



# Agrár-környezetvédelmi Modul Talajvédelem-talajremediáció

**KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI MÉRNÖKI MSc  
TERMÉSZETVÉDELMI MÉRNÖKI MSc**



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



# Szennyezőanyag transzport a talajban II. 57.lecke



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



## Adszorpció

- Az adszorpció a szennyezőanyag porózus közeg felületén történő reverzibilis megkötődését jelenti, függően attól, hogy az adott koncentrációviszonyok között a megkötődés (adszorpció), vagy a szennyező anyag oldatba jutása (deszorpció) az uralkodó felületi kémiai folyamat.
- Az adszorbeált és deszorbeált anyagmennyiségek egyensúlyát az alábbi matematikai egyenlőség írja le:

$$\Theta \cdot dV \frac{dC}{a} = -\rho_b \cdot dV \frac{dC}{a}$$

- ahol C az pórusfolyadék koncentrációja, a szennyezőanyag koncentrációja a talajban,  $\rho_b$  a porózus közeg testsűrűsége és a  $\Theta$  térfogatszázalékban kifejezett víztartalom és V a teljes vizsgált térfogat.
- Ha a kémiai egyensúly kialakult, a megkötött anyag koncentrációja számítható:
- ahol  $K_d$  az egyensúlyi folyamat megoszlási együtthatója

$$C = K_d C$$



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



# Adszorpció

- A fentiek alapján a szorpciós folyamatok miatt egy adott V térfogatban a koncentrációváltozás miatt bekövetkező kémiai anyagmennyiség megváltozását a következő matematikai alakban írhatjuk le:

$$\frac{dM}{dV} = \frac{d(\Theta C)}{d} = -\rho_b K_d \frac{dC}{d}$$

- Ha feltételezzük, hogy az adszorbeált anyag mennyisége és a pórusfolyadék egyensúlyi koncentrációja egyenesen arányos egymással, azaz az adszorpció lineáris, akkor a  $K_d$  megoszlási együttható (amennyiben eltekintünk a hőmérséklet-változástól) állandónak tekinthető.





## Adszorpciós izotermák

- A gyakorlatban előforduló esetek egy részében (például nehézfémeknek az agyagásványokon való megkötődése esetén), ha az oldott anyag koncentrációja nagy, ezért az áramlás során erősen változik, ez a feltétel nem teljesül, azaz a pórusfolyadék egyensúlyi koncentrációja nem egyenesen arányos a megkötött anyagmennyiséggel. Ilyen esetben a megkötődő anyagok mennyiségét **adszorpciós izotermák** segítségével jellemezhetjük.





## Adszorpciós izotermák

- A vizsgált komponensnek a pórusfolyadékban, illetve a megkötő felületen való megoszlási viszonyát *kvázi-egyensúlyi* helyzetben, állandó hőmérsékleten egy előre meghatározott koncentrációintervallumban mérjük. A kapott eredmények adják a szorpciós izoterma tapasztalati pontjait. E pontokra adott matematikai formában felírható görbéket illesztünk, amelyek közül a gyakorlatban leggyakrabban a **Freundlich** és a **Langmuir** izotermákkal találkozhatunk.





## Freundlich izoterma

- A Freundlich izotermák esetén az emelkedő koncentrációval exponenciálisan növekszik a megkötődő anyagmennyiség, azaz:

$$\bar{C} = A + K \cdot C^N$$

- ahol K a koncentrációtól függően változó megoszlási együttható, és A és N Freundlich-állandók.



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



## Freundlich izoterma

- A Freundlich-izoterma elsősorban akkor írja le jellemzőbben a szorpciós folyamatokat, amikor uralkodóan egy ionkicserélődési folyamatról van szó, azaz a megkötött felületen nagy számban „A” ionok kötődtek meg, amelyek egy „B” ion koncentrációjának függvényében részben „B” ionokra cserélődnek ki.
- Ebben az esetben a koncentráció növekedésével fokozatosan nő a megkötött, "A"-ról „B”-re cserélt ionok száma, amit jól leír a Freundlich-izoterma folyamatosan emelkedő és nem határértékhez tartó görbéje. Ebben az esetben a nagymennyiségű ellenion miatt elhanyagoljuk a felületi koncentrációváltozást.







## Langmuir izoterma

- A Langmuir izoterma esetében arra vagyunk tekintettel, hogy a megkötő felület véges és ezen meghatározott mennyiségű szorpcióra alkalmas belépési pont található. Éppen ezért a megkötődő anyagmennyiség egy telítési határértékhez közelít. Ebben az esetben a megkötött anyagmennyiség hiperbolikusan közelít ehhez a telítési határértékhez a koncentráció emelkedésével:

$$C = C_{\max} \cdot \frac{KC}{1 + KC}$$

- ahol K állandó.





# Langmuir izoterma

- A Langmuir-izoterma inkább „üres” szorpciós helyek feltöltődése esetén alkalmazható, vagy ha elhanyagoljuk a deszorbeált anyag koncentrációváltozását. Ekkor adott számú felületi megkötésre alkalmas hely létezik a rendszerben, amelyek a koncentráció növekedésével exponenciálisan fogyni kezdenek, amit jól követ a Langmuir-izoterma határértékhez közelítő jellege. A valóságban mindkét felvázolt folyamat a rendszerekben jelen van, ezért a két folyamat aránya határozza meg azt, hogy vajon melyik izoterma írja le jobban egy adott rendszer viselkedését.





## Langmuir izoterma

- A nem lineáris adszorpció esetén a  $K_d$  megoszlási együttható helyett az adszorpciós izotermák alapján az aktuális koncentrációértéknek megfelelően számított  $K_d'$  értéket kell időről időre változóan behelyettesíteni, amely megfelel az izoterma adott koncentráció értékénél vett deriváltjával.





# Nemideális szennyezőanyag- transzport

- A szennyező anyagok felszín alatti transzportját az advekció és diszperzió mellett számos mechanikai (fizikai), kémiai és biológiai folyamat befolyásolja

<i>Folyamat típusa</i>	<i>Folyamat</i>
mechanikai (fizikai)	Advekció
	hidraulikus diszperzió
	Diffúzió
	Rétegződés (sűrűség-különbség)
	nem vizes fázisú folyadék-áramlás
	áramlás törés, vetődés mentén
kémiai	redoxi folyamatok
	Ioncsere
	komplex-képződés
	csapadék-képződés
	nem elegyedő folyadékfázisok közti megoszlás
	adszorpció – deszorpció
biológiai	aerob degradáció
	anaerob degradáció
	Kometabolizmus
	Bioakkumuláció



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



# Nemideális szennyezőanyag-transzport

- Azon közegekben, amelyekre törések, vetődések jelenléte jellemző, az azok mentén történő felszín alatti vízáramlás domináns, a folyamatok leírására nem alkalmazható porózus közegbeli áramlásra felírt modell. A vízáramlás és ezzel együtt a szennyezőanyag-transzport elsődlegesen a törések és vetődések mentén történik, és nem a kőzetben, így leírására inkább a 1D modell alkalmas. Alapvetően két megközelítést alkalmazunk a jelenség jellemzésére:
  - A töréseket, vetődéseket tartalmazó kőzetet ekvivalens porózus közegként kezeljük;
  - A töréseket, vetődéseket elkülönítve kezeljük, ahol a törésvonalakat párhuzamosaknak tekintjük, és az egyes töréseket a töréshálózat részeként írjuk le.





# Nemideális szennyezőanyag-transzport

- A porózus közeg heterogenitása szintén hozzájárul az ideális transzport-folyamatoktól való eltéréshez. A heterogenitás a hidraulikai és transzport jellemzők térbeli változékonysága, amely a geológiai tulajdonságok természetéből ered. Az egyébként homogén, izotróp formációban jelenlévő eltérő hidraulikus vezetőképességgel jellemző lencsék például jelentősen módosítják a felszín alatti szennyezőanyagok mozgását, eloszlási profilját.





# Nemideális szennyezőanyag-transzport

- A szennyezőanyag-transzport leírását, előrejelzését tovább bonyolítja egy nemvizes fázis jelenléte. A vízzel nem elegyedő szerves folyékony halmazállapotú anyagok külön fázist képeznek a vizes fázis mellett, amelyet az utóbbtól eltérő sűrűség és viszkozitás jellemez. Ennek megfelelően a vizes fázisnál nagyobb sűrűségű nemvizes fázis (pl.: klórozott szénhidrogének) az alatt helyezkedik el, míg a kisebb sűrűségű (pl.: kőolaj-származékok) felette.





# Nemideális szennyezőanyag-transzport

- A transzport-folyamatokat a gravitációs erő és a hidraulikus nyomás határozza meg. Az első esetben a nemvizes fázis migrációja nagymértékben függ a felszínelatti rétegződéstől, különösen a kis áteresztőképességű zónák eloszlásától, amelyek határként viselkednek, míg a másodikban a talajvízszint meredeksége meghatározó, amelyen a nemvizes fázis laterálisan. A vizes fázisnál nagyobb sűrűségű nemvizes fázis migrációja lefelé történik, függetlenül a hidraulikus gradiens irányától még akkor is, ha az felfelé mutat. A vízzel nem elegyedő fázis vízben oldott részét képező víztest jellemzően sokkal nagyobb térfogatot tesz ki, mint maga a vízzel nem elegyedő fázis, azonban a szennyezőanyag koncentráltan az utóbbiban van jelen.







# ELŐADÁS ÖSSZEFOGLALÁSA

- A szennyezőanyag transzport során mind az advekció, diffúzió, diszperzió és adszorpció valamilyen súllyal szerepet játszik. Az advekció és diszperzió szerepe akkor kifejezett, ha az áramló víz sebessége vagy a szivárgási tényező értéke egy küszöbtartomány felett alakul, míg a diffúzió szerepe ez alatt domináns.
- A fenti folyamatokat a talajfelületén megkötött szennyezőanyagok és a talajoldat koncentrációja egyensúlyi folyamatai, maga az adszorpció, és a talaj pórusviszonyai befolyásolják. Így elmondható az, hogy a szennyezőanyag-transzport sebességét alapvetően a talaj fizikai félesége és kémiai állapota határozza meg



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