

Foszforgipsz felhasználása talajremediációra

Tervezési feladat, biomérnök, BSc

Készítette:

Bombolya Nelli

Konzulens:

Feigl Viktória

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
2012**

Tartalomjegyzék

<i>1. A foszforforgásról</i>	<i>3. oldal</i>
<i>2. 4 talajremediációs technológia bemutatása</i>	<i>4. oldal</i>
<i>3. Esettanulmány részletes ismertetése</i>	<i>6. oldal</i>
<i>4. Alternatív technológiák</i>	<i>9. oldal</i>
<i>5. Technológiai verifikáció</i>	<i>10. oldal</i>
<i>6. SWOT analízis</i>	<i>11. oldal</i>
<i>7. Összefoglalás</i>	<i>11. oldal</i>
<i>8. Irodalomjegyzék</i>	<i>12. oldal</i>

1. A foszfor-gipszről^[1]

Keletkezés:

A foszfor-gipsz legnagyobb mennyiségben a foszforsav gyártás melléktermékeként keletkezik, a fluorsav (hidrogénfluorid) gyártásánál pedig, mint vegyi gipsz anhidrit módosulat. Csekély mértékben fordul elő még szerves savaknak (borkősav, citromsav, oxálsav) és szervetlen savnak (borsav) a kinyerésekor vagy tisztításakor, kénsavas cserebomlás eredményeképpen. A foszforsavat foszfáttartalmú ásványokból (apatitból) nyerik erős savas feltárással, ezt követi az extrakció és a desztilláció. A vizes eljárás során a trikálcium foszfát tartalmú érchez (a természetben apatitként jelenik meg) vizet és kénsavat adnak, ezt követően az alábbi reakció játszódik le, melynek mellékterméke a foszfor-gipsz, melyet szűrnék és eltávolítanak. $Ca_5(PO_4)_3X + 5 H_2SO_4 + 10 H_2O \rightarrow 3 H_3PO_4 + 5 CaSO_4 \cdot 2H_2O + HX$ ahol az X OH⁻, F⁻, Cl⁻, és Br⁻ Foszforműtrágya égetése során is keletkezhet.

Tulajdonságok:

Veszélyes hulladék a nehézfémek illetve radioaktív anyag-tartalom miatt

Tartalom:

CaO (41%), SO₃ (50,74%), F⁻ (4,91%), SiO₂ (1,38%), P₂O₅ (1,2%), kisebb mennyiségben Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, Na₂O.

Hatása:

Főbb összetevőit tekintve bekerülhet a talaj szervetlen strukturális alkotóelemeibe, beépülhet oxidokba, hidroxidokba és agyagásványokba, a víz, a levegő, a többi talajösszetevő, valamint a biológiai rendszer hatására. Ilyen értelemben a környezetre káros hatásokat nem gyakorol, de radioaktív elemtartalma miatt a radioaktív elemek aktivitáskoncentrációja több nagyságrenddel meghaladhatja a természetben előforduló anyagokét és ez veszélyt jelenthet az emberi egészségre

Felhasználás:

1. Talajjavításra: Előkezelve 4% Ca(OH)₂-dal, javítja a talaj kémiai és biológiai tulajdonságait, és a zöldségtermelés hatékonyságát szabadföldön .
2. Talajba keverve (10%) növeli a talaj kálium- és foszfor-tartalmát, enzimaktivitását és mikrobiológiai aktivitását
3. Kalcium-tartalma miatt használják kalciumpótlásra mezőgazdasági talajba.
4. Javítja a talaj vízháztartását, vízfelvevő és víztartó képességét. Poliamidakril (PAM) és foszfor-gipsz (PG) talajba keverve (PAM: 2 g/m², PG: 200 g/m²) csökkenti a vízpárolgást a talaj felszínéről és javítja a talaj vízvezető képességét

5. Duzzadó és nem duzzadó talajok fizikai stabilizálása erőművi pernye, cement és foszfor-gipsz keveréssel: csökkenti a talaj plaszticitását, növeli a talaj egyirányú nyomószilárdságát és csökkenti a talaj optimális nedvességét
6. Eróziógátlásra is alkalmas
7. Aranybányászat, aranyfeldolgozás által környezetet (talajt) szennyező higany kémiai stabilizálása foszfor-gipsz és szulfátredukáló baktériumok alkalmazásával

2. 4 talajremediációs technológia rövid bemutatása:

A) Talajba keverve (10%) növeli a talaj kálium és foszfor-tartalmát, enzimaktivitását és mikrobiológiai aktivitását ^[2]

Hely: Paradeep, Orissa, India

Probléma: Meddő talaj

Technológia: Összegyűjtöttek adott mennyiségű foszfor-gipszet a közeli foszfát műtrágya gyár lerakatóból. Ezt napon szárították és porították a talajjavításhoz. A meddő talajt egy mezőgazdasági területről gyűjtötték be. 2 kg talajhoz (melyeket műanyag zsákokban tároltak) adagolták az 5, 10, 15 és 20%-os foszfor-gipszet. Valamint volt egy kontroll, melyhez nem adtak semmit. Mindenből három példányt vizsgáltak, azaz külön műanyag zsákokban inkubálták őket 28 napon keresztül, szobahőmérsékleten (25±2°C) 20%-os szabályozott nedvességtartalom mellett.

Eredmények: Megvizsgálták az alábbi paramétereket: pH, szerves szén-tartalom, nitrogén-, foszfor-, kálium-tartalom, valamint mikrobiológiai paraméterek, mint: baktériumok teljes száma, gomba kolóniák, és három talaj enzim, az invertáz, amiláz, celluláz aktivitásának vizsgálata. Mindezt laboratóriumi körülmények között vizsgálták. 28 napig 7 napos intervallumokban végezték az elemzéseket.

pH: az inkubáció alatt nem változott (ez igaz a nitrogénre, káliumra, foszforra is), azonban ha növelték a foszfor-gipsz mennyiségét, a pH savasabb lett. Ezzel együtt nőtt a foszfor, szulfát, kálium, kalcium és magnézium mennyisége is.

Szerves szén-tartalom: Mindegyik mintánál csökkent egészen a 28. napig. A legnagyobb csökkenés 10 és 15%-nál volt megfigyelhető.

Baktériumok és gombák száma: Mindkettőre jellemző, hogy az 1. naptól a 21. napig növekedett a számuk, majd onnan csökkent. A maximális baktérium szám 10%-os foszfor-gipsznél volt megfigyelhető, a minimális 20%-osnál a 21. napon. Gombáknál a maximum 10%-nál volt a 21. napon, a minimum 20%-nál, a 28. napon. A baktériumok és gombák száma 10%-os foszfor-gipsz tartalomnál volt maximális, ami megmagyarázza az ekkor fellépő szerves szén-tartalom csökkenést.

Enzimaktivitás: Maximális 21. napon, minimális a 28. napon volt, mindhárom enzim esetében
Amiláz: Maximális aktivitás 10%-os foszfor-gipsznél, minimum a kontrollban volt

Invertáz: Maximum a 21. napon volt a kontrollban, minimum 20%-nál volt a 28. napon. Megjegyzendő, hogy az inkubálás során az invertáz aktivitása nem volt kiemelkedő.
Celluláz: Maximum a 21. napon, 10% mellett, minimum a kontrollban a 28. napon.

B) Előkezelve 4% Ca(OH)_2 -dal, javítja a talaj kémiai és biológiai tulajdonságait, és a zöldségtermelés hatékonyságát szabadföldön ^[3]

Hely: Kína

Cél: Javítani a talaj biológiai/kémiai tulajdonságait, alkalmassá/ jobbá tenni a növénytermesztés szempontjából

Technológia:

A foszfor-gipszet Ca(OH)_2 -dal keverték össze, 0–5% -os koncentrációban. 4%-os keveréket készítettek alkalizált foszfor-gipszből és Ca(OH)_2 -ből, melyet alkalmaztak a talaj mikrobiológiai és kémiai tulajdonságainak javítására és a kínai káposzta jobb növekedésének biztosítására.

Eredmények: A talaj pH-ja növekedett a hozzáadott alkalizált foszfor-gipsztől, és csökkent a kezeletlen foszfor-gipsz hozzáadásával. A növények számára elérhető foszfor, vízoldható szulfát, és felhasználható kálium, kalcium, magnézium mennyiség jelentősen megnövekedett az alkalizált és kezeletlen foszfor-gipsz hozzáadásával. A mikrobiális szén biomassza, és nitrogén koncentrációk, a talajban lévő enzimek aktivitása és a kínai káposzta növekedése sokkal jobb volt alkalizált foszfor-gipszsel, mint a kezeletlen típussal. Ebből arra lehet következtetni, hogy az alkáli sókkal kevert foszfor-gipsz hasznos lehet a mezőgazdaság számára.

C) Duzzadó és nem duzzadó talajok fizikai stabilizálása erőművi pernye, cement és foszfor-gipsz keverékkel: csökkenti a talaj plaszticitását, növeli a talaj egyirányú nyomószilárdságát és csökkenti a talaj optimális nedvességét ^[4]

Hely: Törökország

Technológia: Cementet, pernyét és foszfor-gipszet alkalmaztak talajok stabilizálására. A kezelés általánosságban véve csökkenti a plaszticitási indexet.

Eredmények: A maximum száraz tömegek növekedtek, ahogy a cement és foszfor-gipsz mennyisége növekszik a talajban, de csökken a pernye mennyiségének növelésével. Általánosságban véve a stabilizált talaj optimális nedvesség tartalma csökkent a hozzáadott cement-pernye-foszfor-gipsz keveréktől. Az egyirányú nyomószilárdság minden esetben kisebb volt a kezeletlen talajon a kezeltékhez képest. A cement-tartalomnak lényegesen nagyobb befolyása volt, mint a pernye-tartalomnak. A két melléktermék, az erőművi pernye és a foszfor-gipsz használatával egy igen olcsó és előnyös keveréket nyerhetünk.

D) Aranybányászat, aranyfeldolgozás által környezetet (talajt) szennyező higany kémiai stabilizálása foszfor-gipsz és szulfát-redukáló baktériumok (SRB) alkalmazásával^[5]

Hely: Carrasquero, Venezuela

Probléma: Higannyal szennyezett talaj

Technológia: Higany oldhatatlanná (HgS) alakítása foszfor-gipszszel, illetve szulfát-redukáló baktériumok segítségével. Laboratóriumi és valós körülmények között (kisméretű talaj parcellákon) végeztek elemzéseket.

Eredmények: Bizonyították, hogy a foszfor-gipsz ugyanolyan alkalmas a higany-megkötésre, mint más szervesetlen szubsztrátok, mint például a kaolin vagy a hematit.

Sőt mi több, a szulfát-redukáló baktériumok is részt vehetnek a detoxifikálásban a talajban lévő higany oldhatatlan higany-szulfáttá való átalakításával. A foszfor-gipsz és SRB-ok együttes használata lehetővé teszi az érintett területek integrált helyreállítását. Az alábbi tanulmányban szó lesz arról, hogy az SRB-kal való talaj-beoltás sikertelen lehet akkor, ha másmilyen baktérium fajtákkal versengés lép fel. Ezért fontos, hogy tanulmányozzák a baktérium flórát az adott talajban, mielőtt bármit beoltanának.

3. Esettanulmány részletes bemutatása

Higany megkötése Venezuelában foszfor-gipsz és szulfát-redukáló baktériumokkal

A foszfor-gipsz főként kalcium-szulfátot tartalmaz. Ez az anyag alkalmas lehet fém-szennyezett talajok remediációjára. Főleg a veszélyes higanyra jó, mely elsősorban az aranybányászat miatt kerül a talajba. A higanyt az apró arany szemcsék kinyerésére használják a szétőrölt kövekben, mely azután a talajba, illetve a folyókba kerül.

Venezuela a XVIII. században a bányászat központja volt. Nagyjából 1 kg higany minden kiló kinyert arany után eltűnt, és a talajban valamint folyókban halmozódott fel. A Carrasqueróban lévő 3 bányászati területen a talaj higanytartalma elérte az 50 mg g⁻¹-t. Ez már potencióális veszélyt jelent a környezetre.

A talajban a higany általában Hg²⁺ ion formában fordul elő. A higany elemmé való redukciója egyszerűen megoldható biológiai vagy kémiai reakciókkal. Anaerob körülmények között a mikroorganizmusok metilálni képesek a higanyt, és ezzel egy illékony szerves-higany keveréket alkotnak. Ennek ellenére anaerob körülmények között a Hg²⁺ átalakulhat oldhatatlan HgS-dá. Aerob körülmények között, oxidált állapotban (Hg²⁺) stabil Hg¹⁺ komplexeket alkot fenol-, és karboxil-csoporttal, melyek a szerves összetevőkből származnak.

Szervesetlen és szerves összetevők is képesek megkötni a higanyt, tehát használhatóak talajjavításra. A foszfor-gipsz általában talaj tápanyagpótlásra és sós talajok nedvesítésére használatos.

Ezen kívül a higany vegyületeinek oldhatatlanná tétele például HgS formájában jó módszer a mobilis higany mennyiségének csökkentésére. A HgS előállítására képesek a SRB-ok. Ezek az organizmusok kizárólag anaerob körülmények között fordulnak elő, nem képeznek spórákat és képesek H₂S előállításra. Ezek a jellemzők arra használhatóak, hogy jelezzék az ilyen mikroorganizmusok jelenlétét, vas-sók felhasználásával elkülönített táptalajban, ugyanis ekkor megjelenő fekete szín a FeS jelenlétére utal.

Tehát, a cél az, hogy megbecsüljék a különböző szerves anyagok képességét a higany megkötésre és izolálják azon SRB-okat, melyek a jövőben használhatóak lesznek az érintett szennyezett területek (fizikai-kémiai-biológiai) rehabilitációjára.

Felhasznált anyagok és módszerek

A higany megkötésére szubsztrátnak kaolint (hidrogénezett alumínium-szilikát), goetit és hematitot (többnyire vas-oxid) használtak a foszfor-gipsz mellett. Ezek az anyagok nagy mennyiségben fordulnak elő a venezuelai talajokban.

20 mg szubsztrát nedvesítéséhez 20 ml $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 5-ös pH-jú oldatot használtak. Az oldatokat folyamatosan keverték és mintát vettek fél, 1, 2, 4 és 6 óránként. A mintavétel előtt minden mintát 4000 g-n centrifugáltak 5 percig és a felülúszót vették le. Ezek után újabb 20 ml Hg-oldatot adtak minden mintához. A Hg-tartalmat AMA 254 Hg- elemző készülékkel vizsgálták.

Üledék vizsgálata és a SRB izolálása

Az üledékből vett minták 17 bányászati területről származtak El Callao környékéről (Venezuelai Guyana). A mintákat tavak üledékéből vették és műanyag konténerekben tárolták 4°C-on, majd a laboratóriumba szállították. Minden üledék mintából 10 ml-t vettek. Ezek után beoltották a speciális tápközegeket az SRB-k izolálása végett 1:10 arányú hígítással a MPN módszer szerint. Az állapotok ugyanazok voltak a beoltás előkészítése előtt, alatt és után, köszönhetően az anaerob kamrának, melyben CO_2 gáz és N_2 gáz volt jelen. Ezek után a kémcsöveket anaerob körülmények között inkubálták 2 héten keresztül 25°C-on.

A kémcsövekben fekete elszíneződést tapasztaltak az inkubálás után. Ez pozitív eredménynek minősült, hiszen a SO_4^{2-} -redukció az SRB-knek köszönhetően jött létre, és a fekete szín a FeS-ra utalt.

Beoltás a szabadföldön

El Callao zónában egy kísérleti területet terveztek annak érdekében, hogy megbecsüljék a SRB-ok populációit miután foszfor-gipszet adagoltak a talajhoz. Ezt a területet egy bányászati területhez közel alakították ki. A terület összesen 4 m²-es volt, 1 m²-ként volt tagolva. Minden parcellát különböző módon kezelték. Az első alegységet baktériumokkal kezelték ($1,2 \times 10^5$ sejt/g) +foszfor-gipsz (300g), a másodikat sima gipsszel, a harmadikat csak baktériumokkal ($1,2 \times 10^5$ sejt/g) és a negyediket kontrolnak hagyták.

Monitoring

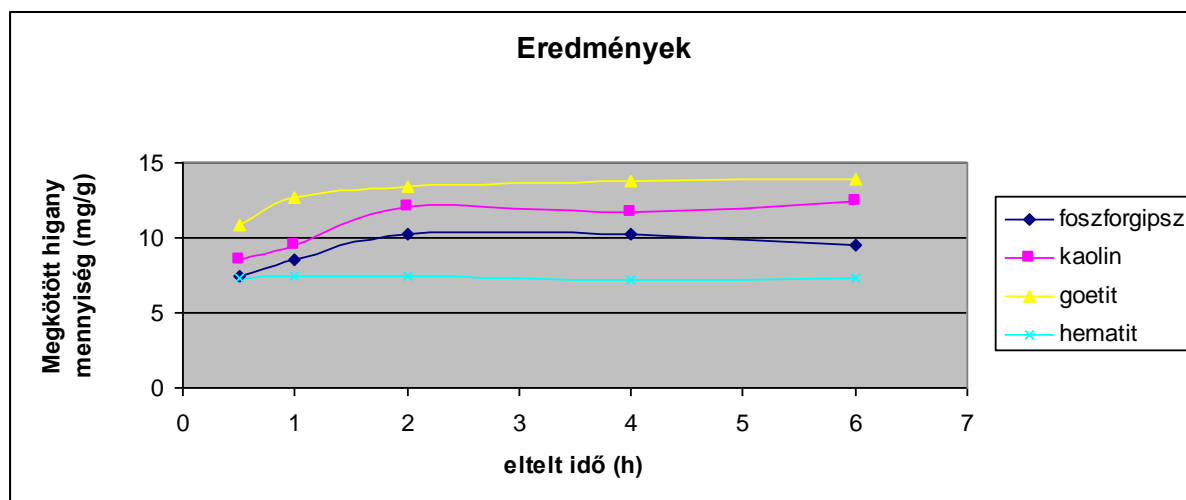
A baktériumok izolálása anaerob körülmények között folyékony tápközegben történt, a sejtek számlálása pedig MPN módszerrel.

Eredmények

Laboratóriumi körülmények között 20 mg telített foszfor-gipsz oldattal 20 ml 40 ppm $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ - oldatból maximálisan 10,3 mg higanyt köt meg 1 g foszfor-gipsz. A laboratóriumi elemzések eredményeit az **1. táblázatban** rögzítették. Ezek szerint a foszfor-gipsz ugyanolyan alkalmas a talajban lévő higany megkötésére, mint a többi szubsztrát.

1. táblázat: A szubsztrátok higany megkötő képessége mg/g értékben.

Time (h)	Phospho-gypsum	Kaolin	Goethite	Hematite
0.5	7.5	8.5	10.8	7.3
1	8.5	9.5	12.7	7.4
2	10.3	12.1	13.4	7.4
4	10.2	11.7	13.8	7.2
6	9.5	12.5	13.9	7.3



1. ábra: A diagramon a szubsztrátok higanymegkötő képessége látható az eltelt idő függvényében. Látható, hogy a foszforgipsz ugyanolyan alkalmas a higany megkötésére, mint a kaolin, goetit, vagy hematit.

A szabadföldön végzett kísérletekben a nem kezelt alegység és a foszforgipszrel kezelt területek ugyanolyan eredményt hoztak SRB-ok fejlődési mintáját illetően. A maximumot a 30. naptól kezdve figyelték meg, valószínűleg a klíma és környezeti feltételek eddigre váltak optimálissá. Azonban a nem kezelt területeken a sejtszám 10-szer magasabb volt.

Mind a baktériummal beoltott, mind a foszforgipszes+baktériumos talajokban az SRB populáció kicsi volt. Ez biztosan nem a foszforgipsz jelenléte miatt volt, hiszen a kettős kezelés végén SRB szám növekedést figyeltek meg.

Előző kutatások alapján az SRB populáció mennyisége 1 gramm talajban 10^4 – 10^3 sejt, mely néhány millióra növekedhet grammonként közel két hét alatt, elárasztott talajban. Ennek ellenére jelen kutatás szerint csökkent a sejtszám az elárasztás után. Ennek oka valószínűleg valamilyen más kompetitív baktérium jelenléte a talajban. Friss kutatások kimutatták, hogy az SRB-innokulumok, melyeket szelektív tápközegben inkubáltak anaerob körülmények között, tartalmaztak még legalább két fajta aerob baktériumot, melyek képesek voltak oxigén jelenlétében gyorsan szaporodni.

Tehát laboratóriumi körülmények között a foszforgipsz és a SRB-ok alkalmazása is hatásosnak bizonyult. Azonban szabadföldön a SRB-ok alkalmazásával sokkal több befolyásoló tényezőt figyelembe kell venni, mint például a más baktériumok jelenlétét.

4. Alternatív megoldások higannyal szennyezett talaj remediációjára^[6]

A következő megoldások léteznek a higany talajból való eltávolítására:

Kiásás és kezelés: Ezek a leggyakrabban alkalmazott módszerek. Annak ellenére, hogy a földmunkálatok nehézkesek és költségesek, mégis ez az egyik legtöbbet alkalmazott megoldás. Ezen belül három típust különböztetünk meg:

- Fizikai elkülönítés
- Hőkezelés
- Hidrometallurgiás kezelés

***In situ* kezelés:** Nem olyan kidolgozottak a technológiák, mint az előzőekben említett *ex situ* technológiák esetében. Ennek ellenére számos módszer ígéretes, hiszen a szennyezések nagy része föld alatti, így ez a típusú kezelés sokkal olcsóbb és praktikusabb, mint a földmunkálatok.

- Talaj gőz extrakció összekötve talajmelegítéssel
- Permeábilis reaktív falak
- *In situ* öblítés és extrakció
- Elektrokinetikus elválasztás
- Kondenzációs rendszerek
- Fitoremediáció
- Passzív remediáció - lápos területek esetén

Elkülönítés: Sok esetben nem kivitelezhető és gazdaságtalan is, de a környezeti kockázatok érdekében sokszor mégis megéri alkalmazni őket.

- Pump and treat
- Impermeábilis gátak, felszínzárás, és lecsapolás
- Stabilizálás és szilárdítás
- Üledék lefedés

4.1. Választott alternatívák:

1. Hőkezelés

Ahogy a Hg és vegyületeinek illékonysága nő a hőmérséklettel, a kiásott talajok hőkezelése valószínűleg hatásosak lehetnek a Hg talajból való kivonására. Hempel és Thoeming ^[7] megállapították, hogy minden Hg vegyület elpárologtatható 600°C alatt, amennyiben nincs jelen HgO, 250°C is elég. Matsuyama és munkatársai^[8] állítása szerint az alacsonyabb hőmérsékleten való kezelés megfelelő módon segíthet a Hg kinyerésében, míg a költségek és a negatív hatások szintje alacsonyabbak. 200–210°C-on, még a stabilabb HgS is elkezd párologni. Amennyiben katalizátort, konkrétan vas-kloridot alkalmaznak, a Hg visszanyerés hatékonysága 50%-ról 99,5%-ra növelhető egy órás kezeléssel, 300°C-on.

2. Fitoremediáció

Ez egy igen ígéretes, de még nem teljesen kidolgozott technológia, ahol növények veszik fel és koncentrálnak a fémeket a talajból. A fém kihozatal rendszeresen aratáskor illetve növények égetésekor történik. Azokat a növényeket, melyek lényeges mennyiségű fémeket tudnak megkötni a talajból, a „hiperakkumulátorok”, lehetnek specifikusan fém extrakcióra kitenyésztett fajok, vagy eleve adott fémek mérgező hatásával szembeni rezisztenciával rendelkező fajok. Ez a technológia igen költséghatékony lenne, különösen sekély talajokban, nagy kiterjedésű területek esetén, de az élővilág korlátozott hozzáférése és a felszedés időigényessége miatt meggondolandó.

3. Pump and treat ^[9]

Gyakran alkalmazott, költségkímélő alternatíva. A tároló vagy rendszer jellemzőitől függően az érintett területek eltávolítása nem mindig lehetséges és hidraulikus elkülönítés szükséges ahhoz, hogy a környezetet megóvják. Mivel a szennyezett terület nagy része a felszín alatt van a pump and treat rendszernek folyamatosan kell működnie, hogy megelőzze a területen kívüli szennyeződést. A rendszerhez szükséges létrehozni egy úgynevezett extrakciós kutat, ami a vízfelszín alatt a szennyezett területen belül, vagy attól kissé lefelé irányul. Ahogy az extrahált vizet a felszínen kezelik, a kút elhelyezését és a pumpálási fokot úgy kell megválasztani, hogy magába foglalja a szennyezett talajvizet, de a tiszta vízből minél kevesebb fogjon fel. A monitoring kutak a szennyezett terület köré vannak installálva, hogy meg tudják állapítani a szennyezettséget és megbecsülhessék a hidrogeológiai állapotot.

5. Technológiai verifikáció

Anyagmérleg: Laboratóriumi körülmények között 20 mg telített foszfor-gipsz –oldattal és 20 ml 40 ppm Hg(NO₃)₂- oldattal maximálisan 10,3 mg/g Hg-t sikerült visszanyerni.

Technológiai kockázatok: A foszfor-gipsz radioaktivitása és a nehézfémek jelenléte miatt veszélyes lehet az emberre, radioaktív elemtartalma dózistöbbletet okozhat. Megfelelő mennyiségben kell alkalmazni a foszfor-gipszet a kellő hatékonyság eléréséhez – a visszamaradó mobilis higany kockázatot jelent. Túl nagy mennyiségben a talaj savanyodását okozhatja.

Gazdasági értékelés: A becsült anyagköltség viszonylag alacsony, hiszen a foszfor-gipsz nagy mennyiségben előforduló hulladék.

1 m³ talaj 1600 kg talajnak felel meg. Ebben a venezuelai adatok alapján 0,08 kg Hg van 1 m³ talajban. 50 cm mély talaj esetén 1 ha 400 kg Hg-t tartalmaz. Ennek megkötésére nagyjából 40 t foszfor-gipsz szükséges.

Mélysántás, bekeverés, bér munka ára ^[10]: 100000Ft/ha

Szállítási költség: 13500Ft/ forduló -> 2 forduló: 27000 Ft

Anyagköltség ^[11]: 13 USD /tonna foszfor-gipsz

40 t -> ~120000 Ft

Összköltség 1 ha esetén: ~250.000 Ft

6. SWOT

Előnyök:

- A technológia hatékonynak bizonyult laboratóriumi körülmények között
- Nincsen a környezetre káros anyag használat.
- A foszforátszennyező egy nagy mennyiségben előforduló melléktermék, így nagyon olcsó is.
- A foszforátszennyező hatékonysága ugyanolyan alkalmas nehézfém megkötésre, mint más szervetlen anyagok.
- Hulladék újrahasznosítás
- Az alternatív technológiákhoz képest kevésbé időigényes, és a foszforátszennyező nem igényel utókezelést.
- A foszforátszennyező még tápanyagpótlásra is alkalmas. A nehézfémekkel szennyezett és tápanyaghiányos talajokat egy lépésben lehet kezelni foszforátszennyezővel.

Hátrányok:

- A technológiát módosítani kell a szabadföldön való kivitelezés érdekében.
- Az oldhatatlanná tett higany vegyületeket el is kell távolítani a talajból, ami hosszadalmassá teheti a kivitelezést
- A foszforátszennyező nagy mennyiségű felhasználása emberre veszélyes lehet, ha a radioaktív anyag és nehézfém tartalma meghaladja az emberre káros határértékeket.

Lehetőségek:

- Sok lehetőséget tartogat, hiszen akár más nehézfémek megkötésére is alkalmas lehet ez a technológia.

Veszélyek:

- A foszforátszennyező radioaktivitása, illetve nehézfém tartalma miatt veszélyes lehet az emberi egészségre, még ha a környezetre közvetlenül nem is veszélyes.

7. Összefoglalás

A fent bemutatott tanulmány bizonyítja, hogy a foszforátszennyező hatékonyan bizonyult nehézfém által szennyezett talaj helyreállításában. Tekintve, hogy a foszforátszennyező igen nagy mennyiségben keletkező hulladék, felhasználása nemcsak a talajjavításban, de környezetvédelmi szempontból is nagyon előnyös. A foszforátszennyező felhasználása talajremediációra további lehetőségeket tartogathat.

8. Irodalomjegyzék

- [1.] http://mokkka.hu/db1/rec_list.php?db_type=mysql&lang=hun&sheet_type=36&datash eet_id=1219&sorszam=1219&order=sorszam&sheet_type_filter=0&sheet_lang_filter=H U&alluser_filter=
- [2.] Soumya Nayak, C.S.K.Mishra, B.C. Guru, Monalisa Rath (2011) Effect of phosphogypsum amendment on soil physico-chemical properties, microbial load and enzyme activities. *Journal of Environmental Biology*, 32, 613–617
- [3.] Lee Chang Hoon, B.Y. Ha, Y.B. Lee and P.J. Kim (2009) Effect of alkalized PG on soil chemical and and biological properties. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 40, 2072–2086
- [4.] N. Degirmenci, A. Okucu, A. Turabi (2007) Application of phosphogypsum in soil stabilization, *Building. Environ.*, 42 (9), 3393–3398
- [5.] Adams, E.; García-Sánchez, A.; Santos, F.; Velázquez, E.; Adams-Meléndez, M.(2007) Immobilization of mercury in soils of Venezuela using phospho-gypsum and sulphate-reducing bacteria, *First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization Developments in Plant and Soil Sciences*, 2007, Volume 102, 333–336
- [6.] Proc. NIMD (National Institute for Minamata Disease) Forum 2001. Mar. 19-20, 2001, Minamata, Japan ,Mercury Contaminated Sites: A Review of Remedial Solutions
- [7.] Hempel, M., and Thoeming, J., 1999. Remediation Techniques for Hg-Contaminated Sites. In:Mercury Contaminated Sites, Characterization, Risk Assessment and Remediation. R.Ebinghaus, R.R. Turner, L.D. de Lacerda, O. Vasiliev and W. Salomons (Eds.), SpringerPublishing, New York, NY., p. 113–130.
- [8.] Matsuyama, A., Iwasaki, H., Kigaki, K., Yabuta, H., Sano, T., and Akagi, H., 1999. Study on the Remediation Technology of Mercury-Compound Contaminated Soil by Low Temperature Thermal Treatment. In: Mercury Contaminated Sites, Characterization, Risk Assessment and Remediation. R. Ebinghaus, R.R. Turner, L.D. de Lacerda, O. Vasiliev and W. Salomons Eds.), Springer Publishing, New York, NY, p. 421–440.
- [9.] Domenico, P.A. and Schwartz, F.W., 1998. *Physical and Chemical Hydrogeology*. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 506p
- [10.] <http://www.haszon.hu/agrar/mezogepek/622-ennyibe-keruel-iden-a-bermunka.html>
- [11.] http://www.alibaba.com/product-free/11043064/Phospho_Gypsum_Calcium_Sulfate_Dihydrate_.html