



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 I. 66.lecke



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





# Elektrokinetikus elválasztás

- Az elektrokinetikus elválasztás szennyezett talajok, üledékek és iszapok kezelésére alkalmas **in situ** kémiai eljárás. Az elektrokinetikus elválasztás során elektrokémiai és elektrokinetikus folyamatok segítségével a fémeket és a poláris szerves szennyezőket távolítjuk el rossz áteresztő képességű talajokból, iszapokból.
- Az elektrokinetikus mentesítés alapja, hogy a talajba helyezett kerámia elektródák között elektromos potenciálkülönbséget hoznak létre egyenárammal. A potenciálkülönbség mobilizálja a töltéssel rendelkező ionokat, és a fém-ionok, ammónium ionok és más pozitív töltésű ionok (pozitív töltésű szerves vegyületek) a katód felé mozognak.



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





- Az anionok, mint pl. a klorid, cianid, fluorid, nitrát és egyéb negatív töltésű szerves ionok az anód felé vándorolnak. Az elektromos áram hatására az anód körül savas tér, míg a katód körül lúgos közeg jön létre. Ez a savas közeg elősegíti a fém ionok mobilizálását és felhalmozódását a katód körül, valamint a kiválását.
- Két transzport mechanizmust különböztetünk meg: az elektromigrációt és az elektrooszmózist. Az elektromigráció során a töltéssel rendelkező részecskék az oldaton keresztül vándorolnak. Ezzel ellentétben az elektrooszmózis során az oldószer (víz) mozog, az ionok nem. Az eljárás során a meghatározó folyamat az elektromigráció. Az elektrokinetikus szeparáció során vagy eltávolítjuk az elektródákon felhalmozódott fémet, vagy a polaritás változtatásával valamilyen felületen megkötjük a szennyezést.







- Az eljárás hatásfokát és alkalmazhatóságát behatároló tényezők a következők:
  - a hatékonyság jelentősen lecsökken, ha a szennyezett közeg nedvességtartalma 10% alatt van (a legnagyobb hatékonyság 14-18% nedvességtartalom között érhető el);
  - semleges elektródákat mint pl. szén, grafit, platina kell használni, hogy maradék szennyezés ne kerüljön vissza a talajba. A fémes elektródák oldódhatnak az elektrolízis során;
  - a módszer leghatásosabb agyagban, vagy agyagos talajban, az agyagásványok negatív felületi töltése miatt;
  - oxidáció/redukció következtében nem kívánatos melléktermékek is keletkezhetnek (pl. klórgáz);
  - föld alatti fémtárgyak, szigetelőanyagok a vízáteresztő képességet erősen befolyásolják.







- Az eljárás hatáskörét és alkalmazhatóságát behatároló tényezők a következők:
- amennyiben a szennyező-forrás eltávolítása nem történik meg, a kitermelt talajvíz tisztítására nagyon sokáig szükség lesz;
- sokféle fém jelenléte nehézségeket okozhat;
- további tisztítás is szükséges lehet;
- a fémhidroxidok csak megfelelő állapotban (határértékek) rakhatók le;
- a hat vegyértékű króm koagulációt és flokkulációt megelőző kezelése szükséges;
- a folyamat során toxikus iszap keletkezhet;
- a rendszer üzemeltetése drága lehet (drága vegyszerek alkalmazása, gyakori ellenőrzés stb.);
- egyes komplex fémvegyületek kicsapódása nehézkes (cianid, EDTA);
- a folyamat gondosan szabályozandó (pontos adalékolás, oldott sók és polimerek bevitele, pH szabályozás stb.).



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





# Ioncsere

- Az ioncsere szennyezett felszíni, felszín alatti és csurgalékvizek kezelésére alkalmas **ex situ** kémiai eljárás. Az ioncsere során a vizes fázis ionjait az ioncserélő közeg ionjai váltják fel. Ioncserélő közegként különböző gyanták (szintetikus szerves anyagok, szervesetlen természetes anyagok pl. zeolit) szolgálnak. A gyanta kapacitásának kimerítése után az ioncserélő közeg újra felhasználása regenerálás után lehetséges.
- Az eljárás határfokát és alkalmazhatóságát behatóró tényezők a következők:
  - olaj és zsír az ioncserélő gyanta eltömődését okozhatja;
  - 10 mg/l feletti lebegőanyag tartalom a gyanta eltömődését okozhatja;
  - a kezelendő víz pH ja befolyásolja a megfelelő ioncserélő gyanta kiválasztását;
  - a vízben lévő oxidáló anyagok tönkreteszik a gyantát;
  - a reperáció során keletkező szennyvíz kezelése és elhelyezése szükséges.







# Kicsapatás, derítés

- A kicsapatás és derítés szennyezett felszíni, felszín alatti és csurgalékvizek kezelésére alkalmas **ex situ** kémiai eljárás. A kicsapatás során a vízben oldott formában jelenlévő szennyezőket előbb szilárd, nem oldódó, kis átmérőjű szuszpendált részecské alakítjuk (kicsapatás), majd ezen részecskéket fázisválasztásra alkalmassá tesszük (koaguláció, flokkuláció) és eltávolítjuk (ülepítés, szűrés). A szilárd szemcsék méretének növelésével az ülepedés sebessége (flokkuláció) növelhető. A fémek kicsapatása az ipari víztisztításban nagyon régen ismert és alkalmazott módszer. Kicsapatásra és az azt követő derítésre elsősorban nehézfémek és azok radioaktív izotópjainak jelenléte esetén érdemes gondolni.



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



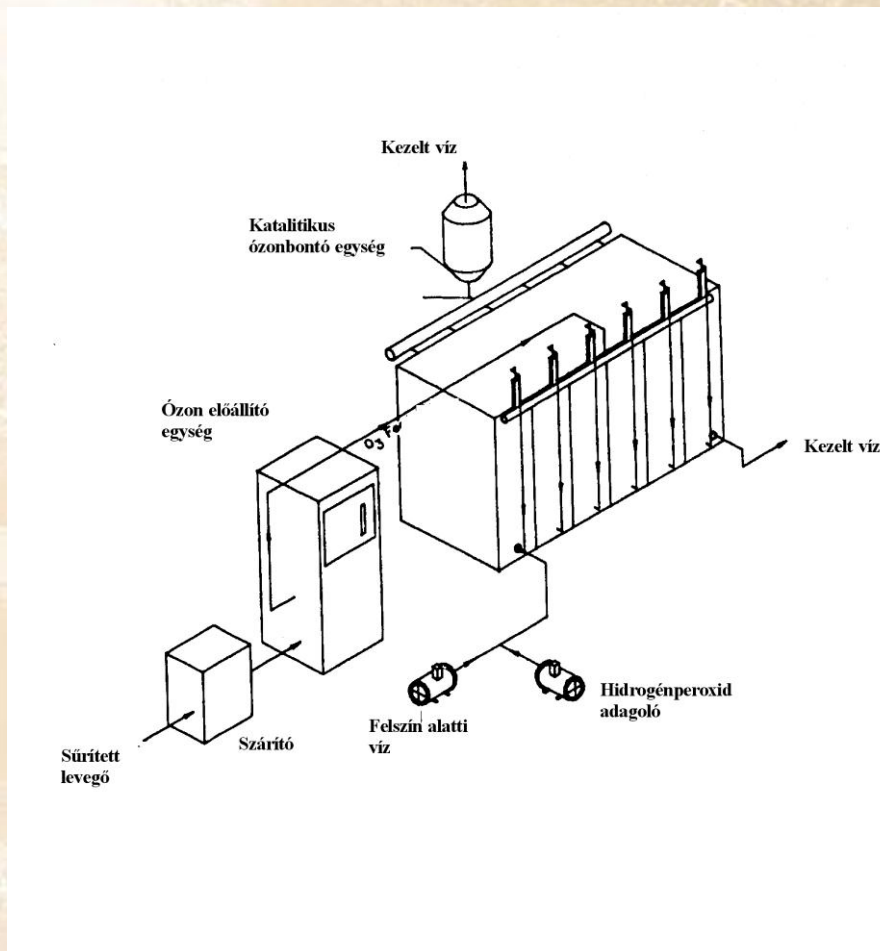


- A fémek kicsapátása során a vízben oldott formában jelenlévő fémsókat kell vízben oldhatatlan sókká alakítani, amelyek fázisszétválasztással eltávolíthatók. A folyamat során általában a pH beállítása, kémiai kicsapató szerek, koagulánsok és flokkuláló szerek alkalmazása szükséges. A fémek általában hidroxidok, szulfidok vagy karbonátok formájában csaphatók ki. A legfőbb flokkuláló szerek a szervetlen elektrolitok (alumínium, mész, vas-klorid, vas-szulfát), szerves polimerek, szintetikus polielektrolitok. A fémkicsapátás gyakran csak előkezelés a kémiai oxidáció, vagy sztrippelés előtt.





## UV oxidáció, ózonizálás, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> alkalmazása



- Az UV oxidáció a felszínre szivattyúzott illetve felszíni szennyezett csurgalékvizek kezelésére alkalmas **ex situ** kémiai eljárás. Különösen hatékony kőolaj származékok, peszticidek, herbicidek és toxikus szerves anyagok esetében, mint például a klórozott szénhidrogének. A gyors oxidációt úgy hozzák létre, hogy a folyamatban ózon és hidrogénperoxid segítségével rendkívül agresszív oxidatív hatású hidroxil gyökök jönnek létre.



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





- A hidroxil gyökök a hidrogén-peroxid UV fény alatti besugárzásával keletkeznek. Ez a hidroxil gyök 2,05-ször erősebb oxidáló erejű a klórnál, 1,58-szor erősebb oxidálószer mint a hidrogén-peroxid és 1,35-ször erősebb oxidálószer mint az ózon önmagában. Az UV fény önmagában is közvetlenül bontja a szerves molekulák kötéseit míg közvetve a hidroxil gyökök létrehozásán keresztül. A gyakorlatban alkalmazott rendszer az Ultrox system, ahol egyaránt használják az ózont és a hidrogén-peroxid kombinációját UV besugárzással.







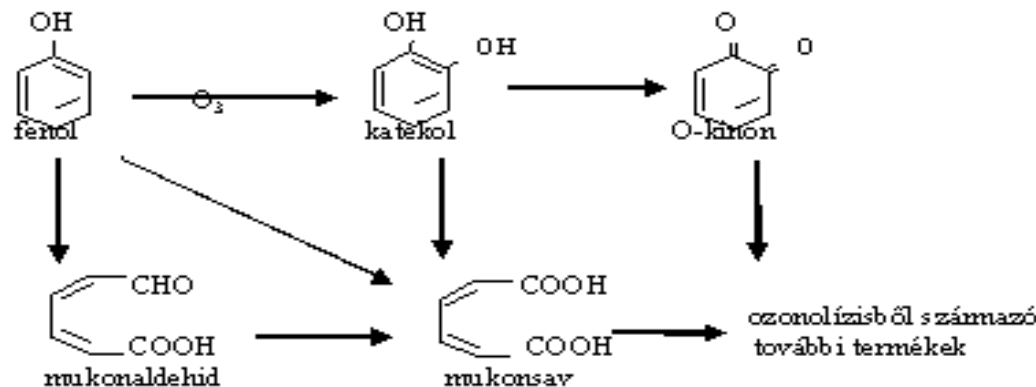
- A hidrogén-peroxidot a kiszivattyúzott szennyezett talajvízhez keverik hozzá, amelyek cirkulálnak egy olyan kezelő tankban, amelybe komprimált levegőből állítanak elő ózont és ezt az ózont vezetik be ellenáramba a hidrogén-peroxiddal dúsított talajvízbe, amelyet UV lámpával világítanak meg. Az eljárást több lépcsőben egymás után megismétlik. Az UV világítás hatására az ózon és hidrogén-peroxid hidroxil gyököket hoz létre, amelyek a szerves szennyezőanyaggal reakcióba lépve azt eloxidálják. A fölös ózont a reakciótérből elvezetik és katalikus úton lebontják és a keletkező oxigént a légkörbe vezetik.
- Az USA-ban az Ultrox rendszerrel nagyon jó hatást értek el toluol, PCE, TCE, fenol benzén, etil benzén, szilén, komplex cianidok és más klórozott szennyező anyagok lebontásával.



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



- A szennyezőanyag oxidációja oxidálószeres, UV fotolízis és UV sugárzás, valamint ózon vagy hidrogénperoxid segítségével történik. Amennyiben a teljes lebontás kialakul, a folyamat végterméke széndioxid, víz és különböző sók.
- A többszörös C-C kötésű illetve gyűrűs vegyületekből ózon hatására aldehidek és ketonok keletkeznek, amelyek egyszerűbb savakká (fumársav, oxálsav, ecetsav) oxidálódnak.
- A folyamat során a szerves szennyezők egy gyors oxidáció keretében széndioxiddá oxidálódnak, ill. veszélytelen szerves savak keletkeznek. A folyamatokban résztvevő szabad gyökök igen reaktív anyagok.

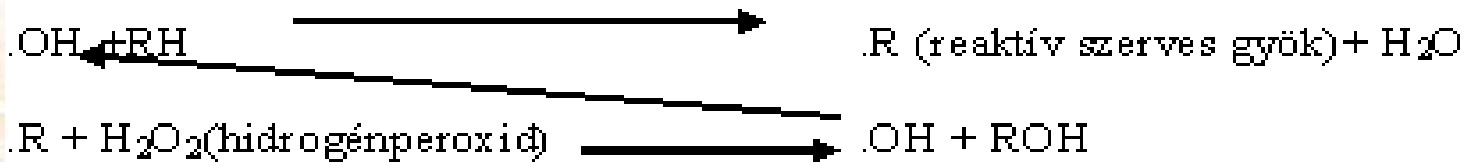


A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg





- A hidrogénperoxid hatása az ózon hatásához hasonlóan szabad gyökök létrehozásán alapul.



- Az UV oxidáció legnagyobb előnye, hogy roncsolásos melléktermék nem keletkezik, azaz a szennyezők veszélytelen formában a vízben maradnak (ellentétben számos más mentesítési technológiával, mint pl. az aktív szén-szűrés, sztrippelés, stb., ahol kivonás után más fázisba kerülnek). Az UV oxidáció lehet folyamatos vagy szakaszos üzemű. Az UV oxidáció során ózon rendszer esetében 65 W-os, alacsony nyomású lámpákat, míg hidrogén peroxid rendszer esetében 15-60 kW-os lámpákat használnak. UV fotolízis: a folyamat során az UV fény hatására a kémiai kötések felbomlanak, de a teljes átalakulás, amely során széndioxid, víz és sók keletkeznek, nem valószínű.







- Az eljárás határfokát és alkalmazhatóságát behatároló tényezők a következők:
- a magas energiaköltség miatt drágább lehet az alternatív módszereknél;
- ózon rendszer esetében a szerves illékony komponensek inkább elillannak, mint lebomlanak, ezért az eltávozó gázokból kell eltávolítani (szűrő, katalitikus oxidáció);
- a szennyezett talajvíz nehézfém tartalma 10 mg/l alatti legyen, és ne tartalmazzon nem oldódó olajat vagy zsírt, az eltömődés megakadályozása érdekében;
- a folyadéknak az UV fényt jól kell vezetnie (nem lehet túlságosan zavaros);
- az oxidálószerkezelése különleges biztonsági-szabályok betartását követeli;







# 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





Debrecen Egyetem  
Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és  
Környezetgazdálkodási Kar



Pannon Egyetem  
Georgikon Kar



# Köszönöm a figyelmet!



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