétől intenzív melegedés kezdődött, az éves középhőmérséklet – a globális tendenciákkal összhangban – növekszik. Az OMSZ adatai alapján a térségben 1981 és 2016 között az évi középhőmérséklet 1,70-1,75 °C-kal emelkedett.

[http://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt\\_valtozasok/Magyarorszag/](http://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarorszag/)



1. ábra Az éves középhőmérsékletek változásának területi eloszlása az 1981-2016 időszakban

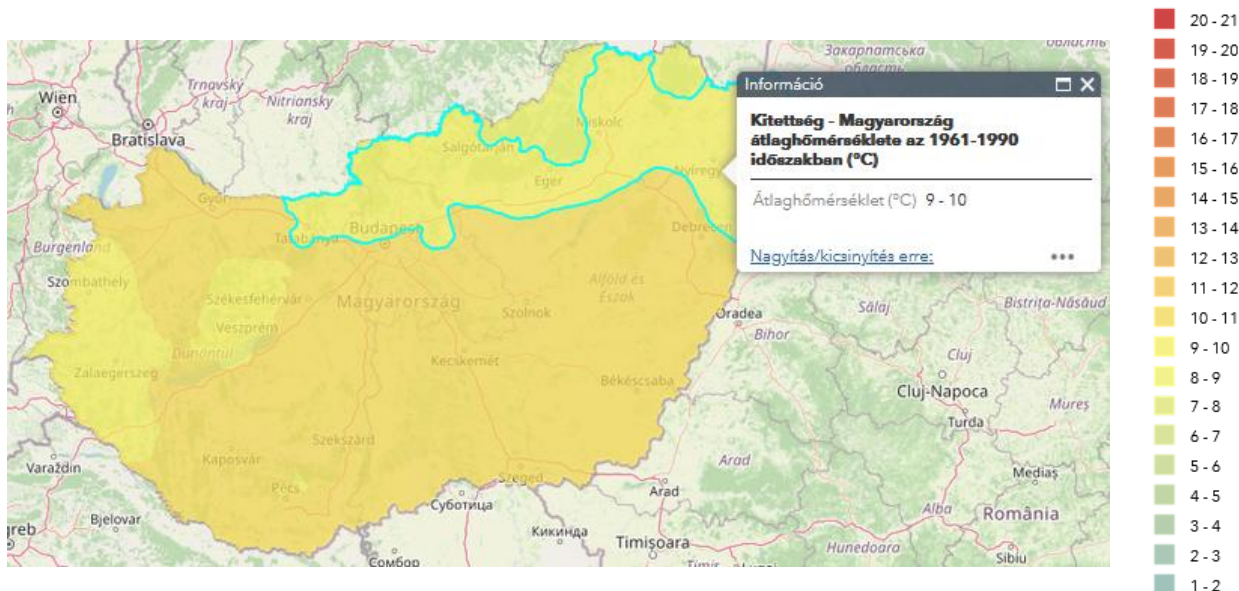
Az emelkedés mértéke figyelembe véve az érvényben lévő klímacsökkentési egyezményben megfogalmazottakat („az iparosodás óta mért globális átlaghőmérséklet jelenleg 0,86 Celsius-fokkal tér el a korábbiaktól”) jelentősnek ítéltető.

A XXI. században folytatódik az átlaghőmérséklet emelkedése a Kárpát-medencében, mégpedig minden évszak, időszak és modell esetében statisztikailag szignifikáns módon (azaz az évek közötti változékonyság

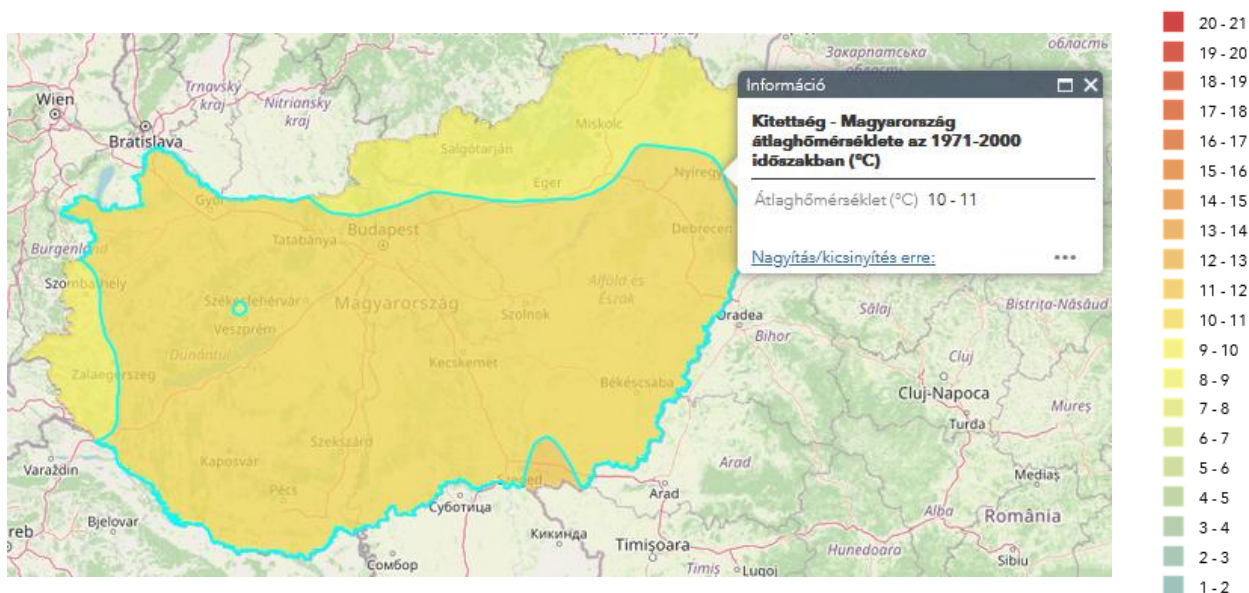
nem haladja meg a változás mértékét). A növekedés abban a tekintetben folyamatos, hogy a vizsgált 2071-2100 időszakban ez nagyobb mértékű (átlagosan 3,5 fok), mint a korábbi 2021-2050 időszakban (amikor 1,7 fok az átlagos változás).

## Éghajlati paraméter: Felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése

Felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése Magyarország teljes területén várható, fokozottan az Alföldön és a Dunántúli-dombságban, valamint a nagyvárosokban.



2. ábra Kötettség – Magyarország átlaghőmérséklete az 1961-1990 időszakban (°C)



3. ábra Kötettség – Magyarország átlaghőmérséklete az 1971-2000 időszakban (°C)

A beruházás helyén az átlaghőmérséklet alakulása az 1961-1990 időszakban 9-10°C volt. Az ábrán látható érték a CARPATCLIM-HU adatbázis napi középhőmérsékleti adatainak a teljes időszakra vett átlagolásával álltak elő.

Magyarország átlaghőmérsékletét ábrázoló térkép szerint az 1971-2000 időszakban a térségben 10-11°C volt az átlaghőmérséklet. Az RCA4/CNRM-CM5 és RCA4/EC-EARTH klímamodellek az 1971-2000 referenciaidőszakhoz viszonyítanak.

Az ALADIN-Climate klímamodell és RegCM klímamodell alapján 3-3,5°C a várható átlaghőmérséklet változás a projekt helyszínén 2071-2100 időszakában a 1961-1990 referencia időszakhoz képest. Az értékek a két időszak átlaghőmérsékleteinek különbségei.

A beruházás területének átlaghőmérsékletében bekövetkező várható változás területi eloszlását vizsgálja a 2071-2100 időszakra az RCA4 regionális modell, CNRM-CM5 és EC-EARTH globális modell adatokkal meghajtott szimulációk adatai alapján, az RCP 4.5 és az RCP 8.5 forgatókönyvre alapozva, az 1971-2000 referencia időszakhoz képest. Az értékek a két időszak átlaghőmérsékleteinek különbségei. A modellek eredményeit a következő táblázat tartalmazza.

Éghajlati paraméter	ALADIN-Climate klímamodell	RegCM klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell
Várható átlaghőmérséklet változás a 2071–2100 időszakra (napok száma) (°C)	3 – 3,5	3 – 3,5	2 – 2,5	3 – 3,5	2 – 2,5	4 – 4,5

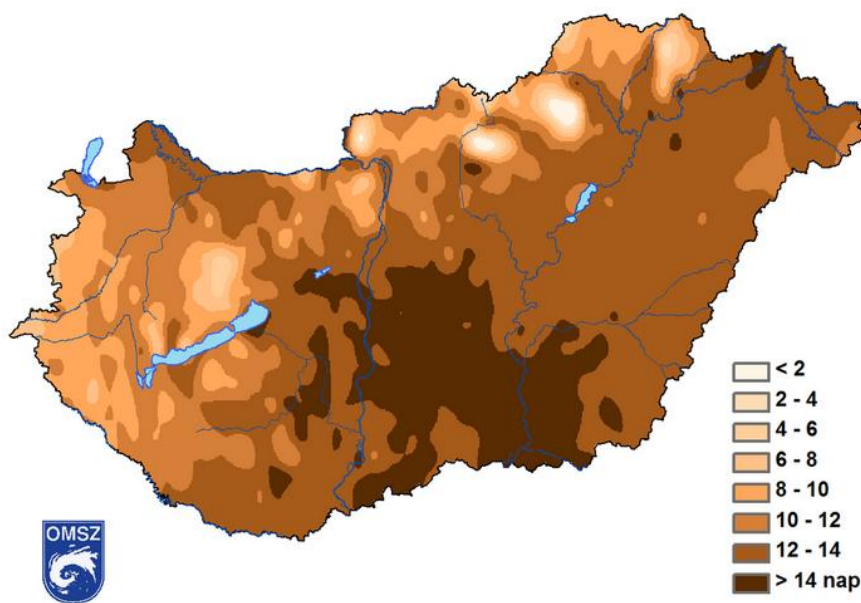
4. táblázat Várható átlaghőmérséklet változás a 2071–2100 időszakra (°C) a projekthelyszínén

A modellek különböző adatokat jósolnak, de a tendencia az összes klímamodell esetében megegyező: a várható átlaghőmérséklet változás a projekt területén emelkedni fog.

A kitettség minősítése: KÖZEPES

#### Éghajlati paraméter: Hőhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése

Hőhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése tekintetében Magyarország teljes területe érintett, fokozottan az Alföld és a nagyvárosok, kisebb mértékben, de fokozottan a Kisalföld.



4. ábra Hőhullámos napok száma (napi középhőmérséklet > 25°C) az 1981-2016-os időszakban, rácsponti trendbecslés alapján

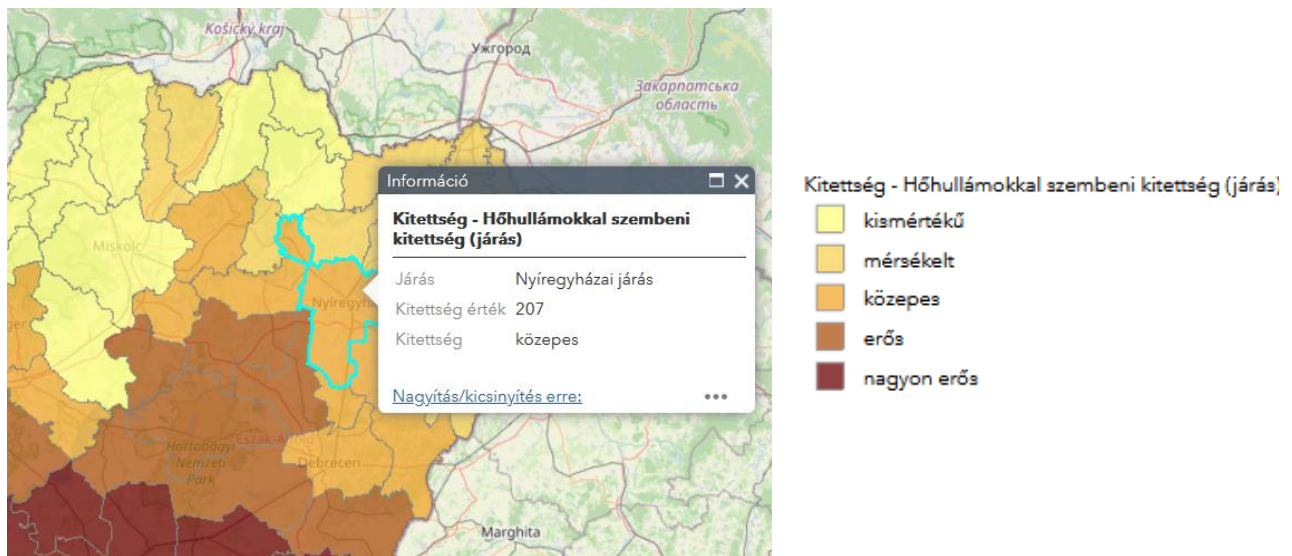
Hőhullám az északi félgömb mérsékelt éghajlatú területein az anticiklonokhoz kapcsolódó, forró időjárási helyzet, amikor a nappali hőmérséklet tartósan 30°C, az éjszakai 25°C felett marad, és ez magas páratartalommal párosul.

Az 1981-2016-os időszakban a hőhullámos napok száma a térségben 12-14 nap volt.

Az alábbi térkép a beruházási területet magába foglaló Nyíregyházi és Nagyállói járásra vonatkozó, a CARPATCLIM-HU klímamoddellel szerzett hosszú idősoros (1970-2010 közötti) meteorológiai adatok (napi középhőmérséklet) alapján az éghajlatváltozás hőhullámokkal összefüggő hatásait jeleníti meg. Mérése: a legalább 25 °C napi átlaghőmérsékletű napok száma 1971-2010 között a nyári (május 1. – szeptember 30.)

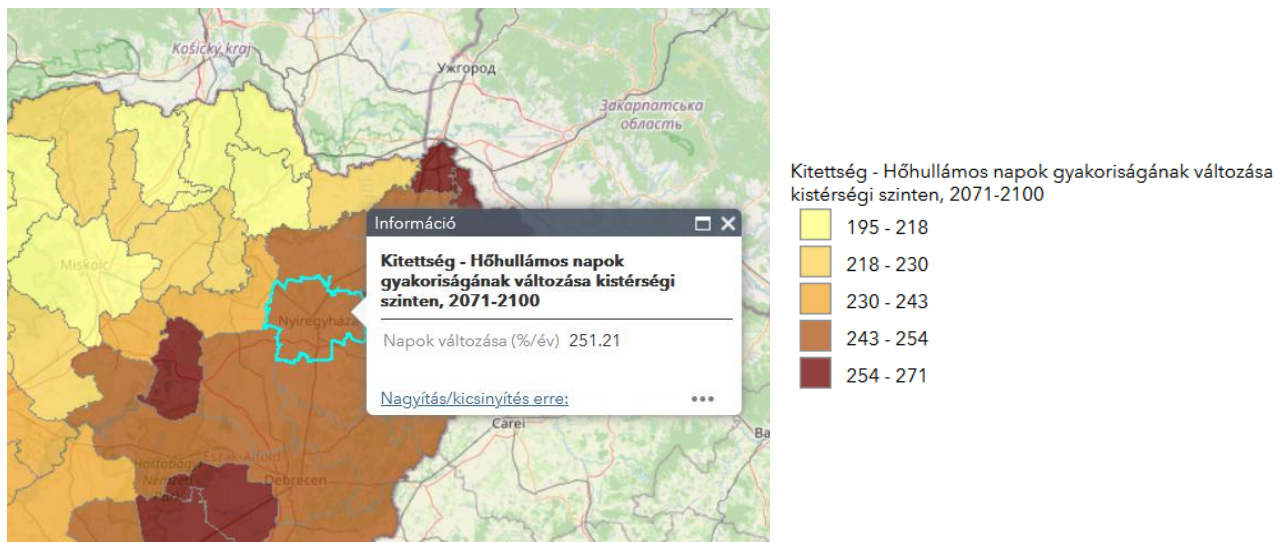


időszakokban a járásokban. A térkép alapján látható, hogy a tervezett beruházás helyszíne hőhullámokkal szembeni kitettség alapján *közepes* kitettségű.



5. ábra Kitettség – Hőhullámokkal szembeni kitettség járási szinten

Az alábbi térkép a klímamodell 2071-2100 időszakában a hőhullámos napok számának változását (%) szemlélteti a klímamodell 1991-2020 időszakához képest kistérségi szinten.



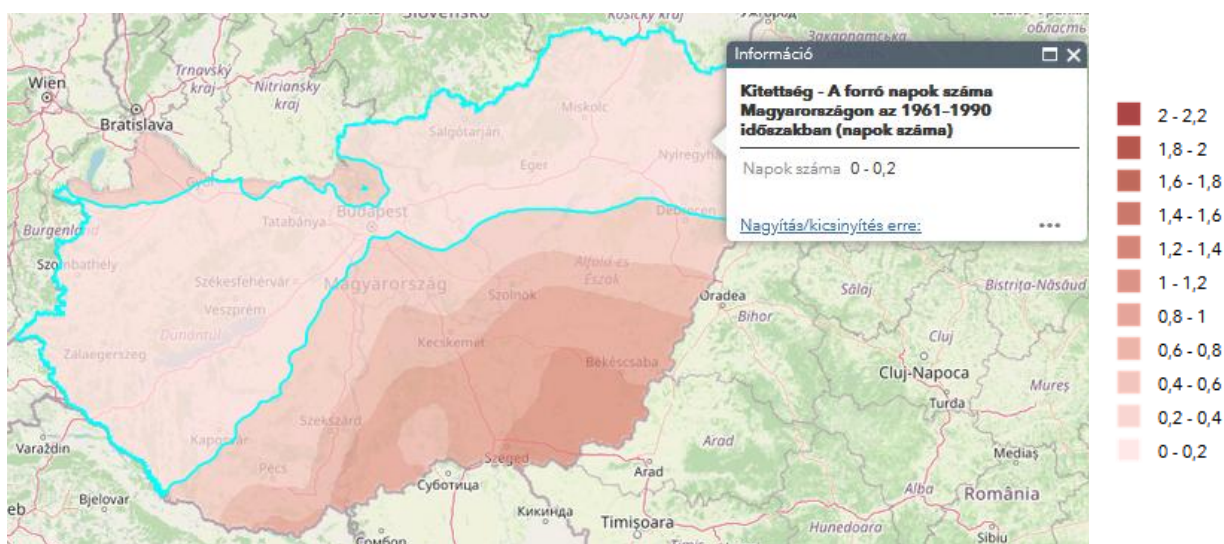
6. ábra Kitettség – Hőhullámos napok gyakoriságának változása kistérségi szinten, 2071-2100

A tervezési területen a hőhullámos napok gyakoriság változása a Nyíregyházi kistérségben 251,21%.

A kitettség minősítése: MAGAS

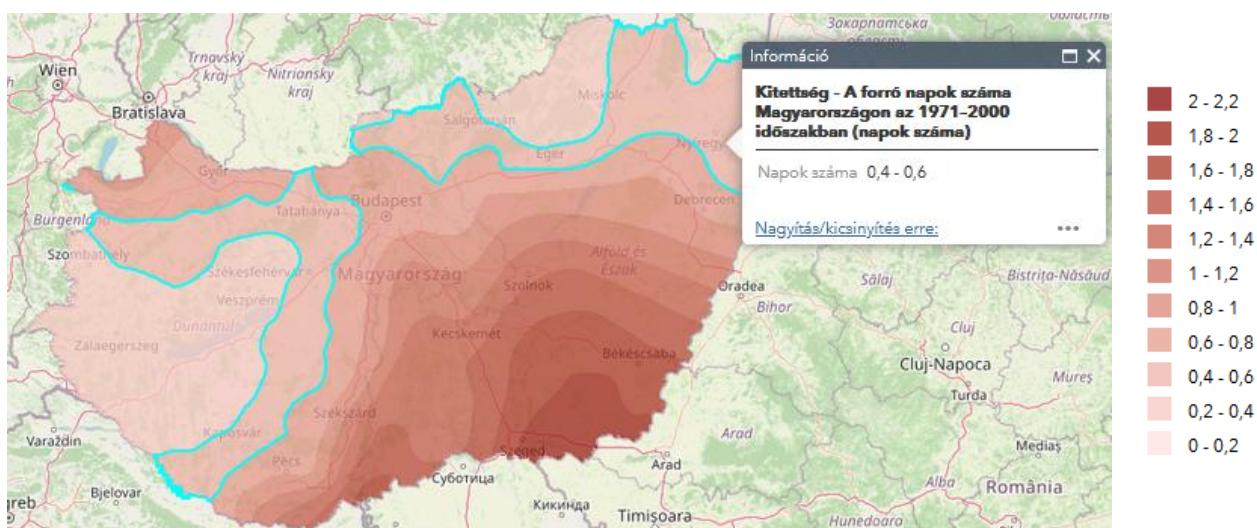
### Éghajlati paraméter: A forró napok számának növekedése

A következő térkép a forró napok átlagos évi számának területi eloszlását ábrázolja a beruházás területére, az 1961-1990 időszakra. Forró napnak azok a napok minősülnek, amikor a napi maximum hőmérséklet eléri, vagy meghaladja a 35°C-t. A megjelenített értékek a forró napok évi számainak a teljes időszakra vett átlagai. Az adatok a CARPATCLIM-HU adatbázisból származnak. A térkép alapján a térségben a forró napok száma évente 0-0,2 nap volt az 1961-1990 időszakban.



7. ábra Kitétség – A forró napok száma Magyarországon az 1961-1990 időszakban (napok száma)

A következő térkép a forró napok átlagos évi számának területi eloszlását ábrázolja Magyarországon az 1971-2000 időszakra.



8. ábra Kitétség – A forró napok száma Magyarországon az 1971-2000 időszakban (napok száma)

A forró napok átlagos évi számában bekövetkező várható változást Magyarországon a 2071–2100 időszakra az ALADIN-Climate és a RegCM klímamodell projekciója alapján, az 1961–1990 referencia időszakhoz képest vizsgálja. Az értékek a két időszakra jellemző átlagos évi számok különbségei.

A forró napok átlagos évi számában bekövetkező várható változást vizsgálja a beruházás területén a 2071–2100 időszakra az RCA4 regionális modell, a CNRM-CM5 és az EC-EARTH globális modell adatokkal meghajtott szimulációk adatai alapján, az RCP4.5 és az RCP 8.5 forgatókönyvre alapozva, az 1971–2000 referencia időszakhoz képest.

A modellek eredményeit a következő táblázat tartalmazza.

Éghajlati paraméter	ALADIN-Climate klímamodell	RegCM klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell
A forró napok számának várható változása a 2071–2100 időszakra (napok száma)	20 – 25	0 – 5	5 – 10	15 – 20	5 – 10	15 – 20

5. táblázat A forró napok számának várható változása a 2071–2100 időszakra (napok száma) a projekthelyszínen

A klímamodellek a fent ismertetett előrejelzések alapján megközelítőleg egységesen jósolnak növekedést a forró napok számának változása tekintetében a 2071–2100 időszakra.

A változás jelentősnek ítéltető, legfőképp az ALADIN-Climate klímamodell alapján.

A kitettség minősítése: MAGAS

### Éghajlati paraméter: Hirtelen hőmérsékleteséssel (10°C 3 óra alatt) érintett

A mutató a hirtelen hőmérsékleteséssel (10°C 3 óra alatt) érintett napok éves átlagos számának változását jeleníti meg települési szinten a modellezett 2071-2100 és a 1971-2000 referenciaidőszak viszonylatában, a vizsgált klímamodellek alapján. A mutató alkalmas a létesítmények éghajlatváltozásnak való kitettségét jellemezni.

Az adatok két globális modellel (CNRM-CM5; EC-EARTH) meghajtott RCA4 regionális klímamodell adatai alapján a közepesen optimista, RCP4.5-ös és a pesszimista, RCP8.5-ös forgatókönyvre alapozva készültek.

Éghajlati paraméter	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP8.5 klímamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP8.5 klímamodell
Hirtelen hőmérsékleteséssel (10°C 3 óra alatt) érintett napok éves átlagos számának változása a 2071–2100 időszakra (napok száma)	1,12	0,71	0,02	1,05

6. táblázat Hirtelen hőmérsékleteséssel (10°C 3 óra alatt) érintett napok éves átlagos számának változása a 2071–2100 időszakra (napok száma) a projekthelyszínen

A vizsgált klímamodellek egységesen növekedést jósolnak a hirtelen hőmérsékleteséssel érintett napok éves átlagos számának változására.

A kitettség minősítése: ALACSONY

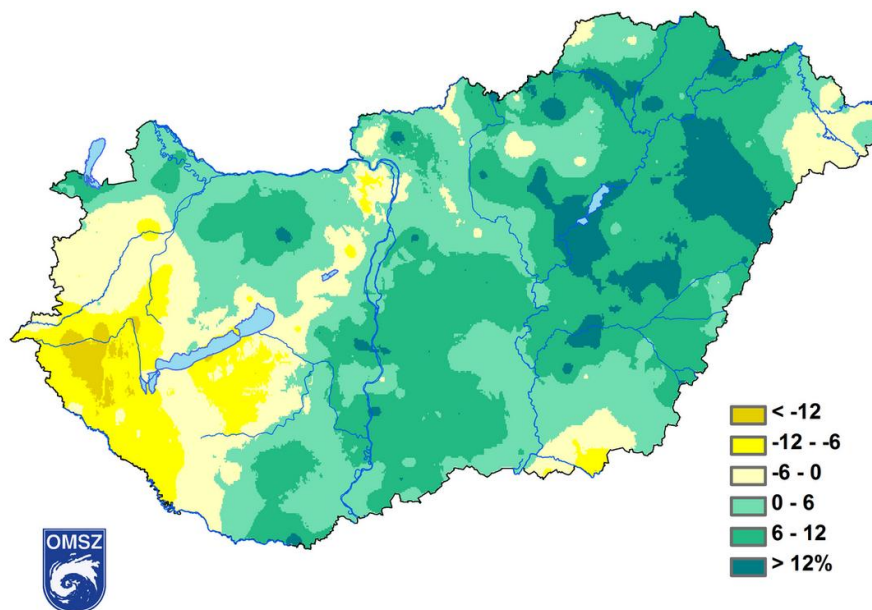
### Csapadék és aszály

#### Általános adatok

A csapadék térben és időben nagyon változékony, így a – az éghajlatváltozás hatására bekövetkező – tendenciákat nehezebb kimutatni, mint a hőmérséklet esetén. Míg az évi középhőmérséklet az elmúlt 36 évben szignifikáns növekedést mutat, addig a csapadék változása még egy hosszabb, több mint 50 évet felölelő időszakban sem mutatható ki egyértelműen. A térbeli eltéréseket trendtérképen szemléltették. Az elmúlt 56 évben, 1961 és 2016 között bekövetkezett változásokat bemutató térkép az exponenciális trendillesztésből adódó 56 év alatti %-os változást jelzi. A nyugati országrészben, valamint a Dunántúl középső részén csökkenés jellemző az elmúlt fél évszázadban. A Duna-Tisza-köze, valamint a Tiszántúl legnagyobb részén növekedés látható.

Az OMSZ adatai alapján a térségben 1961 és 2016 között az átlagos csapadékösszegek 6-12%-kal növekedtek. ([http://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt\\_valtozasok/Magyarorszag/](http://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarorszag/))

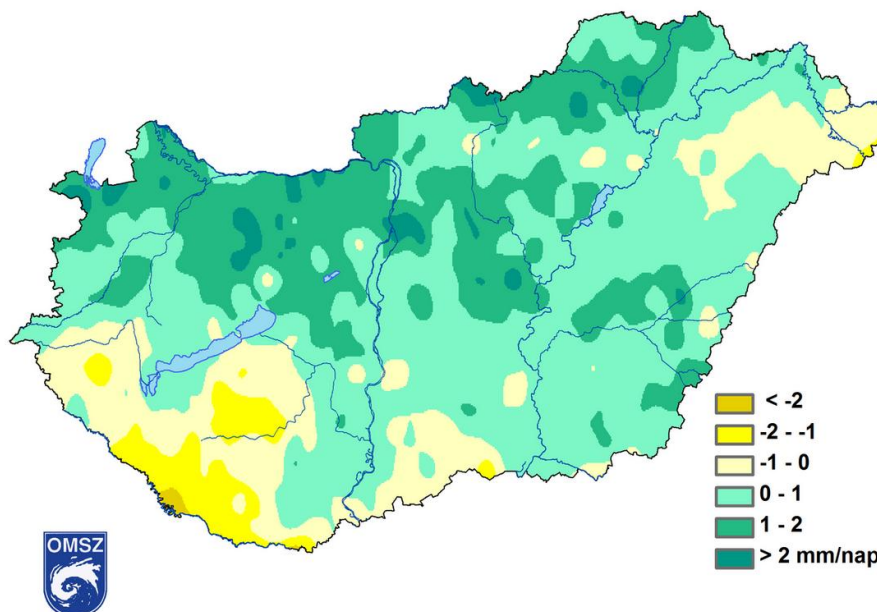




9. ábra Az éves csapadékösszeg %-os változása 1961 és 2016 között

A 20 mm-t meghaladó csapadéku napok enyhe növekedést mutatnak, s a száraz időszakok hossza (vagyis a leghosszabb időszak, amikor a napi csapadék nem éri el az 1 mm-t), pedig jelentősen megnövekedett a 20. század eleje óta. A napi intenzitás (egy adott periódusban lehullott összeg és a csapadékos napok számának hányadosa) nyáron jelentősen megnövekedett. Az átlagos napi csapadékok növekedése arra utal, hogy a csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok formájában hullik.

A nyári csapadékintenzitás-változás a térségben 1961-2016 között -1-0 mm/nap értékre adódott. A nyári napi intenzitás országos átlagban növekedett, ezt a növekedést a délnyugat-dunántúli, és kisebb kiterjedésben az északkelet-magyarországi területek csapadékintenzitásának csökkenése mérsékli.



10. ábra A nyári átlagos napi csapadékintenzitás (átlagos csapadékoság) változása az 1961–2016 időszakban

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.

## Éghajlati paraméter: Csapadék intenzitásának növekedése

A szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedésével fokozottan kell számítani majd arra, hogy a hirtelen, nagy csapadékhozamú esőzések gyakrabban fordulnak elő, továbbá az intenzitásuk is növekszik.

Kitett terület: Magyarország teljes területe, fokozottan az Északi-középhegység, valamint a Dunántúli-középhegység és a Dunántúli-dombság területei.

A következő adatok az átlagos, évszakonkénti csapadékintenzitás területi eloszlását mutatják be. A csapadékintenzitás a csapadékösszeg és a csapadékos napok számának hányadosaként áll elő. Csapadékos napnak azok a napok minősülnek, amikor a napi csapadékösszeg eléri, vagy meghaladja az 1 mm-t. Az értékek az egyes évek évszakai csapadékintenzitásainak a teljes vizsgált időszakra vett átlagai. Az adatok a CARPATCLIM-HU adatbázisból származnak.

Az évszakonkénti csapadékintenzitás várható változásának területi eloszlásának ábrázolásánál az ALADIN-Climate és a RegCM klímamodell az 1961-1990 referencia időszakhoz képest mutatja a változást. Az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell az RCA4 regionális modellt, a CNRM-CM5 globális modellt adatokkal meghajtott szimulációk adatai alapján, az RCP 4.5 forgatókönyvre alapozva, az 1971-2000 referencia időszakhoz képest mutatja a változást, hasonlóan az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodellhez, ami az RCP 8.5 forgatókönyvet veszi alapul. Az RCA4/EC-EARTH/RCP4.5, valamint az RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell az RCA4 regionális modellt, EC-EARTH globális modellt adatokkal meghajtott szimulációk adatai alapján prognosztizál – az előbbi az RCP 4.5 forgatókönyvre, míg az utóbbi az RCP 8.5 forgatókönyvre alapoz. Mindkét modell az 1971-2000 referencia időszakhoz viszonyít.

A vizsgált klímamodellek alapján a csapadékintenzitás várható évszakai változására a következő adatok állnak elő.

Évszak	Referencia érték (1961-1990)	ALADIN-Climate klímamodell	RegCM klímamodell
tél	4 – 4,5	0-1	0-1
tavas	4,5 – 5	0-1	0-1
nyár	6,5 – 7	0-1	1-2
ősz	5,5 – 6	0-1	1-2

7. táblázat Az évszakonkénti csapadékintenzitás (mm/nap) várható változása 2071-2100 között a projekthelyszínen 1.

Évszak	Referencia érték (1971-2000)	RCA4/CNRM- CM5/RCP4.5 klímamodell	RCA4/CNRM- CM5/RCP8.5 klímamodell	RCA4/EC- EARTH/RCP4.5 klímamodell	RCA4/EC- EARTH/RCP8.5 klímamodell
tél	4,5 – 5	0-1	0-1	0-1	0-1
tavas	5 – 5,5	0-1	0-1	0-1	0-1
nyár	6,5 – 7	0-1	0-1	-1-0	0-1
ősz	6 – 6,5	-1-0	1-2	0-1	0-1

8. táblázat Az évszakonkénti csapadékintenzitás (mm/nap) várható változása 2071-2100 között a projekthelyszínen 2.

A klímamodellek legnagyobb részt a csapadékintenzitás növekedését jósolják. Az őszi, illetve a nyári hónapra vonatkozóan 1-1 modell az intenzitás csökkenését jósolta.

A kitettség minősítése: KÖZEPES

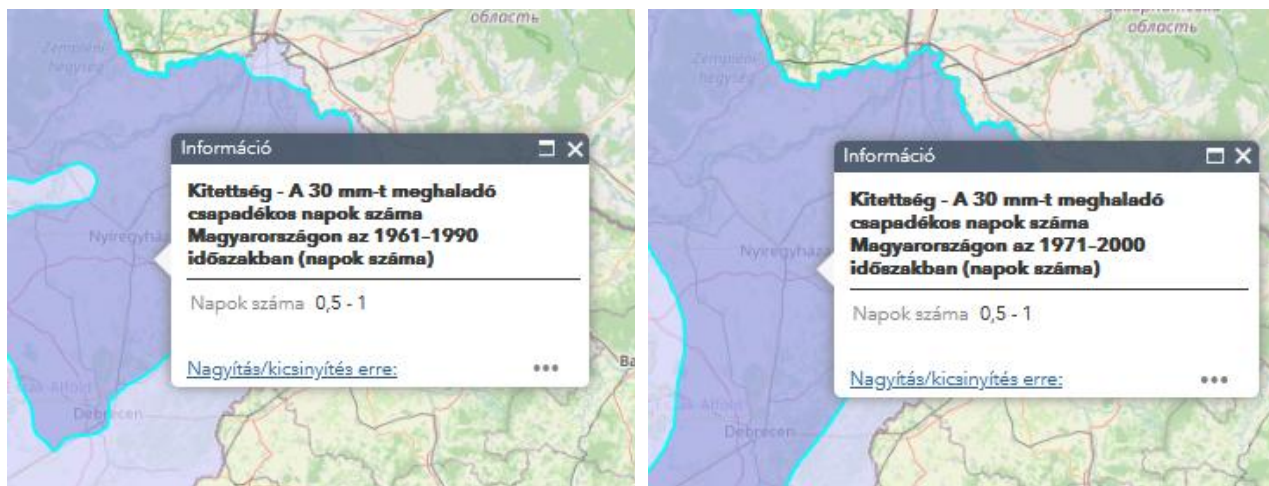
## Éghajlati paraméter: 30 mm-t meghaladó mennyiségű csapadékos napok számának növekedése

A következőkben bemutatjuk azt a mutatót – az útszerkezet sérülékenységevel kapcsolatos vizsgálatok szempontjából jelentős változót –, mely a 30 mm-t meghaladó mennyiségű csapadékkal érintett napok éves átlagos számának változását jeleníti meg települési szinten a modellezett 2021-2050 és az 1971-2000 referenciaidőszak viszonylatában, a vizsgált klímamodell alapján.

Az adatok két globális modellel (CNRM-CM5; EC-EARTH) meghajtott RCA4 regionális klímamodell adatai alapján a közepesen optimista, RCP4.5-ös és a pesszimista, RCP8.5-ös forgatókönyvre alapozva készültek.



A következő két ábra referenciaértékként azon napok átlagos évi számának területi eloszlását ábrázolja az 1961-1990 és az 1971-2000 időszakban, amikor 0°C-nál magasabb átlaghőmérséklet mellett a napi csapadékösszeg meghaladta a 30 mm-t. A megjelenített értékek a 30 mm-t meghaladó csapadékos napok évi számainak a teljes időszakra vett átlagai. Az adatok a CARPATCLIM-HU adatbázisból származnak.



11. ábra Kitettség – A 30 mm-t meghaladó csapadékos napok száma a beruházás területén az 1961-1990 és 1971-2000 időszakban

Éghajlati paraméter	ALADIN- Climate klímamodell	RegCM klímamodell	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP8.5 klímamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP8.5 klímamodell
A 30 mm-t meghaladó mennyiségű csapadékkal érintett napok éves átlagos számának változása 2071-2100 időszakra (napok száma)	0 – 0,5	0,5 – 1	-0,5 – 0	0,5 – 1	0 – 0,5	0 – 0,5

9. táblázat A 30 mm-t meghaladó mennyiségű csapadékkal érintett napok éves átlagos számának változása 2071-2100 időszakra a vizsgált klímamodellek alapján (napok száma)

A fenti adatokból látható, hogy az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell kivételével az összes klímamodell a tárgyi területre vonatkozóan a 30 mm-t meghaladó csapadékos napok számának növekedését jósolja meg. Az intenzív záporból, zivatarból rövid idő alatt nagy mennyiségű csapadékhullás gyakoribbá, az intenzitása pedig a tapasztalatok szerint folyamatosan erősebbé válik Magyarországon, így a térségben is.

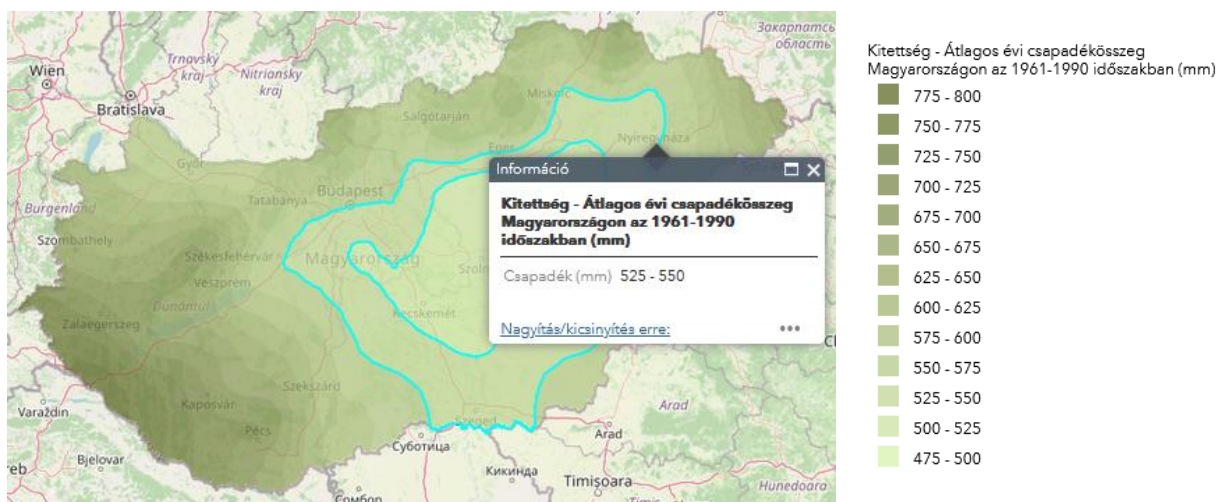
A kitettség minősítése: KÖZEPES

### Éghajlati paraméter: Éves csapadékmennyiség csökkenése

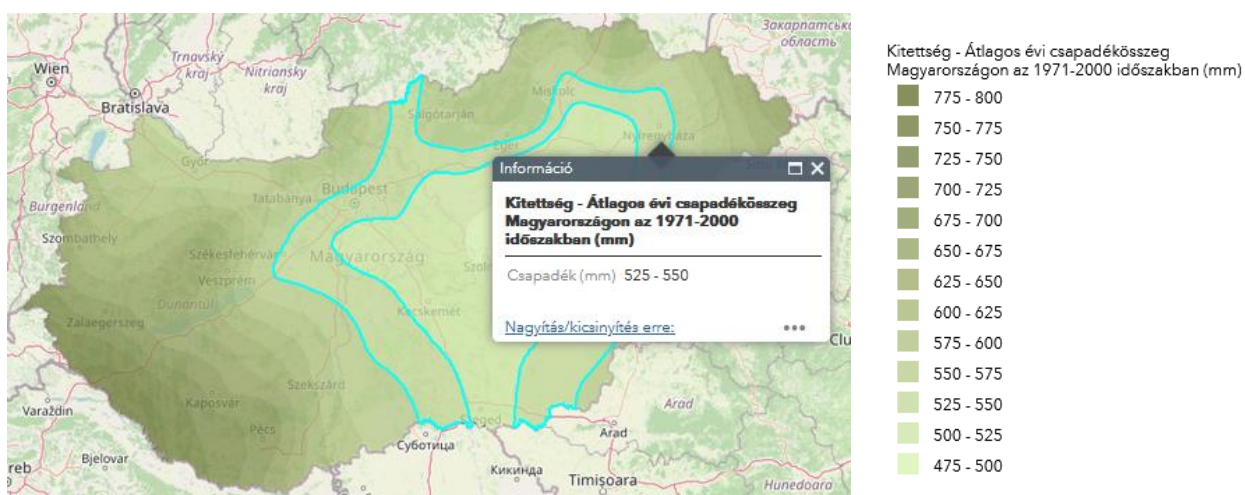
Érintett: Magyarország teljes területe, fokozottan az Alföld

Magyarországon a csapadék térben és időben egyaránt változékony éghajlati paraméter. Ebből kifolyólag a csapadék jövőbeli megváltozása nagy bizonytalansággal terhelt, mert a modellek eredményei nemcsak a változás mértékében, de gyakran annak előjelében is eltérnek, ráadásul a változások csak néhány esetben bizonyulnak statisztikailag szignifikánsnak.

A következő térkép a beruházás környezetének átlagos évi csapadékának területi eloszlását ábrázolja az 1961-1990 és az 1971-2000 időszakra. A megjelenített értékek a CARPATCLIM-HU adatbázis alapján származtatott évi csapadékösszegek teljes időszakra vett átlagolásával álltak elő.



12. ábra Kitettség – Átlagos évi csapadékösszeg Magyarországon az 1961-1990 időszakban (mm)



13. ábra Kitettség – Átlagos évi csapadékösszeg Magyarországon az 1971-2000 időszakban (mm)

Az átlagos évi csapadékösszeg a beruházás környezetében az 1961-1990 időszakban és az 1971-2000 időszakra vonatkozóan is 525-550 mm-re adódott. Az éves csapadékmennyiség várható változását a beruházás területére vonatkozóan megvizsgáltuk a már fentebb bemutatott klímamodellek segítségével. Az alábbi táblázat az átlagos évi csapadékösszeg várható változását mutatja be a 2071–2100 időszakra a klímamodellek projekciója alapján, az ALADIN-Climate RegCM klímamodellek esetében az 1961–1990 referencia időszakhoz képest, míg az RCP4.5 és RCP8.5 forgatókönyvek esetében az 1971-2000 referencia időszakhoz képest. A megjelenített értékek a két időszak átlagos évi csapadékösszegeinek különbségei.

Éghajlati paraméter	ALADIN-Climate klímamodell	RegCM klímamodell	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP8.5 klímamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP8.5 klímamodell
A csapadék várható változása a 2071-2100 időszakban (mm)	-75 – -50	25 – 50	0 – 25	50 – 75	25 – 50	25 – 50

10. táblázat Kitettség – A csapadék várható változása a beruházás területén a 2071-2100 időszakra a klímamodellek alapján (mm)

A klímamodellek az éves csapadékmennyiség csökkenésére vonatkozóan eltérő adatokat prognosztizálnak. Az ALADIN-Climate csapadékmennyiség csökkenni fog a 2071-2100 időszakban a projekt helyszínén az 1961-1990, illetve 1971-2000 referencia időszakhoz képest. A másik öt vizsgált klímamodell az éves csapadékmennyiségekre vonatkozóan növekedést jelez elő.

A kitettség minősítése: KÖZEPES

## Éghajlati paraméter: Csapadék évszakos eloszlásának változása

A csapadék jövőbeli megváltozása nagy bizonytalansággal terhelt, mert a modellek eredményei nemcsak a változás mértékében, de gyakran annak előjelében is eltérnek, ráadásul a változások csak néhány esetben bizonyulnak statisztikailag szignifikánsnak. Ezzel együtt elmondható, hogy a magyarországi átlagos csapadékösszeg nyári csökkenése várható, míg ősszel és télen több csapadék valószínűsíthető, különösen az ország déli területein. A nyári csapadékatlag 2021–2050-re 5-10%-ot, 2071–2100-ra 20%-ot elérő csökkenésében jobbra egységesek a becslések. Ősszel országos átlagban 3- 14%-os növekedés várható.

A következő adatok a beruházás területére vonatkozóan az átlagos évszakos csapadékmennyiségeket jelenítik meg az 1961-1990, valamint 1970-2000 időszakokra nézve. A megjelenített adatok az évenkénti évszakos csapadékösszegeknek a teljes vizsgált időszakra vett átlagai, melyek a CARPATCLIM-HU adatbázisból származnak.

Az alábbi táblázat az évszakonkénti csapadékmennyiség (mm) várható változását mutatja be az előbbieken leírt referencia időszakokhoz képest. A megjelenített értékek a két időszak átlagos, évszakonkénti csapadékösszegeinek különbségei.

Évszak	Referencia időszak (1961-1990)	ALADIN-Climate klímamodell	RegCM klímamodell
tél	100 – 125	-25 – 0	0 – 25
tavaszi	125 – 150	0 – 25	-25 – 0
nyár	175 – 200	-75 – -50	-25 – 0
ősz	100 – 125	0 – 25	25 – 50

11. táblázat Az évszakonkénti csapadékmennyiség (mm) várható változása 2071-2100 között a projekthelyszínen 1.

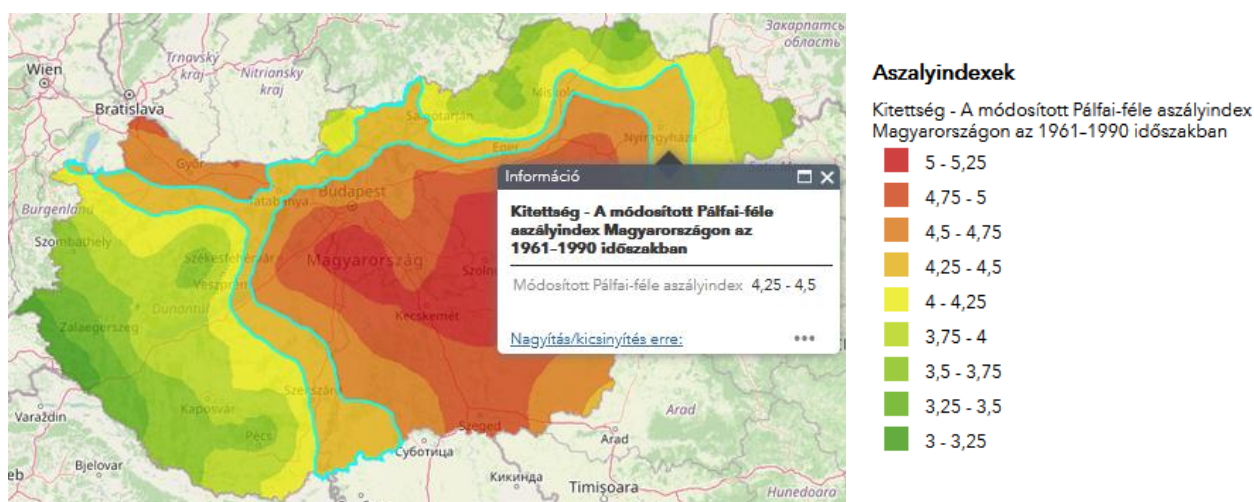
Évszak	Referencia időszak (1971-2000)	RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell
tél	75 – 100	25 – 50	25 – 50	0 – 25	25 – 50
tavaszi	125 – 150	0 – 25	0 – 25	25 – 50	0 – 25
nyár	175 – 200	-25 – 0	-25 – 0	-25 – 0	-25 – 0
ősz	100 – 125	-25 – 0	0 – 25	0 – 25	-25 – 0

12. táblázat Az évszakonkénti csapadékmennyiség (mm) várható változása 2071-2100 között a projekthelyszínen 2.

A kitettség minősítése: KÖZEPES

## Éghajlati paraméter: Aszályos időszakok hosszának növekedése

Érintett: Aszályos időszakok hosszának növekedése tekintetében Magyarország teljes területe érintett, fokozottan az Alföld, valamint olyan területek, ahol a vízkészletek szennyezettek, illetve az igénybevételük jelenleg is fokozott.

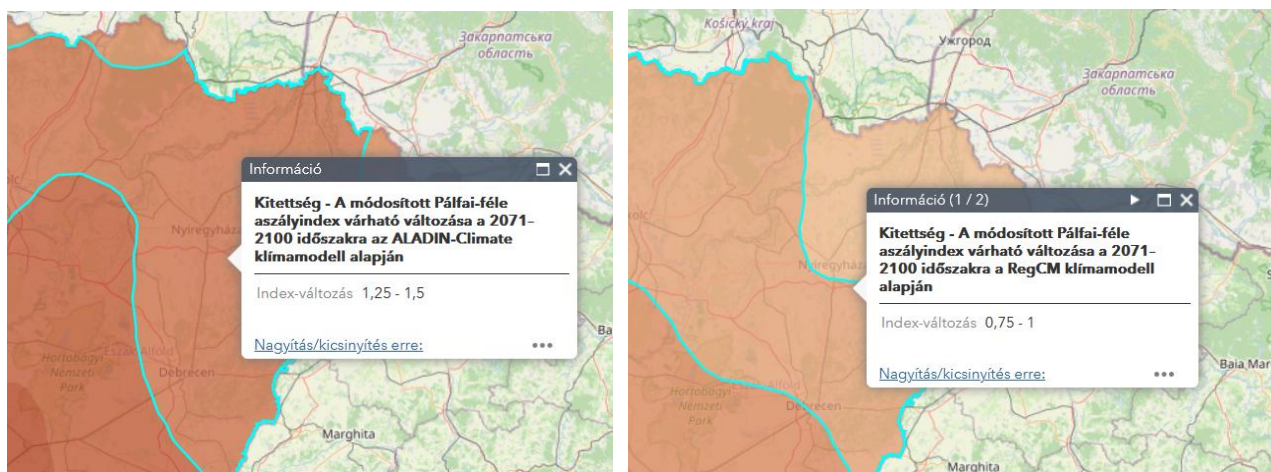


14. ábra Kitettség – A módosított Pálfi-féle aszályindex a projektterületen az 1961-1990 közötti időszakban



A területre jelenleg jellemző módosított Pálfai-féle indexet ábrázolja a fenti ábra, mely az átlagos értékeit ábrázolja Magyarország területére az 1961–1990 időszakra. A megjelenített értékek az egyes évekre számolt indexeknek a teljes vizsgált időszakra vett átlagai. Az adatok a CARPATCLIM-HU adatbázisból származnak. A térkép alapján a területre jellemző Pálfai-féle index értéke 4,25-4,50 közötti, ami a PaDI szerinti aszálykategória szerint enyhe aszályos területnek minősül.

A Pálfai-féle index az aszályviszonyok időbeli (évenkénti) és térbeli változásának kimutatására, (adott) térség aszályosságának meghatározására szolgál. A következő ábrák a módosított Pálfai-féle aszályindex átlagos értékeiben bekövetkező várható változást ábrázolja Magyarországon a 2071–2100 időszakra az ALADIN Climate és RegCM klímamodell projekciója alapján, az 1961–1990 referencia időszakhoz képest. A megjelenített értékek a két időszakra jellemző átlagos indexek különbségei.



15. ábra Kitettség – A módosított Pálfai-féle aszályindex várható változása a 2071–2100 időszakra az ALADIN-Climate és RegCM klímamodell alapján

Az előrejelzések szerint a ALADIN-Climate klímamodell alapján 1,25-1,50, a RegCM klímamodell alapján 0,75 – 1 egységgel növekedni fog a térség aszályossága. A térségeket súlytó aszályok erősségét kifejező osztályozási rendszer szerint a projekterület aszályossága legrosszabb esetben eléri a mérsékelt aszály sújtotta területi kategóriát (6 – 8°C/100 mm).

Száraz időszakról akkor beszélünk, amikor a napi csapadék összege nem haladja meg az 1 mm-t. A száraz napok számát tekintve a modellek nem mutatnak egyértelmű változást az évszázad közepére. Azonban a század végére már szignifikáns növekedés várható az ország egyes területein (főként keleten). Ezzel várhatóan nő a szárazság és aszály lehetősége és valószínűsége. A kitettség minősítése: KÖZEPES

## Időjárási szélsőségek

### Éghajlati paraméter: Hideg szélsőségek csökkenése/csökkenés a fagyos napok számában

Érintett: Magyarország teljes területe

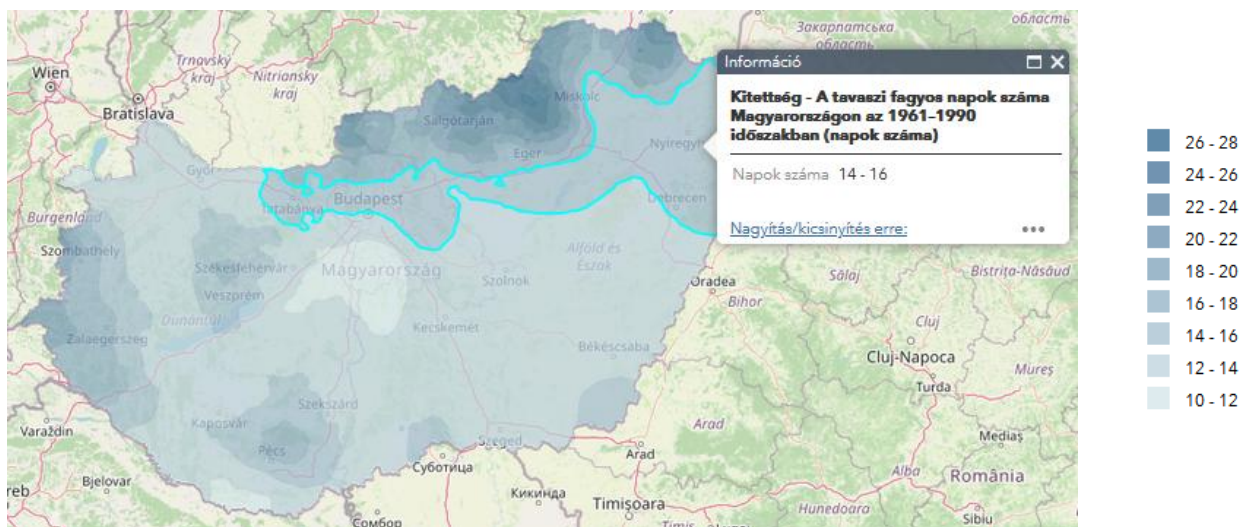
A fagyos napok (napi minimumhőmérséklet  $<0^{\circ}\text{C}$ ) számának csökkenése és a hőség napok (napi maximumhőmérséklet  $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ) számának növekedése egyaránt a melegedő tendenciát jelzi (OMSZ).

A hűvösebb és a melegebb periódusok az indexek értékeiben is megnyilvánulnak, de a nyolcvanas évektől szembevetve az extrém meleg időjárási helyzetek gyakoribbá válása, a szélsőséges hőmérsékletekben bekövetkezett változásokat jellemző trend értékek arra utalnak, hogy a klíma megváltozása a meleg szélsőségek egyértelmű növekedésével és a hideg szélsőségek csökkenésével jár a teljes múlt századot is felölelő időszakban.

A XX. század végén a téli hónapokban a  $+4^{\circ}\text{C}$ -ot meghaladó pozitív anomáliák a teljes időszak 5-10%-ában fordultak csupán elő, nyáron pedig egyáltalán nem. A szimulációk alapján mind télen, mind nyáron egyértelmű a pozitív hőmérsékleti anomáliák XXI. század végére várható gyakoriságnövekedése mindkét modell esetén. Kisebbségi növekedés várható a RegCM-szimuláció szerint: télen 20-35%, nyáron 25-45% az 1961-1990 időszak

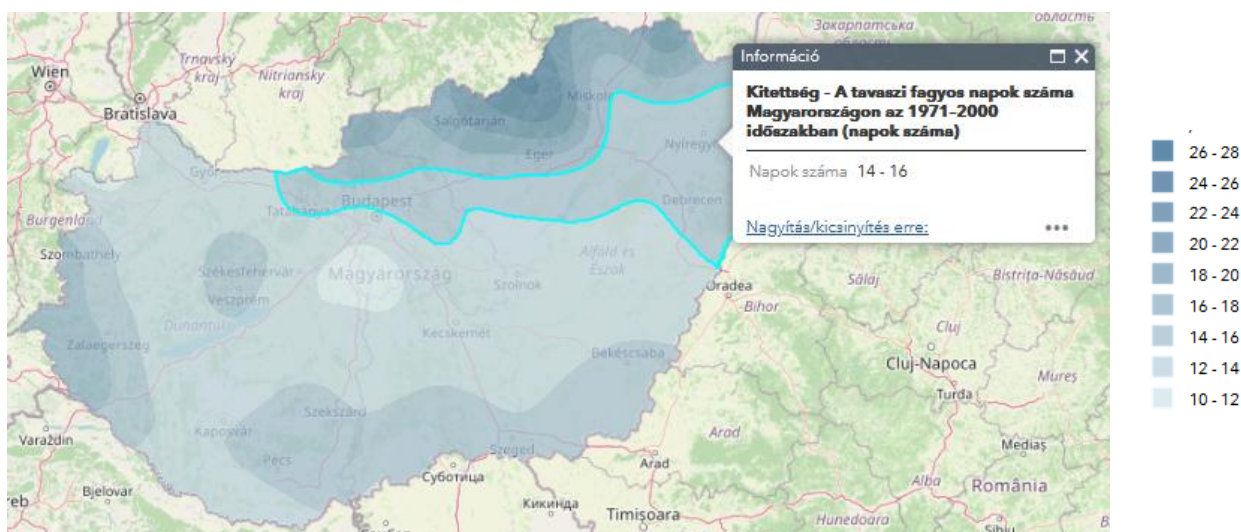
átlagát +4 °C-kal meghaladó anomáliák valószínűsíthető gyakorisága. A PRECIS modell szerint a század végére jelentősebb lesz a múltbeli átlagos hőmérsékletnél legalább +4 °C-kal magasabb havi átlaghőmérsékletek előfordulási gyakorisága (télén 50-60%, nyáron 75-90%).

Tavaszi fagyos napnak azok a napok minősülnek, amikor a napi minimum hőmérséklet 0°C alá süllyed.



16. ábra Kitettség – A tavaszi fagyos napok száma Magyarországon az 1961-1990 időszakban

A projekt helyszínén a tavaszi fagyos napok száma az 1961-1990 időszakban, valamint az 1971-2000 időszakban is 14-16 nap volt. A következő táblázatban a klímamodellek ezekhez a referencia időszakhoz képest mutatják a változást.



17. ábra Kitettség – A tavaszi fagyos napok száma Magyarországon az 1971-2000 időszakban

Éghajlati paraméter	ALADIN-Climate klímamodell	RegCM klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell
A tavaszi fagyos napok számának várható változása a 2071–2100 időszakra (napok száma)	-16 – -14	-4 – -2	-10 – 5	-15 – 10	-15 – 10	-20 – 15

13. táblázat A tavaszi fagyos napok számának várható változása a 2071–2100 időszakra a projekthelyszínen

Az összes vizsgált klímamodell alapján a tavaszi fagyos napok számának csökkenése várható. Az ALADIN-Climate (14-16 nap csökkenés), valamint az RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 (15-20 nap csökkenés) klímamodellek előrejelzései alapján a csökkenés jelentős.

A kitettség minősítése: MAGAS

### Éghajlati paraméter: Földtani veszélyforrás aktivitás

---

A földtani veszélyforrás aktivitást a hivatkozott éghajlati forgatókönyvek és a 44 mm-t meghaladó csapadékesemények gyakorisága alapján vizsgálhatjuk, hogy miként hat az éghajlatváltozás a felszínmozgások aktiválódására a referencia-időszakhoz viszonyítva. A csapadékmennyiségek tekintetében 44 mm feletti csapadékesemény előfordulásakor várhatunk az adott üledékföldtani-morfológiai szituációban felszínmozgást. A várható hatást 5 kategóriába lehet sorolni. A földtani veszélyforrás fogalma alatt sokféle jelenséget értünk. A legismertebbek a földrengések és a vulkáni tevékenység különböző megjelenési formái. Ezek Magyarországon nem jelentenek gyakorlati kockázatot, továbbá bekövetkezésük nem időjárás, illetve klímafüggő. A harmadik csoport, az ún. sekély földtani veszélyforrások azonban országunkban sem elhanyagolható veszélyforrás típus, hiszen hazánkban e probléma 942 települést, a településállomány harmadát érinti.

A 2014-ben készített országos katasztrófa kockázatértékelési jelentés a sekély földtani veszélyforrásokat két fő csoportra osztotta, nevezetesen tömegmozgásokra és üregbeszakadások. E jelenségek különösen akkor okoznak jelentős károkat, ha építményeket vagy valamilyen – jellemzően vonalas – infrastrukturális létesítményt érintenek.

A tömegmozgások, valamint a bányavárat, pince, esetleg barlang eredetű üregbeszakadások veszélyforrásként való kezelését elsősorban a területhasználat kiterjesztése okozza, hiszen az emberek a települések fejlődésével olyan területeket is beépítenek, amelyek ezekkel érintettek.

A klímaváltozás várható hatása a földtani veszélyforrások aktiválódására a 44 mm-t meghaladó csapadékos napok gyakoriságát tekintve az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5, az RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 és az RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell *csökkentett várható hatást* jósol, míg az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell alapján *mérsékelt a várható hatás* az 1971-2000 referencia időszakhoz képest.

A kitettség minősítése: ALACSONY

### Párolgás

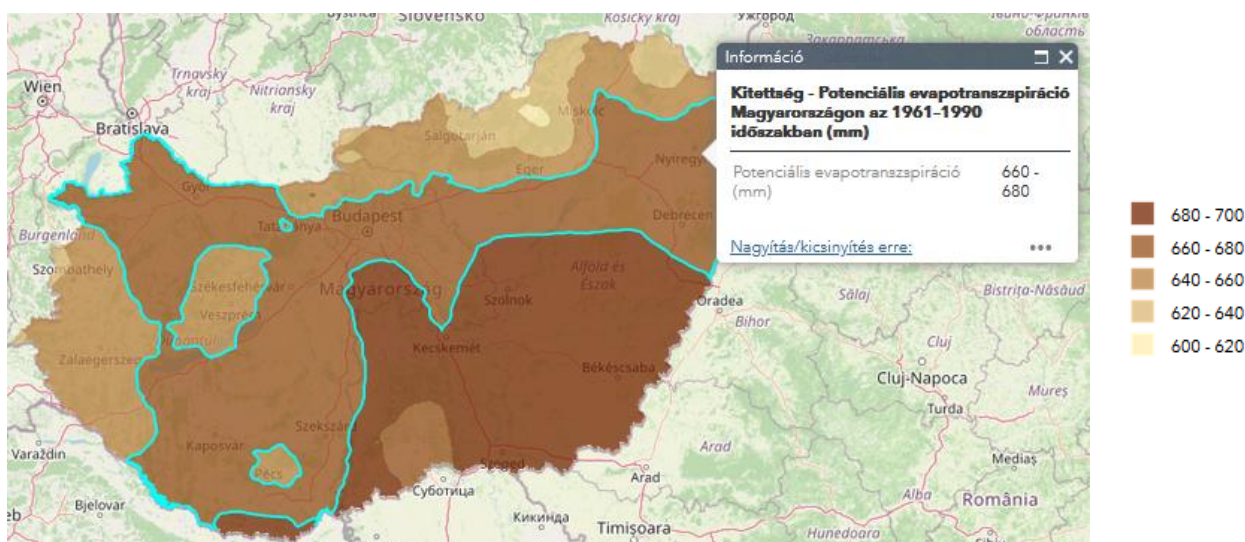
---

### Éghajlati paraméter: Potenciális evapotranspiráció

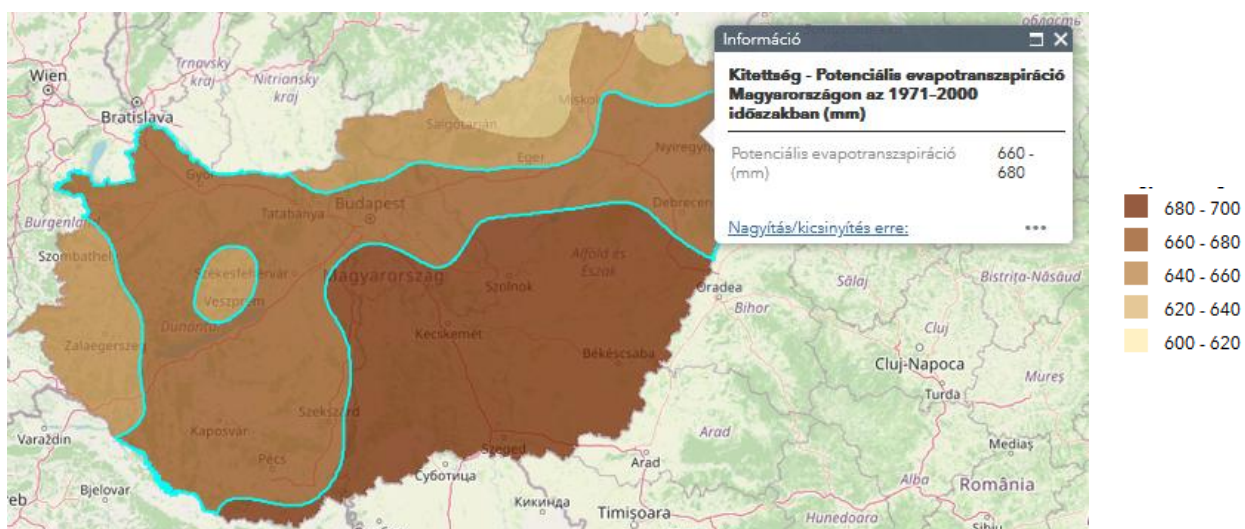
---

A potenciális evapotranszpiráció Thornthwaite módszere alapján került meghatározásra. A projekt helyszínén a potenciális evapotranszpiráció mértéke – az 1961-1990, valamint az 1970-2000 időszak adatai alapján – 660-680 mm.





18. ábra Kitettség – Potenciális evapotranszspiráció a projektterületen az 1961-1990 időszakban (mm)



19. ábra Kitettség – Potenciális evapotranszspiráció a projektterületen az 1971-2000 időszakban (mm)

Az alábbi táblázat a különböző modellek alapján becslést várható potenciális evapotranszspiráció mértékét tartalmazza.

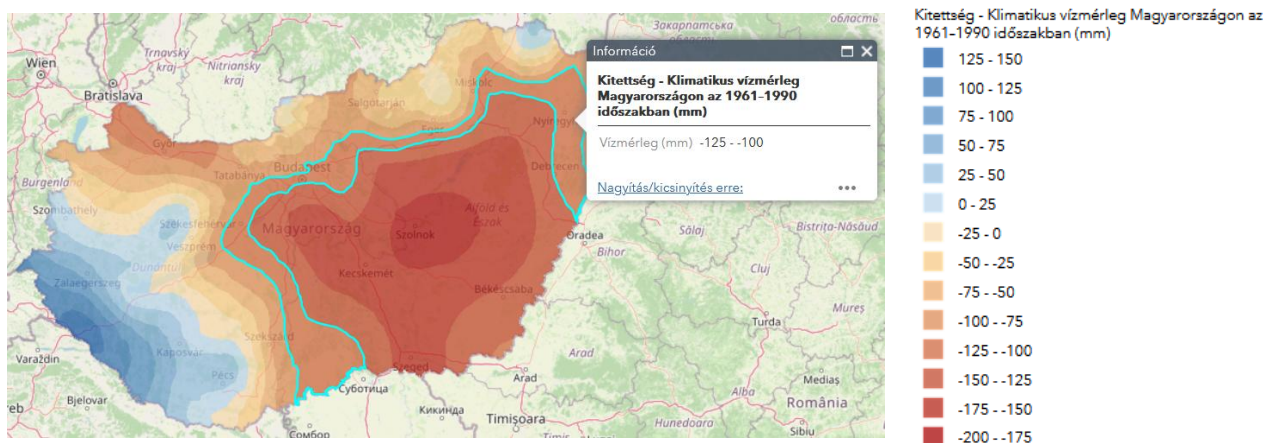
Éghajlati paraméter	ALADIN- Climate klímamodell	RegCM klímamodell	RCA4/ CNRM- CM5/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ CNRM- CM5/ RCP8.5 klímamodell	RCA4/ EC- EARTH/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ EC- EARTH/ RCP8.5 klímamodell
A potenciális evapotranszspiráció várható változása a 2071–2100 időszakra (mm)	140 – 160	100 – 120	60 – 70	120 – 130	70 – 80	140 – 150

14. táblázat Kitettség – A potenciális evapotranszspiráció várható változása a 2071–2100 időszakra a projekthelyszínen

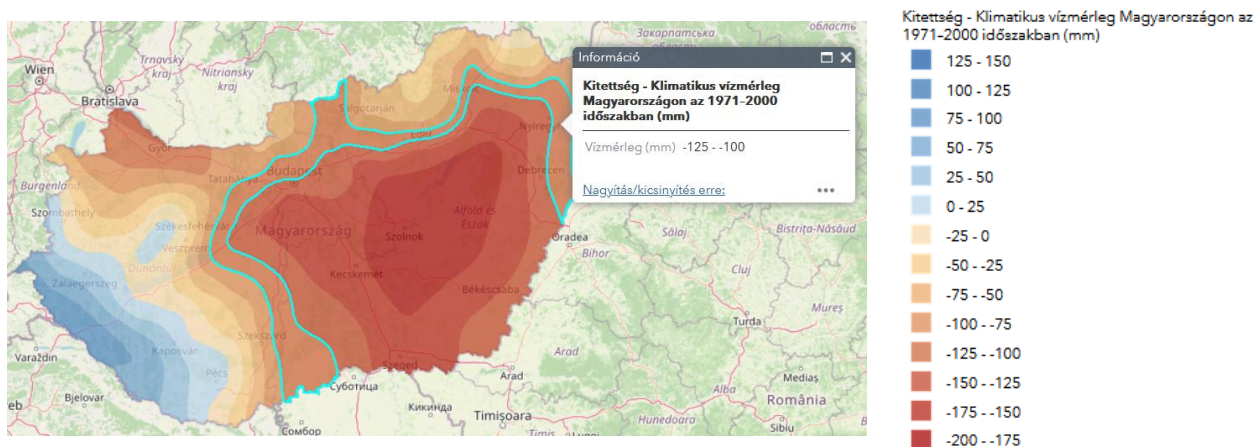
Az összes klímamodell a potenciális evapotranszspiráció növekedését jósolja. A kitettség minősítése: KÖZEPES

## Éghajlati paraméter: Klimatikus vízmérleg

Az alábbi térkép az éves klimatikus vízmérleg átlagos értékeit ábrázolja Magyarország területére, az 1961–1990 időszakra. A klimatikus vízmérleg az évi csapadékösszeg és az évi potenciális evapotranszspiráció különbségeként állt elő, ahol a potenciális evapotranszspiráció Thornthwaite módszere alapján került meghatározásra. A megjelenített értékek az éves klimatikus vízmérleg teljes vizsgált időszakra vett átlagai. Az adatok a CARPATCLIM-HU adatbázisból származnak. Az 1961 és 1990 közti időszak adatai alapján a klimatikus vízmérleg a projekt helyszínén -125 – -100 mm, az 1971-2000 időszakban a nyugati autópálya csomópont koncepció területén -150 – -125 mm, míg a keleti autópálya csomópont koncepció területén -125 – -100 mm.



20. ábra Kitettség – Klimatikus vízmérleg s beruházás területén az 1961-1990 közötti időszakban



21. ábra Kitettség – Klimatikus vízmérleg a beruházás területén az 1971-2000 közötti időszakban

Éghajlati paraméter	ALADIN-Climate klímamodell	RegCM klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell
A klimatikus vízmérleg várható változása a 2071–2100 időszakra (mm)	-225 – -200	-75 – -50	-75 – -50	-75 – -50	-50 – -25	-125 – -100

15. táblázat Kitettség – A klimatikus vízmérleg várható változása a 2071–2100 időszakra a projekthelyszínén



A klímaváltozás hatásai legerőteljesebben valószínűleg a vízfogalom módosulásán keresztül válnak majd érzékelhetővé. A klimatikus vízmérleg változásából jól látható, hogy a térségben a vízhiány tovább emelkedik 2100-ig a legtöbb vizsgált modell előrejelzése szerint.

A kitettség minősítése: MAGAS

## Belvízgyakoriság alakulása

A belvizek a Tisza-szabályozás hibáit követően kerültek előtérbe, a mély fekvésű területek belvíz miatti veszélyeztettsége jelentős. A belvízzel veszélyeztetett terület nagysága eléri a 4,4 millió ha-t, melynek 41 %-a intenzíven művelt mezőgazdaság.

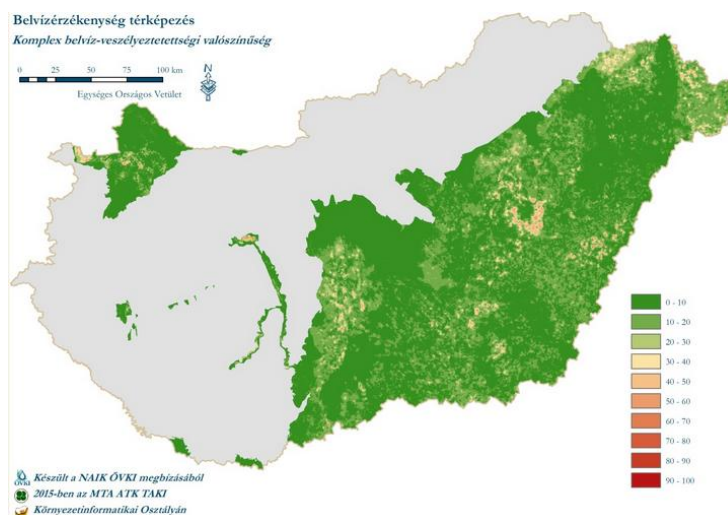
Az evapotranspiráció növekedése és a fagyos napok számának csökkenése a belvíz képződés csökkenése irányában hat, míg az intenzívebbé váló csapadékesemények, a nyári-tavaszi elöntések annak növekedéséhez járulhatnak hozzá.

A 2021-2050 közötti időszakra a HUMI index értékeiben változás nem azonosítható egyik modell eredményei alapján, az adatok a teljes területen –1,6 és 0% között szórnak. A 2071-2100 közötti periódusra a számított változás értékek alig haladják meg a  $\pm 1\%$ -ot mindkét modell esetében, tehát a belvízveszély jelentős változását a HUMI index változásai nem vetítik elő. A változások térbeliségét tekintve a század végére a REMO alapján az alföld keleti részén várható a belvízveszély igen csekély mértékű növekedése.

Az „Árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázatkezelési terv készítése” (KEOP 2.5.0/B/09-12-2013-0001) című pályázat (továbbiakban ÁKK) keretein belül az árvíz kockázat kezelés tervezés III. ütemében külön feladatrészként valósult meg a „Belvízi veszélytérképezés”.

A beruházás területe a 46. sz. Nyíri belvízrendszerhez tartozik. A belvízrendszer területe dombos, dél-észak felé húzódó völgyekkel. A 7 fő völgyben lévő főfolyások gravitációsan vezetik a vizeket a Lónyay-főcsatornába, amely a Tisza visszaduzzasztó hatása miatt végig töltésezett. A Lónyay-főcsatornába torkolló főfolyások torkolati szakaszai szintén töltésezettek. A töltések közötti mélyártérről 7 db szivattyútelep – a gravitációs átvezetés is biztosított – emeli be magas befogadói vízállás esetén a belvizeket. A csatornasűrűség 0,78 km/km<sup>2</sup>. A belvíz a mélyebb fekvésű völgyekben és a Lónyay-főcsatorna melletti ártéri területeken okoz gondot, a többi helyen inkább csapadékhiány jelentkezik. A rendszer meghatározó létesítményei a főcsatornák mellett a belvizek felfogását és tározását szolgáló hat db állandó tározó (Vajai, Rohodi, Leveleki, Harangodi, Császárszállási és a Nagyréti), melyek mellett vésztározók segítik a belvizek visszatartását.

Az adatok alapján a térség „ALACSONY” érzékenységgű.



22. ábra Belvízérzékenység – Komplex belvíz-veszélyeztetettség valószínűsége

## Árvíz és villámárvizek gyakoriságának növekedése

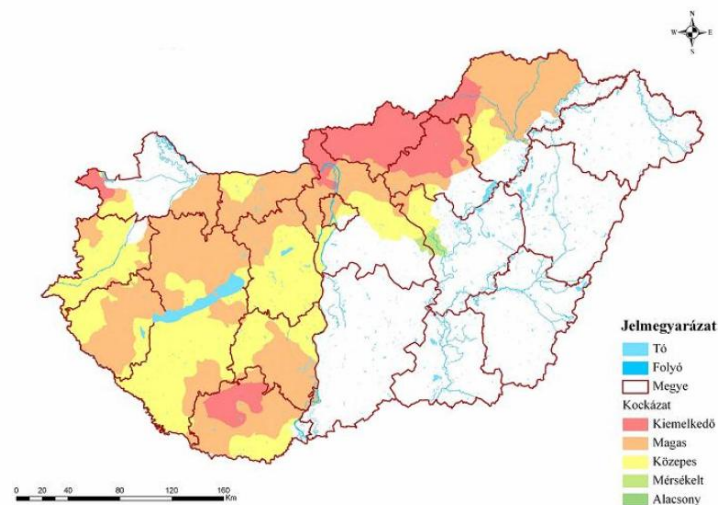
### Éghajlati paraméter: Villámárvíz előfordulásának, gyakoriságának és intenzitásának növekedése

Magyarország teljes területe érintett az Alföld és a Kisalföld kivételével, fokozottan az Északi-középhegység, valamint a Dunántúli-középhegység, a Dunántúli-dombság és az Alpokalja területein, valamint városi területeken.

A terület Magyarország villámárvízi veszélyterképe alapján nem kitett villámárvizek előfordulása tekintetében.

Az adatok alapján a térség ALACSONY kitettségű.

Magyarország villámárvízi veszélyterképe



23. ábra Magyarország villámárvízi veszélyterképe

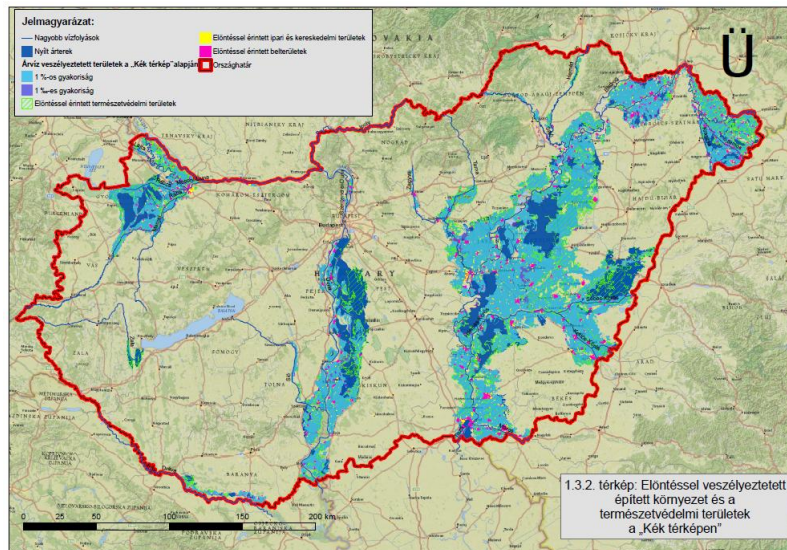
### Éghajlati paraméter: Árhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése

Érintett: Folyók mentén (különösen a Tisza teljes hossza, a Duna alföldi szakasza, a Körös és mellékágai, a Rába, a Dráva egyes szakaszai)

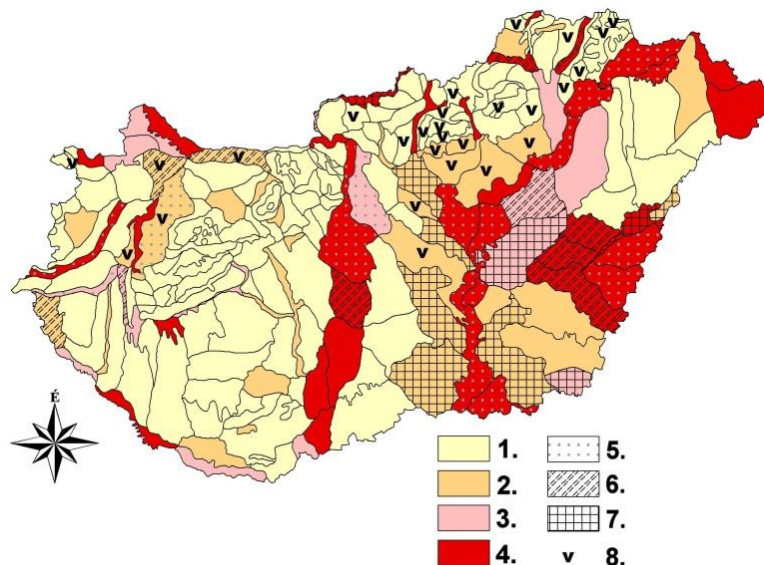
Az árhullám a folyó, vízfolyás meghatározott állapota, vízjárasi helyzete, amelynél a vízhozam és a vízállás jelentékenyen megnövekszik. A gyakorlat a középvízi meder partélét meghaladó, az abból kilépő vizeket nevezi árvíznek (nagyvíznek). Az árhullám természetes vízfolyások meghatározott keresztmetszelyében a vízállások (vízhozamok) völgyelést követő emelkedésének, tetőzésének, ez utáni újabb völgyeléséig tartó süllyedésének együttese. A beruházással érintett terület nincs kitéve árhullámnak, a terület nem veszélyeztetett elöntés által.

A települések ár- és belváz veszélyeztetettségéi alapon történő besorolásáról szóló 18/2003. (XII. 9.) KvVM–BM együttes rendelet alapján a projekthelyszín nem tartozik az ár- és belváz veszélyeztetett területek közé. Az árvízveszély mértéke jelentéktelen.

A kitettség minősítése: ALACSONY



24. ábra Elöntéssel veszélyeztetett épített környezet



25. ábra Az árvízveszély mértéke Magyarország kistéjsaiban (Az árvízveszély mértéke 1=árvízveszély jelentéktelen)

## Globálisugárzás

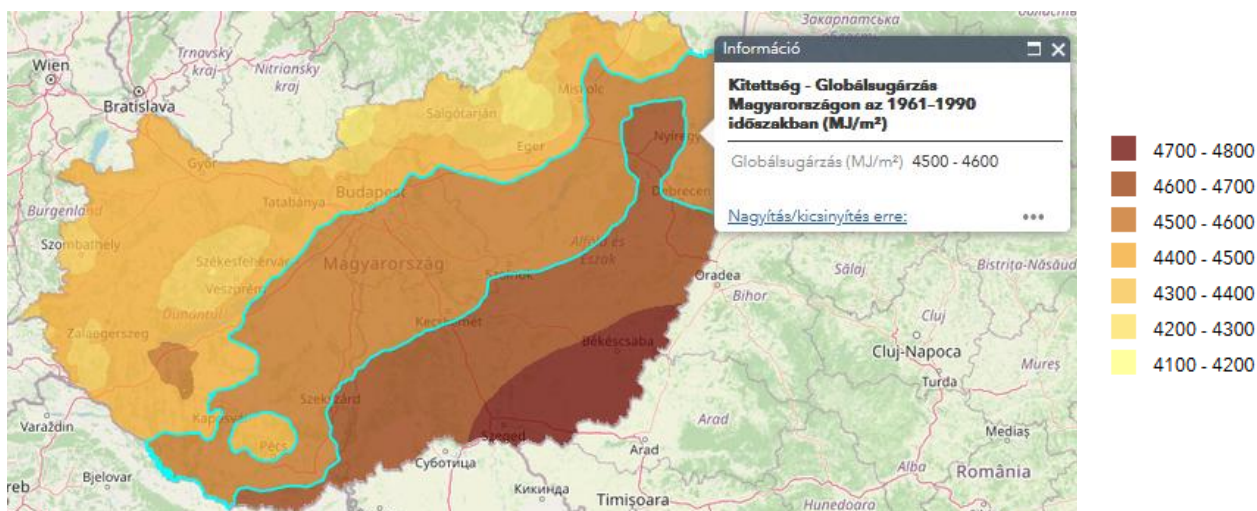
Érintett: Magyarország teljes területe

A globálisugárzás alatt a Naptól érkező közvetlen sugárzás, valamint az égbolt minden részéről érkező szórt sugárzás összegét értjük.

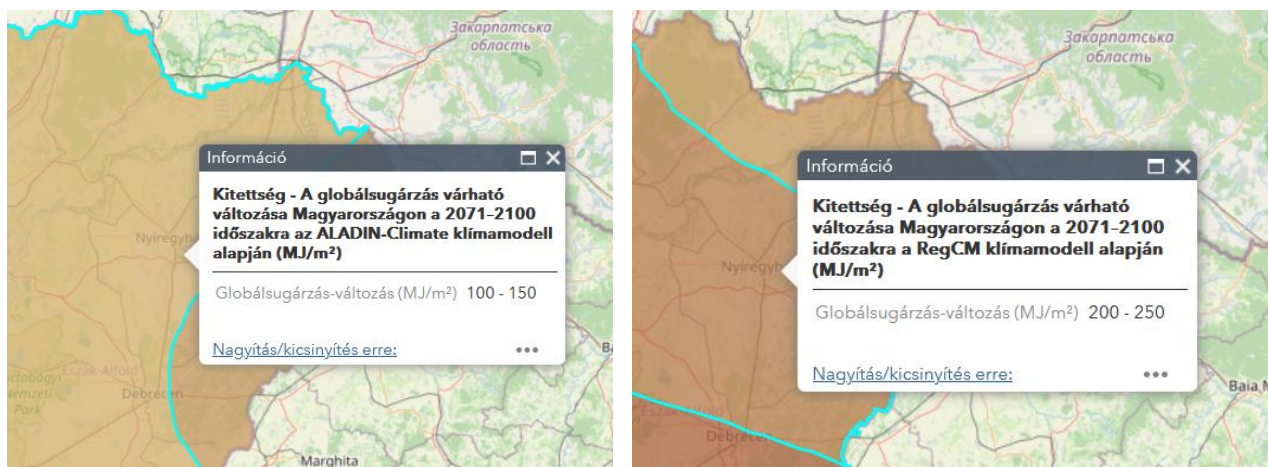
A globálisugárzás növekedésével nőhet az átlaghőmérséklet, a párolgás mértéke, így hosszabb távon a kisvizek időtartama hosszabbodik.

A következő térkép az évi teljes globálisugárzás átlagos értékeit ábrázolja Magyarország területére, az 1961–1990 időszakra. A megjelenített értékek a globálisugárzás éves összegeinek a teljes vizsgált időszakra vett átlagai. Az adatok a CARPATCLIM-HU adatbázisból származnak. A térkép alapján a tervezési területen a globálisugárzás értéke 4500-4600 MJ/m<sup>2</sup>.





26. ábra Kitettség – Globálisugárzás Magyarországon az 1961-1990 közötti időszakban (MJ/m²)



27. ábra Kitettség – A globálisugárzás várható változása Magyarországon a 2071–2100 időszakra az ALADIN-Climate és a RegCM klímamodell alapján (MJ/m²)

A klímamodellek általi előrejelzések szerint a globálisugárzás mértéke a projekt helyszínén csak kis mértékben változik (2-4%).

A kitettség minősítése: ALACSONY

## Kitettség vizsgálat eredményeinek összefoglalása

Éghajlati paraméter változása	Kitettség
1. Felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése	közepes
2. Nyári napok számának növekedése (napi max. > 25 °C)	közepes
3. Fagyos napok számának csökkenése (napi min. < 0 °C)	magas
4. Hőségnapok számának növekedése (napi maximum ≥ 30 °C)	magas
5. Trópusi éjszakák számának növekedése (napi minimum ≥ 20 °C)	alacsony
6. Hőhullámos napok számának növekedése (napi középhőmérséklet > 25 °C)	magas
7. Átlagos napi hőingás növekedése (napi maximum és minimum különbsége, °C)	alacsony
8. Éves csapadékmennyiség csökkenése	közepes
9. Csapadékos napok számának csökkenése (napi csapadékösszeg ≥ 1 mm, %)	alacsony
10. Átlagos napi csapadékos napok növekedése (csapadékos napok átlagos csapadéka, mm/nap)	közepes
11. Max. száraz időszak hosszának növekedése (leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg < 1 mm, nap)	közepes
12. Max. nedves időszak hosszának változása (leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg ≥ 1 mm, nap)	alacsony
13. 20 mm-t elérő csap. napok számának növekedése (napok száma, amikor a napi csapadékösszeg ≥ 20 mm, nap)	közepes
14. Felszíni vizek átlaghőmérsékletének lassú növekedése	alacsony
15. Csapadék évszakos eloszlásának változása	közepes
16. Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés	közepes
17. Felhőszakadási (viharos időjárási) események számának és intenzitásának növekedése	közepes
18. Villámárvíz előfordulási gyakoriságának és intenzitásának növekedése	alacsony
19. Árhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése	alacsony
20. Belvíz kialakulásának gyakoriságának növekedése	alacsony
21. Vízkészletek csökkenése (vízfolyások nyári kisvízi készletének csökkenése, tavak alacsony vízállású időszakainak gyakoribbá válása, felszín alatti vízkészletek csökkenése)	alacsony
22. Aszály gyakoribb előfordulása	közepes
23. Tömegmozgás gyakoribb előfordulása	alacsony
24. Erdőtűzek gyakoriságának növekedése	alacsony
25. Szélerózió	alacsony

16. táblázat Kitettségvizsgálat összefoglalása

Az előrejelzések szerint a csapadék mennyiségének változása összességében nem lesz jelentős, de a csapadék évszakos eloszlásának változása okozhat vízgazdálkodási problémákat. Az általános projekció, hogy a hőmérséklet és a párolgás növekedésével várhatóan kisebb lesz az évi lefolyás a térség vízfolyásain. A természetes vízellátottság és a vízminőség romlása az ökoszisztémákra hátrányos, és különösen a vizes élőhelyek fennmaradását, biodiverzitását veszélyeztetik.

A hőmérsékletre vonatkozó adatokat tekintve az elkövetkező 30 évre szóló klímamodelleket vizsgálva további növekedést prognosztizálhatunk. A hőhullámos napok és a forró napok számának növekedése a vizsgált területen jelentős. A klímamodellek egységesen jósólnak növekedést a forró napok számának változása tekintetében a 2071–2100 időszakra. A modellek előrejelzései szerint egyértelmű a nyári hónapok átlaghőmérsékletének növekvő tendenciája, illetve ezzel párhuzamosan az extrém meleg napok számának növekedése is.

A tervezési területen a hőhullámos napok gyakoriság változása a Nyíregyházi kistérségben 251,21%/év.

A klímamodellek által prognosztizált fagyos napok számának csökkenése és a hőség napok számának növekedése egyaránt a melegedő tendenciát jelzi a beruházás területén. Az összes vizsgált klímamodell alapján a tavaszi fagyos napok számának csökkenése várható. Az ALADIN-Climate (14-16 nap csökkenés), valamint az RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 (15-20 nap csökkenés) klímamodellek előrejelzései alapján a csökkenés jelentős.

Tovább ronthatja a helyzetet, hogy az éjszakai hőmérséklet emelkedésével veszélybe kerülhet, elmaradhat a nyári, csapadékszegény időszakban különösen fontos harmatképződés.

A csapadék a hőmérséklethez képest nehezebben modellezhető meteorológiai elem, ebből adódóan a különböző modellek eredményei nemcsak a változás mértékében, de annak előjelében sem mindig mutatnak egyezést. Az ALADIN-Climate csapadékmennyiség csökkenni fog a 2071-2100 időszakban a projekt helyszínén az 1961-1990, illetve 1971-2000 referencia időszakhoz képest. A másik öt vizsgált klímamodell az éves csapadékmennyiségekre vonatkozóan növekedést jelez elő.

Az intenzív záporból, zivatarból rövid idő alatt nagy mennyiségű csapadékhullás gyakoribbá, az intenzitása pedig a tapasztalatok szerint folyamatosan erősebbé válik. A nagymennyiségű és intenzív csapadékos jelenségek várhatóan elsősorban a nyarak kivételével lesznek gyakoribbak, a száraz időszakok hossza pedig nyáron fog leginkább növekedni. A RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell kivételével az összes klímamodell a tárgyi területre vonatkozóan a 30 mm-t meghaladó csapadékos napok számának növekedését

jósolja meg. Az intenzív záporból, zivatarból rövid idő alatt nagy mennyiségű csapadékhullás gyakoribbá, az intenzitása pedig a tapasztalatok szerint folyamatosan erősebbé válik Magyarországon, így a térségben is.

A terület nem érzékeny a villámárvizek tekintetében. *A települések ár- és belvíz veszélyeztetettségi alapon történő besorolásáról* szóló 18/2003. (XII. 9.) KvVM–BM együttes rendelet alapján a projekthelyszín nem tartozik az ár- és belvízzel veszélyeztetett területek közé.

Kedvezőtlen változás a nagyintenzitású csapadékok gyakoribbá válása, melyek esetén gyakran előfordul, hogy a talaj vízbefogadó-képességét meghaladó mennyiségű csapadék esik, a nem hasznosítható vízmennyiség pedig egyszerűen elfolyik, nem tározódik. A csapadék mennyiségének eloszlásának szélsőségesé válik, az aszályos időszakokban vízhiány lép fel.

Az aszályos napok számát tekintve a modellek nem mutatnak egyértelmű változást az évszázad közepére, azonban a század végére már szignifikáns növekedés várható az ország egyes területein (várhatóan a projekt helyszínén is). A térségeket súlytó aszályok erősségét kifejező osztályozási rendszer szerint a projektterület aszályossága közelít, és legrosszabb esetben el is éri a mérsékelt aszály sújtotta területi kategóriát ( $6 - 8^{\circ}\text{C}/100\text{ mm}$ ).

A klímaváltozás várható hatása a földtani veszélyforrások aktiválódására a 44 mm-t meghaladó csapadékos napok gyakoriságát tekintve az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5, az RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 és az RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell *csekély várható hatást* jósol, míg az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell alapján *mérsékelt a várható hatás* az 1971-2000 referencia időszakhoz képest.

### 3. Modul: Potenciális hatások elemzése

---

A projektet érő potenciális fizikai hatások abban az esetben fordulhatnak elő, ha a projekt érzékeny egy adott éghajlati paraméterre, és ezzel egyidőben a projekthelyszín ki van téve az adott éghajlati paraméternek. A két feltétel együttes fennállása szükséges. A következő táblázatokból kiderül, hogy a létesítmények és a hozzájuk köthető szolgáltatások a szélsőséges időjárási körülmények hatására károsodhatnak leginkább. Ilyenek például az intenzív csapadék, hóhullámok, belvizek stb. A hosszútávon bekövetkező változások kevésbé vannak hatással rájuk. Illetve kijelenthetjük, hogy a szolgáltatások terén (pl.: idegenforgalom) hamarabb jelennek meg zavarok, mint eszközök terén. Az infrastruktúra jellemzően olyan hatásokkal szemben mutat magas érzékenységet, amelyek bekövetkezési valószínűsége alacsony (pl.: földrengés). A következőkben azokat a potenciális hatásokat vesszük számba a lehetséges következményekkel egyetemben; eszközökre, szolgáltatásokra és környezetre vonatkozó bontásban, amelyeknek a projekt terület ténylegesen ki van téve.

Éghajlati paraméter változása	Várható hatás		
	A beruházás helyszínén található eszközök	Közlekedési kapcsolatok, munkaerő, inputok és szolgáltatások	Projekt helyszín környezetének adaptációs képessége
Fagyos napok számának csökkenése (napi min. < 0 °C)	Csökkenő fagy emelő képesség miatti burkolat és alap károk.	Közlekedésbiztonság javul.	nem releváns.
Hőségnapok számának növekedése (napi maximum $\geq 30$ °C)	A létesítmények, eszközök élettartama megrövidül.	Az útkárosodás miatt a közlekedés akadályoztatása, baleseti kockázat növekedése. Orvosmeteorológiai hatások a közlekedőkre. Járművek túlmelegedése, fokozott gumikopás.	A szilárd burkolatok hőcsapdaként működnek. Zöld felületek és takaró fásítás kialakítása enyhíti a hőmérséklet okozta károkat.
Felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése			
Hőhullámos napok számának növekedése (napi középhőmérséklet > 25 °C)			
Átlagos napi hőingás növekedése (napi maximum és minimum különbsége, °C)			
Átlagos napi csapadékos napok növekedése (csapadékos napok átlagos csapadéka, mm/nap)	Károsodik a létesítmények szerkezete: kimosódik az alap, beszakadás, süllyedés következik be.	Alacsonyan fekvő elemek ideiglenes víz alá kerülése.	A művi létesítmények akadályozzák a vizek lefolyását. A kialakítandó csapadékvíz-elvezetés az elöntéseket mérsékli. A csapadék helyben tartása tározással megoldódik.
20 mm-t elérő csap. napok számának növekedése (napok száma, amikor a napi csapadékösszeg $\geq 20$ mm, nap)			
Csapadék évszakos eloszlásának változása			
Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés	A tetőszerkezet vagy kültéri elemek öregedése felgyorsul, felületi repedések jelennek meg. A bitumen öregedése felgyorsul, felületi repedések jelennek meg.	Orvosmeteorológiai hatások	A beruházás területén fatelepítések javasoltak, mely árnyékoló hatása kedvező.
Felhőszakadási (viharos időjárási) események számának és intenzitásának növekedése	Épület alapok, térburkolatok és kiegészítő infrastruktúrák károsodása (pl.: felvonók károsodása).	Alacsonyan fekvő elemek ideiglenes víz alá kerülése.	Méretezett csapadékvíz elvezetés javító hatása.
Aszály gyakoribb előfordulása	nem releváns.	nem releváns.	A csapadékvíz elvezető-gyűjtő rendszer révén a csapadék helyben tartása az aszály hatásait csökkenti.
Tömegmozgás gyakoribb előfordulása	Épületek és létesítmények szerkezeti károsodása. Az épületek, egyéb eszközök használhatatlanná válása a szerkezeti károsodások miatt.	Közlekedés akadályoztatása szerkezeti károsodások miatt.	nem releváns.
Erdőtűzek gyakoriságának növekedése	Tűzkár	Közlekedésbiztonság romlása. Eszközök károsodása.	nem releváns.

17. táblázat A potenciális hatások és következményeik összefoglalása

Az 1 és 2 Modulokban kapott eredmények szolgálnak az elemzés kiindulópontjául. Ezek eredményeit kell szerepeltetni a következő táblázatban. A táblázat megfelelő cellájába kell beírni a különböző éghajlati paramétereket, melyekre a projekt érzékeny. Egy hatást akkor tekintünk potenciálisnak, ha az érzékenység és a kitétség együttesen jelentkezik az adott projekt területén, tehát minimum közepes kitétség és minimum közepes érzékenység (mátrix 2. – 3. oszlop és 2. és 3. sor).

		Kitettség		
		Alacsony	Közepes	Magas
Érzékenység	Alacsony	5. Trópusi éjszakák számának növekedése (napi minimum $\geq 20$ °C) 9. Csapadékos napok számának csökkenése (napi csapadékösszeg $\geq 1$ mm, %) 12. Max. nedves időszak hosszának változása (leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg $\geq 1$ mm, nap) 14. Felszíni vizek átlaghőmérsékletének lassú növekedése 21. Vízkészletek csökkenése (vízfolyások nyári kisvízi készletének csökkenése, tavak alacsony vízállású időszakainak gyakoribbá válása, felszín alatti vízkészletek csökkenése) 24. Erdőtüzek gyakoriságának növekedés 25. Szélerózió	2. Nyári napok számának növekedése (napi max. $> 25$ °C) 8. Éves csapadékmennyiség csökkenése 11. Max. száraz időszak hosszának növekedése (leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg $< 1$ mm, nap) 15. Csapadék évszakos eloszlásának változása 22. Aszály gyakoribb előfordulása	-
	Közepes	7. Átlagos napi hőingás növekedése (napi maximum és minimum különbsége, °C) 18. Villámárvíz előfordulási gyakoriságának és intenzitásának növekedése 19. Árhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése 20. Belvíz kialakulásának gyakoriságának növekedése	1. Felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése 10. Átlagos napi csapadékösszeg növekedése (csapadékos napok átlagos csapadéka, mm/nap) 17. Felhőszakadási (viharos időjárási) események számának és intenzitásának növekedése	3. Fagyos napok számának csökkenése (napi min. $< 0$ °C)
	Magas	23. Tömegmozgás gyakoribb előfordulása	13. 20 mm-t elérő csap. napok számának növekedése (napok száma, amikor a napi csapadékösszeg $\geq 20$ mm, nap) 16. Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés	4. Hőségnapok számának növekedése (napi maximum $\geq 30$ °C) 6. Hőhullámos napok számának növekedése (napi középhőmérséklet $> 25$ °C)

18. táblázat 1 és 2 modulok eredményeinek elemzése

### A potenciális hatások értékelése

A létesítendő infrastruktúra az alábbi éghajlati tényezők által veszélyeztetettek:

- Hőségnapok számának növekedése (napi maximum  $\geq 30$  °C)
- Fagyos napok számának csökkenése (napi min.  $< 0$  °C)
- Hőhullámos napok számának növekedése (napi középhőmérséklet  $> 25$  °C)
- 20 mm-t elérő csap. napok számának növekedése (napok száma, amikor a napi csapadékösszeg  $\geq 20$  mm, nap)
- Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés

Az éghajlatváltozás eredményeként bekövetkező a szélsőséges időjárási helyzetek a projekt által érintett utakra károsan hathat. Az utak víz alá kerülése ronthatja azok műszaki állapotát, a karbantartási és fenntartási költségeket növelheti.



Az árvizek, aszályok, szélviharok, hőség hullámok, korai és késői fagyok, jégesők, síkos úttestek és özönvízszerű zivatarok stb.) valószínűsége növekedni fog a jövőben, melyek jelentős környezeti, valamint gazdasági károkat, illetve egészségügyi és szociális problémákat okoznak.

A csapadék intenzitásának növekedése az utak szerkezeti károsodásához vezethet (alap kimosódása, beszakadás, süllyedés, töltés stabilitásának csökkenése), valamint hozzájárul a tömegmozgás okozta károk kockázatának növeléséhez.

A pályaszerkezetre hulló csapadék csökkenti az út teherbírását, a gyorsan mozgó víz pedig az út kimosását és tönkremenetelét eredményezheti.

A viharos időjárási események számának növekedése, a hevesebb, erősebb szellőkkel járó viharok a kiegészítő infrastruktúra (pl. korlátok) károsodásához vezethet, valamint a közlekedési kapcsolatok akadályoztatása léphet fel a balesetek kockázatának növelésével, utak járhatatlanná válásával pl. fák, lámpák, oszlopok kidőlése miatt.

A felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése miatt az útburkolatok élettartama rövidülhet (repedések, deformálódó útburkolatok), a hőségnapok és hőhullámok számának növekedése szintén a deformálódáshoz, nyomvályúsodáshoz járul hozzá szélsőséges esetben egyes szakaszok lezárását, az ezeken zajló közlekedés korlátozását is szükségessé teheti).

A megnövekedett UV sugárzás a bitumen öregedésének felgyorsulásához vezethet, valamint hozzájárulhat a felületi repedések kialakulásához. Emellett a használók komfortérzetét is csökkenti.

Az extrém nagy csapadékok, a hirtelen hóolvadás, a hosszan tartó csapadék, illetve ezek kombinációi egyrészt áradásokhoz vezetnek, másrészt a tervezett út töltésének átázását, terhelését eredményezik. Ezek következménye pedig az lehet, hogy út alatti töltés instabillá válik és az út megsüllyed. A tervezett úton a kátyúképződés valószínűsége a szélsőséges időjárási körülmények hatására (pl. a hűvösebb és a melegebb periódusok gyors váltakozása) szintén előtérbe kerülhet.

A nagy meleg szerepet játszik az út-burkolatok nyomvályúsodásában. A nagy mennyiségű csapadék következtében műtárgyak, földművek, burkolatok károsodnak. Az intenzív havazás, a fagy nehezíti a téli közlekedést és fokozza az üzemeltetési beavatkozások volumenét (hóeltakarítás, síkosság megszüntetése, téli burkolatkárok javítása, hófűvés elleni védekezés).

A nagy hideg a talajfagy kialakulására vezet.

Az utak alapjainak fagyemelése jelentős károkat okoz. Az úttest megemelkedését pl. az idézi elő, hogy a fagyott talaj térfogata megnő, aminek következtében megemelkedik a talaj, az útburkolatokon jéggel tömött fagydombok, kidudorodások alakulnak ki, olvadáskor pedig megsüllyednek.

A fagyos napok számának és hideg szélsőségek csökkenése ellenére télen is előfordulhatnak szélsőséges időjárási körülmények. Ekkor a síkos utak és a rossz látási viszonyok (köd) előfordulása növekedhet, mely a közlekedési feltételek romlását vonja maga után. A fagyponthoz közeli hőmérséklet és a változó halmazállapotú csapadékok is kedvezőtlenül érintik az útburkolatok állagát: az aszfaltrepedésekbe szivárgó nedvesség kátyúsodást okoz, mely jelenség szintén gyakoribbá válhat. Szélsőséges időjárás esetén hóakadályok kialakulására is fel kell készülni.

A tartós aszályos időszak is rontja a műtárgyak állékonyságát (süppedést okozva). A látási viszonyokat befolyásoló homokviharok valószínűségének növekedése várható, ezáltal baleseti kockázat növekedése.

Másodlagos hatásként jelentkezhet a fizikai infrastruktúrát érintő negatív hatások magasabb fenntartási költségeket eredményeznek, illetve eleve magasabb beruházási költséget tehetnek szükségessé.

A személyforgalom akadályoztatásának társadalmi költségei közé tartozik pl. az utazási idő meghosszabbodásával járó jóléti veszteség, sürgősségi ellátás akadályoztatása stb.

Baleseti kockázat változása (kockázat csökkenése a hideg szélsőségek csökkenése miatt, kockázat növekedése a szélsőséges időjárási események gyakoriságának és intenzitásának növekedése eredményeképpen) és az ebből következő változások a személyi sérülések és halálozások számában.

## 4. Modul: Kockázatelemzés

---

A sérülés, kár, veszteség, funkciók ellátásában bekövetkezett negatív változások és a negatív környezeti hatások lehetősége kockázatnak minősül. A kockázat a potenciális kár nagyságának és a kár bekövetkezési valószínűségének szorzata. A kockázatelemzés során figyelembe kell venni a projekt helyszínén keletkező közvetlen károkat, ugyanakkor ennél tovább kell menni, és vizsgálni kell ezek továbbgyűrűző társadalmi, gazdasági, környezeti hatásait is.

### 1. Következmények listájának felállítása

#### **E. Eszközökben keletkezett kár (műszaki, üzemeltetési):**

- úttestben keletkezett károk, és egyéb infrastruktúrák megrongálódása:
  - útburkolat élettartamának rövidülése, öregedés felgyorsulása
  - útburkolat deformálódása, nyomvályúsodás
  - burkolt felületek alámosódása a szélsőséges csapadékviszonyok miatt.
  - útalap kimosódása, útpálya beszakadás
  - burkolt felületeken jelentkező fagykárok; kátyúk kialakulása
  - kiegészítő infrastruktúra (pl. csapadékvíz elvezetés) károsodása
- a karbantartási feladatok növekedésével a munkagépek üvegházhatású gázainak nagyobb mértékű kibocsátása

#### **BE. Biztonság és egészség:**

- 1970 és 2000 között Dr. Páldy Anna és Dr. Bobvos János vizsgálták a hőmérséklet egészségre gyakorolt hatását; a hőhullámok és a halálozási arány összefüggését. Megállapították, hogy a 18 °C-os napi átlaghőmérséklet felett meredeken emelkedik a napi halálesszám. A hőmérséklet változékonysága az összhalálozás esetében 7%-os kockázatnövekedést jelent, a szív- és érrendszeri halálozás kockázata pedig a nyári hónapokban 6%-kal nő. A többi meteorológiai elem ehhez képest jóval kisebb kockázati tényezőt jelent.
- Közlekedési biztonság csökkenése
- Halálozással járó balesetek számának növekedése
- A komolyabb betegséggel küzdő munkaerő jellemzően nem megterhelő fizikai munkát végez, így annak a valószínűsége, hogy a megvalósítási fázisban, a vizsgált kockázati tényezők kapcsán halálesettel járó rosszullét következik be, igen alacsony.
- Mivel hazánkban háromfokozatú hőségriasztási rendszer működik, illetve külön munkavédelmi előírások vonatkoznak hőségriadó esetére, így a rosszullétek bekövetkeztének kockázata sem haladja meg a közepes szintet.
- Amennyiben a létesítés idején betartják a munkavédelmi előírásokat, törvényi szabályozásokat, odafigyelnek az esetleges hőségriasztásokra, úgy a vizsgált kockázatok csak ritkán és mérsékelt módon jelentkezhetnek. Nagyobb a bekövetkezési valószínűsége az üzemelési fázisban, a közlekedők körében bekövetkező rosszulléteknek és az ebből bekövetkező baleseteknek.

#### **K. Környezet:**

- Levegőszennyezés – számításaink szerint nem jelentős.
- Földtani közeg szennyeződése – normál üzemi körülmények között nem várható.
- Felszín alatti víztest szennyeződése – normál üzemi körülmények között nem várható.
- A vonalas létesítmények, így közutak egyik legáltalánosabb káros hatása a természeti környezetre az élőhelyek feldarabolása. Jelen esetben egy meglévő útszakaszról van szó, így ez a kockázat tulajdonképpen a projekt esetében nincs jelen. A másik általános káros hatás az özőnfajok terjedése az utak mentén. Az utak mentén nem megfelelő kezelés mellett ezeken megjelenhetnek invazív és allergén gyomok.

- A zöldsávok gyomosodása és a gázolás kis valószínűséggel következhetnek be. +
- Legvalószínűbb a szózásból eredő környezeti károkozás.

#### T. Társadalom:

- A projekt nincs hatással a társadalmi stabilitásra vagy kisebb, helyi szintű társadalmi elégedetlenség alakulhat ki a beruházási helyszín közelében a légszennyező anyagok koncentrációja vagy a zajszint emelkedése miatt.
- Munkahelyek megszűnés nem várható.
- Elvándorlás nem feltételezhető.

#### G. Gazdasági/pénzügyi:

- Nem rentábilis fenntartási költség szint kialakulása az útkárosodás következtében. Jelen projekt esetében pénzügyi, gazdasági következmények leginkább a megépült útszakasz jó karban tartása, javítása következtében keletkezhetnek. Az eszközökben bekövetkező károk javítása válhat szükségessé, ezzel pénzügyi és gazdasági terhet róva a fenntartóra.
- Additív fenntartási munkák:
  - A károsodott épületek, burkolatok javítása.
  - Zöldfelületek fenntartása.
  - Kiegészítő infrastruktúrák javítási, karbantartási költségei.

### 2. Kockázatok értékelése a következmény és bekövetkezési valószínűség együttes meghatározásán keresztül

	Hatás/következmény nagyságrendje				
	1 Jelentéktelen	2 Kicsi	3 Közepes	4 Nagy	5 Katasztrofális
<b>Eszközökben keletkezett kár (műszaki, üzemeltetési)</b>	A hatás a normális üzemmeneten belül kezelhető	A hatás üzletmenet-folytonosság menedzsmenten keresztül kezelhető	Egy komoly esemény, mely sürgősségi üzletmenet-folytonossági intézkedéseket igényel	Egy kritikus esemény, mely kivételes üzletmenet-folytonossági intézkedéseket igényel	Katasztrófa az eszköz/hálózat összeomlásához vezethet
<b>Biztonság és egészség</b>	Elsősegélynyújtást igényel	Kisebb sérülés, mely orvosi ellátást igényel, esetlegesen átmenetileg korlátozott munkaképességgel	Súlyos sérülés, mely a munka elvesztésével járhat	Komoly, illetve többszörösen sérült, maradandó sérülés vagy fogyatékoság	Egy vagy több haláleset
<b>Környezet</b>	Nincs hatással a környezet kiindulási állapotára. Lokalizált pont forrása, helyreállítás nem szükséges	Lokalizált hatás a projekt helyszínén/üzemen belül, Helyreállítás 1 hónapon belül lehetséges.	Mérsékelt károk esetleges szélesebb körű hatással. Helyreállítás 1 év.	Jelentős károk, helyi hatás. Helyreállítási idő 1 évnél hosszabb. A környezetvédelmi előírásoknak történő megfelelés sikertelen.	Jelentős károk kiterjedt hatással. Helyreállítási idő 1 évnél hosszabb. Teljes helyreállítás nem lehetséges.
<b>Társadalom</b>	Nincs társadalmi hatás.	Helyi, átmeneti társadalmi hatások	Helyi, hosszú távú társadalmi hatás	Szegény és sérülékeny társadalmi csoportok megvédése sikertelen. Országos szintű hosszú távú társadalmi hatás.	Társadalmi elégedetlenség.
<b>Gazdasági/pénzügyi</b>	x % IRR <2% Bevétel	x % IRR 2 – 10% Bevétel	x % IRR 10 – 25% Bevétel	x % IRR 25 – 50% Bevétel	x % IRR >50% Bevétel

19. táblázat Hatás/következmény nagyságrendjének megítélésére szolgáló kategóriák

1 Ritka	2 Nem valószínű	3 Közepes valószínűség	4 Valószínű	5 Majdnem bizonyos
5% esély évente	20% esély évente	50% esély évente	80% esély évente	95% esély évente

20. táblázat A valószínűség értékelésének szempontjai

	Jel	Következmények	Hatás/következmény értékelése	Valószínűség	Súlyosság	
Eszközökben keletkezett kár (műszaki, üzemeltetési)	E1	útburkolat élettartamának rövidülése, öregedés felgyorsulása	Közlekedés akadályoztatása várható az utak károsodása miatt. A rendszeres felújítások mellett is az utak szerkezete károsodik, tájlesztéikai szempontból az állapota romlik. A megnövekedő karbantartási igény megnövekedett gépkocsiforgalomhoz vezet, amely az üveggházhatású gázok kibocsátásának a növekedését eredményezi. Az utak károsodása balesetekhez vezethet, téli időszakban a síkosság mentesítés ellenére a károsodott burkolatok kockázat mértéke nő. Az útburkolati hibák következtében előálló balesetek olajszennyezhez vezet.	Valószínű	Közepes	Egy komoly esemény, mely sürgősségi üzletmenet-folytonossági intézkedéseket igényel
	E2	útburkolat deformálódása, nyomvályúsodás		Valószínű	Nagy	Egy kritikus esemény, mely kivételes üzletmenet-folytonossági intézkedéseket igényel
	E3	burkolt felületek alámosódása a szélsőséges csapadékviszonyok miatt.		Valószínű	Nagy	
	E4	útalap kimosódása		Közepes valószínűség	Nagy	
	E5	útpálya beszakadás (tömegmozgás)		Közepes valószínűség	Nagy	
	E6	burkolt felületeken jelentkező fagykárak; kátyúk kialakulása		Nem valószínű	Nagy	
	E7	pályaszerkezet rossz víztelenítése miatt az út teherbírása csökken	A nehéz fizikai munka, nagy koncentrációt igénylő munka, munkafolyamatok vagy munkavégzés szervezési hiányosságából adódó pszichés terhelés miatt bekövetkező egészségkárosodás esélye nagy.	Közepes valószínűség	Közepes	Egy komoly esemény, mely sürgősségi üzletmenet-folytonossági intézkedéseket igényel
	E8	kiegészítő infrastruktúra (pl. csapadékvíz elvezetés) károsodása		Ritka	Kicsi	A hatás üzletmenet-folytonosság menedzsmenten keresztül kezelhető
	E9	a karbantartási feladatok növekedésével a munkagépek üveggházhatású gázainak nagyobb mértékű kibocsátása		Ritka	Kicsi	
Biztonság és egészség	BE1	létesítés során a gépészeti berendezések meghibásodásából eredő balesetek	Orvosmeteorológiai hatások a közlekedőkre, baleseti kockázat nőhet. A hőmérséklet változékonysága az összhalálozás esetében 7%-os kockázatonövekedést jelent, a szív- és érrendszeri halálozás kockázata pedig a nyári hónapokban 6%-kal nő.	Közepes valószínűség	Közepes	Súlyos sérülés, mely a munka elvesztésével járhat
	BE2	létesítés során a szállító járművek meghibásodásából eredő balesetek		Közepes valószínűség	Nagy	Komoly, illetve többszörösen sérült, maradandó sérülés vagy fogyatékoság
	BE3	létesítés és az utak karbantartása során a szabadban történő munkavégzés alatt bekövetkező egészségkárosodás	Közlekedő emberek komfortérzete csökken.	Nem valószínű	Nagy	
	BE4	extrém időjárás miatt bekövetkező halálozás		Ritka	Katasztrofális	
	BE5	közlekedési biztonság csökkenése, halálozással járó balesetek számának növekedése		Ritka	Katasztrofális	Egy vagy több haláleset

21. táblázat A valószínűségek és következmény nagyságrendjének értékelése 1.

	Jel	Következmények	Hatás/következmény értékelése	Valószínűség	Súlyosság	
Környezet	K1	levegőszennyezés	A megközelítési utak környezetében a légszennyezettségi állapot romlik. A számításaink szerint a hatás nem jelentős.	Közepes valószínűség	Kicsi	Lokalizált hatás a projekt helyszínén/üze-men belül, Helyreállítás 1 hónapon belül lehetséges.
	K2	földtani közeg szennyeződése	Normál üzemi körülmények között nem várható.	Ritka	Kicsi	
	K3	felszín alatti víztest szennyeződése	A felszín alatti víztest elhelyezkedése miatt nem várható szennyezés ill. a burkolt felületek megakadályozzák a beszivárgást.	Ritka	Közepes	Mérsékelt károk esetleges szélesebb körű hatással. Helyreállítás 1 év.
	K4	felszíni víztest szennyeződése	Normál üzemi körülmények között nem várható.	Ritka	Közepes	
	K5	élővilág	Mivel egy már meglévő útszakasz átalakításáról van szó, így élőhelyek feldarabolásáról jelen projekt kapcsán nem beszélhetünk.	Ritka	Jelentéktelen	Nincs hatással a környezet kiindulási állapotára. Lokalizált pont forrása, helyreállítás nem szükséges
	K6	művi elemekben bekövetkező károk.	A tervezett beruházás a környező művi elemekben nem tesz kárt.	Ritka	Jelentéktelen	
Társadalom	T1	társadalmi elégedetlenség	A projekt nincs hatással a társadalmi stabilitásra vagy kisebb, helyi szintű társadalmi elégedetlenség alakulhat ki a beruházási helyszín közelében a légszennyező anyagok koncentrációja vagy a zajszint emelkedése miatt.	Ritka	Kicsi	Helyi, átmeneti társadalmi hatások
	T2	munkahely megszűnés	Zavaró hatás miatt a környező lakóövezetből elköltöznek.	Ritka	Kicsi	
	T3	elvándorlás		Ritka	Kicsi	
Gazdasági/	G1	A károsodott útburkolatok javítása, kátyúzása.	A klímaváltozás hozzájárul az útburkolat folyamatos romlásához, amit karbantartási munkákkal helyre kell állítani. Pénzügyi, gazdasági hatás leginkább az ebből eredő költségek vonatkozásában várható. A klímaváltozás eredményeként az út minősége csökken, így a tervezett szolgáltatás iránti kereslet is csökken, az út kihasználatlan lesz.	Valószínű	Jelentéktelen	x % IRR <2% Bevétel
	G2	Károsodott útszerkezetek javítása.		Ritka	Jelentéktelen	
	G3	Út menti zöldfelületek fenntartási költségei.		Valószínű	Jelentéktelen	
	G4	Kiegészítő infrastruktúrák javítási, karbantartási költségei.		Valószínű	Jelentéktelen	

22. táblázat A valószínűségek és következmény nagyságrendjének értékelése 2.

### 3. Kockázati mátrix kitöltése

A kockázatelemzés a következmények és azok bekövetkezési gyakoriságán alapszik, ahol meg kell határozni a kockázat mértékét és előfordulásának gyakoriságát.

	Jel	Következmények	Valószínűségi érték	Súlyossági érték	Kockázati érték	Kockázat mértéke
Eszközökben keletkezett kár (műszaki, üzemeltetési)	E1	útburkolat élettartamának rövidülése, öregedés felgyorsulása	4	3	12	Magas
	E2	útburkolat deformálódása, nyomvályúsodás	4	4	16	Extrém
	E3	burkolt felületek alámosódása a szélsőséges csapadékviszonyok miatt.	3	4	12	Magas
	E4	útalap kimosódása	3	4	12	Magas
	E5	útpálya beszakadás (tömegmozgás)	3	4	12	Magas
	E6	burkolt felületeken jelentkező fagykárak; kátyúk kialakulása	2	4	8	Magas
	E7	pályaszerkezet rossz víztelenítése miatt az út teherbírása csökken	3	3	9	Magas
	E8	kiegészítő infrastruktúra (pl. csapadékvíz elvezetés) károsodása	1	2	2	Alacsony
	E9	a karbantartási feladatok növekedésével a munkagépek üvegházhatású gázainak nagyobb mértékű kibocsátása	1	2	2	Alacsony
Biztonság és egészség	BE1	létesítés során a gépészeti berendezések meghibásodásából eredő balesetek	3	3	9	Magas
	BE2	létesítés során a szállító járművek meghibásodásából eredő balesetek	3	4	12	Magas
	BE3	létesítés és az utak karbantartása során a szabadban történő munkavégzés alatt bekövetkező egészségkárosodás	2	4	8	Magas
	BE4	extrém időjárás miatt bekövetkező halálozás	1	5	5	Közepes
	BE5	közlekedési biztonság csökkenése, halálozással járó balesetek számának növekedése	1	5	5	Közepes
Környezet	K1	levegőszennyezés	3	2	6	Közepes
	K2	földtani közeg szennyeződése	1	2	2	Alacsony
	K3	felszín alatti víztest szennyeződése	1	3	3	Alacsony
	K4	felszíni víztest szennyeződése	1	3	3	Alacsony
	K5	élvilág	1	1	1	Nincs
	K6	Művi elemekben bekövetkező károk.	1	1	1	Nincs
Társadalom	T1	társadalmi elégedetlenség	1	2	2	Alacsony
	T2	munkahely megszűnés	1	2	2	Alacsony
	T3	elvándorlás	1	2	2	Alacsony
Gazdasági/ pénzügyi	G1	A károsodott útburkolatok javítása, kátyúzása.	4	1	4	Közepes
	G2	Károsodott útszerkezetek javítása.	1	1	1	Nincs
	G3	Út menti zöldfelületek fenntartási költségei.	4	1	4	Közepes
	G4	Kiegészítő infrastruktúrák javítási, karbantartási költségei.	4	1	4	Közepes

23. táblázat Kockázatok kategorizálására szolgáló mátrix

Valószínűség	Következmény/hatás				
	Katasztrofális	Jelentős	Mérsékelt	Kicsi	Jelentéktelen
Majdnem bizonyos	25	20	15	10	5
	Extrém	Extrém	Extrém	Magas	Közepes
Valószínű	20	16	12	8	4
	Extrém	Extrém	Magas	Magas	Közepes
Lehetséges	15	12	9	6	3
	Extrém	Magas	Magas	Közepes	Alacsony
Nem valószínű	10	8	6	4	2
	Magas	Magas	Közepes	Alacsony	Alacsony
Ritka	5	4	3	2	1
	Közepes	Közepes	Közepes	Alacsony	Nincs

24. táblázat Mátrix értékelés szempontjai

A következő mátrixban látható az előbbieken ismertetett értékelési rendszer szerinti számozás alapján összeállított kockázati mátrix.

Valószínűség	Következmény/hatás				
	Katasztrofális	Jelentős	Mérsékelt	Kicsi	Jelentéktelen
Majdnem bizonyos					
Valószínű		E2	E1		G1; G3; G4
Lehetséges		E3, E4; E5; BE2	E7; BE1	K1	
Nem valószínű		E6; BE3			
Ritka	BE4; BE5		K3; K4	E8; E9; K2; T1; T2; T3	K5; K6; G2

25. táblázat Kockázatok kategorizálására szolgáló mátrix

## Adaptációs intézkedések

### Lehetséges adaptációs intézkedések azonosítása és előzetes szűrése

Az utóbbi években a mitigáció (a klímaváltozást okozó tevékenységek korlátozása) mellett egyre fontosabb szerepet kap az adaptáció (klímaváltozáshoz való alkalmazkodás) is.

Miután megvizsgáltuk, hogy egy adott projekt, objektum, élőhely, élőlénycsoport stb., mennyire érzékeny, sérülékeny egy adott kockázati tényezőre nézve, meg kell vizsgálnunk azt is, hogy milyen mértékben képesek alkalmazkodni a változásokhoz. Ezzel tulajdonképpen az adaptációs képességüket becsüljük. Ez a klímakockázati elemzés egyik utolsó, ugyanakkor egyik legfontosabb, ám legtöbb bizonytalanságot hordozó lépése is. A bizonytalanság abból fakad, hogy az érintett rendszerek alkalmazkodóképessége sok különböző, és még eddig nem vizsgált tényezőtől függhet; eltérő mértékű lehet. A fontossága ennek a lépésnek pedig abban rejlik, hogy tulajdonképpen itt történik meg a lehetséges adaptációs intézkedések keresése, az érintett rendszerekben bekövetkező változások emberi társadalomra gyakorolt negatív hatásainak a mérséklésére való törekvés.

Az egyes beruházási elemek esetében a beruházás kölcsönhatása annak fizikai környezetével rendkívül fontos tényező lehet adaptációs szempontból.

Adaptációs eszköztár:

1. Fizikai beruházás:
  - Természetközeli megoldások, zöld és kék infrastruktúra
  - Szürke infrastruktúra (pl. árvízvédelmi infrastruktúra)
  - Gépészeti és egyéb technikai, műszaki megoldások
  - Jelzőrendszerek kiépítése
  - Egyéb fizikai beruházás
2. Szervezeti/szervezési intézkedések:
  - Szervezetépítés és szervezetfejlesztés
  - Közösségi szervezés, közösségfejlesztés
  - Életmód, viselkedési és magatartásminták
3. Szabályozási eszközök (földhasználat szabályozása, építési előírások, ingatlanregisztráció, szabványok stb.)
4. Gazdasági eszközök (adók, támogatások stb.)
5. Információs eszközök, ismeretterjesztés, kapacitásépítés
6. Érdekképviselés, kooperáció és partnerség

7. Stratégiai eszközök (tervek, mint pl. vészhelyzeti készülségi tervek és várostervezés, szakpolitikák, programok, stratégiák, technológiai változások ösztönzését szolgáló stratégiai eszközök stb.)
8. A kockázat szétterítését célzó intézkedések (biztosítás, kockázatközösség)

Az adaptációs megoldások kidolgozása során fontos az is, hogy az egyes megoldások kivitelezése milyen földrajzi szinten lehetséges, és hogy egy adott beruházási projektnek ebből kifolyólag milyen földrajzi térségre van hatása. Egy teljes körzetet felölelő komplex beruházás során sokkal több adaptációs megoldás áll a beruházó rendelkezésére, mint egy épület/egyetlen infrastruktúra elemet felölelő beruházás esetében. Ugyanakkor a körzeti szinten alkalmazott megoldások sokkal hosszabb távon meghatározzák a további adaptációs lehetőségeket, mivel körzet szintű felújításra, beavatkozásra ritkán kerül sor.

Az adaptációs megoldások alapvetően három beavatkozási ponton hatnak:

- a káresemény bekövetkezési valószínűségének befolyásolása
- az okozott kár nagyságának befolyásolása
- az okozott kárra való sérülékenységek befolyásolása

A három beavatkozási pont egyben egyfajta hierarchiát is tükröz. A Koppenhágai Adaptációs Terv ennek megfelelően a káresemények bekövetkezésének megelőzését (ez a valószínűség nullára csökkentésével egyenértékű) tűzi ki célul első körben. Amennyiben a káresemény bekövetkezésének valószínűségét nem lehet megszüntetni technikai vagy gazdasági okoknál fogva, úgy a bekövetkezett kár csökkentése a következő cél. Végül amennyiben ez sem lehetséges teljes mértékben, úgy a kár helyrehozását kell megkönnyíteni.

Az eszközök és infrastruktúrák klímabiztossá tétele során számos szempont van, amelyet figyelembe kell venni, hogy az egyes új infrastruktúrák vagy egyéb fizikai beruházások egyéb, a beruházási helyszínen, illetve annak közelében lévő meglévő infrastruktúrákkal és eszközökkel kölcsönhatásba kerülnek. Az adaptációs megoldások kiválasztása során szükséges figyelembe venni, hogy azok a megoldások hogyan hatnak a beruházás környezetében található fizikai környezetre. A közlekedési létesítmények hosszú élettartama (20-100 év) és az éghajlatváltozásra vonatkozó előrejelzésekben rejlő bizonytalanságok megnehezítik az adaptációs stratégiák kidolgozását. A fenntartási tevékenységet az éghajlat változás hatásait figyelembe véve kell tervezni: ez érintheti a szükséges tevékenységek körét, a tevékenység elvégzésének időpontját vagy a minősítési értékeket.

Az éghajlatváltozás hatásait megcélzó beruházási intézkedések közül esetünkben potenciális intézkedések:

- megfelelő magassági vonalvezetés,
- deformáció-hajlam csökkentése megfelelő kötőanyaggal, merevebb kötőanyagok vagy bitumen,
- éghajlati változásokhoz való adaptáció megfelelő bitumen és aszfaltkeverékek alkalmazása,
- megfelelő nyomvonal tervezés,
- légszennyezettség csökkentése megfelelő forgalomirányítási rendszerekkel,
- zöld infrastruktúra,
- infrastruktúra folyamatos monitorozása,
- megfelelő vízgazdálkodási infrastruktúra,
- kopóréteg vízáteresztő képességének minimalizálása,
- pályaszerkezet megfelelő víztelenítése,
- fenntartható vízelvezető, víztározó rendszerek,
- összegyűjtött csapadékvíz használata fák és zöldterületek öntözésére,
- megfelelő útalap, mélyebb és erősebb alapozások,
- megfelelő híd- és felüljáró szerkezet, robusztus alapozás,



- talajstabilizálás,
- vegetáció-gazdálkodás,
- jobban vízmentesített útalapok,
- földhasználat felügyelete.

Klímahatás	Létesítményszintű intézkedések	Körzeti szintű intézkedések	Térségi / vízgyűjtő területi szintű intézkedések
Hőmérséklet-változás	<p>megfelelő magassági vonalvezetés</p> <p>napvédelem (árnyékolás, tájolás, fásítás)</p> <p>deformáció-hajlam csökkentése megfelelő kötőanyaggal, merevebb kötőanyagok vagy bitumen</p> <p>éghajlati változásokhoz való adaptáció megfelelő bitumen és aszfaltkeverékek alkalmazása</p>	<p>nyomvonal tervezés</p> <p>fokozott szellőzés a tájolás és a városmorfológia kihasználásával</p> <p>légszennyezettség csökkentése megfelelő forgalomirányítási rendszerekkel</p>	<p>zöld infrastruktúra</p> <p>vonalszerű szennyezésforrások kezelése</p> <p>nyílt víztestek, csapadékvíztároló tavak</p> <p>infrastruktúra folyamatos monitorozása</p>
Vízi erőforrások és vízgazdálkodás	<p>megfelelő vízgazdálkodási infrastruktúra</p> <p>kopóréteg vízáteresztő képességének minimalizálása</p> <p>pályaszerkezet megfelelő víztelenítése</p> <p>padka stabilizálása</p> <p>drénaszfalt kopórétegek beépítése</p> <p>vízvezető szegély és surrantó használata</p> <p>csapadékvíz elvezetés, gyűjtés</p> <p>közlekedési létesítmények kiemelése a terepből</p> <p>vízszintes vonalvezetés tervezése</p>	<p>fenntartható vízelvezető, víztározó rendszerek</p> <p>intenzív csapadék esetén lehulló csapadékvíz elvezetése során szabályozott árhullám levezetés</p> <p>csapadékvíz hasznosítása</p> <p>összegyűjtött csapadékvíz használata fák és zöldterületek öntözésére</p>	<p>csapadékvíz-túlfolyás kezelése</p> <p>vízhatékonysági szabványok</p>
Talajerózió és talajcsuszamlások	<p>megfelelő útalap, mélyebb és erősebb alapozások</p> <p>megtámasztás, támfal</p> <p>megfelelő híd- és felüljárószerkezet, robusztus alapozás</p> <p>talajstabilizálás</p> <p>vegetáció-gazdálkodás</p> <p>nedvességszabályozó rendszerek vagy talaj-rehidratálás</p>	<p>felszíni erózióvédelmi szerkezetek</p> <p>jobban vízmentesített útalapok</p>	<p>földhasználat felügyelete</p> <p>lejtők megerősítése</p> <p>lejtők lejtési szögének megváltoztatása</p> <p>növénytelepítés az erózió mérséklésére</p>

26. táblázat Az éghajlatváltozás hatásait csökkentő potenciális beruházási intézkedések

## Adaptációs intézkedések

Az adaptációs intézkedések projektbe történő integrálása során a potenciális intézkedések meghatározását követően döntést kell hozni arról, hogy a projekt tervében és üzemeltetésében, menedzsmentjében milyen változtatások szükségesek. Ennek megfelelően az adaptációs intézkedéseket integrálni kell a projektterv és a beszerzési és építési fázisokba.

A következő táblázatokban bemutatjuk azokat az adaptációs intézkedéseket, mellyel a projekt klímabiztosabbá tehető, melyek a klímakockázati tényezőket jelentősen mérséklik.

Intézkedéstípus	Potenciális relevancia	Konkrét intézkedés megnevezése
Adaptációs infrastruktúra 1.	(igen/nem)	<p><u>Tervezés, projektelőkészítés</u> A tervezés során olyan nyomvonalat választottak, amely alkalmazkodik a tervezett tevékenységekhez, igazodik a környezethez és az adottságokhoz, figyelembe veszi a domborzati és vízrajzi adottságokat, valamint alkalmazkodik az emberi tényezőkhöz. Korszerű úthálózat épül, mely lehetővé teszi a megfelelő kapcsolatokat más útszakaszokkal Ellenőrző és fenntartási, javítási munkák megfelelő mennyiségben és minőségben történő elvégzése tervezett.</p> <p><u>A legfontosabb energia- és anyaghatékonysági intézkedések:</u> A létesítés során alacsony üzemanyagfogyasztású és szén-dioxid kibocsátású munkagépeket alkalmaznak. A létesítés helyszínére az útépitő alapanyagokat a legrövidebb úton szállítják. A létesítés során a veszélyes hulladékok gyűjtése során a környezetszennyezés/károsítás lehetőségét is ki kell zárni. A keletkező veszélyes hulladékok gyűjtését, kezelését a 225/2015. (VIII. 7.) Korm. Rendeletben meghatározottak szerint kell végezni.</p> <p><u>Levegőminőségre gyakorolt kedvezőtlen hatások csökkentése</u> A jelen projekt keretében megvalósuló fejlesztés csökkenti a közlekedési dugók kialakulási gyakoriságának valószínűségét és tartósságát. Ezáltal hozzájárul az érintett, a beruházás által összekötni tervezett útszakaszokon áthaladó forgalom fajlagos környezetterhelésének, levegőminőségre gyakorolt kedvezőtlen hatásának csökkentéséhez, így ez szintén csökkenti a valószínűségét Los Angeles típusú szmog kialakulásának az érintett fejlesztési terület térségében.</p> <p><u>Hóteher miatti károsodás megelőzése</u> Korszerű és tartós anyagok és technológiák alkalmazása. Az építésügyi és minőségbiztosítási előírások betartása.</p> <p><u>UV sugárzás emelkedés elleni védekezés</u> Az aktuális műszaki előírásokat vették figyelembe a tervezés során. Az ultraibolya sugárzásnak ellenálló építőanyagok kerülnek beépítésre.</p> <p><u>Vízgazdálkodással kapcsolatos intézkedések</u> A talajban és a felszínen megnövekedett víztartalom csökkenti az aszfalt teherbírását, a gyorsan mozgó víz pedig az burkolatok kimosását és tönkremenetelét eredményezheti. A fagyponthoz közeli hőmérséklet és a változó halmazállapotú csapadékok is kedvezőtlenül érintik a burkolatok állapotát: a repedésekbe szivárgó nedvesség felpúposodást okoz. A beépítésre kerülő kopóréteg nagy porozitású, melyek segíti a víz gyors levezetését az útpálya felületéről nagy mennyiségű csapadékesemény után. Ezen hatások ellen a megfelelő vízelvezetéssel védekeznek a beruházás során, mely a legfontosabb adaptációs intézkedés az éghajlatváltozás esetében. A biztosításra kerül az burkolt felületekről lefolyó csapadékvizek összegyűjtése és elvezetése. A tervezett beruházás által érintett területen a vízelvezető árkok rendszeres karbantartása javasolt. Nagy intenzitású csapadék esetén a sebesség csökkentésével nagymértékben lehet csökkenteni a baleset kockázatát. Az adaptációs intézkedés a csapadék intenzitásának mérését és a járművezetők megfelelő tájékoztatását igényli. A tervezett beruházás közvetlenül felszíni víztestet nem érint, árvízveszély nem fenyegeti. A tervezett nyomvonalat nem veszélyezteteti árvíz, belvíz, villámárvízzel mérsékelten veszélyeztetett.</p>

Intézkedéstípus	Potenciális relevancia	Konkrét intézkedés megnevezése
Adaptációs infrastruktúra 2.	(igen/nem)	<p><u>Hőmérséklet emelkedés elleni védekezés</u></p> <p>A hőmérséklet emelkedése a burkolatok deformációhajlamának növekedését eredményezi. A deformációhajlam elsősorban az alkalmazott kötőanyag minőségétől függ, ezért merevebb kötőanyagok, magas hőmérséklettűrő képességű bitumentípusok használatával ez a hatás kezelhető. 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.</p> <p>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.</p> <p><u>Tömegmozgás elleni védekezés</u></p> <p>Tömegmozgás elleni védelem kevésnek bizonyulhat a megváltozott éghajlati feltételek mellett. A megfelelő adaptációhoz az előrejelző modellek és a kockázatelemzési módszerek fejlesztése szükséges. Beazonosítandóak a veszélyeztetett helyek, és ott a szükséges megelőző intézkedések fogantatosítandóak. A tervezett megelőző intézkedések: talaj-, padka- és burkolatstabilizálás. A padkák stabilizálásával, szilárdabbá tételével a nagy intenzitású csapadék okozta kimosódások elkerülhetők. A stabilizált padka a forgalom lebonyolódása szempontjából is előnyös. A tömegmozgások elleni adaptáció része lehetne hosszabb távon még egy országos szintű, a tömegmozgási adatokat tartalmazó tudásbázis kiépítése, és ehhez tartozóan a tömegmozgás-események regisztrációs rendszere is kidolgozandó.</p> <p><u>Fagyos napok számának növekedése</u></p> <p>A fagyos napok számának növekedésével az útburkolatok élettartama csökken, a téli útkárok előfordulása nő. Az utak minőségének, valamint a környezet megóvása érdekében környezetkímélő síkosság mentesítést fognak alkalmazni.</p>
Tudásbázis építése, hézagok pótlása	(igen/nem)	<p>Információ gyűjtése különböző éghajlati forráskönyvek megvalósulása esetén várható átlagos hőmérsékletről és hőhullámok számáról, intenzitásáról, csapadékesemények adatairól.</p>
Szabályozási eszközök	(igen/nem)	<p><u>Zöldfelületek arányának szabályozása</u></p> <p>A zöldfelületek fenntartási munkáinak megfelelő mennyiségben és minőségben történő elvégzése.</p> <p>A tervezett út környezetében található zöldfelületek kezelője az eddigi gyakorlatnak megfelelően biztosítja a szükséges kezelést (pl.: rendszeres kaszálás, fűnyírás)</p> <p><u>Megengedett sebesség szabályozása a csapadék intenzitásának függvényében</u></p> <p>Nagy intenzitású csapadék esetén a sebesség csökkentésével nagymértékben lehet csökkenteni a baleset kockázatát. Az adaptációs intézkedés a csapadék intenzitásának mérését és a járművezetők megfelelő tájékoztatását igényli.</p>
Információs eszközök	(igen/nem)	<p>Csapadék intenzitásának mérése: A közúti forgalom biztonsága szempontjából a veszélyes helyzetek felismerése fontos. A meteorológiai állomások megfelelő sűrűségű telepítése jelentős költségvonzattal jár.</p> <p>Járművezetők tájékoztatása a sebességkorlátozásról</p>
Kooperáció és partnerség	(igen/nem)	<p>Partnerség kialakítása a klímaváltozás következményeiként bekövetkező káresemények elhárításában illetékes szervezetekkel.</p>

28. táblázat Adaptációs intézkedések feltárását szolgáló mátrix – Adaptációs infrastruktúra 2., Tudásbázis építése, hézagok pótlása, Szabályozási eszközök, Információs eszközök, Kooperáció és partnerség

Stratégiai eszközök	(igen/nem)	Az üzemeléshez szükséges kárelhárítási, illetve havária tervek kidolgozása az üzemelés megkezdéséig megtörténik.
Kockázat szétterítését szolgáló intézkedések	(igen/nem)	<p><b>Biztonsági intézkedések</b>  A munkagépek üzemelése során figyelembe veszik az üzembiztonsági szempontokat. A létesítés és pályafenntartás során ügyelni kell a munkavédelmi előírásokra. A közlekedésbiztonság érdekében a fenntartónak folyamatosan ellenőriznie kell, hogy az útpálya, illetve az útburkolat megfelel-e a biztonságos közlekedés előírásainak.</p> <p><b>Szennyezések megelőzése</b>  A létesítés és üzemelés során keletkező hulladékokat megfelelő engedéllyel rendelkező szervezetnek adják át ártalmatlanítás céljából. Az útpályára folyó nagy mennyiségű olajat a legrövidebb időn belül el kell távolítani.</p> <p><b>Baleset-megelőzés, közegészségügy</b>  Az üzemszerű állapottól való bármely eltérés esetén a környezetterhelés elleni intézkedéseket azonnal meg kell tenni és haladéktalanul értesíteni kell az illetékes Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főosztályt. Amennyiben a tevékenység során káresemény következik be, a következők szerint kell eljárni.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Az észlelt káreseményt, annak nagyságától függően azonnal jelenteni kell az út üzemeltetőjének és a környezetvédelmi vezetőnek, aki megteszi a szükséges lépéseket.</li> <li>- Fel kell mérni a bekövetkezett kár mértékét és a veszélyeztetés mértékét, majd meg kell kezdeni a kármentesítést.</li> <li>- Amennyiben az üzemeltető vagy a környezetvédelmi vezető úgy ítéli meg, külső környezetvédelmi szakcéget kell bevonni a mentesítési munkálatokba, egyéb esetben a mentesítést a védekezési tevékenységet irányító személy irányításával a tevékenységbe bevonandó személyek megkezdhetik.</li> <li>- A keletkezett káreseményt ki kell vizsgálni, jegyzőkönyvet kell róla készíteni és intézkedni, hogy a jövőben ne fordulhasson elő.</li> </ul>

29. táblázat Adaptációs intézkedések feltárását szolgáló mátrix – Kockázat szétterítését szolgáló intézkedések

### Az alkalmazkodási intézkedések eredményességének nyomon követésére vonatkozó javaslatok

Az útburkolat aktuális állapotáról – az úthibák detektálásával – a különböző felmérési módszerekkel kaphatunk információt. Egy útkezeléssel foglalkozó vállalat általában több ezer vagy több tízezer kilométer úthálózat kezelését látja el, ezért az üzemeltetéshez és a fenntartáshoz a hálózat mindenkor állapotát ismernie kell. Ehhez rendszeres felméréseket kell végezni, ami azt jelenti, hogy az úthálózatról nagy mennyiségű adatot kell feldolgozni és tárolni. Az adatokat a jobb kezelhetőség miatt célszerű adatbázisba szervezni és az elemzéseket térinformatikai rendszerben elvégezni. Megfelelő szoftverrel és az adatbázisban lévő adatok segítségével az útburkolat leromlásának folyamatát meg lehet figyelni. Több ezer kilométernyi burkolathossz esetén a hálózat egészére vonatkozó állapot jellemzőket azonban csak akkor lehet nyomon követni, és ezt az üzemeltetésnél is felhasználni, ha az adatokat útburkolat-gazdálkodási rendszerben tároljuk. Ezen rendszerek használatának több előnye is van, például megkönnyíti a beavatkozások ütemezését és a karbantartási költségek kiszámítását. Ezen felül a rendszerben tárolt felmérési eredmények felhasználásával akár az egész hálózat leromlási folyamatát is meg lehet figyelni.

Üzemeltetési monitorozásra a következő lehetőségek lehetnek:

- Adatok és információk gyűjtése:
  - Mikor és milyen adaptációs intézkedés került megvalósításra,
  - Az esetleges károk, állagromlások precíz dokumentálása, kiegészítve az adott időjárási viszonyokkal: A klímaváltozás hatására jelentkező, útburkolatokra ható hibákra és havária eseményekre reagáló intézkedés lehet a csapadék intenzitásának, valamint a hőmérséklet és a hóhullámos napok nyomon követése és mérése. A csapadék intenzitásának függvényében, valamint a magas hőmérséklet hatására kialakuló úthibák mértékében a megengedett sebességet lehet szabályozni, melyről a járművezetőket tájékoztatni szükséges.
- Ellenőrző lista, vagy nyomkövetési és értékelési terv készítése.
- Az adaptációs intézkedések hatékonyságának elemzése.

- Folyamatos állapotfelvételek (főleg szélsőséges időjárási eseményeket, körülményeket követően):
  - Útrepedések,
  - Nyomvályúk, süllyedések, kátyúk,
  - Bitumen „kiizzadása”,
  - Padka felhízása, szegély kialakulása,
  - Kimosódások,
  - Vízelvezető rendszerek feltöltődése, szűkülése stb.

**A tervezett tevékenység hogyan hat a feltételezhető hatásterület éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási képességére**

Az új csomópont és a hozzá tartozó le- és felhajtók építése több szempontból is befolyásolhatja a hatásterület éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási képességét. Az infrastruktúra fejlesztése javíthatja a közlekedési hatékonyságot, csökkentheti a torlódásokat, ezáltal mérsékelheti a légszennyezést és az üzemanyag-fogyasztást. Ha a csomópont megfelelő módon illeszkedik a közlekedési hálózatba, az segítheti a sürgősségi szolgáltatások gyorsabb elérését, ami különösen fontos lehet extrém időjárási események idején.

Az autópálya és a csomópont burkolt felületeinek növekedése fokozhatja a hőszigetelést, ami különösen hátrányos lehet extrém hőhullámok idején. A nagy kiterjedésű aszfalt- és betonfelületek csökkenthetik a talaj vízelnyelő képességét, ami növelheti az árvíz-kockázatot, különösen intenzív csapadékhullás esetén. Emellett az új építési területek kialakítása természetes élőhelyek csökkenésével járhat, ami ronthatja az ökoszisztémák alkalmazkodóképességét.

A fejlesztés hatásainak mérséklése érdekében célszerű olyan megoldásokat beépíteni a tervezésbe, amelyek segítik az alkalmazkodást az éghajlatváltozás hatásaihoz. A zöld infrastruktúra, például fásítás, vízáteresztő burkolatok és esőkertek alkalmazása hozzájárulhat a csapadékvíz hatékony kezeléséhez és a hőszigetelés csökkentéséhez. Emellett fontos lenne a fenntartható közlekedési módok támogatása, például kerékpárutak és tömegközlekedési kapcsolatok fejlesztése, hogy a közlekedés okozta környezeti terhelés minimalizálható legyen. A tervezés során figyelembe kell venni az éghajlati kockázatokat, és olyan megoldásokat kell alkalmazni, amelyek biztosítják a térség hosszútávú ellenálló képességét a változó környezeti feltételekkel szemben.

**A klímaváltozás ellen ható egyéb intézkedések**

Az **üzemelést** tekintve előjáróban rögzítenünk kell, hogy a közúti közlekedés a levegő minőségét főként a szilárd részecske (PM<sub>10</sub>) és a nitrogén-oxid (NO<sub>x</sub>) kibocsátásával jelentősen befolyásolja. A levegőszennyezés elsősorban a benzin- és gázolaj-üzemű motorok által kibocsátott gázok miatt következik be. A közúti közlekedési kibocsátásban három tényező játszik fő szerepet: az üzemanyag és a gépjármű-állomány minősége, valamint a gépjárműhasználat mennyisége.

Az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklésére irányuló jogi és műszaki intézkedésekhez tartozik a jármű forgalomba helyezésének szabályozása (típusvizsgálat), a környezetvédelmi követelményeket is kielégítő új járműgenerációk bevezetése, a kötelező környezetvédelmi felülvizsgálat előírása és a szűrőpróbaszerű ellenőrzések.



### Az üvegházhatású gázok várható kibocsátásának – éves és tonnában meghatározott – bemutatása számításokkal alátámasztva

#### HBEFA bemutatása

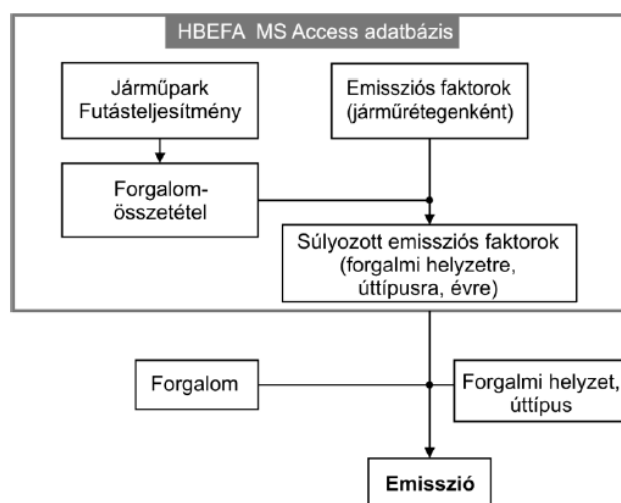
Az üzemelés során az üvegházhatású-gázok kibocsátását a HBEFA program segítségével határozzuk meg.

A HBEFA (Közúti Közlekedés Kibocsátási Faktorainak Kézikönyve, Handbook Emission Factors for Road Transport) egy Microsoft Access adatbázis-alkalmazás, melyet a közúti közlekedésből származó kibocsátások becslésére használnak. Az alkalmazás emissziós tényezőket határoz meg a közúti közlekedésre vonatkozóan, azaz a fajlagos kibocsátást g/km-ben adja meg az összes közúti járműkategóriára (személygépkocsik, könnyű tehergépjárművek, nehéz tehergépjárművek, buszok és motorkerékpárok). A kibocsátási tényezőket a széndioxid kibocsátásra, illetve az összes szabályozott és a legfontosabb nem szabályozott légszennyező anyagra, valamint az üzemanyag-fogyasztásra vonatkozóan tudjuk megadni.

Az első változatot (HBEFA 1.1) 1995 decemberében adták ki. Vizsgálatunk során a HBEFA 4.1 változatát alkalmaztuk. Ez a változat Svájc, Németország, Ausztria, Franciaország, Svédország és Norvégia közlekedési adataira vonatkozóan tartalmaz adatokat 1990. évtől.

A HBEFA adatbázis ún. járműrétegekhez (járműkategória, üzemanyag, emissziós szabvány, úrtartalom alapján létrehozott csoportok) rendel hozzá emissziós faktorokat, amelyeket motorpadi vagy valós helyszíni mérésekkel határoznak meg. Az adott ország járműparkja, illetve a járművek futásteljesítménye ismeretében ezekből meghatározható az átlagos emissziós faktor. A HBEFA adatbázis az útkategória, forgalmi helyzet függvényében különböző emissziós faktorokat ad meg.

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (a továbbiakban: BME) által elvégzett vizsgálatban a HBEFA adatbázisban használt németországi járműpark, valamint a magyarországi személygépkocsi park között emisszió szempontjából 4 éves lemaradás volt megállapítható, vagyis a 2024-es átlagos magyar emissziós faktor a 2020-as németországinak felel meg.



28. ábra Emissziószámítás HBEFA alapján (Forrás: BME – Áramlástan, 2015)

A projekt megvalósítására visszavezethető éves üvegházhatásúgáz-kibocsátás mennyiségének becslése során az alkalmazott módszertan az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményének (UNFCCC) Kiotói Jegyzőkönyvében felsorolt hét üvegházhatású gáz kibocsátását vesz figyelembe, ezek a következők:

- szén-dioxid (CO<sub>2</sub>);
- metán (CH<sub>4</sub>);
- dinitrogén-oxid (N<sub>2</sub>O);
- fluorozott szénhidrogének (HFC);
- perfluorozott szénhidrogének (PFC);
- kén-hexafluorid (SF<sub>6</sub>);
- nitrogén-trifluorid (NF<sub>3</sub>).

Az üvegházhatású gázok kibocsátásának számszerűsítési folyamata az összes kibocsátást a globális felmelegedési potenciál (GWP) segítségével CO<sub>2eq</sub> (egyenérték) tonnára számítja át.

A HBEFA adatbázis alkalmazása során a kibocsátások során keletkező összes CO<sub>2eq</sub> meghatározásra kerül.

Az emisszió meghatározásánál a HBEFA adatbázisban rendelkezésre álló, azonosnak tekinthető közlekedési szituációt vettük figyelembe. Az alkalmazás emissziós tényezőket határoz meg a közúti közlekedésre vonatkozóan, azaz a fajlagos kibocsátást g/km-ben adja meg az összes közúti járműkategóriára (személygépkocsik, könnyű tehergépjárművek, nehéz tehergépjárművek, buszok és motorkerékpárok). A kibocsátási tényezőket a szén-dioxid kibocsátásra tudjuk megadni.

Az üvegházhatású gázok kibocsátásának számszerűsítési folyamata az összes kibocsátást a globális felmelegedési potenciál (GWP) segítségével CO<sub>2eq</sub> (egyenérték) tonnára számítja át.

### A megnövekedett forgalom eredményeként várható szén-dioxid emisszió többlet becslése

A tárgyi fejlesztéssel érintett nyomvonalat vizsgáltuk a megengedett maximális sebességek mellett.

Jelen helyzetre a németországi járműparkot vettük alapul, figyelembevéve a BME által végzett vizsgálatot, vagyis, hogy a HBEFA adatbázisban használt a németországi járműpark, valamint a magyarországi személygépkocsi park között emisszió szempontjából 4 éves lemaradás volt megállapítható. Ez alapján 4 éves eltolódást alkalmazva a jelenlegi állapothoz a 2021-es, a tervezési évéhez nagyobb lemaradást feltételezve a 2023-as emissziós faktorokat vettük figyelembe. Vizsgáltuk a 15 év távlati forgalmát is, feltételezve, hogy a 2040. évben a németországi járműparkhoz képest 5 éves lemaradásban lesz a hazai járműpark.

#### 2024. – Jelenlegi állapot

Az útszakasz jelenlegi forgalmi adatait az alábbi táblázat tartalmazza.

Útszakaszok	személy- gépkocsi (pass. car)	könnyű tehergépkocsi (LCV)	szóló busz (coach)	csuklós busz (urban bus)	motorkerékpár (motorcycle)	tehergépkocsi (HGV)
M3 autópálya	11265	1988	100	3	408	3509

30. táblázat Útszakaszok járműforgalma – jelenlegi állapot

Az útszakaszon a megadott forgalmi viszonyok mellett a következő táblázatban látható emissziós faktorok (EFA) várhatók.

Útszakaszok	személy- gépkocsi (pass. car)	könnyű tehergépkocsi (LCV)	szóló busz (coach)	csuklós busz (urban bus)	motorkerékpár (motorcycle)	tehergépkocsi (HGV)
M3 autópálya	181,711	308,358	589,753	650,814	143,899	601,824

31. táblázat A tárgyi úton meghatározott EFA (g/km) – jelenlegi állapot

A tárgyi úton becsült éves ÜHG kibocsátások (t/év) a következő táblázatokban láthatók járműkategóriánként és összesítve.

### M3 autópálya

Járműkategória	ÜHG	Járműszám (db)	Útszakasz hossza (km)	ÜHG kibocsátás (t/év)
pass. car	CO <sub>2eq</sub>	11265	1,000	747,15
LCV		1988		223,750
coach		100		21,526
urban bus		3		0,7126
motorcycle		408		21,430
HGV		3509		770,81
Összesen				1785,4

32. táblázat Összesített ÜHG emisszió (t/év) – Jelenleg – M3

Jelenleg az M3 járműforgalma által az üvegházhatású-gázkibocsátás szén-dioxid egyenértékben meghatározva 1785,4 t/év a vizsgált, 1 km-es szakaszon.

### 2028 – Megépülést követően

Útszakaszok	személy- gépkocsi (pass. car)	könnyű tehergépkocsi (LCV)	szóló busz (coach)	csuklós busz (urban bus)	motorkerékpár (motorcycle)	tehergépkocsi (HGV)
M3 autópálya	12745	2650	1501	2269	1738	12745
L1. lehajtó Budapest felől Ipari Park felé	546	468	265	400	307	546
F2. felhajtó Ipari Park felől Vásárosnamény felé	100	1	1	1	1	100
L3. lehajtó Vásárosnamény felől Ipari Park felé	3	2	1	2	1	3
F4. felhajtó Ipari Park felől Budapest felé	408	0	0	0	0	408

33. táblázat Útszakaszok járműforgalma – megépülést követően

Az útszakaszon a megadott forgalmi viszonyok mellett a következő táblázatban látható emissziós faktorok (EFA) várhatók.

Útszakaszok	M3	L1. lehajtó Budapest felől Ipari Park felé	F2. felhajtó Ipari Park felől Vásárosnamény felé	L3. lehajtó Vásárosnamény felől Ipari Park felé	F4. felhajtó Ipari Park felől Budapest felé
személygépkocsi (pass. car)	176,763	136,538	136,538	136,538	136,538
könnyű tehergépkocsi (LCV)	295,841	171,504	171,504	171,504	171,504
szóló busz (coach)	577,183	577,631	577,631	577,631	577,631
csuklós busz (urban bus)	632,313	716,107	716,107	716,107	716,107
motorkerékpár (motorcycle)	144,698	79,120	79,120	79,120	79,120
tehergépkocsi (HGV)	583,697	575,802	575,802	575,802	575,802

34. táblázat Útszakaszok járműforgalma – megépülést követően

A tárgyi csomópontban becsült éves ÜHG kibocsátások (t/év) a következő táblázatokban láthatók járműkategóriánként és összesítve.

### M3 autópálya

Járműkategória	ÜHG	Járműszám (db)	Útszakasz hossza (km)	ÜHG kibocsátás (t/év)
pass. car	CO <sub>2eq</sub>	12745	1,000	822,29
LCV		546		58,958
coach		100		21,067
urban bus		3		0,6924
motorcycle		408		21,548
HGV		2625		559,25
Összesen				1483,8

35. táblázat Összesített ÜHG emisszió (t/év) – megépülést követően – M3

### L1. lehajtó Budapest felől Ipari Park felé

Járműkategória	ÜHG	Járműszám (db)	Útszakasz hossza (km)	ÜHG kibocsátás (t/év)
pass. car	CO <sub>2eq</sub>	2650	0,585	77,2590
LCV		468		17,1383
coach		1		0,1233
urban bus		2		0,3058
motorcycle		0		0,0000
HGV		825		101,432
Összesen				196,259

36. táblázat Összesített ÜHG emisszió (t/év) – megépülést követően – L1

### F2. felhajtó Ipari Park felől Vásárosnamény felé

Járműkategória	ÜHG	Járműszám (db)	Útszakasz hossza (km)	ÜHG kibocsátás (t/év)
pass. car	CO <sub>2eq</sub>	1501	0,800	59,844
LCV		265		13,271
coach		1		0,169
urban bus		1		0,209
motorcycle		0		0,000
HGV		468		78,687
Összesen				152,179

37. táblázat Összesített ÜHG emisszió (t/év) – megépülést követően – F2

### L3. lehajtó Vásárosnamény felől Ipari Park felé

Járműkategória	ÜHG	Járműszám (db)	Útszakasz hossza (km)	ÜHG kibocsátás (t/év)
pass. car	CO <sub>2eq</sub>	2269	0,650	73,501
LCV		400		16,276
coach		1		0,137
urban bus		2		0,340
motorcycle		0		0,000
HGV		706		96,446
Összesen				186,700

38. táblázat Összesített ÜHG emisszió (t/év) – megépülést követően – L3

#### F4. felhajtó Ipari Park felől Budapest felé

Járműkategória	ÜHG	Járműszám (db)	Útszakasz hossza (km)	ÜHG kibocsátás (t/év)
pass. car	CO <sub>2eq</sub>	1738	0,650	56,300
LCV		307		12,492
coach		1		0,137
urban bus		1		0,170
motorcycle		0		0,000
HGV		541		73,906
Összesen				143,004

39. táblázat Összesített ÜHG emisszió (t/év) – megépülést követően – F4

Megépülést követően az üvegházhatású-gázkibocsátás szén-dioxid egyenértékben meghatározva az alábbiak szerint alakul.

Járműkategória	ÜHG (t/év)	ÜHG (t/év/km)
M3 autópálya	1483,8	1483,8
L1. lehajtó Budapest felől Ipari Park felé	196,26	335,485
F2. felhajtó Ipari Park felől Vásárosnamény felé	152,18	190,22
L3. lehajtó Vásárosnamény felől Ipari Park felé	186,70	287,23
F4. felhajtó Ipari Park felől Budapest felé	143,00	220,01

40. táblázat ÜHG emisszió

#### 2040 – Távlati forgalom – NÉLKÜLE állapot

A távlati forgalmat (a megépülést követő 15. év) tekintve a becslések alapján a következőképpen alakul az üvegházhatású gázkibocsátás.

Útszakaszok	személy- gépkocsi (pass. car)	könnyű tehergépkocsi (LCV)	szóló busz (coach)	csuklós busz (urban bus)	motorkerékpár (motorcycle)	tehergépkocsi (HGV)
M3 autópálya	15820	3758	100	13	410	5968

41. táblázat Útszakaszok járműforgalma – 2040

Az útszakaszon a megadott forgalmi viszonyok mellett a következő táblázatban látható emissziós faktorok (EFA) várhatók.

Útszakaszok	M3
személygépkocsi (pass. car)	135,096
könnyű tehergépkocsi (LCV)	236,753
szóló busz (coach)	452,847
csuklós busz (urban bus)	406,491
motorkerékpár (motorcycle)	149,675
tehergépkocsi (HGV)	445,819

42. táblázat Útszakaszok járműforgalma – 2040

A tárgyi csomópontban becsült éves ÜHG kibocsátások (t/év) a következő táblázatokban láthatók járműkategóriánként és összesítve.



### M3 autópálya

Járműkategória	ÜHG	Járműszám (db)	Útszakasz hossza (km)	ÜHG kibocsátás (t/év)
pass. car	CO <sub>2eq</sub>	15820	1,000	780,08
LCV		3758		324,75
coach		100		16,529
urban bus		13		1,9288
motorcycle		410		22,399
HGV		5968		971,14
Összesen				2116,8

43. táblázat Összesített ÜHG emisszió (t/év) – megépülést követően – M3

Megépülést követően az üvegházhatású-gázkibocsátás szén-dioxid egyenértékben meghatározva az alábbiak szerint alakul.

Járműkategória	ÜHG (t/év)	ÜHG (t/év/km)
M3 autópálya	2116,8	2116,8

44. táblázat ÜHG emisszió

### 2040 – Távlati forgalom – VELE állapot

A távlati forgalmat (a megépülést követő 15. év) tekintve a becslések alapján a következőképpen alakul az üvegházhatású gázkibocsátás.

Útszakaszok	személy- gépkocsi (pass. car)	könnyű tehergépkocsi (LCV)	szóló busz (coach)	csuklós busz (urban bus)	motorkerékpár (motorcycle)	tehergépkocsi (HGV)
M3 autópálya	16350	3118	1766	2669	2045	16350
L1. lehajtó Budapest felől Ipari Park felé	3418	550	312	471	361	3418
F2. felhajtó Ipari Park felől Vásárosnamény felé	105	1	1	1	1	105
L3. lehajtó Vásárosnamény felől Ipari Park felé	14	2	1	2	1	14
F4. felhajtó Ipari Park felől Budapest felé	410	0	0	0	0	410

45. táblázat Útszakaszok járműforgalma – 2040

Az útszakaszon a megadott forgalmi viszonyok mellett a következő táblázatban látható emissziós faktorok (EFA) várhatók.

Útszakaszok	M3	L1. lehajtó Budapest felől Ipari Park felé	F2. felhajtó Ipari Park felől Vásárosnamény felé	L3. lehajtó Vásárosnamény felől Ipari Park felé	F4. felhajtó Ipari Park felől Budapest felé
személygépkocsi (pass. car)	135,096	100,586	100,586	100,586	100,586
könnyű tehergépkocsi (LCV)	236,753	136,849	136,849	136,849	136,849
szóló busz (coach)	452,847	449,875	449,875	449,875	449,875
csuklós busz (urban bus)	406,491	464,784	464,784	464,784	464,784
motorkerékpár (motorcycle)	149,675	71,042	71,042	71,042	71,042
tehergépkocsi (HGV)	445,819	445,483	445,483	445,483	445,483

46. táblázat Útszakaszok járműforgalma – 2040

A tárgyi csomópontban becsült éves ÜHG kibocsátások (t/év) a következő táblázatokban láthatók járműkategóriánként és összesítve.

### M3 autópálya

Járműkategória	ÜHG	Járműszám (db)	Útszakasz hossza (km)	ÜHG kibocsátás (t/év)
pass. car	CO <sub>2eq</sub>	16350	1,000	806,22
LCV		3418		295,366
coach		105		17,355
urban bus		14		2,0772
motorcycle		410		22,399
HGV		5993		975,20
Összesen				2118,6

47. táblázat Összesített ÜHG emisszió (t/év) – 2040 – M3

### L1. lehajtó Budapest felől Ipari Park felé

Járműkategória	ÜHG	Járműszám (db)	Útszakasz hossza (km)	ÜHG kibocsátás (t/év)
pass. car	CO <sub>2eq</sub>	3118	0,585	66,9674
LCV		550		16,0713
coach		1		0,0961
urban bus		2		0,1985
motorcycle		0		0,0000
HGV		971		92,3632
Összesen				175,697

48. táblázat Összesített ÜHG emisszió (t/év) – 2040– L1

### F2. felhajtó Ipari Park felől Vásárosnamény felé

Járműkategória	ÜHG	Járműszám (db)	Útszakasz hossza (km)	ÜHG kibocsátás (t/év)
pass. car	CO <sub>2eq</sub>	1766	0,800	51,870
LCV		312		12,467
coach		1		0,131
urban bus		1		0,136
motorcycle		0		0,000
HGV		550		71,545
Összesen				136,149

49. táblázat Összesített ÜHG emisszió (t/év) – 2040– F2

### L3. lehajtó Vásárosnamény felől Ipari Park felé

Járműkategória	ÜHG	Járműszám (db)	Útszakasz hossza (km)	ÜHG kibocsátás (t/év)
pass. car	CO <sub>2eq</sub>	2669	0,650	63,693
LCV		471		15,292
coach		1		0,107
urban bus		2		0,221
motorcycle		0		0,000
HGV		831		87,829
Összesen				167,142

50. táblázat Összesített ÜHG emisszió (t/év) – 2040– L3

#### F4. felhajtó Ipari Park felől Budapest felé

Járműkategória	ÜHG	Járműszám (db)	Útszakasz hossza (km)	ÜHG kibocsátás (t/év)
pass. car	CO <sub>2eq</sub>	2045	0,650	48,802
LCV		361		11,721
coach		1		0,107
urban bus		1		0,110
motorcycle		0		0,000
HGV		637		67,325
Összesen				128,065

51. táblázat Összesített ÜHG emisszió (t/év) – 2040– F4

Megépülést követően az üvegházhatású-gázkibocsátás szén-dioxid egyenértékben meghatározva az alábbiak szerint alakul.

Járműkategória	ÜHG (t/év)	ÜHG (t/év/km)
M3 autópálya	2118,6	2118,6
L1. lehajtó Budapest felől Ipari Park felé	175,70	300,34
F2. felhajtó Ipari Park felől Vásárosnamény felé	136,15	170,18
L3. lehajtó Vásárosnamény felől Ipari Park felé	167,14	257,14
F4. felhajtó Ipari Park felől Budapest felé	128,07	197,02

52. táblázat ÜHG emisszió

**Az olyan, lehetséges alkalmazkodási intézkedések, valamint az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését, illetve ellentételezését szolgáló intézkedések bemutatása, amelyek éghajlati, ökológiai és környezeti szempontból hasznosak, továbbá megvalósításuk nem jár aránytalanul magas költséggel**

A megnövekedett forgalom hatására a tárgyi út nyomvonalán növekedni fog az üvegházhatású gázok kibocsátása. A közúti közlekedésben az EU célja, hogy ösztönözze a viselkedésbeli változásokat, a mobilitási megoldásokat korszerűsítse. A gépkocsik szén-dioxid-kibocsátási teljesítményére vonatkozó szabályozás jelenti a fő hajtóerőt a tiszta, korszerű és innovatív járművek elterjedésére. A jövőben a kibocsátás csökkenni fog a látogatók járműparkjának korszerűsítése eredményeképpen, valamint a szigorodó környezetvédelmi kibocsátási normák hatására.

A légköri üvegházhatású gázok koncentrációját alapvetően két tényező (emisszió, elnyelés) befolyásolja. A zöldfelületek fejlesztésével, növénytelepítéssel, valamint a telepített növények folyamatos karbantartásával növelhető a terület jelenlegi elnyelőképesége. A növénytelepítés a helyben keletkező por megkötésére is alkalmas, többszintes, zárt telepítésű, fák és cserjék együttes alkalmazásával, mert így a talajtól, a lombkorona tetejéig sűrű térháló alakulhat ki, és a porszűrő képessége kitűnő lesz. A szilárd szennyező anyagok (porszemcsék a hozzájuk tapadó nehézfémekkel, a korom, olajszármazékok stb.) megülednek a leveleken. Az esővíz a szennyeződést időnként lemossa, és a szűrő levélfelület újra üzemképes. A kapacitás függ attól, hogy a fák milyen távolságra vannak a szennyező forrásoktól. Emiatt az utak melletti fasorok bírnak nagy jelentőséggel.

A többszintű növénytakaró alkalmazásával csökkenthető a terület felmelegedési képessége is, csökkenthető a hőszigetelés kialakulásának kockázata, melyet a burkolt felületek létesítése okozhat. A terület léghőmérsékletét a talaj felszíni és mélyebb rétegeiben mérhető hőmérséklet határozza meg.

A talaj szén-dioxid kibocsátásának egyik fő környezeti tényezője a talaj hőmérséklete. A talaj felszíni hőmérséklete meghatározza annak N<sub>2</sub>O kibocsátását is, mely szintén az üvegházhatású gázok közé sorolható. A kibocsátás és a hőmérséklet között jellemzően pozitív korreláció van, mivel mind a nitrifikációs, mind a denitrifikációs folyamatoknak kedvez a talaj hőmérsékletének emelkedése.

A talaj felszínéről beszivárgó vizet a gyökerek felszívják, és a leveleken keresztül elpárologtatják, ezzel biztosítják a hűtést. Számítások szerint egy lombköbméter asszimilációs felület 47 liter vizet párologtat el egy vegetációs időszakban. Nemcsak párolgásukkal hűtenek a fák, hanem árnyékolásukkal is.