



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 II. 63.lecke



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



Izolálási technikák



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



Felső lezárás

- A felső lezárás szennyezett talajok, üledékek és iszapok esetében alkalmazott szigetelési módszer. A szennyezett közeg lefedése a szennyezések elszigetelését és megfigyelését teszi lehetővé, a szennyezők kivonása, vagy átalakítása nem cél. A lezárás alkalmazásának célja lehet:
 - a szennyezések felszíni kipárolgásának csökkentése, valamint a fizikai hozzáférhetőség csökkentése (expozíciós út lezárása);
 - a szennyezők mélyebb rétegekbe mosódásának, és a csurgalékvíz keletkezésének megakadályozása;
 - a szennyezés biztonságos tárolása, amíg a szennyezés kezelésére nem kerül sor;
 - a felszín alatti hulladékból távozó gázok ellenőrzése;
 - olyan felszín kialakítása, amely segíti a vegetáció életét és/vagy egyéb területhasználatot. A lerakó felületi lezárása nagyon gyakran alkalmazott technológia, egyrészt mert más mentesítési technológiákkal összehasonlítva viszonylag olcsó, másrészt hatékonyan csökkenthetők a humán és ökológiai kockázati tényezők.

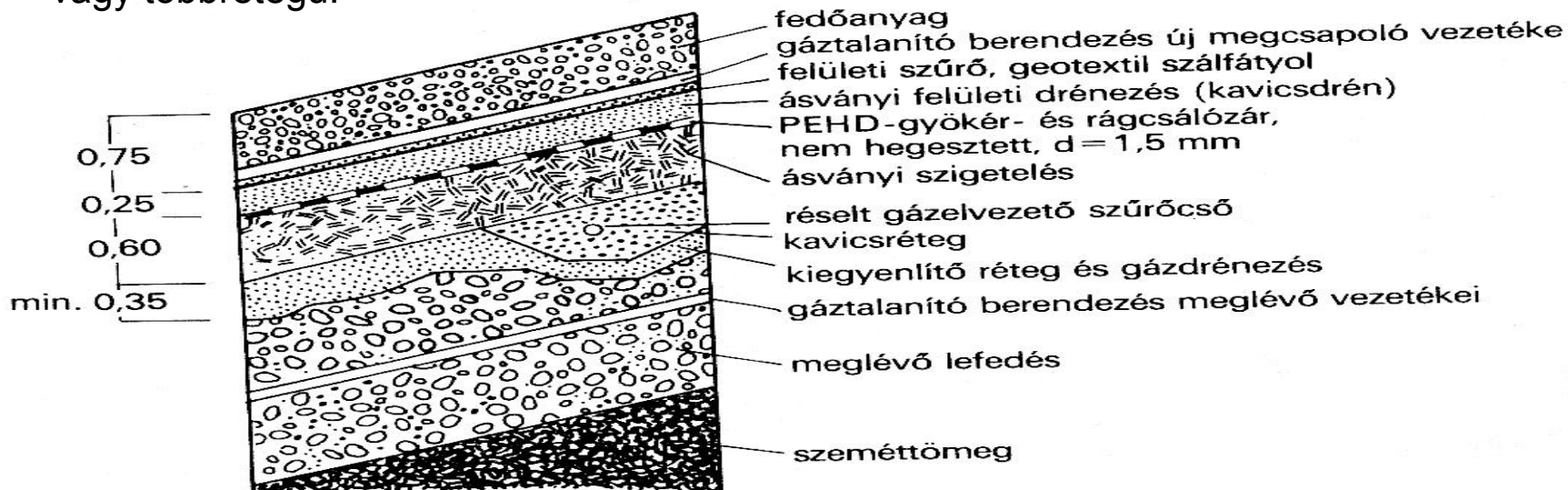


A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



Felső lezárás

A talajfedés legkritikusabb része a záró (gát) és a vízvezető (drén) réteg. A záróréteg alacsony vízáteresztő-képességű talaj és/vagy agyag réteg. Erre geomembrán réteg kerül (ált. PVC, PE, PP vagy egyéb más polimer). Az ásványi szigetelő réteg általában IS-60 cm (vagy nagyobb) vastagságú, k-tényezője kisebb 1×10^{-8} m/s-nál. Szigetelésre természetes (agyag), vagy mesterséges (PVC, PE stb. fólia) anyagok és ezek kombinációja alkalmazható. A fedőréteg lehet egyrétegű, pl. beton/aszfalt vagy többrétegű.



Az eljárás hatásfokát és alkalmazhatóságát behatároló tényezők a következők:

- mélygyökerű növényzet megtelepedése kerülendő;
- a területhasználat ne veszélyeztesse a felső lezárás épségét.



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



Felső lezárás, vízelvezetés, rekultiváció

- A felső lezárás vízelvezetéssel és rekultivációval is kiegészíthető eljárás, amely szennyezett talajok, üledékek és iszapok esetében alkalmazható. A szennyezők migrációjának meggátolása érdekében a csapadékból származó beszivárgás megakadályozása a cél. Ennek két lehetséges módja: a felszíni lefolyás elősegítése és az evapotranszspiráció fokozása a növények párologtatása útján.
 - 1. gyűjtőcsatornák (fém gyűjtővályúk) elhelyezésével a felszíni lefolyás lényegesen fokozható. Tapasztalat szerint a terület max. 40 %-át érdemes becsatornázni, mert a további felületnövelés nem vezet a lefolyás lényeges emelkedéséhez.
 - 2. a növényzet általi vízfelvétel a vízmérleget kedvezően befolyásolja. A felvett vizet a növényzet visszapárologtatja, ezáltal a talaj nedvességtartalma csökken. A növényzet csökkenti az eróziót.
- Az eljárás határfokát és alkalmazhatóságát behatóró tényezők a következők:
 - a terület körültekintő elemzése szükséges;
 - a növényfedés nem állandó jellegű (szezónális).





Zárófalak

- A legtöbb talajszennyező anyag a talaj felszínén felszíni lefolyással, a talajszemcsékkel, erózió útján, illetve a talajvízzel mozog. Ezért nagyon fontos a szennyezés terjedésének megakadályozásakor a mentesítendő terület hidrológiai viszonyainak szabályozása. Ilyenkor a szennyező területet valamilyen vízzáró réteggel körülhatárolják és általában vákuum kútsorokat alkalmazva talajvízsüllyesztést végeznek az adott területen.
- A függőleges zárófal fő jellemzője az alacsony hidraulikus vezetőképesség, amely általában $1 \cdot 10^{-7}$ cm/s vagy annál kevesebb értékű kell, hogy legyen. Ilyen zárófalat különböző anyagokból lehet kialakítani.





Zárófalak

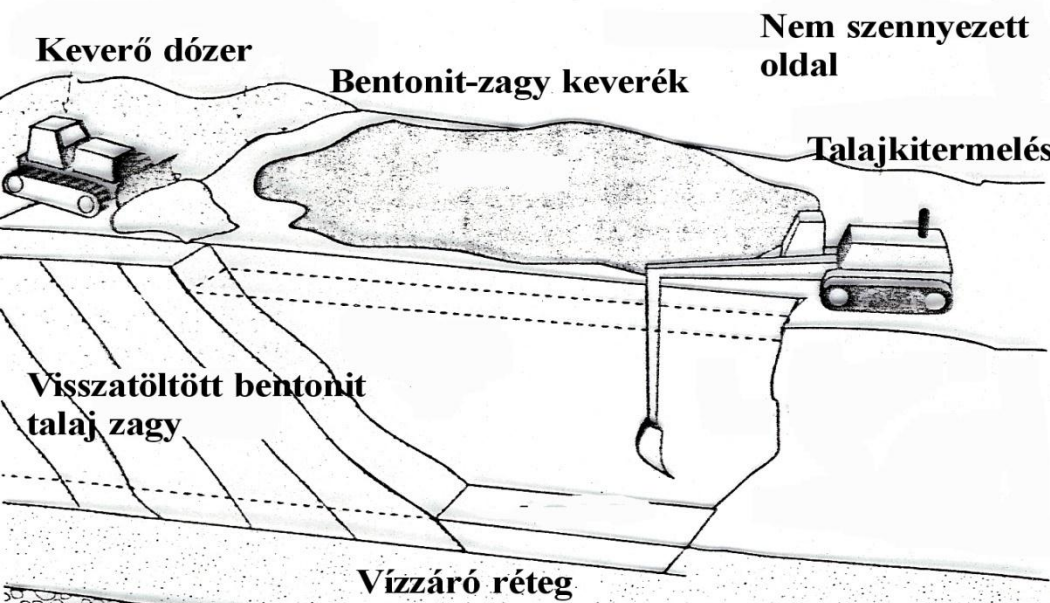
- Vannak drágább és olcsóbb megoldások egyaránt. Olcsóbb megoldások közé tartozik a talajbentonit zagyból kialakított zárófal. Ezt lehet kombinálni cementes bentonitos zaggal, műanyagból készült zárófalakat lehet készíteni. A legdrágább megoldások közé tartozik az acél zárófalak kialakítása.
- A talaj/bentonit zagyból készített zárófal kivitelezése során 0,5-2 m széles és változó mélységű futóárkot készítenek, amelyet a 4-6 súly%-os bentonit oldattal töltenek fel. A bentonit az árok falába beszivároghatva annak vízzáró képességét jelentősen növeli





Zárófalak

Biopolimerek is használhatóak, amelynek célja a talaj/bentonitos zárófal vízzáró képességének növelésével ellentétben épp egy természetes drénezési réteg kialakítása, amelyet kavicsággal kevernek. Ez a könnyen bomló, biológiai anyagokból például utak mentén kaszált füvek, vagy nyesedékekből készített természetes vízvezető képességű sáv lehetővé teszi mintegy természetes drén réteg az utakról lefolyó vizeknek a kormányzását és ellenőrzését, illetve szennyezett területeknek a vízforgalmi ellenőrzését.



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



Zárófalak

- A zárófalakat kb. 30 m mélységig és 0,6-1,2 m szélességben szokás elhelyezni. A hatásos szigetelés érdekében a falat érdemes a vízzáró fekébe mintegy 1 m mélységben bekötni. Amennyiben ez nem lehetséges, akkor függő zárófal is épülhet, amely elsősorban a víznél könnyebb folyadékok terjedését gátolja meg.
- Az eljárás hatásfokát és alkalmazhatóságát behatóróló tényezők a következők:
 - a zárófal létrehozása nagy volumenű építési munkával jár;
 - bentonit-töltésű falak nem képesek erős savaknak, lúgoknak, sóoldatoknak, és néhány szerves anyagnak ellenállni;
 - a szigetelés nem garantálja, hogy a terület jövőbeni aktív mentesítése nem lesz szükséges (mivel anyaguk lebomolhat, minőségük leromolhat);
 - csak a körülzárt téren belül tartja a szennyezést.





Talajvíz kitermelés

- Szennyezett felszíni, felszín alatti és csurgalékvizek esetében alkalmazható eljárás a talajvíz-kitermelés. Az eljárás célja a szennyezőanyag kitermelése, vagy helybentartása.
- Talajvíz-kitermelés során a vízadó rétegből a szennyezett vizet kutakkal kitermelik, majd szükség szerint tisztítják, vagy befogadóba vezetik. Talajvíz szennyezése esetén ez az egyik leggyakrabban alkalmazott mentesítési technológia.



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



Talajvíz kitermelés

- Kisebbszennyezések esetén a teljes zárófalas megoldást lehet alkalmazni, de a gyakorlatban az áramlással ellenkező oldali zárófalazás és vákuum kútsor alkalmazása terjedt el.
- A vákuum kutakkal kitermelt szennyezett talajvizet a felszínen tisztítják (leggyakrabban fázis szétválasztással, ózonizálással, sztrippeléssel). A tisztított szennyvizet a szennyezett és izolált terület felszínén visszaöntözik így a terület egy zárt áramlási rendszert képez.



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

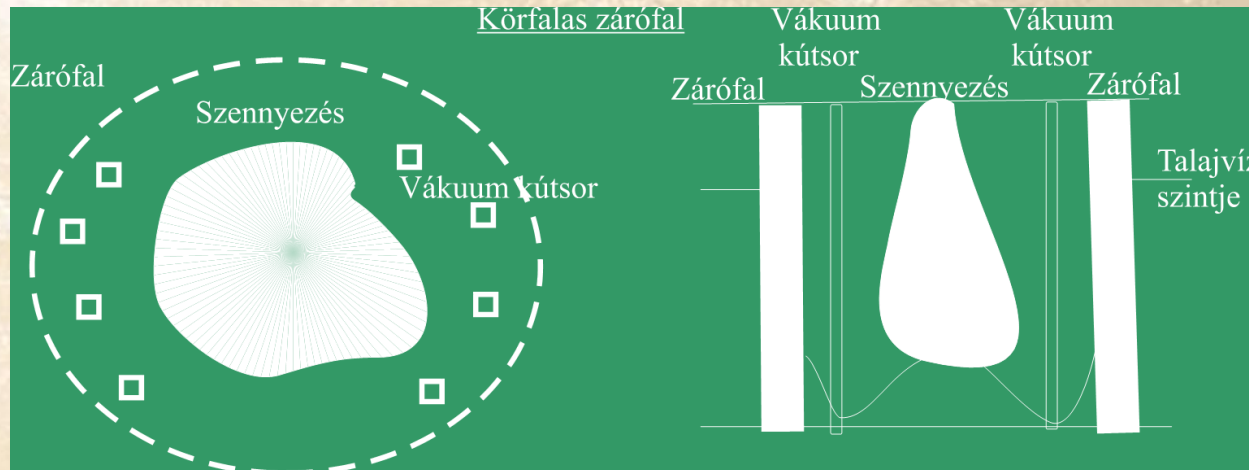


Talajvíz kitermelés



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

Talajvíz kitermelés



- Felületaktív anyagok, vagy gőz talajba juttatása a szennyezőanyag mobilitásának vagy oldhatóságának fokozásával megkönnyíti a kitermelést, lehetővé teszi, hogy a víz a hidrofób szennyezőanyagot magával sodorhassa. Az így kitermelt vízben nagyobb lesz a szennyezőanyag mennyiség. Az anyagokat kutakon keresztül sajtolják a talajba, a kitermelt víz kezelésekor pedig eltávolítják. A szabad fázisú CH kitermelés hatékonysága a kút szivattyúzásával keltett depressziós térrel fokozható. Az egyszivattyús módszer olcsóbb eszközöket, egyszerűbb mélyítési rendszert és karbantartást igényel, viszont a kitermelt folyadékból, az úszó fázist a felszínen kell leválasztani.



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



Talajvíz kitermelés

- Az eljárás határfokát és alkalmazhatóságát behatároló tényezők a következők:
 - a mentesítési cél eléréséhez hosszú időre van szükség;
 - $k < 10^{-7}$ m/s, magas szorpciós képességű szennyezőanyag esetében nem alkalmazható;
 - a kitermelt víz tisztítása nagyon költséges és hosszadalmas lehet;



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



Reaktív falak

- Ebben az esetben az áramlással ellenkező oldalon kialakított zárófalba besüllyesztett kivehető tokozatba töltetet helyeznek el. A töltet anyaga reakcióba lép vagy nagy felületen adszorbeálja a felé áramló szennyezett talajvízből a szennyező anyagot. Legáltalánosabban vas mangán-oxidokkal értek el sikereket, de számos szennyezés specifikus töltettel kísérleteznek. A kimerült tölteteket a tokozatból daruval kiemelve cserélik. A kimerült töltet anyagát vagy regenerálják vagy megsemmisítik.
- Az eljárás határfokát és alkalmazhatóságát behatóró tényezők a következők:
 - A töltet megkötő képessége és szennyezés specifikussága
 - Talajvíz áramlási viszonyai és az ezt befolyásoló geohidrológia körülmények
 - Az eljárás hátránya a töltet rendszeres csereigénye és a kimerült töltetek költséges kezelési költségei.





Talajszelőztetés vákuum kutakkal

- A talajszellőztetés laza szerkezetű szennyezett talajok, üledékek és iszapok kezelésére alkalmas in situ fizikai eljárás. Kitermelő kutakat létesítenek, amelyeket vákuum alá helyeznek. A vákuum hatására kialakuló nyomás/koncentráció-gradiens eredményeként az illékony gázfázisú szennyezők eltávolíthatók.
- A szennyezés kivonásának hatékonyságát növeli, ha forró levegőt vagy gőzt juttatnak a szennyezett közeg alá amely a vákuumkutsor irányába nyomja fel a könnyen párolgó szennyezést. A felszínen történő légszennyezés elkerülésére a felszínt gázharangként is működő ideglenes szigetelő anyaggal fedik le.



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



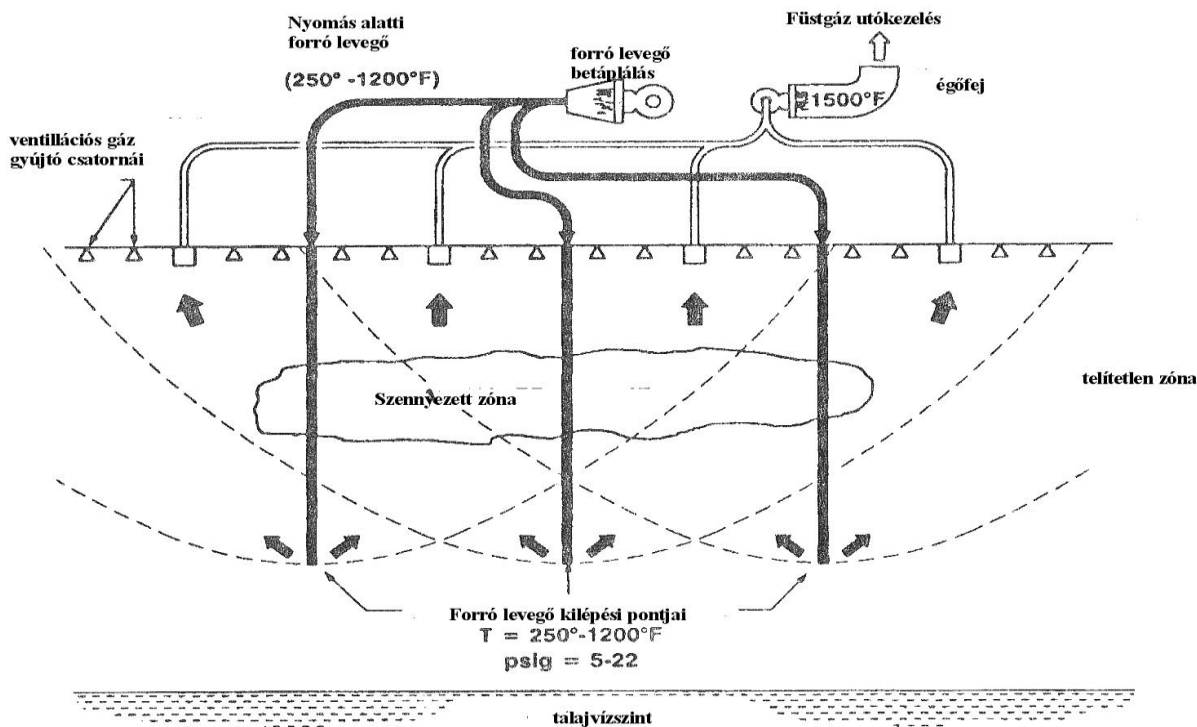
Talajszelőztetés vákuum kutakkal

- A telítetlen zónában elhelyezett vákuum-kutakban kialakuló felfelé irányuló légáramlás elősegíti a szennyezett közeg illékony komponenseinek távozását. Egyedi értékelés alapján szükséges lehet a kitermelt gáz tisztítása. Elsősorban kis mélységű vákuum-kutakat alkalmaznak (kb. 1,5 m), de sor került már 91 m mély vákuum-kutak alkalmazására is. A helyi adottságokat kihasználva lehetséges vízszintes vagy ferde furatok kiképzése is. A technológia hatásfokának növelése érdekében gyakran sor kerül a talajfelszín lezárására is. A telítetlen zóna mélységének növelése, ill. a vákuum hatására kialakuló talajvízszint-emelkedés megakadályozására talajvízszint-süllyesztő kutakat is szokás elhelyezni.
- Légbefúvással is növelhető a technológia hatásfoka





Talajszelőztetés vákuum kutakkal



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



Talajszelőztetés vákuum kutakkal

Az eljárás hatásfokát és alkalmazhatóságát behatóróló tényezők a következők:

- A finom szemcséjű talajokban és magas nedvességtartalom (telítetthez közeli) esetén nagyobb vákuum alkalmazása szükséges, ami a költségeket növeli;
- az erősen változó áteresztőképességű és rétegzettségű talajokban a hosszú szűrőzött szakaszok kívánatosak, ennek hiányában sokszor egyenetlen gázkitermelés alakul ki;
- a magas szervesanyag-tartalmú talajok nagy szorpciós képessége miatt csökken a kitermelhető VOC szennyezők mennyisége;
- szükséges lehet a kitermelt gázok tisztítása;
- a gázkezelés után a folyadék elhelyezéséről, kezeléséről gondoskodni kell;
- a használt szénszűrők regenerálása, lerakása is feladat;
- telített zónában a rendszer nem hatékony, bár talajvízszint-süllyesztéssel kiterjeszhető az alkalmazhatóság.



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



Levegőtetés

- A levegőtetés felszín alatti és felszíni vizek, valamint csurgalék kezelésére alkalmas in situ fizikai kezelés. A levegőtetés során a víz és a levegő érintkezési felületét növeljük. A levegőtetés alkalmazásával a biológiai degradáció elősegítése a cél. A két fázis érintkezési felületének növelésére két módszer alkalmazható, az átbuborékoltatás, amely során levegőt buborékoltatunk át a folyadék fázison befúvatással vagy mechanikus levegőtetővel, és a bepermetezés, amikor cseppek formájában visszük a folyadékot az ellenáramú levegőbe.



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



Levegőztetés

Az eljárás közepesen illékony szerves vegyületekkel (SVOC), peszticidekkel és motorhajtó anyagokkal szennyezett vizek kezelésére alkalmas. Az illékony szerves vegyületek szennyvízből sztrippelhetők és levegőztetéssel kezelhetők, a véggázokat kezelni szükséges. Levegőztetéssel a kellemetlen ízek és szagok mérséklése is lehetséges a víztisztítás során.

Az alkalmazhatóságot és hatékonyságot behatóan meghatározó tényező:

- Nagy illékony szerves anyag koncentráció esetében nem alkalmazható véggáz kezelése nélkül vizek tisztítására.
- Az eljárás a szennyvíz-tisztítási technológiák kapcsán fejlett, technológiai és pénzügyi adatok hozzáférhetőek. A levegőztetés költségei nagymértékben függenek a levegőztetett víz térfogatától.



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



Kiszellőztetés

- A kifúvatás in situ fizikai kezelés, felszín alatti és felszíni vizek, valamint csurgalékvizek tisztítására alkalmas. Az eljárás során levegőt juttatnak a telített víztartó rétegbe az illékony szennyezők eltávolítására. A bejuttatott levegő transzverzálisan és horizontálisan is átjárja a talajt, ami hatására az illékony szennyezők buborék formájában a telítetlen zónába kerülnek, ahonnan extrakcióval eltávolítható a gőz állapotú szennyező anyag.
- Ez a technológia nagy áramlási sebesség alkalmazását jelenti, amellyel fenntartható a talajvíz és talaj közötti érintkezés fokozása, és kifúvatással több felszín alatti víz sztrippelhető. Oxigén bevitelével a szennyezett felszín alatti vízben és a telítetlen talajrétegben a biodegradáció elősegíthető. Az ezzel az eljárással leghatékonyabban kezelhető szennyezők az illékony szerves vegyületek és a motorhajtó anyagok. Metán is alkalmazható a levegő kiegészítéseként a klórozott szerves vegyületek kometabolizmusának elősegítésére.



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



Kiszellőztetés

- Az eljárás hatékonyságát és alkalmazhatóságát behatóróló tényezők a következők:
 - A telített zónában a levegőáram nem kontrollálható, így a felszabaduló gőzök mozgása sem szabályozott.
 - Figyelembe kell venni a szennyező anyagokat és a helyszín geológiai adottságait is.
 - Az injektáló kutakat hely-specifikusan kell megtervezni.
 - A talajheterogenitások eredményeként bizonyos szennyezett területeken nem érvényesül a kezelés hatása.
- A telítetlen zóna gázáteresztő képességét, a vízszintet, a felszín alatti víz áramlási sebességét, a kút sugárirányú hatását, a víztartó réteg áteresztőképességét és heterogenitását, kisebb áteresztőképességű rétegek jelenlétét, víznél nagyobb sűrűségű, azzal nem elegyedő folyadékok (DNAPL) jelenlétét, a szennyező anyag megjelenésének mélységét és a szennyező illékonyságát és oldhatóságát is ismerni kell. Gyakran hasznos levegő-telítési adatokat is gyűjteni a telített zónában a kifúvatási teszt során.





ELŐADÁS Felhasznált források

- 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