

# Magyar Mérnöki Kamara Kiadványsorozata

## Kockázatok elemzése a mélyépítésben



A sorozat szerkesztője:  
**WAGNER ERNŐ**  
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Geotechnikai Tagozatának gondozásában, a 2023. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében való közzététele csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

*Szerzők:*  
**Lipovics Tamás**  
**Szendefy János**  
**Vásárhelyi Balázs**

*Lektorálta:*  
**Szilvági László**

**Kiadó:**

Magyar Mérnöki Kamara  
1117 Budapest, Szerémi út 4.  
[fap@mmk.hu](mailto:fap@mmk.hu), [www.mmk.hu](http://www.mmk.hu)

# TARTALOMJEGYZÉK

1. Vezetői összefoglaló.....	4
2. Bevezető .....	6
3. Alapfogalmak .....	7
4. Kockázatértékelési módszerek alkalmazása .....	11
5. Kockázatok számítása .....	13
6. Kockázatok kiértékelése.....	16
7. Általános geotechnikai kockázatok.....	20
7.1. Talajviszonyok.....	20
7.2. Talajvíz helyzete, változásai.....	22
7.3. Épített környezeti és antropogén hatások.....	23
7.4. Kivitelezés miatt bekövetkező változások.....	24
8. Mélyépítési technológia függő kockázatok.....	25
8.1. Réselés .....	25
8.2. Talajhorgonyok munkatérhatárolás estén .....	25
8.3. Fúrt-injektált talajszegek munkatérhatárolás esetén .....	26
8.4. Vert talajszegek és lőttbeton munkatérhatárolás esetén .....	26
8.5. Jetfalas alapozási sík mélyítése, munkatér-határolás .....	27
8.6. Szádfalas munkatér-határolás.....	27
8.7. Cölöpalapozás .....	28
9. Irodalomjegyzék .....	29
10. Melléklet.....	30
10.1. Résfal építése .....	31
10.2. Csatlakozó horgonyzás, injektálás.....	33
10.3. Monitoring .....	34
10.4. Inklinométer mérések.....	35

## 1. Vezetői összefoglaló

---

*„Várni kell a várhatatlant!”*

A kockázatértékelés a mélyépítéssel, geotechnikával foglalkozó kutatókat régóta foglalkoztatja. A téma nagyhírű művelője, Suzanne Lacasse akinek gondolatait összegezve vezetjük be a téma ismertetését.

Mind a determinisztikus, mind a valószínűségi modellek esetében a mérnöki ítélőképesség és a tapasztalat még mindig a jó mérnöki megoldás fő összetevői. A kockázatértékelés kiegészíti a determinisztikus értékelést, mert több információt nyújt, különösen a bizonytalanságok adott helyzetre gyakorolt hatásairól. Emellett megkönnyíti a kommunikációt is.

A statisztikai becslések a múltbeli megfigyelések jellemzései. A mérnöki modellek fizikai alapelvekből levezetett következtetéseken alapulnak. A paraméterek és a modell bizonytalanságai a számításokba kerülve meghatározzák annak valószínűségét, hogy egy szerkezet ellenáll-e a terheknek. A „hiba fák” valójában a rendszer logikáját modellezzük, nem pedig a rendszer fizikáját. Az ítéletalkotás a szakértők intuícióján és érvelésén alapul, amelyek tükrözik tudásukat és kiértékelt tapasztalataikat. A szakértők kollektív véleménye, amely egy vitafolyamat keretében formálódik, ugyanolyan jó értékelést adhat a valószínűségekről, mint amelyet matematikai elemzéssel kaphatunk.

A kockázatelemzés a tudomány, az ítélőképesség és a művészet kombinációja. A valószínűségi megközelítést a lejtőstabilitás és a gátbiztonság mellett a talaj- és kőzetmérnöki tervezés területén is számos problémára alkalmazták. Példaként említhetjük a talajtörési ellenállást, süllyedésszámítást, a geotechnikai földrengésmérnökséget, stb. A valószínűségi alapú megközelítések a hagyományos mérnöki számítások szükséges és hasznos kiegészítői. A megbízhatósági alapú megközelítés alkalmazásának első követelménye a modellezett helyzet mechanizmusainak világos megértése. A megközelítés keretet ad a mérnöki ítélőképesség rendszerszintű használatához. Felszínre hozza a tervezés legjelentősebb kérdéseit. Javítanunk kell a kockázatkezelési képességünket, mivel a hagyományos megközelítések nem kezelik megfelelően a bizonytalanságokat.

Célunk nem az események valószínűségének matematikai elemzése volt, hanem a mérnököket (mind a tervezőket, mind a kivitelezőket) arra biztatni, hogy milyen kockázatok lehetnek a megvalósítás folyamán, és ezeket hogyan kezeljék. Gondolják végig az összes létező scenáriót, és erre dolgozzanak ki megoldásokat, amit elő lehet venni akkor, ha az esemény bekövetkezett. Hangsúlyozzuk, nem foglalkozunk azzal, mekkora az esélye a bekövetkezésnek.

Ha megfelelő eszközöket használunk az összes bizonytalanság megértéséhez és figyelembevételéhez, akkor javíthatjuk a biztonság értékeléséhez szükséges tudásunkat.

Az ítélőképesség anakronizmusnak tűnhet a számítógépes világban. Semmi sem tűnik meggyőzőbbnek, mint egy számítógépes eredmény, táblázatokkal és finoman színezett ábrákkal. A szakma annyira elmerülhet a „szoftvercsomagban”, hogy elfelejti, hogy a számítógép csak válaszol a kérdésekre, nem ő teszi fel őket. Ugyanakkor el kell kerülnünk, hogy akkor is elutasítsuk a pontos számokat, amikor azok ígéretesebbnek mutatkoznak, mint az intuíció és a megérzés. A jó egyensúly megőrzése maga a mérnöki ítélőképesség.

Tekintsünk az ítélőképesség és a multidiszciplinaritás szerepére a földtudományokon belül. A mérnöki munka az ítélőképességtől függ, amelynek gyakorlása az elméletekből, kísérletből, mérésekből, megfigyelésekből és múltbeli tapasztalatokból származó ismereteken alapul. Ezeket az építőelemeket fel kell ismerni, össze kell vetni és együttesen kell értékelni, mielőtt döntést hozunk. A mérnöki ítélőképesség abból fakad, hogy a rendelkezésre álló információkat össze tudjuk illeszteni, és ki tudjuk értékelni, hogy mi az ésszerű és mi nem.

## 2. Bevezető

---

A kockázatelemzésről, a kockázatok kezeléséről és a kockázatértékelési módszerekről számos szakirodalmi mű elérhető, így ISO, illetve IEC szabványok is, amelyek általános megközelítésben tárgyalják a kockázatok témakörét. Az alábbiakban az IEC 31010:2019, a „Kockázatkezelés – Kockázatértékelési módszerek” című szabvány iránymutatásai alapján a geotechnikai tervezésben és a mélyépítésben szóba jöhető kockázatok és azok kezelését elemezzük. Jelen dokumentum elsősleges célja felhívni a figyelmet a tervezés és kivitelezés alatt előfordulható kockázatokra, melyek hatással lehetnek a tervezett mélyépítési szerkezetre. Ezen geotechnikai kockázatok esetleges bekövetkezése esetén be kell vonni a statikus/geotechnikus tervezőt is az optimális megoldás megtalálására, ami sok esetben időigényes lehet. Fontos ezért, hogy a kockázatok a kivitelezés előtt elemezzük, és a szükséges mérnöki számításokat, elemzéseket valamint javaslatokat már a kivitelezés megkezdése előtt megtegyük. Ezen várható kockázatok és az arra adható válaszok bemutatására törekszünk. Ugyanakkor nem foglalkozunk a kockázat bekövetkeztének valószínűségével – azon kockázatokra koncentráltunk, melyek a hazai geotechnikai tervezésnél, mélyépítési kivitelezésnél előfordulhatnak.

### 3. Alapfogalmak

---

***Valószínűség (likelihood):***

Annak az esélye, hogy valami bekövetkezik - legyen az objektív vagy szubjektív módon történő, minőségi vagy mennyiségi esemény, mérés, meghatározás, amely általános kifejezésekkel vagy matematikailag van leírva (pl. matematikai valószínűség vagy gyakoriság egy adott időszakon belül).

***Matematikai valószínűség (probability):***

A bekövetkezés esélyének a mértéke 0 és 1 közötti számban kifejezve, ahol a 0 a biztosan be nem következő esemény valószínűsége, az 1 pedig az abszolút bizonyossággal bekövetkező esemény valószínűsége.

***A kockázat hajtóereje (risk driver):***

A kockázatot nagymértékben befolyásoló tényező.

***Fenyegetés (threat):***

Potenciális veszélyforrás, kár vagy egyéb nemkívánatos esemény. A fenyegetés olyan negatív helyzet, amelyben a veszteség valószínű, és amelyet kevésbé tudunk befolyásolni.

***Bizonytalanság (uncertainty):***

A bizonytalanság olyan fogalom, amely több mögöttes fogalmat foglal magában. Számos kísérletet tettek már a bizonytalanság típusainak kategorizálására, így például használhatjuk az alábbi két kategóriát is:

- bizonytalanság, amely felismeri egyes jelenségek belső változékonyságát, és amely további vizsgálatokkal nem csökkenthető; például a kockadobás (*aleatorikus bizonytalanság*);
- bizonytalanság, amely általában az ismeretek hiányából adódik, és ezért több adatgyűjtéssel, modellek finomításával, mintavételi technikák fejlesztésével stb. csökkenthető (*episztemikus bizonytalanság*).

Nem minden bizonytalanságot lehet megérteni, és a bizonytalanság jelentőségét nehéz vagy néha lehetetlen meghatározni, illetve befolyásolni. Azonban annak felismerése, hogy egy adott kontextusban bizonytalanság áll fenn, lehetővé teszi a korai figyelmeztető

rendszerek bevezetését a változások proaktív és időben történő észlelésére, valamint intézkedések meghozatalára a váratlanul felmerülő körülményekkel szemben.

*Példák a bizonytalanságra:*

- bizonytalanság a feltételezések igazságát illetően, beleértve az emberek vagy rendszerek viselkedésére vonatkozó feltételezéseket;
- a döntés alapjául szolgáló paraméterek változékonysága;
- bizonytalanság azon modellek érvényességében vagy pontosságában, amelyeket a jövőre vonatkozó előrejelzések készítésére hoztak létre;
- események (beleértve a körülmények vagy feltételek változásait), amelyek bekövetkezése, jellege vagy következményei bizonytalanok;
- a zavaró eseményekkel kapcsolatos bizonytalanság;
- a rendszerszintű problémák bizonytalan következményei, mint például a hozzáértő személyzet hiánya, amelyek széleskörű és nem egyértelműen meghatározható hatásokkal járhatnak;
- tudáshiány, amely akkor merül fel, amikor a bizonytalanságot felismerik, de nem értik meg teljesen;
- kiszámíthatatlanság;
- az emberi elme korlátaiból fakadó bizonytalanság, például az összetett adatok megértésében, a hosszú távú következményekkel járó helyzetek előrejelzésében vagy az elfogultságmentes ítéletalkotásban.

### ***Kockázatazonosítás (risk identification)***

A kockázatazonosítás a kockázatok megtalálásának, felismerésének és rögzítésének folyamata. A kockázatazonosítási módszerek a következőket foglalhatják magukban:

- bizonyítékokon alapuló módszerek, amelyekre példa az ellenőrző listák használata és a történelmi adatok áttekintése;
- szakértői csoport vizsgálat, ahol egy szakértői csoport szisztematikus folyamatot követ a kockázatok azonosítása érdekében célirányos kérdések segítségével;
- induktív érvelési módszerek alkalmazása, mint például **HAZOP** (veszély- és működőképesség vizsgálat).



### ***Kockázat elemzés (risk analysis)***

A kockázatelemzés a kockázat természetének megértésére és a kockázat szintjének meghatározására szolgáló folyamat. A kockázatok elemzésére használt módszerek lehetnek kvalitatívak (értékelés olyan szignifikancia-szintek szerint, mint „magas”, „közepes” és „alacsony”), fél-kvantitatívak (numerikus minősítési skálák kombinációja a kockázati szint meghatározásához egy képlet segítségével) vagy kvantitatívak (gyakorlati értékek becslése).

### ***Kockázati kiértékelés (risk evaluation)***

A kockázati kiértékelés a kockázatelemzés eredményeinek kockázati kritériumokkal való összehasonlításának folyamata annak megállapítására, hogy a kockázat és/vagy annak mértéke elfogadható vagy tolerálható-e.

Az általános megközelítés szerint a kockázatokot három csoportra osztják:

- egy felső sáv, ahol a kockázati szintet elviselhetetlennek tekintik, függetlenül attól, hogy a tevékenység milyen előnyökkel jár, és a kockázatkezelés elengedhetetlen, bármilyen költséggel járjon is;
- egy középső sáv (vagy „szürke” terület), ahol figyelembe veszik a költségeket és a hasznot, és egyensúlyban tartják a lehetőségeket a lehetséges következményekkel;
- alacsonyabb sáv, ahol a kockázati szint elhanyagolhatónak tekinthető, vagy olyan kicsi, hogy nincs szükség kockázatkezelési intézkedésekre.

### ***Kockázati forgatókönyvek (risk scenarios)***

A kockázati forgatókönyvek hihető leírásai annak, hogyan alakulhat a jövő. A forgatókönyv-készítés elsősorban a múlt tapasztalataira épül, de figyelembe kell venni azokat az eseményeket és hatásokat is, amelyek eddig nem következtek be. A forgatókönyveknek a kulcsfontosságú kapcsolatokra és hajtóerőkre vonatkozó, koherens és belsőleg konzisztens feltételezéseken kell alapulniuk.

### ***Egyedi kockázatértékelés (single-risk assessment)***

Az egyedi kockázatértékelések meghatározzák egy adott veszély (pl. árvíz) egyedi kockázatát (azaz annak valószínűségét és következményeit), amely egy adott földrajzi területen, egy adott időszak alatt bekövetkezik.

### ***Többes kockázatértékelés (multi-risk assessment)***

A többes kockázatértékelések meghatározzák az egyidejűleg vagy röviddel egymás után fellépő összetett veszély teljes kockázatát, mivel ezek egymástól függenek, vagy mert ugyanaz a kiváltó esemény vagy veszély okozza őket; vagy pusztán ugyanazokat a veszélyeztetett elemeket fenyegeti (sebezhető/érintett elemek) kronológiai egybeesés nélkül.

## 4. Kockázatértékelési módszerek alkalmazása

---

A kockázatértékelési módszerek célja, hogy segítsenek az embereknek megérteni a bizonytalanságot és a kapcsolódó kockázatokat igen széles, összetett és változatos kontextusban, a megalapozottabb döntések és cselekvések támogatása érdekében. Emellett a kockázatértékelési módszerek eszközt adnak a bizonytalanságnak a döntésekre és a cselekvésekre gyakorolt hatásainak jobb megértéséhez.

A módszertani útmutatások leírják a kockázatkezelés alapelveit, valamint a kockázatkezelést lehetővé tevő alapokat és szervezeti rendelkezéseket. Olyan folyamatot határoznak meg, amely lehetővé teszi a kockázat felismerését, megértését és szükség szerinti módosítását a folyamat részeként meghatározott kritériumok szerint. A kockázatértékelési módszerek alkalmazhatók ebben a strukturált megközelítésben, amely magában foglalja a kontextus megállapítását, a kockázatértékelést és a kockázatkezelést, valamint folyamatos nyomon követést, felülvizsgálatot, kommunikációt és konzultációt, rögzítést és jelentést.

A kockázatértékelési módszerek különösen a következő célokra használhatók:

- strukturált információkkal szolgálnak a döntések és intézkedések támogatására, ahol bizonytalanság áll fenn;
- tisztázzák a feltételezéseknek a célok elérésére gyakorolt hatását;
- több lehetőséget, rendszert, technológiát vagy megközelítést stb. összehasonlítani, ahol az egyes lehetőségeket illetően sokrétű bizonytalanság van;
- segítenek a reális stratégiai és operatív célok meghatározásában;
- segítenek meghatározni a szervezet kockázati kritériumait, mint például a kockázati korlátok, a kockázati étvágy vagy a kockázatviselési képesség;
- a kockázat figyelembevételére a prioritások meghatározásakor vagy felülvizsgálatakor;
- felismerni és megérteni a kockázatokat, beleértve a szélsőséges kimenetelű kockázatokat is;
- megérteni, hogy mely bizonytalanságok számítanak leginkább a szervezet céljainak szempontjából, és abban a helyzetben, amikor indokolni kell, hogy mit kell tenni ellenük;
- a lehetőségek felismerése és sikeresebb kihasználása céljából;

- megfogalmazzák azokat a tényezőket, amelyek hozzájárulnak a kockázathoz, és azt is, hogy ezek miért fontosak;
- hatékony és eredményes kockázatkezelési intézkedések azonosítására;
- meghatározzák a javasolt kockázatkezelések módosító hatását, beleértve a kockázat természetében vagy nagyságában bekövetkezett bármilyen változást;
- kommunikálni a kockázatokról és következményeiről;
- tanulni a kudarcokból és a sikerekből a kockázatkezelés javítása érdekében;
- igazolni, hogy a szabályozási és egyéb követelmények teljesültek.

A kockázatértékelés módja a helyzet összetettségétől és újszerűségétől, valamint a vonatkozó ismeretek és megértés szintjétől függ:

- A legegyszerűbb esetben, ha egy helyzetben nincs semmi új vagy szokatlan, a kockázat jól érthető, nincs jelentős érintett vonzata, vagy a következmények nem jelentősek, akkor a megállapított szabályok és eljárások, valamint a korábbi értékelések alapján kell dönteni az intézkedésekről.
- Nagyon újszerű, összetett vagy kihívást jelentő kérdések esetében, ahol nagy a bizonytalanság és kevés a tapasztalat, kevés információ áll rendelkezésre az értékeléshez, és a hagyományos elemzési technikák esetleg nem hasznosak vagy értelmetlenek. Ez azokra a helyzetekre is vonatkozik, amikor az érdekelt felek véleménye erősen eltérő. Ezekben az esetekben többféle technikát is lehet alkalmazni a kockázat részleges megértéséhez, majd a döntéseket a szervezeti és társadalmi értékek, valamint az érdekelt felek nézetei alapján kell meghozni.

## 5. Kockázatok számítása

A kockázatot gyakran a kockázati források, a lehetséges események, azok következményei és valószínűségei alapján írják le. Egy eseménynek több oka és több következménye is lehet. A következményeknek számos diszkrét értéke lehet, és lehetnek folytonos változók vagy ismeretlenek is. Előfordulhat, hogy a következmények először nem észrevehetőek vagy mérhetőek, de idővel felhalmozódhatnak. A kockázati források magukban foglalhatják az inherens változékonyságot vagy számos tényezőhöz kapcsolódó bizonytalanságot, beleértve az emberi viselkedést és a szervezeti struktúrákat, vagy olyan társadalmi hatásokat, amelyek esetében nehéz lehet előre jelezni bármely konkrét esemény bekövetkezését. Ebből következik, hogy a kockázatot nem mindig lehet könnyen táblázatba foglalni események, következményeik és valószínűségeik összességéként.

Ugyanakkor *a műszaki gyakorlatban* a kockázat többnyire egy adott esemény bekövetkezési valószínűsége és az esemény következményének kombinációjaként áll elő, ahol a következmények a bekövetkező esemény negatív hatásai, emberi hatások, gazdasági és környezeti hatások, valamint politikai/társadalmi hatások formájában lehetnek kifejezve.

A kockázat (R) matematikai értelemben a következő összefüggéssel írható le:

$$R = W K$$

Ahol

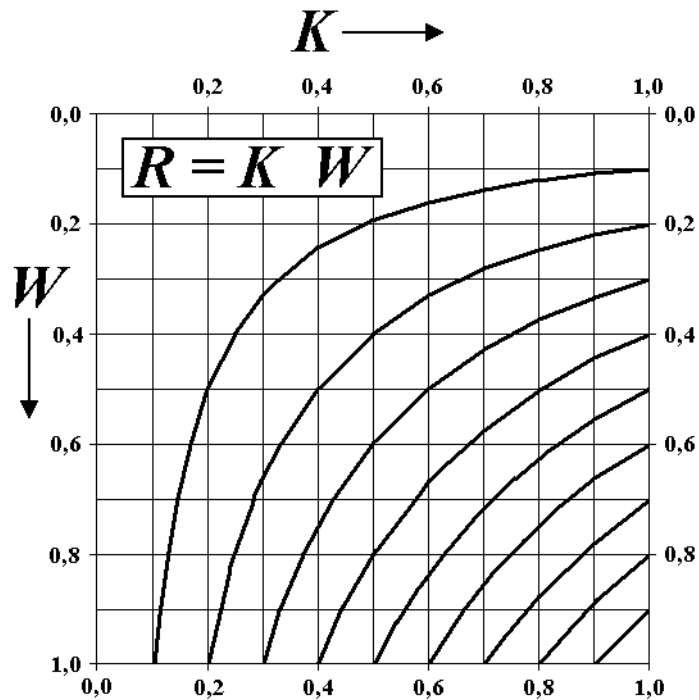
- W a bekövetkezés valószínűsége (lehetetlen eseménynél:  $W = 0$ ; biztos eseménynél  $W = 1$ ),
- K pedig a következmény súlyossága, melyet általában 0 és 1 közötti számként értelmeznek, ha az R kockázatot dimenzió nélküli számként kívánják megadni. (Halálesetben  $K = 1$ , elhanyagolható következménynél  $K = 0$ )

Olyan eset, amikor a kockázat zérus, valójában nem létezik - zérus kockázatról akkor beszélünk, ha azt nem tudjuk kimutatni.

A kockázat tehát mindig két elemet tartalmaz:

- annak valószínűségét, hogy a veszély bekövetkezhet;
- a veszélyes esemény következményeit.

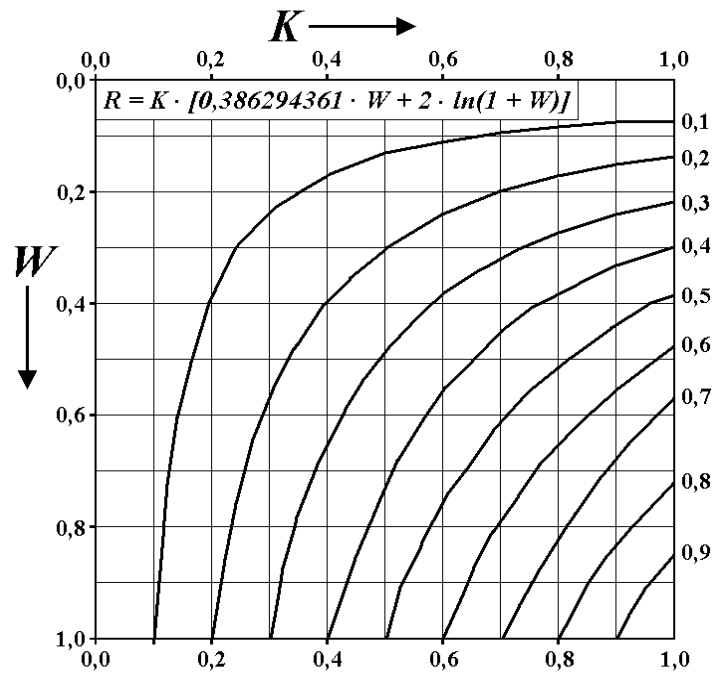
Ha  $W = 0$  és/vagy  $K = 0$ , akkor  $R = 0$ , tehát nincs kockázat. Az  $R = f(W,K)$  függvény olyan felületet eredményez, melynek mind  $W$ , mind  $K$  irányú metszetei lineárisak, ugyanakkor minden  $W = K$  esetben ( $W = K = 0 \rightarrow 1$ ) a  $W$  és a  $K$  irányú metszetben azonos iránytangensű lineáris változást tapasztalunk. Ebből adódik a felületnek az a tulajdonsága, hogy  $R$  értéke nem változik, ha a tényezők szorzata azonos (lásd 2. Ábra).



2. ábra Az  $R = K \cdot W$  felület izovonalas képe

Fontos, hogy különbséget lehessen tenni a kis bekövetkezési valószínűségű, de jelentős következményekkel járó esemény valamint a jelentős bekövetkezési valószínűségű, de kis kár kihatású esemény kockázata között. Itt is teljesülnie kell az, hogy ha  $W = 0$  és/vagy  $K = 0$ , akkor  $R = 0$ , és a kockázat maximális értéke: 1. A szakirodalom a következő képlet alkalmazását javasolja:

$$R = K \cdot [-0,386294361 \cdot W + 2 \ln(1 + W)].$$



3 ábra  $R = K \cdot [-0,386294361 \cdot W + 2 \ln(1 + W)]$  felület izovonalas képe.

## 6. Kockázatok kiértékelése

---

A kockázati kiértékelés a kockázatelemzés eredményeinek kockázati kritériumokkal való összehasonlításának folyamata annak megállapítására, hogy a kockázat és/vagy annak mértéke elfogadható vagy tolerálható-e.

A kockázatbecslés alapján az alábbi feltételek elfogadhatók a projekt szempontjából:

- a) A kockázat komolysága a legalacsonyabb gyakorlati szintre csökkenthető.
- b) A kockázatok száma minimális.
- c) Az összes ésszerű gyakorlati kockázatenyhítő intézkedés megtörtént.
- d) A kockázati besorolást a közepes vagy alacsony kategóriára csökkentették.

A kockázatbecslés módszere az alábbi:

1. A tevékenység meghatározása,
2. A munkavégzés helyszíne,
3. A lehetséges fizikai veszélyek meghatározása,
4. A lehetséges veszélyes események meghatározása,
5. A veszélyek komolyságának meghatározása,
6. A veszélyeknek kitett személyek száma,
7. A veszély bekövetkezésének valószínűsége.

A következményeknél általános esetben célszerű figyelembe venni az adott esemény gazdasági (pl.: veszteség, beruházás igény, stb.), egészségügyi, munkabiztonsági hatását (pl.: haláleset, sérülés, munkanap kiesés, stb.), a környezetre gyakorolt hatását (hosszútávon visszafordíthatatlan környezeti kár, stb.), a közösségből kiváltott reakcióját (pl.: társadalmi felháborodás, potenciális tüntetésekkel), a cég reputációját (pl.: nemzetközi sajtóban megjelenő negatív hír), illetve a különböző jogi és teljesítési kihatásokat (pl.: pénzbeli bírságok, letartóztatások, cég működésének felfüggesztése, stb.).

A **1.** és **2. táblázatok** mutatnak példát a következmények komolyságának és a bekövetkezési valószínűségek értékelésére a hazai mélyépítési gyakorlatból, melyek együttes figyelembevételével meghatározható a kockázati index. Definíció szerint egy esemény kockázata a bekövetkezési valószínűségének és a következmények



komolyságának szorzata, így ha pontos statisztikák állnak rendelkezésre a kockázatok számszerűsíthetők is.

**1. táblázat:** A következmény komolyságának besorolása

<b>Katasztrofális (A)</b>	Balesetből, vagy munkahelyi betegségből eredő azonnal vagy később bekövetkezett halál. Több mint 100 napos termelési veszteség. 10 millió eurót meghaladó összes veszteség.
<b>Nagy (B)</b>	Azonnali, vagy később kialakuló, maradandó károsodást okozó baleset, vagy munkahelyi betegség. 10 és 100 nap közötti késedelmet okozó, a munkát, vagy az építési helyszínt érő kár. 1 millió eurót meghaladó, de 10 millió eurót el nem érő összes veszteség.
<b>Komoly (C)</b>	Bejelentés-köteles baleset, betegség, vagy veszélyes helyzet. Több mint 1 műszak kiesést okozó baleset. Maximum 10 nap késedelmet okozó, a munkát, vagy az építési helyszínt érő kár. 20 ezer eurót meghaladó, de 1 millió eurót el nem érő összes veszteség.
<b>Kicsi (D)</b>	Kisebbségi sérülés. Kezelést követően az adott személy visszatérhet a műszakba, időveszteség nincs. A munkát, vagy az építési helyszínt érő kár nem okoz jelentős késedelmet. 20 ezer eurón belüli összes veszteség.

**2. táblázat:** Az esemény bekövetkezésének valószínűsége

<b>Gyakori (5)</b>	A veszélyből adódó kár valószínűleg többször bekövetkezik a projekt során, a projektstatisztika vagy egyéb baleseti statisztika alapján
<b>Lehetséges (4)</b>	A veszélyből adódó kár valószínűleg több mint egy alkalommal bekövetkezik a projekt során, a projektstatisztika vagy egyéb baleseti statisztika alapján
<b>Eseti (3)</b>	A veszélyből adódó kár valószínűleg egy alkalommal bekövetkezik a projekt során, a projektstatisztika vagy egyéb baleseti statisztika alapján
<b>Csekély (2)</b>	A veszélyből adódó kár nem valószínű, hogy bekövetkezik a projekt során, a projektstatisztika vagy egyéb baleseti statisztika alapján
<b>Valószínűtlen (1)</b>	A veszélyből adódó kár egyáltalán nem valószínű, hogy bekövetkezik a projekt során, a projektstatisztika vagy egyéb baleseti statisztika alapján

A **3. táblázat** szemlélteti a kockázatok besorolásának egy lehetőségét számszerű adatok hiányában, mely alapján meghatározhatók a kockázati csoportok és a hozzájuk tartozó szükséges beavatkozások (**4. táblázat**).

**3. táblázat:** Kockázati index csoportok

VALÓSZÍNŰSÉG						
		1 Valószínűtlen	2 Csekély	3 Eseti	4 Lehetséges	5 Gyakori
Komolyság	<b>A</b> Katasztrofális	A1	A2	A3	A4	A5
	<b>B</b> Nagy	B1	B2	B3	B4	B5
	<b>C</b> Komoly	C1	C2	C3	C4	C5
	<b>D</b> Kicsi	D1	D2	D3	D4	D5
			Alacsony kockázat		Közepes kockázat	Nagy kockázat

**4. táblázat:** Kockázat osztályzásának leírása

Kockázat osztályozása	Meghatározás
<b>Nagy</b>	A kockázat nem vállalható: további tervezési alternatívákat kell keresni.
<b>Közepes</b>	A kockázat tűrhető: csak akkor kell tervezési alternatívákat alkalmazni, ha ez extra költségek nélkül megvalósítható, illetve nem megy az egyéb tervezési szempontok rovására.
<b>Alacsony</b>	A kockázat tűrhető: nem szükséges további tervezési alternatívákat keresni.

A kockázatok megismerése és osztályozása után elkészíthető a Kockázat-elemző táblázat, amit az **5. táblázat** mutat be. A táblázat elkészítése során az azonosított és számba vételre kerülő kockázatokat kell sorba venni és azokat a táblázatban soronként elemezni. Az egyes kockázatokat meg kell nevezni, majd megadni annak komolyságát és valószínűségét, ami alapján a kockázati index meghatározhatóvá válik a 3. táblázatnak megfelelően. A kockázati indexből adódik a kockázati osztály, ami nagy, közepes vagy alacsony lehet.

A kockázati osztály alapján eldönthető, hogy milyen kockázat kezelés szükséges, amit az ellenintézkedések sorban kell majd rögzíteni. *Nagy kockázati osztályba* (narancssárga) sorolás esetén az ellenintézkedés szükségszerű, aminek keretén belül olyan megoldási alternatívákat kell számba venni, ami legalább *Közepes* vagy *Alacsony* osztályba tudja átsorolni az adott kockázatot. A kiválasztott kockázat kezelési megoldás rövid műszaki

megfogalmazását kell a *Megjegyzés* oszlopban ismertetni, majd a megoldás kockázati valószínűségét, kockázati indexét és besorolását megadni a *Kockázat utána* oszlopaiban.

A fentiek alapján kitöltött *Kockázat-elemző* táblázat egyszerűen és gyorsan kezelhetővé teszi kockázat elemzés eredményét a projekt különböző szereplőinek. A kivitelezést akkor célszerű megkezdeni, ha a táblázatban leírtakat a projekt szereplők (Beruházó, Műszaki ellenőr, Kivitelező, Tervező) áttekintették és közösen jóváhagyták, hiszen így mindenki számára ismertté váltak a kivitelezés során várható kockázatok és annak következményei.

**5. táblázat:** Kockázat-elemző táblázat

No.		Kockázat előtte						Kockázat utána		
	Veszély	komolysága	Valószínűsége	Kockázati index	Besorolás	ellenintézkedések	Megjegyzés	Valószínűsége	Kockázati index	Besorolás

## 7. Általános geotechnikai kockázatok

---

Ezen fejezet célja a bármilyen célú geotechnikai munka kivitelezése közben előfordulható kockázatok számbavétele, melyek hatással lehetnek a tervezett szerkezetre is. Természetesen, a különböző mélyépítési munkák esetén ezek eltérő súllyal jelentkeznek.

A kivitelezés alatt fokozottan figyelni kell az alábbi kockázati tényezőket:

- Talajrétegződés/talajfizikai paraméterek tervezettől való eltérése
- Talajvíz helyzete, változása
- Épített környezet és antropogén hatások
- Kivitelezési miatti változások hatásai

A különböző mélyépítési technológiák kivitelezési kockázatait a következő fejezetben elemezzük.

A fenti csoportok külön-külön bemutatva és ismertetve:

### 7.1. Talajviszonyok

---

A szerkezetek tervezésekor bemenő adatként szolgálnak a talaj- és talajvízviszonyok. A terület geológiai és hidrológiai viszonyainak jellemzésére *Talajvizsgálati jelentés (TVJ)* készül, amiben meghatározásra kerülnek a különböző talajrétegek, az egyes rétegek talajfizikai jellemzői, a talajvízjárás és annak kémiai összetétele. A TVJ elkészítéséhez szükséges geotechnikai feltárások távolságára és a feltárások szükséges mélységére az MSZ EN 1997-2 ad javaslatokat. Ezek betartása mellett általános vagy kedvező geotechnikai adottságú területeken a talaj- és talajvízviszonyok általában jól megismerhetővé válnak. A szerkezet tulajdonságaitól (méret, terhelés, kialakítás, stb.) és a geológiai, hidrológiai környezet komplexitásától függően válhat szükségessé további geotechnikai feltárás, a helyszín geotechnikai adottságainak pontosítása céljából.

A vizsgálatok célja a valósághoz minél közelebb álló geotechnikai modell alkotás, ami a geotechnikai kockázatok felmérését és ilyen módon azok csökkentését is lehetővé teszi. Az MSZ EN 1997-1 szerint, a geotechnikai viszonyok ismerete a geotechnikai vizsgálatok mennyiségétől és minőségétől függ, ezért kiemelten fontos a TVJ elkészítésének megtervezése során a feltárások típusát, technológiáját és mennyiségét megtervezni. Azoknál a geotechnikailag összetett területeknél, ahol a talajok települése, kifejlődése nem mutat egyenletes, jól követhető rétegződést, a pontszerű feltárások mellett javasolt szelvények mentén készülő geofizikai méréseket is alkalmazni. A talajok tulajdonságainak

részletes vizsgálata céljából a fúrásokból magmintát vagy folytonos magfúrású mintavételezést javasolt végezni a geotechnikai kockázatok beazonosíthatósága érdekében. Mindezen szabványi előírások és ajánlások betartása ellenére a föld alatt eltakarva maradnak olyan bizonytalanságok, amelyeket emiatt a tervezés fázisában nem vagy csak feltételezések mentén lehet számba venni. A kivitelezések során a teljes terület munkába fogásával a geotechnikai feltárások közötti zónák is feltárássá kerülnek, ahol a tervezés során feltételezett és figyelembe vett talajviszonyoktól eltérőt tapasztalhatnak. Ezen eltérések röviden az alábbiak szerint jellemezhetőek:

- **Eltérő talajrétegződés**, amikor a rétegek felszínének mélysége, vastagsága, esetleg a dőlés iránya és mértéke eltérő a TVJ-ben megadottaktól.
- Előfordulhat, hogy a kivitelezés alatt szerzünk tudomást **esetleges rétegek megjelenéséről**, amelyek a pontszerű vagy szelvény mentén készülő feltárásokban nem jelentkeztek vagy nem voltak azonosíthatóak. Ilyenek lehetnek például nagy geotechnikai kockázatot jelentő homokerek megjelenése a vízzárónak vélt agyag fekü rétegben vagy vékony agyag rétegek megjelenése egy bevágási rézsűben.
- **A talaj jellemzői, a talajfizikai paraméterek tervezettől eltérő értéke** azt eredményezheti, hogy a tervezett kivitelezési technológiával a szerkezet nem kivitelezhető vagy az állékonyságot veszélyeztető eltérés tapasztalható. Ilyenre lehet példa cementált rétegek megjelenése, ami talajkiszorításos cölöp vagy réselés elakadását eredményezheti. Állékonyságot befolyásoló problémaként adódhat olyan morzsalékos szerkezetű agyag, ami nem tud vízzáró szerepet betölteni, így az agyagba befogott szádfal passzív megtámasztásánál hidraulikus talajtörés következhet be.
- **A kivitelezés közben pontosodnak a rétegek talajfizikai paraméterei**, melyek eltérnek a feltételezett (számításban felvett) talajfizikai paraméterektől. A rétegben feltárt töredezettségnek vagy víz okozta felpuhulásnak olyan nyírószilárdság csökkentő hatása lehet, aminek egy bevágási rézsű vagy munkatérhatárolási szerkezet esetében állékonyságot veszélyeztető kihatása lehet.
- **Agyagfekü geometriai viszonyainak változása, esetleges nem megléte** a vízzárásra tervezett szerkezetek kialakítására lehet olyan hatással, ami jelentős kockázatot eredményezhet. Például a kivitelezés alatt válik pontosan ismertté az agyagfekü helyzete, melynek változása a tervezett mélyépítési szerkezet hosszának változást vonhatja maga után.

- **Nem várt talajnyomás** adódhat például a talajok előterheltségi viszonyainak nem kellő ismerettségéből, de a talajszerkezet eltérő felépítése miatt is nagy eltérés adódhat például a kohézió értékében (pl.: morzsalékos agyag vagy mállott, töredezett réteg), ami a földmegtámasztó szerkezetekben okozhat a tervezettől jelentősen eltérő igénybevételeket.
- **Barlang, üreg jelenléte** a kivitelezés közbeni munkafázisoknál okozhat például állékonyságvesztési problémát vagy magas kockázatot munkahelyi balesetekre.

## **7.2. Talajvíz helyzete, változásai**

Az előző fejezetben említésre kerültek a főbb tevékenységek a talaj- és talajvízviszonyok feltárására vonatkozóan. A talajvíz feltárása során a legfontosabbak közé sorolható az egyes vízáadó rétegek szétválasztása, az esetlegesen nyomás alatti vizek feltárása, valamint a talajvízszintek rögzítése mellett a vízjárás megbecsülése és a várható maximális talajvízszint megfogalmazása. A vizek mozgása mellett fontos azok kémiai összetételének vizsgálata, hogy megítélhetőek legyenek a szerkezetek anyagára gyakorolt hatások.

Fel szeretnénk hívni a figyelmet arra a szakmában gyakran előforduló hibára, hogy a becsült maximális talajvízszintet veszik számításba az építési vízszintnél, így praktikusnak mondható műszaki megoldás kerül elvetésre vagy túlzó beavatkozások kerülnek megtervezésre. Természetesen lehetnek olyan kivitelezések, ahol a maximális talajvízszinttel lehet szükséges a kivitelezés során számolni, mivel annak bekövetkezési valószínűsége akár egész nagy vagy megjelenése rendkívül gyors lehet. Ilyenre lehet példa egy folyó melletti munkatérhatároló szerkezet, ahol a mértékadó árvíz „bármikor” bekövetkezhet.

**Az építési vízszint megváltozása a kivitelezési munkák alatt**, ezen változásoknak a különböző építési fázisokra (víznyomás, résállékonyság, felúszás, stb.) gyakorolt hatása. Mivel az építési vízszint megváltozása állékonyságvesztést is okozhat, ezért minden építési fázisban ellenőrizni kell, hogy a megfelelő biztonság kimutatható-e.

A talajvíz szintjének változása a **talajvíz nyomás megnövekedése** mellett **megváltoztathatja a rétegek talajfizikai paramétereit** is, melyet szintén figyelembe kell venni.

Figyelembe kell venni a térfogatváltozó agyag talajok esetében esetleges **duzzadás/zsugorodás** lehetőségét és abból eredő kockázatokat is.

Szélsőséges esetben a **kimosódás lehetősége** is előállhat, ami belső eróziós folyamatokon keresztül állékonyságvesztést is eredményezhetnek.

### 7.3. Épített környezeti és antropogén hatások

---

Mivel a kivitelezések a legtöbb esetben épített környezetben (települések területén) történnek, így különös tekintettel kell lenni a különböző vonalas létesítményekre, úgymint:

- Ismeretlen csatorna,
- Ismeretlen nagyfeszültségű vezeték,
- Ismeretlen vízvezeték,
- Ismeretlen egyéb vezeték (optikai kábel, telefon, stb),
- Elakadásveszély ismeretlen objektumban, mesterséges feltöltések jelenléte.

Különböző építmények, építményrészek is lehetnek a területen, melyről nincs ismeretünk. Ezek az elakadásveszély vagy a mélyépítési szerszám eltérítése mellett olyan veszélyes üregeket, réseket is fedhetnek, amik bizonyos mélyépítési technológiáknál (pl.: réselés, jetelés, stb) jelentős állékonyságvesztési kockázatokat jelenthetnek.

Ide kell még sorolni a régészeti feltárást is, mely szintén kockázati tényezőként jelentkezhet mind a kivitelezésnél, mind pedig a beruházás tekintetében.

Az alábbi épületmaradványokra lehet számítani:

- Ismeretlen pince, ill. pincefal,
- Alaptest megléte,
- Kút,
- Elásott házgyári panelek darabjai.

Antropogén eset továbbá:

- Eddig nem ismert a sír/temető megléte a területen,
- Állati és emberi csontmaradványok,
- Betemetett gödör,
- Világháborús bomba, bombatölcser a területen.

A fizikai értelemben vett kiterjedésű hatások mellett nem szabad figyelmen kívül hagyni a vegyi, kémiai hatásokat, szennyeződést sem. Ezeknek lehet a szerkezetépítésnél használt anyagokra káros hatása, ami csak késleltetve az élettartam alatt derül ki, de

eredményezhetnek jelentős kockázatot munkavédelmi, egészségkárosodási szempontból is a kivitelezési munkák során.

## **7.4. Kivitelezés miatt bekövetkező változások**

---

A kivitelezések különböző fázisaiban a talaj állapotát folyamatosan megváltoztatjuk: munkagödör kiemelésével, terepszint feltöltésével, valamint a talajvíz süllyesztésével az in situ feszültségállapotot befolyásoljuk. Ebből következik, hogy megváltozhatnak a rétegek fizikai paraméterei lásd 5.1. fejezet. A talajvíz szintjének változását az 5.2 fejezetben már ismertettük.

Itt az alábbi kockázati tényezőket kell figyelembe venni:

- Munkagödör kiemelése
- Rézsűképzés, rézsűbiztosítás
- Munkagödör víztelenítése
- Talajvíz áramlását befolyásoló szerkezet beépítése
- Talaj szilárdítása



## 8. Mélyépítési technológia függő kockázatok

---

Az alábbiakban a különböző mélyépítési eljárások esetén a technológiából adódó kockázatokat ismertetjük. Az előző fejezetben bemutatott kockázatokat természetesen – igaz, eltérő mértékben – minden esetben figyelembe kell venni.

### 8.1. Réselés

---

A réselés technológiájából adódóan az alábbi kockázatok adódhatnak:

- Zagyszökés
- Réstábla folytonossági hiány
- Vízbefolyás réstáblán keresztül

Szükséges monitoring

- Résfal elmozdulások mérése
- Környező épületek mérése

### 8.2. Talajhorgonyok munkatérhatárolás estén

---

- Talajvíz okozta szemcsebemosódás a horgonyfejnél
- Fúrószerszám elakadása
- Furat omlása
- Zagyszökés

Injektálás

- Injektálás során túlfogyasztás vagy alulfogyasztás
- Kívánt injektálónyomás el nem érése
- Injektáló vezetékek dugulása, elérni kívánt injektálási szakaszok elmaradása

Feszítés

- Szabadhossz kellő mértékű felszakadása
- Befogott szakasz pászma-injektált test kapcsolatának megléte
- Befogott szakasz és talajtest kapcsolatának megfelelősége
- Horgonyfej kialakításának megfelelősége
- Erő/Elmozdulás megfelelősége

#### Monitoring

- Horgonyerő ellenőrzése
- Horgonykihúzóadás ellenőrzése
- Talaj és befogott szakasz közötti kúszás ellenőrzése

Erő/Elmozdulás monitorozása

### **8.3. Fúrt-injektált talajszegek munkatérhatárolás esetén**

---

#### Talajszeg fúrása

- Talajvíz okozta szemcsebecmosódás a talajszegfejnél
- Fúrószerszám elakadása
- Furat omlása
- Zagyszökés

#### Feszítés

- Horgonyfej kialakításának megfelelősége
- Erő-alakváltozás megfelelősége

#### Monitoring

- Talajszeg erő ellenőrzése
- Talajszeg kihúzóadásának ellenőrzése
- Talaj és talajszeg közötti kúszás ellenőrzése
- Erő/Elmozdulás monitorozása

### **8.4. Vert talajszegek és löttbeton munkatérhatárolás esetén**

---

#### Talajszeg installálása

- Döfés-szögtől való eltérés
- Közbenső talajkiemelési fázis állékonyságvesztése
- Föld túlszedés okozta lokális beszakadások, munkatérhatároló rézsű szögeltérés
- Rétegvizek megjelenése

#### Monitoring

- Talajszeg kihúzóadásának ellenőrzése

## **8.5. Jetfalas alapozási sík mélyítése, munkatér-határolás**

---

Jetelés alatti problémák

- Építmény állékonyságvesztés (jet kiosztásból, kivitelezési sorrendből, technológiai időbe nem tartásból, stb.)
- Habarcs elfolyás, erózió kialakulása
- Építmény és jetoszlopok közötti kontakt kialakítása, habarcs töppedés
- Víz záró fal esetén az oszlopok vagy panelek összemetszése (pozicionálás, fúrásferdeség, stb.)
- Jetsugár letakarása (talajban található görgetegek vagy épületmaradványok miatt)

Építmények hatása

- Habarcs betörés (pincébe, közműbe, barlangba)
- Jetsugár letakarása

Monitoring

- Jetfal elmozdulások mérése
- Környező épületek mérése

## **8.6. Szádfal munkatér-határolás**

---

Szádverés során lévő problémák

- Dinamikus hatások környezetre gyakorolt hatása
- Szádpallók szétnyílása
- Szádpallók megszorulása
- Sarok elemek szétnyílása

Monitoring

- Szádfal elmozdulások mérése
- Környező épületek mérése

## 8.7. Cölöpalapozás

---

### Cölöpözés alatti problémák

- Cölöpök folytonossági hibája
- Kemény, nehezen fúrható agyag talajok köpenymenti ellenállás csökkenése
- Cölöptalp felpuhulása talajvíz vagy szemcsés anyag beáramlás miatt
- Furatállékonyság
- Zagyszökés zagymegtámasztású cölöpöknél
- Betonszökés üreg vagy barlang jelenléte miatt
- Beton eltarthatósági és bedolgozási problémák
- Bedolgozott beton minőségi problémák cement mátrix kimosódás vagy gyors víztartalom veszteség miatt
- Armatúra lehajtás során lévő elakadás
- Cölöp pozíció és ferdeség okozta problémák

### Monitoring

- Cölöp pozíció geodéziai ellenőrzése
- Cölöp integritás vizsgálat
- Teherbírás próbaterhelése

Mellékletben egy projekt (folyópart melletti) mélygarázs kockázatértékelő táblázata becsatolva példaként).

## 9. Irodalomjegyzék

---

- [1] ISO/IEC 31010:2019 - Risk management - Risk assessment techniques.
- [2] Jelentés Magyarország nemzeti katasztrófakockázat-értékelési módszertanáról és annak eredményeiről. BM OKF, Budapest, 2014.

## 10. Melléklet

---

Folyópart menti mélygarázs kockázatértékelő táblázata

## 10.1. Résfal építése

No.	Veszély	Kockázat előtte					Kockázat utána		
		komolysága	Valószínűsége	Kockázati index	Besorolás	ellenintézkedések	Valószínűsége	Kockázati index	Besorolás
1	Árvíz eléri az adott földmunkasíkot (minden földmunkasík/építési fázis külön vizsgálendő!)	A	3	A3	magas	igen	I	A1	alacsony
2	Helyi földomlás	B	3	B3	magas	igen	I	B1	alacsony
3	Agyagfekü határának változása	B	3	B3	magas	igen	I	B1	alacsony
4	Bomba megjelenése	B	3	B3	magas	igen	I	B1	alacsony
	Ismeretlen csatorna réselés alatt	C	3	C3	komoly	igen	I	C1	kicsi

	Ismeretlen nagyfeszültségű vezeték	B	2	B2	közepes	igen	Földmunka leállítása, közműtulajdonos értesítése	1	B1	alacsony
	Ismeretlen gázvezetés	B	3	B3	magas	igen	Földmunka leállítása, közműtulajdonos értesítése	1	B1	alacsony
	Ismeretlen víz vezeték	B	3	B3	magas	igen	Földmunka leállítása, közműtulajdonos értesítése	1	B1	alacsony
	Ismeretlen egyéb közmű (telefon, kábel, forgalomirányítás, stb)	B	3	B3	magas	igen	Földmunka leállítása, közműtulajdonos értesítése	1	B1	alacsony
	Zagyszökés	B	3	B3	magas	igen	Markolás leállítása, soványbeton visszatöltés, újra markolás	1	B1	alacsony
	Résziábla folytonossági hiány, talajbetörés	B	3	B3	magas	igen	Hiány feltárása, külső zárás jet grouting falra, üreg injektálás	1	B1	alacsony
	Vízbefolyás réstáblán keresztül	C	3	C3	közepes	igen	Befolyás feltárása, repedés injektálás	2	C2	alacsony



## 10.2. Csatlakozó horgonyzás, injektálás

No.	Veszély	Kockázat előtte					Kockázat utána
		Kockázati index	Valószínűsége	Besorolás	ellenintézkedések	Megjegyzés	
1	Fúrás anyagkihozatal-előrehaladás aránytalansága	B4	4	magas	igen	1	B1
2	Injektálás anyagfelhasználása és injektálási nyomás összehangja	B3	3	magas	igen	1	B1
3	Injektáló anyag szökése (csatornatörés)	B4	4	magas	igen	1	B1
4	Horgonyerő és elmozdulás nem terv szerinti	B3	3	magas	igen	1	B1
	Injektáló anyag szökése (szomszédos pince miatt)	B3	3	magas	igen	1	B1

## 10.3. Monitoring

No.	Veszély	Kockázat előtte					Kockázat utána		
		Komolyága	Valószínűsége	Kockázati index	Besorolás	ellenintézkedések	Valószínűsége	Kockázati index	Besorolás
1	Résfal elmozdulásának mérése	B	3	B3	magas	igen	2	B2	közepes
2	Épületmozgások mérése	B	4	B4	magas	igen	2	B2	Közepes
3	Talajvízszint mérése a környezetben	B	4	B4	magas	igen	2	B2	közepes

## 10.4. Inklinométer mérések

Tevékenység	Számított elmozdulás	figyelmeztetése	készültség	vészhelyzet	Mérés sűrűsége
1. ütemű földmunka					Napi utána heti
Horgonyzás, horgonyfeszítés					Napi utána heti
2. ütemű földmunka					Napi utána heti
Horgonyzás, horgonyfeszítés					Napi utána heti
N.-dik. ütemű földmunka					Napi utána heti
Horgonyzás, horgonyfeszítés					Napi utána heti
Teljes földkiemelés					Napi
Alaplemez készítése					napi