

ÜRÖM-SOLYMÁR IVÓVÍZ TÁVVEZETÉK KIVITELI TERVE

Tervszám : 506/2026.

506-6/2026.

KLÍMAVÉDELMI TERV

KLÍMAKOCKÁZATI JELENTÉS ÉS ADAPTÁCIÓS ÚTMUTATÓ

Üröm-Solymár ivóvíz távvezetés kiviteli tervezéséhez



Készítette:

Bózvári Eszter

klímavédelmi szakértő

környezetvédelmi jogi szakokleveles biomérnök, okl. biomérnök

K-SZ 12-0368



Gödöllő, 2026. június 10.

Tartalomjegyzék

1. A Klímakockázati Útmutató elkészítésének indokoltsága.....	1
1.1. Az útmutató célja és alkalmazási köre	2
1.2. Jogszabályi előírások	2
1.3. Éghajlatváltozás Magyarországon.....	5
1.4. Az éghajlatváltozás hatása a fizikai beruházásokra és infrastruktúrára	7
2. Üröm-Solymár ivóvíz távvezeték fejlesztése.....	7
2.1. Vezetői összefoglaló és a projekt leírása	8
2.2. A Beruházás éghajlati befolyásoltságának meghatározása	8
2.3. A Beruházás érzékenysége az éghajlati paraméterekre és azok változására	9
2.4. A Beruházás kitettségének vizsgálata	12
2.5. A Potenciális hatások felmérése	14
2.6. Előzetes kockázatértékelés	15
3. Klímakockázatok azonosítása.....	17
3.1. K1 Kockázat Villámárvíz és fel hószakadás okozta medererózió a patakkeresztezéseknél	17
3.2. K2 Kockázat Lejtős szakaszok talajeróziója és csúszása (György-hegy és erdőnyiladék)	17
3.3. K3 Kockázat Áramszünet miatti leállás a Béke úti átemelőnél hóhullám idején.....	18
3.4. K4 Kockázat Anyagminőség romlása és csőtörés a fagyhatár fluktuációja miatt	18
3.5. K5 Kockázat Felszíni vegetáció- és erdőtüzek a Natura 2000-es határterületeken.....	19
3.6. K6 Kockázat Lakossági keresetoldali sokk (hóhullámok alatti nyomáscsökkenés és vízhiány) ..	20
3.7. K7 Kockázat Agresszív talajvíz (szulfátkoncentráció feldúsulása aszály idején)	21
3.8. K8 Kockázat Nyitott munkaárok beomlása/folyósodás kivitelezéskor	21
4. Összegző értékelés és következtetések	22
4.1. Extrém kockázati szintű tényezők (K1-K2)	22
4.2. Magas kockázati szintű tényezők (K3-K7)	22
4.3. Közepes kockázati szintű tényezők (K8).....	23
4.4. Következtetés.....	23
4.5. Érintett szelvényszámok táblázata.....	24

1. A Klímakockázati Útmutató elkészítésének indokoltsága

1.1. Az útmutató célja és alkalmazási köre

A projektek klímakockázatának értékelése és kezelése az európai uniós támogatásban részesülő projektek esetében kötelező feladat. A Klímakockázati Útmutató célja ennek a kötelezettségteljesítésnek a támogatása az értékelés és a kockázatkezelés, alkalmazkodás lehetséges lépéseinek bemutatásával.

Az útmutató célja, hogy támogatást nyújtson *fizikai beruházást, illetve infrastruktúra fejlesztést tervező és megvalósító szakemberek számára.*

Az 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.

Az útmutató segítségével a projektben érintett eszközök, vagyontárgyak és infrastruktúrák, melyekben az éghajlatváltozás fizikai károkat okozhat, illetve amelyek által ellátott szolgáltatás minőségét az éghajlatváltozás befolyásolhatja, a jelenlegi éghajlat változékonyságával szembeni, illetve a **jövőben várható éghajlati viszonyokkal szembeni ellenálló képességét biztosíthatják.**

1.2. Jogszabályi előírások

„A 2014-2020 időszakra szóló Európa 2020 stratégia az Európai Unió legfőbb stratégiai célkitűzéseit meghatározó dokumentum, amelyben a klímaváltozás kockázatának csökkentése az öt fő stratégiai célkitűzés egyike. Az **EU2020 stratégia** az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését jelöli meg legfőbb célkitűzésként minden szektorban, elsősorban az energiafelhasználás csökkentése, a megújuló energiahordozók arányának növelése, az új technológiák kihasználása révén. Hasonlóan fontos cél a klímakockázatokkal szembeni ellenálló-képesség javítása, és a katasztrófák megelőzését és kezelését szolgáló képesség fejlesztése.

A **1303/2013 EU rendelet** előírásai szerint a tagállamok és a Bizottság biztosítják a partnerségi megállapodások és a programok elkészítése és végrehajtása során az éghajlatváltozás mérséklését és az ahhoz történő alkalmazkodást, a biológiai sokféleséget, valamint a katasztrófákkal szembeni ellenálló képességet és a kockázat megelőzését és kezelését. A tagállamok a Bizottság által elfogadott beavatkozási kategóriákon, kiemelt jelentőségű területeken vagy intézkedéseken alapuló módszertan segítségével tájékoztatást nyújtanak az éghajlatváltozással kapcsolatos célkitűzések támogatásáról, az erre a célra fordított források nagyságáról.

A 2014. május 16-án hatályba lépett **2014/52/EU irányelv** az egyes köz- és magánprojektek környezetre gyakorolt hatásainak vizsgálatáról szóló 2011/92/EU irányelv módosítása már előírja, hogy „helyénvaló felmérni a projekteknek az éghajlatra gyakorolt hatását (például az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását), és az éghajlatváltozásnak való kitettségüket.” A 2014-2020 programozási időszakban a nagyprojektek esetében ez a követelmény úgy jelenik meg, hogy az EU Bizottság általi jóváhagyáshoz az Alapok közös szabályozását tartalmazó 1303/2013 EU rendelet 101. cikk f) szakasz értelmében az irányító hatóságoknak biztosítani kell, hogy a nagyprojektekről olyan környezeti hatásvizsgálat készüljön, amely figyelembe veszi az éghajlatváltozás mérséklése és az ahhoz történő alkalmazkodás szükségleteit, valamint a katasztrófákkal szembeni ellenálló képességet. A nagyprojektek benyújtásához ugyancsak szükséges költség-haszon elemzésben már figyelembe kell venni a klímaváltozásra, katasztrófa-kockázatra vonatkozó elemzés eredményeit is.

Végül az 1303/2013 EU rendelet I. melléklete szerint a tagállamok a 8. cikknek megfelelően figyelembe veszik az Európai Strukturális és Beruházási Alapok támogatásával végzett beruházásoknak az éghajlatváltozás mérséklésére és az ahhoz való alkalmazkodásra vonatkozó potenciálját, valamint biztosítják, hogy azok ellenállóak legyenek az éghajlatváltozással és a természeti katasztrófákkal (így az áradások, aszályok, hőség hullámok, erdőtűzek és szélsőséges időjárási események növekvő kockázatával) szemben.

Az európai uniós támogatásban részesülő projektek esetében klímakockázatra elsősorban azokban a projektekben lehet számítani, melyek az **Európai Bizottság 215/2014/EU végrehajtási rendelet I. melléklete** szerinti I- IV. dimenzókódú tevékenységeket tartalmazzák. Ide tartoznak a következők: építés, szállítás, csomagolás, berendezések és járművek beszerzése, hálózat-kiépítés, informatikai rendszerek kiépítése-fejlesztése, földmunkát, vízrendezést igénylő beruházások, káros anyag kibocsátásával, hulladék keletkezésével járó tevékenységek, felszíni vagy felszín alatti vizeket, élő felületeket, helyi vagy országos védettséggel rendelkező területet, létesítményt érintő beruházások:

I. Termelő beruházás

II. Alapvető szolgáltatásokat nyújtó infrastruktúra és a kapcsolódó beruházások: energetikai, környezeti (hulladékkezelés, ivóvíz- és szennyvízkezelés, vízvédelem, üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése, alkalmazkodás a klímaváltozáshoz), közlekedési infrastruktúra, fenntartható közlekedés, információs és kommunikációs technológiák (TEN-ICT) infrastruktúrája

III. Szociális, egészségügyi és oktatási infrastruktúra és a kapcsolódó

IV. Endogén potenciál fejlesztése: kutatás, fejlesztés, innováció infrastruktúrája, vállalkozásfejlesztés infrastruktúra és szolgáltatások, Információs és kommunikációs technológia (IKT) – keresletserkentés, alkalmazások és szolgáltatások, természeti környezet védelme, környezetszennyezés megelőzése és csökkentése, kulturális örökség védelme, rehabilitálása, kerékpárút, gyalogút építése, természeti területek turisztikai potenciáljának fejlesztése, turisztikai fejlesztések, közigazgatás intézményi kapacitásának fejlesztése.

Ezekben az esetekben állapotfelmérésre, megelőző intézkedésekre, és a beruházás során és megvalósulását követően szükség szerint enyhítő, kompenzáló intézkedésre és nyomon követésre van szükség.

Szószedet:

Adaptáció (alkalmazkodás) Az adaptáció és alkalmazkodás fogalmak jelentése azonos. Az adaptáció folyamata alkalmazkodást jelent az éghajlatváltozás tényleges és várható hatásaihoz. Az emberek által létrehozott rendszerekben az adaptáció az okozott károk csökkentését, a kedvező lehetőségek kihasználását jelenti. A természetes rendszerekben az emberi beavatkozás megkönnyítheti az alkalmazkodást az éghajlatváltozás tényleges és várható hatásaihoz. Az adaptáció olyan módon valósul meg, hogy csökken a várható kár, vagy annak bekövetkezési valószínűsége, illetve kihasználja az éghajlatváltozásból eredő előnyöket.

Éghajlat A légköri rendszer állapotának hosszabb távú (legalább 30 éves) statisztikus jellemzése, az éghajlati elemek középértékei és változékonysága segítségével.

Éghajlatváltozás Az éghajlat állapotában bekövetkező változás, amely az éghajlat tulajdonságainak átlagában és/vagy változékonyságában végbement változással fejezhető ki, és amely huzamosabb ideig, jellemzően évtizedekig vagy még hosszabb ideig tart. Az éghajlatváltozás lehet természetes belső folyamatok vagy külső hatóerők eredménye, illetve a légkör összetételére vagy a földhasználatra ható, hosszantartó antropogén eredetű változásoké. (IPCC 3AR) Az ENSZ éghajlatváltozási keretegyezménye az éghajlatváltozást úgy határozza meg, mint az éghajlat olyan megváltozását, ami közvetlenül vagy közvetve a globális légkör összetételét módosító emberi tevékenységnek tudható be, és ami az összehasonlítható időtartamokon belül megfigyelt természetes éghajlati változékonyságon túli járulékos változásként jelentkezik.

Éghajlat változékonysága Az éghajlati középértékek és egyéb statisztikai jellemzőkben (szórás, szélsőértékek valószínűsége) való eltérések bármilyen tér- és időbeli méretarányban. (IPCC 5AR)

Éghajlati szélsőség (szélsőséges időjárási vagy éghajlati esemény) Valamely éghajlati vagy időjárási változó olyan értékének az előfordulása, amely a változó megfigyelt értékei eloszlásának felső (vagy alsó) végéhez közeli küszöbérték felett (vagy alatt) van, adott helyen csak ritkán előforduló időjárási rekord (pl. 100 évente egyszer hulló csapadékmennyiség, mérhető magas vagy alacsony hőmérséklet, szélsősebesség).

Éghajlati rendszer Összetett rendszer, melynek öt fő alkotóeleme a légkör, a hidroszféra, a krioszféra, a szárazföld felszíne és a bioszféra, valamint a közöttük működő kölcsönhatások.

Kitettség Emberek, megélhetési eszközeik, környezeti szolgáltatások és erőforrások, infrastruktúra, illetve gazdasági, társadalmi vagy kulturális értékek jelenléte olyan helyeken, amelyeket káros hatások érhetnek. (IPCC 5AR)

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.

Hatások/következmények A hatás/következmény az emberi jólétet befolyásoló kimeneteleket jelzi, pl. az életet, megélhetést, egészséget, ökoszisztémákat, gazdasági, társadalmi és kulturális értéket érő hatásokat jelenti. Az éghajlatváltozás fizikai rendszereket (pl. aszály, árvíz, tengerszint emelkedés, stb.) érintő hatásait fizikai hatásoknak nevezzük. (IPCC 5AR Szószedet alapján)

Középhőmérséklet A léghőmérséklet napi, havi vagy évi méréseinek átlagértéke.

Potenciális hatás A kitettség és az érzékenység függvénye, az emberi jólétet érintő hatásokat jelzi.

Kockázat A kockázat mértéke függ egy adott esemény bekövetkezési valószínűségétől, valamint az esemény következményeinek mértékétől. A következmények olyan hatások, melyek az emberi jólét szintjét befolyásolják, például veszélyt jelentenek az emberi egészségre, tulajdonra, megélhetésre vagy a környezetre. (Willows and Connell, 2003 és IPCC 5AR Szószedet).

Sérülékenység Egy közösség, rendszer vagy eszköz tulajdonságai és körülményei, melyek érzékennyé teszik egy veszély káros hatásaival szemben. (UN/ISDR, 2004).

Sérülékenység vizsgálat A vizsgálat célja beazonosítani azokat a közösségeket, rendszereket, és eszközöket, stb., melyek ki vannak téve és érzékenyek az éghajlatváltozásra. (Tompkins et al., 2005 alapján).

1.3. Éghajlatváltozás Magyarországon

Az antropogén okok miatt bekövetkező éghajlatváltozás napjainkban drasztikus méreteket ölt, és a felmelegedési folyamatot legfeljebb lassítani lehet, megállítani nem. Jelen változások egyre inkább befolyásolni fogják a projektek és beruházások teljesítményét is, ami miatt szükségessé válik a projektek sérülékenységének csökkentése, valamint az adaptációs lehetőségek mielőbbi figyelembevétele.

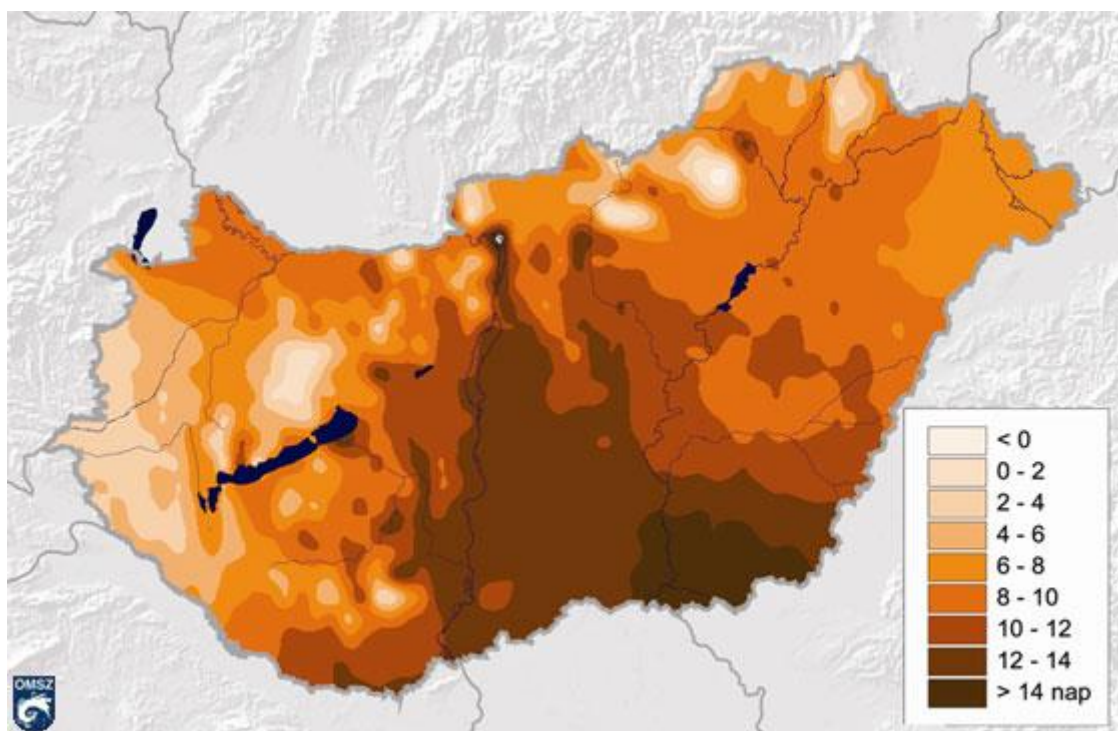
Az éghajlatváltozás várható hatásai Magyarországon az alábbiak:

- fokozatos növekedés az éves átlaghőmérsékletben, a legnagyobb növekedés a nyári évszakokban várható,
- fokozatos növekedés a hőhullámok előfordulási valószínűségében és tartósságában,
- hideg szélsőségek csökkenése/csökkenés a fagyos napok számában,
- az éves átlagos csapadékmennyiség csökkenése,
- aszályos időszakok hosszának növekedése,
- a csapadék éves eloszlásának változása,
- a csapadékos események intenzitásának növekedése,
- megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés,
- a másodlagos hatások kialakulásának gyakorisága.

Magyarországon az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) által módszeresen gyűjtött és értékelt éghajlati adatok szerint **az éves középhőmérséklet** a nyolcvanas évek eleje óta **emelkedik**. Ez a változás azonban nem egyenletesen oszlik el az ország különböző részei

között. A középhőmérséklet módosulása mellett a hőmérsékleti szélsőségek intenzitásának jelentős változása is megfigyelhető. **A fagyos napok** (a napi minimum hőmérséklet 0°C alá esik) **számának csökkenése**, valamint a **hőségnapok** (a napi maximum hőmérséklet eléri vagy meghaladja a 30°C -ot) **számának emelkedése** egyértelműen gyorsuló melegedő tendenciát jelez.

A nyolcvanas évek közepe óta egyre gyakoribbak a szélsőségesen forró időjárási események (hőhullámok), és az elmúlt évtizedben fokozódott a nyári hőhullámok visszatérési gyakorisága. A hőmérsékleti szélsőségekben bekövetkezett változásokat jellemző trendértékek arra utalnak, hogy a klímaváltozás a meleg szélsőségek növekedésével és a hideg szélsőségek csökkenésével járt az elmúlt száz évben.



1. Ábra: Hőhullámos napok száma (napi középhőmérséklet $>25^{\circ}\text{C}$) az 1980-2009-es években

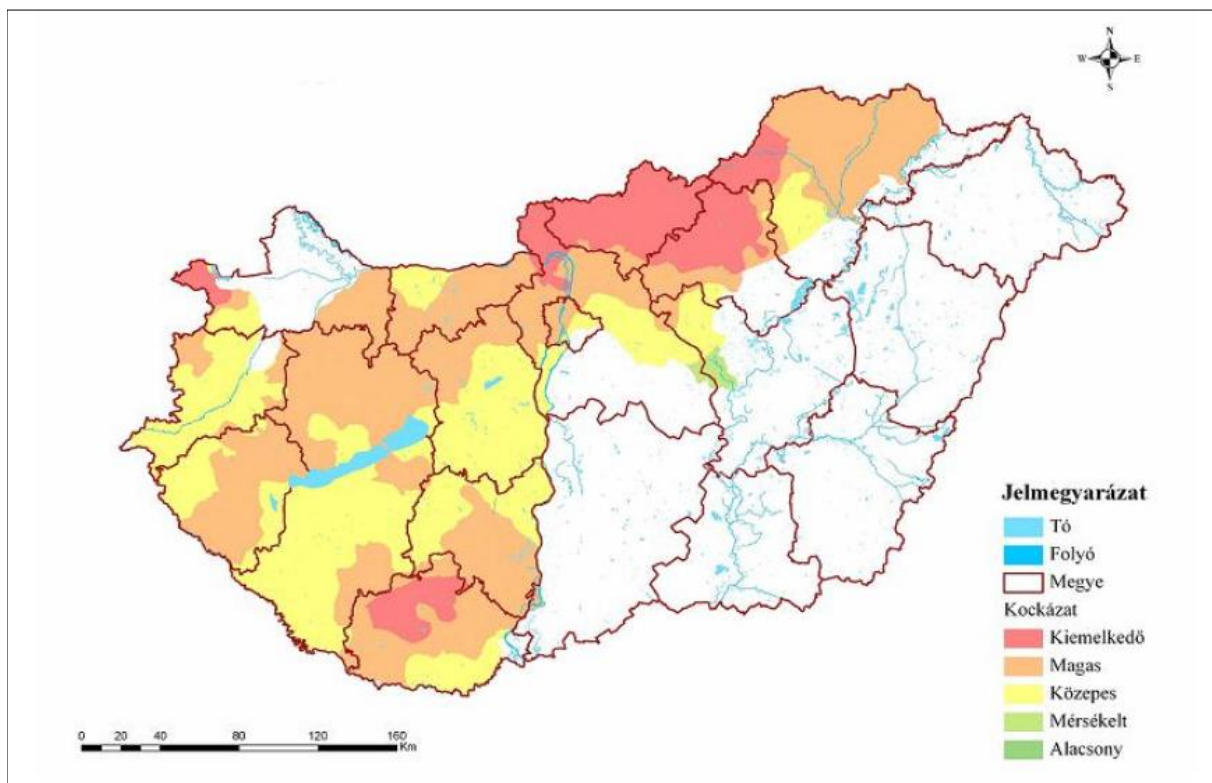
Az OMSZ és az ELTE négy különböző klímamodellt használ a magyarországi hőmérsékleti szélsőségek előrejelzésére a közeljövőre (2021–2050) és a távoli jövőre (2071–2100) vonatkozóan, az 1961–1990 időszakot használva referenciaként. A modellek szerint a hőhullámos napok száma a 2021–2050 időszakban 16-20 nappal növekszik, az évszázad utolsó évtizedére pedig 40 nappal emelkedik a referenciaértékekhez képest. A fagyos napok száma 15-28 nappal csökken a 2021–2050 periódusban, és 40-53 nappal a 2071–2100 időszakban. A nyári aszályok várhatóan tartósabbá válnak a 2010–2050 időszakra.

Az éves középhőmérséklet $1-2,5^{\circ}\text{C}$ -kal emelkedik a 2021–2050 időszakban, a felmelegedés mértéke a 2071–2100 időszakra pedig eléri a $2-5^{\circ}\text{C}$ -ot a NÉS-2 szerint. A 2031-2050-es időszakban várhatóan átlagosan 28-cal több forró nap lesz Közép-Európában, mint az 1961-1990-es időszakban (Az A1B kibocsátási forgatókönyv esetében, ahol a feltételezés az, hogy a kibocsátások 2050-ig növekedni fognak.).

Az éves csapadékösszeg, amely egy időben és térben változékony paraméter, hazánkban egyre **csökken**. A csapadék és szélsőségeinek változásai nehezebben kimutathatók, mint a hőmérsékletváltozások, azonban a trendek minden évszakban egyre tartósabb aszályos időszakokat jeleznek, földrajzi régióként eltérő mértékben.

A csapadék évszakok közötti eloszlása változott. A legnagyobb megfigyelt csapadékcsökkenés (20%) tavasszal következett be az elmúlt száz évben. A nyári csapadék változása nem szignifikáns, enyhe növekedést mutat. A tavaszihoz hasonlóan az őszi csapadékösszeg is jelentősen csökkent, míg a legszárazabb évszak, a tél csapadékösszege változatlan maradt.

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



1. Ábra: Magyarország villámárvízi térképe

A hőmérsékleti és csapadékviszonyok változásainak és e változások kölcsönhatásainak köszönhetően az éghajlat változékonysága várhatóan megnő majd, aminek következtében gyakoribb és súlyosabb természeti csapások várhatók: erős viharok sok csapadékkal és nagysebességű széllel, folyami és villámárvizek, illetve belvizek, korai és kései fagyok, jégeső, erősebb UV-B sugárzás, stb.

1.4. Az éghajlatváltozás hatása a fizikai beruházásokra és infrastruktúrára

Az éghajlatváltozás befolyásolni fogja a környezeti és társadalmi rendszereket, melyek körülveszik a fizikai eszközöket és infrastruktúrákat, és azok kölcsönhatását ezekkel a rendszerekkel.

Az éghajlatváltozás több módon befolyásolja a fizikai beruházások élettartamát, üzemeltetését, az általuk nyújtott szolgáltatások minőségét. A változó éghajlat azt eredményezheti, hogy azok az események, melyek korábban kivételesek voltak, gyakoribbá válnak. Az éghajlatváltozás a projektek üzemelését is befolyásolhatja. Ez jelentkezhet a berendezések hatékonyságának csökkenésében, illetve a megengedett hibahatárok csökkenésében, vagy kényszerű üzemszünetekben.

Az éghajlatváltozás hatásainak következményei a fizikai beruházásokra és infrastruktúrára az alábbi kategóriákra bontható:

1. 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.
2. 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.
3. **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 bevételekiesés, illetve többletköltség, valamint a beruházás megítélésének romlása, hírnévvesztés.
4. az éghajlatváltozás hatásai elleni védekezés miatt **megnövekedett működési, illetve pótlólagos beruházási költségek**,
5. 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.
6. **megnövekedett biztosítási költségek**,
7. **egyéb társadalmi költségek**.

2. Üröm-Solymár ivóvíz távvezeték fejlesztése

2.1. Vezetői összefoglaló és a projekt leírása

Jelen dokumentum az **Üröm-Solymár ivóvíz távvezeték** kiviteli terveihez (Tervező: COMPUTERV GM Kft.) kapcsolódó hivatalos klímakockázati jelentés és adaptációs útmutató. A tervezett beruházás elsődleges célja a szentendrei vízbázison alapuló, ürömi térségi medencébe továbbított ivóvíz átvezetése a Solymár, Panoráma úti víztárolókba, kiváltva a meglévő, hosszú távon bizonytalan üzemű NÁ 250 KM-PVC vezeték expressz funkcióját.

A projekt főbb műszaki paraméterei:

- **Összhossz:** 8 685 fm (V-1 szakasz: 6 339 fm, V-2 szakasz: 2 346 fm).
- **Alkalmazott anyagok:** DN 400 Gömbgrafitos öntöttvas (GÖV) és PE 100 PN 16 nyomócsövek.
- **Rendszer Nyomásfokozat:** Üzemi nyomás jellemzően max. 16 bar (vasúti keresztezésnél max. 9,8 bar).
- **Kritikus csomópontok:** 3 db állami közútkeresztezés (11101 sz. út, 10. sz. főút, 1107 sz. út) DN 600 HOBAS védőcsőben, átsajtolással; 3 db vízfolyás-keresztezés (1 db Aranyhegyi-patak átsajtolással, 2 db Paprikás-patak nyíltárkos kivitelezéssel védőcsőben); 1 db MÁV 2. sz. vasútvonal keresztezés (átsajtolás, csőtörés-jelzővel és szakaszoló tolózárral); valamint egy 20 kV-os ELMŰ légvezeték megközelítése erdőnyiladéokban.

2.2. A Beruházás éghajlati befolyásoltságának meghatározása

2.2.1 A projekt megvalósításának célja az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodás?	nem
Amennyiben a projekt nem adaptációs projekt, szükséges annak meghatározása, hogy a projektet befolyásolja-e az éghajlatváltozás.	
2.2.2 <u>2021-2027 közötti támogatási időszakban megvalósuló projektek esetében:</u> Infrastruktúrába irányuló beruházás esetén annak várható élettartama legalább 5 év?	igen
2.2.3 A projekt <i>megvalósításának helyszíne</i> , illetve a projekt sikeressége szempontjából releváns egyéb helyszínek az éghajlatváltozásnak kitett helyszínek-e?	igen
2.2.4 A projekt <i>létesítményeket és tevékenységeket</i> negatívan érinti-e a magasabb hőmérséklet és az egyéb éghajlati paraméterek változása? Az éghajlatváltozás vezethet-e csökkent termelékenységhez, magasabb költségekhez vagy a berendezések meghibásodásához?	igen

2.2.5 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 ezektől 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
2.2.6 A projekt <i>energiaellátását</i> 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
2.2.7 A projekt által előállított termékek és szolgáltatások árát vagy mennyiségét befolyásolja-e az éghajlatváltozás, illetve azok függnek-e más <i>közbenső termékektől vagy szolgáltatásoktól</i> , amelyek árát vagy mennyiségét befolyásolhatják éghajlati tényezők vagy időjárási események? (pl. élelmiszer feldolgozás, turizmus, stb.)	igen
2.2.8 A projekt <i>szállítási útvonalai</i> különösképpen ki vannak-e téve és érzékenyek-e időjárási eseményekre (pl. viharok, árvizek, tömegmozgások, stb.)?	igen
2.2.9 A projekt üzemeltetéséhez szükséges <i>munkaerő</i> különösképpen ki van-e téve hőmérsékleti stressznek vagy szélsőséges időjárási eseményeknek (pl. nem légkondicionált, illetve rosszul szellőző épületekben, vagy kint dolgozik)?	igen
2.2.10 A projekt termékei és szolgáltatásai iránti <i>keresletet</i> befolyásolja-e az időjárás vagy éghajlat? (pl. épületek hűtése és fűtése, stb.)	igen
A fentiek alapján megállapítható, hogy jelen beruházás az éghajlatváltozás által potenciálisan befolyásolt projekt , ezért a projekt sérülékenységi elemzésének elvégzése és a projekt klímabiztossá tétele az adaptációs útmutatóban foglaltak szerint szükséges!	

2.3. A Beruházás érzékenysége az éghajlati paraméterekre és azok változására

Az ivóvíz-infrastruktúra mint projekttypus belső tulajdonságaiból fakadóan az alábbi területeken mutat érzékenységet:

- **Eszközök (csővezeték, akna, átemelő):** Érzékeny a fagyhatár eltolódására, a talaj kiszáradása miatti mozgásokra/zsugorodásra, valamint a villámárvizek miatti kimosódásra.
- **Termelési tényezők (Energia):** A Béke úti átemelő villamosenergia-ellátása érzékeny a viharok okozta hálózati kimaradásokra.
- **Kereslet:** A tartós hőhullámok extrém módon megemelik a csúcsvízigényt, ami hidraulikai túlterhelést okozhat.

Éghajlati paraméter várható változása	Várható hatás			
	A beruházás helyszínén található eszközök és folyamatok	A termelési folyamatok (ki-és beszállítás, alapanyag beszerzés, vízellátás, energiaellátás, technológiai folyamat)	Az előállított termék, szolgáltatás	A beruházás hatása a környezet adaptációs képességeire
Felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú emelkedése	A hatás kismértékű	A hatás kismértékű	A hatás kismértékű	Nincs hatással
A nyári napok és a hőségnapok számának növekedése	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó
Átlagos napi hőingás növekedése	A hatás kismértékű	Nincs hatással	Nincs hatással	Nincs hatással
Éves csapadékmennyiség csökkenése, évszakos eloszlásának változása	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó

Éghajlati paraméter várható változása	Várható hatás			
	A beruházás helyszínén található eszközök és folyamatok	A termelési folyamatok (ki-és beszállítás, alapanyag beszerzés, vízellátás, energiaellátás, technológiai folyamat)	Az előállított termék, szolgáltatás	A beruházás hatása a környezet adaptációs képességeire
Max. száraz időszak hosszának növekedése (leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg < 1 mm, nap)	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó
Hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadék gyakoriságának és intenzitásának növekedése	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	A hatás kismértékű	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó
Felszíni vizek átlaghőmérsékletének lassú növekedése	Nincs hatással	Nincs hatással	Nincs hatással	Nincs hatással
Viharos időjárási események számának és intenzitásának növekedése	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	A hatás kismértékű
Villámárvíz előfordulási gyakoriságának és intenzitásának növekedése	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	A hatás kismértékű	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó
Árhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése	A hatás kismértékű	Nem releváns	Nem releváns	Nem releváns

Éghajlati paraméter várható változása	Várható hatás			
	A beruházás helyszínén található eszközök és folyamatok	A termelési folyamatok (ki-és beszállítás, alapanyag beszerzés, vízellátás, energiaellátás, technológiai folyamat)	Az előállított termék, szolgáltatás	A beruházás hatása a környezet adaptációs képességeire
Felszíni vízkészletek csökkenése	A hatás kismértékű	Nincs hatással	Nincs hatással	A hatás kismértékű
Felszín alatti vízkészletek csökkenése	A hatás kismértékű	A hatás kismértékű	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	A hatás kismértékű
Erdőtüzek gyakoriságának növekedése	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó	Jelentős hatása lehet, vizsgálándó
Belvíz kialakulásának gyakoriságának növekedése	Nem releváns	Nem releváns	Nem releváns	Nem releváns

2.4. A Beruházás kitettségének vizsgálata

A projekt nyomvonala a Budai-hegység és a Pilis lábánál, dombvidéki-hegyvidéki morfológiájú területen halad át, amely az országos módszertan szerint specifikus kitettséggel bír:

Éghajlati paraméter	Kitettség szintje	Helyi specifikáció / Érintett szakaszok
Hőhullámok, léghőmérséklet-növekedés	Közepes / Magas	Növekvő alap-víz hőmérséklet a hálózatban, biológiai kockázatok, beton műtárgyak fokozott hőstressze.

Csapadékintenzitás növekedése / Felhőszakadás	Magas	A Középhegységi és dombvidéki zóna miatt kiemelten veszélyeztetett. Villámárvizek kialakulása a völgyekben.
Aszály és vízkészlet-csökkenés	Magas	Magyarország teljes területe érintett. A nyári csúcsvízigények drasztikus növekedése a solymári lakóövezetekben.
Villámárvíz és erózió	Magas	A domboldalakon (pl. György-hegy felé emelkedő szakasz, erdőnyiladékok) a lezúduló víz kimoshatja a földutakban futó vezeték ágyazatát.
Árhullámok (Vízfolyások)	Közepes	Az Aranyhegyi-patak és a Paprikás-patak lokális áradásai közvetlenül érintik a keresztezési műtárgyakat.
Erdőtüzek gyakoriságának növekedése	Közepes / Magas	A tartós aszály és hőség miatt felerősödő kockázat. Natura 2000-es határterületek cserjés részei kiemelten érintett szakaszok. Vis maior oltási vízigény drasztikus megugrása a Panoráma úti tározóknál.

2.5. A Potenciális hatások felmérése

A beruházást érő potenciális fizikai hatások az esetben fordulhatnak elő, ha a beruházás érzékeny egy adott éghajlati paraméterre, és ezzel egyidőben a beruházás helyszíne ki van téve az adott éghajlati paraméternek. **A két feltétel együttes fennállása szükséges.**

A potenciális hatások meghatározása során **még nem vesszük figyelembe az alkalmazkodási képességet.** A potenciális hatások ezért alkalmazkodási intézkedések nélkül értendők.

		Kitettség		
		Alacsony	Közepes	Magas
Érzékenység	Alacsony	Alacsony	Alacsony	Közepes
	Közepes	Alacsony	Közepes	Magas
	Magas	Közepes	Magas	Magas

Forrás: ADB

4. ábra Potenciális hatás értékelése

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.**

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

5. ábra A valószínűségek értékelése

Fontos felhívni a figyelmet a fizikai hatás és a következmény közötti különbségre. Míg az éghajlatváltozás fizikai hatásai közé tartozik például az aszály vagy a folyók áradása, a **következmény, mellyel a kockázatelemzés is foglalkozik, ezen fizikai hatások által okozott kárra összpontosít.** Ezen útmutató értelmezésében következmények például a mezőgazdasági károk, az infrastruktúrák megrongálódásában vagy emberi életben

keletkezett károk. Az **IPCC (Éghajlatváltozási Kormányközi Testület)** definíciója szerint a következmény/hatás (impacts) kifejezés elsősorban olyan hatásokra alkalmazandó, melyek a természetes és társadalmi rendszereket érintik, pl. a megélhetést, egészségi állapotot, ökoszisztémákat, gazdasági, társadalmi és kulturális javakat és szolgáltatásokat. Az éghajlatváltozás fizikai hatásai ezzel szemben a természeti szférákra (pl. litoszféra, hidroszféra, bioszféra) kifejtett hatás, pl. az árvizek, aszályok és a tengerszint emelkedése.

A 'Jelentés Magyarország nemzeti katasztrófakockázat-értékelési módszertanáról és annak eredményeiről' című dokumentum **az alábbi következmény csoportokat különbözteti meg:**

- **Életvédelem és egészség** (halálesetek, sérülések és betegség, korai elhalálozás)
- **Természet és környezet** (tartós természeti és környezeti kár)
- **Pénzügy/gazdaság** (pénzügyi és anyagi veszteségek)
- **Társadalmi stabilitás** (társadalmi nyugtalanság, mindennapi életben jelentkező zavarok)
- **Kormányzóképeség és területi igazgatás** (országos szintű kormányzóképeség meggyengülése, területi igazgatás meggyengülése)

2.6. Előzetes kockázatértékelés

A kockázatértékelést elvégeztem minden olyan releváns érzékenység-kitettség párra, mely esetben az érzékenység és/vagy a kitettség közepes vagy magas.

Azokat az eredményeket emeltem ki piros színnel, amelyek 9 pontnál magasabb értéket kaptak és a további tervezési és döntéshozatali eljárásokban jelentősen figyelembe kell venni.

Ezen esetekben szükséges adaptációs intézkedési terv kidolgozása egy részletes elemzést követően, mely kvantitatív megközelítést igényel, az érzékenység, kitettség, sérülékenység és kockázat részletes módszertan alapján kerül felmérésre, pl. számításokon, modellezésen alapul. A részletes tervezéssel párhuzamosan készül.

A felhasznált adatforrások HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zártkörűen Működő Részvénytársaság (továbbiakban: HungaroMet) az odp.met.hu nyílt adatszerveren (Meteorológiai Adattár) keresztül elérhető megfigyelési és mérési adatok, a HungaroMet-nél futtatott modellek előrejelzései a **NATÉR**, a **KRITÉR** és a KlimADAT adatbázis eredményei és előrejelzései.

Sorszám	Éghajlatváltozási paraméter	Potenciális hatás	Bekövetkezés valószínűségének értékelése	Következmény súlyosságának értékelése	Valószínűség	Súlyosság	Valószínűségi érték	Súlyosság értéke	KOCKÁZATI érték	Kockázat mértéke
1	Hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadék gyakoriságának és intenzitásának növekedése / Felhőszakadás.	A Paprikás-patak és az Aranyhegyi-patak völgyében levonuló hordalékos villámárvíz a nyíltárkos patakkeresztezéseknél (Vfk-2 és Vfk-3 szakaszok) megbonthatja a mederburkolatot és kimoshatja a védőcső feletti földtakarót.	A Középhegységi és dombvidéki zóna mintázata, valamint a homogenizált adatsorok alapján a ≥ 20 mm-es napi csapadékú napok gyakorisága ugrásszerűen megnőtt.	Valamelyest növekednek a költségek.	Valószínű	Jelentős	4	4	16	Extrém
2	Heves nyári esőzések és csapadékintenzitás növekedése magas talajvízszinttel kombinálva.	A nyitott munkaárok és résztük beomlása, a talaj folyósodása a 6F fűrés zónájában (\$150,00 \text{ text{ } mB.f.})\$ építési talajvíz alatt található sárgásbarna iszapos homok rétegben)	A nyári intenzív felhőszakadások sűrűsödése közvetlenül egybeesik a legaktívabb kivitelezési időszakkal.	Életvédelem: Beomló árokfalak miatti közvetlen életveszély a munkaterületen. Pénzügy: Csőelmozdulás és technológiai leállás miatti jelentős többletköltség.	Valószínű	Jelentős	4	4	16	Extrém
3	Intenzív csapadéktevékenység és hirtelen megemelkedő mértékadó talajvízszint (\$126,00 \text{ text{ } mB.f.})\$).	A MÁV 2. sz. vasútvonal keresztezésénél a sajátoló indító- és fogadóödrök (4F és 5F fűrésok környezete) előntése felszíni és beszivárgó csapadékvízzel.	A mértékadó talajvízszint megközelíti a terepszintet, így a lokális előntések esélye közepes.	a vasúti pálya alépítményének esetleges meggyengülése, ami zavart okozhat a vasúti tömegközlekedésben.	Közepes valószínűség	Jelentős	3	4	12	Magas
4	Max. száraz időszak hosszának növekedése / Tartós aszály	A talajvíz mozgásának lelassulása és a szulfátkoncentráció drasztikus feldúsulása a mélyvonalakban és patakparti szakaszokon.	A klímaváltozási projekciók szerint a száraz időszakok hossza és az aszályhajlam Magyarország teljes területén szinte állandósul.	a beton műtárgyak és szerelvényeknek anyaga korrodálódik, szerkezeti integritásuk meggyengül, ami idő előtti tönkremenetelhez és szivárgásokhoz vezet.	Majdnem biztos	Mérsékelt	5	3	15	Magas
5	Tartós esőzések miatti talajtelítődés és felhőszakadások kombinációja.	Talajerózió, lejtőcsúszás és suvadás a V-1 szakasz fátlan erdőnyiladékaiban (az ELMU távvezeték mellett) és a V-2 szakasz György-hegyi meredek részsűn.	A meredek hegyvidéki morfológia és a fák hiánya miatt a talaj belső sűrűlási szöge a telítődés hatására kritikusán lecsökken.	a domboldal csúszása veszélyezteti a szomszédos 20 kV-os ELMU légvezeték oszlopainak stabilitását, ami regionális ellátásbiztonsági kockázatot hordoz	Közepes valószínűség	Jelentős	3	4	12	Magas
6	Tartós nyári hőhullámok okozta országos hálózati csúcsterhelés	Keresletoldali sokk, a lakossági és intézményi vízigények (locsolás, medencetöltés) drasztikus megugrása a solymári lakóövezetekben.	Az ALADIN/REMO ensemble modellek alapján a nyári hőhullámos napok száma a század közepére 12-22 nappal emelkedik a térségben.	A hidraulikai túlterhelés miatt kritikus nyomáscsökkenés vagy vízhiány lép fel Solymár felső zónáiban, ami súlyos lakossági elégedetlenséget okoz	Valószínű	Mérsékelt	4	3	12	Magas
7	Tartós nyári aszály és extrém magas légkörmérséklet	Felszíni vegetáció- és erdőtüzek kialakulása a Natura 2000-es határterületek sűrű, cserjés és erdős részein	A csapadékmentes időszakok hosszának növekedésével a biomassza gyűlékonysága kritikusán megnő a Pilis és a Budai-hegység találkozásánál.	A vis maior oltóvízigény drasztikus megugrása elszívja a lakossági ivóvízkapacitást, hidraulikai sokkot okozva a hálózatban	Közepes valószínűség	Jelentős	3	4	12	Magas
8	Téli extrém hidegbetörések és hirtelen olvadások (a fagyhatár intenzív fluktuációja)	A talaj ismétlődő megfagyása és felengedése miatti térfogatváltozás és intenzív talajmozgás	Az átlagos melegeedés mellett a telekre jellemzőek maradnak az extrém, hullámszerű hidegbetörések	A közúti terhelés és talajmozgás kombinációja anyagfáradást vagy csőtörést okozhat az iránytöréseknél (1107. sz. út)	Közepes valószínűség	Mérsékelt	3	3	9	Közepes

1. Táblázat Előzetes kockázatértékelés

3. Klímakockázatok azonosítása

3.1. K1 Kockázat Villámárvíz és fel hősakadás okozta medererózió a patakkeresztezéseknél

- Kockázati szint: **EXTRÉM**
- **Leírás:** A nyíltárkos kivitelezésű Paprikás-patak keresztezéseknél (Vfk-2: 5+997.1-6+029.5 szelvény; Vfk-3: 0+264,8-0+283.6 szelvény) a hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadék miatti villámárvíz megbonthatja a mederburkolatot, kimoshatja a védőcső feletti földtakarót, ami a csővezeték felúszásához, meggyúlásához és statikai stabilitásának elvesztéséhez (töréséhez) vezet.
- **Mérnöki javaslatok és adaptációs intézkedések (Strukturális védelem):**
 - a, **Emelt szintű mederbiztosítás:** A kritikus patakkeresztezési szekciókban a mederburkolatot a keresztezési ponttól számítva folyásirányban felfelé és lefelé is **minimum 5-5 méteres hosszban, C25/30-XF3 betonba ágyazott terméskő burkolattal** kell kiépíteni a kimosódás ellen.
 - b, **Fizikai védelem fokozása:** A csővezeték feletti minimális takarást legalább 1,5 méterben kell meghatározni, és a csőágyazat feletti visszatöltést nehéz geotextíliával elválasztott, **gabion matracos leterheléssel** kell biztosítani, amely ellenáll a villámárvizek sodrásának.
 - c, **Kivitelezési protokoll:** A nyíltárkos patakkeresztezési munkák idejére kötelező online hidrológiai előrejelző monitoring rendszert alkalmazni; zivatarveszély esetén a munkagödört ideiglenes bypass csatornával vagy eltereléssel kell védeni.

3.2. K2 Kockázat Lejtős szakaszok talajeróziója és csúszása (György-hegy és erdőnyiladék)

- Kockázati szint: **EXTRÉM**
- **Leírás:** A V-1 szakasz erdőnyiladékban futó része (3+390.8 – 3+519.3 szelvény, ELMŰ távvezeték mellett) és a V-2 szakasz György-hegyre emelkedő szakasza meredek terepviszonyok között található. A nyiladék fátlansága és az extrém intenzív esők kombinációja rétegeróziót, talajfolyósodást vagy suvadást okozhat, ami elnyírhatja a PE/GÖV vezetékét, és veszélyezteti a szomszédos 20 kV-os légvezeték oszlopait.

- **Mérnöki javaslatok és adaptációs intézkedések (Strukturális védelem):**
 - a, **Háromdimenziós talajstabilizálás:** A meredek rézsűkön és a feltöltött munkaárok felszínén **3D georács (térács) leterítése** kötelező, amelyet humuszoslással és gyorsan növő, mélygyökerű rézsűvédő fűkeverék hidrovetéses megtelepítésével kell rögzíteni.
 - b, **Rendezett felszíni vízelvezetés:** A nyomvonal mentén **energiatörő bukókkal ellátott, burkolt felszíni övások-rendszert** kell kiépíteni, amely a lezúduló csapadékvizet ellenőrzötten vezeti el a rézsűlábakhoz, megakadályozva a talajvízzel való telítődését és a suvadást.
 - c, **Rugalmas csőkötések:** A suvadásveszélyes zónákban a gömbgrafitos öntöttvas vezetékcsatlakozásoknál **húzásbiztos, korlátozott szögelfordulást engedő (pl. BLS típusú) tengelykapcsolatokat** kell betervezni, hogy a minimális talajmozgások ne okozzanak csőtörést.

3.3. K3 Kockázat Áramszünet miatti leállás a Béke úti átemelőnél hőhullám idején

- Kockázati szint: **MAGAS**
- **Leírás:** Tartós nyári hőhullámok alatt a villamosenergia-hálózat a klímaberendezések miatt kritikusan túlterhelt (feszültségingadozások, blackout veszély), miközben az ivóvíz-kereslet a solymári Panoráma úti medencék irányába maximális. Hálózati üzemzavar esetén az átemelő leáll, és Solymár súlyponti medencéinek ellátása órákon belül összeomolhat, kiterjedt közszolgáltatási hiányt okozva.
- **Mérnöki javaslatok és adaptációs intézkedések (Strukturális védelem):**
 - a, **Fix vészhelyzeti energiaellátás:** A Béke utcai átemelő telephelyén egy **automatikus indítású, fix telepítésű, időjárásálló kabinba helyezett dízel vészhelyzeti aggregátort** kell elhelyezni, amely hálózati feszültségkiesés esetén 15 másodpercen belül képes átvenni a szivattyúk teljes elektromos terhelését.
 - b, **Klímatizált vezérlés:** Az átemelő elektromos és PLC vezérlőszekrényeit tartalmazó helyiséget (vagy magukat a szekrényeket) **redundáns ipari klímaberendezéssel** kell ellátni, megakadályozva a frekvenciaváltók hőség miatti leállását vagy meghibásodását.
 - c, **Szoftveres integráció (SCADA):** Az aggregátor üzemállapotát, az üzemanyagszintet és a gépészeti terek hőmérsékletét be kell kötni a központi SCADA távfelügyeleti rendszerbe, azonnali vészjelzést biztosítva az üzemeltető DMRV Zrt. részére.

3.4. K4 Kockázat Anyagminőség romlása és csőtörés a fagyhatár fluktuációja miatt

- Kockázati szint: **MAGAS**
- **Leírás:** A téli extrém hidegbetörések, majd hirtelen olvadások (a fagyhatár intenzív ingadozása) a sekélyebben fektetett vagy állami útburkolat alatti szakaszokon (pl. 1107 sz. út keresztezése 1,7 m takarással) jelentős talajmozgást, fagyduzzadást és ugrásszerű dinamikus közúti terhelést okoznak, ami anyagfáradást, repedést vagy közvetlen csőtörést idézhet elő az iránytöréseknél.
- **Mérnöki javaslatok és adaptációs intézkedések (Strukturális védelem):**
 - a, **Robusztus csőágyazat és teherelosztás:** Az útkereszteződések alatti és a sekélyebb szakaszokon a csővezeték körüli ágyazatot **E-modulusra minősített, tömörített homokos kavics** cserével kell kiépíteni (min. 95% Proctor-telítettség), megakadályozva a fagyduzzadást. A burkolat alatt teherelosztó betonvédőköpeny vagy acél védőcső alkalmazása szükséges.
 - b, **Rugalmas idomok és dilatáció:** Az iránytörések zónájában (könyökök, elágazások) fix beton megtámasztó tömbök helyett vagy mellett **rugalmas, feszültségmentesítő EPDM gumitömítésű csőkötések** és szükség esetén dilatációs elemeket kell betervezni, amelyek elnyelik a fagyváltozások miatti talajmozgásokat.
 - c, **Fektetési mélység optimalizálása:** Ahol a morfológia engedi, a csővezeték tengelyvonalát a helyi fagyhatár alá, egységesen minimum **1,5–1,8 méter közötti takarással** kell vezetni, közvetlenül csökkentve a környezeti hőmérséklet-ingadozás fizikai hatásait.

3.5. K5 Kockázat Felszíni vegetáció- és erdőtűzek a Natura 2000-es határterületeken

- Kockázati szint: **MAGAS**
- **Leírás:** A tartós nyári aszályok és az extrém magas léghőmérséklet miatt a biotomassza szárazsága és gyúlékonysága kritikusan megnő a Pilis és a Budai-hegység találkozásánál fekvő erdős, cserjés szakaszokon. Egy esetleges erdőtűz közvetlen fizikai kárt okozhat a felszíni szerelvényekben, de a legnagyobb rendszerszintű következmény a tűzoltáshoz szükséges víz maior oltóvízigény drasztikus megugrása a Panoráma úti tározóknál. Ez a hirtelen sokszerező

terhelés elszívja a lakossági ivóvíz-kapacitásokat és hidraulikai sokkot okoz a hálózatban.

- **Mérnöki javaslatok és adaptációs intézkedések (Strukturális védelem):**
 - a, **Oltóvíz-menedzsment és szoftveres reteszelés:** A Panoráma úti tárolómedencékben egy **dedikált, szoftveresen és fizikailag is védett tűzvédelmi vízmennyiséget (tartalékot)** kell elkülöníteni, amelyet a normál lakossági fogyasztás hidraulikailag nem meríthet ki.
 - b, **Műtárgyak fizikai tűzvédelme:** A nyomvonal mentén található felszíni vagy részben felszíni műtárgyak, szerelvényeknek, valamint az átemelő környezetében **3 méteres sugarú, éghetetlen (kavicsozott vagy betonozott) védősávot** kell kialakítani a bozóttűzek közvetlen hőhatásai ellen.
 - c, **Intelligens áramlásszabályozás (Zónázás):** A SCADA rendszerbe olyan vészhelyzeti logikát kell integrálni, amely erdőtüz riasztása esetén képes automatikusan korlátozni a nem kritikus lakossági fogyasztási zónákat (pl. automatikus öntözőrendszerek lekapcsolása), átcsoportosítva a teljes hidraulikai kapacitást a tűzcsapok és a tűzoltósági betáplálási pontok felé.

3.6. K6 Kockázat Lakossági keresetoldali sokk (hőhullámok alatti nyomáscsökkenés és vízhiány)

- Kockázati szint: **MAGAS**
- **Mérnöki javaslatok és adaptációs intézkedések (Strukturális védelem):**
 - a, **Intelligens zónázás és nyomásszabályozás:** A hálózatba távvezérelt, motoros **nyomáscsökkentő és áramlásszabályozó szelepeket (PRV)** kell beépíteni. Tartós hőhullám idején a SCADA rendszeren keresztül automatikusan optimalizálni kell a nyomásövezeteket, hogy a kritikus, magasabban fekvő zónákban és a Panoráma úti medencék ellátási körzetében se essen a nyomás a minimum érték alá.
 - b, **Online fogyasztási monitoring és kapacitásbővítés:** Integrált, ultrahangos okos-fogyasztásmérők telepítése a kritikus fogyasztási végpontokon, amelyek valós idejű adatot szolgáltatnak a DMRV Zrt. részére a hirtelen kiugró csúcsokról. Ezzel párhuzamosan a solymári súlyponti tárolómedencék hidraulikai csővezeték-kapacitásait (be- és kitáplálás) úgy kell dimenzionálni, hogy bírják a kánikulai csúcsidőszakok 1,5-2-szeres szorzójú vízigenyét.
 - c, **Keresetoldali korlátozási protokoll:** Automatikus vészhelyzeti kommunikációs és korlátozási terv szoftveres előkészítése, amely a tározók kritikus szintje

esetén korlátozza a nem lakossági (pl. ipari, nagyüzemi öntözési) célú vízkivételeket.

3.7. K7 Kockázat Agresszív talajvíz (szulfátkoncentráció feldúsulása aszály idején)

- Kockázati szint: **MAGAS**
- **Mérnöki javaslatok és adaptációs intézkedések (Strukturális védelem):**
 - a, **Szulfátálló beton alkalmazása:** Mivel a talajvíz laboratóriumi vizsgálata mérsékelten agresszív kémiai környezetet (XA2 osztály, 946 mg/l szulfáttartalom) igazolt, a nyomvonalon elhelyezett minden monolit és előregyártott beton műtárgyhoz, szerelvényaknához **kizárólag szulfátálló cementtel (pl. CEM III/B)** készült, vízzáró betont szabad felhasználni.
 - b, **Külső bevonati védelem:** Az aknák és betonműtárgyak talajjal érintkező külső felületeit **kétkomponensű, rugalmas, szulfát- és vegyszerálló bitumenes vagy epoxigyanta alapú kenhető szigeteléssel** kell ellátni a szivárgó vizek közvetlen korrozív hatása ellen.
 - c, **Katódos védelem és ellenálló csőanyagok:** A fém szerelvények és csőszakaszok védelmére **aktív vagy passzív katódos korrózióvédelmet** (áldozati anódok telepítése) kell tervezni, a műanyag vezetékeken (PE) pedig fokozott falvastagságot vagy védőbevonatos kivitel kell alkalmazni a hosszú távú anyagszerkezeti integritás megőrzéséhez.

3.8. K8 Kockázat Nyitott munkaárok beomlása/folyósodás kivitelezéskor

- Kockázati szint: **KÖZEPES**
- **Mérnöki javaslatok és adaptációs intézkedések (Strukturális védelem):**
 - a, **Kötelező dúcolási és rézsűzési protokoll:** A 6F fúrás környezetében (150,00 mB.f. építési talajvíz alatti, folyósodásra hajlamos sárgásbarna iszapos homok rétegben) a munkaárkokat **kizárólag zárt, nehéz dúcpaneles vagy szádfalas megtámasztással** szabad kivitelezni. Dúcolatlan nyitott árok vagy nem megfelelően lankásított rézsű alkalmazása szigorúan tilos.
 - b, **Aktív talajvízszint-süllyesztés:** A földmunkák megkezdése előtt és a csőfektetés teljes időtartama alatt a munkagödör környezetében **vákuumkutas vagy nyílt víztelenítési rendszert** kell üzemeltetni, hogy a lokális talajvízszintet a

fenékszint alatt legalább 0,5 méterrel tartsák, kiküszöbölve a talaj folyósodását és hidraulikai talajtörését.

- c, **Anyagtárolás és terhelés korlátozása:** A kiemelt földet és a nehéz építési anyagokat (csövek, aknák, betonidomok), valamint a munkagépeket a nyitott munkaárok szélétől számított **minimum 2 méteres biztonsági sávon kívül** szabad csak elhelyezni, megelőzve az árokfalak ugrásszerű oldalirányú földnyomás miatti beomlását.

4. Összegző értékelés és következtetések

A Magyar Mérnöki Kamara (MMK) módszertana, az *ALADIN/REMO* ensemble klímaprojekciók és a részletes geotechnikai adatok alapján elvégzett kockázatértékelés rávilágít arra, hogy tervezett adaptációs beavatkozások nélkül az **Üröm–Solymár ivóvíz távvezeték projekt rendkívül komplex és rétegzett éghajlati kitettséggel jellemezhető**. A feltárt nyolc kockázati tényező súlyossági és valószínűségi rangsora egyértelműen kijelöli azokat a pontokat, ahol a környezeti hatások strukturális vagy üzemeltetési krízist okozhatnak.

4.1. Extrém kockázati szintű tényezők (K1-K2)

A legmagasabb prioritású beavatkozást a domborzati és hidrológiai viszonyokból adódó közvetlen fizikai veszélyek jelentik. A **K1 kockázat (villámárvíz és medererózió a patakkeresztezéseknél)** közvetlenül veszélyezteti a vezeték statikai stabilitását a Paprikás- és Aranyhegyi-patak zónájában, míg a **K2 kockázat (lejtős szakaszok talajeróziója és suvadása)** a György-hegyi és az erdőnyiladéki szakaszokon a csővezeték elnyíródásával és a szomszédos villamos infrastruktúra meggyengülésével fenyeget.

4.2. Magas kockázati szintű tényezők (K3-K7)

A közép- és hosszú távú klímatendenciák a technológiai folyamatokat és a szolgáltatásbiztonságot egyaránt veszélyeztetik.

- A **K3 kockázat (áramszünet a Béke úti átemelőnél hőhullám idején)** és a **K6 kockázat (lakossági keresletoldali sokk és vízhiány)** egymást felerősítve az ivóvíz-közzszolgáltatás órákon belüli, rendszerszintű összeomlását idézhetik elő a solymári magaslati zónákban a nyári fogyasztási csúcsok idején.
- A környezeti és vis maior kitettséget fokozza a **K5 kockázat (felszíni vegetáció- és erdőtüzek)**, amely a Natura 2000-es területek közelsége miatt nemcsak

ökológiai katasztrófát, hanem drasztikus oltóvízigény-növekedést és hidraulikai sokkot okozhat a hálózatban.

- Szerkezeti és anyagminőségi oldalon a **K4 kockázat (a fagyhatár fluktuációja miatti anyagfáradás és csőtörés)** a közutak alatti iránytöréseknél, a **K7 kockázat (az agresszív talajvíz szulfátkoncentrációjának feldúsulása aszály idején)** pedig a betonműtárgyak kémiai korrózióján keresztül rövidíti meg az infrastruktúra élettartamát.

4.3. Közepes kockázati szintű tényezők (K8)

A kivitelezési fázisra koncentrálódó **K8 kockázat (nyitott munkaárok beomlása és a talaj folyósodása)** lokális geotechnikai veszélyt jelent, amely a fúrési szelvények iszapos-homokos rétegeiben és a magas építési talajvízszint mellett közvetlen munkavédelmi és technológiai kockázatot hordoz.

4.4. Következtetés

Ez a nyolcpontos, összetett veszélyeztetettség mátrix egyértelműen bizonyítja, hogy a projekt megvalósítása és biztonságos üzemeltetése elképzelhetetlen a tervdokumentációba integrált strukturális mérnöki adaptációs megoldások nélkül.

A kockázatok minimalizálása érdekében bevezetett:

1. **C25/30-XF3 betonba ágyazott terméskő mederburkolás** és gabion matracos leterhelés (K1),
2. A meredek részsűk **3D georácsos és burkolt öváros talajstabilizálása**, valamint a BLS típusú rugalmas csőkötések alkalmazása (K2),
3. A Béke utcai átemelőhöz tervezett **fix telepítésű, automatikus indítású vészhelyzeti dízelaggregátor** és redundáns ipari klímaberendezések (K3),
4. A csővezeték **fagyhatár alatti fektetési mélysége** és a teherelosztó ágyazatcsere (K4),
5. A SCADA rendszerben szoftveresen és fizikailag elkülönített, **minimum 150 m³-es Tűzvédelmi Vészhelyzeti Tartalék** (K5),
6. Az intelligens zónázást biztosító **motoros nyomásszabályozó szelepek (PRV)** és okosmérés (K6),

7. A **szulfátálló cement (CEM III/B)** és a kétkomponensű külső kenhető szigetelés alkalmazása az XA2-es környezetben (K7),
8. Valamint a kivitelezés alatti **nehéz dúcpaneles megtámasztás és az aktív vákuumkutas talajvízszint-süllyesztés** (K8)

egüttesen alkotnak olyan zárt, klíma-adaptív védelmi rendszert, amely a jövőbeli extrém időjárási forgatókönyvek (aszályok, hőhullámok, felhőszakadások) mellett is teljeskörűen garantálja a beruházás anyagi integritását, a munkavédelmi biztonságot, valamint a hosszú távú, **≥ 50 éves fenntartható és folyamatos ivóvíz-közzolgáltatást** a térség lakossága számára.

4.5. Érintett szelvényszámok táblázata

Szakasz	Érintett szelvényszámok	Eredeti funkció / Keresztezés	Eredeti műszaki tartalom	Klímaadaptációs javaslatok	Új, klíma-adaptált műszaki tartalom
V-1	0+693.2 – 0+708.8 (V-2_1 helyszínrajz)	KK-1: 11101 sz. út keresztezése	Védőcső takarása: 1,9–2,0 m. Standard GÖV/PE cső.	Rugalmassági és dilatációs tervezés a száradási-nedvesedési talajciklusok miatti lokális elmozdulások felvételére.	Védőcsőből kilépő iránytöréseknél kötelezően korrózióálló, rögzített (húzásbiztos) rugalmas tokos kötés tervezendő
V-1	2+126.1 – 2+151.1 (V-2_2 helyszínrajz)	KK-2: 10. sz. főút keresztezése	Standard indító- és fogadógödör.	Geotechnikai monitoring és állékony-ság-biztosítás a heves nyári esők okozta hirtelen talajvízszint-emelkedés ellen.	Zártsorú dúcolás és folyamatos építési talajvíz-szint monitorozás a folyósodási/beomlási kockázat miatt.
V-1	2+270.3 – 2+280.4 (V-2_2 helyszínrajz)	VfK-1: Aranyhegyi-patak keresztezés	Nyíltárkos kivitelezés acél védőcsőben, standard 2 m-es gabion matracos mederbiztosítással.	Medererózió és kimosódás elleni emelt szintű védelem. A megnövekedett hidraulikai terhelés és a villámárvizek hordalékos sodrása miatt a mederfenék süllyedésének és a cső felúszásának megakadályozása.	A védőtávolság növelése: A patakmeder alatt a védőcső takarását minimum 1,5 méterre kell növelni a legmélyebb mederponthoz képest. A mederburkolatot rugalmas, nehéz kőmatracos (gabion) rendszerrel megnyújtjuk 6-6 méteres hosszban a folyásirány szerinti alsó és felső szakaszon is, geotextília ágyazaton.
V-1	2+472.4 – 2+496.3 (V-2_2 helyszínrajz)	VK-1: MÁV 2. sz. vasútvonal keresztezése	Védőcső csőtörésszelzővel, mélyponti szakasz.	Intelligens monitoring és távvezérlés (SCADA) a kritikus vasúti infrastruktúra és a mélyponti szakasz távoli felügyeletére.	Automatikus SCADA-integráció. A csőtörés-jelzőt és a kulcsszáras tolózárat a DMRV diszpécserközpontjába kell bekötni.
V-1	3+390.8 – 3+519.3 (V-2_3 helyszínrajz)	Erdőnyiladék szakasz (ELMŰ légvezeték mellett)	Meredek terep, standard munkaárok-visszatöltés.	Természetközeli rézsűvédelem és felszíni vízrendezés a felhőszakadások okozta rétegerózió és lejtőcsúszás (suvaszás) ellen.	3D térrács (georács) leterítése, fűmagvetés és felszíni övárók-rendszer kiépítése.
V-1	3+519.3 – 4+504.3 (V-2_3 és V-2_4 helyszínrajz)	Natura 2000-es határterület	Szabad sáv, földút.	Ökológiai sérülékenységszűkítés és a DNSH (Jelentős Károkozás Elkerülése) elv szigorú érvényesítése a kivitelezés során.	Szigorú akusztikai és porvédelmi előírások a klímaérzékeny fészkelési időszakban, természetközeli anyagok alkalmazása.
V-1	5+997.1 – 6+029.5 (V-2_6 helyszínrajz)	VfK-2: Paprikás-patak keresztezés	Nyíltárkos kivitelezés védőcsőben, 2 méteres mederburkolat-hosszabbítás.	Strukturális megerősítés (Mederbiztosítás-kiterjesztés) az új csapadékindexek és a villámárvizek mederromboló hatásai ellen.	A burkolást végig 5 méteres hosszban kell kiépíteni a folyásirány szerinti alsó és felső szakaszon is, betonba ágyazott nehéz kőszórással.

V-1 és V-2	0+000 - 6+339.3 (V-2_6 helyszínrajz)	Csatlakozási pont: Béke utcai átemelő	Akna-csatlakozás standard gépészeti berendezésekkel és elektromos betáplálással.	Termikus és üzembiztonsági adaptáció a növekvő hőhullámos napok (K3) és az aszályos időszakok miatt megugró csúcsvízigények (K6) kezelésére. Az infrastruktúra folyamatos működésének biztosítása áramkimaradás és túlhevülés esetén is.	Aktív hűtés- és vezérlés-korszerűsítés: Az elektromos kapcsolószekrényeknél automatikus, hőmérséklet-vezérelt kényszer-szellőztetés (klimakabin) kiépítése. Fixen telepített, automatikus indítású üzemi vészhelyzeti aggregátor elhelyezése az extrém viharok okozta hálózati áramkimaradások áthidalására, és integráció a SCADA rendszerbe.
V-2	0+264.8 – 0+283.6 (V-2_7 helyszínrajz)	VfK-3: Paprikás-patak II. keresztezés	Nyíltárkos keresztezés védőcsőben.	Hidrológiai méretezés felülvizsgálata az MMK által megújított, intenzív csapadék-adatbázis alapján.	Az új csapadékinintézés-adatbázis alapján méretezett betonba ágyazott terméskő mederbiztosítás.
V-2	0+418.3 – 1+043.3 (V-2_7 és V-2_8 helyszínrajz)	György-hegyi emelkedő	Meredek jogi út, standard fektetés.	Felületi lefolyás-szabályozás a meredek részsűk és a munkaárok kimosódásának megakadályozására	Georács és rendezett drénázés a munkaárok felett a talaj kimosódása ellen.
V-2	1+314.4 – 1+334.9 (V-2_8 helyszínrajz)	KK-3: 1107 sz. út keresztezése	Eredetileg 1,7 m takarás.	Fizikai védelem extrém hőmérsékleti ingadozások ellen a csővezeték mechanikai feszültségének csökkentésére.	Fektetési mélység növelése egységesen minimum 1,8–2,0 méterre a fagyhatár és a talajkiszáradás ingadozásai miatt.
V-2	2+346.1 csatlakozási pont (V-2_10 helyszínrajz)	Csatlakozási pont: Solymár, Panoráma úti medencék	Meglévő vasbeton tárolómedencékbe való csatlakozás standard elzáró szerelvényekkel.	Kapacitási és vízminőségi adaptáció az aszályos időszakok miatti kritikus fogyasztási csúcsok (K6) kezelésére, valamint a medencékben tárolt víz felmelegedéséből adódó bakteriológiai kockázatok kivédésére.	Vízminőség-védelmi és hidraulikai fejlesztés: Online (SCADA-ba kötött) folyamatos maradéklór- és hőmérséklet-monitorozó rendszer beépítése a betáplálási ponton. Automatikus vegyszeradagoló (utóklórozó) pont előkészítése a pangó/felmelegedő víz másodlagos fertőtlenítésére, valamint intelligens szintvezérlés programozása a medencék gyorsabb cserélődéséért az aszályos hetekben.
Műtárgyak	Mélyvonalak és patakparti aknák	Szerelvényeknek, műtárgyak	Standard beton / műtárgy szerkezetek.	Vegyi korrózió elleni védelem fokozása az aszályok idején feldúsuló szulfátkoncentráció és talajvíz-agresszivitás miatt.	Az igazolt XA2 osztályú környezet (946 mg/l szulfát) miatt kötelező szulfátálló (SR) cement és kiegészítő bitumenes szigetelés alkalmazása.