



Debrecen Egyetem  
Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és  
Környezetgazdálkodási Kar



Pannon Egyetem  
Georgikon Kar



# Agrár-környezetvédelmi Modul Talajvédelem-talajremediáció

**KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI MÉRNÖKI MSc**  
**TERMÉSZETVÉDELMI MÉRNÖKI MSc**



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



# In situ és ex situ kémiai kármentesítési eljárások II. 67.lecke



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



# Kémiai extrakció

- A kémiai extrakció **ex situ** kémiai kezelés (kitermelés szükséges), szennyezett talajok, üledékek és iszapok kezelésére alkalmas. A kémiai extrakció során a szennyezett talajt és az extrahálószer összekeverik egy extraktorban, ahol a szennyező anyag kioldódik a talajmátrixból. Az extraktumból ezt követően egy szeparátorban elválasztják a szennyező anyagot az extrahálószerrel, előbbi további kezelésre kerül, utóbbi újrafelhasználásra.
- A kémiai extrakció során a szennyező anyagok nem bomlanak le, a szennyező anyagoknak a talajtól, üledéktől, illetve iszaptól való elválasztása történik csak, amely során a szennyezett közeg térfogata csökken. Az extrakció során szemben a talajmosással az extrahálószer nem víz vagy adalékokat tartalmazó víz, hanem egyéb extrahálószer.
- A fizikai méret szerinti szétválasztás gyakran megelőzi a kémiai extrakciót, mivel a szennyező anyagok a finom talaj-frakcióban adszorbeálódnak legnagyobb mértékben, a szennyező anyag legnagyobb része a kicsi, de nagy felületű talajrészecskéken jellemző.





- Extraháló szerekként savak is alkalmazhatók. Nehézfémekkel szennyezett talajok extrakciójához hipoklórossavat alkalmazunk, miután a durva szemcséket eltávolítottuk. Az extrahálószer talajban való tartózkodási ideje változó, függ a talaj típusától, a szennyező anyag sajátosságaitól és koncentrációjától, de általában 10-40 perc. A keveréket folyamatosan szivattyúzzák ki a keverő tartályból, majd a fázis-szétválasztást hidrociklonokban végzik. A talajt ezt követően vízzel mentesítik a maradék savtól és a fémektől. A mosóvizet fémekkel csapadékot képző anyagok, pl.: nátrium-hidroxid vagy mészkő hozzáadásával, flokkuláló szerek adagolása mellett regenerálják. A talaj víztartalmát csökkentik, majd mésszel semlegesítik.



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



- Extraháló szerekként szerves oldószereket is alkalmaznak, és a technikát gyakran együttesen alkalmazzák a szilárdítási/stabilizálási, égetési, talajmosási technológiákkal helyszín-specifikusan. A szerves vegyületekkel kötésbe lépő fémek ily módon is kivonhatók a szennyezett talajokból, az extraktumot ezt követően tovább szükséges kezelni. A talajban kezelés után maradhat kis mennyiségben az extrahálószerből, így annak toxicitása jelentős kérdés. A kezelt talajt általában visszajuttatják eredeti helyére, amennyiben minősége megfelel az előírásoknak.
- A talajextrakció alkalmazható pl.: PCB-k, illékony szerves vegyületek, halogénezett oldószerek és kőolaj-származékok esetén is.



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



- Az eljárás hatékonyságát és alkalmazhatóságát behatóróló tényezők a következők:
- A technológia hatékonysága függ a talajtípustól és a nedvességtartalomtól;
- A magas agyag-tartalom csökkenti a hatékonyságot, és hosszabb extrakciós idő szükséges;
- A szerves extrahálószerrel komplex kötésbe lépő fémek a szerves szennyező anyagokkal együtt extrahálhatók;
- A toxikus extrahálószer alkalmazását kerülni kell;
- Az oldószeres extrakció általában kevésbé hatékony, ha nagy molekulású és hidrofil sajátságú szerves vegyület a szennyező anyag;
- A technológia alkalmazása nagyobb léptékben költség-hatékony;
- Nehézfém-szennyezések esetében a szigorú határértékek betartása miatt az eljárás gazdaságtalan lehet.





- Fontos talaj-tulajdonság, amelyet meg kell határozni a technológia alkalmazása előtt: a szemcseméret-eloszlás, a pH, a szennyező megoszlási hányadosa, a kationcsere-kapacitás, a szervesanyag-tartalom, a nedvesség-tartalom és a fém-, illékony anyag, agyag-, illetve anyagkeverék-tartalom.
- Elterjedt megoldás a fémek oldat fázisba történő előzetes extrahálása a talajzagyból, majd szeparálás utáni elkülönítés.
- Az alábbiakat kell vizsgálni a technológia alkalmazhatósága érdekében:
  - jellemző megoszlási koefficiensek a fémekre a talaj/víz rendszerben és ezeket befolyásoló tényezők,
  - lehetséges fém extraháló szerek,
  - extraháló szerek toxicitása és biodegradálhatósága,
  - a talajban és az extraháló szerben maradó fémkoncentrációk összehasonlítása az elfogadható talaj nehézfém szintekkel és az oldatban lévő mikroorganizmusok tűrőképességével
  - technikai és gazdasági paraméterek.



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



- A fémekkel szennyezett talajok kezeléséhez fontos megbecsülni a szennyező fémek formáját és koncentrációját. Magas fém-koncentráció esetén csapadék képződik, amit elsősorban a talaj aktuális pH értéke befolyásol.
- A talajban aerob viszonyok esetében oxidok, hidroxidok, alacsony redoxi potenciál mellett a pH-tól függően, hidrogén-szulfid ionok képződnek, mely fémszulfid-kicsapódást okozhat.
- Karbonátok a CO<sub>2</sub> parciális nyomásától és pH-tól függően mindkét előbbi körülmény mellett képződhetnek. A fémek főbb megkötődési folyamatai közé tartozik még a specifikus kationcsere, vagy az adszorpció a talaj szerves anyagán, agyag ásványokon és fénoxidok felületein







- Kadmium
- A kadmium a talajokban kötődhet a talajásványokon, a szerves anyagon és a Fe, Mn és az Al oxidokon, hidroxidokon. A kadmium kicsapódhat karbonát formában (pl.: homokban, magas pH-n, ártérnél), valamint szulfátok, foszfátok és ferrocianát alakjában. Anaerob viszonyok között a Cd korlátozottan oldható. A Cd oldhatóságát legjelentősebben a pH befolyásolja a talajban. Ha a pH 1 nagyságrenddel megnő, akkor a megkötődés 3 nagyságrenddel nő meg (Christensen, 1989). Ha nő a Ca, Ni, főleg a Zn és a Cu koncentrációja, csökken a Cd megkötődése. Végül a Cd képezhet szerves és szervetlen komplexeket, ami növeli a talajoldat koncentrációját.
- Nikkel
- A Ni megkötődését a talajban a növekvő pH-érték fokozza. Alacsony redoxi potenciálon a Ni mint szulfid vagy mint összetett nikkel-vas-szulfid képez csapadékot. A Ni viszonylag stabil komplexet képez a kloriddal, a nitráttal és az ammóniával (Kabata-Pendias és Kabata, 1984).



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



- Ólom
- Aerob körülmények között az Pb főleg mint klór-piomorfit ( $Pb_3(PO_4)Cl$ ), hidroxí-piomorfit és mint hidroxí-karbonát csapódhat ki a talajban. Anaerob körülmények között a Pb főleg szulfid tartalmú vegyületeket képez (Nielsen és Christensen, 1987) Az Pb szorpciója főleg Fe, Mn és Al oxidokon lehetséges, amely függ a pH-tól és a talaj Ca tartamától (Adriano, 1986). A szorpciót az oldhatatlan szerves anyaggal és az oldható szervesetlen klorid és szulfát vegyületekkel való komplex képzése is csökkenti. Az ólomnak csak jelentéktelen része marad oldott formában a talajban (Kabata-Pendias és Pendias, 1984).
- Cink
- A Zn talajban jellemző szorpcióját meghatározó tényezők: a pH, a talaj kationcserélő kapacitása, az agyagásvány- és a szervesanyag-tartalom (McBride és Blasiak, 1979). Csernozjom talajon a Zn-et a karbonátot a Zn karbonát és hidroxid csapadékok vagy az oldhatatlan kalcium-cinkát csapadékok tartják vissza. Anaerob körülmények között a Zn szulfid csapadékokat képez.





## Kémiai redukció/oxidáció

- A kémiai redukció, illetve oxidáció **ex situ** kémiai kezelés (kitermelés szükséges), szennyezett talajok, üledékek és iszapok kezelésére alkalmas. A redukció, ill. oxidáció alkalmazása során kémiaiilag módosítják a veszélyes szennyező anyagot nem vagy kevésbé veszélyes anyaggá, amely stabilabb, kevésbé mobilis, és/vagy inert. Az oxidálószer általában ózon, hidrogén-peroxid, hipokloritok, klór és klór-dioxid.
- A technológia leginkább szervesetlen anyagok esetében alkalmazható, kevésbé hatékony a nem halogénezett illékony és közepesen illékony szerves vegyületek, motorhajtó anyagok és növényvédőszeres esetében.





- Az eljárás hatékonyságát és alkalmazhatóságát behatóróló tényezők a következők:
  - A szennyező anyagok nem teljes oxidációja esetében köztitermékek is keletkezhetnek az oxidálószerrel függően;
  - Nagy szennyező anyag koncentráció esetében az eljárás nem költség-hatékony, mivel nagy mennyiségű oxidálószerre van szükség;
  - A szennyezett közeg olaj- vagy zsír-tartalma csökkenti az eljárás hatékonyságát.
- Az eljárás alkalmazása előtt meg kell vizsgálni a víz-, az alkálifém- és a humusztartalmat a talajban, azonosítani kell, ha többfázisú a rendszer, meg kell határozni a teljes szerves halogenid tartalmat, amely meghatározó a szükséges időtartam és költség tekintetében.
- A technológiát ivóvíz és szennyvíz fertőtlenítésére, illetve cianid és króm (VI) oxidálására is használják.



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



# Dehalogénezés

- A dehalogénezés **ex situ** kémiai kezelés (kitermelés szükséges), szennyezett talajok, üledékek és iszapok tisztítására alkalmas eljárás. Halogénezett szerves vegyületekkel szennyezett talajokhoz reagenseket adagolnak, a folyamat során a halogén-tartalmat távolítják el, vagy részlegesen bontják, illetve elpárologtatják a szennyező anyagokat. A szennyezett talajt ledarálják és összekeverik a megfelelő reagensekkel, majd a keveréket reaktorban melegítik.
- A bázis-katalizált bontást az EPA dolgozta ki, amellyel klórozott szerves vegyületekkel, különösen PCB-kel, dioxinokkal és furán-származékokkal szennyezett talaj kezelhető. A darált talajt nátrium-karbonáttal keverik, majd 330°C fölé hevítik a keveréket, miközben a szennyező anyagok részlegesen bomlanak, illetve gázhalmazállapotba kerülnek. A gázokat elvezetik, kondenzálják és külön kezelik.
- A glikolátos dehalogénezés során alkálifém-polietilén-glikolt, leggyakrabban kálium-polietilén-glikolt használnak reagensként, és szintén melegítik a talaj-reagens keveréket. A reakció során dehalogéneződik a szennyező anyag, miközben glikol-éter és/vagy alkohol, valamint egy alkálifém-só képződik, amelyek vízzoldhatók.





- A dehalogénezés rövid vagy közepes időigényű eljárás. Alkalmazható halogénezett közepesen illékony szerves vegyületekkel és növényvédőszerrel szennyezett közegek tisztítására.
- Az alkalmazhatóságot és hatékonyságot behatároló tényezők:
  - Nagy agyag- és nedvesség-tartalmú közegek esetében a kezelési költség magas;
  - Nagy mennyiségű szennyezett közegek kezelésekor a dehalogénezési technológiák nem költség-hatékonyak;
  - 5%-nál nagyobb klórozott szerves anyag tartalmú közegek esetében nagy mennyiségű reagensre van szükség;
  - A bázis-katalizált dehalogénezés esetében a gőz halmazállapotú szennyezők és a por kezelése nehézkes lehet, különösen, ha nagy a talaj nedvességtartalma;
- A kezelhetőség becsléséhez meg kell állapítani a talaj víz-, alkálifém- és humusz-tartalmát, a teljes szerves halogenid tartalmát, valamint több fázis jelenlétét.





# ELŐADÁS ÖSSZEFOGLALÁSA

- A kémiai eljárások közül a kémiai oxidáció, az UV, ózon, hidrogénperoxid alkalmazása a legcélravezetőbb. A dehalogénezés és a kémiai extrakció pedig más talajtisztítási technológiákat előzhet meg (pl. talajmosás, biológiai degradáció). A szilárdítási, stabilizálási eljárások során a cél a szennyezőanyag immobilizáció. A probléma ott adódhat ezzel a technológiával, hogy a stabilizált közeg mennyire ellenálló a környezeti behatások mállasztó, degradáló hatásával szemben.





# ELŐADÁS Felhasznált forrásai

## Szakirodalom:

Tamás J.: 2002. Talajremediáció. Debreceni Egyetem, Debrecen, 1-241.

Filep Gy., Kovács B., Lakatos J., Madarász T., Szabó I.: 2002. Szennyezett területek kármentesítése, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 1-483.

## Egyéb források:

Anton A., Dura Gy., Gruiz K., Horváth A., Kádár I., Kiss E., Nagy G., Simon L., Szabó P.: 1999. Talajszennyeződés, talajtisztítás, Környezetgazdálkodási Intézet, Budapest, 1-219.



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg





# Köszönöm a figyelmet!



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg