



Debrecen Egyetem
Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és
Környezetgazdálkodási Kar



Pannon Egyetem
Georgikon Kar



Agrár-környezetvédelmi Modul Talajvédelem-talajremediáció

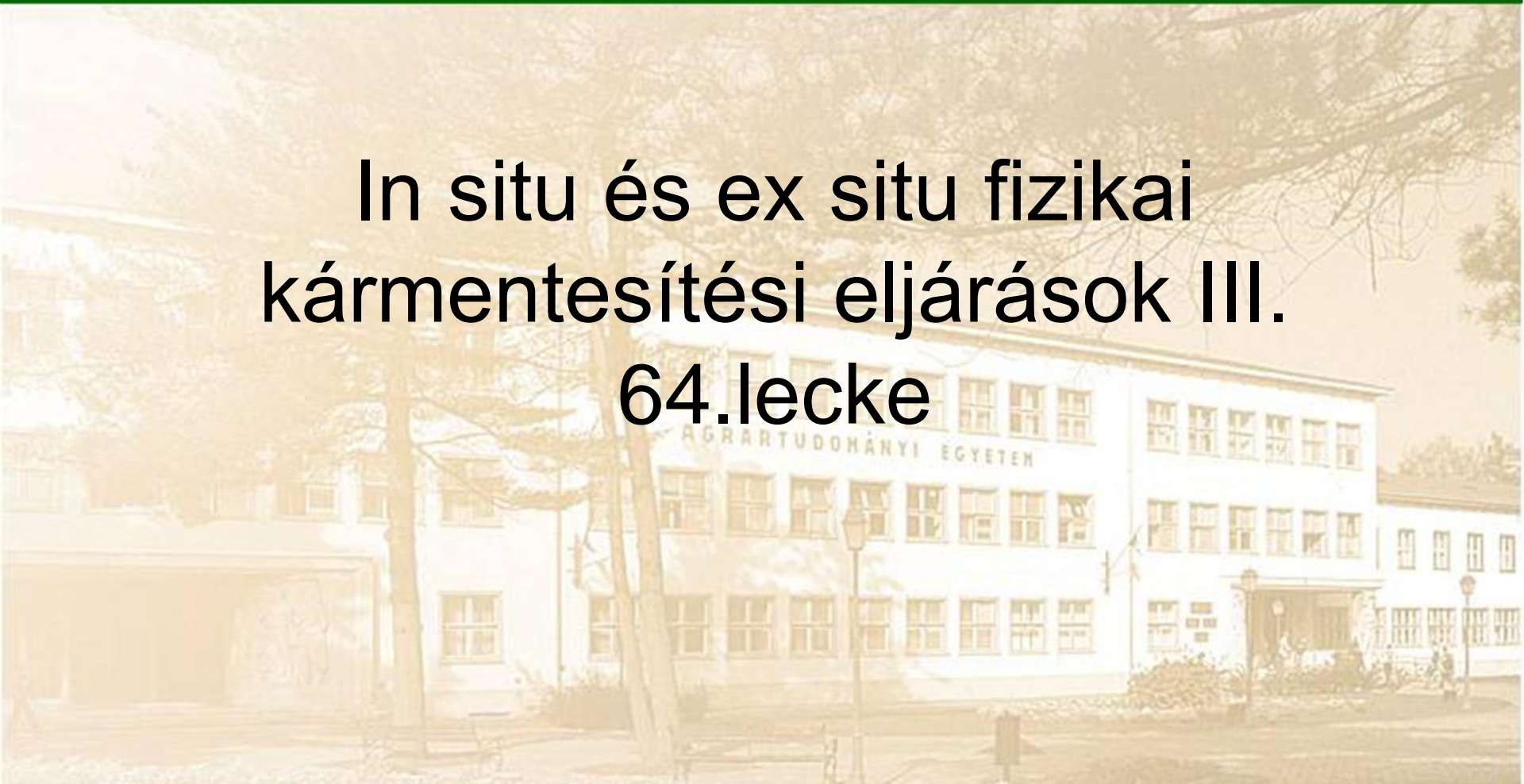
KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI MÉRNÖKI MSc
TERMÉSZETVÉDELMI MÉRNÖKI MSc



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



In situ és ex situ fizikai kármentesítési eljárások III. 64.lecke



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



Sztrippelés kutas megoldással

- In situ fizikai módszer, felszín alatti és felszíni vizek és csurgalék kezelésére alkalmas. Az eljárás során levegőt vezetünk egy kettősfalú kútba, ami segítségével a vizet kitermelhetjük a felső falon át.
- Ezzel egy időben vizet vezetünk az alsó falba. Az illékony szerves vegyületek a levegőbuborékok hatására oldott fázisból gőz fázisba kerülnek a szennyezett talajvízből. A szennyezett levegő a kútban a víz felszínére kerül, a gőzöket kiszivattyúzás után extrakciós módszerrel kezeljük. Az extrakció során a környező telítetlen rétegből is kivonásra kerülnek a szennyező anyagok gőzei.





Sztrippelés kutas megoldással

- A részlegesen kezelt felszín alatti vizet sosem hozzák a felszínre, hanem a telítetlen zónába juttatják, és a kezelést ismétlik a hidraulikus körforgásnak megfelelően. Mivel az eljárás in situ, a szennyező anyagok koncentrációja fokozatosan csökken. Az eljárás során adalékanyagokat is juttathatunk a sztrippelő kútba, amellyel elősegíthető a biodegradáció (pl.: tápanyagok, elektron akceptorok, stb.), emellett kút hatása alatt álló talajtest is módosítható vegyszerek adagolásával, amelyek hatására a vízben oldott fémek in situ stabilizálhatók.
- A technológia alkalmazása rövid és hosszú távú egyaránt lehet, amit a szennyező anyag koncentrációja, Henry állandója, valamint a kút hatástérfogata és a terület hidrológiai adottságai határoznak meg.





Sztrippelés kutas megoldással

- Cirkulációs kutak alkalmazásával a felszín alatti vízáramlás szabályozható, és a szivattyúzási, valamint tárolási és kitermelési költségek is csökkennek.
- A vákuum extrakciós eljárás az illékony és közepesen illékony szerves vegyületekre, valamint a hajtóanyagokra alkalmazható. Módosításokkal bizonyos nem halogénezett illékony és közepesen illékony szerves vegyületek, növényvédőszeres és szervesetlen vegyületek is hatékonyan kivonhatók. Jellemzően költség-hatékony a módszer azokban az esetekben, amikor a talajvízszint alacsony.
- A cirkulációs kutak akkor a leghatékonyabbak, ha az illékony szennyezők vízben jól oldódnak és biodegradációra hajlamosak, illetve a horizontális vezetőképesség nagyobb, mint 10^{-3} cm/s és a horizontális és vertikális vízvezetőképesség aránya 3-10-nél kisebb arány esetén kicsi a cirkulációs idő és kicsi a hatótávolság, 10-nél nagyobb aránynál a cirkulációs idő túl hosszúnak adódik.





Sztrippelés kutas megoldással

Az eljárás hatáskörét és alkalmazhatóságát behatóan vizsgáló tényezők a következők:

- Nagy koncentrációban lévő, nagy Henry állandóval jellemzett szennyező anyagoktól mentesíthetők kellő hatékonysággal a felszín alatti vizek;
- Bekövetkezhet a rendszer eltömődése, ha csapadékképződés is lejátszódik;
- Alacsony fekvésű akviferek esetében az eljárás nem alkalmazható hatékonyan;
- Cirkulációs kutak létesítésénél szükséges a szennyező csóva kellő pontosságú ismerete;
- Cirkulációs kutak létesítése nem javasolt vízzel nem elegyedő külön fázist képező (NAPL) szennyezés jelenlétében;
- Cirkulációs kutak létesíthetők, ha a horizontális vízvezetőképesség nagyobb, mint 10-3 cm/s, és kis vízvezetőképesség helyenként sem jellemző;
- A sztrippelés levegővel kutas megoldással nem hatékony, ha a természetes felszín alatti víz áramlás nagy.



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



Ex-situ sztrippelés

- A levegővel történő sztrippelés ex situ is kivitelezhető fizikai kezelés, amely során kitermelés szükséges. Az eljárás felszín alatti és felszíni vizek és csurgalék kezelésére alkalmas. A folyamat során az illékony szerves vegyületeket elválasztjuk a felszín alatti víztől a szennyezett víz levegővel érintkező felületének növelésével.
- A levegőztetés történhet töltetes tornyokban, diffúz levegőztetőkkel, tálcás levegőztetőkkel és permetezéssel. A szennyezők áramlása a vízből a levegőbe történik. Talajvíz tisztításakor töltetes tornyokat vagy levegőztető tartályokat alkalmazunk. A töltetes tornyú sztrippelő berendezés általában tartalmaz a felső részben egy permetező fúvókát, amely eloszlatja a szennyezett vizet a tölteten, egy ventillátort, amely a vízzel ellenirányban levegőt áramoltat, és egy gyűjtő egységet a torony alján, amely a tisztított vizet felfogja.





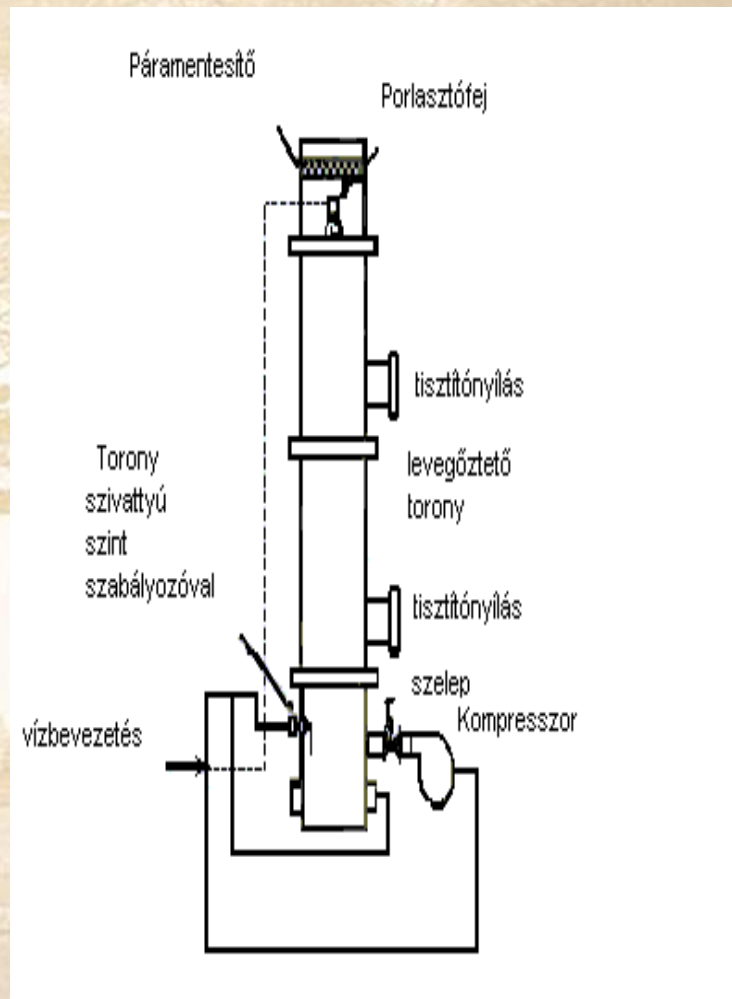
Ex-situ sztrippelés

- Kiegészítő egységként beépíthető a rendszerbe egy levegő-melegítő, amely az eltávolítás hatékonyságát növeli, egy automatikus szabályozó egység a gyűjtő egységhez, illetve különböző biztonsági berendezések (pl.: robbanás-biztos egységek, levegőtisztaság-védelmi monitorozó egység és aktív szenes szűrők, katalitikus vagy termikus oxidációs egység).
- A levegőztető tartályokban az illékony vegyületek sztrippelése buborékoltatással történik ellenáramban a kezelt vízzel. A levegő áramot egy befúvató egység tartja fenn, amely lehetővé teszi a nagy levegő-víz érintkezési felületet anélkül, hogy töltő anyagra lenne szükség a toronyban.





Ex-situ sztrippelés



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



Ex-situ sztrippelés

Szerkezeti megoldás	Jellemző kialakítás	Eltávolítási hatások (triklór – etilénre %ban)	Költség €/m ³
Tálcás levegőztetés	Vörösfenyő tálcás, 3-6 méter magas szerkezet ellenáramú levegő/víz áramlással	60 - 80	0,01
Diffúz levegőztetés	Víztároló medence levegődifuzorral, rendszerint 20 perc érintkezési idővel	90	0,1 – 0,52
Permetezési levegőztetés	Permetező fúvókák nyitott vagy zárt térben biztosítják a nagy felületű levegő/víz érintkezést	≤90	Nincs adat
Kaszád levegőztető	Természetes levegőztetés egymásutáni elhelyezésben	50-90	0.01
Töltött oszlop	Hengeres oszlop műanyag töltettel ellenáramú levegő/víz.	90-99	0,01-0,06
Forgó sztrippelő	Forgó töltött ágy a centrifugális erő hatására vékony folyadékfilm képződik és nagy a turbulencia	90	Nincs adat



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



Ex-situ sztrippelés

- A legújabb berendezések igen kis üregben tartalmazzák a tálcákat, ami maximális érintkezési felületet és kis térfogatot eredményez. A levegős sztrippelő berendezések folyamatosan és szakaszosan is működtethetőek, utóbbi esetben egy gyűjtő tartályból történik a szakaszos adagolás a sztrippelőbe. A szakaszos üzemmód biztosítja az egyenletes teljesítményt és energetikailag hatékonyabb a folyamatos módnál, mivel a tároló tartályokban kiegyenlítődik a betáplálendő víz összetétele.
- A levegővel történő sztrippelés alkalmazhatóságát a szennyező anyagot jellemző Henry konstans alapján értékeljük. Általában a $0,01 \text{ atm m}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ -nél nagyobb állandóval jellemezhető szerves vegyületek alkalmasak sztrippelésre. Sikeresen sztrippelhető a BTEX, a klór-etán, a diklór-etán és a triklór-etán.





Ex-situ sztrippelés

Az eljárás hatásfokát és alkalmazhatóságát behatároló tényezők a következők:

- Szervetlen anyagok (pl.: 5 ppm-nél nagyobb koncentrációban jelenlévő vas vagy 800 ppm-nél nagyobb keménység) jelenlétében vagy a berendezés biológiai elszennyeződése esetében előkezelés, illetve időszakos tisztítás szükséges.
- 0,01 atm m⁻¹ mol⁻¹-nél kisebb Henry állandóval jellemezhető illékony vagy közepesen illékony szerves vegyületek esetében nem hatékony a módszer.
- Körültekintően kell megválasztani a töltőanyagot minőségi és mennyiségi szempontból is.
- A működtetési költségek magasak.
- Kismértékben illékony vegyületek esetében előmelegítés válhat szükségessé.
- Szükséges lehet a sztripp-gáz kezelése a kibocsátás mértékétől függően.



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



Ex-situ sztrippelés

Az eltávolítás hatásfoka sztrippelhető vegyületekre 99% a 4,6-6 m magas, hagyományos töltetű tornyok alkalmazása esetében. A hatékonyság növelhető további sztrippelő egység beiktatásával, melegítéssel vagy a töltet kialakításának módosításával.

A levegőztető tartályok hatékonysága az üregek és tálcák számának növelésével, illetve a levegő-befúvatás fokozásával növelhető. A töltetes tornyok esetében az eltömődés problémát okozhat, mivel csökken a levegő áramlási sebessége. Az eltömődést okozhatja a víz vas és mangán-tartalmának oxidációja, a kalcium-karbonát kicsapódása vagy biológiai hártya kialakulása.



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



Ex-situ sztrippelés

- A legújabb berendezések igen kis üregben tartalmazzák a tálcákat, ami maximális érintkezési felületet és kis térfogatot eredményez. A levegős sztrippelő berendezések folyamatosan és szakaszosan is működtethetőek, utóbbi esetben egy gyűjtő tartályból történik a szakaszos adagolás a sztrippelőbe. A szakaszos üzemmód biztosítja az egyenletes teljesítményt és energetikailag hatékonyabb a folyamatos módnál, mivel a tároló tartályokban kiegyenlítődik a betáplálandó víz összetétele.
- A levegővel történő sztrippelés alkalmazhatóságát a szennyező anyagot jellemző Henry konstans alapján értékeljük. Általában a $0,01 \text{ atm m}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ -nél nagyobb állandóval jellemezhető szerves vegyületek alkalmasak sztrippelésre. Sikeresen sztrippelhető a BTEX, a klór-etán, a diklór-etán és a triklór-etán.





Talajmosás

- A talajmosás ex situ fizikai kezelés (kitermelés szükséges), szennyezett talajok, üledékek és iszapok kezelésére alkalmas. A talajmosás során a finom talajfrakciót elkülönítik a szennyezett talajból, mivel a szennyező anyagok legnagyobb része ott található adszorbeált formában. Az elkülönítés vizes alapú rendszerben történik. A mosóvízhez lúgos adalékot, felületaktív anyagot, pH-módosító anyagot vagy kelátképző ágenst is adhatnak a szerves anyagok és a nehézfémek eltávolítása hatékonyságának fokozására.
- A talajmosás folyamán a szennyező anyagok kétféleképpen távoznak el a talajból:
 - A mosófolyadék kioldja őket vagy szuszpendálódnak benne (amit a pH időleges megváltoztatásával lehet fenntartani);
 - Térfogatcsökkentéssel koncentrálnak gravitációs vagy egyéb szeparációs módszerrel.





Talajmosás

- A talajmosás az egyik legköltséghatékonyabb ex situ eljárás szennyezett talajok és iszapok tisztítására. A talajmosást széles körben használják Európában.
- A leggyakrabban alkalmazott eljárás a Bergmann-féle talajmosás. Maga a technológia meglehetősen kidolgozott robotosztus eszközállományt és viszonylag könnyű üzemeltetést biztosít. A technológia alapja az ásványkitermelés, ércdúsítás, ill. a szennyvíztisztítási iparágakhoz kapcsolódik.





Talajmosás

- A technológia alapja, hogy a szennyező anyagok a legkisebb szemcseméretű részecskékhez kötődnek leginkább. Ennek oka, hogy ezek a legkisebb szemcseméretű részecskék rendelkeznek relatív a legnagyobb fajlagos felülettel, ill. a legnagyobb felszín és térfogat aránnyal.
- Ez a nagy felület egyaránt jól köti a nehézfémeket, klórozott szerves anyagokat, ill. szénhidrogéneket. Ennek megfelelően széleskörben használhatók különböző szennyezések például kémiai üzemek, fém finomítók, üzemanyag tárolók stb. szennyezett területeinek remediációjára.



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



Talajmosás

- A talajmosás alkalmazásakor fontos figyelembe venni azt, hogy valós szennyezés lebontás a folyamatban nem következik be, viszont a szennyezett tömeg rendkívül hatékony térfogatcsökkentését és ezáltal egy költségkímélő eljárást tudunk alkalmazni. Azáltal, hogy a szennyező anyagok koncentrálnak, ill. a szennyezett tömeg nagy része a szennyezéstől mentesül, így a tényleges utókezelésre már csak egy kisebb, de magasabb szennyezettségű tömeg esetében van szükség.
- Általában elmondható, hogy a talaj típusától függően a 100%-os kiindulási térfogat tömegből 70 és 90% között sikerül a szennyezéstől mentesíteni a talajt, míg 10 és 30% közötti a szennyezett maradék.





Talajmosás

- A Bergmann-féle talajmosó üzemben a szemcsék elkülönítésének egyik fő eszköze a hidrociklonok alkalmazása. Ebben az esetben a visszamaradó szennyezett tömeg mérete általában 45-70 micron körüli. A fentiekből következik, hogy a szennyezett talaj szemcseösszetételének jellemzői alapvetően befolyásolják a talajmosás hatékonyságát, ill. a térfogat csökkentés lehetőségeit.
- Általában durva és üledékes talajok, tehát homok, ill. homokos vályog fizikai tulajdonságú talajok, amelyek alkalmasak a talajmosási eljárás esetében. Ennek megfelelően az agyagfrakció növekedésével növekedni fog a visszamaradó szennyezett talaj, ill. üledék mennyisége is.





Talajmosás

- Egy tipikus talajmosó üzem technológiája legalább 3 fő lépésből áll. Ezek a talaj előkészítése, a talaj mosása és a szennyvízkezelés.
- A talaj előkészítése során a szennyezett talajt nedvesítik, darálják, eltávolítják összeforgó csigák segítségével a nagyméretű részecskéket téglát, betont, faanyagot stb., majd a zagyot egy 6 mm átmérőjű forgó és vibrációs szűrőn vezetik keresztül, ahol nagy nyomással szitálják át, a 6 mm-nél kisebb átmérőjű részecskék ezután a talajmosóba kerülnek, míg az ennél nagyobb részek, amelyek a mosás után tisztának tekinthetőek, eltávolítják a rendszerből.





Talajmosás

- A 6 mm-nél kisebb részecskék, amelyek a talajmosóba kerülnek egy zagyyszerű anyagban tartalmazzák a szennyezett vályog és agyag szemcséket.
- A talajmosóban először hidrociklonokba kerül be a zagy, ahol centrifugális elven különítik el a durvább és a finomabb részecskéket. A finomabb részecskéket, amelyek egyre koncentráltabban tartalmazzák a szennyezőanyagot, kémiai adalékokkal flotálják. A könnyebb szerves anyag tartalmú részecskéket a felszíni flotált réteget eltávolítják.





Talajmosás

- A szennyvíztisztítás valamilyen kémiai adalékkal történhet, például növeljük a pH értéket mésztejjel annak érdekében, hogy kicsapjuk a fém tartalmú szennyezéseket, mint fém-hidroxidokat, majd gravitációs ülepitéssel a tisztított szennyvizet elvezessük és általában visszaforgassuk a talajmosási folyamatba. A fenti folyamatban a következő anyagok kerülnek leválasztásra:
 - nagyon durva alkotórészek;
 - mosott 6 mm fölötti alkotórészek;
 - a hidrociklonból kikerülő és víztelenített 60-65%-os szárazanyag-tartalmú alkotórészek;
 - a flotáció során kikerülő szerves szennyezőanyag tartalmú alkotórészek, amelyek általában 60-80%-os szárazanyag-tartalmúak.



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



Talajmosás

Az eljárás határfokát és alkalmazhatóságát behatóróó tényezőók a követokezőók:

- Az összetett szennyezések (pl.: fémek és szerves vegyületek együütt) megnehezítik a megfelelő mosófolyadék kiválasztását,
- A nagy humusztartalom előkezelés alkalmazását teheti szükségessé;
- A kezelt talajt mentesíteni kell a mosófolyadék-maradéktól, ha az mérgező;
- Az agyagfrakción adszorbeált szerves vegyületek eltávolítása nehézkes lehet.



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



Adszorpció

- Az adszorpción alapuló eljárás ex situ fizikai kezelés, felszín alatti és felszíni vizek, valamint csurgalékvizek kezelésére alkalmas. Adszorpció esetében folyadékokban oldott szennyező anyagok kötődnek meg az adszorbens felületén, amelynek eredményeként a folyadék fázisban koncentrációjuk csökken.
- A leggyakoribb adszorbens az aktív szén. Használatos még az aktivált alumínium-oxid, a cellulóz-szivacs, a lignin, valamint különböző agyagásványok és szintetikus gyanták.





Adszorpció

- Az eljárás határfokát és alkalmazhatóságát behatóróó tényezőók a köövetkezőók:
 - A vízóoldható és kis méretű molekúók nem adszorbeálóódnak jóó.
 - Elsőódleöes tisztítási lépésként nagy szennyező anyag koncentrációó mellett nagyok a költséöök.
 - Olajos szennyező anyagokat is nagy mennyiségben tartalmazóó köözegek tisztítására nem alkalmazhatóó.
 - Nem javasolt, ha az adszorbeálóólandó veszélyes vegyűólet tartalom olyan nagy, hogy gyakori adszorbens-cserét igényel az eljárás.
 - A szennyezett köözeöeket, ha nem regenerálóóhatóók, veszélyes hulladékként kell kezelni és rendezett biztonságos körűólmények köözt szűükséöes lerakni.





Adszorpció

- Az aktivált alumínium-oxid nagymértékben porózus és nagy adszorpciós kapacitással rendelkezik, és alkalmas fluorid, arzén és szelén eltávolítására is. Regenerálása történhet savazással.
- A cellulóz-szivacs amino- és karboxil-csoportot tartalmazó kelátképző polimert tartalmaz, amely szelektíven megkötí az oldott nehézfémeket. A polimer és a cellulóz mátrix fizikai szeparálódása minimális, és mind a kationos, mind az anionos nehézfém-forma megkötésére alkalmas az adszorbens.





Adszorpció

- A lignin és az agyagásványok szerves és szervetlen anyagokkal szennyezett vizek kezelésére alkalmasak, a szennyező anyagok molekuláris adhéziónal erővel kötődnek az adszorbens felületéhez.
- A szintetikus gyanták drágábbak, mint az aktív szén, azonban nagyobb szelektivitással és adszorpciós kapacitással jellemezhetők bizonyos vegyületekre nézve. A gyanták regenerálása történhet savakkal, bázisokkal vagy szerves oldószerekkel a hőkezelés helyett, ezért hő hatására bomlékony anyagok, pl.: robbanó anyagok esetében jól alkalmazhatók.



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



Aktív szenes adszorpció

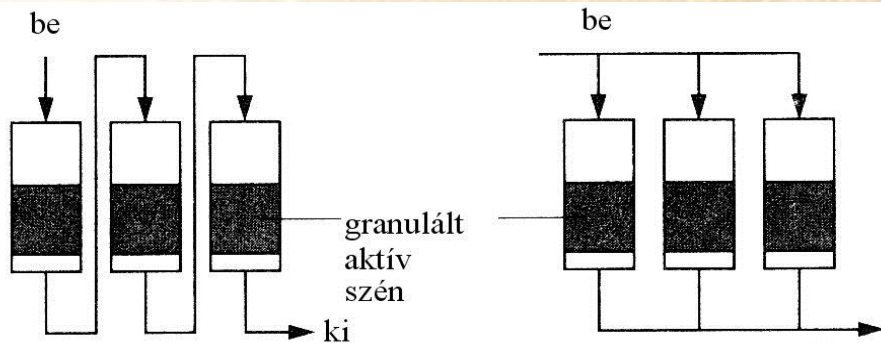
- Szennyezett felszín alatti víz kitermelésre kerül, majd átvezetik aktív szenet tartalmazó oszlopokon, amely megköti a szerves szennyező anyagokat. A telített szenet regenerálni vagy időszakosan cserélni szükséges. A robbanószerekkel vagy fémekkel szennyezett felszín alatti vizek kezeléséhez használt aktív szén nem mindig regenerálható, ekkor gondoskodni kell a rendezett biztonságos lerakásáról.
- Az aktív szenes adszorpciót két fő reaktor-konfigurációval valósítják meg, fix ágyas és mozgó ágyas megoldással (ábra). A szennyezett talaj illetve csurgalék vizeket a fixágyas rendszerben sorosan (alul illetve felül kifolyó rendszerben) és paralell áramlással képezhetik ki..



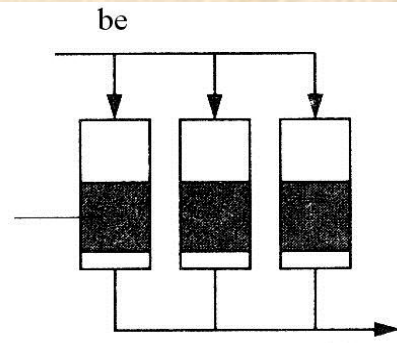
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



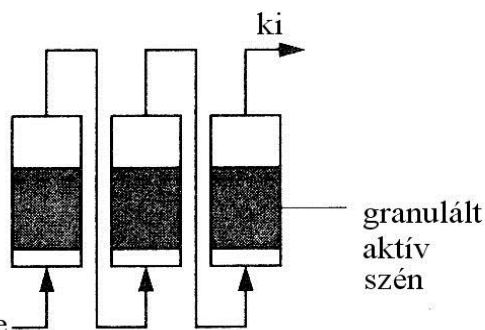
Aktív szenes adszorpció



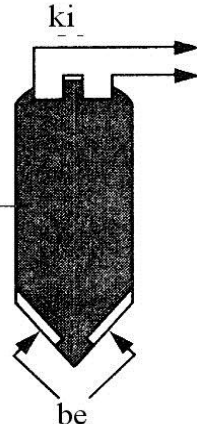
a) alul kifolyó



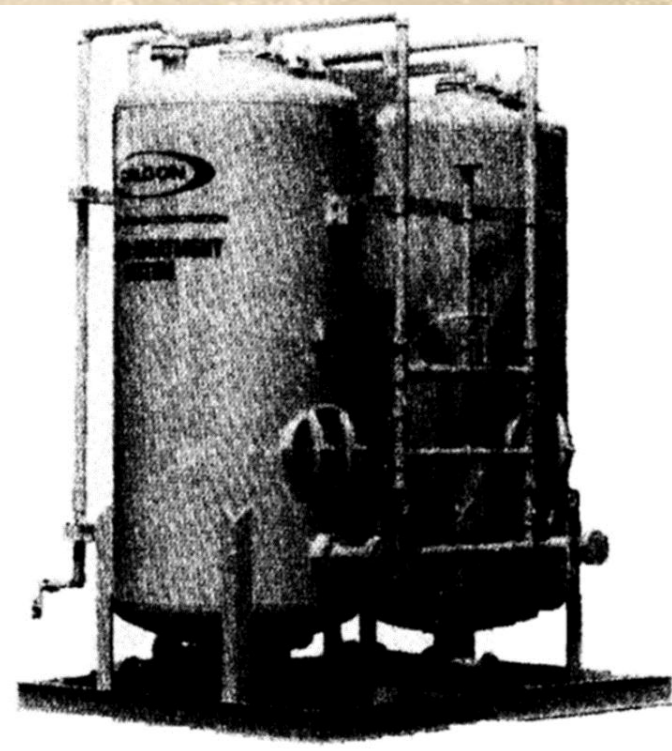
b) paralell áramlású



c) felül kifolyó



d) mozgó ágy

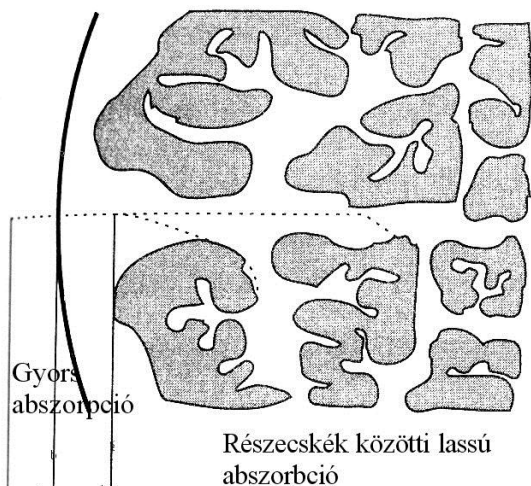


A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



Aktív szenes adszorpció

- A szénszemcsék között az adszorpció első szakasza nagyon gyorsan lejátszódik, míg a szemcsék belsejében lejátszódó folyamatok egy lassú koncentráció csökkenést okoznak az elfolyó vizekben.



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



Aktív szenes adszorpció

- A lebegő ágyas tornyokban a lassú áramlási sebesség a fix ágyas kiképzésnél hatékonyabb megkötést eredményez, mivel a lebegés közben az elkeveredési folyamatok kiegyenlítettebbek.
- A fix ágyas eljárás esetében a szuszpendált szilárd anyagok eltávolítása előzőleg szükséges, mivel azok megkötődhetnek és felhalmozódhatnak az oszlopban, növelve a nyomáscsökkenést. Ha a nyomáscsökkenés túl nagymértékű, a felhalmozódott anyagot el kell távolítani, például ellenirányú áramoltatással. Ez a folyamat azonban szén-veszteséget eredményezhet és az aktív szenes zóna megszakadását.
- Az eltávolítási hatásfokot és a töltet élettartamát az egyéb nagyfelületű anyagra impregnált szén alkalmazása növeli és a regenerálás is biztonságosan végrehajtható. Az aktív szén élettartama általában rövid, alacsony szennyező anyag koncentráció esetében lehet hosszabb. A működtetés időtartama és a karbantartási igény függ a szennyező anyag típusától, a koncentrációjától és térfogatától.





Aktív szenes adszorpció

- Az alkalmazhatóságot behatóró tényezők a következők:
 - A többkomponensű szennyezések csökkenthetik a hatékonyságot. Előkísérletek szükségesek a szénszükséglet meghatározásához.
 - Nagy szuszpendált szilárd anyag tartalmú (nagyobb, mint 50 mg/l) és nagy olaj- vagy zsírtartalmú (nagyobb, mint 10 mg/l) vizek esetében az aktív szén eltömődhet, és gyakori kezelés válhat szükségessé. Ilyen esetekben előkezelés szükséges.
 - Elsődleges tisztításként való alkalmazás esetén a költségek magasak, ha a szennyező anyag nagy koncentrációban van jelen.
 - A határfokot meghatározza a szén típusa, pórusmérete és minősége, valamint az üzemi hőmérséklet.
 - Robbanószer- és fémtartalmú vizek kezelésére használt aktív szén nem regenerálható.
- Tervezési szempontból fontos paraméter az üres ágyat jellemző kontakt idő, a szén alkalmazási aránya és a rendszerkonfiguráció. A részecske-méret és a hidraulikus nyomás megválasztásakor gyakran cél a nyomásesés minimalizálása és az ellenirányú mosás igényének kizárása.





ELŐADÁS ÖSSZEFOGLALÁSA

- A fizikai eljárások közül a talajmosás az egyik legköltséghatékonyabb, hiszen ennek segítségével kevesebb térfogatot kell tovább kezelni. Az adszorpciós eljárások is igen jó megoldást nyújtanak, ám vannak technológiai hátrányai, illetve más technikákkal szemben (sztrippelés), költség szempontjából alul maradhatnak.
- Fázisválasztás során a szennyezőket a hordozó közegtől (víz) próbáljuk fizikai vagy kémiai úton elválasztani.





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.





Köszönöm a figyelmet!



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