

A technológia értékelése, költség-haszon felmérés

A technológia értékelése	2
SWOT-analízis	2
A bioremediáció erősségei	3
A bioremediáció gyenge pontjai	5
A bioremediáció új lehetőségei	5
A bioremediációs technológiákkal kapcsolatos fenyegetések.....	5
Szennyezett talaj remediációjának gazdasági értékelése.....	6
A gazdasági értékelés a technológia-választási döntési mechanizmus része.....	6
Kockázatsökkentés módjai	8
Célértékek.....	8
Területhasználat	8
Költségek.....	8
Hasznok.....	9
Költségek befolyásolása	10
A környezeti kockázat csökkenése, mint haszon	11
A haszon kockázatsökkenésként, illetve a kockázatsökkenés haszonként értelmezése	12
A környezeti kockázat csökkentéséből adódó haszon kvalitatív értékelési módszere.....	13
Relatív kockázatfelmérési módszer költség-haszon és költség-hatékonyság felméréshez ..	14
A haszon pontszámának számítása	20
Kvantitatív haszonbecslés	20
Természetes folyamatokon alapuló talajremediáció összehasonlító költség-haszon felmérése	21
1. Kutricamajor esettanulmányánál alkalmazott költségbecslés ismertetése.....	21
1.1. Kockázatsökkentési alternatívák	21
1.2. Kaba, Kutricamajor: a költségszámításhoz felhasznált paraméterek	22
1.3. Becsült kezelési, illetve technológiaalkalmazási időtartamok:	22
2. Valódi költségek és extrapoláció rövidebb kezelési időre és nagyobb talajtérfogatra.	23
3. Becsült hasznok:.....	25

A technológia értékelése

A talajremediációra ajánlott kéméletes, biológiai módszereket több szempontból is jellemezhetjük és hasonlíthatjuk fizikai-kémiai kezelési módszereken alapuló technológiákhoz. Az ökológiai-ökonómiai szemlélet optimális egyensúlyt keres a befektetések és hasznok mérlegét tekintve: ez azt jelenti, hogy a technológia alkalmazása előtti és utáni állapot részletes felmérésére és jellemzésére van szükség, ehhez adódik a technológia, illetve a technológiai alternatívák jellemzése költségek és hasznok szempontjából.

A költség-haszon felmérés eredményét elsősorban az befolyásolja, hogy milyen paramétereket veszünk figyelembe. Manapság attól állja meg a helyét a legtöbb technológia (nem csak környezetvédelmi/talajremediációs technológiákra igaz ez), hogy a költségek között nem veszik figyelembe a környezetre, az ökoszisztémára, az emberre gyakorolt káros hatásokból eredő károkat és a használt anyagok teljes életciklusát, alig foglalkoznak a hosszútávú hatásokkal. Magyarul a környezet kontójára lesz nyereséges a tevékenység.

A technológiaválasztás szempontjából is fennáll ugyanez a probléma, helyesebben talán az ellenkezője: a környezetet kevésbé terhelő, veszélyeztető technológia értékelésénél ez nem figyelembe veendő tétel, nem járul hozzá a pozitív megítéléshez, főleg azért, mert ez a „haszon”, vagyis ennek a kárnak az elmaradása nehezen számszerűsíthető, nem fejezhető ki pénzben.

Ahhoz, hogy a technológiaválasztás és értékelés megfelelő legyen megfelelő információk kellene a technológiáról és a kezelendő területről (hidrogeológia, ökoszisztéma, emberi használat) és, ami ma még hiányzik, megfelelő számítási metodika kellene a kockázatsökkenésből eredő hasznok mennyiségi meghatározásához.

A technológia értékelésében szerepet kaphat a SWOT analízis, a költség-hatékonyság felmérés és a költség-haszon felmérés. A költség-hatékonyság és költség-haszon felmérés alapjait korábbi tanulmányainkban már megadtuk (3. és 4. beszámoló), most a SWOT analízis és a költség-hatékonyság felméréshez csatolható eljárás-javaslat szerepel, mely a remediáció során bekövetkező kockázatsökkenés mértékét figyelembe veszi a hasznok között. Mivel ebben egyes technológiák eltérnek egymástól, a technológiák összehasonlításában és kiválasztásában hasznunkra válhat.

SWOT-analízis

A talaj kezelésére alkalmazott, kéméletes biotechnológiákat SWOT analízisnek is alávetjük. A SWOT analízis a jellemzők angol rövidítéséből álló betűszó:

S = Strengths = erősségek

W = Weaknesses = gyenge pontok

O = Opportunities = lehetőségek

T = Threats = kockázatok, fenyegetések.

Az általunk preferált ökológiailag elfogadható biotechnológiák SWOT analízise két lépcsős: egy általános jellemzés után az általunk konkrétan alkalmazott három technológiára vonatkozó (MNA: Monitorozott Természetes Szennyezőanyagcsökkenés: Nádudvar; ENA: Intenzifikált Természetes Szennyezőanyagcsökkenés: Kaba, Kutricamajor és Integrált Fitoremediáció (IFR): Gyöngyösoroszi, Toka patak völgye és Soroksár, ipari terület), vagyis technológia-specifikus

A bioremediáció erősségei

- Környezetbarát biotechnológia, kevésbé bolygatja meg az ökoszisztémát.
- Kihhasználja az ökoszisztéma adottságait, figyelembe veszi a természetes evolúciós folyamatokat és trendeket.
- Tervezhető: *ex situ*: más reaktoros biotechnológiákhoz hasonlóan, *in situ*: a környezet egy részének reaktorként kezelésével.
- A talajmikroflóra adaptív képessége, flexibilitása hasznosítható.
- Növény-mikroorganizmus együttműködés hasznosítható.
- Előkísérletek során eldönthető a technológia alkalmazhatósága.
- Tervezhető a beavatkozás fajtája és mértéke és ez a kivitelezés során is változtatható.
- Kis energia- és költségigényű.
- Egy felkínálható technológiai alternatíva.
- Szennyezőanyagok széles skálájára alkalmazható.
- Környezeti elemek mindegyikére alkalmazható.
- Szennyezőanyag mobilizációjára és immobilizációjára egyaránt alkalmazható.
- Telített és telítetlen talajban is alkalmazható.
- Különbféle talajtípusokra alkalmazható.
- Biológiailag átalakítható hulladékokra is alkalmazható.
- *In situ* és *ex situ* egyaránt alkalmazható.
- Terület-specifikussá tehető.
- Megfelelő módszerekkel monitorozható és szabályozható.
- A beavatkozás mértéke tetszés szerint növelhető.
- Adalékok igény szerint alkalmazhatóak.
- A biológiai folyamatok gyorsíthatóak és intenzifikálhatóak, ennek módzatait alfejezetben tovább részletezzük.
- A technológiákban felhasznált mikroorganizmusok és növények a természetes ökoszisztéma elemei, melyek szelekcióval, a megfelelő összetétel megválasztásával és/vagy célzott módosításokkal jobbíthatóak.
- Az általunk alkalmazott adalékok az alkalmazott technológiai paraméterek mellett a környezetre nem kockázatosak.
- Az önállóan (spontán) nem megfelelő sebességgel biodegradálódó szennyezőanyagokkal szennyezett talajok remediálásának sebessége az ENA segítségével 200–300 %-os növekedést érhet el, elsősorban a biodegradáció kezdeti szakaszában jellemző kis sebesség és az oxigénellátás korlátozottságának megszüntetése révén.
- ENA csökkenti a kezelés időigényét, tehát előrehozható az elfogadható kockázatú állapot elérése. A szennyezőanyag típusától függően az időigény 40–70 %-kal csökken.
- Az ENA a célként szereplő szennyezőanyag bontásán kívül más jelenlévő szennyezőanyagok, vagy váratlanul a kezelt térfogatba érkező szennyezőanyagok bontására is alkalmassá teszi, általánosan aktiválja a talaj mikroflóráját, amolyan „tisztítókurát” jelent a talaj számára.
- Az arbuskuláris mikorrhiza gombáknak (AM) a szimbiózisa, mint kölcsönös előnyökön alapuló együttélési forma nagyobb fémtoleranciát biztosít a növénypartner számára, mikorrhiza gomba jelenlétében a gazdanövények fémfelvétele csökken.
- AM gombatorzsekből előállított oltóanyagok szabadföldi alkalmazása mind fitostabilizációs, mind pedig fitoextrakciós módszerek hatékonyságát növeli.
- A kezelési idő csökkenése csökkenti a kezelés összköltségét. Ez a csökkenés meghaladhatja az alkalmazott energia és adalékok költségét.

- A kezelési idő csökkenése korábbi hasznosítást tesz lehetővé, ezzel időarányosan nő a terület használatából, jövőbeli hasznosításából adódó haszon.
- Az *in situ* technológiaalkalmazás gyakran megengedi a felszín használatát, hasznosítását a remediáció ideje alatt. Ez a haszon-oldalt növelő tétel.
- A szóban forgó technológiák szociálisan elfogadhatóak, mert végleges megoldást jelentenek a terület egésze szempontjából, nem csak egyik fázisból egy másik fázisba átkerülést, nem teszik tönkre a talaj élővilágát és nem igényelnek nagy energiafelhasználást.

Erősségek technológiai oldalról: gyorsítási, intenzifikálása lehetőségek:

- Technológiai paraméterek optimumon működtetése megoldható.
- Levegőztetés a három fázisú talajban szellőztetés formájában alkalmazható.
- Optimális nedvességtartalom öntözéssel vagy injektálással biztosítható.
- Tápanyagpótlás a talajvíz vagy csurgalékvíz monitoringja alapján megoldható.
- A talaj hőmérséklete könnyen mérhető és szabályozható: forgatással, ventillációval, hőinjektálással.
- Olcsó kémiai stabilizálószer alkalmazhatóak, pl. egyes hulladékok.
- Kémiai mobilizáló szerek alkalmazhatóak.
- Ciklodextrinek alkalmazása szerves szennyezőanyaggal szennyezett talajoknál újszerű, hatékony.
- A kiválasztott ciklodextrinek biodegradálhatóságának mértéke ideális (bomlási félidő: 1,5 év), nagyságrendben azonos a technológia-alkalmazás időtartamával, tehát az alkalmazás során hat, annak végeztével eltűnik.
- A ciklodextrinek növelik az apoláros szennyezőanyagok biológiai hozzáférhetőségét, alkalmazásukkal a nagyon lassan bomló szennyezőanyagok, mint pl. a poliklórozott bifenilek biodegradálhatósága számottevően meggyorsítható, veszélyes toxikus anyagok hatása a mikrokapszulálás és a megoszlási egyensúlyok eltolása miatt csökkenthető. A ciklodextrin tehát olyan veszélyes anyagok biodegradációját is lehetővé teszi, melyek csak igen drága, energiaigényes technológiákkal oldható meg.
- A mobilizálószer alkalmazása költséghatékonyá tehető.
- Talaj saját mikroflóra és annak adaptációja tesztelhető.
- Növények remediációra alkalmassága és hatékonysága javítható.
- Mikroorganizmusok és növények együttműködése hasznosítható, pl. irányított mikorrhizáció.
- Az AM-gombák jelenléte a növények számára jobb talajkihasználást tesz lehetővé mind a tápanyag-, mind a vízfelvétel szempontjából.
- A fitoremediációs eljárás során használt gazdanövények ellenálló képessége nő.
- A terület fenntartás során szükséges műtrágya és növényvédő szerek használata mérsékelhető.
- A rizoszféra mikroflórája manipulálható mennyiségileg és minőségileg. Az AM-gombákkal együttélő növények gyökérkörnyezetében élő mikroba közösség összetétele módosul. A növény növekedést elősegítő egyéb mikroorganizmusok (nitrogénkötő baktériumok, foszformobilizáló baktériumok stb.) száma nő.
- Az AM-gomba hifák behálózják a talajt, hifáik és azok felszínén kiválasztott glomalin növeli a talaj mikro- és makro aggregátumainak a számát, amely fokozza a talaj vízmegtartó képességét és terhelt talajok esetében csökkenti a kiporzás okozta kockázatot.
- Az AM-gomba oltóanyagok könnyen beszerezhető és olcsó összetevőkből állnak.
- Az oltóanyagok alkalmazása a szántott talaj felső 20-30 cm-t érinti.

- Szimbiózis, asszociáció, mesterséges kialakítása lehetséges.
- A mezőgazdaságban és növénynevelésben szerzett tapasztalatok hasznosíthatóak.

A bioremediáció gyenge pontjai

- Tudáshiány: a jelenlegi tudásszintünk alacsony, fejlesztésre szorul.
- A bioremediációs eljárások ismertsége korlátozott.
- Kevés jó referencia létezik Magyarországon.
- A talajban működő közösség megismerésének korlátai vannak.
- A talaj bonyolult rendszerének és a kölcsönhatások megismerésének korlátai vannak.
- Heterogenitás a talajban: a szilárd fázis heterogenitása nagyfokú, a vízfázis sem teljesen homogén, még állandó cirkuláció esetén sem (felúszó, leülepedő folyadékok, lencsék, stb.). Az állandóan cirkuláltatott talajlevegő sem tekinthető mindig reprezentatívnak és homogénnek, hiszen a levegő áramlási viszonyaira is nagymértékben hat a szilárd fázis heterogenitása. Ezek a heterogenitások elsősorban az *in situ* technológiák alkalmazásánál jelentenek gondot.
- *In situ* csak a talajvíz és levegő mintázható, a talaj még a lehető legjobb mintázási eljárás mellett sem ad hű képet a talaj egészéről.
- Egyes adalékok magas ára, pl. ciklodextrinek és pernye, rontja költség-haszon mérleget.
- Hasznos és használható hulladékok engedélyeztetése problémát jelenthet, Magyarországon nem szabályozott. Az adalékanyagok felhasználását kockázatelemzés alapján kellene megítélni és engedélyezni.
- Az AM-gombatorzsek oltóanyagok előállítás, szelektálása, felszaporítása, minőség ellenőrzése, a gombakultúrák fenntartása, tisztaságának és fertőzőképességének kontrollja költséges és időigényes folyamat.

A bioremediáció új lehetőségei

- Az elfekvő, használatból kizárt szennyezett területek újrahasznosításában nagy szerepe lehet.
- A bioremediáció hatékonyságának növelésével versenyképes technológiává fog válni a hagyományos fizikai-kémiai talajkezelések és a „talajcsere” mellett.
- A kockázatmenedzsment modernizálásával, a jövőbeni használatokból eredő hasznok figyelembevételével versenyképes alternatívává válik.
- A költség-haszon felmérés finomodásával, a kockázatcsökkenés, mint haszon figyelembe vételével a bioremediációs technológiák jobb minősítést kaphatnak, mint a fizikai-kémiai technológiák vagy a talajcsere.
- A talajremediációban történt sikeres alkalmazás kitágíthatja az alkalmazási területet a felszíni vizek és üledékek, valamint a hulladékok kezelése területére is.
- A bioremediációs technológiák fejlődésével, a technológia alkalmazás költsége is csökken, egyes adalékok ára szintén csökkenő tendenciát mutat (pl. ciklodextrin).
- Megbízható adatbázis és képzett vállalkozók a bioremediáció nagymértékű elterjedését teszik majd lehetővé: az USA-ban van is már ilyen adatbázis (VISITT), Európában most készül: EURODEMO).
- A környezetvédelmi technológiák között a fenntartható fejlődés letéteményese.

A bioremediációs technológiákkal kapcsolatos fenyegetések

- Gyakori vélemény, hogy azok az *in situ* technológiák, amelyek a szennyezőanyag mobilizálásán alapulnak, veszélyeztetik a környezetet. Az „erősségek” fejezetben szerepel, hogy az *in situ* technológiák kibocsátása jól kontrollálható.

- Valós fenyegetés az, hogy a biológiai folyamatokra alapuló technológia nagyon elhúzódhat az időben: nem az előre tervezett sebességgel zajlik, hanem a bontás végéhez közeledvén lelassul. Ez általában összetett szennyezőanyagok esetén fordul elő. Ennek oka, hogy a többlépcsős biológiai folyamat egyes lépcsőjéhez más-más sebesség és eltérő optimális körülmények tartoznak.
- Valós fenyegetés, hogy a toxikus szennyezőanyag nem tűnik el teljesen a rendszerből, maradék kockázat hosszú időn keresztül fennállhat. Ez tulajdonképpen az elhúzódó bontással azonos problémakör. Ilyenkor utókezelésre szükség lehet. *In situ* technológia-alkalmazásnál lehet jelentős probléma.
- Előfordul az is, hogy a szennyezőanyag egyes komponenseiből toxikus melléktermékek vagy végtermékek keletkeznek, melyek kockázatosabbak, mint a kiindulási szennyezőanyag. A biodegradáció mechanizmusának ismeretében ezek e problémák elkerülhetőek.
- A költség-haszon felmérésben nem állják meg a helyüket, mert a mérleg felvételénél nem veszik figyelembe a pénzben ki nem fejezhető károkat és hasznokat. A költség-haszon felmérés metodikájának fejlődése ezt a problémát ki fogja küszöbölni.

A bioremediációra elvégzett SWOT analízis egyes elemeire még kitérünk a konkrét technológiák értékelésekor (ld. 12/5 fejezet)

Zárszóként hangsúlyozzuk, hogy, mint minden technológia, a bioremediáció sem mindenható. Nem minden esetben az a lehető legjobb technológia. Egy másik fontos megállapítás – amit a technológiákról szóló tanulmányban is hangsúlyoztunk –, hogy egyetlen technológia ritkán ad megoldást, hiszen a talaj háromfázisú rendszer, melynek fázisai nem mindig kezelhetőek együtt, a szennyezőanyag sem egyetlen komponensű, tehát emiatt is eltérő technológiák párhuzamos alkalmazása lehet indokolt. A remediációban szerepet játszó közösségek összetétele állandóan változik a remediáció során, emiatt mindig az éppen aktuális és főszerepet játszó közösségnek kell az optimális feltételeket biztosítanunk. Ehhez folyamatos technológia-monitoring és a biológiai rendszer ismerete szükséges.

Szennyezett talaj remediációjának gazdasági értékelése

A költség-haszon felmérés olyan kvantitatív döntéstámogató rendszer, amely pénzértékben fejezi ki a döntési változatok költségeit illetve hasznait. A jövőbeni területhasználat és ezzel összefüggésben a célállapot különbözhet az egyes döntési alternatíváknál, lehetővé teszi például a területfejlesztés tervezése során egy nagyobb hasznot hozó jövőbeni területhasználat választását egy költségesebb kockázatsökkentési megoldás mellé. Mind a hasznokat, mind a költségeket forintosítjuk, így hasonlítjuk össze a két oldalt.

A költség-hatékonyság felmérést azonos célértékhez és jövőbeni használathoz tartozó megoldási alternatívák egymáshoz viszonyított értékelésére használják, általában olyankor, ha nincs elég adat a komplett költség-haszon felméréshez. Az összehasonlíthatóságot fajlagos költségek képzésével biztosítják és ugyanahhoz a célértékhez vezető legkisebb költségű alternatívát választják.

A kockázatsökkentési megoldás kiválasztása tehát minden esetben megoldási alternatívák technológiai és gazdasági összehasonlítását jelenti.

A gazdasági értékelés a technológia-választási döntési mechanizmus része

Szennyezett területek menedzsmentjében az egyik alternatíva, az ún. "0" alternatíva, vagyis az az eset, amikor nem történik intézkedés, nem változtatunk a szennyezett területen (vagy egyéb

problémával, pl. szennyezőanyag kibocsátással kapcsolatban) semmit, marad minden, ahogy volt. Természetesen ez ritkán jelent végleges megoldást, ráadásul az állapotfelmérésnek, a kockázatfelmérésnek és szükség esetén a megfigyelő rendszer beépítésének meg kell történnie, mely szintén tetemes költséget jelenthet.

A felmérés és monitoring során csökkenhet, maradhat változatlanul, de nőhet is a terület eredeti környezeti kockázata. Ha a kockázat spontán csökkenő tendenciát mutat, a "0" megoldás egy reális alternatívává válik, attól függően, hogy mennyi idő áll rendelkezésre a terület jövőbeni hasznosításáig.

Tehát a "0" változat is költségekkel jár, mert fel kell mérni az állapotot, a kockázat mértékét, annak változásait. Ehhez azonosítani kell a területet szennyező vegyi anyagokat, megismerni azok sorsát és viselkedését a talajban, modellezni terjedésüket. Meg kell ismerni az expozíciós körülményeket, a területhasználatokat és a területet használó ökoszisztéma-tagok és emberi populáció jellemzőit.

A gyakorlatban leggyakoribb kérdés, hogy több intézkedési, illetve műszaki beavatkozási alternatíva közül hogyan válasszuk ki a legmegfelelőbbet. Ennek a kérdésnek a megválaszolásában a műszaki megoldások értékelése mellett nagy hangsúlyt kap a gazdasági értékelés a költség–haszon vagy a költség–hatékonyság felmérés. Az intézkedési és/vagy a műszaki megoldási alternatívák számbavétele célszerűen több lépésben történik.

A döntési procedúra során első lépésben a célértékek ismeretében lehetőleg gazdasági és műszaki jellegű prekonceptciók és korlátozások nélkül kerüljenek felsorolásra a szóba jövő műszaki lehetőségek. Az első szűkítési lépés a műszaki-technológiai igények és lehetőségek ismeretében történjék meg, hogy előálljon egy rangsor, melyben első helyen szerepel az elérhető legjobb technológia, de mögötte sorakoznak a még választható alternatívák.

További lépésekben a szűkítés az alábbi szempontok szerint történjék:

- A jövőbeni területhasználati alternatívák a hozzájuk tartozó célértékek szerint.
- A műszaki megoldás vagy korlátozó intézkedés, esetleg a kettő kombinációja képes-e biztosítani a választott célértékeket?
- A műszaki megoldás elérhető-e Magyarországon, importálható-e, adaptálható-e, engedélyeztethető-e?
- Van-e elegendő tapasztalat és referencia a műszaki megoldás alkalmazásához?
- Végleges megoldást jelent-e vagy csak átmenetit?
- A beavatkozás típusa, időigénye, utógondozás szükségessége
- Amennyiben csak átmeneti a megoldás, mennyi időre nyújt biztonságot?
- Költségek számbavétele és számszerűsítése: beruházási és fenntartási költségek az elővizsgálatok során, a beavatkozás alatt és után.
- Hasznok számbavétele és számszerűsítése: ehhez szükséges ismerni a kiindulási állapot és végállapot közötti különbséget mind környezeti, vagyis ökológiai + humán egészségkockázatban, mind pedig a terület értékében kifejezve.
- Költség-haszon arány vagy más mutató képzése, a megoldások rangsorolása
- Költség-hatékonyság felmérés, hatékonysági mutatók, fajlagos költségek számítása, a megoldások rangsorolása, ha nem lehet teljes költség-haszon felmérést készíteni.
- A megfelelő alternatíva kiválasztása költség-haszon, illetve költség-hatékonyság alapján
- Érzékenységi vizsgálat

A gazdasági felmérés és értékelés során leggyakrabban használatos mutatók és jellemzők a költség–haszon és a költség–hatékonyság.

Kockázatsökkentés módjai

A kockázatsökkentési módszer kiválasztásakor listázni kell a szóbajövő intézkedési és műszaki beavatkozási változatok, beleértve a "0" változatot is. Ha például a célkockázati érték $RQ=1$, és a jelenlegi $RQ=2$, akkor vagy az előrejelezhető környezeti koncentrációt (PEC) kell a felére csökkenteni, vagy az előrejelezhetően károsan még nem ható koncentrációt, a PNEC-et kell a kétszeresére emelni. A PEC felére csökkentése a szennyezőanyag koncentrációjának felére csökkentésével érhető el egy sor műszaki megoldás alkalmazásával, pl. biodegradálható szennyezőanyaggal szennyezett talaj bioremediációjával vagy termikus deszorpciós kezelésével vagy talajmosással, esetleg oldószeres extrakcióval, stb. A területhasználatban, intézkedéssel elért változtatással a PNEC érték növelését érhetjük el, vagyis a legérzékenyebb területhasználatok kizárásának eredményeképpen a károsan még nem ható koncentráció nagyobb értéket fog jelenteni.

Célértékek

A célértékeknek az elfogadható kockázatot kell tükrözniük. Ha $RQ=1$ a célkockázati érték és a területhasználat rögzített (pl városi használat, sportpálya, kiskert, stb., vagyis a használók köre és az expozíciós útvonalak nem változtathatóak, adottak), akkor csak a PEC érték csökkentésével tudjuk a kockázatot csökkenteni. Ilyen feltételekkel a célkockázat egy célkoncentráció formájában adható meg. A célkoncentráció tehát az elfogadható kockázati értékhez, vagyis $RQ \leq 1$ értékhez tartozó környezeti koncentráció értéket jelenti, egy adott területhasználatot feltételezve. Például vízbázis vagy potenciális vízbázis esetén a felszín alatti vizet ivóvíznek tekintjük, ezért olyan célértéket tűzünk ki, amely az $ADD/TDI \leq 1$ értéknek elegendő tesz. (ADD átlagos napi dózis, TDI tolerálható napi bevitel) A TDI adott (toxikológiai módszerekkel meghatározott érték), tehát a vízre vonatkozó PEC maximális megengedhető értéke az $ADD=TDI$ azonosságból határozható meg a vízfogyasztási szokások ismeretében.

Területhasználat

A területhasználat kulcsfontosságú, hiszen az szabja meg a használat módjából adódó expozíciós útvonalakat és a használók körét. A területhasználatok közül a legérzékenyebb a mérvadó. A területhasználat tehát meghatározza a célértéket, de a hasznok és a hatékonyság kiszámításánál is fontos tényező, hiszen a jövőbeni területhasználatától függ a terület értéke, az ott folyó tevékenységből adódó haszon és hatékonyság. Ugyanakkor meg kellene értenünk, hogy a kevésbé érzékeny területhasználatok csak lokálisan érvényesek, az ökoszisztéma általi területhasználat és a vízbázis, illetve potenciális vízbázisként való használat (ezek a legérzékenyebb területhasználatok) sosem zárható ki teljesen (csak a törvény képes határvonalakat húzni, a természet nem), tehát hosszútávon mindig van valamekkora kockázat, ha nem a legszigorúbb követelménynek (multifunkcionalitás) tettünk eleget.

Költségek

A költségbecslés a költségek számbavételét és számszerűsítését vagyis pénzbeli értékben való kifejezését jelenti.

A műszaki beavatkozások költsége két fő költségtypust tartalmaz: beruházást és működtetést.

1. A berendezés létrehozásának, telepítésének vagy bérlésének árából.
2. Az alkalmazandó technológia paraméterei és a rendelkezésre álló idő egyértelműen megszabják a technológia működtetési költségeit.
3. Az alkalmazandó technológia saját kockázatának csökkentése is költségtényező.

4. A költségek tetemes részét képezheti a technológiamonitring és az utómonitoring.

A működtetés évente megjelenő költség, mely adminisztratív költségeket is magába foglalhat. A beruházási költségeket is meg lehet adni évre, az alábbi képlet segítségével:

Éves beruházási költség = beruházási költség * tőke megtérülési arány, ahol

Tőke megtérülési arány = $r / \{1 - (1+r)^{-n}\}$, ahol r = reál értékben mért diszkontláb, n = beruházás élettartama. A felvett kölcsön kamata is költségként számolandó el.

A pénzügyi költségeken kívül a társadalmi költségeket is figyelembe kell venni, ugyanez vonatkozik a hasznokra is.

A pénzügyi költségek becslése árajánlatok vagy más hasonló beruházások költségei alapján becsülhetőek. A jövőbeni költségeket is figyelembe kell venni (megelőzés, utókezelés, monitoring, stb.).

Hasznok

A hasznok egyik része forintosítható, a másik része nem rendelkezik piaci értékkel. Például egy terület kockázatának csökkenése nehezen forintosítható, az ehhez szükséges tudományos alapokat még meg kell teremteni.

A terület értékváltozása kiszámítható a területen található lakóingatlanok megnövekedett értékéből, a terület megnövekedett értékéből és a jövőbeni területhasználatból adódó értékkülönbségből, illetve haszonból.

1. A szennyezettség megszüntetéséből adódó értéknövekedés.
2. A remediáció során megengedett területhasználat.
3. A remediáció utáni értékesebb területhasználat.
4. A szennyezőanyag hasznosítása.

A fizikai hatások piaci értékelése az egyik ismert haszonbecslési eljárás. Ilyenkor számszerűsítjük az emberi egészségben elkerült károkat (elmaradt megbetegedések és halálozások), az élővilág eszmei értékellenek változását és a terület értékellenek változását, amely magába foglalja a jövőbeni értékesebb területhasználatokból következő hasznot is.

Az elmaradt megbetegedések és halálozások haszna az ápolási költségek, kiesett munkabérek és biztosítási díjak elmaradása. A számításhoz szükséges ismernünk a különböző kockázati szinteket és az ezekhez tartozó megbetegedési és halálozási arányokat. Az elmaradt költségek becslése az országra vagy a szóban forgó régióra jellemző átlagköltségek alapján történik (kiesett munkabér, TB által megszabott ápolási költség, stb.), aminek alapján az ember értéke nagymértékben alábecsült, tehát az ilyen módon történő számítás nem mindig reális. Ha hollandiai vagy osztrák normákkal végeznénk a számítást, sokkal többet nyomna a latba ez a tétel.

Az ökoszisztéma értékellenek változása még asz embernél is nehezebben forintosítható, hiszen beláthatatlan következményekkel jár minden egyensúlyvesztés az ökoszisztémában, amint ezt a globálisan jelentkező környezeti problémák mutatják. Praktikus megoldás lehet a területen élő egyedek száma és eszmei értéke alapján történő számítás, de mint tudjuk, pl. az esőerdők fáinak kivágása nem értékelhető csupán a kivágott fák értéke alapján, hiszen kivágásuk az egész földi ökoszisztémát károsan befolyásolta. Az ökológiai hasznok, illetve elmaradt károk értékelésére még meg kell találni a megfelelő metodikát.

Valamennyi költségnövelő és költségcsökkentő tényező befolyásolható és optimálható. Az eszközök a környezetmenedzsment eszközeivel azonosak, vagyis kvantitatív felméréseken

(kockázat, költség-haszon) alapuló döntéseket követő intézkedések, korlátozások, technológiák alkalmazása, területhasználatok és tulajdonviszonyok megváltoztatása.

Költségek befolyásolása

A költségek a beavatkozások fokozataitól függenek, minél nagyobb mértékű a beavatkozás a spontán kialakult szennyezőanyag-csökkenés természetes menetébe, annál költségesebb az eljárás. A költségesebb beavatkozások ugyanakkor csökkentik a technológia-alkalmazás időigényét. A fokozatok megfelelő megválasztásával és szükség esetén megváltoztatásával befolyásolhatjuk a technológia költség- és időigényét.

A célérték is jelentősen befolyásolja a költségeket, de egyben a jövőbeni területhasználatot is: kisebb célérték nagyobb költséget, hosszabb időt, stb. igényel, de értékesebb terület-használatot tesz lehetővé. Ennél a döntésnél a mérleg nyelvét a jövőbeni területhasználat fogja elbillenteni. Ha értékes területhasználat van kilátásban nagyobb költséget is elbír a terület, és fő cél lehet, hogy minél előbb sor kerüljön az értékes(ebb) területhasználatra.

Ezt a gondolatot meg is lehet fordítani, és sokszor meg is kell: ha sokba kerül egy terület remediációja tervezzünk rá értékes használatot, hogy legyen haszon, amire megelőlegezhetőek a költségek. Ezt a területfejlesztést tervezőknek kell a kockázatmenedzsmenttel közösen meghatározniuk.

A technológia saját kibocsátásának mérése (monitoringrendszer) és kockázatának követése minden remediációhoz kötelezően kapcsolandó tevékenység, még a természetes remediációs, öngyógyító folyamatokra alapozó technológiáknál is (monitorozott természetes szennyezőanyag-csökkenés: MNA).

A technológiamonitoring jelentős költséget tehet ki abszolút értékben is, de a remediációs technológiához viszonyítva annál nagyobbat, minél olcsóbb technológiát alkalmazunk, tehát relatíve a MNA-nál lehet a legnagyobb. *In situ* bioremediációnál az utómonitoringgal azonos elrendezésű monitoringrendszer felállítása nem jelent többletkiadást csak a működtetését kell számításba venni.

A költségeket csökkentő vagy hasznot hozó gazdasági tényezőkre koncentrálni ki kell emelni a remediáció során történő területhasználatot, amely valószínűleg nem teljes értékű vagy nem a végleges területhasználat, hanem egy átmeneti, kisebb igényű területhasználat, mégis jelentős hasznot eredményezhet.

A kataszterbe bejegyzett szennyezetttség direkt értékcsökkentő tényező, mely bejegyzés a terület remediálása után megszűnik, a terület visszanyeri eredeti területhasználatához tartozó értékét. Amennyiben a területhasználat megváltozik, az érték az új használat szerinti értéken lesz nyilvántartva és jelenik meg a piacon. Ennek természetesen feltétele, hogy a terület az új területhasználatához illeszkedő remediációs célértéket érje el a kezelés után.

A hasznok oldalát növelheti a remediáció során keletkező termék hasznosítása is. Ez lehet a kinyert vagy átalakított szennyezőanyag, pl. leföldrött és tisztított olaj, vagy a kezelt talajból esetleg annak valamely részéből előállított termék, pl. homok, vagy más építőanyag, steril talaj, stb.

A természetes kockázatsökkentő folyamatok általában ökonómiai haszon szempontból is megállják a helyüket, bár a számszerű értékelés függ a figyelembe vett időtartamtól és a számításba vett hasznoktól. Itt könnyen ellentmondásba keveredhet az ember és az ökoszisztéma.

Ha rövidtávon gondolkozunk, és csak a gazdasági tevékenység hasznát vesszük figyelembe, akkor nem biztos, hogy a természetes folyamatokra alapozó, a környezetet minél

kiseb mértékben megzavaró ökomérnöki megoldások kerekednek felül, még akkor sem, ha a remediáció költsége kicsi, mert a mérleg másik oldalán ott vannak a hasznosíthatóság késéséből adódó veszteségek.

Hosszú távon gondolkodva viszont egyáltalán nem mindegy, hogy mi történik az ökoszisztémával, hogyan bánunk a földi lét alapját képező talajjal és növényzettel. A gazdasági haszon mellett figyelembe kell venni az ökoszisztéma és az ember egészségének feltételeit, a csökkent környezeti kockázatot. Mai tudásunk szerint ez nem mindig megoldható feladat, hiszen az ember és az ökoszisztéma értéke nehezen fejezhető ki pénzben.

Az emberi egészségkockázat esetében sem jobb a helyzet. A vegyi anyagok toxicitásából adódó akut és krónikus kockázatokat mennyiségileg is jellemző kockázati tényezők nem számíthatóak át számszerű egészségkárosodásokra és főként nem pénzürtékre. Így a kockázat nagyságának csökkenését, illetve a remediáció célkockázatának elérését a gazdasági célokkal párhuzamosan létező követelményrendszerként kezeljük.

A környezeti kockázat csökkenése, mint haszon

A kockázatcsökkentési megoldás kiválasztása minden esetben megoldási alternatívák technológiai és gazdasági összehasonlítását jelenti, beleértve a „0” alternatívát is (nem csökkentjük a kockázatot).

A gazdasági mutatóknak kell magukba foglalniuk a humán egészségkockázat és az ökológiai kockázat csökkenéséből adódó hasznokat is. Ezek kvantitatív kifejezésére ma még nincsenek megfelelő eljárásaink. Így a költség–haszon felmérést nem tudjuk teljessé tenni, egyes komponensei vagy hiányoznak vagy nem kvantitatívok, csak félkvantitatívok.

Költség–haszon felmérés esetén fontos lenne forintosítani a kockázat csökkenését, mint ahogy fontos lenne forintosítani a szociális és esztétikai hasznokat is. Ezt ma még nem tudjuk kielégítően megoldani. A megoldás felé első lépés a probléma tisztán látása, a megoldáshoz szükséges igény megadása. Ez a célja ennek az áttekintésnek.

Ha módunk van mennyiségi kockázatfelmérést végezni, akkor összehasonlítjuk a technológiákat a várható kockázatcsökkentés mértéke alapján. Ha például közel azonos forintosítható költséggel az egyik technológia $RQ=10$ értékről $RQ=0,5$ értékre képes csökkenteni a kockázatot, egy másik $RQ=1$ értékre, egy harmadik pedig $RQ=3$ értékre, akkor nem kétséges, hogy az elsőt kell választanunk. Ha viszont kisebb költséggel is el tudjuk érni az $RQ=1$ értéket, akkor a másodikat kell választanunk. Az $RQ=3$ kritériumot teljesítő technológiát csak akkor választhatjuk, ha párhuzamosan kevésbé érzékeny és értékes területhasználatot vezetünk be.

$$\text{Haszon}_k(\text{Ft}) = \mathbf{B}(\text{Ft}) * (\mathbf{RQ}_{\text{szennyezett}} - \mathbf{RQ}_{\text{remediált}}) \quad (1)$$

A „B” tényező megadja az egységnyi RQ -csökkenésből adódó hasznót, vagyis az elmaradt betegség, halál, ökoszisztéma-pusztulás miatt elmaradt költséget.

Minden RQ -érték csökkenés hasznót, azaz elmaradt megbetegedéseket és/vagy ökoszisztéma pusztulást jelent, ha nem is tudjuk számszerűsíteni ezt az értéket. Az biztos, hogy a haszon az RQ csökkenés értékével arányos.

Azt kellene elérni, hogy meg lehessen adni egységnyi kockázati érték pénzübeli értékét.

Ezt a mutagén kockázattal kapcsolatban meg lehet oldani, mert a mutagén hatásból eredő kockázat elviselhető értékét úgy definiálták, hogy az egymillió emberre vonatkozóan maximum eggyel (egy emberrel) növeli a halálozások számát (10^{-6}). Ha többel növeli, az arányosan nagyobb kockázati érték, illetve ahányszor 10^{-6} ez az érték, annyi emberéletet veszítünk. Ennek forintosítása a biztosító társaságoknál használatos értékeke alapján

becsülhető. Sajnos hasonló gondolatment nem alkalmazható RQ és HQ (humán kockázat) értékekkel kifejezett általános környezeti kockázatokra, tehát orr nem tudjuk, hogy egy RQ érték-emelkedés hány emberéletbe kerül vagy milyen értékű ökoszisztéma károsodást jelent.

Több, azonos eredményt biztosító technológia közül történő választás **költség-hatékonyság** felmérés segítségével történhet, ilyenkor nincs szükség a költségek és a hasznok abszolút értékére, hiszen ezek az értékek kiesnek az összehasonlító értékek kiszámítás során, a végeredmény egy relatív érték; % vagy hányados. Ha a technológiák valóban ugyanazt produkálják (ami a valóságban szinte lehetetlen), akkor a kockázat csökkenése, mint haszon is kiesik az összehasonlítandó (a technológiákat megkülönböztető) jellemzők közül. A gyakorlatban két technológia egyezhet abban, hogy biztosítja a területhasználathoz illeszkedő célkockázatot (pl. $RQ < 2$, de lehet, hogy az egyik $RQ = 2$ értékre, a másik $RQ = 0,5$ értékre viszi le a kockázatot azonos fajlagos költséggel, tehát a technológia-alkalmazás eredményeképpen létrejövő kockázati érték (kvalitatív vagy kvantitatív, itt mindegy) okvetlenül befolyásolni fogja a döntésünket. Ennek alapján a kockázatsökkenés forintosítása nélkül is össze tudjuk hasonlítani a technológiákat, illetve finomíthatjuk a technológiák közötti különbségtételt a kockázatsökkentés mértékellenek figyelembevételével.

A hasznok relatív felméréséhez forintosítás nélküli RQ (HQ) értékeket vagy akár kvalitatív kockázatfelmérési eredményt is választhatunk, tehát olyat, ami csak pontszámokkal jellemzi egy szennyezett terület kockázatát. Ha a kiindulási pontszám mellé odatesszük a remediáció eredményeképpen lecsökkent kockázathoz tartozó pontszámot, akkor a pontszámok különbsége arányos lesz a haszonnal.

$$\text{rel. kockázat}_{\text{szennyezett}} - \text{rel. kockázat}_{\text{remediált}} = \text{haszon} \quad (2)$$

$$[\text{pontszám}] - [\text{pontszám}] = [\text{pontszám}]$$

A kockázatot pontszámban és a hasznot is pontszámban fejezzük ki. Forintosítható költség szempontjából közel azonos technológiák kockázatsökkentő képességük alapján megkülönböztethetők közvetlenül a relatív kockázati mérőszám (pontszám vagy %) alapján is.

A haszon kockázatsökkenésként, illetve a kockázatsökkenés haszonként értelmezése

A terület megnövekedett értékéből, jelenlegi és jövőbeni használata közötti pozitív különbség értékéből kvantitatív hasznokat számíthatunk. Ehhez járulnak a kockázattal, illetve a kockázatsökkentés mértékével arányos haszon-tételek, valamint a szociális és esztétikai haszontételek. Ezek közül jelen tanulmány csak a kockázatsökkenésből adódó hasznok megítélésével foglalkozik, de valószínű, hogy hasonló gondolkodásmód alkalmazható a másik kettőre is.

Összefoglalásként szimbolikus egyenlegekkel szemléltetjük a kockázatsökkenés haszonként (elmaradt kárként) értelmezését.

Költség–haszon felmérés

A kvantitatív költség–haszon felmérés mérlege az alábbi egyenlettel fejezhető ki:

$$K_1 + K_2 + K_3 = H_1 + H_2 + H_3 + h_k + h_{sz} + h_e \quad (3)$$

K_1, K_2, K_3 = forintosítható költségek

H_1, H_2, H_3 = forintosítható hasznok

h_k = kockázatsökkentésből adódó haszon forintosítva

h_{sz} = szociális hasznok forintosítva

h_e = esztétikai hasznok forintosítva

A kockázacsökkentésből adódó haszon forintosítva (h_k) számítására az (1) egyenletet írtuk fel.

Ha nem tudjuk megbízhatóan forintosítani a h_k értéket, akkor úgy járhatunk el, hogy kivesszük az egyenlegről és a költség-haszon felmérés második finomító/módosító lépésében vesszük figyelembe. Ez a második lépcső költség szempontjából félkvantitatív és relatív, forintok helyett az RQ-értékek alapján rangsoroljuk az alternatívákat. Ha ezt a megoldást választjuk, akkor meg kell előre határozni, hogy a kockázatsökkenésből származó haszon milyen súllyal szól bele a döntésbe, pl. $\Sigma H : h_k = 8:2$. Ez az arány is relatív érték.

Ha a módosító lépésben nem forintosított kockázatsökkenésből eredő hasznokat vesszük figyelembe, mert nem ismerjük a „B” értéket, akkor tulajdonképpen nem fontos kvantitatív kockázati mérőszámot használunk, ugyanúgy megteszi a kvalitatív (relatív) kockázatfelmérési eredmény is, tehát pl. pontszámokban kifejezett kockázati érték. Természetesen a kockázati modellnek ilyenkor is reálisnak és érvényesnek kell lennie a területre, a kockázat kialakulásában szerepet játszó összes tényezőnek szerepelnie kell, ráadásul reális súlyozással.

Tehát kényszerűségből a költség-haszon felmérésben nem a forintosított kockázatsökkenést vesszük figyelembe, hanem vagy magát az kvantitatív kockázati értéket az RQ-értéket vagy a relatív kockázatfelmérés pontszám-értékét. Ezzel a költség-haszon felmérésünket finomíthatjuk, de ugyanakkor az abszolút értékekről relatív értékek használatára térünk át.

A környezeti kockázat csökkentéséből adódó haszon kvalitatív értékelési módszere

Egy pontszámos kockázatfelmérési módszert ismertetünk a következőkben. A remediáció előtti és utáni állapothoz tartozó relatív érték nem forintosított, pontszámban kifejezett haszon és mint ilyen figyelembe vehető a döntéseknél. Ez a felmérés a pénzben nehezen kifejezhető hasznok közül a környezeti kockázatokkal arányos hasznokat tartalmazza. Pontszám-értékkel tudjuk jellemezni az egyes szennyezőforrások kockázatának csökkentésével járó hasznokat, – amely nem abszolút érték – de az egyes területek és egyes technológiák összehasonlítására alkalmas.

Ebből a relatív haszon-értékből (pontszám) akkor válhat kvantitatív haszonértékelés, ha a kockázatsökkenést „bekalibráljuk” kvantitatív kockázatértékre, majd azt költségre (pl. 1 pontszám-érték = X kockázat-egység. X kockázategység = Y forint)

Ezt a relatív haszonfelmérési módszert Gyöngyösoroszira, a Toka-patak völgyére dolgoztuk ki, hogy bemutassuk a költség-haszon felmérést a kockázatsökkenés figyelembevételével módosító eljárást.

Bemutatunk egy, a környezeti kockázat kvalitatív felmérésére alkalmas módszert a Toka patak nehézfém-szennyezettségére specifikus skálák feltüntetésével.

Az alábbi kockázati kérdőív, illetve adatlap tételei általánosak, a probléma helyszínspecifikussága a skálák felállításánál játszik szerepet. Tehát ez egy általánosan használható metodika, az értékelő skálákon lehet változtatni, nyilván más lesz egy szerves szennyezőanyaggal szennyezett területen a javasolt skála pl. az I. A. ponthoz.

Ez a felmérés egyetlen szennyezőforrásra érvényes, ha több szennyezőforrás van egy területen, akkor mindegyiket külön-külön fel kell mérni.

A kiindulási állapot kockázatához kell viszonyítani az egyes remediációs alternatívákkal kapható végállapot kockázatát. A pontszámban kifejezett különbség el fog térni technológiánként.

Ha a területhasználathoz tartozó célállapotot is ki tudjuk fejezni pontszámokban, akkor ez a felmérés segítséget jelent a remediációs technológia kiválasztásánál, egyrészt amiatt, hogy megadja, hogy a technológia tudja-e teljesíteni a célértéket, másrészt amiatt, hogy a célértéket teljesítő technológiák között is különbséget tesz, a „kockázatsökkenés = haszon” gondolatmenet alapján a pénzben ki nem fejezhető hasznok szempontjából.

Természetesen a kockázatsökkenésből adódó haszon mellett ott vannak a valódi forintban is kifejezhető hasznok, velük szemben, a másik oldalon pedig a kvantitatíve megadott költségek, tehát azt továbbra sem tudjuk megmondani, hogy a kvantitatív mérlegben fennálló különbségeket kompenzálják-e a kockázatsökkenésből adódó hasznok, de a döntésünket módosíthatják.

A metodika technológiaválasztásra úgy is használható, hogy azonos kockázatsökkentést illetve kockázatsökkentésből adódó hasznot eredményező technológiák költségeit hasonlítjuk össze. Akkor gyakorlatilag kiesik az egyenlegről az ismeretlen érték és mindegy, hogy pontszám vagy kvantitatív értékkel volt-e jellemezve a számítás során.

Relatív kockázatfelmérési módszer költség-haszon és költség-hatékonyság felméréshez

A rendszer három fő tételt tartalmaz, melyek jól leképezik a terület kockázatát. Ez a három elem **1. a forrás**, **2. a terjedési útvonalak**, és **3. a receptorok**. Ha több alternatív felmérési lehetőség van, akkor az **alternatívákat lila színnel** jelöljük.

I. A SZENNYEZŐANYAG/FORRÁS JELLEMZÉSE

MAX. 33 PONT

I. A. A veszély foka: sorolja fel a lehetséges szennyezőanyagokat: Pb, Zn, Cd, Cu, Ni, Cr, As, stb. Adja meg a becsült koncentrációkat: talaj: 1000 ppm ólom, stb.

Pontszám: max. 14

Javasolt skála I. A.-hoz

B határérték (HÉ) 1 fémből	1 pont
B HÉ 2 fémből	2 pont
B HÉ több fémből	5 pont
C1 HÉ egy fémből	6 pont
C1 HÉ két fémből	7 pont
C1 HÉ több fémből	8 pont
C2 HÉ 1 fémből	9 pont
C2 HÉ 2 fémből	10 pont
C2 HÉ 2 fémből	11 pont
C3 HÉ és felette 1 fémből	12 pont
C3 HÉ és felette 2 fémből	13 pont
C3 HÉ és felette több fémből	14 pont

Ha a 3 x B értéket meghaladó fémtartalom van + pontok oszthatóak a végén.)

I. B. A szennyezőanyag (hulladék) mennyisége: becsült mennyiségek alapján

Pontszám: max. 10

Javasolt skála: I. B.-hez

10 tonna alatt:	2 pont
10–100 tonna	3 pont
100–1000 tonna	4 pont
1000–10 000 tonna	6 pont
10 000–100 000 tonna	8 pont
100 000–1 000 000 tonna	9 pont
1 000 000 tonna felett	10 pont

I. C. A szennyezőanyag fizikai állapota, a fémek mobilitása, pH: gáz, folyadék (oldott), iszap, szilárd, illetve immobilis vagy mobilis, savas vagy lúgos pH

Pontszám: max. 9

Javasolt skála: I. C.-hez	akut	krónikus
Kémiaiilag stabilizált hulladék/talaj	1 pont	2 pont
Nem akumuláló vegetációval stabilizált hulladék/talaj	1 pont	2 pont
Érintetlen (nem mállott, nem savas) bányameddő	2 pont	3 pont
Nem savas flotációs meddőanyag, koncentráltan	2 pont	9 pont
Iszapállagú meszes csapadék víz alatt, koncentráltan	3 pont	9 pont
Nem savas flotációs meddőanyag szétszórtan	3 pont	9 pont
Savanyodott, kilúgzás alatt álló flotációs meddőanyag	4 pont	9 pont
Víz alatti szennyezett üledék	5 pont	9 pont
Mállott, savas bányameddő kőzet	5 pont	9 pont
Felszínre került, mállásnak, indult szennyezett savanyú üledék	8 pont	9 pont
Szennyezett talaj akumuláló vegetációval	8 pont	9 pont
Szennyezett kopár talaj	9 pont	9 pont
Szennyezett felszíni víz	9 pont	9 pont
Szennyezett felszín alatti víz	9 pont	9 pont
Szennyezett pórusvíz	9 pont	9 pont

II. KÖRNYEZETI KONCENTRÁCIÓ: TERJEDÉSI ÚTVONALAK MAX. 33 PONT

II. A. felszín alatti víz

Max. 11 pont

II. A.1. Ismert (bizonyított) talajvíz (pórusvíz, felszín alatti víz, kútvíz) szennyezettség

Pontszám: max. 11

Javasolt skála II. A. 1.-hez	
Ivóvízminőség:	0 pont
HÉ-t meghaladó 1 fém	1 pont
HÉ-t meghaladó 2 fém	2 pont
HÉ-t meghaladó 3 v. több fém	4 pont
2x HÉ-t meghaladó 1 fém	5 pont
2x HÉ-t meghaladó 2 fém	6 pont
2x HÉ-t meghaladó 3 v. több fém	7 pont
3x HÉ-t meghaladó 1 fém	8 pont
3x HÉ-t meghaladó 2 fém	9 pont
3x HÉ-t meghaladó 3 v. több fém	10 pont
Több	11 pont

Vagy potenciális talajvíz (felszín alatti víz) szennyezettség

2a. Felület borítása: pl. nincs, növényzet, szilárd burkolat, stb.

Pontszám: max. 4

Javasolt skála II. A. 2a.-ra	
Felület egybefüggően zárt szilárd burkolattal	0 pont
Felület egybefüggően zárt borítással	1 pont
Felület növényi borítással	2 pont
Felület hézagos, vékony, eródálódott takaróréteggel	3 pont
Csupasz felület	4 pont

2b. A talajréteg vastagsága a talajvízszint felett:

Pontszám: max. 1,5

Javasolt skála II. A. 2b.-hez:	
10 m felett	0 pont
3 m és 10 m között	1 pont
3 m alatt	1,5 pont

2.c. A talaj vízáteresztő képessége:

Pontszám: max. 1,5

Javasolt skála II. A. 2c.-hez:

10^{-6} cm/sec alatt	0 pont
10^{-6} cm/sec 10^{-4} cm/sec között	1 pont
10^{-4} cm/sec felett	1,5 pont

2d. Évi csapadékmennyiség:

Pontszám: max. 1

Javasolt skála II. A. 2d.-hez:

600 mm alatt	0,5 pont
600–700 között	1 pont
700 felett	1,5 pont

2e. Az aquifer vízáteresztő képessége:

Pontszám: max. 3

Javasolt skála II. A. 2e.-hez:

10^{-4} cm/sec alatt	0,5 pont
10^{-2} cm/sec 10^{-4} cm/sec között	1,5 pont
10^{-2} cm/sec felett	3 pont

II. B. Felszíni vizek

Max. 11 pont

II. B. 1. Megfigyelt vagy mért szennyeződés a felszíni vízben

Pontszám: max: 11

Javasolt skála II. B. 1.-hez

Nem éri el a felszíni vizekre megadott határértéket	0 pont
Szennyezettségi HÉ felett 1 fém	2 pont
Szennyezettségi HÉ felett 2 fém	3 pont
Szennyezettségi HÉ felett 3 v. több fém	4 pont
2 x szennyezettségi HÉ felett 1 fém	5 pont
2 x szennyezettségi HÉ felett 2 fém	6 pont
2 x szennyezettségi HÉ felett 3 v több fém	7 pont
3 x szennyezettségi HÉ felett 1 fém	8 pont
3 x Szennyezettségi HÉ felett 2 fém	9 pont
3 x szennyezettségi HÉ felett 3 fém	10 pont
3 x szennyezettségi HÉ felett több fém	11 pont

HÉ=MSZ 12749 tűrhető értéke

Vagy: Felszíni víz szennyeződése erősen feltételezhető

II. B. 2.a. Felszín lezárása: pontszám: max. 5

Javasolt skála II. B. 2a.-ra

Felület egybefüggően zárt szilárd burkolattal	0 pont
Felület egybefüggően zárt borítással	1 pont
Felület növényi borítással	2 pont
Felület hézagos, vékony, eródálódott takaróréteggel	3 pont
Csupasz felület	4 pont
Erózióra hajlamos csupasz felület	5 pont

II. B. 2.b. Felszíni víz közelsége: pontszám: max. 3

Javasolt skála a II. B. 2.b.-hez

Több mint 300 m	0,5 pont
100–300 m	2 pont
100 m alatt	3 pont

II. B. 2.c. Topográfia: pontszám: max. 1,5

Javasolt skála a II. B. 2.c.-hez

A szennyezőanyag a felszíni víz szintjén vagy az alatt helyezkedik el, nem lejtős	0 pont
A szennyezőanyag a felszíni víz szintje fölött helyezkedik el, nem lejtős	0,8 pont
A szennyezőanyag a felszíni víz szintjén vagy az alatt helyezkedik el, lejtős	1,2 pont
A szennyezőanyag a felszíni víz szintje fölött helyezkedik el, lejtős	1,5 pont

Lejtős: 5 % nál nagyobb esés

II. B. 2d. Bemosódási és eróziós potenciál (runoff), pontszám: max. 1

Javasolt skála a II. B. 2.d.-hez

600 mm alatti csapadék és jó áteresztő (nyelő) felület	0,5 pont
600–700 közötti csapadék és jó áteresztő felület	1 pont
600–700 közötti csapadék és közepesen áteresztő felület	1 pont
700 felett, át nem eresztő felület mellett	1,5 pont

II. B. 2.e. Áradási potenciál: pontszám: max. 0,5

Javasolt skála a II. B. 2.e.-hez

2 áradás évenként	0,5 pont
1 áradás évenként	0,3 pont
1 áradás két évenként	0,2 pont
Kevesebb, de van	0,1 pont

Áradás = a meder vízemésztő képességét meghaladó vízmennyiség

II. B. 2. FELSZÍNI VÍZEK

ÖSSZESEN: 11 pont

II. C. Direkt érintkezés, direkt transzport

Max. 11 pont

II. C. 1. Szennyezés a felmért területtől távol is észlelhető

Pontszám: max. 11

Javasolt skála II. C. 1.-re

A szennyezőforráson kívül nincs szennyeződés	0 pont
Bizonyított szennyeződés a szennyezőforrás közvetlen környezetében	2 pont
Bizonyított szennyeződés a forrástól 50 m körzetben	4 pont
Bizonyított szennyeződés a forrástól 100 m körzetben	5 pont
Bizonyított szennyeződés a forrástól 500 m körzetben	7 pont
Bizonyított szennyeződés a forrástól 1000 m körzetben	9 pont
Bizonyított szennyeződés a forrástól több mint 1 km körzetben	11 pont

Vagy: fennáll emberi és állati érintkezés veszélye

II. C. 2.a. légszennyezés, gáz, por, stb., pontszám: max. 5

Javasolt skála II. B. 2a.-ra:

Nincs légszennyezés	0 pont
Légszennyezés a szennyezőforrásban	3 pont
Légszennyezés a szennyezőforráson kívül 500 m körzetben	4 pont
Légszennyezés a szennyezőforráson kívül 500 m felett	5 pont

II. C. 2.b. A terület szabad érintkezése: pontszám: max. 4

Javasolt skála II. B. 2.b.-re

Tökéletesen elzárt (kerítéssel) terület és letakart szennyezőforrás	0 pont
Hozzáférést korlátozó, de nem tökéletes elzárás, letakart szennyezőforrás	2 pont
Elzárt (kerítéssel) terület, le nem takart szennyezőforrás	3 pont
Hozzáférést korlátozó, de nem tökéletes elzárás, le nem takart szforrás	4 pont

II. C. 2.c. Veszélyes talajgáz: pontszám: max: 2

Javasolt skála II. B. 2.c.-re

Nincs	0 pont
Van, de a talaj rossz áteresztő	1 pont
Van és a talaj át is engedi	2 pont

III. RECEPTOROK

MAX. 34 PONT

III. A. HUMÁN ÉS ÁLLATI HASZNÁLAT

MAX. 18 pont

III. A. 1. Ismert káros kihatás emberre és háziállatra: pontszám: max. 18

Javasolt skála III. A. 1.-re

Nincs ismert káros hatás emberre és állatra: ugorj a 2.-re	0 pont
Erősen feltételezhető káros hatás emberre és állatra	15 pont
Ismert és bizonyított káros hatás emberre és állatra	18 pont

Vagy: feltételezhető hatás emberre és állatra

III. A. 2.a.i. Ivóvíz bázisok ismert szennyeződése: pontszám: max: 9

Javasolt skála II. A. 2.a.i.-re

Definitíve nincs káros hatása az ivóvízre	0 pont
Erősen feltételezhető az ivóvízre gyakorol káros hatás	7 pont
Ismert és bizonyított az ivóvízre gyakorolt káros hatás (HÉ feletti szennyezettség)	9 pont
Ha nem ismert a hatás az ivóvízre töltsd ki a 2.a.ii. pontot	

Vagy 2.a.i. helyett az ivóvízre gyakorolt hatás lehetőségét nézzük:

2.a.ii. Távolság a legközelebbi ivóvízbázistól: pontszám: max. 6, min. 3

Javaslat skálára:

1–5 km	3 pont
300 m–1 km	4 pont
100–300 m	5 pont
100 m alatt	6 pont

2.a.ii. Alternatív ivóvíz elérhetőség: pontszám: max. 3

Javaslat skálára:

Van alternatív ivóvízforrás	0,5 pont
Nehéz alternatív ivóvízforrást biztosítani	2 pont
Nem lehet alternatív ivóvízforrást biztosítani	3 pont

III. A. 2.b.i. Ismert káros hatás különböző vízhasználatokból (szabadidős célok, élelmiszeripari használat, locsolás, itatás, tápláléklánc): pontszám: max. 4

Javasolt skála a III. A. 2.b.i.-hez

Bizonyítottan nem szennyezett	0 pont
Erősen feltételezhető, hogy határérték felett szennyezett	3 pont
Bizonyított, hogy határérték felett szennyezett	4 pont

2.b.i. helyett: a víznyerésre gyakorol káros hatás lehetősége, esélye

2.b.ii. Víznyerő lehetőségek közelsége a szennyezőforráshoz, pontszám: max. 2

Javaslat skálára:

1–5 km	0,5 pont
300 m–1 km	1 pont
100–300 m	1,5 pont
100 m alatt	2 pont

2.b.ii. Vízhasználatok: pontszám: max. 3

Javaslat skálára:

	alkalmi	gyakori
Jelenleg nem de jövőben igen	0,2	0,5
Háztartási vagy tápláléklánc	0,3	0,5
Öntözés	0,5	1,0
Itatás (állatoké)	0,5	1,0
Élelmiszeripari	0,8	1,0
Szabadidős	1	2

III. A. 2.c.i. Emberi használatban lévő terület ismert szennyeződése: pontszám: max. 5

Javasolt skála 2.c.i. esetére:

A szennyezettség ismert, a területhasználat lakó, iskola, kiskert	5 pont
A szennyezettség ismert, a területhasználat mezőgazdasági	4 pont
A szennyezettség ismert, a területhasználat ipari v. kereskedelmi	3 pont
A terület bizonyítottan nem szennyezett	0 pont
Ha nincs ismert hatás, töltsd ki a 2.c.ii.-t	

2.c.i. alternatívája: 2.c.ii. Területhasználat: pontszám: max. 5

Javaslat skálára és kategóriákra a terület és a környező területek használatát illetően

	0-tól 300m	300m- 1 km	1 km-től 5 km
Szabadidős	5	4	3
Kiskert, lakó, iskola	5	4	3
Mezőgazdasági	5	4	2,5
Ipari/kereskedelmi	3	1	0,5

III. B. A KÖRNYEZET JELLEMZÉSE

MAX. 16 PONT

III. B. 1. A szennyezőforrás érzékeny területre gyakorolt káros hatása:

Pontszám: max. 16

Javaslat skálára a III. B. 1.-re

Ismert hatás az érzékeny területre

16 pont

Bizonyított stresszhatás vízi élőlényekre vagy a növényzetre (fák, természetett és természetes növényzet) a szennyezőforrás szomszédságában

14 pont

Erősen feltételezhető káros hatás az érzékeny környezetre

12 pont

Ha a környezetre gyakorolt hatás nem ismert, akkor töltsd ki 2. pontot.

Vagy: amennyiben nem bizonyított a káros hatás, annak valószínűségét vizsgáljuk:

III. B. 2.a. A legközelebbi érzékeny terület távolsága (természetvédelmi terület, érzékeny felszíni víz). pontszám: max: 10

Javasolt skála III. B. 2.a.-ra:

5–10 km

1 pont

2–5 km

3 pont

500 m–2 km

7 pont

0–500 m

10 pont

III. B. 2.b. Beszivárgási terület távolsága (talajvíz, rétegvíz, karsztvíz, hasadékvíz beszivárgási területe) a szennyezőforrástól

Pontszám: max: 6

Javasolt skála III. B. 2.b.-re

5–10 km

1 pont

2–5 km

2 pont

500 m–2 km

4 pont

0–500 m

6 pont

A pontok összeadása után a szennyezőforrást egyetlen pontszámmal jellemezzük. Ez a pontszám csak összehasonlításra használható.

Összeadott pontszám maximális értéke:

I. A szennyezőanyag/forrás jellemzése

Összesen: 33

II. Környezeti koncentráció / terjedési útvonalak

Összesen: 33

III. Receptorok:

Összesen: 34

I. + II. + III.

MINDÖSSZESEN: MAX. 100 pont

Javaslat osztályozásra:

70–100 pont	nagy kockázat
50–69 pont	kockázatos
35–49 pont	kis kockázat
35 alatt	nem kockázatos.

A haszon pontszámának számítása

A kockázatcsökkenést, illetve ebben a pontszámos rendszerben az ezzel azonos hasznot úgy kapjuk meg, hogy a szennyezett terület kiindulási pontszámából kivonjuk az intézkedés/remediáció/korlátozás utáni pontszámot.

Az így nyert haszon pontszám alapján összehasonlíthatjuk az egyes pontforrásokat és egyéb szennyezett objektumokat, hulladéklerakatokat, szennyezett területeket. Ezt a viszonylag részletes kvantitatív felmérési módszert lehet egyszerűsíteni, pl. kevésbé részletes pontszámskálák alkalmazásával és a helyettesítő adatsorok (lila és zöld) kihagyásával. A fent ismertetett kvantitatív felmérési módszer itt ismertetett állapotában egy általánosan alkalmazható, a lehető legtöbb kockázatot jellemző adatot tartalmazó felmérési módszer. Helyszín- és probléma-specifikusan csökkenthető a felméréendő jellemzők száma.

Kvantitatív haszonbecslés

A haszon-pontszám kvantitatívvá tételénél a kvantitatív kockázati érték (RQ vagy HQ) csökkenéséből adódó megbetegedések, kórházi kezelések számának, a kifizetendő táppénz, stb. csökkenése miatti költségcsökkenésből indulhatunk ki. Jelenlegi ismereteink szerint ez a fajta kvantitatív felmérés sem tükrözné a hasznokat tökéletesen, hiszen minden hasznot nem tudunk, de sokszor nem is akarunk figyelembe venni, a figyelembe veendő hasznok listája nagyban függ egy-egy ország gazdasági helyzetétől, hagyományaitól, szemléletétől. Tehát kvantitatív jellege ellenére ez sem szolgáltat abszolút eredményt. Ez is csak egy bizonyos rendszeren belüli összehasonlítást tesz lehetővé.

A tudásunk jelenlegi állapotának megfelelően mind a pontszámos, mind a kvantitatív kockázatot úgy lehetne „forintosítani”, ha egy szakértői csoport a pontszámoknak vagy az RQ értékeknek megfelelő általános költségskálát kreálna, amit a kockázat megállapítása, illetve a kockázatcsökkenés megállapítása után egy szorzással pénzben kifejezhető haszonná alakíthatunk.

Természetes folyamatokon alapuló talajremediáció összehasonlító költség-haszon felmérése

A mérnöki beavatkozások segítségével intenzifikált természetes szennyezőanyagbontás költség-haszon felmérésénél a modellterületünket, Kaba-Kutricamajort vettük alapul, az ott kapott adatok mentén készítettük el a költség-haszon becslést és jellemzést a 4. részjelentésben.

A 6. jelentésben már rendelkezésre álltak a remediációt kivitelező Megaterra Kft. valódi költségadatai. Megaterra a konkrét költségekből kivonta a kísérleti alkalmazás miatti többletmunkákat, így módon megkaptuk a rutinszerű alkalmazás előrejelezhető költségét. Azonos nagyságú területre egy olyan alternatívát is jellemeztünk költség-haszon adatokkal, mely a kísérleti alkalmazáshoz képest kisebb időigényű, 2 év helyett 1,5 év (stacioner állapotok beállítását nem kell megvárni!)

A konkrét gyakorlatból kiinduló rutinszerű alkalmazási költségeket Kaba-Kutricamajornál nagyobb és lényegesen nagyobb területekre is előrevetítettük, hiszen a választott modellterület igen kis méretű, azt is mondhatnánk, hogy irreálisan kis méretű a szennyezett talajtérfoghat szempontjából, de pontosan ezért találtuk alkalmasnak a kísérletezéshez.

Ebben a fejezetben összefoglaljuk korábbi, a reális talajkezelési alternatívákra elkészített költségbecslésünket. Megadjuk a valós költségeket, kiterjesztve nagyobb területre. Megbecsüljük az alternatívák nagyságtól függő költségeit és ezek egymáshoz viszonyított arányát.

A hasznok jellemzése esetében szintén a 4 jelentésben már forintosított hasznokból indulunk ki, de ezeket az értékeket is extrapoláljuk nagyobb területre. Ezután elvégezzük a költségek és hasznok összehasonlítását, majd ezt az eredményt módosítjuk a kockázatsökkentésből adódó – nem kvalitatív és nem forintosított – elmaradt károk, az ökológiai és a humánegészség-kockázat csökkenése, mint haszon pontszámokkal.

1. Kutricamajor esettanulmányánál alkalmazott költségbecslés ismertetése

1.1. Kockázatsökkentési alternatívák

Az intézkedési és/vagy a műszaki megoldási alternatívák számbavétele korábbi jelentéseinkben áttekintést kaptunk, ezek közül Kutricamajor esetében az alábbi reális és ökonómiai szempontból értékelendő alternatívákat tartottuk meg:

1. "0" változat: monitorozott természetes szennyezőanyag-lebontás.
2. A talaj kitermelése és elszállítása, helyette tiszta talaj betöltése, a talajvíz kutas kinyerése és *ex situ* kezelése.
3. *Ex situ* biotechnológia: a szennyezett talaj kitermelése és prizmás kezelése a közeli betonfelületen, kezelés utáni visszatöltés, párhuzamosan a talajvíz tavas kezelése.
4. *In situ* talajmosás *ex situ* talajvízkezeléssel kombinálva: vízben oldva hozza ki az összes szénhidrogént a talajból.
5. *In situ* bioventilláció talajvízszint-süllyesztéssel és *ex situ* vízkezeléssel kombinálva a telítetlen zóna és a mélyebb rétegek kezelésére.

6. A felső 50 cm *in situ* kezelése agrotechnikai módszerekkel: mind a 4., mind az 5. megoldás mellé szükséges alkalmazni.

1.2. Kaba, Kuticamajor: a költségszámításhoz felhasznált paraméterek

A költségbecsléshez az alábbi kezelendő mennyiségeket vettük figyelembe.

- A felszín alatti szennyezett talajtömeg: 300 m³
- A szennyezett felszíni talajréteg: 400 m²,
- A szennyezett felszíni talajréteg vastagsága 0,5 m 200 m³
- A talajvízen úszó szénhidrogén-fázis kiterjedése: 50–80 m²
- A talajvízen úszó szénhidrogén fázis mennyisége: 8 m³
- Szennyezett talajvíztest kiterjedése: kb. 300 m²
- Szennyezett talajvíztest térfogata: kb. 600 m³
- Átlagos szennyezőanyag-koncentráció a talajban: 8 000 mg/kg
- Átlagos szennyezőanyag-koncentráció talajvízben: 100 mg/l
- Becsült szénhidrogén mennyiségek a szennyezett környezetben:
Szabad fázis: 8 m³ úszó → **5 000 kg eltávolítandó szénhidrogén**
Talaj: 500 m³ = 750 tonna talajban átlag 8 000 mg/kg,
amiből eltávolítandó: 7 000 mg/kg → **5 250 kg eltávolítandó szénhidrogén**
Talajvíz: 600 m³-ben átlag 100 mg/lit, melyből eltávolítandó:
90 mg/lit → **54 kg eltávolítandó szénhidrogén**

1.3. Becsült kezelési, illetve technológiaalkalmazási időtartamok:

Monitorozás időtartama:

- Talajcsere után: 1 év
- Ex situ*, on site talajkezelés befejezése után : 1 év
- In situ* kezelést követően még: 3 év

Talajkezelés időtartama:

- Talajcsere: 0 év
- Ex situ*, on site: 30 hónap, CD-vel 18 hónap
- In situ* talajmosás 10 év, adalékkal 5 év
- In situ* bioventilláció 30 hónap, CD-vel 18 hónap
- Felszíni réteg agrotechnikai kezelése: 7–15 hónap

Ciklodextrin ára: 7,7 Euro/kg 50%-os vizes oldat

- 0,1 % alkalmazása esetén: 3 800 Ft/tonna többletköltség.

Fenti adatok alapján számítottuk ki az egyes technológiai alternatívák költségét. A költségek konkrétan a Kaba Kutricamajorban kezelt szennyezett talajmennyiségre és minőségre vonatkoznak. Az alternatívák előzetes költségbecslését az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A kockázatcsökkentési alternatívák előzetesen becsült költsége (eFt)

Változat	1	2	3	4	5	5a
	"0" MNA	Talajcsere <i>ex situ</i> off site	<i>Ex situ</i> on site	Talaj mosás	<i>In situ</i> bio- ventilláció	<i>In situ</i> bio- ventilláció +CD
Kezelés ideje	15 év	0	2,5 év	10 év	2,5 év	1,5 év
Kezelendő talajmennyiség (t)		750	750	750	450+300	450+300
Állapotfelmérés	300	300	300	300	300	300
Kockázatfelmérés	300	300	300	300	300	300
Technológia tervezés	-	100	1 000	1 000	1 000	1 000
Kitermelés	-	2 250	2 250	-	-	-
Szállítás	-	3 750	-	-	-	-
Póttalaj	-	7 500	-	-	-	-
Beruházás	-	-	1 125	1 125	1 125	1 125
Működtetés	-	-	3 750	15 000	1 350	810
Talajmosás alternatíva*				*7 500		
Telepre befogadás	-	3 750	-	-	-	-
Felszíni réteg 200 m ³	-	-	-	-	100	100
Technológiamonitoring	15 év	-	750	450	750	450
Utómonitoring	4 500	300	300	3 000	900	900
CD/ (egyéb adalék)	-	-	-	- (*2 000)	-	3 800
Kutas vízkezelés beruházás	-	3 000	-	3 000	3 000	3 000
Kutas vízkezelés működés	-	3 000	-	20 000 *10 000	5 000	3 000
Tavas vízkezelés beruházás	-	-	1 000			
Tavas vízkezelés működés	-	-	2 500			
Összes költség	5 100	24 250	12 975	44 175 *28 675	13 825	14 785
Fajlagos költség (eFt/t) 1 tonna talajra vonatkoztatva	6,8	32,3	17,3	58,9 *38,2	18,4	19,7

- felületaktív anyag vagy más adalék alkalmazásával

2. Valódi költségek és extrapoláció rövidebb kezelési időre és nagyobb talajtérfogatra

A 2. táblázatban a kutricamajori remediáció valós költségei alapján becsülhető majdani rutinszerű alkalmazás költségét láthatjuk a kivitelező konkrét kiadásai alapján. A rutinszerű eljárás költsége nem tartalmazza a kutatás tárgyát képező kísérletekben szükségszerűen alkalmazott nagymennyiségű mérés (integrált felmérés, integrált technológiamonitoring, stb.) költségét.

A rutinszerű alkalmazás költségét úgy számítottuk ki, hogy a kísérleti alkalmazási költségekből kivontuk a kísérlet miatt szükséges többletmunka költségét (2. táblázat). A 2 éves kezelési időszak reálisan lecsökkenthető 1,5 évre, ha nem kell megvárni a stacioner állapotok beállítását egy-egy kezeléssel. Az is valószínű, hogy ilyen kis szennyezett talajtérfogatnál általában jóval nagyobbak fordulnak elő a valóságban.

A 2. táblázatból az látható, hogy a bioventillációval és adalékokkal intenzifikált remediáció rutinszerű alkalmazásának reális költsége kisebb, mint az előzetesen becsült érték; 19,7 eFt/tonna helyett mindössze 10,9 eFt/tonna.

Figyelembe véve, hogy a Kaba Kutricamajorban kezelt szennyezett talajtérfogat az átlagos esetekhez képest kicsi volt, a költségbecslést elvégeztük 1 000 és 2 000 tonnára is (a felszín

alatti szennyezett réteg mennyiségéről van szó, a felszíni réteg (ennek még 2/3 része), így a becsült fajlagos költség 6,1, illetve 4,3 eFt tonnánként.

Ebben a költségben a vízkezelés költsége is benne foglaltatik, a költségbecslésnél a Kutricamajorban alkalmazott kombinált technológiát vettük alapul. Ha nincs szükség a talajvíz kezelésére, akkor a költségek drasztikusan csökkenthetőek, 2 000 tonna fölött (felszíni réteggel együtt 3 220 tonna) akár 3 000 Ft/tonna érték alá is mehet.

2. táblázat: Az *in situ* technológia rutinszerű alkalmazásának költségei növekvő talajmennyiségek esetén (eFt)

	In situ bioventilláció +CD				
Kezelés ideje	2,0 év	1,5 év	1,5 év	1,5 év	1,5 év
Kezelendő talajmennyiség (t)	450+ 300	450+ 300	1 660	3 220	16 600
Állapotfelmérés	1 000	1 000	1 200	1 400	2 000
Kockázatfelmérés	300	300	300	300	500
Technológia tervezés	200	200	300	300	500
Kutas kezelés beruházás	1 500	1 500	2 000	3 000	12 000
Kutas vízkezelés működése	2 400	1 800	3 000	4 000	16 000
Bioventilláció működtetése	1 000	750	1 200	2 400	8 000
Felszíni réteg kezelése(+200 m ³)	100	100	200	400	1 000
Technológiamonitoring	700	500	700	900	2 000
Utómonitoring	600	600	700	800	2 000
CD/ (egyéb adalék)	350	350	500	750	5 000
Összes költség vízkezeléssel	8 150	7 100	10 100	14 250	49 000
Fajlagos költség (eFt/t)	10,9	9,5	6,1	4,3	3,0
Összes költség vízkezelés nélkül	4 500	4 050	6 500	10 000	25 000
Fajlagos költség (eFt/t)	6,0	5,4	3,9	3,0	1,5

A táblázatban szereplő valós (450+300 tonnás oszlopok) és becsült (1 660, 3 320, 16 600 tonnás oszlopok) költségekből láthatjuk, hogy a kezelendő talaj mennyiségével fordított arányban változnak a költségek: a 9 500 forintos egységár 3 000 forintig is csökkenhet.

3. táblázat: Talajkezelési alternatívák költsége nagyobb területre (eFt)

Változat	1	2	3	4	4a	5	5a
	"0" MNA	Talajcsere <i>ex situ</i> off site	<i>Ex situ</i> on site	<i>In situ</i> talaj mosás	Talaj mosás adalékkal	<i>In situ</i> bioventil- láció	<i>In situ</i> biovent +CD
Kezelés ideje	15 év	kb. 0	2,5 év	10 év	5 év	2,5 év	1,5 év
Költség 450/750 tonnára	5 800	24 250	12 975	44 175	28 675	8 500	7 100
Fajlagos költség (eFt/t)	7,7	32,3	17,3	58,9	38,2	11,3	9,5
Költség 1 000/1 660 t-ra	11 500	46 480	26 000	81 650	53 000	11 620	10 100
Fajlagos költség (eFt/t)	6,9	28,0	15,7	49,2	32,0	7,0	6,1
Költség 2 000/ 3 320 t-ra	21 700	86 060	48 000	126 200	80 000	16 500	14 250
Fajlagos költség (eFt/t)	6,5	25,9	14,4	38,0	24,1	5,0	4,3
Költség 10 000/16 600 t	102 600	414 800	185 800	260 000	180 000	53 250	49 000
Fajlagos költség (eFt/t)	6,2	25,0	11,2	15,7	10,8	3,2	3,0

A 3. táblázatban szereplő minden alternatíva vízkezeléssel kombinált eljárást jelent.

A számítások részleteit itt nem közöljük, csak a végeredményt. Ex situ technológiánál a szennyezett talajtérfogat feletti réteget is ki kell termelni, ez 1 000 tonnánál 1 660 tonna, 2 000 tonnánál 3 320 tonna és 10 000-nél 16 600 tonna kitermelését és kezelését jelenti. A költségeknél a többletmunka egy része a mennyiséggel arányosan jelentkezik, más költségek kisebb mértékben változnak a nagyobb talajmennyiséggel.

Már 750 tonnánál is az *in situ* módszerek diadalmaskodnak, egyedül a 15 éves öntisztulás költsége kisebb. 1 660 tonnánál a 15 éves talaj és talajvízmonitoringra fordított összeg már meghaladhatja az *in situ* kezelések költségét. És itt még nem vettük figyelembe a hasznokat!

3. Becsült hasznok:

Kaba Kutricamajorról kapcsolatban két jövőbeni használati alternatívát vizsgálunk meg, hogy a hasznokban elérhető különbségeket szemléltessük: mezőgazdasági használat és töltőállomás létesítése.

Az értéknövekedés becsléséhez az alábbi arányokat alkalmaztuk:

Ipari-kereskedelmi létesítmény: épület érték: szennyezett / nem szennyezett = 33 %

telek érték: szennyezett / nem szennyezett = 20 %

Mezőgazdasági hasznosítás: épület : szennyezett / nem szennyezett = 50 %

telek érték: szennyezett / nem szennyezett = 50 %

A pénzben megbecsülhető hasznokat a 4. táblázat tartalmazza. Ezt a táblázatot a 4. részjelentésből vettük át. A táblázatban szerepelnek az értéknövekedésből és két különböző használatból származó hasznok. Ezeket a hasznokat nem területspecifikusan határoztuk meg, emiatt a haszon eredmények csak közelítik a valóságot. Demonstrációs célra alkalmasak.

A hasznokat arányosnak vehetjük a terület nagyságával. A valódi terület 400 m², a 1 660 és 16 600 tonna tömeghez tartozó területek: 885 m² és 8 850 m², azaz a kabai terület 2,2-szerese, illetve 22-szerese. A hasznokat is ezekkel a szorzókkal vesszük figyelembe a költség-haszon számításnál.

4. táblázat: A kockázatsökkentési alternatívák becsült haszna

Változat	1	2	3	4	5	5a
	"0" MNA	Talajcsere <i>ex situ</i> off site	<i>Ex situ</i> on site	Talaj mosás	<i>In situ</i> bioventillá ció	<i>In situ</i> bioventillá ció +CD
Kezelés ideje	15 év	0	2,5 év	10 év	2,5 év	1,5 év
Épületek remediáció előtti értéke	-	-	-	-	-	-
Terület remediáció előtti értéke	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Remediáció utáni területérték						
Ipari hasznosítás	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000
Mezőgazdasági hasznosítás	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000
Használat kezdetéig eltelt évek	15	0	2,5	10	2,5	1,5
Időnyereség ""-hez képest						
Átmeneti használhatóság (év)	15	0	0	0	1,5	1,0
Átmeneti haszn. haszna	0	0	0	0	750	500
Végleges jövőbeni használat (év)	0/5	10/20	7,5/17,5	0/10	7,5/17,5	8,5/18,5
Végleges használat haszna 10 év						
Töltőállomás: 10 000 eFt/év	0	100 000	75 000	0	75 000	85 000
Mezőgazdasági: 1 000 eFt/év	0	10 000	7 500	0	7 500	8 500
Összes haszon: értéknöv.+10 évi						
Töltőállomás: 10 000 eFt/év	0	104 000	79 000	0	79 000	89 500
Mezőgazdasági: 1 000 eFt/év	0	11 000	8 500	0	8 500	10 000
Végleges használat haszna 20 év						
Töltőállomás: 10 000 eFt/év	50 000	200 000	175 000	100 000	175 000	185 000
Mezőgazdasági: 1 000 eFt/év	5 000	20 000	17 500	10 000	17 500	18 500
Összes haszon: értéknövekedés +20 évi használat						
Töltőállomás: 10 000 eFt/év	54 000	204 000	179 000	104 000	179 750	189 500
Mezőgazdasági: 1 000 eFt/év	6 000	21 000	18 500	11 000	19 250	20 000

Az 5. táblázat a pénzben kifejezhető költségek és hasznok különbségét mutatja három különböző talajmennyiséggel számolva (750, 1 660 és 16 600 tonna) hét remediációs alternatíva esetében. A hasznokat 10 és 20 évre kalkuláltuk, így a költség – haszon mutatót is 10 és 20 évre határoztuk meg, két eltérő hasznot hozó jövőbeni területhasználat, a töltőállomás és a mezőgazdasági területhasználat esetében.

5. táblázat. A pénzben kifejezhető költségek és hasznok különbsége a különböző remediációs alternatívák esetében (eFt)

Változat	1	2	3	4	4a	5	5a
	"0" MNA	Talajcsere <i>ex situ</i> off site	<i>Ex situ</i> on site	<i>In situ</i> talaj mosás	Talaj mosás adalékkal	<i>In situ</i> bioventil- láció	<i>In situ</i> biovent +CD
Kezelés ideje	15 év	kb. 0	2,5 év	10 év	5 év	2,5 év	1,5 év
Költség 450/750 tonnára	5 800	24 250	12 975	44 175	28 675	8 500	7 100
Haszon: értéknöv.+10 évi haszn.							
Töltőállomás: 10 000 eFt/év	0	104 000	79 000	0	50 000	79 000	89 500
Mezőgazdasági: 1 000 eFt/év	0	11 000	8 500	0	5 000	8 500	10 000
K – H: 10 évre							
Töltőállomás	- 5 800	+79 750	+66 025	-44 175	+21 325	+70 500	+82 400
Mezőgazdasági	- 5 800	-13 250	- 4 475	-44 175	-23 675	0	+ 2 900
Haszon: értéknöv.+20 évi haszn.							
Töltőállomás: 10 000 eFt/év	54 000	204 000	179 000	104 000	154 000	179 750	189 500
Mezőgazdasági: 1 000 eFt/év	6 000	21 000	18 500	11 000	21 000	19 250	20 000
K – H: 20 évre							
Töltőállomás	+48 200	+179 750	+166 025	+ 59 825	+125 325	+171 250	+ 182 400
Mezőgazdasági	+ 200	- 3 250	+ 5 525	-33 175	- 7 675	+ 10 750	+ 12 900
Költség 1 000/1 660 t-ra	11 500	46 480	26 000	81 650	53 000	11 620	10 100
Haszon: értéknöv.+10 évi haszn.							
Töltőállomás: 10 000 eFt/év	0	228 800	173 800	0	110 000	173 800	196 900
Mezőgazdasági: 1 000 eFt/év	0	24 200	18 700	0	11 000	18 700	22 000
K – H: 10 évre							
Töltőállomás	-11 500	+182 320	+147 800	-81 650	+ 57 000	+162 180	+186 800
Mezőgazdasági	-11 500	- 22 280	- 7 300	-81 650	- 42 000	+ 7 080	+ 11 900
Haszon: értéknöv.+20 évi haszn.							
Töltőállomás: 10 000 eFt/év	118 800	448 800	393 800	228 800	338 800	395 450	416 900
Mezőgazdasági: 1 000 eFt/év	13 200	46 200	40 700	24 200	46 200	42 350	44 000
K – H: 20 évre							
Töltőállomás	+107 300	+402 320	+367 800	+147 150	+285 800	+383 830	+406 800
Mezőgazdasági	+ 1 700	- 280	+ 14 700	-57 450	- 6 800	+ 30 730	+ 33 900
Költség 10 000/16 600 t	102 600	414 800	185 800	260 000	180 000	53 250	49 000
Haszon: értéknöv.+10 évi haszn.	0	2 288 000	1 738 000	0	1 100 000	1 738 000	1 969 000
Töltőállomás: 10 000 eFt/év	0	242 000	187 000	0	110 000	187 000	220 000
Mezőgazdasági: 1 000 eFt/év							
K – H: 10 évre							
Töltőállomás	-102 600	+1873 200	+1552 200	-260 000	+920 000	+1 684 750	+1920 000
Mezőgazdasági	-102 600	- 172 800	+ 1 200	-260 000	- 70 000	+ 133 750	+ 171 000
Haszon: értéknöv.+20 évi haszn.							
Töltőállomás: 10 000 eFt/év	1 188 000	4 488 000	3 938 000	2 288 000	3 388 000	3 954 500	4 169 000
Mezőgazdasági: 1 000 eFt/év	132 000	462 000	400 000	242 000	462 000	423 500	440 000
K – H: 20 évre							
Töltőállomás	+1 085 400	+4073 200	+3452 200	+2028 000	+3208 000	+3901 250	+4120 000
Mezőgazdasági	+ 29 400	+ 47 200	+ 214 200	- 18 000	+ 382 000	+ 370 250	+ 391 000

K – H = költség-haszon mutató (úgy képezzük, hogy a hasznokból levonjuk a költségeket)

A haszon az MNA és a talaj *in situ* vizes mosása esetében 10 év alatt nem képes meghaladni a költséget még a nagyobb hasznot hozó töltőállomás esetében sem. Ezen a nagyobb terület sem segít.

A mezőgazdasági használat csak az *in situ* bioventillációval és adalékokkal intenzifikált kezelés esetén bírja el a remediációt 10 éves használatot figyelembe véve, kis terület esetén. 20 éves használatnál már csak a talajcsere és a vizes talajmosás mérlege negatív, nagyobb talajmennyiségeknél már a talajcsere és az adalékokkal intenzifikált talajmosás is egyensúlyba kerül.

A több hasznot hozó töltőállomáskénti használat 20 éves hasznot figyelembe véve minden esetben pozitív, 10 év viszont itt sem elegendő a „0” változat és a vizes mosás költségének kompenzálására.

Ezek a számok azt mutatják, hogy a kezelési idő lerövidülése, a hasznok mielőbbi realizálása dominánsan befolyásolja a költség-haszon mérleget.

A környezeti kockázat, mint módosító tényező segíthet a közel azonos költség-haszon mérleget mutató technológiák közötti választásban. A 20 éves használatot alapul véve, például a **4a**, **5** és **5a** változatok szinte azonos költség – haszon értéket adtak a nagymennyiségű (16 600 t) talajnál (5. táblázat utolsó sora). A célkockázat is azonos, de **4a** 5 év alatt, **5** 2,5 fél év alatt, **5a** viszont mindössze 1,5 év alatt éri el az elfogadható kockázati értéket, amit úgy is fogalmazhatunk, hogy rendre 5, 2,5 és 1,5 évig nem érik el az elfogadható kockázati értéket. Egyértelmű, hogy ilyen szempontból is az **5a** technológia, vagyis a bioventillációval és természetbarát adalékkal (CD) intenzifikált bioremediáció a legelőnyösebb. Ha azonos időre, pl. 1,5 évre vonatkozóan jellemezzük a kockázatot, akkor még nyilvánvalóbb, hogy erre az időre csak **5a** éri el a célkockázatot, **5** és **4a** még nem, azok maradék kockázata elmaradt haszonként, illetve költségként értékelendő.

A „0” változat esetében akkor lehet döntő a maradék kockázat, ha egyik alternatíva sem hoz pénzben kifejezhető hasznokat, például, ha természeti környezettel, pl. erdő vagy más ökoszisztéma által használt területtel van dolgunk. Ilyenkor a költségekkel szembe csak a kockázat mint potenciális költség megszűnéséből adódó hasznot tudjuk szembeállítani. Ilyenkor a 6. táblázat első költség sorában látható költségkülönbségek („0”: 5 800 eFt, 5: 8 500, 5a: 7 100 eFt) elenyészőek, emiatt nagyon is lehetséges, hogy a 1,5 év utáni maradék-kockázat, mint elmaradt ökológiai haszon (bár nem tudjuk pénzben kifejezni), döntésünket az 5a megoldás felé irányítja, lévén, hogy a „0” változat még további 13,5 évig elfogadhatatlanul nagy kockázatot fog jelenteni, mely az elmaradt haszon, vagyis a költség oldalon jelentkezik, tehát negatívan módosítja az eredményt.