

## IPARI HULLADÉKTÁROZÓK KOCCÁZATÁNAK VIZSGÁLATA

**Dr. Elek Barbara<sup>1</sup>, Hák Viktor<sup>2</sup>, Kovács Gábor<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> PhD, tudományos munkatárs, <sup>2,3</sup> ügyvezető

<sup>1</sup>Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, <sup>2</sup>DISASTER Bt., <sup>3</sup>Geo-Kovács Kft.

### ABSTRACT

In our vicinity there were two severe tailing dam disasters in the last decade. In the light of these accidents some questions must be asked: if these operational tailing dams are safe or not, what the possibilities are to assess the vulnerability and the risks and how the operation can be safer. In most countries the operation of the tailing dams are regulated by strict magisterial protocols. The requirements of the operation are an internal and an external emergency plan, which can measure the risks and provide possible response actions. Nonetheless, tailing dam accidents have been happened until now. In this article the prevention methodes like dam risk analysis, an effective monitoring and early warning dam control system will be presented.

### BEVEZETÉS, TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

A gátszakadások és az ezzel járó súlyos balesetek nem ritkák, az elmúlt fél évszázadban átlagban évente két alkalommal történt jelentős anyagkibocsátással járó tározó baleset a világban. Az átlagosan évi két alkalommal bekövetkező gát baleset szám azonban nagy szórást mutat, mivel voltak olyan évek, amikor egyetlen esemény sem történt, ám ezeket a nyugodt időszakokat követték az úgynevezett „fekete évek”, amikor az esetszám jelentősen megugrott. 1965. évben 5 baleset, 1966-ban 4 baleset, 1985-ben 4 baleset, 1994-ben 6 baleset, míg 2000. esztendőben 5 baleset következett be, köztük a Romániából eredő ciánszennyezéssel. A legutolsó, bejelentett tározóbaleset 2011. július 21-én történt Kínában (Szecsuan tartomány, Mianyang City), ahol egy mangán elektrolízis üzemben a meddőtározó gátja a heves esőzés miatt megcsúszott. 272 helyi lakost menekítettek ki az iszapár elől és körülbelül 200.000 ember vízforrását szennyezte el a kiömlő mérgező anyag.

A fél évszázad alatt közel 2000 ember vált az iszapár áldozatává, ezen balesetek közvetlenül (a pusztítás révén), illetve közvetve (a környezetszennyezés miatt) mintegy 20.000.000 ember életét befolyásolták kisebb-nagyobb mértékben. Az áldozatok között egyaránt megtalálhatók az egyes cégek munkavállalói, illetve a tározók környezetében élő lakosság. A legsúlyosabb balesetek az alábbiak voltak:

➤ 1965. március 28. El Cobre, Chile – a helyi rézbánya és feldolgozó 2 zagyttározójának a gátja földrengés miatt megsérült. A 2,25 millió köbméter iszap 12 kilométerre hatolt be a völgybe, elsodorva El Cobre városát, 200 fő halálát okozva.

- 1966. május 1., Sgorigrad, Bulgária – a rézbánya meddőiszap tároló gátja a heves esőzések és a rossz vízelvezetés miatt átszakadt, az árhullám az 1 kilométerre lévő falu felét letarolta, 488 ember halálát okozva;
- 1966. október 21. Aberfan, Egyesült Királyság – szénbánya iszaptározójának gátja a heves esőzések miatt átszakadt, 141 ember halálát okozva.
- 1985. július 19. – a Prealpi Mineraria fluorit bányájában gátszakadás történt, melynek oka a vizsgálatok alapján a műszaki előírások elmulasztása és a vízelvezetés hibás kialakítása voltak. A 200.000 m<sup>3</sup> iszap 90 km/órás sebességgel zúdult le a völgyben, kb. 4,2 kilométerre jutott el és eközben 268 ember halálát okozta. Ez volt az első olyan eset, ahol bizonyítottan nem természetes folyamat volt a baleset kiváltó oka.

A tározóbalesetek vizsgálatai alapján az alábbi tapasztalatok állapíthatók meg:

- A balesetek elsősorban a bányászati tevékenységhez, illetve a bányászott ércek feldolgozásához kapcsolódnak – az összes baleset 24%-a a réz, 14%-a az arany, valamint 13-13%-a a foszfát és a szén bányászatához és elsődleges feldolgozásához köthető.
- Az események hatása nagy területre terjedt ki, ennek oka az, hogy jelentős mennyiségű iszap, illetve víz szabadult ki a gátak mögül, rövid idő alatt. A kijutott folyékony szennyezők mennyisége az esetek 37%-ában a 100.000 m<sup>3</sup> alatt maradt, az esetek 40%-ában 100.000 – 1.000.000 m<sup>3</sup> között volt és 23%-ban az 1.000.000 m<sup>3</sup>-t is meghaladta.
- Sík vidéken telepített tározók esetében az elöntött terület mérete a kijutó anyagmennyiségtől kevésbé függött, illetve ekkor volt idő a munkavállalók és a lakosság riasztására és kimenekítésére.
- A súlyos, sok halálos áldozattal járó balesetek olyan tározókra voltak jellemzők, ahol a gát alatti terület lejtős volt, esetleg a tározóteret völgyzárógát létesítésével alakították ki. Ezeket a baleseteket nagy áramlási sebesség, jelentős rombolóerő és nagy völgyirányú hatótávolság jellemezte.
- Az áldozatok nagyobb részben a tározó környezetében élő emberek, kisebb részben az üzemeltető cég munkavállalói közül kerültek ki. A halálos áldozatok számát egy nagyságrenddel meghaladta a sérültek száma, hasonló megoszlásban.
- A súlyos balesetek minden esetben a gátakkal kapcsolatos eseményhez köthetők. A gát sérülését az esetek felében valamilyen természeti okkal lehet magyarázni, például földrengés, heves esőzések miatti földcsuszamlás. Az esetek mintegy 30%-ának a bekövetkezése valamilyen műszaki problémára vezethető vissza, mint túltöltés, hibás tervezés, illetve kivitelezés, a karbantartások elmulasztása, nem üzemeltettek előrejelző rendszereket, míg a többi esetben az ok ismeretlen (vagy elmaradt a részletes kivizsgálás).
- A hatások felszámolása rendkívül nagy költségekkel járt, melyet a szennyezést okozó vállalatok nem tudtak megfizetni. A tárolt iszapok jelentős része az emberi szervezetre káros hatást gyakorolt (mérgező, savas, lúgos) emellett ökotoxikus volt, így másodlagos hatásként jelentkezett az élőszervezetek mérgezése, ami nagy területre kiterjedő mentesítési munkálatokat igényelt. Emellett a

táplálékláncba kerültek a mérgezőanyagok, így hatóságilag tiltani kellett az ivóvíz és élelmiszerfogyasztást az érintett területen, illetve a hajléktalanná vált lakosok részére szállást kellett biztosítani és a lerombolt területeken az infrastruktúrát újjá kellett építeni.

➤ A balesetek nagyobb része (egyres források szerint 90, más források szerint legalább 70%-a), illetve a nagyszámú áldozat elkerülhető lett volna, ha a megfelelő biztonsági rendszerek működnek, illetve a munkavédelmi szabályokat betartják és a lakosságvédelmi tervek rendelkezésre állnak. Az 1980-as évekig egységes hatósági szabályozás sem volt egyes országokban, az előírásokat a balesetek tanulságai alapján alakították ki.

➤ Egy megfelelően elvégzett kockázatértékelés és az ez alapján bevezetett – munka és lakosság - védelmi rendszabályok birtokában a nem környezeti eredetű okokra visszavezethető káresemények nagy valószínűséggel nem történnek meg, illetve a természeti katasztrófhelyzetek nyomán bekövetkező káresemények súlyossága is kisebb lett volna. [Cimer, 2011]

A kockázatos ipari folyamatok egyik tényezője az ipari tározók, illetve ipari hulladéktározók potenciális (várható, esetlegesen bekövetkező) környezeti és társadalmi hatásai. A kockázatvizsgálat, elemzés és kockázatcsökkentés folyamata több egymásra épülő elemet tartalmaz, amelyet a továbbiakban röviden összefoglalunk. Jelen tanulmányban kizárólag a műszaki és az ökológiai, valamint a társadalmi kockázatok vizsgálatával foglalkozunk, eltekintve a humán egészségügyi kockázatok feltárásától.

## A TÁROZÓK KOCKÁZATI VIZSGÁLATA, ELEMZÉSE

Egy tározó térben és időben változó erősségű kapcsolatban áll a természetes és a mesterséges környezetével. A kapcsolati rendszer elemei közötti hatások különböző szintű kockázatot jelentenek az egyes rendszerelemekre, köztük az emberre. A kockázatelemzések célja elsősorban az emberre, embercsoportokra, valamint a társadalomra irányuló kockázatok azonosítása és minősítése. A humán egészségügyi kockázatelemzéssel párhuzamosan a vizsgálatot el kell végezni az ökológiai és a műszaki (termelő, szolgáltató) rendszerekre is.

Az ipari tározók kockázatának vizsgálata az alábbi lépéseket foglalja magában:

- A célok definiálása;
- Az elemzés követelményeinek meghatározása;
- A tározó és a gátak mérnöki felülvizsgálatának végrehajtása;
- A tározóra és környezetére vonatkozó kockázatbecslés elkészítése;
- Az alternatív kockázat csökkentő módszerek kockázatértékelése;
- A vizsgálati eredmények kockázatainak értékelése.

## KOCKÁZATI ELEMEL

A tározóra vonatkozóan a kockázati tényezőket (lásd 2. táblázat) az alábbiakban adhatjuk meg:

### ➤ Veszélytípusok

- anyag – energia, a tárolt víz környezetbe kerülési módja (kiáramlása);
- a tározó, mint műszaki létesítmény sérülése;
- üzemelési hiba, ebből fakadó szolgáltatási elégtelenség;
- ellenőrzési hiba;
- másodlagos környezeti és szennyeződési hatások - károk;
- közvetlen emberi károkozás (egészségügyi, anyagi, nem anyagi természetű, terror-szabotázs, bosszú).

### ➤ Veszélyeztetettek, érintettek

Elsődlegesen veszélyeztetettek, érintettek:

- a víztermelő technológiai rendszer,
- a munkavállalók,
- a tározó környezetében élők, az ott dolgozók és az átmenetileg ott tartózkodó polgárok;
- épületek – építmények – épített környezet;
- infrastrukturális elemek és a szolgáltatást igénybevevők;

Másodlagosan veszélyeztetettek, érintettek:

- készletek, anyagi javak, mezőgazdaság (a termőföld);
- a termelő eszközök, közlekedési, szállítási eszközök;
- környezeti elemek (levegő – vizek – talaj és földtani közeg);
- környezeti rendszerek (ökoszisztémák).

### ➤ Veszélyek (becsült) mértéke

Általában a tározók meghibásodása, erős rongálódása ritka esemény, de az okozott hatás és a kár általában jelentős mértékű az érintettek számára.

Egy új tározó létesítmény kialakításánál a kockázat alapú szemlélet érvényesítése egyszerűbb, mint egy már meglévő esetében, amely nem a jelen kor technikai-technológiai színvonalán épült meg. Ennek szemléletnek megfelelően már a tervezés folyamán figyelembe kell venni az alábbi elemeket:

- Tervezés/létesítés: meglévő műtárgy esetén a biztonságnövelésre, illetve a robosztusságra kell törekedni.
- Biztonság: magába foglalhat minden olyan passzív és aktív biztonsági elemet, ami a munkavállalók és a lakosság/közvélemény számára a biztonságérzet növelését jelenti
- Monitoring és ellenőrző rendszer: lehetővé teszi a korai riasztást, vagyis azt, hogy a rendellenes, veszélyhelyzethez vezető hatásokat és állapotokat időben felismerjék.
- Karbantartási program: magába foglalja a gátak, víztelenítő és vízelvezető rendszerek, berendezések, megközelítési útvonalak időszakos felülvizsgálatát és javítását.

➤ Irányítási rendszer: magába foglalja a rendszeres felülvizsgálatokat, a munkavállalók felkészítését, továbbképzését, a hatóságok felé történő adatszolgáltatást, illetve a biztosításokat.

Egy ipari tározónak életciklusa van, amely tervezés – építés – üzemelés – bezárás – rekultiválás (helyreállítás) és az ehhez kapcsolódó ellenőrzési folyamatokból áll (lásd 1. táblázat).

A tározók létükkel hatást gyakorolnak környezetükre. A tervezés kivételével életciklusuk mindene eleme hatással van a környezetre. Környezet alatt a környezeti elemeket (levegő – vizek – földtani közeg, a talaj és a kőzetek), a környezeti rendszereket (ökoszisztéma, a táj), az épített környezetet, valamint kiemelten az embert (az érintett közösségeket) értjük.

### KOCKÁZATVIZSGÁLAT ÉS KOCKÁZATÉRTÉKELÉS

A kockázatok pontos azonosításához feltétlenül szükséges a rendszer működési, kapcsolati sémája, melyhez általában több térkép, terv és részletrajz is tartozik. A tározók kockázat alapú szemlélet szerinti vizsgálatára többféle módszer létezik, melyek eltérő kockázatértékelési és kezelési módszereket használnak. Ezeket a módszereket alapvetően két csoportba lehet besorolni. Az első csoportba azok a módszerek tartoznak, amikor részletes kockázat elemzést készítenek (pl. biztonsági elemzések, sérülékenységi elemzések), a másik csoportba pedig a kockázat indexáláson alapuló módszerek sorolhatók (pl. biztonsági prioritás szerinti indexelés). [Cimer, 2011]

A részletes kockázat elemzésen alapuló módszert speciálisan gátakra fejlesztették ki, azok tulajdonosainak, üzemeltetőinek, illetve a biztonsági szakembereknek szolgál útmutatással. Egy ilyen módszer a PRA (Portfolio Risk Assessment) módszer.

Kevésbé objektív módszer, de annál gyorsabb eredményt ad az ügynevezett kockázat indexálási módszer. Ennek lényege, hogy a létesítmény fizikai állapotára koncentrál és a kockázatokat ebből vezeti le (ez az előzőekben leírt módszernek az ellentéte, ahol a kockázatokhoz rendelték hozzá a létesítmény állapotát). Andersen és Torrey módszere szerint a sérülékenységet egy indexálási módszerrel lehet meghatározni. [Elek, 2012]

A kockázatelemzési módszerek felméri és osztályozzák a létesítmény gyenge pontjait, értékeli az egyes hatásokat, és azok következményeit, definiálja a hibamódok okát, méri a kockázatot, részletesen elemzi a sérülékenységet és számítási módszereket adnak a biztonsági fejlesztések költséghatékonyságára.

A módszer arra is alkalmazható, hogy az előrejelző műszerek, szenzorok, kamerák, illetve mérnöki gátak helyét, szükséges mennyiségét és a védelem hatékonyságát megadja.

A vizsgálat során a különböző okokból bekövetkező tározó sérülések kockázatát az alábbi egyenlettel lehet megadni:

$$R = P * C \quad (1)$$

ahol R: kockázat;

P: valószínűség (a legsúlyosabb esemény valószínűsége);

C: következmény súlyossága.

A kockázat egy másik definíciója szerint:

$$R = V * Th * (C_S + C_L) \quad (2)$$

ahol V: sérülékenység;

Th: fenyegetettség;

C<sub>S</sub>: rövid távú hatások súlyossága;

C<sub>L</sub>: hosszú távú hatások súlyossága.

A kockázati tényezők száma nagy és ezek komplex, összefüggő rendszert alkotnak. A kockázat számító függvények jellemzőit nehéz meghatározni, megbecsülni. Az egyes események bekövetkezési valószínűségének meghatározása kritikus lehet a kockázatszámításnál. A folyamatelemzés során az ok-okozati kapcsolatokat fel kell tárni, az és – vagy kapcsolatok megállapítása (például a hibafa elemzésnél) a számítások fontos tényezője. A kockázati elemek hatásait célszerű – a hatás várható térbeli kiterjedésének függvényében eltérő léptékű - térképeken ábrázolni, ezeken a térképeken kell bemutatni a biztonsági és kockázati zónákat, a veszélyeztetett objektumokat, infrastruktúra elemeit, a várható károk mértékét és helyét, esetleg itt lehet ábrázolni bizonyos előre tervezett organizációs, védelmi objektumokat, útvonalakat. [Cimer, 2011]

### 1. táblázat: Kockázatelemzési szempontok a tározók teljes életciklusára

Az egyes tározók életciklusa elemei	A tényező élettartamon belüli részaránya	Elemzési, vizsgálati szempontok
Helykijelölés, előkészítés - tervezés	1-2 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ megfelelő számú alternatíva vizsgálata, a kijelölési szempontok teljessége,</li> <li>○ gondos helykijelölési vizsgálatok;</li> <li>○ alapos terület-előkészítés (a környezeti – társadalmi szempontok teljes körű számbavétele);</li> <li>○ a tervek folyamatos ellenőrzése, szükség szerinti átdolgozása;</li> <li>○ tervezői felelősség, minőségbiztosítási előírások;</li> <li>○ biztonságtechnikai – munkavédelmi előírások elkészítése;</li> <li>○ a tervek engedélyeztetése;</li> </ul>
Építés, a műtárgyak kivitelezése	2-5 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ a kivitelezés folyamatos műszaki ellenőrzése;</li> <li>○ a felelős mérnök szerepe, a dokumentációs rend és a kivitelezési előírások betartása – betartatása, minőségi tanúsítványok;</li> <li>○ a műtárgyról műbizonylat kiadása;</li> <li>○ megvalósulási tervek, dokumentációk és azok megfelelő számú és elérhető helyű tárolása;</li> <li>○ a védelmi tervek elkészítése;</li> <li>○ az üzemeltetési engedélyek beszerzése;</li> </ul>
Üzemelés (esetleges bővítés)	60-75 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ az üzemeltetési – technológiai előírások, betartása pontosítása;</li> <li>○ a biztonságtechnikai – munkavédelmi előírások betartatása;</li> <li>○ folyamatos ellenőrzés, a biztonságtechnikai rendszer üzemeltetése (monitoring hálózat);</li> <li>○ a dokumentáltság biztosítása (ellenőrizhetőség, bizonyító erő);</li> </ul>
Felszámolás,	25-35 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ a bezárás előkészítése;</li> </ul>

bezárás, rekultiválás	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ a hatósági előírások szerinti lezárás, rekultiváció;</li> <li>○ esetleges újrahasznosítás vagy elbontás;</li> <li>○ a monitoring rendszer üzemeltetése.</li> </ul>
--------------------------	---

2. táblázat: Az egyes tározótípusok kockázatai

Tározó típusok	Kockázatok	Veszélyeztetettek, érintettek	Speciális kockázatok
Bányászati tározók meddő, letakarítási anyagok (külfejtésnél), széniszap, érces iszapok, flotációs iszap (az urán radioaktív iszapja is), vörösiszap, szénmosó iszap, fűrőiszapok stb.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Anyag, energia környezetbe kerülése (kiáramlása);</li> <li>○ üzemelési hiba;</li> <li>○ ellenőrzési hiba;</li> <li>○ a tározó sérülése;</li> <li>○ környezeti és szennyeződési hatások - károk;</li> <li>○ közvetlen károkozás.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ A munkavállalók,</li> <li>○ a tározó közvetlen környezetében élők, dolgozók és az átmenetileg ott tartózkodó polgárok;</li> <li>○ épületek – építmények – épített környezet;</li> <li>○ infrastrukturális elemek;</li> <li>○ készletek, anyagi javak, mezőgazdaság;</li> <li>○ környezeti elemek</li> <li>○ levegő – vizek – talaj és földtani közeg;</li> <li>○ környezeti rendszerek (ökoszisztéma, táj).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Anyagáramlások;</li> <li>○ Kémiai egészségügyi kockázat (rövid és hosszú távú expozíció);</li> <li>○ Energia sugárzások (radioaktivitás);</li> <li>○ Maró hatású, toxikus oldatokkal való érintkezés;</li> <li>○ Omlások, csúszások okozta mechanikai sérülések;</li> <li>○ Nehéz munkagépekkel, berendezésekkel kapcsolatos balesetek;</li> <li>○ Emberi hiba (pl. elmerülés iszapban).</li> </ul>
Energiatermelési tározók erőművi pernye - salak, korom, koksizolók gázmasszája, füstgáztisztítási maradékok, kőolaj tározótavak, pakura tározótavak stb.;	Lásd első pont.	Lásd első pont.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Az első pontban felsoroltak, továbbá:</li> <li>○ Energia sugárzások (radioaktivitás, hő);</li> <li>○ Tűz- és robbanásveszély (pl. pakura tavaknál).</li> </ul>
Kohászati, vegyipari, finomítói, ipari tározók különböző salakok (vaskohászati – színesfém kohászati), vegyi üzemek iszapszerű hulladékai, kőolaj finomítás, savgyanta, különböző sók, galván iszapok, papíriszap, bőrgyári nyesedék stb.;	Lásd első pont.	Lásd első pont.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Az első pontban felsoroltak, továbbá:</li> <li>○ Tűz- és robbanásveszély (pl. pakura tavaknál).</li> </ul>
Élelmiszeripari, mezőgazdasági tározók cukorgyári mosóiszap, olajiszapok, hígtrágya, komposzt stb.	Lásd első pont.	Lásd első pont.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Omlások, csúszások okozta mechanikai sérülések;</li> <li>○ Nehéz munkagépekkel, berendezésekkel kapcsolatos balesetek;</li> <li>○ Emberi hiba (pl. elmerülés iszapban).</li> <li>○ Biológiai egészségügyi kockázat (fertőzés – baktériumok, gombák, rovarok, egyéb járvány vektorok).</li> </ul>
Egyéb tevékenységek hulladéktározói inert hulladék, kommunális hulladék, veszélyes hulladék, szennyvíziszapok stb.	Lásd első pont.	Lásd első pont.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Omlások, csúszások okozta mechanikai sérülések;</li> <li>○ Nehéz munkagépekkel, berendezésekkel kapcsolatos balesetek;</li> <li>○ Emberi hiba (pl. elmerülés iszapban).</li> <li>○ Vegyi összeférhetlenségből eredő károk (tűz- és robbanásveszély).</li> </ul>



## ELLENŐRZŐ (MONITORING) RENDSZEREK

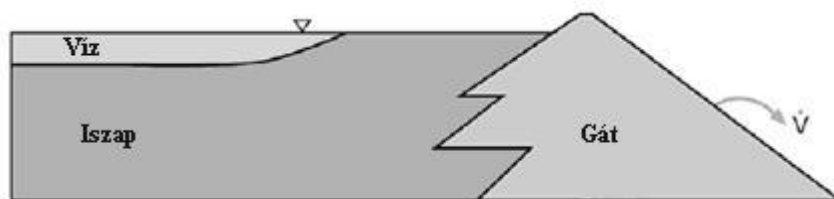
A tározó gátak, különös tekintettel a zagytározó, illetve folyékony hulladéktározó gátakra folyamatos ellenőrzést igényelnek, ez különböző indikátorjellemzők folytonos és időszakos mérésével oldható meg. Ez a rendszer biztosítja a gát környezeti hatásainak minimalizálását és a katasztrófa állapotok elkerülését, azaz a mért jellemzők elemzése alapján van idő az eredményes beavatkozásra a vészhelyzet elhárításához (lásd 3. táblázat). Az ellenőrzőrendszert mind a felhagyott (rekultiváció alatti), mind a még üzemelő tározóknál célszerű alkalmazni. A nemzetközi tapasztalatok alapján a következő elemekből álló ellenőrző rendszert javasolt üzemeltetni, az érzékelőket célszerű a diszpécierszolgálathoz bekötni. [Coldewey, 2007]

3. táblázat: A javasolt monitoring rendszer alap elemei

A MÉRT INDIKÁTOR ÉS FELADATA	Ellenőrzési gyakoriság
<b>1. Szemrevételezéses ellenőrzés</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ a kazetták töltetfelületének ellenőrzése, káros jelenségek regisztrálása;</li> <li>○ a gát felületének ellenőrzése;</li> <li>○ szükség esetén csurgalékvíz és hordalék minták vétele laboratóriumi vizsgálatokhoz;</li> <li>○ jelentés az észlelt helyzetről.</li> </ul>	<b>Minden nap 1 alkalommal</b>
<b>2. Vizekkel kapcsolatos megfigyelések</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ vízszint megfigyelő kutak mérése (felszín alatti víz és a csurgalékvíz szintjének ellenőrzése);</li> <li>○ a gáttesten keresztül rendszeresen kilépő és a vízminőség megfigyelő kutakból vízminta vétele előírt időközönként vagy szükség szerint;</li> <li>○ a gáttesten rendszeresen kilépő vízforrások (csurgások) hozamának mérése és esetleges beavatkozás elrendelése.</li> </ul>	<b>Negyedévente</b>
<b>Túlfolyás a gáttest felett:</b> <div style="text-align: center;"> </div>	



**Kifolyás a gáttesten keresztül:**

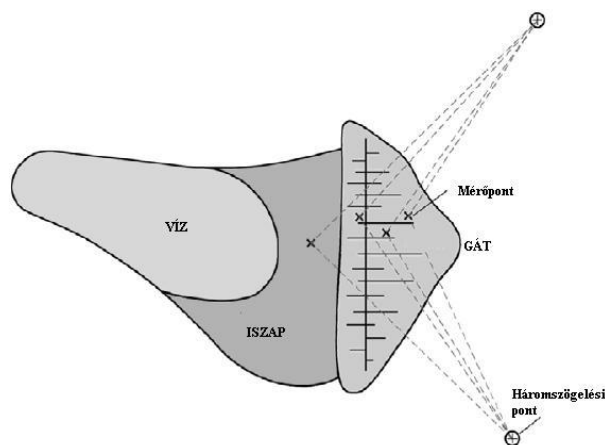


**3. A gáttest és a töltet rendszeres geodéziai és geotechnikai mozgásvizsgálata (deformációs mérések)**

- rendszeres időközönként, a megtervezett mérési hálózaton, geodéziai koordináta-meghatározások és az adatok kiértékelése mozgásvizsgálati szempontok szerint;
- rendszeres mérések végzése inklinométerrel a telepített mérőhálózaton és az adatok értékelése (esetleg a kritikus helyeken automata elmozdulásmérők elhelyezése);
- rendszeresen pórusvíznyomási értékek regisztrálása (a folyamatosan regisztráló automata mérőberendezésekkel) a telepített mérőhálózaton és az adatok értékelése.

Negyedévente

**Méreték, geometria ellenőrzése geodéziai mérésekkel:**



**Méreték, geometria ellenőrzése dőlésmérőkkel:**

<b>4. A meteorológiai elemek mérése</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ automata mérőállomással, amely a kritikus meteorológiai elemeket méri (hőmérséklet, csapadékmennyiség, csapadék intenzitás, széljellemzők stb.).</li> </ul>	<p><b>Minden nap folyamatosan</b></p>
<b>5. Szeizmikus (dinamikus és szeizmikus eredetű rezgések) jelenségek regisztrálása</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ automata mérőállomással, a kritikus helyeken a dinamikus hatások (közlekedés, szállítás, különböző anyagátrendeződések hatásai stb.) és a mikro-szeizmikus jelenségek regisztrálása.</li> </ul>	<p><b>Minden nap folyamatosan</b></p>
<b>Szeizmikus tevékenység és meteorológiai helyzet ellenőrzése:</b>	

Ábrák forrása: I. Apostol et al.: *Optimalisation of Disaster and Prevention Measures in the Context of Human and social Dynamics*, IOS Press, 2009.

## KOCKÁZATKEZELÉS

A tározók sérüléséből adódó kontrollálatlan folyamatok egy komplex veszélyhelyzetet eredményezhetnek, amelyeket kezelni kell, hatásukat csökkenteni, minimalizálni célszerű.

A kezelendő hatások:

- Gazdasági hatások: ide tartoznak a kialakuló veszélyhelyzet felszámolásának, a tározó helyreállításának a költségei, az újjáépítési költségek, a hatóságok által kiszabott büntetések és a kártérítési igények.
- Környezeti hatások: a tározóból kijutó anyag nagy területen szétterül, rombol, tartós környezeti hatást okozva. További problémát jelenthetnek a hosszú távú hatások, mint a földcsuszamlások és a talaj instabilitás (beleértve az eróziót is).
- Társadalmi hatások: a közvélemény könnyebben elfogadja a folyamatos, egyszeri kisebb, de összességében nagy kárt okozó kockázatokat (pl. balesetek), mint az egyszeri, jelentősebb, de összességében mégis kisebb károkat. Számolni kell tehát egy baleset esetén a negatív kritikával, illetve a társadalom és a politika felől eredő nyomással.

Az előzőekben a tározók fizikai állapotának romlásával, az ebből adódó balesetek, elsősorban a legnagyobb horderejű gátszakadások kialakulásának lehetőségeivel, illetve ezen események kockázatával foglalkoztunk. Emlékeztetőül, egy tározó üzemeltetésekor számítani lehet az üzemi területen belülről koncentrálódó, illetve az azon túlterjedő eseményekkel, hatásokkal mint:

- Üzemi, üzemviteli események (általában csak belső védelmet igényelnek)
  - Zagy kijuttató gépek, berendezések meghibásodása;
  - Tározó víztelenítő rendszerének meghibásodása;
  - Gátak kisebb, anyagkibocsátással nem járó, de helyreállítást igénylő sérülése;
  - Vízkezelő berendezések meghibásodása;
  - Az előzőekből következő munkabalesetek.
- Havária események (általában a hatásuk miatt külső védelmi tevékenységet is igényelnek)
  - Anyagátbukás a gátkoronán;
  - Gát megcsúszása;
  - Gát törése;
  - Kezeletlen víz kijutása a vízbefogadóba, illetve a talajvízbe (környezetszennyezés);
  - Következésképpen: súlyos munkabalesetek, tömeges sérülés, halálesetek, lakosság anyagi javai, infrastruktúra rombolódása.

A kétféle hatás kezelésére dolgozzák ki az úgynevezett belső és külső védelmi terveket, amelyeket a katasztrófavédelmi hatóságok felülvizsgálhatnak, jóváhagynak és rendszeresen megújítatnak.

A kockázatok, illetve veszélyek ismeretében dolgozzák ki a kockázatcsökkentő lépéseket, amelyek lehetnek mérnöki – technikai, polgári védelmi, illetve adminisztratív jellegűek. Ezt követően határozzák meg a tervezett lépések költséghatékonyságát és amennyiben azok megvalósíthatók, beépítésre kerülnek a tározó tulajdonosának vagy üzemeltetőjének üzleti tervébe.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Környezetünkben két súlyosabb ipari tározó, hulladéktározó baleset is bekövetkezett az elmúlt időszakban. Ezen balesetek fényében felmerült a kérdés, hogy biztonságosak-e a jelenleg is létező ipari tározók, illetve milyen lehetőségek vannak a veszélyeztetettség, kockázat felmérésére, a biztonság fokozására. Az ipari hulladéktározók üzemeltetését a legtöbb országban szigorú hatósági előírások szabályozzák, melyben az üzemeltetés feltétele egy, a kockázatokkal számoló belső, illetve az üzemterületen túlterjedő veszélyhelyzet felszámolására készített külső védelmi terv megléte. Ennek ellenére a mai napig történnek tározóbalesetek. Ezek megelőzésének módszereit, a kockázatértékelést, illetve egy hatékony monitoring, előrejelző biztonsági rendszer elemeit igyekeztünk bemutatni cikkünkben.

"A tanulmány a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg"

### *Irodalomjegyzék:*

1. Andersen, G. R. and Torrey, V. H.: **Function-based condition indexing for embankment dams. *J. Geotech. Engrg.*, ASCE, 121 (8). (1995) p. 579–588.**
2. Cimer Zsolt, Hák Viktor és Kovács Gábor: **Ipari iszaptározók biztonságtechnikája I-II, Munkavédelem és Biztonságtechnika. 3. és 4. szám. (2011) p. 20-26. és p.31-36.**
3. Elek Barbara és Kovács Gábor: **Felszíni víztározók üzemelési kockázatainak vizsgálata. MaSzeSz HÍRCSATORNA. Szeptember – októberi szám. (2012) p. 10-15.**
4. Wilhelm G. Coldewey: **Emergency planning for tailing dams. UNECE Workshop on the safety of tailing management facilities. Workshop presentations, session I. 12-14. november 2007. Jerevan.**