

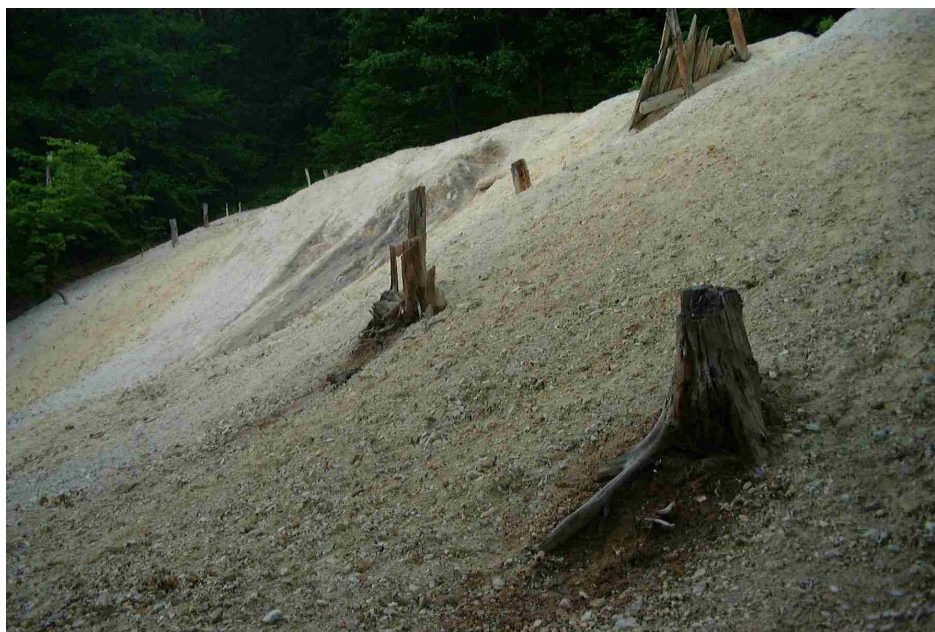
Természetes folyamatok szervesetlen szennyezőanyagokkal szennyezett területen

Gruiz Katalin

A környezetünkbe kikerült szervesetlen szennyezőanyagok sorsát és kockázatát a Toka-patak völgyében, mint alkalmas demonstrációs területen mutatjuk be (6). Ezen a területen egy felhagyott cink- és ólombánya remediálás nélkül maradt izolálatlan hulladékai (meddőkőzet, bányameddő, flotációs meddőanyag, stb.), savas bányavíz és az abból meszezéssel kicsapott és izolálatlanul tárolt toxikus fémtartalmú csapadék, és más elsődleges szennyező források (pl. illegális lerakatok) veszélyeztetik az ökoszisztémát és a területet sokféleképpen használó embert. Az elsődleges szennyező forrásokon kívül ma már jelentős a másodlagos szennyező források kockázata, így a szennyezett üledéké és talajé, valamint a fogyasztásra kerülő szennyezett növényeké és állatoké.

6.1. A szulfid-ércek aerob feltáródása és kimosódása

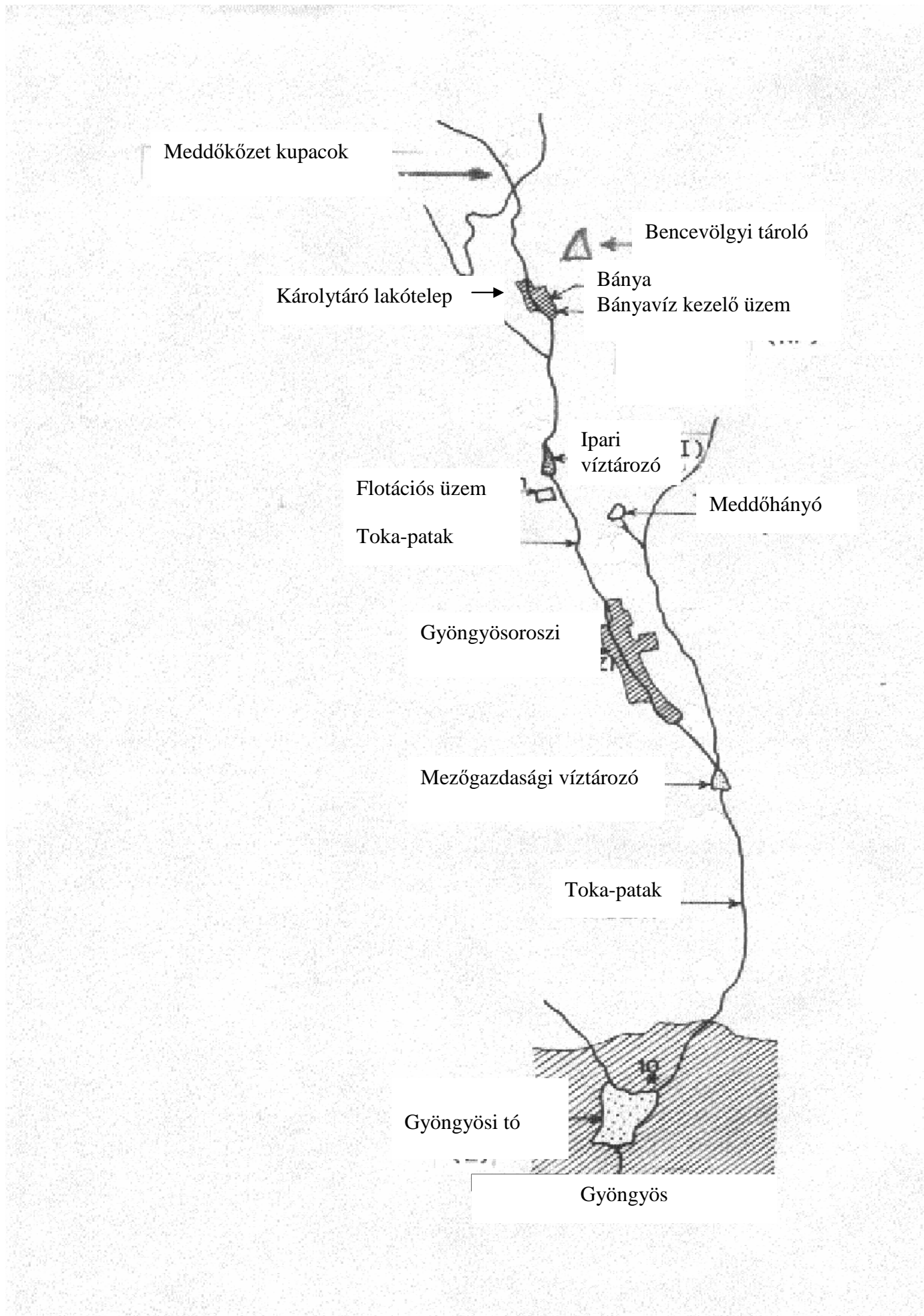
A korábbi tárók és aknák környékén meddőkőzet és bányameddő kupacok százai találhatóak a Mátra déli lejtőjén, Gyöngyösorosztól északra a Toka patak völgyében (27. ábra). A kénsavbaktériumok tevékenysége során a szulfidásványok kénje kénsavvá oxidálódik, a kénsavoldat pedig felgyorsítja a kőzet mállását és a fémek kioldását. A régebbi, kisebb kupacok teteje már teljesen kilúgzódott és talajjá mállott, rajta növényzet telepedett meg. Az újabb keletű, nagyobb kupacok kilúgzása is megindult, a felület pH-ja és fémtartalma kisebb, mint az alsó rétegeké. A kupacok körüli talaj elsavanyodott és fémekkel telített. Az egyik meddőkőzet-kupac közelében a patak vizében mért adatokat mutatja a 6. táblázat.



26. ábra: Meddőkőzet lerakat a Mátra aljában

6. táblázat: A patakvíz fémtartalma és pH értéke egy meddőkupac alatt

Zn ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Cd ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	pH
6 000 (HÉ: 200)	55 (HÉ: 10)	24 (HÉ: 5)	2,6



27. ábra: A Toka-patak völgyének térképe és a fontosabb pontjai

6.2. Szennyezett üledék

A felszíni vizek üledéke három komponensből áll: 1. aprózódott kőzet, amely részben nagy fémtartalmú, 2. flotációs meddőanyag és 3. meszes csapadék. A szennyezett üledék nagy része korábbi balesetek és technológiai problémák következményeképpen jutott a felszíni vízrendszerbe (7. - 9. táblázat), melynek fő vízforrása a mésszel semlegesített savas bányavíz. A víz mesterségesen magas pH-ja eltolja a fémek megoszlási egyensúlyát a szilárd fázishoz kötődés irányába, ezzel a toxikus fémeket az üledékben immobilizálja. Az üledék mélyebb rétegeiben negatív redoxpotenciálon a fémek irreverzibilis immobilizálódása csökkent kockázatot jelenthetne (10), ha a helyi adottságok és területhasználatok nem hatnának ellentétesen: 1. fürdés a tavakban és a pataokban, 2. öntözés a felszíni vizekből úgy, hogy az üledéket is felkeverik és kiszivattyúzzák 3. a rendszeres áradások nagy mennyiségű üledéket juttatnak a talajra.



28. ábra: Az ipari víztározó

7. táblázat: Felszíni vizek üledékének fémtartalma (11)

Toka-patak	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	As (mg/kg)	pH
A vízkezelő kifolyásánál	5 560	113	19.7	121.0	89.4	7.5
Az esővíztározó felett	1 530	78	5.6	42.1	67.4	7.0
Az esővíztározó alatt	1 880	81	5.3	39.9	65.3	7.2
Az ipari víztározó felett	1 710	138	8.3	50.4	177	7.0
Az ipari víztározó alatt	4 190	1 586	18.8	345	-	162
Határérték	250	100	1	100	15	

A tavak üledékének fémtartalma tehát pillanatnyilag immobilis, fizikailag, kémiailag és biológiailag egyaránt hozzáférhetetlen állapotban van, de jelen van. Sajnos elég nagy a kockázata annak, hogy az üledék fémtartalma felszabadul, mobilissá válik.

A fizikai mobilizáció kockázata igen nagy, évenkénti áradások és átlagban 50 évenként egy hatalmas áradás veszélyezteti a Toka-patak völgyét. A 50-évenkéntit 1996-ban tapasztalhattuk: szó szerint kő kövön nem maradt. Minden felborult és elárasztódott: a hegyekből

lezúduló hatalmas mennyiségű és nagy sebességű vízár nem válogatott a kimosott üledékekben és az átszakított gátokban. A terület korábbi felmérési adatai is használhatatlanná váltak annyira megváltoztatta az áradás a felszíni geológiai viszonyokat.

A kémiai mobilizáció kockázata is igen nagy, hiszen a Toka patak legfőbb vízforrása a savas bányavíz jelenlegi semlegesítése miatt a felszíni vízrendszer pH értéke mesterségesen 8 körüli értéket vett fel. A semlegesítés várható abbahagyása miatti pH csökkenés a jelenlegi toxikus fémmegoszlás egyensúlyának eltolódásához fog vezetni, a kicsapódás irányából a vízbe oldódás felé.

A biológiai mobilizáció is jelentős mértékű lehet, a fizikai-kémiai mobilizálódást követően, hiszen jellemző ásványok a területen a szulfidok, melyekből aerob mikrobiológiai tevékenység hatására kénsav termelődik, ahogy a savas bányavíz keletkezésekor is. Ez a mikrobiológiai folyamat a vizek üledékeiben jelenleg gátolt, mert az anoxikus vagy anaerob körülmények ezt a folyamatot lehetetlenné teszik, sőt, éppen az ellentétes mikrobiológiai folyamatot támogatják: az immobilizációt, a szulfátlégzés során történő redukción, vagyis vízoldható szulfátból oldhatatlan szulfidok keletkezését. Ennek ellenére nem lehet figyelmen kívül hagyni a redoxviszonyok esetleges megváltozását, amely azonnali mikrobiológiai mobilizációhoz vezethet.

A felszíni vizek ökoszisztémájának és a táplálékláncnak a hatását is meg kell említeni, hiszen a tározókban és a patakban élet folyik, az üledéklakók, ha kevesen is, de részét képezik a helyi ökoszisztémáknak, de a sekélyebb vizekben a nem üledéklakók is érintkeznek az üledékekkel.

8. táblázat: A tározók üledékének fémtartalma (11)

Tavak és tározók	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	As (mg/kg)	pH
Ipari	14 700	406	521	487	1 125	7.2
Ipari	18 300	233	261	167	782	7.0
Mezőgazdasági	4 230	612	20.1	152	82.3	7.1
Mezőgazdasági	3 380	631	16.8	176	94.4	7.0
Gyöngyösi	470	40.4	1.5	86.1	14.1	7.2
Határérték	250	100	1	100	15	

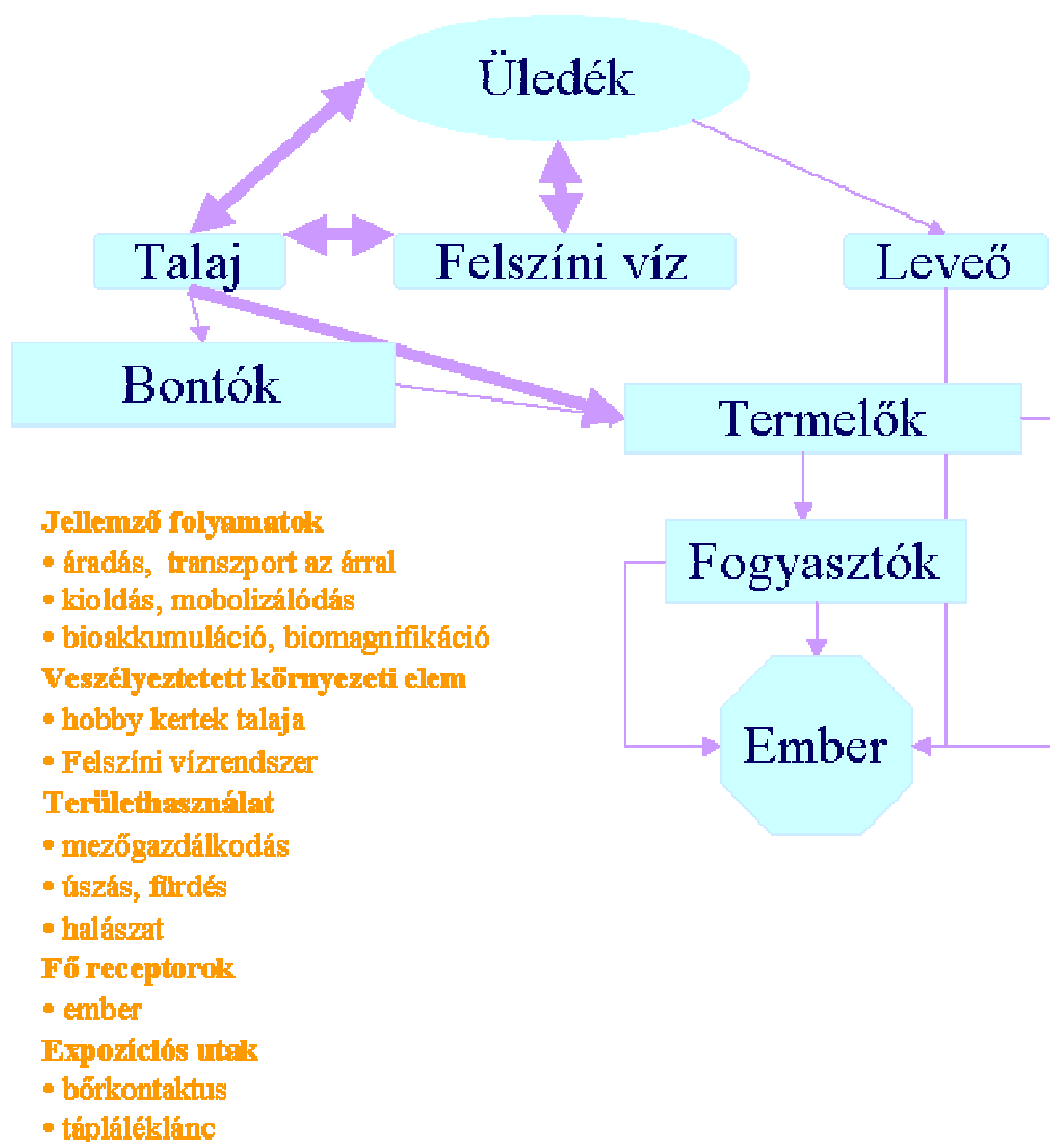
9. táblázat: Felszíni vizek fémtartalma (8)

Toka-patak	Zn (µg/kg)	Pb (µg/kg)	Cd (µg/kg)	pH
A vízkezelő kifolyásánál	110	5,2	<5	8,2
Az ipari víztározóban	500	8,1	<5	7,6
A faluban	520	16,0	<5	7,8
A faluban	460	13,6	<5	7,9
A falutól délre	110	7,3	<5	7,8
Mezőgazdasági tározó felett	90	4,4	<5	7,8
Mezőgazdasági tározóban	250	6,0	<5	8,1
Mezőgazdasági tározó alatt	250	6,0	<5	7,9
Gyöngyösi tó felett	150	4,0	<5	7,8
Gyöngyösi tóban	180	7,0	<5	7,5
Határérték	200	10	5	

A 29. ábra a területre alkalmazott integrált kockázati modellt mutatja.

Integrált kockázati modell

Az ipari víztározó üledéke



29. ábra: Az ipari víztározó integrált kockázati modellje és a kockázat jellemzői

Az üledékben felhalmozódott toxikus anyag, ez a „kémiai időzített bomba” kis akut, de hatalmas krónikus kockázatot jelent a területen.

A felszíni vizek minősége, bár helyenként túllépi a megengedett határértéket, nem jelent elfogadhatatlan kockázatot. Ha alaposabban megsejmléljük a 9. táblázat adatait, láthatjuk,

hogy a víz fémtartalma szorosan összefügg a pH értékkel. A semlegesítő üzemből a meszezési technológiából kikerülő kezelt víz pH-ja 8 fölötti érték, mely a folyásirányban haladva csökken, de a tározókban ugrásszerű csökkenés is tapasztalható. Ez azt jelenti, hogy a tározók állóvizében folyó savanyodási folyamatok kompenzálják a mesterségesen megemelt pH-t és ezzel megindítják a fémek üledékből történő visszaoldódását.

Emiatt beláthatatlan következményei lehetnek a bányavíz-meszezés megszüntetésének, mert a vízrendszer pH-jának csökkenése nagymértékű, üledékből történő fémkioldódást eredményezne. A meszezés megszüntetése azért merül fel, mert a bányavíz pH-ja évek óta növekvő trendet mutat, feltehetően megtörtént a bánya belsejében még elérhető érctelerek teljes átmosása, szulfid- és fémtartalmuk kioldása, így a beszívargó karsztvíz már nem ér el újabb szulfidérceket, melyek a benne élő *Thiobacillus*oknak kénsavképzéshez szükséges redukált szubsztrátot szolgáltatna.

Az üledék-víz közötti megoszlás kockázati profilja

A víz és üledék közötti megoszlás a fémszennyezettségből adódó kockázat egyik fázisból a másikba „helyezését” jelenti. Amennyiben a fázisváltás a vízrendszertől szeparáltan történik, és a kockázatot hordozóelem kikerül a rendszerből, az a kockázat csökkenéséhez vezet. Jelen esetben a meszezés ezt a célt szolgálja: a felszíni vízből izoláltan, a szennyvíztisztító telepen kicsapatjuk a toxikus fémeket és a felszíni vízrendszertől független helyen tároljuk. Ez 1985 óta megvalósul, azzal a szépséghibával, hogy a fémtartalmú üledék tárolása a Bencevölgyi tározóban történik, ami egy élő tó.

Ki kell térni viszont a '85 előtti helyzetre, amikor még nem működött a savas bányavizet kezelő üzem, működött viszont a bánya. A bánya működése közben az alábbi forrásokból került toxikus fémtartalmú bányászati hulladék a Toka-patakba:

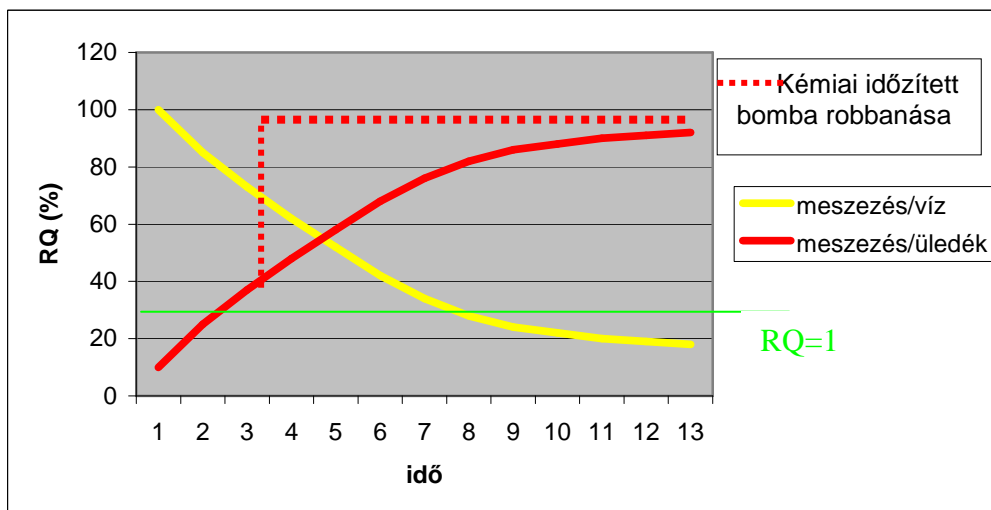
1. A savas bányavíz *in situ* meszezése, elsősorban az ipari víztározóban, az ipari víz minőségének biztosítására.
2. A Toka-patak folyásának útjába épített mészkő-gát is gondoskodott a maradék savanyúság semlegesítéséről.
3. Technológiai problémák miatt a flotációs üzemből kikerülő meddőanyag közvetlenül a patakba, illetve tározóba engedése
4. Haváriák, gátszakadások miatt a vízrendszerbe került nagymennyiségű savas bányavíz *in situ* semlegesítése miatt.

Az egykoron a felszíni vizek üledékébe került toxikus fémtartalmú anyag a mai napig is ott van, amint azt a döbbenetes üledék-analitikai adatokból láthatjuk: az ipari víztározóból származó egyik mintában 1,4 % cinket, egy másikban 521 mg/kg kadmiumot határoztunk meg.

A megoszlás, mint kockázatos folyamat kockázati profilját a 30. ábra mutatja. A víz szempontjából nézve a meszezés miatt kockázatcsökkenést érünk el (sárga diagram), az üledék szempontjából viszont a teljes fémtartalomból adódó 100 %-hoz közelítő kockázati érték elérésére is van esély. Természetesen, a pirossal jelölt kockázati profil úgynevezett látens kockázatot takar, nem azonos jellegű a sárgával, de hosszú távon gondolkozva ez jelentős kockázat.

Gyöngyösoroszi esetében a 30. ábrán bemutatott piros kockázati profil 100 –os értéke abszolút értékben akár RQ=1000 értéket is elérhet, például egy nagy áradás utáni állapotot feltételezve.

Hosszútávon, sajnos az ipari tározó üledékének fémtartalmából adódó kockázat alig különbözik a meszes csapadékot tartalmazó Bencevölgyi tározó kockázatától, a nagy különbség az, hogy a Bencevölgyinek nincs kapcsolata a Toka-patak vízrendszerével és a terület- és vízhasználat is „csupán” természetes, a tavat elsősorban az ökoszisztéma használja és néhány horgász (!).



30.ábra: A megoszlásból adódó kockázati profilok

Az üledékre vonatkozó krónikus kockázat piros diagramja lassú növekedést mutat, ez a lassú növekedés az üledékből való kioldódásnak, a lassú pH csökkenésnek, az áradáskor a talajra kerülő szennyezett szilárd anyag mállásának tulajdonítható.

De, lévén, hogy kémiai időzített bombáról van szó, váratlan események miatt (áradás, földrengés, gátszakadás, földcsuszamlás, bányavíz meszezésének leállítás, stb.), a lassú növekedést felgyorsíthatja, vagy ugrásszerűen megnövelheti, ezt mutatja a szaggatott piros kockázati profil.