

## **Bioremediációs kislexikon**

**Készítette:  
Dr. Gruiz Katalin**

Ez az összeállítás az NKFP "Bioremediáció" témájú kutatási projekthez készült. Tartalmazza mindazon kifejezések magyarázatát, amelyek a kutatási projekt szemléletének megértéséhez és a rövid tudományos összefoglaló értelmezéséhez szükségesek. Némely címszavak szinte csak definíciószerűek, mások részletesebbek.

A lexikonkészítés kényszere az első tíz oldal után felmerült, elképzelve, hogy ez a kutatási jelentés kikerül a szűkebb szakmai berkekből, ahol szintén értelmezni kell a szöveget. Annak ellenére, vagy talán éppen azért mert az összegzést igyekeztünk rendkívül közérthetően fogalmazni, felmerülhet az igény mélyebb összefüggések megértésére, amelyet részben a mellékletek, részben a Lexikon segítségével lehetséges.

A lexikon fejlesztését a kutatás teljes ideje alatt folytatni kívánjuk, hogy a munka végeztével a témához kapcsolódó valamennyi fogalom magyarázatot és tökéletes, tárgabb kontextusban is helytálló magyarázatot kapjon.

Egy ilyen lexikon fontosságát több tapasztalat is alátámasztja. 1. Oktatási tevékenységemben az egyik leghatékonyabb formaként vizsgáztam. Az utalásokkal még az összefüggések is tökéletesen megmutathatóak. 2. A kutatásban ma már mindig több szakma képviselőiből álló teamek dolgoznak. A kommunikáció nem könnyű, pontosan azért, mert nincsenek definiálva a szakmánként kissé eltérő módon használt kifejezések. 3. Az alkalmazók, a gyakorlati szakemberek, akik nem mentek keresztül a kutatás-megértés-letisztulás teljes folyamatán, hanem készen kaptak bizonyos ismereteket, gyakran nem érzik a szavak és kifejezések fontosságát. Ez a lexikon ezen is segít. 4. A jogi háttér és a rendeletek szóhasználata rögzít bizonyos szabályokat, szóhasználatokat formálisan vagy informálisan definiál bizonyos kifejezéseket. Az értelmezés rendeletben való rögzülése után nem lehet a kifejezéseket szabadon alkalmazni.

Olyan címszavak kerültek elsősorban bele, amelyek nem közismertek vagy félreértelmezettek. A szennyezett talajok kockázatának kezelésével, remediációjával és bioremediációjához kapcsolódó kifejezések szelekciójánál azt vettem figyelembe, hogy a projekt alapvető ideológiáját, támogassák, vagyis azt, hogy a természet csodálatos biodegradatív potenciálján alapuló környezetvédelmi kockázatsökkentő technológiák hogyan tudják egyrészt kihasználni a természet csodálatos biodegradatív potenciálját úgy, hogy közben ne sértsék meg, ne tegyék tönkre a környezetet, annak élővilágát, a környezet iránti alázat és az ember céljainak összehozása az Ökológiai mérnöki szemlélet lényege.

**abszolút kockázat:** a kár nagyságának és a kár bekövetkezési valószínűségének szorzata,  $\rightarrow$ vegyi anyagok  $\rightarrow$ környezeti kockázata esetében olyan mérőszámmal jellemzett érték, mely az anyag előre jelzett környezeti koncentrációjának ( $\rightarrow$ PEC = Predicted Environmental Concentration) és előrejelzés szerint káros hatást még nem mutató koncentrációjának ( $\rightarrow$ PNEC = Predicted No Effect Concentration), vagyis a kitettségnek és a hatásnak a hányadosa. A  $\sim$  tehát azt adja meg, hogy a számított vagy mért szennyezőanyag-koncentráció elfogadhatatlan kockázatot jelent-e a környezetre, benne az emberre. A kockázat számszerűsítésének célja hogy értékelésre és összehasonlításra használható, környezetirányítási és kockázatkezelési döntések támogatására alkalmas mérőszámot nyerjünk. Az ökológiai kockázatot a  $\rightarrow$ RQ kockázati tényezővel jellemezzük, mely két koncentráció hányadosa, egy dimenzió nélküli szám:  $RQ = PEC / PNEC$ . Emberi egészségkockázat jellemzésére a humán egészségkockázati hányadost használjuk:  $\rightarrow$ HQ = ADD / TDI, ahol ADD (Average Daily Dose) az ember napi átlagos felvétele, TDI (Tolerable Daily Intake) pedig a tolerálható napi felvétel a vizsgált vegyi anyagból. A két koncentráció hányadosaként kapott  $\sim$  mértéke szerint különböztetjük meg a veszélyeztetési szinteket.

Abszolút kockázat számszerű jellemzése: a kockázati tényező értékének megfelelő veszélyeztetési szintek

RQ	Veszély
<0,001	elhanyagolható
0,001–0,1	kicsi
0,1–1	enyhe
1–10	nagy
>10	igen nagy

Az abszolút kockázat vonatkozhat „tisztá” vegyi anyagokra, mely gyártásukat és környezetbe kerülésüket megelőzően is meghatározható, pl. a gyártó ország egészére, Európára vagy a Földre vonatkozóan; ez az általános kockázatfelmérés. Az  $\sim$  vonatkozhat konkrét érintett, szennyezett területre, ilyenkor a regionális vagy lokális jellemzőkkel (hidrogeológiai viszonyok, területhasználat, expozíciós utak) végezzük a számítást. A számszerű érték képzése kockázatfelmérés során történik, melynek lépései 1. a veszély, ill. a veszély forrásának azonosítása; 2. a kitettség, a környezeti koncentráció felmérése; 3. a hatás ismerete és mennyiségi jellemzése a koncentráció–hatás vagy dózis–hatás összefüggés alapján; 4. a kockázat mennyiségi felmérése; 5. a kockázat jellemzése. Az  $\sim$  felmérésének alapja az  $\rightarrow$ integrált kockázati modell. Az  $\sim$  felmérésének két jellemzője 1. a pesszimista becslés: bizonytalanság esetén mindig a lehető legrosszabb esetet vesszük figyelembe és 2. a lépcsőzetes iteratív megközelítés: fokozatosan pontosítjuk a kockázat értékét. Az  $\sim$  felmérés pesszimista gondolkodásmóddal és iteratív megközelítéssel jellemzett algoritmus lehetővé teszi, hogy az enyhe kockázatot ( $RQ < 1$ ) képviselő eseteket minimális adatmennyiség felhasználásával kizárjuk a további, gyakran igen költséges vizsgálatokból.

**additív hatás:**  $\rightarrow$ vegyi anyagok ( $\rightarrow$ toxikus anyagok,  $\rightarrow$ veszélyes anyagok,  $\rightarrow$ xenobiotikumok) keverékének olyan együttes hatása, melynek mértéke egyszerű összeadással kapható meg az egyes összetevők hatásaiból, tehát az egyes komponensek se nem erősítik, se nem gyengítik egymás hatását. (még  $\rightarrow$ szinergizmus, antagónizmus).

**akut kockázat:** akut toxicitással, irritatív, vagy maró hatással bíró vegyi anyagok környezetbe kerülésének és  $\rightarrow$ receptorszervezetekkel való találkozásának valószínűségével és az előre jelezhető kár nagyságának mértékével jellemezhető környezeti kockázat. Az ~ felmérésekor a vegyi anyag környezetben kialakult koncentrációját a receptorszervezetek generációs idejéhez képest rövid távon káros hatást még nem mutató küszöbkoncentrációhoz viszonyítjuk. Az ~ nagyságát a *környezeti kockázat* definíciójából következően az ökoszisztémára az  $RQ = PEC / PNEC$  kockázati hányados adja meg, az emberre pedig *expozíció szájon át* és *bőrkontakt* esetén a  $HQ = ADD / TDI$ , ill. az *expozíció beléggzéssel* esetben a  $HQ = IC / RfC$  hányadosok.

**akut toxicitás:** az akut toxicitás a vegyi anyagnak való egyszeri kitettség alkalmával, rövid távon jelentkezik. Az akut toxikus hatás koncentráció-, ill. dózisfüggésének meghatározása vagy epidemiológiai vizsgálatok alapján vagy laboratóriumi *ökotoxikológiai* illetve *toxikológiai tesztek* segítségével történik. Ilyenek a  $\rightarrow$ *Microtox* vagy a  $\rightarrow$ *Vibrio fischeri* lumineszcenciagátlási-teszt, az *algatesztek*, a *vízibolha teszt* ( $\rightarrow$ *Daphnia magna*), a *haltesztek*, a  $\rightarrow$ *csírázásgátlási* és a *növénynövekedési tesztek*, a földigiliszta teszt ( $\rightarrow$ *Eisenia fetida*), a madártesztek, a több fajt alkalmazó *mikrokozmosz* tesztek, valamint a toxikológiai tesztek kisállatokkal (patkány, egér) vagy szövettenyészetekkel, stb. Az ~ nagyságát leggyakrabban az  $EC_{50}$ ,  $LC_{50}$  vagy az  $ED_{50}$  ill.  $LD_{50}$  értékekkel szoktuk jellemezni.

**antagonizmus:**  $\rightarrow$ vegyi anyagok keverékének olyan együttes hatása, mely az egyszerű összeadással kapható hatásnál kisebb mértékű, mert az egyes összetevők gyengítik vagy kioltják egymás hatását.

**antropogén:** emberi eredetű, emberi tevékenységből következő.

**ártalmatlan dózis:** fizikai hatások vagy  $\rightarrow$ vegyi anyagok káros hatást nem mutató küszöbértéke a fizikai hatás, vagy a vegyi anyag abszolút mennyiségében kifejezve. – **1.** vegyi anyagoknak az a mennyisége, tömegegységben megadva, amely még nem mutat káros hatást egy  $\rightarrow$ *krónikus* (hosszú idejű) környezetoxikológiai vizsgálatban. A dózis–hatás görbe alapján, grafikusán, vagy statisztikai módszerekkel meghatározott küszöbértéket adjuk meg. A küszöbérték lehet a legnagyobb, hatást még nem mutató, vagy a legkisebb, hatást már mutató anyagmennyiség. A leggyakrabban használt küszöbértékek a következők: NOEL (No Observed Effects Level), az a legnagyobb dózis, amelynek nincs megfigyelhető hatása. NOAEL (No Observed Adverse Effects Level), az a legnagyobb koncentráció, amely még nem okoz megfigyelhető káros hatást. LOEL = (Lowest Observed Effects Level) az a legkisebb dózis, amelynek hatása már megfigyelhető. – **2.** egy  $\rightarrow$ vegyi anyagnak az a mennyisége, tömegegységben megadva, amely még nem mutat káros hatást az emberre, emésztés vagy bőrkontakt útján a szervezetébe jutva. Ez a vegyi anyag dózis csak extrapolációval határozható meg. Az emberre károsan még nem ható dózisokat kísérleti állatokkal végzett toxikológiai vizsgálatok eredménye alapján határozzák meg extrapolációval és tolerálható napi bevitel (TDI = Tolerable Daily Intake) néven alkalmazzák a vegyi anyagok egészségkockázatának mennyiségi meghatározásához, mint küszöbértéket, melynél többet fogyasztva az ember veszélyeztetettsége elfogadhatatlan mértékűnek tekintendő. – **3.** mesterséges sugárforrá-

soktól származó ~ az, a lakosság egészére vonatkozó sugárterhelés, amely előrejelezhetően még nem okoz genetikai vagy mutagén károsodást. Nagyenergiájú sugárzások, mint a  $\rightarrow$  *gamma*sugárzás és a  $\rightarrow$  *röntgensugárzás* valamely közegben elnyelt besugárzási dózisának mértékegysége a  $\rightarrow$  *rad*. (még  $\rightarrow$  *ártalmatlan koncentráció*, *NOEL*, *NOAEL*, *LOEL*, *LOAEL*, *TDI*)

**ártalmatlan koncentráció:** egy  $\rightarrow$  *vegyi anyag* káros hatást nem mutató küszöbkoncentrációja. – **1.** vegyi anyagoknak az a koncentrációja, amely még nem mutat káros hatást egy  $\rightarrow$  *krónikus* (hosszú idejű) környezettoxikológiai vizsgálatban. A koncentráció–hatás görbe alapján, grafikusán, vagy statisztikai módszerekkel meghatározott küszöbkoncentráció értéket adunk meg. A küszöbérték lehet a legnagyobb, hatást még nem mutató, vagy a legkisebb, hatást már mutató koncentráció. A leggyakrabban használt küszöbértékek a következők: NOEC (No Observed Effects Concentration), az a legnagyobb koncentráció, amelynek nincs megfigyelhető hatása. NOAEC (No Observed Adverse Effects Concentration), az a legnagyobb koncentráció, amely még nem okoz megfigyelhető káros hatást. LOEC (Lowest Observed Effects Concentration) az a legkisebb koncentráció, amelynek hatása már megfigyelhető. MATC (Maximum Allowable Toxicant Concentration), a szennyezőanyag maximális, még megengedhető koncentrációja. A NOEC és a LOEC egymásból számíthatóak:  $NOEC = LOEC/2$ , a MATC értéket a LOEC és NOEC érték átlaga adja. – **2.** egy  $\rightarrow$  *vegyi anyagnak* az a koncentrációja, amely még nem mutat káros hatást a környezetre, vagyis az emberre és az ökoszisztémára. Ez a vegyi anyag koncentráció csak extrapolációval határozható meg. Az emberre károsan még nem ható koncentrációt toxikológiai vizsgálatok, az ökoszisztémára károsan nem ható koncentrációt pedig ökotoxikológiai tesztek eredménye alapján határozzuk meg, extrapolációval. Az ökoszisztémára előrejelezhetően károsan nem ható koncentráció a PNEC (Predicted No Effect Concentration), melyet leggyakrabban faktoriális módszerrel képeznek akut és/vagy krónikus ökotoxikológiai teszteredményeiből. Az alkalmazott faktorok nagysága a tesztek információtartalmával és környezeti realizmusával arányos. A PNEC érték becsléséhez alkalmazott bizonytalansági faktorok 1-1000-ig változnak: minél jobban közelíti az eredmény a valóságot, annál kisebb bizonytalansági faktort kellene alkalmazni. A PNEC érték a vegyi anyagok  $\rightarrow$  *környezeti kockázatának* mennyiségi jellemzéséhez használt küszöbérték: ennél nagyobb környezeti koncentráció elfogadhatatlan kockázatot jelent az ökoszisztéma szempontjából. A PNEC érték  $\rightarrow$  *környezeti minőségi kritériumok*,  $\rightarrow$  *határértékek* képzésére is alkalmas, értéke az un. hatáson alapuló környezeti minőségi kritériumokkal illetve határértékekkel arányos, vagy azonos. (még  $\rightarrow$  *ártalmatlan dózis*, *LOEC*, *NOEC*, *PNEC*, *MATC*).

### Vízi ökoszisztéma tagjainak ökotoxikológiai teszteredményeiből kiinduló PNEC extrapolációs meghatározáshoz alkalmazandó biztonsági faktorok

Ártalmatlan koncentrációk vízi ökoszisztéma tagjainak ökotoxikológiai tesztelésekor	Biztonsági faktor
Három különböző trofikus szint élőlényeivel legalább 1-1-akut toxicitási teszt (LC50: hal, alga, Daphnia)	1000
Legalább egy hosszú távú NOEC mérés akár hal, akár Daphnia	100

Két különböző NOEC mérés, két különböző trofikus szint élőlényeivel (hal és/vagy alga és/vagy Daphnia)	50
Három trofikus szint élőlényeivel meghatározott krónikus NOEC értékek	10
Szabadföldi adatok, mezokozmosz kísérletek, vagy egyedi felmérés	1

**bányászbaktériumok:** a redukált állapotú kénvegyületeket oxidáló baktériumcsoportok népszerű elnevezése. A kénhidrogén, a különböző fém-szulfidok, az elemi kén és a tioszulfát oxidálása útján két baktériumcsoport képes energiát nyerni: a  $\rightarrow$  *foto*tróf kénbaktériumok (pl. vörös és zöld klénbaktériumok) és a  $\rightarrow$  *kemolitotróf* szintelen kénbaktériumok (pl. a fonalas kénbaktériumok és a *Thiobacillus* fajok). Az ún.  $\sim$  szulfidtartalmú kőzetekben, a talajban és a vizekben élnek és működnek, legtöbbjük savtűrő (pH 1–5). Legjelentősebb folyamataik a vas és a kén oxidációja, a *Thiobacillus ferrooxidans* egymaga mindkettőre képes:  $\text{FeS}_2 + 3,5\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$  és  $2\text{FeSO}_4 + 0,5 \text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$ . A  $\sim$  felelősek a toxikus fémek felszabadításáért szulfidos kőzetekből, a savas bányavizek létrejöttéért, a betoncsövek  $\rightarrow$  *korrózió*jáért. A  $\sim$  átalakító tevékenysége  $\rightarrow$  *biotechnológiák*ban hasznosítható 1. a szén kén-telenítésére, 2. kis fémtartalmú kőzetekből fém kioldására, pl. kalkopiritből rézszulfát ( $\text{CuFeS}_2 + 2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = \text{CuSO}_4 + 5\text{FeSO}_4 + \text{S}$ ), 3. fémmel szennyezett talajból, üledék-ből, hamuból történő  $\rightarrow$  *kioldás*ra (bioleaching).

**BAT = Best Available Technology:** az elérhető lehető legjobb technológia

**BCF:** biokoncentrációs faktor, mely megadja, hogy a  $\rightarrow$  *bioakkumuláció*ra képes élőlény a vele érintkező környezetben lévő elem vagy vegyület koncentrációját hányszorosára növeli meg saját szervezetében. Nagyságát az egyensúlyi állapotban mérhető:  $C_{\text{élőlény}} / C_{\text{környezet}}$  hányados adja meg.

**bioakkumuláció:** élőlények azon tulajdonsága, hogy egyes elemek, illetve vegyületek környezetből történő felvétele eredményeképpen saját szervezetükben nagyobb koncentrációt hoznak létre, mint amekkora a forrásul szolgáló környezeti elem-ben volt, tehát ezeket az elemeket vagy vegyületeket koncentrálnak, feldúsítják sejtjeik-ben vagy egyes szöveteikben. Biokoncentrációnak is nevezik, mértékét a  $\rightarrow$  *BCF* jellemzi.

**biodegradáción alapuló biotechnológia:** olyan  $\rightarrow$  *biotechnológia*, melyben a központi biokémiai folyamat a szerves anyagok biológiai, leggyakrabban mikrobiológiai bontása. Ez a bontás jelenthet energiatermeléssel egybekötött mineralizációt, vagy részleges bontást, esetleg  $\rightarrow$  *kometabolizmust*. Leggyakrabban hulladékok és szennyező-anyagok kezelésére, hasznosítására vagy ártalmatlanítására használt technológiák, például biológiai szennyvízkezelés, talajbioremediáció, komposztálás, stb.

**biodegradálhatóság:** szerves vegyületek biológiai bonthatósága, amely a környezetbe kerülésük és a  $\rightarrow$  *biotával* való kölcsönhatásuk eredményeképpen nyilvánul meg. A  $\rightarrow$  *biodegradáció* egy szerves molekula komplexitásának csökkentését, vagy

teljes lebontását, mineralizációját jelenti, melynek mértékét és sebességét a szerves vegyület ~a és a környezet biodegradáló képessége együttesen szabja meg. Egy szerves vegyület ~át fizikai-kémiai tulajdonságai alapvetően meghatározzák. A vegyi anyagok ~uk alapján lehetnek könnyen vagy nehezen biodegradálható és  $\rightarrow$ perzisztens, azaz nem biodegradálható vegyületek. A ~ot a bontáshoz szükséges idővel, ill.  $\rightarrow$ felezési idővel, valamint a  $\rightarrow$ bomlási sebességi állandóval lehet jellemezni. Az 1. táblázat vízi ökoszisztémában folyó biodegradáció elsőrendű sebességi állandóit és a felezési időket mutatja könnyen és nehezen biodegradálható anyagokra (EU TGD, 1996\*). Egy szerves molekula ~a egyértelmű összefüggésbe hozható illékonyosságával, vízoldhatóságával, polaritásával, illetve  $\rightarrow$ oktanol-víz megoszlási hányadosával ( $K_{ow}$ ). A ~ és a  $K_{ow}$  összefüggését vegyülettípusonként eltérő egyenletekkel lehet leírni. A  $\rightarrow$ QSAR (Quantitative Structure–Activity Relationship = a vegyi anyag szerkezetének és aktivitásának mennyiségi összefüggése) lehetővé teszi, hogy egy vegyi anyag ~ának mértékét kísérletek nélkül, pusztán a molekula szerkezete és ismert ~ú vegyületekkel való összehasonlítása alapján, modellezés segítségével jellemezzük. A ~ot mérni is lehet, un. ~i tesztekkel, melyeket standard körülmények között, ismert mikroorganizmusokkal, vagy kontrollált mikrobaközösségekkel (szennyvíziszap, talaj) végeznek. A ~i tesztek mérési végpontja lehet a vegyi anyag mennyiségének csökkenése, vagy a bontó közösség aktivitása, sejtszáma, légzése, általános, vagy specifikus enzimaktivitásai. A szennyezőanyagok ~ának nagy szerepe van a vegyi anyag környezeti kockázatában. A kockázat mértéke a ~gal fordítottan arányos: minél inkább biodegradálható egy szennyezőanyag, annál rövidebb ideig lesz jelen a környezetben és fejt ki káros hatását. A ~ csak a környezettel kölcsönhatásban értelmezhető, ahol a  $\rightarrow$ biodegradáció folyik. A 2. táblázat a talajban és vízi üledékben érvényes felezési időket mutatja a biodegradálhatóság és vegyi anyag szilárd-víz fázis közötti megoszlási hányadosa ( $\rightarrow K_p$ ) függvényében. Minél inkább hidrofób a vegyület, annál jobban kötődik a talaj (üledék) szilárd frakciójához, tehát annál kevesebb lesz a vizes fázisban biológiailag hozzáférhető állapotban. Emiatt a sebességi állandó ezeknél a vegyi anyagoknál nagyobb. A környezeti paraméterek (hőmérséklet, pH, redoxviszonyok, stb.) és főleg a  $\rightarrow$ biota állapota nagyban befolyásolja a ~ot. A környezet ökoszisztémája képes alkalmazkodni, hozzászokni,  $\rightarrow$ szubsztrátként elfogadni és hasznosítani a környezetbe kikerülő vegyi anyagokat még akkor is, ha azok természetidegen anyagok, un.  $\rightarrow$ xenobiotikumok. A környezet  $\rightarrow$ adaptációs képessége mögött a környezetbe kikerült vegyi anyagok (szennyezőanyagok) által kikényszerített evolúciós folyamatok állnak, a  $\rightarrow$ biota genetikai és biokémiai potenciáljának növekedése. Környezetünkben a legintenzívebb biodegradáció a szennyvizekben, a talajban és a felszíni vizekben folyik. A  $\rightarrow$ környezetközpontú gondolkodás jegyében, a biodegradálható természetes anyagok és termékek gyártása és használata (papír, fa, stb.) ajánlott vagy, ha a termék speciális igényeinek ezek nem tudnak megfelelni, akkor  $\rightarrow$ biodegradálható műanyagok, vagy  $\rightarrow$ biopolimerek használata. A peszticidek esetében is meg kell találni a kompromisszumot a hatás érdekében szükséges  $\rightarrow$ perzisztencia és a környezet általános terhelését csökkentő ~ között. (Idézett könyv címe: \*Technical Guidance Document in Support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances and Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substances, European Commission, Brussels, 1996)

A biodegradálhatóság a sebességi állandó és a felezési idő közötti összefüggést a következő egyenlet adja meg:  $k_{biodegradáció, talaj} = \ln 2 / DT_{50}$  biodegradáció, talaj

### Felezési idők biodegradációs tesztek alapján, a $K_p$ függvényében

$K_p$ ( lit/kg)	Felezési idő talajban = $DT_{50}$ biodegradáció, talaj (nap)		
	Könnyen biodegradálható	Könnyen, de > 10 nap biodegradálható	Nehezen biodegradálható
$\leq 100$	30	90	300
$> 100 \leq 1000$	300	900	3000
$> 1000 \leq 10\ 000$	3000	9000	30\ 000
stb.	stb.	stb.	stb.

### Felezési idők és sebességi állandók összefüggése vízi rendszerben

biodegradálhatóság: teszteredmény	Sebességi állandó (1/nap)	Felezési idő (nap)
Könnyen biodegradálható	$4,7 * 10^{-2}$	15
Könnyen, de nem 10 napon belül biodegradálható	$1,4 * 10^{-2}$	50
Nehezen biodegradálható	$4,7 * 10^{-3}$	150
Nem biodegradálható	0	$\infty$

### biokémiai indikátorok:

→biokémiai markerek

**biokémiai markerek, biomarkerek:** jelző molekulák, melyek környezeti hatásra jelennek meg, biokémiai- vagy sejtszintű válaszként, mennyiségük összefüggést mutat környezetszennyező vegyi anyagoknak való kitettséggel, ezért megjelenésük és koncentrációjuk környezettoxikológiai (→*toxikológiai*, →*ökotoxikológiai*) tesztek végpontjaként használható. Vegyi anyagok, szennyezett környezeti minták tesztelésére és →*biomonitoring*ra alkalmas módszerek alapjául szolgálhatnak. Legismertebb ~: 1. a vegyes szerepű oxidázok, pl. a monooxidázok, melyek feladata a természetben a →*lipofil* →*szubsztrátok* vízzoldhatóvá tétele, működésük indukálható, toxikus anyagok jelenlétében, pl. →*PAH*, →*PCB*, koncentrációjuk megnő; 2. a metallotioneinek, melyek koncentrációja toxikus fémeknek kitett szervezetekben szignifikánsan megnő, ezért szennyeződés-jelző molekulaként nagy reményeket fűznek hozzájuk, de felhasználásuk →*biomonitoring*hoz a fajonkénti nagy eltérések miatt egyelőre korlátozott. 3. a →*citogenetikai* markerek, pl. a kromoszómaabberációk száma és minősége összefüggést mutat az ionizáló sugárzásnak és a kémiai mutagéneknek való kitettséggel; 4. genetikai marker lehet bármely, a DNS-en környezeti hatásra bekövetkező mennyiségi és minőségi változás. Kimutatásukra modern →*géntechnikák* állnak rendelkezésre, így →*hibridizációs próbák*, hibridizációs technikákkal, →*polimeráz láncreakció (PCR)* specifikus indítómolekulákkal.

**biokoncentráció:** lásd → *bioakkumuláció*

**biológiai monitoring:** →*környezetmonitoring* céljára alkalmazott biológiai módszerek összessége. Alapulhat egyetlen tesztorganizmust (laboratóriumi →*ökotoxikológiai teszt*) vagy életközösséget (→*mikrokozmosz teszt*) alkalmazó teszten, ilyenkor a környezeti mintát a laboratóriumba szállítás után vizsgálják. Alapulhat helyszíni, ún. *in situ* biológiai vizsgálatokon: aktív biomonitoring során a kiválasztott fajok izoláltan és kontrolláltan felnevelt egyedeit helyezzük a környezetbe, míg passzív biomonitoring esetén, a

területen élő fajokat vizsgáljuk, így: 1. a közösség összetételét és működését: fajösszetétel, fajsűrűség, érzékeny fajok kihalása, tápláléklánc, a teljes ökoszisztéma anyag- és energiaforgalma; 2. az életközösség genetikai jellegzetességeit: rezisztens fajok megjelenése, genetikai jellemzők, DNS ujjlenyomatok; 3. a bioakkumulációt; 4. a biodegradációt; 5. biomarkereket: stresszfehérjék, metallotionein, citokrom P450. – A biomonitoring előszeretettel alkalmaz bioindikátor fajokat: 1. *őrző fajok*: a vizsgált területre telepített, nagy érzékenységgű fajok, amelyek elpusztulásukkal korai figyelmeztetőül szolgálnak; 2. *detektor fajok*: a vizsgált területen élő fajok, amelyeknek szennyezőanyag hatására megváltozik a viselkedésük, koreloszlásuk, esetleg elpusztulnak; 3. *kiküszkölő fajok*: rezisztens fajok, amelyek szennyeződés esetén előnybe kerülnek a többi fajjal szemben. 4. *akkumuláló fajok*: felveszik és akkumulálják a szennyezőanyagot olyan mennyiségben, hogy az kémiai analízissel kimutathatóvá válik.

**biomagnifikáció:** a tápláléklánc hatása a bioakkumulációra. Egy bizonyos trofikus szinten akkumulált toxikus elem vagy vegyület a táplálékláncban következő, felsőbb szintet hatványozottan érinti. A kitettség tehát a táplálékláncon felfele haladva egyre nagyobb. A ~nak legnagyobb mértékben kitett élőlények a csúcsragadozók és az ember.

**biomérnökség, bioengineering (angol):** →*biotechnológiákat* alkalmazó mérnöki tevékenység. A ~ olyan biológiai és biokémiai folyamatokat állít a technológia középpontjába, melyek tenyésztett sejtek, vagy azok valamely termékének (pl. enzimek) felhasználásával állítanak elő ipari termékeket. A ~ a technológia középpontjában álló, az átalakító tevékenységet végző tenyésztett sejt, szövet vagy enzim számára optimális működési körülményeket biztosít a technológia paraméterek (hőmérséklet, pH, ozmózisnyomás, tápanyag- és oxigénellátottság, vitaminok, stb.) célszerű megválasztásával és szabályozásával. A ~ a mikrobiológia, a biokémia, a genetika, a mérnöki tudományok, elsősorban a vegyészmérnökség és a számítástechnika integrált alkalmazását jelenti. A ~ új iparágakat hoz létre, mint a megújuló energiaforrásokat előállító ipar (→*bioetanol*, →*biodízel*, stb.), a hulladékfeldolgozó és hasznosító ipar, környezetvédelmi ipar. A fermentációs technológiák modernizálásával megreformálja a hagyományos biotechnológiákat a mezőgazdaságban, az élelmiszeriparban és a gyógyszeriparban. A génmérnökség, az enzimmérnökség és a fehérjemérnökség a modern mezőgazdálkodás, gyógyászat és gyógyszeripar alapját képezi. A vegyipar és a környezetvédelmi iparok is egyre „lágyabb” technológiákhoz fordulnak a ~ segítségével, olyanokhoz, amelyek alacsony hőfokon, olcsó, megújuló és visszaforgatható alapanyagokból dolgoznak, kis energiaigénnyel működnek, tehát →*környezeti kockázatuk* kicsi, a →*fenn tartható fejlődés* szempontjából előnyösek.

**bioremediáció:** szennyezett talaj, talajvíz, felszíni víz, vagy felszíni vízi üledék környezeti kockázatának csökkentése biológiai módszerekkel. A ~ olyan technológia, amely élő sejtek vagy szervezetek, esetleg azok valamely termékének (pl. enzim) →*biodegradációs*, →*bioakkumulációs* vagy biológiai stabilizálóképességét állítja a technológia középpontjába, ezeknek a biológiai folyamatoknak biztosít optimális körülményeket az alkalmazott technológiai paraméterekkel, adalékanyagokkal. A ~hoz felhasználhatóak az ökoszisztéma endogén tagjai vagy közösségei, közülük izolált és mesterségesen felszaporított mikroorganizmusok és/vagy növények vagy külső forrásból származó aktív közösségek, pl. szennyvíziszap, komposzt, aktív talaj, stb. Leggya-

koribb ~s technológiák: →*természetes bioremediáció* aktiválása, bioágyas vagy prizmás talaj/üledékkezelés, talajkezelés agrotechnikai módszerekkel, →*bioventilláció*, →*iszapfázisú üledék/talajkezelés*, →*fitoremediáció*. A ~ mind →*in situ*, mind →*ex situ* technológiaként alkalmazható. Előnyei, hogy viszonylag kis költséggel, nagy területek kezelésére is alkalmas, a talaj (üledék) tulajdonságait, élővilágát, biológiai aktivitását megőrzi, *in situ* kezelés esetén a terület munkálatok közbeni használatát megengedi, másodlagos környezeti kockázata kicsi, elő- és utókezelésként, vagy kombinált technológia részeként is alkalmazható. Hátrányai, hogy viszonylag nagy az időigénye, időjárás- és klímafüggő, szennyezőanyag maradékkal számolni kell. (még→*remediáció*, *remediálási technológiák*, *élőgépek*, *talajba injektálás*).

**bioszenzor:** egy biológiai rendszer választ a ~ megfelelő átalakító egység segítségével elektromos jellel alakítja. Környezeti monitoringban és a környezettoxikológiai vizsgálatokban alkalmazzák. Alacsony költség és gyorsaság jellemzi, használata egyszerű, mind laboratóriumban, mind *in situ* alkalmazható. Leggyakrabban élő sejteket vagy enzimeket alkalmaznak szenzorként. A mikrobiális rendszerek egyre elterjedtebbek toxicitást mérő ~okba építésre. Segítségükkel megoldható viszonylag hosszú élettartamú szenzorok kifejlesztése, illetve cserélhető tesztelő egységek előállítása és kereskedelmi forgalmazása.

**biota:** a környezet élő része

**biotenzidek:** baktériumok által szintetizált felületaktív anyagok. →*Lipofil* molekulák →*szubsztrátként* történő hasznosításának alapfeltétele, hogy a mikroorganizmusok hidrofil felülete érintkezésbe kerülhessen a víztaszító molekulával. A fázishatárok áttörésére ~et szintetizálnak, melyekkel a lipofil anyag mikrocseppeit körülveszik, abból olyan biotenzid-micellát képeznek, amely már képes átjutni a sejthatároló felületen. A ~ ek alkalmazását a mikrobasejt gyakran kombinálja a hidrofób anyaghoz, pl. olajcseppekhez való adhézión kötődéssel is, melyet a sejthatároló képletek lipofil molekulái tesznek lehetővé. A mikroorganizmusok ~ segítségével szénhidrogénekből emulziót tudnak képezni. A ~ felépítése a szintetikus →*tenzidek*hez hasonlóan kettős; van egy hidrofób és egy hidrofil komponensük, melyek pl. egy olajcsepphez kapcsolódva csökkentik a felületi feszültséget. A sejtmembránnal érintkező hidrofób szubsztráton ekkor a →*biodegradáció* első lépését már el tudják végezni a – célszerűen a sejtmembránban elhelyezkedő – oxigenáz enzimek. Ismert ~ a *Pseudomonas* baktériumok ramnolipidje vagy a *Torulopsis* gombák szoforózlipidje. A ~nek a környezetben folyó spontán biodegradációban és →*veszélyes anyagokkal* szennyezett →*környezeti elemek* →*bioremediáció*jában egyaránt nagy szerepük van, de a szintetikus tenzideket sok más ipari technológiában is helyettesíthetik, ezáltal biológia eredetű, természetes anyagok ipari felhasználását teszik lehetővé.

**biotranszformáció, biokonverzió:** **1.** biokémiai folyamat a sejtekben, melynek során az enzim reakció →*szubsztrátja* átalakul köztitermék, vagy termék; szintézis, lebontás vagy átalakítás révén. Az átalakulás az élő szervezetben reakciók sorozatán keresztül valósul meg: hidrolízis, oxidáció–redukció, aminálás–dezaminálás, gyűrűzárás–gyűrűhasítás, stb. – **2.** →*biotechnológia*, melynek központi katalizátora valamely mikroorganizmus, tenyésztett szöveti sejt, vagy enzim. A biotechnológia reaktorában

lévő közegben oldott szubsztrátot a sejt vagy az enzim terméké alakítja. A ~ enyhe körülmények között zajlik, a technológusnak optimálnia kell a folyamatot, hogy a kívánatos termék keletkezzen. A ~ra leggyakrabban fermentációs, hulladékkezelési vagy hulladékhasznosítási technológiák alapulnak. A  $\rightarrow$ *környezetvédelmi biotechnológiák* olcsó szubsztrátjai mezőgazdasági termékek, melléktermékek és hulladékok, erdőgazdasági- és élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok. ~val előállított termékek lehetnek elsődleges és másodlagos anyagcseretermékek, melyeket finomvegyszerként, gyógyszerként vagy energiahordozóként hasznosítanak, kémiai felépítésüket tekintve pedig: aldehidek, ketonok, savak (oxálsav, C-vitamin, stb.) aminosavak, alkoholok (etanol, metanol), metán.

**bioventilláció:**  $\rightarrow$ *talajkezelési technológia*, amely a szennyezett talajban élő és működő aerob mikrobaközösség megfelelő oxigénellátását biztosítja  $\rightarrow$ *talajszellőztetéssel*. Mind  $\rightarrow$ *in situ*, mind  $\rightarrow$ *ex situ* alkalmazható, önálló talajkezelési technológiaként vagy komplex remediációs technológia részeként. Ex situ megoldása a levegőztető csőrendszerrel ellátott prizmás talajkezelés. In situ olyan esetekben alkalmazzuk, amikor a szennyezőanyag a  $\rightarrow$ *telítetlen talaj*ban, a talaj szilárd felületére abszorbeálva helyezkedik el és aerob körülmények között biodegradálható. Ilyenkor általában a talaj oxigénellátottsága a folyamat limitáló tényezője, hiszen a  $\rightarrow$ *szennyezőanyagok* talajban folyó biológiai bontása nagy mennyiségű oxigént igényel: 100 kg fűtőolaj biodegradációjához elméletileg kb. 160 kg O<sub>2</sub> szükséges, ez kb. 800 kg levegőt jelent, de a gyakorlatban ennek 10–20-szorosával kell tervezni. A  $\rightarrow$ *talajlevegő* oxigéntartalma általában is kisebb, mint a légkörié, de szennyezett talajban a biodegradáció során termelődő CO<sub>2</sub> miatt még kisebb, így a talaj hézagterefogatát kitöltő talajlevegő oxigénkoncentrációja túl kicsi ahhoz, hogy a  $\rightarrow$ *mikropórusok* biofilmjében élő és működő sejtekhez diffúzióval elegendő oxigén jusson. A ~ a talajban célszerűen elhelyezett  $\rightarrow$ *levegőztető kutak* vagy csőrendszer (függőleges, vízszintes, ferde, stb.) segítségével légáramlást idéz elő az érintett talajtérfeletben. A szennyezőanyag-koncentráció és a bontó aktivitás igényei szerinti 1–5 légcseré/óra szükséges, lehetőleg szívással biztosítva. Ehhez kis kapacitású szellőztetőventillátorok elegendőek. Ha a talajt szennyező anyag illékony, a kiszívott talajgázt összegyűjtés után megfelelő módon kezelni kell. Ha a talajszennyezőanyag nem illékony, akkor levegő befúvást is lehet alkalmazni. Ennek előnye, hogy meleg levegő, esetleg gőz bejuttatásával felmelegíthető a kezelt talaj. A megnövelt hőmérséklet fokozza a mikroorganizmusok aktivitását és elősegíti a szennyezőanyagok  $\rightarrow$ *deszorpcióját*. A talajszellőztetéssel fokozott párolgás is jár, ezért a talaj nedvességtartalmának pótlásáról gondoskodni kell. A ~ a  $\rightarrow$ *talajgáz-elszívási technológiától*, mely elsősorban fizikai beavatkozás és az illó talajszennyező-anyagok kiszívását jelenti, csupán célját tekintve különbözik, technikai megvalósításuk hasonló. (még  $\rightarrow$ *talajgáz-elszívás, talajgáz kezelés, remediáció, bioremediáció, remediációs technológiák, in situ, ex situ, talajkezelés, injektálás, biodegradáció*).

**BOI:** biológiai oxigén igény, lásd  $\rightarrow$ *oxigénigény*

**bomlási állandó:** bomlási együttható,  $\lambda$ , az egységnyi idő alatt bekövetkező bomlás valószínűségének mértéke. Az  $\rightarrow$ *átlagos élettartam* reciprok értéke. A bomlási sebesség (dN/dt) arányos az adott időpontban jelenlévő bomlatlan anyag (elem, elemi részecske) mennyiségével (N):  $dN/dt = -\lambda N$ . Kinetikusan elsőrendű reakciók esetében a ~ egyértelműen megadja a  $\rightarrow$ *felezési időt*.  $T_{1/2} = 0,693/\lambda$ . A ~ra vonatkozó összefüggé-

sek érvényesek 1. a radioaktív anyagok vagy elemi részecskék bomlására; 2. a kinetikusan elsőrendű kémiai reakciókra; 3. a környezetbe kikerülő  $\rightarrow$ vegyi anyagok  $\rightarrow$  fotolízisére,  $\rightarrow$  hidrolízisére és  $\rightarrow$  biodegradációjára, mivel ezeket közel elsőrendű kinetikájú reakcióknak tekintjük.

**BTEX:** kőolaj eredetű aromás szénhidrogének: benzol, toluol, etilbenzol és xilol összegzett koncentrációja egy környezeti mintában.

**célállapot:** a környezet kívánatos minőségével összefüggő állapot. A környezetet, a  $\rightarrow$  környezeti elemeket jellemző bármilyen paraméterre vonatkozhat, így pl. felszíni vizek oldott oxigéntartalmára, talajok tápanyagellátottságára, felszín alatti vizek hidrogeológiai viszonyaira, a környezeti elemek szennyezőanyag-tartalmára, stb. Szennyezett területek kezeléssel elérendő  $\sim$  a több féle lehet: 1. a terület eredeti, szennyezés előtti állapotának helyreállítása, 2. a terület  $\rightarrow$  multifunkcionalitásának elérése, amely  $\rightarrow$  talajnál bármilyen célra való alkalmasságot,  $\rightarrow$  felszín alatti víznél pedig ivóvízminőséget jelent, 3. vagy  $\rightarrow$  területhasználatától függő  $\sim$ . A területhasználat lehet általánosan megadott, orientáló jellegű (ipari, mezőgazdasági, városi, stb.), vagy helyspecifikus, azaz a konkrét szennyezett területre jellemző (alumínium kohó, kenyérgyár, kukorica-termesztés, sportpálya, óvoda, stb.). Szennyezett területek esetében a célállapotot a  $\rightarrow$  célértékkel lehet jellemezni.

**célérték:** a környezeti minőségi kritériumokat képviselő határértékrendszeren belül a  $\sim$  a környezet kívánatos állapotát,  $\rightarrow$  célállapotát jellemző mennyiségi mutató, szennyezett területeken folyó kockázatcsökkentő beavatkozás után, a szennyezőanyag megengedett küszöbkoncentrációját jelenti. Egy konkrét szennyezett terület esetén a  $\sim$  et a terület adottságaitól és használatának módjától függő  $\rightarrow$  környezeti kockázat mértéke fogja meghatározni. A  $\rightarrow$  kockázati tényező  $\leq 1$  kritériumnak megfelelően a célérték nem lehet nagyobb, mint a szennyezett területre, annak ökoszisztémájára és az ott élő emberekre károsan nem ható legnagyobb szennyezőanyag koncentráció, azaz az  $\rightarrow$  ártalmatlan koncentráció ( $\rightarrow$  PNEC). A  $\sim$  a szennyezett talaj és felszín alatti víz  $\rightarrow$  remediálásával kapcsolatban Magyarországon törvényi meghatározás és szabályozás alá került. A 33/2000 Kormányrendelet a szennyezett területek  $\rightarrow$  egyedi célértékét  $\rightarrow$  D értéknek, kármentesítési szennyezettségi határértéknek nevezi és előírja hogy meghatározása területspecifikus  $\rightarrow$  mennyiségi kockázatfelmérés alapján történjék. „Kármentesítési szennyezettségi határérték (D): komplex értékelésen, a kockázatos anyagnak a környezeti elemek közötti megoszlására, viselkedésére, terjedésére vonatkozó méréseken vagy modellszámításokon, mennyiségi kockázatfelmérésen alapuló, a területhasználat figyelembe vételével, a kármentesítési eljárás keretében, hatósági határozatban előírt koncentráció, amelyet az emberi egészség és az ökoszisztémák károsodásának megelőzése, illetve megszüntetése érdekében a kármentesítés eredményeként el kell érni

**cell factory:** környezeti elemek mikrobaközösségére használt angol kifejezés. Főként biomérnöki és ökomérnöki kontextusban alkalmazzák, ahol a természetes mikrobaközösségek működésére helyezik a hangsúlyt, a mérnök a technológiát ezeknek a közösségeknek az átalakító tevékenységére, biokémiai potenciáljára alapozza, a technológiai beavatkozásokat pedig ennek a közösségnek a támogatására tervezi.

**direkt érintkeztetési ökotoxikológiai tesztek:** olyan ökotoxikológiai tesztek, amelyekben a tesztorganizmus közvetlen fizikai érintkezésbe kerül a tesztelendő anyaggal, a környezeti mintával. Szilárd környezeti minták (talaj, üledék, szilárd hulladékok) esetében számottevő különbség lehet a szennyezett mintából készített kivonat és a teljes minta hatása között, a kivonószer (pl. víz) általi hozzáférhetőség és a biológiai hozzáférhetőség közötti különbség miatt. A biológiai hozzáférhetőség a szennyezett környezeti minta és a tesztorganizmus között fellépő kölcsönhatás eredményétől függ, így a ~ a tesztorganizmus mobilizáló hatását is integrálják az eredménybe, tehát környezeti realizmusuk nagyobb, mint a kivonatokat vizsgáló teszteké. A ~ érzékenysége is nagyobb a kivonatosokéhoz képest, hiszen a hígítatlan mintát is tudjuk vizsgálni.

**diverzitás index:** a biota gazdagságát jellemző érték. Egy ökoszisztémában jelenlévő fajok és egyedek felmérése alapján képzett index alapulhat a rendszertani egységek számán (faj, család, stb.) és ezeknek a közösségen belüli relatív mennyiségén, vagyis eloszlásán.

**diverzitás:** az ökoszisztéma, illetve egyes ökológiai közösségek gazdagsága, változatossága. Jelentheti a közösségben előforduló fajok vagy magasabb taxonómiai egységek mennyiségét, ezek egymáshoz viszonyított arányát vagy súlyozott részarányát.

**dózis–hatás összefüggés:** a környezettoxikológiai szempontból tesztelendő veszélyes anyag növekvő mennyiségének kitett tesztorganizmus válasza (hatás) a vegyi anyag mennyiségének függvényében ábrázolva. A ~ jellegzetes szigmoid alakú görbét eredményez, melynek illesztése, illetve statisztikai értékelése után nyerjük a káros hatást jellemző kitüntetett pont(ok)hoz tartozó eredményt, vagyis a teszt módszer végpontját, pl. ED<sub>50</sub> vagy NOEL.

**EC<sub>50</sub>:** →vegyi anyag →akut toxicitásának jellemzésére szolgáló, azon hatásos koncentráció (EC: Effective Concentration), amely →toxikológiai vagy →ökotoxikológiai teszteléskor a mérési végpont 50 %-os csökkenését okozza a kezeletlen kontrollhoz képest. Az ~ a →koncentráció–hatás összefüggés kimérése, vagyis a különböző koncentrációjú (hígítású) vegyi anyagnak kitett tesztorganizmusok válasza alapján, grafikusan határozható meg, az 50%-ra csökkent válaszhoz tartozó koncentrációérték leolvasásával. Mértékegysége: mg (g) vegyi anyag/liter tesztoldat, vagy mg (g) vegyi anyag/kg tesztelt szilárd fázisú minta. Ha a végpont a →letalitás, akkor az ~ érték a →tesztorganizmusok felét elpusztító koncentráció (LC<sub>50</sub>: Lethal Concentration = halálos koncentráció). Ha a végpont egy tesztorganizmus légzési enzimjének aktivitása, az ~ a légzési →enzim aktivitását felére csökkentő vegyi anyag koncentráció, ha a végpont a baktérium lumineszcens fénykibocsátása, akkor az ~ a lumineszkálás fényintenzitását felére csökkentő vegyi anyag koncentráció. Differenciáltabb toxikológiai ill. ökotoxikológiai jellemzésre használatos a 10, a 20 vagy a 90 %-os gátláshoz tartozó EC<sub>10</sub>, EC<sub>20</sub>, EC<sub>90</sub> érték is.

**ECETOC:** European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Európai Ökotoxikológiai és Toxikológiai Központ.

**ED<sub>50</sub>:** vegyi anyag akut toxicitásának jellemzésére szolgáló, azon hatásos anyagmennyiség (ED: Effective Dose = hatásos dózis), amely →*toxikológiai* teszteléskor a mérési végpont 50 %-os csökkenését okozza a kezeletlen kontroll tesztorganizmushoz képest. Mértékegysége: mg (g) vegyi anyag/kg tesztorganizmus. Az ~ érték a →*dózis-hatás összefüggés* alapján grafikusán határozható meg, a növekvő dózisban alkalmazott vegyi anyagnak kitett →*tesztorganizmus* válasza alapján. Ha a végpont a →*letalitás*, akkor az ~ a tesztorganizmusok felét elpusztító anyagmennyiség, amelyet LD<sub>50</sub> (Lethal Dose = halálos dózis) értéknek is neveznek. Differenciáltabb toxikológiai jellemzésre használatos a 10, a 20 vagy a 90 %-os gátláshoz tartozó ED<sub>10</sub>, ED<sub>20</sub>, ED<sub>90</sub>, valamint a teljes pusztulásra jellemző, gyakran extrapolálással nyert ED<sub>100</sub> érték is.

**elérési idő:** a környezetbe kikerülő vegyi anyagok terjedésének vizsgálatából megállapított időintervallum, mely alatt a kockázatos anyag elérheti a vizsgálat tárgyát képező veszélyeztetett →*receptort*, mely lehet objektum, pl. ivóvízkút, vagy organizmus, pl. lakó. →*Környezeti elemtől* és fázistól függően, a vegyi anyag terjedését elsődlegesen meghatározó paraméterek a légköri viszonyok és a hidrogeológiai jellemzők: a felszíni és/vagy felszín alatti vizek szintje és áramlási viszonyai, a talaj és az alapkőzet áteresztőképessége. A vegyi anyag oldaláról meghatározó paraméterek az illékonyság, a vízdoldhatóság, a szilárd fázison való abszorbeálódó képesség és a stabilitás. A terjedés lehet vertikális és horizontális, történhet áramlással, vezetéssel, diffúzióval vagy fázisok közötti megoszlással. A szennyezőanyag mozgása a környezetben →*terjedési modellek* segítségével jellemezhető, az ~ ezek alapján, számítással határozható meg. Pl. ivóvízbázis kútjait veszélyeztető vegyi anyag ~je a talajba kerülés helyétől a víznyerő kutakig vezető út hidrogeológiai, kémiai és biológiai jellemzőitől és a vegyi anyag tulajdonságaitól egyaránt függ. A vegyi anyag ~je eltér a talajvíz áramlásából mérésrel vagy számítással meghatározott ~tól. Általában kisebb annál, egyrészt mert a szennyezőanyag a felszín alatti vízben csak vízdoldhatóságától függő mértékben oldódik fel, másrészt mert a talajvízben oldva, azzal együtt áramolva, a talaj szűrőkapacitásától ill. a vegyi anyag talaj-víz közötti →*megoszlási hányadosától* függően (→*K<sub>p</sub>, K<sub>d</sub>*), megkötődik, abszorbeálódik a szilárd talajszemcsék felületén. Mindkét folyamat csökkenti a vízben lévő koncentrációt, emiatt a vegyi anyag terjedési sebességet, így növeli az ~t. Az ~ nő a talajban folyó →*biodegradáció* miatt is, amely a vegyi anyag abszolút mennyiségét csökkenti. Az ~ a felszín alatti vízhez képest nagyobb érték is lehet, például nagy sűrűségű, víznél nehezebb, gravitációsan terjedő, folyadék halmazállapotú szennyezőanyagok esetében (→*klórozott alifás szénhidrogének*), vagy olyan szerves vegyületek, mint a →*klórbenzolok* esetén, amelyek a szilárd fázishoz kötődve képesek megnövelni a talaj áteresztőképességét.

**élőgép (living machine):** technológiai céllal kialakított →*mezokozmosz*, vagyis, több fajt tartalmazó vízi, sekélyvízi vagy szárazföldi ökoszisztéma. Tágabb értelemben minden technológia, melyben a →*biokonverziót*, a →*biodegradációt* vagy más átalakítást végző központi katalizátor szerepét egy ökológiai közösség tölti be. Az ~ ökológiai közössége lehet természetes vagy mesterségesen kialakított. Szűkebb értelemben szennyvízzel, szerves anyagokkal, tápanyagokkal terhelt élővizek tisztántartására, szennyezett felszíni vagy felszín alatti vizek →*remediálására* vagy →*szennyvíztisztításra* kifejlesztett, intenzív biodegradáló aktivitással és stabilitással rendelkező, széles fajspektrumú, minden trofikus szint élőlényeit tartalmazó, mesterséges kialakított kö-

zösség és élőhely. – Élővizek és szennyvizek tisztítására alkalmas megoldások a *tavas szennyvíztisztítás* és az *épített mocsár*. Ezekben a három fázisú rendszerekben minden folyamat lejátszódik, ami a vízi és a sekély vízi ökoszisztémák üledékére, pórúsvízére és vízére jellemző. A természetes élővizek vagy mocsarak trofikus szintjeinek élőlényei, így a *→detritusz*, a növények és az állatok egyaránt jelen vannak és működnek.

Szennyvíztisztásra kifejlesztett ~ recirkulációval ellátott reaktorrendszer, mely lehet fix vagy úszó kivitelű. A fix kiképzésű általában üzemszerűen telepített, kaszkád elrendezésű reaktorokból álló szennyvíztisztító ökoteknológia (*→élőgépes szennyvíztisztítás*), de lehet felszíni befogadó parti sávja vagy folyásirány szerint a befogadó fölött létesített, szintén kaszkádrendszerű mesterséges tó vagy medence, melyen megfelelően irányítva és szükség esetén recirkuláltatva halad át a nagy szervesanyag-tartalmú szennyezett víz. Az úszó ~, tutajszerűen van kiképezve, víz feletti része a láptalajokra vagy mocsarakra jellemző növényzetet, vízfelszín alá nyúló része pedig a növények gyökerét valamint a gyökérmezőre és az üledékre jellemző közösséget tartalmazza. ~ként intenzív anyagcserét folytató, – szennyvíz szempontjából jó tisztítóképeséssel rendelkező közösség alkalmazható – olyan *→mezokozmosz*, melynek tápanyagigénye meghaladja az elérhető lehetőségeket, emiatt folyamatos „éhezés” jellemzi. Ha egy ilyen rendszerbe oldott tápanyag vagy holt szerves anyag kerül, az gyorsan felhasználódik, teljes egészében mineralizálódik és a növényi trofikus szint rendelkezésére áll és felhasználódik. A növényekbe beépült anyag a növényzet learatásával kikerülhet a rendszerből. Ha a külső körülmények miatt kevésbé intenzív tápanyag-hasznosítás jellemzi az ~t, például mesterséges *→láp*ként, vagy *→nádasként* van megalkotva, akkor a szervesanyag felhasználatlan része másodlagos átalakulások után *→humuszanyag*ként, vagy *→fosszilizálódás* után szerkezeti anyagként raktározódik, ezzel növeli az ~ szilárd fázisának térfogatát. (még *→ökomérnökség*, *élőgépes szennyvíztisztítás*, *természetes szennyvíztisztítás*, *mezokozmosz*).

**élőgépes szennyvíztisztítás** épített ökoszisztéma felhasználása szennyvizek, csurgalékvizek, szennyezett felszín alatti vagy élővizek tisztítására. A *→szennyvízkezelésre* alkalmazott élőgép egy aktív *→mezokozmosz*, mely jól tűri a szennyezettségből adódó körülményeket, azok között működni képes élőközösséget hordoz. Eltérően az eleveniszapos vagy csepegtetőtestes szennyvíztisztítástól, az élőgép nem csak mikroorganizmusokat, hanem állatokat és növényeket is tartalmaz. A növények képesek felhasználni a szerves anyagok *→mineralizációjával* nagy feleslegben előállott szervesanyagokat, így azok nem okozhatnak további problémákat a befogadókban, pl. *→eutrofizációt* (nitrát és foszfát élővízbe kerülése) és anaerobitást (oxigénhiány). Az ~t tekinthetjük növényeket alkalmazó *→természetes szennyvíztisztítás* és az *→eleveniszapos* és a *→csepegtetőtestes szennyvíztisztítás* olyan kombinációjának, amely a környezethez a lehető legjobban illeszkedő, bonyolult fajeloszlással és együttműködéssel jellemezhető ökológiai rendszert alkalmazza az ~i technológiában. – Az ~ egyik megoldása üledékes ágyazatot használ, mesterséges tóban, ahol a növényzet a gyökerekkel a tavi üledékhez rögzül. A másik az üledékmentes, medencés megoldás, amikor betonmedencét vagy konténerekből összeállított nyitott tartályokat használnak. Ezeknél a növényeket a felszín-közeli rácsozathoz rögzítik, úgy, hogy gyökérzetük a vízfelszín alá kerüljön, hasonlóan a *→hidropónikus termesztés*hez. Főként a növények gyökérzete, de néha laza töltőanyag is szolgálhat hordozóul a szennyvíztisztításban szerepet játszó mikroorganizmusokat tartalmazó eleveniszap kötődéséhez. Valamennyi ~i rendszer fontos

sajátossága, hogy benne kaszkádos felépítéssel, különböző funkciókra kialakított elkülönített terek és gradiensek hozhatóak létre, eltérő környezeti paraméterekkel és ökológiai közösségekkel. Így ki lehet alakítani intenzíven levegőztetett, anoxikus vagy anaerob egységet és utókezelőt. Élővizek kezelésére magát az élőgépet helyezük a szennyezett felszíni vízbe, pl. tavakba, tározókba, folyók holtágába, mint egy úszó tutajt vagy hajót. *Szennyezett élővizek* esetén a természet egyensúlya megbomlik, ha egyszerre túl sok szerves vagy szervetlen szennyezőanyag kerül bele. Az úszó élőgépre rögzített növények és a növényi gyökerek által kötött mikrobaközösség együtt biztosítja az illető ökoszisztéma megbomlott egyensúlyának, homeosztatisztikus állapotának visszaállítását, a felhalmozódott anyagok bontását, az eredeti fajeloszlás visszaállítását. Az ~-ra megvalósult berendezések oktatási és kutatási célokat is szolgáló ökológiai központokként működnek. (még→*élőgép, mezokozmosz, ökomérnökség, szennyvíztisztítás, természetes szennyvíztisztítás*).

**enzimek** katalizátor funkcióval rendelkező →*fehérjék*, amelyek az élő szervezetben →*szubsztrátok* specifikus módon történő átalakítását teszik lehetővé, ill. gyorsítják. Úgy működnek, hogy aktív csoportjuk a szubsztráttal enzim–szubsztrát komplexet alkot, melyből lehasad az enzimes reakció terméke, az enzim pedig visszaalakul eredeti, működőképes formájába. Az ~ többsége összetett fehérje, általában csak egyfajta átalakulást katalizálnak, szubsztrátspecifitást jellemzi őket (térbeli alakjuk komplementer a szubsztrátéval: úgy illenek egymáshoz, mint kulcs a zárba), működésük függ a környezeti paraméterektől (pH, hőmérséklet, ozmózisnyomás, stb.), a szubsztrátkoncentrációtól. Aktivitásukat az optimális körülmények között másodpercenként átalakított szubsztrátmolekulák számával jellemezhetjük. Működésüket az aktivátorok fokozzák, az inhibitorok gátolják. Az élő szervezetben az ~ a szükségletek által szabályozott módon termelődnek, előállított mennyiségük nőhet (indukció) vagy gátolódhat (represszió), ami a géneken kódolt információ átíródásának és a fehérjeszintézisnek a sejten belüli szabályozása által valósul meg. A katalizált reakció típusa szerint megkülönböztethető ~: 1. oxidoreduktázok, 2. transzferázok, 3. hidrolázok, 4. liázok, 5. izomerázok, 6. ligázok. Az élőlényekben (a baktériumoktól az emberig) a biokémiai átalakulásokat az enzimek katalizálják. A környezetben az elemek körforgásában, a holt szerves anyagok és a szennyezőanyagok lebontásában igen fontos szerepük van az élőlényekben zajló enzimes reakcióknak. A környezetben, elsősorban a talajban és az élővizekben élő mikroorganizmusok szinte végtelen biokémiai potenciálját enzimeik sokasága eredményezi. A →*biomérnök* a →*biotechnológia* középpontjába ezeket az enzimes átalakulási folyamatokat állítja, vagy úgy, hogy a megfelelő enzimkészlettel és átalakító képességgel rendelkező organizmust, ill. közösséget használja fel, vagy úgy, hogy az átalakító biotechnológiától különválasztott lépésben termelteti meg azokat, a termelő sejtektől elkülönített enzimeket, amelyeket aztán ún. enzimtechnológiákban alkalmaz. Enzimes technológiákon alapulnak az erjedési iparok, az élelmiszeriparok (kenyérgyártás, ecetgyártás, tejsavas erjesztéssel előállított termékek, alkoholtartalmú termékek, fermentált dohány és tea, savanyú tejtermékek és sajtok előállítása, stb.), a megújuló energiaforrásokat előállító biotechnológiák (→*bioetanol* gyártás), a környezetvédelmi biotechnológiák (→*biológiai szennyvíztisztítás, →talaj bioremediációja*) stb. Ipari méretben előállított enzimeket a legtöbb iparág használ, pl. az élelmiszeripar (tejfehérjék kicsapása oltóenzimmal, izocukorgyártás invertázzal), a konzervipar (lényszeres pektinázokkal, puhítás cellulázokkal), a textilipar, a mosószergyártás (mosószerekbe adagolt fehérje- és zsírbontó enzimek), a gyógyszeripar (emésztést segítő pepszin).

**ex situ remediáció:** szennyezett környezeti elemek és/vagy fázisok →*remediációjának* az a módja, amely a szennyezett talaj, felszín alatti víz, talajgáz, felszíni víz és üledék kezelését eredeti helyéről elmozdítva, kitermelése után oldja meg a halmazállapottól függően bioágyakban, prizmákban, tartályokban vagy reaktorokban. Az ~ alkalmazhat fizikai, kémiai, biológiai vagy ökológiai technológiákat. A ~ alapulhat a szennyezőanyag →*mobilizációján*, vagy →*immobilizációján*. →*On site remediációt*, vagyis az eredeti helyszínhez közeli kezelést alkalmazunk, ha célunk a kezelt talaj, üledék, felszíni vagy felszín alatti víz eredeti helyére visszajuttatása. Off site remediáció szennyezőanyagokra szakosodott kezelőtelepeken lehet végezni, ilyenkor a kezelt talaj, üledék vagy víz újrahasznosításáról vagy végleges elhelyezéséről a kezelés utáni minőség függvényében, a kezelőtelep gondoskodik. Gyakori ~ technológiák: 1. Szennyezett talajgáz/gőz kezelése a felszínre szivattyúzás után fázisszétválasztással, vízben elnyeletéssel, adszorpcióval (pl. aktív szénen), égetéssel (magas hőmérsékleten, vagy katalitikusan) vagy bioszűrőkön folyó biodegradációval történhet. 2. Felszín alatti víz kezelésére fázisszétválasztást, →*sztrippelést*, kicsapást, adszorpciót, hőkezelést, UV kezelést, kémiai reakciókon alapuló kezelést, bidegradáción alapuló biotechnológiákat vagy ökoteknológiákat (→*élőgép*) alkalmazhatunk. 3. Talajt biológiai kezelése szilárd fázisban bioágyakban vagy prizmákban folyhat agrotechnikai eszközök vagy földmunkagépek alkalmazásával. 4. Talaj fizikai-kémiai kezelése szilárd fázisú reaktorokban történhet: töltött oszlopban és forgódobos vagy tárcsás reaktorokban. 5. Vizes kezelésén átesett vagy vízben szuszpendált talajt és vizes üledékeket iszapfázisban is kezelhetjük, ld. →*talajremediáció iszapfázisban*. A →*szennyezőanyag* összetételétől és a szennyezett fázisoktól függően több ~s technológia vagy ~ és →*in situ remediáció* kombinációját és célszerűen megválasztott előkezelést is gyakran alkalmaznak szennyezett területek remediációja során. Az ~ előnyei: a szennyezett környezeti elem azonnali eltávolításával pillanatszerűen csökkenthető a →*környezeti kockázat* a szennyezés helyszínén. Hátrányai: a környezeti kockázat máshol jelenik meg (on site, a kezelőtelepen vagy a lerakótelepen), a kitermelés és szállítás költsége gazdasági teher, a kezelt anyag végleges használata vagy elhelyezése többletmunkát és gyakran többletköltséget jelent. (még → *remediáció, remediációs technológiák, talajkezelés, talaj remediáció, talajkezelés iszapfázisban*)

**ex situ:** szennyezett környezeti elemek és fázisok kezelésének az a módszere, amellyel a talajvizet, talajt, felszíni vizet vagy üledéket kitermelés után, eredeti helyéről elmozdítva, az eredeti helyéhez közel (on site) vagy elszállítva, attól távolabb (off site), pl. kezelő telepen kezeljük. Az *in situ* talajkezeléstől való megkülönböztetésre alkotott, formailag ahhoz hasonló kifejezés. Az ~ →*remediálási technológiát* szennyezett talaj esetében bioágyakban, prizmákban, ill. reaktorokban (töltött oszlop, tárcsás-, forgódobos- vagy iszapreaktor) lehet kivitelezni, szennyezett talajvizre sztrippelőoszlopok, fázisszétválasztók, levegőztetőmedencék, nyitott ülepítők, ekstraktorok, stb. alkalmazhatóak.

**exoenzim:** mikroorganizmusok, növényi gyökerek, vagy állati szövetek által a sejten, szöveten kívülre, a környezetbe kiválasztott enzim. Az ~ szintézisének és kiválasztásának célja bizonyos sejten kívüli →*szubsztrátok* elérése, pl. olyan táplálékmolekuláké, melyek sejten kívül kell bontani vagy módosítani, mert méretük vagy

→hidrofóbitásuk miatt nem tudnak bejutni a sejtbe (keményítő, cellulóz, fehérjék, zsírok) vagy a sejtre káros anyagoké, melyeket a sejt védekező rendszere hatástalanít mielőtt azok elérnék a sejtet (→antibiotikumok).

**expozíció belégzéssel:** káros hatású →*vegyi anyagoknak* való kitétség belégzés és a tüdőszöveten keresztül történő felszívódás útján. A tüdőn keresztül felszívódó, így a szervezetbe jutó kockázatos anyagmennyiséget nem lehet a szájon át bejutó vagy a bőrrel érintkező anyagmennyiséghez hasonlóan dózisként kezelni, ezért a kockázat számszerű jellemzéséhez a tüdőbe jutó levegő szennyezőanyag-koncentrációját (IC: Inhaled Concentration = belégtett koncentráció) vetjük össze a toxikológiai kísérletek alapján károsan még nem ható, levegőben tolerálható szennyezőanyag-koncentrációval (→*RfC*: referencia koncentráció).  $HQ_L = IC / RfC$  (belégzésből adódó kockázati hányados = belégtett koncentráció / referencia koncentráció).  $IC = PEC_{lev} * BR_L * EG * ED / TT$ , ahol  $PEC_{lev}$ : a levegőben előrejelezhető vagy mért szennyezőanyag-koncentráció,  $BR_L$ : belégtett levegő mennyisége  $EG$ : expozíció gyakorisága,  $ED$ : expozíciók hossza,  $TT$ : testtömeg.

**expozíció bőrkontaktus útján:** káros hatású →*vegyi anyagoknak* való kitétség bőrrel való érintkezés és a bőrön keresztül történő felszívódás útján. A bőrön keresztül a szervezetbe elsősorban a fürdővízzel, a természetes vizekkel és a levegőből kiülepedő porral való érintkezéssel, valamint közvetlenül a bőrre alkalmazott tisztító és kozmetikai szerekkel juthat be kockázatos anyag. A gyermekek kitétsége, viszonylag nagy fajlagos felületük és a környezettel való intenzívebb érintkezés miatt, sokkal nagyobb, mint a felnőtteké. A bőrkontaktus útján a szervezetbe bevitt átlagos napi dózis ( $ADD_B$ ) a szervezetbe került kockázatos anyag mennyisége egységnyi testtömegre és időegységre vonatkoztatva. Mértékegysége:  $mg/kg*nap$ .  $ADD_B = PEC * BM_B * EG_B / TT * 365$ , ahol → $PEC$ : a kockázatos anyag mérés alapján vagy számítással előrejelezhető környezeti koncentrációja a bőrrel érintkező szennyezett anyagban ( $mg/kg$ ),  $BM_B$ : bőrkontaktus útján szervezetbe került mennyiség ( $kg/nap$ ),  $EG_B$ : expozíció gyakorisága ( $nap/év$ ),  $TT$ : testtömeg ( $kg$ ),  $365$   $nap/év$ . Az  $ADD_B$  statisztikai felméréseken alapul, fontos, hogy az értékek megbízható forrásból származzanak. Állatokkal végzett →*toxikológiai tesztek* eredményéből (→ $NOEL$ , → $NOAEL$ ) extrapolációval nyerek az ember által tolerálható dózist, abból pedig a tolerálható napi dózist ( $TDI_B$ : tolerálható napi dózis, bőrrel való érintkezéssel). Ehhez az értékhez viszonyítjuk az  $ADD_B$ -t, hogy megkapjuk a bőrkontaktus útján a szervezetbe jutó anyag kockázatának mérőszámát, a bőrkontaktus →*kockázati hányadosát*:  $HQ_B = ADD_B / TDI_B$ .

**expozíció szájon át:** káros hatású →*vegyi anyagoknak* (→*kockázatos anyagoknak*) való kitétség lenyelés, ill. emésztés útján. Az emésztőrendszerbe elsősorban az ivóvíz és az élelmiszerek fogyasztásával kerül be a kockázatos anyagmennyiség, gyermekeknél a közvetlenül lenyelt talaj, homok is számottevő lehet. A szájon át bejutott átlagos napi dózis ( $ADD_{SZ}$ ) a szervezetbe került kockázatos anyag mennyiségét jelenti, egységnyi testtömegre és időegységre vonatkoztatva. Mértékegysége:  $mg/kg*nap$ ,  $ADD_{SZ} = PEC * BM_{SZ} * EG_{SZ} / TT * 365$ , ahol → $PEC$ : a kockázatos anyag mért vagy előrejelezhető környezeti koncentrációja a lenyelt szennyezett anyagban ( $mg/kg$ ),  $BM_{SZ}$ : szájon át a szervezetbe jutó mennyiség ( $kg/nap$ ),  $EG_{SZ}$ : az expozíció gyakorisága ( $nap/év$ ),  $TT$ : testtömeg ( $kg$ ),  $365$   $nap/év$ . A  $BM_{SZ}$ , az  $EG_{SZ}$  és a  $TT$  átlagos értéke sta-

tisztikai adatokon alapul, fontos, hogy ezek, ill. az ADD<sub>SZ</sub> értékek megbízható forrásból származzanak. Állatokkal végzett →*toxikológiai tesztek* eredményéből (→NOEL, →*NOAEL*) extrapolációval kapjuk az ember által tolerálható, szájon át bevitt dózist, abból pedig az egy napra jutó részt, a tolerálható napi dózist (TDI<sub>SZ</sub>: tolerálható napi dózis szájon át történő expozíció esetén). Ehhez az értékhez kell viszonyítanunk az ADD<sub>SZ</sub>-t, hogy megkapjuk a lenyeléssel a szervezetbe jutott anyag kockázatát mennyiségileg jellemző →*kockázati hányadost*:  $HQ = ADD_{SZ} / TDI_{SZ}$ .

**fitoremediáció:** olyan környezetvédelmi →*biotechnológia*, mely növények felhasználásával csökkenti elfogadható mértékűre a vegyi anyagokkal szennyezett terület, környezeti elem vagy fázis →*környezeti kockázatát*. A ~ a szennyezőanyag és az elérendő cél függvényében lehet: 1. Fitostabilizáció: szennyezőanyagot, pl. toxikus fémeket tűrő növényekből álló takaróréteg fizikai jelenlétével megakadályozza szennyezett talaj levegőbe jutását (→*defláció*, →*porzás*), felszíni, vagy felszín alatti vízbe jutását (→*erózió*, →*kioldás*). 2. Fitodegradáció során a növény maga vagy gyökerének mikroflórája teljesen elbontja (→*mineralizáció*), mobilizálja (illékonyá teszi, pl. higany) vagy csökkent kockázatú anyaggá alakítja a →*biodegradálható* vegyi anyagokat. Szennyezett talaj vagy szennyezett víz (→*élőgép*) kezelésére alkalmazható. 3. Fitoextrakciót elsősorban toxikus fémekkel szennyezett talajnál alkalmaznak →*hiperakkumuláló növényfajok* felhasználásával. A szennyezett területeken adaptáció során kisselektálódott vagy géntechnikákkal előállított, nagy →*biokoncentrációs faktorral* (BCF) rendelkező növényvel szembeni további követelmények: nagy hozammal rendelkezzen, föld feletti részében akumulálja a szennyezőanyagot, könnyen kezelhető, betakarítható legyen. A betakarított növényi anyag ellenőrzött feldolgozására van szükség, pl. égetése és hamujának veszélyes hulladékként kezelése. Egyetlen fémot szelektíven akumuláló növényből a fém visszanyerése gazdaságossá tehető. A ~ több évtizedig tartó folyamat is lehet, a szennyezőanyag koncentrációjától függően. Érclelőhelyek közeléből olyan cink, kadmium, kobalt, króm, mangán, nikkel, réz és ólom akumuláló növényeket (keresztesvirágúak, kutyatejfélék, akácfélék, kender, torma, stb.) izoláltak, melyek a talajban lévő szennyezőanyag-koncentrációt több százszorosára képesek koncentrálni. 4. A rizofiltráció során a növényi gyökér és a gyökéren kötött mikroorganizmusok együttműködésben kötik meg, szűrik ki, csapják ki és bontják el, elsősorban a szennyezett víz oldott szennyezőanyagait (→*élőgépes szennyvíztisztítás*).

**fugacitási modell:** szennyezőanyagok környezetben való terjedésének modellezése a környezeti fázisok közötti megoszlás figyelembevételével.

**genotoxikus hatás, genotoxicitás:** a →*mutagén* és a →*karcinogén hatással* rokon, de annál tágabban értelmezett DNS károsító hatások összessége, a genetikai anyagban okozott direkt vagy indirekt, nem feltétlenül mutagén hatások, pl. nem tervezett DNS szintézis (UDS: Unscheduled DNA Synthesis); testvér-kromatidák kicserélődése (SCE: Sister Chromatid Exchange); mitotikus rekombináció, stb. – Fizikai, kémiai és biológiai ágensek ~ának bizonyítására epidemiológiai vizsgálatok eredményei és citogenetikai analízis szolgálhatnak. A vegyi anyagok és más ~sal rendelkező ágensek ~ának kimutatása és mennyiségi meghatározása történhet: 1. Állat-tesztekkel: csontvelő mikronukleusz-teszt, emlős petesejtek citogenetikai vizsgálata, egér kromoszóma transzlokációs teszt, bőr- és tüdőszövet, valamint az emésztőrendszer nyálkahártyájának

tesztelése és 2. *In vitro* módszerekkel: emlős sejtek mutációja és transzformációja, UDS, SCE, gyümölcsmuslica (*Drosophila melanogaster*), élesztőgomba (*Saccharomyces cerevisiae*) vagy növényi szövetek, pl. hagyma (*Allium cepa*) gyökércsúcs citológiai vizsgálatával.

**hatás:** vegyi anyagok bármilyen kölcsönhatása vagy befolyása biológiai és ökológiai rendszerek bármilyen szintű elemére: a molekuláris szinttől az ökoszisztéma szintig.

**Henry állandó:** →vegyi anyagok illékonyságára jellemző állandó, amely jellemzi a vegyi anyag környezetben való viselkedését, terjedését, megadja a folyadékfázis és gázfázis közötti →*megoszlását*, ill. a folyadékfázisból gázfázisba átkerülő mennyiségét, felszíni vízből való elpárolgás, szennyvíz levegőztetése vagy →*sztrippelés* esetén.  $\text{Henry} = p \cdot M / c$ , ahol **Henry**:  $\sim (\text{Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{mol})$ ; **p**: gőznyomás (Pa); **M**: molekulatömeg (g/mol); **c**: oldhatóság (mg/liter). A folyadék- és gázfázis közötti megoszlást jellemző →*megoszlási hányados*  $K_{\text{foly-gáz}} = \text{Henry} / R \cdot T$ , ahol **R**: gázkonstans ( $\text{Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{mol} \cdot \text{K}$ ); **T**: hőmérséklet ( $^{\circ}\text{K}$ ),  $K_{\text{foly-gáz}}$ : az anyag folyadék-gáz közötti megoszlási hányadosa (-), képlettel adható meg. Ezt a  $K_{\text{foly-gáz}}$  megoszlási hányadost „dimenzió nélküli ~”-nak is szokták nevezni.

**hozzáférhetőség:** vegyi anyagok környezetben való viselkedésével és hatásával kapcsolatban felmerülő, tápanyagoknál és hatóanyagoknál a hasznosulást, szennyezőanyagoknál a →*környezeti kockázat* mértékét alapvetően meghatározó, kölcsönhatáson alapuló tulajdonság. Egy vegyi anyag ~e megnyilvánulhat a környezet abiotikus és biotikus elemeivel kölcsönhatásban, szennyezőanyagoknál legveszélyesebb módon a víz közvetítésével történő mozgékonyságban és az ökoszisztéma tagjai és az ember általi felvehetőségben. A vegyi anyagok a környezetben eltérő fizikai-kémiai formákban lehetnek jelen, pl. a vas, az alumínium vagy a kálium szilikátok rácsszerkezetébe beépülve hozzáférhetetlen, de ionosan kötve könnyen felvehető, vagy a legtöbb toxikus fém szulfidja hozzáférhetetlen, de szulfáttá oxidálódva vízben oldhatóvá és az élőlények számára felvehetővé válik, vagy a policiklikus szénhidrogének a talaj humuszanyagaiba beépülve hozzáférhetetlenek, így ártalmatlanok, de az állatok és az ember emésztőrendszerében hozzáférhetővé válnak, s így kifejtetik mutagén és teratogén hatásukat. Egy vegyi anyag a környezetben mindig csak részlegesen hozzáférhető, ennek okai: fizikai izoláltság, kis fajlagos felület, nagy molekulaméret, immobilis kémiai forma, oldhatatlanság, felületeken kötöttség és a kötés erőssége; másodlagos, ionos, kovalens kötések, élő anyagba beépült forma. Mindezeket befolyásolja a környezet fizikai-kémiai (hőmérséklet, pH, →*redoxpotenciál*, nedvességtartalom, szervesanyag-tartalom, stb.) és a biológiai állapot (bioakkumuláció, raktározás, anyagcsere-átalakulások, →*biotenzidek és komplexképző anyagok* termelése, stb.). A biológiailag hozzáférhető koncentráció meghatározása a környezeti analitika egyik megoldandó feladata. A környezeti minták előkészítése és a kémiai analitikai módszerek egyáltalán nem modellezik a biológiai hozzáférhetőséget. Az aktuálisan ható, hozzáférhető anyagmennyiséggel arányos választ a toxikológiai és ökotoxikológiai vizsgálatok adnak. A vegyi anyag víz számára való ~e elsősorban a kémiai formától és az oxidációs foktól függ, melyeket a környezeti paraméterek módosíthatnak, befolyásolva ezzel az illékonyságot, az oldhatóságot, az abszorbeálódó képességet és a megoszlást a környezeti fázisok között. A biológiai hoz-

záférhetőség meghatározó a tápanyagellátás, a  $\rightarrow$ biodegradáció, a  $\rightarrow$ bioakkumuláció és a vegyi anyag káros hatásainak szempontjából. Biodegradáció során a ~ limitálhatja a bontási folyamat sebességét, ezért a biodegradáción alapuló remediációs technológia részeként a ~et növelni kell; szerves szennyezőanyagok esetén alkalmazható: megnövelt víztartalom,  $\rightarrow$ tenzidek, felületaktív anyagok,  $\rightarrow$ ciklodextrin, biotenzideket termelő mikroorganizmusok, komplexképző szerek, komplexképző anyagokat termelő mikroorganizmusok vagy növényi gyökerek, szerves oldószerek, kovalens kötések bontására hidrolízis, a lítikus enzimek. A mozgékonyág növelhető hőmérsékletemeléssel, koncentrációgradiens alkalmazásával vagy kémiai átalakítással: oxidáció, redukció, dehalogénezés, termikus bontás, égetés, pirolízis, stb. Szervetlen szennyezőanyagok esetén a ~ növelhető a víztartalom növelésével (kioldás, mosás), a pH változtatásával (savas mosás), szerves és szervetlen savakat termelő mikroorganizmusok (gombák, kén-savbaktériumok) és/vagy növény gyökérsavak hasznosításával, a  $\rightarrow$ redoxpotenciál változtatásával (pl. higany-szulfid hozzáférhetetlen, higany-szulfát hozzáférhető) komplexképző szerek (pl.  $\rightarrow$ EDTA), oldószerek keverékek alkalmazásával, stb. A ~ csökkentésével csökkenthető a szennyezett területek vagy környezeti elemek/fázisok kockázata. Elsősorban az ivóvíz és a  $\rightarrow$ receptor szervezetek kockázatának csökkentésére alakultak ki hozzáférhetőséget csökkentő talajremediációs technológiák: a fizikai, a kémiai és a biológiai  $\rightarrow$ immobilizáció,  $\rightarrow$ stabilizáció.

**HQ** (Human Health Risk Quotient): egészségkockázati hányados, a környezetbe kikerülő  $\rightarrow$ vegyi anyagok emberi  $\rightarrow$ egészségkockázatát mennyiségileg jellemző mérőszám, mely két dózis, vagy két koncentráció hányadosaként kapható meg: 1. Szájon át és bőrkontakt útján történő expozíciónál:  $HQ = ADD / TDI$ , vagyis az átlagos napi dózis és a tolerálható, károsan még nem ható napi bevitel hányadosa; 2. Belégzéssel:  $HQ = IC / RfC$ , vagyis a levegővel belégtett szennyezőanyag-koncentráció és a károsan még nem ható referencia-koncentráció hányadosa.

**in situ**, *eredeti helyzetben, helyben (latin)*: A környezetvédelemben leggyakrabban két esetben használt kifejezés: 1. *in situ* remediáció: szennyezett környezeti elemek és fázisok  $\rightarrow$ remediálásával kapcsolatban arra a módszerre utal, mellyel a talajvizet, talajt, felszíni vizet vagy üledéket kitermelés nélkül, eredeti helyén kezeljük, vagyis a kezelési,  $\rightarrow$ remediálási technológiát a vízbe, a talajba vagy az üledékbe helyezzük bele, illetve a kezelendő térfogatot a technológiai műveletek számára kutakkal, aknákkal vagy árkokkal tesszük hozzáférhetővé. 2. *In situ* mérés vagy monitoring: szennyezett területek állapotfelmérése és monitorozása céljából a helyszínen végzett mérések, megfigyelések.

**immobilizáció:** 1. mozgás, mozgékonyág megszüntetése: enzimek, reagensok, vegyi anyagok, szennyezőanyagok szilárd felülethez, pl. hordozóhoz kötése, szilárd mátrixba ágyazása vagy olyan fizikai és/vagy kémiai átalakítása, mely az illékonyágot, oldhatóságot, deszorpciós képességet csökkenti, ezzel megakadályozza a környezetben való terjedést és a fizikai-kémiai és biológiai hozzáférhetőséget. – 2. ~n alapuló környezetvédelmi technológiák: bármely szennyezett környezeti elem és fázis esetében alkalmazhatóak. Levegő, és víz-szennyezettség esetében a szennyezőanyag ~ja, pl. szilárd fázison való megkötése szűréssel vagy kicsapása hűtéssel, egyúttal a levegőből, ill. a vízből való eltávolítást eredményezi. Szennyezett talajra mind  $\rightarrow$ in situ, mind  $\rightarrow$ ex situ remediációs technológiaként alkalmazható. Talajnál az ~ nem jár a  $\rightarrow$ szennyezőanyag eltávolítással.

tásával, de a  $\rightarrow$ *környezeti kockázat* lényegesen csökkenthető: a továbbterjedés valószínűsége csökken és a biológiai hozzáférhetetlenség eredményeképpen a hatás kifejtése lehetetlenné válik. ~n alapuló talajkezelési technológia célja annak elérése, hogy az ~ nagy valószínűséggel  $\rightarrow$ *irreverzibilis* legyen. Leggyakrabban  $\rightarrow$ *toxikus fémekkel* és  $\rightarrow$ *perzisztens* szerves anyagokkal szennyezett talaj kezelésére alkalmazzák. Technológiai megoldások: 1. fizikai-kémiai stabilizálás: szilárdítással, beágyazással pl. beton, gipsz, bentonit, bitumen, polimerek felhasználásával; 2. kémiai stabilizálás: oldhatatlan kémiai forma létrehozása a pH beállításával, pl. meszezés,  $\text{CaCO}_3$  talajra alkalmazása; oxidációval, pl. ózon, hidrogénperoxid hatására szerves szennyezőanyagok kondenzációja, polimerizációja, oldhatóságuk csökkentése; redukzív körülmények biztosításával, pl. fémből oldhatatlan szulfid létrehozása; 3. termikus ~: kerámiába, téglába ágyazás,  $\rightarrow$ *vitrifikáció*; 4. biológiai stabilizálás: növényzet fizikai hatása erózió és defláció ellen, növények kémiai hatása, pl. gyökerek által kiválasztott stabilizáló vegyületek; növények biológiai folyamatai során a sejtekben történő ~, pl.  $\rightarrow$ *bioakkumuláció*; mikrobiológiai tevékenység, pl. szulfátredukció. Környezeti elemek szilárd fázisában fizikailag, kémiailag vagy biológiailag immobilizált szennyezőanyagok újramobilizálódása  $\rightarrow$ *monitorozást* ( $\rightarrow$ *kioldási* teszt) és megelőzést igényel. A remobilizálódás elfogadhatatlanul nagy kockázatát a  $\rightarrow$ *kémiai időzített bomba* kifejezéssel szokták jellemezni. (még  $\rightarrow$  *talajremediáció*, *bioremediáció*, *in situ*, *talajkezelés remediációs technológiák*, *ex situ*, *talajkezelés, töltőanyag*).

***in situ* remediáció:** szennyezett környezeti elemek és/vagy fázisok  $\rightarrow$ *remediációjának* az a módja, amely a szennyezett talaj, felszín alatti víz, talajgáz, felszíni víz és üledék kezelését eredeti helyén, kitermelés nélkül oldja meg. Az ~ a technológiát, a műveleteket, a szükséges berendezéseket a szennyezett környezeti elembe/fázisba helyezi bele. A reaktorokban vagy tartályokban folyó technológiákkal összehasonlítva az ~nál az alkalmazott művelet hatótávolsága jelenti a kezelt térfogatot, a határoló elemekkel nem rendelkező „reaktor” határát. Az ~ alkalmazhat fizikai, kémiai, biológiai és ökológiai módszereket valamint ezek célszerű kombinációit. A ~ alapulhat a szennyezőanyag  $\rightarrow$ *mobilizációján* vagy  $\rightarrow$ *immobilizációján*. A talaj ~ját pl. gyakran kapcsolják a talajvíz és/vagy a talajgáz  $\rightarrow$ *ex situ remediációjával*. Az ~ tervezéséhez a szennyezőanyag és a környezeti elem jellemzőinek ismeretén kívül technológiai kísérleti eredmények is szükségesek. 1. A legenyhébb ~ a környezeti elem öngyógyító aktivitásának támogatása pl. levegőztetéssel vagy a tápanyagellátás javításával. 2. Az  $\rightarrow$ *levegőztetés* a felszíni víz és az üledék, a  $\rightarrow$ *bioventilláció* a talaj mikroflórájának működési feltételeit javítja. 3. A hőmérséklet *in situ* növelése a mikroorganizmusok  $\rightarrow$ *biodegradációs* aktivitásának növelésén kívül a szennyezőanyagok mobilizálódását (párolgás, deszorpció) is elősegíti. 4. A felszín alatti víz áramlásának irányába épített felszín alatti kezelőberendezések, un.  $\rightarrow$ *reaktív falak* az oldott szennyezőanyag típusától függően fizikai, kémiai vagy biológiai ~t egyaránt jelenthetnek. 5. Mélyebb rétegekben elhelyezkedő szennyezőanyag fizikai-kémiai immobilizálása, pl. stabilizálása injektálásal bejuttatott szilárdítóanyag segítségével, pl. cementtej, bentonit, stb. történhet. 6. Mélyebb rétegekben elhelyezkedő szennyezőanyag fizikai módszerrel történő mobilizálására magas hőmérsékletet vagy rádióhullámokat alkalmaznak, a mélybe süllyesztett elektrodák segítségével. 7. Mélyebb rétegek kémiai kezelése pl. oxidáló- vagy redukálószert

beinjektálásával oldható meg. 8. Mélyebb rétegekben elhelyezkedő veszélyes anyag a talaj vagy az üledék szilikátjainak megolvasztásával – →*vitrifikáció* – immobilizációt (fémek) vagy mobilizációt jelenthet (szerves szennyezőanyagok →*pirolízise*). Az *in situ* műveleteket speciális víznyerő, vákuum, kezelő és →*levegőztető kutak*, szivattyúk, drénrendszerek, perforált csövek/csőrendszerek, injektorok, szondák, elektródák segítségével hajtjuk végre a felszín alatt, illetve árkokkal vagy aknákkal tesszük hozzáférhetővé a felszín alatti réteget. Az ~ előnyei: a felszín minimális bolygatásával jár, a terület ~során is használható, az 1.–4.módszerek nagy kiterjedésű területekre is alkalmazhatóak, költségük viszonylag kicsi, a talaj élővilágával kíméletesek. Az 5.–8. módszer kis mennyiségű mélységi szennyeződés kezelésére alkalmas a felette lévő nem szennyezett talaj- ill. üledékréteg kitermelése nélkül. Az ~ hátrányai: maradék szennyezettséggel és a munkálatok során fokozott kockázattal kell számolni, hiszen a szennyezett környezeti elem/fázis nincs izolálva a nem szennyezett környezettől.(még→*remediáció, remediációs technológiák, talajkezelés, talaj remediáció, talajkezelés iszapfázisban*)

***in situ* talajkezelés** szennyezett talaj kitermelés nélküli, eredeti helyén történő kezelése. ~i technológia alkalmazásakor a kezelendő talajtér fogatot minden irányban nyitott reaktorként kezelve tervezzük és biztosítjuk a technológiai paramétereket a talaj belsejében. Az álló szilárd fázis tulajdonságaiból adódó gradiensekre és a természetes inhomogenitásokra a tervezés és működtetés során tekintettel kell lennünk. A talajkezelés célja a talaj meggyógyítása, →*remediálása*, ami azt jelenti, hogy a szennyezettségből adódó kockázatot elfogadható szintre csökkentjük, tehát nem tisztítjuk meg tökéletesen. A kockázat elfogadható mértéke a terület használatától és érzékenységtől függ. Minden terület egyedi, ezért minden talajkezelési megoldás egyedi. A technológia, ill. a technologiaegyüttes kiválasztása a terület és a szennyezőanyag jellemzői és a jövőbeni területhasználat ismeretében történik. A kiviteli szintű tervezést technológiai kísérleteknek kell megelőzniük. A →*kockázatsökkentés* alapulhat a szennyezőanyag mobilizációján (eltávolítás) vagy immobilizációján (rögzítés, stabilizálás, esetleg izolálás), melyek eredményeképpen a szennyezőanyag káros hatását nem tudja kifejteni, mert vagy eltűnik, vagy minden szempontból hozzáférhetetlenné válik. Mind a mobilizálás, mind az immobilizálás történhet fizikai, kémiai, termikus vagy biológiai eljárással. A talaj három fázisú rendszer, ezért a szilárd fázis, a folyadék fázis (rétegvíz, talajvíz) és a gázfázis (talajgáz, talajgőz) kezelése a szennyezettség szerint párhuzamosan, vagy több, egymást követő lépcsőben történik. *In situ* talajkezeléshez gyakran párosítanak *ex situ* talajvíz, és/vagy talajgáz kezelést. ~ előnyei: nincs kitermelési, szállítási költség kiterjedt területekre is alkalmazható és a terület a kezelés alatt is használható. Hátrányai: maradék szennyeződés mindig van, biológiai módszer esetén nagy az időigény. Legelterjedtebb *in situ* talajkezelési technológiák: biológiai módszerek: →*természetes bioremediáció*, aktivált →*bioremediáció*, →*bioventilláció*, →*fitoremediáció*; fizikai-kémiai technológiák: →*talajgázelszívás*, →*sztrippelés*, →*talajmosás*, fizikai →*stabilizáció* (szilárdítás), kémiai stabilizáció; termikus eljárások: alacsony hőmérsékletű →*termikus deszorpció*, →*vitrifikáció*.

***in situ*, eredeti helyzetben, helyben (latin):** szennyezett környezeti elemek és fázisok kezelésének az a módszere, mellyel a talajvizet, talajt, felszíni vizet vagy üledéket kitermelés nélkül, eredeti helyén kezeljük, a kezelési, →*remediálási technológiát* a

vízbe, a talajba vagy az üledékbe helyezzük, illetve a kezelendő térfogatot a technológiai műveletek számára kutakkal, aknákkal vagy árkokkal tesszük hozzáférhetővé.

**integrált kockázati modell:** szennyezett területek → *környezeti kockázatának* jellemzését segítő általános modell, amely egy közös ábrába foglalja a kockázatos anyag és az érintett terület adottságain alapuló → *terjedési modellt* és a → *területhasználat* által meghatározott → *expozíciós modellt*. Az ~ egyetlen → *szennyezőforrásból* származó egyetlen kockázatos anyagra, esetleg hasonló tulajdonságú anyagok csoportjára vonatkozhat, több forrás és több anyag esetében több ~ felállítása szükséges. Az **1. ábra** bemutatja az ~ szerkezetét. A források azonosítása után a vegyi anyag és a környezet jellemzőinek figyelembevételével a terjedési modell vázolja a terjedési útvonalakat és a szennyezőanyag által érintett környezeti elemeket, valamint a környezeti elemek közötti kapcsolatokat. A környezeti elemek és fázisok használata megszabja az expozíciós útvonalakat és a szennyezőanyagnak kitett → *receptorszervezeteket*. Az ~ magába foglalja a táplálékláncot, és különböző vonalvastagságokkal mutatja az elsődleges (fő) és a kisebb jelentőségű terjedési és expozíciós útvonalakat és folyamatokat. Az ~t a szennyezett terület alapos megismerése után lehet felvenni, a veszély- és a kockázatfelmérést megelőzően. A → *veszély* felméréséhez szükséges adatok: a vegyi anyag kibocsátott mennyisége az egyes környezeti elemekben, a kockázatos anyag azonosítása, sorsa, viselkedése a környezetben és a kockázatos anyag hatásaira vonatkozó információk. A kockázat felméréséhez az előzőeken kívül szükséges még: a környezet jellemzése, a kölcsönhatások ismerete (a környezet, a vegyi anyag és az élőlények között), a → *területhasználatok* és a területhasználatból adódó → *expozíciós útvonalak* feltérképezése. A helyspecifikus kockázat kiszámításánál figyelembe kell vennünk: az adott szennyezett terület konkrét hidrológiai viszonyait, ökológiai jellemzőit, a helyi területhasználatok jellegzetességeit, a helyi populáció összetételét, a helyi szokásokat. Egy-egy receptorra vonatkozó összes kockázatot összegezni kell, additív tagok esetén egyszerű összeadással.

$$\sum_{1}^{n} \sum_{1}^{m} HQ = \sum_{1}^{n} HQ + \sum_{1}^{m} HQ \qquad \sum_{1}^{n} \sum_{1}^{m} RQ = \sum_{1}^{n} RQ + \sum_{1}^{m} RQ$$

HQ = humán egészségkockázat; RQ = ökológiai kockázat;  
n = expozíciós utak; m = szennyezőanyagok

**integrált környezetmonitoring:** olyan koordinált → *környezet-monitoring* amely a vizsgált terület összes érintett környezeti elemében és fázisában rendszeresen végzett szabványosított fizikai-kémiai és biológiai vizsgálatokkal követi a környezet állapotát. A vizsgálati eredményeket kockázattértékelési és visszajelzési módszerekkel kiegészítve szolgáltat információt a környezetirányítási és -politikai döntésekhez. Az ~ helyspecifikus, azaz a megfigyelendő terület jellegzetességeit, az ott előforduló → *szennyezőanyagokat*, → *szennyezőforrásokat*, a jellemző terjedési útvonalakat és a szennyezőanyagnak kitett ökoszisztéma-tagokat vizsgálja. Az ~rendszer tervezése az → *integrált kockázati modellen* alapul. A hagyományos fizikai-kémiai analízis célzottan és szelektíven egy-egy szennyezőanyag, valamint környezeti paraméter minőségi és mennyiségi elemzésére alkalmas, a biológiai (→ *ökotoxikológiai*) teszt válasza magába integrálja a környezet jellegzetességeit és az összes jelenlévő szennyezőanyag hatását: 1. azok hatását is, amelyek a kémiai analitikai programba be sem kerültek (ismeretlen

szennyezőanyagok, minor komponensek, →*biokonverzió* átalakulási- és →*biodegradáció* bomlástermékei stb.); 2. az eltérő veszélyességű kémiai formák aktuális hatását; 3. a nem →*additív hatások* (szinergizmus, antagonizmus) és 4. csak a biológiailag hozzáférhető, tehát effektíve ható anyaghányadot méri. – A fizikai-kémiai és biológiai mérési eredmények egymást kiegészítve adnak teljes képet a környezet állapótáról. Ha egyértelmű összefüggés mutatkozik a fizikai-kémiai és biológiai mérési eredmények között, pl. mindkettő nagy, vagy mindkettő kicsi, az egyértelműen nagy vagy kis →*környezeti kockázatra* utal. Ha a kémiai koncentráció nagy, de a biológiai hatás kicsi, annak magyarázata a szennyezőanyag biológiailag hozzáférhetetlen formája, nem toxikus kémiai forma vagy kioltás. Ha a kémiai analízissel kapott kis koncentráció nem támasztja alá a nagy biológiai hatást, annak oka lehet, hogy a toxikus anyag kimaradt a kémiai analitikai programból, de lehet, hogy átalakulási termékkel, különösen toxikus kémiai formával esetleg szinergizmussal van dolgunk. – A →*biológiai monitoring* alapulhat egyetlen teszorganizmust (laboratóriumi →*ökotoxikológiai teszt*) vagy életközösséget (→*mikrokozmosz teszt*) alkalmazó teszten, ilyenkor a környezeti mintát a laboratóriumba szállítás után vizsgálják. Alapulhat helyszíni un. *in situ* biológiai vizsgálaton: az aktív biomonitring során a kiválasztott fajok izoláltan és kontrolláltan felnevelt egyedeket helyezünk a környezetbe, míg passzív biomonitring esetén, a területen élő fajokat vizsgáljuk, így: 1. a közösség összetételét és működését: fajösszetétel, fajsűrűség, érzékeny fajok kihalása, tápláléklánc, a teljes ökoszisztéma anyag- és energiaforgalma; 2. az életközösség genetikai jellegzetességeit: rezisztens fajok megjelenése, genetikai jellemzők, DNS újjlenyomatok; 3. a bioakkumulációt; 4. a biodegradációt; 5. biomarkereket: stressz fehérjék, metallothionein, citokrom P450. – A biomonitring előszeretettel alkalmaz bioindikátor fajokat: 1. *őrző fajok*: a vizsgált területre telepített, nagy érzékenységű fajok, amelyek elpusztulásukkal korai figyelmeztetőül szolgálnak; 2. *detektor fajok*: a vizsgált területen élő fajok, amelyeknek szennyezőanyag hatására megváltozik a viselkedésük, koreloszlásuk, esetleg elpusztulnak; 3. *kiaknázó fajok*: rezisztens fajok, amelyek szennyeződés esetén előnybe kerülnek a többi fajjal szemben. 4. *akkumuláló fajok*: felveszik és akkumulálják a szennyezőanyagot olyan mennyiségben, hogy az kémiai analízissel kimutatható.

**intenzifikált biodegradáció:** a természetes →*biodegradációs* folyamatok hatékonyságának, sebességének növelése technológiai beavatkozással, optimális technológiai paraméterek alkalmazásával, például a biodegradációt végző mikroorganizmusközösség (→*cell factory*) működéséhez legmegfelelőbb levegőztetés, tápanyagellátás, hőmérséklet, pH, redox- és ozmózisviszonyok, stb. biztosítása.

**intézkedési határérték:** olyan →*szennyezettségi határérték*, vagyis, jogszabályban vagy ennek hiányában hatósági határozatban meghatározott kockázatos anyag koncentráció, melyet meghaladó érték esetén a környezetvédelmi felügyelőségnek intézkednie kell. Magyarországon a 33/2000-es Kormányrendeletben a szennyezett terület érzékenységétől függő intézkedési határértékek szerepelnek: C<sub>1</sub>: fokozottan érzékeny területekre, C<sub>2</sub>: érzékeny területekre és C<sub>3</sub>: nem érzékeny területre. Ötvösben vagy a rendeletben megnézni!!! Az ~ nél nagyobb koncentráció esetén a →*környezeti kockázat* csökkentésére irányuló intézkedés lehet: gyorsintézkedés (veszélyes anyag vagy szennyezett góc azonnali eltávolítása, vagy a tovaterjedés megakadályozása izolálással), területhasználati korlátozás (pl. belépni tilos, fürdeni tilos, horgászni tilos, zöldségter-

mesztés nem javasolt, csak bogyósok termelhetőek, stb.), vagy →remediáció (a terület kockázatának csökkentése a szennyezőanyag koncentrációjának elfogadható kockázatot jelentő értékre csökkentésével).

**ISO:** International Organisation for Standardisation, Nemzetközi Szabványosítási Szervezet.

**iszapreaktor talajremediációhoz:** *remediáció iszapfázisban*

**karcinogén hatás,** karcinogenitás, rákkeltő hatás: valamely fizikai, kémiai vagy biológiai ágens azon tulajdonsága, hogy képes *tumorképződést* kiváltani, ill. a tumorképződés gyakoriságát megnövelni. A →*vegyi anyagok*, főleg a →*xenobiotikumok* közül sok rendelkezik ~sal. A ~sal rendelkező vegyi anyagok a szájon át, a bőrön át, vagy belégzéssel kerülhetnek a szervezetbe. – A ~nak kitett sejtek ráksejteké alakulásában a sejt növekedési, differenciálódási életszakaszának van nagy szerepe. A karcinogén ágensek ~a gyakran összefügg →*mutagén* és →*genotoxikus hatás*sukkal. – A fizikai, kémiai és biológiai ágensek ~ának bizonyítása történhet *epidemiológiai* adatok (leggyakrabban bizonyos foglalkozásokhoz kötődő megbetegedések statisztikája), vagy célzott vizsgálatok eredménye alapján. A ~ tesztelése, a →*dózis-hatás összefüggés* kimérése állati tesztekkel vagy *in vitro* módszerekkel lehetséges: ~t mérő biotesztek, géntoxicitást kimutató tesztek, sejtosztódási- és szabályozási kísérletek, *immunszuppresszió* vizsgálata, →*QSAR* alkalmazása.

**K<sub>D</sub>:** szerves szennyezőanyagok szilárd- és folyadékfázis közötti megoszlási hányadosa, az egyensúlyi helyzet beállása után.  $K_D = C_{\text{kation}_{\text{víz}}} / C_{\text{kation}_{\text{szilárd}}}$ . Talaj esetében a talajvízben mérhető és a talajszemcsék szilárd felületéhez kötött kationok koncentrációjának hányadosa. A **K<sub>D</sub>** értéke függ a kation tulajdonságaitól (ionerősség, méret) és a talaj adszorpciós kapacitásától (T), amely – a kationok példájánál maradva – arányos a talaj szerves kolloidanyag-tartalmával.

**kioldás, leaching (angol):** **1.** természetes folyamat: csapadéknak kitett kőzetek, talaj, hulladék, bármilyen lerakat oldható anyagtartalmának kioldása és – kontrollált összegyűjtés hiányában – talajba, talajvízbe mosódása. Biológiai kioldás (*bioleaching*): kőzetek, talaj, hulladék, lerakatok mikrobiológiai átalakító folyamatok hatására vízoldhatóvá váló komponenseinek kioldása. Pl. →*kénbaktériumok* kénhidrogénből, elemi kénből vagy tioszulfátból (szintelen kénbaktériumok, fonalas kénbaktériumok, →*bányászbaktériumok*) kénsavat (szulfátot) képesek előállítani oxidációval (*Thiobacillus thiooxidans*). Szennyvízelvezető betoncsövek →*korrozíójáért* a kénhidrogént (H<sub>2</sub>S) képző baktériumok és a kénhidrogént kénsavvá oxidáló *Thiobacillus ferrooxidans* együttesen felelősek; a keletkező kénsav kioldja a beton alkotórészét, a CaCO<sub>3</sub>-ot. – **2.** ~on alapuló ipari és környezetvédelmi technológiák: →*szén kéntelenítése* vagy →*fémkioldás* kőzetből, meddőanyagból, talajból, hulladékból. A technológia alapulhat fizikai, kémiai vagy biológiai folyamaton. Szennyezett talaj esetében lehet vizes, savas, lúgos vagy szerves oldószeres kioldás, a szennyezőanyag oldhatóságától függően. A →*biotechnológiák* mikroorganizmusok vagy növényi gyökerek által szeparált technológiában előállított vagy a →*bioremediációs* technológiában termelt savakat, →*biotenzideket*, komplexképző anyagokat alkalmaznak. – **3.** A →*hulladékgazdálko-*

dásban →*hulladékminősítésre* szabványosított analitikai módszeregyüttes, amely a szilárd és iszap halmazállapotú hulladékból a víz által kioldható vegyületek meghatározására és a kioldási (elúciós) folyamat mechanizmusának vizsgálatára szolgál. Módszerei: elúció kolonnában, elúció liziméterben. A ~ eredményét, az eluátumot, hulladékkezelési szempontból általában a következők szerint analizálják: kinézet, szag, zavarosság, kémhatás, vezetőképesség, oxidálóképesség, →*biológiai oxigénigény*, oldott szerves anyag-, anion- és kationkoncentráció, →*toxicitás*, bepárlási maradék.

**kometabolizmus, kooxidáció:** számos mikroorganizmus anyagcseréjében megfigyelhető jelenség, melynek során a mikroorganizmus számára tápanyagul nem szolgáló →*szubsztrát* (az ún. koszubsztrát) →*biotranszformációja*, módosulása, lebontása történik, gyakorta egy másik, tápanyagul szolgáló szubsztrát átalakulásával egybekötve. A koszubsztrátból ~sal nyert terméket a mikroorganizmus nem hasznosítja. A jelenség bizonyos enzimek tágabb szubsztrátspecifitására alapul, vagyis azon, hogy az enzim a szokásos szubsztrátján kívül hasonló térszerkezetű és méretű idegen anyagot is elfogad, elvégzi rajta az átalakítást, de a keletkezett termék nem jut tovább az anyagcseréhez kapcsolódó reakcióiba (energiatermelés, bioszintézis). Igen sok →*xenobiotikum* →*biodegradációjának* bevezető lépése ~. A ~ folyamatát környezetvédelmi biotechnológiákban hasznosítják *xenobiotikumokat* tartalmazó hulladékok vagy szennyezett környezeti elemek (pl. talaj, talajvíz, üledék) →*remediációjára*. Jól ismert kometabolikus folyamat a klórfezolok, pl. 3,4-diklórfenol bontása *Penicillium frequentans* fonalgombával, fenol jelenlétében, vagy a 2,4,6-trinitro-toluol (TNT) többlépéses ~sal történő bontása. Ezek a kometabolikus folyamatok talajvízkezelési technológiák is alapulnak.

**koncentráció-hatás összefüggés:** a környezettoxikológiai szempontból tesztelendő veszélyes anyag növekvő koncentrációjának kitett tesztorganizmus válasza (hatás) a vegyi anyag koncentrációjának függvényében ábrázolva. A ~ jellegzetes szigmoid alakú görbe, melynek a mérési pontokra történő illesztése, illetve statisztikai értékelése után nyerjük a káros hatás mértékét jellemző kitüntetett pont(ok)hoz tartozó eredményt, vagyis a tesztmódszer végpontját, pl. EC<sub>50</sub> vagy NOEC.

**korrózió:** fémek és egyéb anyagok (pl. kő, beton, műanyagok, stb.) károsodása a légköri nedvesség, a vizes oldatok pH-ja és →*redoxpotenciálja* által elősegített oxidáció és más vegyi és biológiai folyamatok hatására. – **1.** Fémek ~ja: 1. *felületi* ~: a védőréteg nélküli fémfelületeken vékony fémoxid réteget (neve általában: *rozsdá*, *réz és bronz* esetében: *rézrozsdá* [Grünspan] *ón-* [Sn]-, *cink-* [Zn] tárgyakon: *patina*) hoz létre, ami egybefüggő oxidréteg esetén *passzíváló hatást* fejt ki, védelmet nyújt a további ~ ellen. A ~ megakadályozására a fémfelületeket festékbevonattal látják el. A ~védelem drágább módja a *galvanizálás*, a fémfelület bevonása vékony ~álló fémréteggel. 2. *lyuk-*: a kristályszerkezetű fémek (*ausztenites acél*) felületi töltései kiegyenlítetlenek, ami nagy *felületi aktivitásban* jut kifejezésre. Nedvesség jelenlétében egyes fémionok körül apró galvánelemek keletkeznek, s emiatt a fém az *anódon* oldatba megy, a fémréteg átlukad. – **2.** Biológiai ~, biodeterioráció: anyagok és termékek nem kívánatos →*biodegradációja*. Eredményeképpen az anyag károsodhat mechanikailag, átalakulhat fizikailag vagy kémiaiilag. Kagylók és algák benövik a hajótestek felületét, rágcsálók és rovarok károsíthatnak számukra nem-élelmiszeranyagokat (fa, műanyag) vagy élelmi-

szanyagokat (gyapjú). *Mikrobiológiai* ~ során a mikroorganizmusok átalakító, bontó aktivitása károsítja az anyagot. A →*mikroorganizmusok* ~ja tönkreteszi a szigeteléseket, korrodálja a fémtárgyakat, elpusztítja a könyveket, a textíliákat, festményeket, házak vázszerkezetét, burkolatait. Gombák és baktériumok degradálják a cellulózt, a szennyvízben élő kénhidrogént termelő és az abból kénsavat előállító kénbaktériumok együttes erővel feloldják a közcsatornák és más épített műtárgyak betonját, vasbaktériumok eldugítják vízvezetékünket, üvegeink opálossá válhatnak gombák termelte savak hatására, szerves anyagokból, és műanyagokból készült tárgyaink részben vagy teljes egészében degradálódnak a mikroorganizmusok tevékenységének eredményeképpen.

**K<sub>ow</sub>:** szerves →*szennyezőanyagok* megoszlási hányadosa az oktanol és a víz között; az egyensúlyi állapotot jellemző két koncentráció hányadosa:  $C_{oktanol} / C_{víz}$ . A szerves molekula méretétől, polárosságától, hidrofóbításától, vízoldhatóságától függő állandó, mely alapvetően meghatározza az anyag környezetben való viselkedését, mozgékonyágát, szilárd felülethez való kötődését, vizes fázisba átjutását, biológiai →*hozáférhetőségét*, →*biodegradálhatóságát*, →*bioakkumulációját*.

**környezeti elem:** a környezet térbeli, morfológiai és funkcionálisan körülhatárolható része. A ~ekre jellemző ökoszisztémák különbségei, valamint környezeti mednezsmertjük, szennyezettségük, kockázataik kezelése és a jogi szabályozás specifikumaira visszavezethető okok miatt az alábbi környezeti elemeket szokták megkülönböztetni: levegő, felszíni víz és üledék, földtani közeg (alapközet, talaj), felszín alatti víz (rétegvizek, talajvíz). Minden ~ több fázisból, szervetlen és szerves összetevőkből és élőlényekből (→*biota*) áll.

**környezeti minőségi kritérium:** a környezet kívánatos állapotát jellemző ismérv, ill. előírás, melyet rendeletek vagy irányelvek rögzítenek határérték formájában. A ~ egy absztrakt kifejezés, amely konkrét mutatókhoz kapcsolódhat, pl. halandóság, íz, szín, szag, toxikus hatás, rákot okozó hatás, eutrofizáció mértéke, stb. A legtöbb országban a ~ környezeti tulajdonsághoz rendelt számszerű értéket, gyakran küszöbértéket jelent, amely biztosítja, hogy a környezet ne veszélyeztesse az ökoszisztéma és az embert egészségét (elfogadható környezeti kockázat) és eleget tegyen bizonyos esztétikai követelményeknek (íz, szag, látvány). A ~-állítás a tudományos következtetések, a politikai megfontolások és a jogi végrehajtás teljes folyamatát jelenti. A ~ teljesülése →*integrált környezeti monitoringgal* ellenőrizhető. A ~ teljesítésével biztosítható, hogy környezetünk helytelen használat vagy szennyezés miatt ne képviseljen elviselhetetlenül nagy ökológiai vagy humán egészségkockázatot, a ~nak tehát még elfogadható, kis →*környezeti kockázatot* kell tükröznie. – Leggyakoribb ~ a kockázatos →*vegyi anyagokra* vonatkozik és azt a legnagyobb vegyi anyag koncentrációt jelenti, amellyel még nem jár elfogadhatatlanul nagy környezeti, azaz ökológiai és/vagy emberi egészségkockázat. A ~ környezeti elemként és területenként specifikus érték, melynek nagyságát a →*területhasználat* befolyásolja. Legszigorúbb ~ot a természetvédelmi területek szárazföldi és felszíni vízi ökoszisztémája esetében, emberi területhasználatoknál pedig az ivóvízbázisként való és a gyermekek általi használat (pl. óvoda) esetében állítanak. A ~ szorosan összefügg a kockázati tényező nagyságára vonatkozó → $RQ = PEC/PNEC \leq 1$  kritériummal, amely alapján a megengedhető maximális →*PEC* határesetben azonos a →*PNEC* értékkel, azaz az előrejelezhetően károsan még nem ható koncentrációval, ami

az ökoszisztémánál az ökotoxikológiai eredményekből közvetlenül, embernél az átlagos fogyasztás, belégzés, vagy más kitettség és annak gyakorisága figyelembevételével határozható meg ( $\rightarrow TDI$ ,  $\rightarrow RfC$ ). – A különféle jogi formulák határértékeinek a leegyszerűsítés és általánosítás ellenére is tudományos alapokon kell nyugodniuk. A tudományos alapon képzett határértékek az ún. hatáson, vagy kockázaton alapuló határértékek a lokálisan jellemző, károsan még nem ható küszöbértékeket veszik figyelembe. – Magyarországon kormányrendelet tartalmazza 13 vegyületcsoportra a talaj és a felszín alatti víz háttérértékét (A), szennyezettségi határértékét (B) és az intézkedési határértékeket ( $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ). – Hollandiában két kockázati szintet határoztak meg: a maximálisan megengedett koncentrációt (MPC: Maximum Permissible Concentration) és az elhanyagolható koncentrációt (NC: Negligible Concentration). Az ember esetében két további MPC létezik: az egyik a nem rákkeltő  $\rightarrow$ toxikus hatású anyagok tolerálható napi felvételéből ( $\rightarrow TDI$ ), vagyis abból a dózisból számítható ki, amely a toxikológiai adatok alapján előrejelezhetően nem eredményez semmiféle káros hatást, a másik a rákkeltő anyagok MPC értéke, amely abból a dózisból számítható, amelyik eggyel több halállal végződő rákos megbetegedést okoz, egymillió fős népességben, egy év alatt, azaz  $10^{-6}$  esetet évente. Az NC  $\rightarrow$ karcinogén hatású anyagok esetében, definíció szerint, az MPC 1/100-ad része, azaz  $10^{-8}$  eset/év. Az ökoszisztémák MPC értéke azt a koncentrációt jelenti, amiről feltételezik hogy védelmet nyújt az illető ökoszisztéma legtöbb fajának, legalább 95 %-uknak. A végső minőségi célértékeket természetvédelmi területek és vízi ökoszisztémák esetében vagy az NC vagy a háttérérték képviseli, a szennyezettségi határértékeket az MPC és az NC között állapítják meg, míg a beavatkozási értékek általában az MPC fölött vannak. – A ~ átlépése minden országban következményekkel ill. kötelezettségekkel jár: 1. további vizsgálatok elindítása; 2. beavatkozás, intézkedés elindítása (izoláció, remediáció, területhasználat megváltoztatása); 3. a végső minőségi cél elérése a legmagasabb védelmi szint, melynek célja lehet az összes környezeti elem/fázis funkciójának általános védelme vagy korlátozódhat egyetlen funkció védelmére, a területhasználat függvényében.

**környezetmonitoring:** a környezet állapotának rendszeres rögzítése, minősítése és az időbeli változások értékelése. Történhet megfigyelés vagy mérés alapján. A mérések lehetnek *in situ*, vagy laboratóriumi mérések. A vizsgálati módszerek széles skálán mozognak, alapulhatnak fizikai-kémiai, biológiai és ökotoxikológiai jellemzők analizálásán.

**környezettóxicológia:** a környezettóxicológia a környezetbe került vegyi anyagoknak az ökoszisztéma tagjaira gyakorolt hatását vizsgálja és ebből igyekszik előrejelzést adni a teljes ökoszisztémára. Teljes ökoszisztémák minden részletére kiterjedő vizsgálata mai tudásunk és a költségek miatt nem lehetséges, ezért kiválasztott, jellemző fajok vagy laboratóriumi tesztorganizmusok válasza alapján következtetünk az ökoszisztéma egészére.

**közösség:** ökológiai közösség: különböző fajok populációinak hely és idő szerinti együttese.

**$K_p$ :** szerves szennyezőanyagok szilárd és folyadék fázis közötti megoszlási hányadosa, egyensúlyi helyzetet feltételezve.  $K_p = C_{szerves_{szilárd}} / C_{szerves_{víz}}$ , mely a talaj (üledék, lebegőanyag) szilárd fázisában és a vele egyensúlyban lévő vizes fázisban

mérhető szervesanyag-koncentráció hányadosa. Értéke elsősorban a szerves szennyező-  
anyag oktanol-víz megoszlási hányadosától és a szilárd környezeti fázis szervesanyag-  
tartalmától függ:  $K_p = F_{oc} * K_{oc}$ , ahol  $F_{oc}$ : a szerves szén aránya a talajban,  $K_{oc}$ : a  
szennyező anyagnak a szerves széntartalom és a vizes fázis közötti megoszlási hánya-  
dosa, mely a  $K_{ow}$ -ból számítható:  $K_{oc} = a * K_{ow} / 1000$ , ahol  $a$ : empirikus állandó, érté-  
ke 0,411;  $K_{ow}$ : oktanol-víz megoszlási hányados.

### krónikus hatások mérése:

a krónikus hatásokat kimutató és mérő

→*ökotoxikológiai* és →*toxikológiai tesztek* egyetlen fajt vagy több fajt (közösséget)  
alkalmazó ún. krónikus tesztek, melyek időtartama a tesztorganizmus élethosszához és  
reprodukciós ciklusához illeszkedő, hosszú távú, a kísérleti állat élethosszának nagyobb  
részét magába foglaló, legalább egy-két generációt átfogó teszt. A *növekedési tesztek* a  
mikroorganizmusok (baktériumok, gombák, algák, állati egysejtűek) biomassza produk-  
cióján vagy sejtszámán, ill. valamely azzal arányos más végpont mérésén alapulnak. A  
kockázatos anyagnak hosszú időn keresztül kitett növényeknél mérhetünk gyökér- és  
szárnövekedést, valamint biomasszaprodukciót. Az állatok tömegének gyarapodása  
szintén alkalmas, de anyagcsere-indikátorok is szolgálhatják a krónikus toxicitás felmé-  
rését. A *reproduktív tesztek* esetében a női ivarú állatok peteérésének és a hímivarú-  
ak spermatogenezisének periódusával összhangban kell meghatározni a tesztelési idő-  
szakot és a létrejött utódok számlálásának időpontját. A *teratogenitási tesztek* az utó-  
dokban jelentkező fejlődési rendellenességeket vizsgálják, legismertebbek a halak utó-  
dait és a békaembriókat vizsgáló gyors tesztek, valamint a kisemlősökkel végzett, külön-  
féle expozíciós utakat (szájon át, belégzéssel és bőrkontaktus útján) modellező tesztek.  
A karcinogenitás és a mutagenitás kimutatására a kisállatokon végzett időigényes, drága  
és etikai problémákat is felvető kísérleteket nagyrészt felváltották a mikrobiális gyors-  
tesztek, pl. *Ames-teszt*, *Mutatox-teszt*, *SOS-kromoteszt* és a *szövettenyészetekkel vég-*  
*zett kísérletek*.

### krónikus kockázat:

*krónikus hatásokért* felelős fizikai, kémiai és biológiai

ágensek környezetbe kerüléséből és →*receptorszervezetekkel* való találkozásából adó-  
dő környezeti kockázat: hosszú idejű káros hatásokból, *vegyi anyagoknak* való ismétlő-  
dő kitettségéből adódó *krónikus toxicitáshoz*, →*mutagenitáshoz*, →*karcinogenitáshoz*,  
→*teratogenitáshoz* köthető ökológiai és humán egészségkockázat. A ~ nagyságát a  
*környezeti kockázat* definíciójából következően az ökoszisztéma esetében a számítással  
vagy méréssel meghatározott vegyi anyag koncentrációnak (→*PEC* = előrejelezhető  
környezeti koncentráció) és az ökoszisztéma tagjaira hosszú távon (a *receptorszervezet*  
generációs idejéhez képest hosszú távon) toxicitást, mutagenitást, teratogenitást még  
nem mutató küszöbkoncentráció (*NOEL*, *NOEC*, *PNEC*) hányadosa. Ember esetében  
megkülönböztetjük a krónikus toxicitásból, vagyis a különböző expozíciós utakon is-  
métlődően bejutott anyag →*toxikus hatásából* eredő kockázatot, melynek mértéke  
→*HQ* = *ADD/TDI*, a mutagén és karcinogén kockázatoktól, mely az ember életfogytig  
tartó kitettsége során bevett dózisból adódik, mértéke szájon át és bőrkontaktus esetén:  
**Karcinogén Kockázat**<sub>szájon/bőrön át</sub> =  $1 - e^{-(\text{Orális Meredekségi Tényező} * \text{LADD})}$  és belégzés esetén:  
**Karcinogén Kockázat**<sub>belégzéssel</sub> =  $1 - e^{-(\text{Egységnyi Kockázat} * \text{AIC})}$ , ahol *LADD*: teljes élettartam-  
ra vonatkozó átlagos napi dózis és *AIC*: teljes élettartamra vonatkozó átlagos belégzett  
koncentráció.

**levegőztető kutak:** szennyezett talaj → *in situ* bioremediációjához szükséges levegőnek a mélyebb talajrétegekbe juttatására szolgáló kutak (→ *bioventilláció*). Általában egyszerű, 5–100 mm átmérőjű, perforált műanyag béléscsővel ellátott kutak. A béléscső perforációja a levegőztetendő mélységhez igazodik, a lyukak mérete 0,5–0,75 mm. A béléscső körül szűrőkavicsolást alkalmaznak, a felszínhez közel pedig betongaléért. A kútfejet zárhatóan alakítják ki úgy, hogy a levegőztetéshez szükséges szerelvények csatlakoztathatóak legyenek. A ~ elhelyezkedését és sűrűségét a talaj hézagterfogatanak és légáteresztő képességének ismeretében lehet tervezni. A → *telítetlen talajt* célszerű a kutakhoz csatlakoztatott ventilátor segítségével, szívással levegőztetni. Egy jól bevált eljárásban a ventilátorral szívott kútsort ún. passzív kútsor követi, melynek szerepe a légköri levegő bevezetése a talaj mélyebb rétegeibe. A ~at adalékanyagok talajba juttatására is fel lehet használni. A szívott, a passzív és/vagy a nyomás alatt lévő ~ elrendezését a terület hidrogeológiai viszonyainak, a szennyezőforrás elhelyezkedésének, a szennyezőanyag terjedésének ismeretében kell tervezni: lehet koncentrikus, egyenes háló vagy a szennyezőanyag terjedésétől függő, specifikus elrendezésű. A → *telített talaj* levegőztetése is történhet a → *talajvízszint* alá nyúló, perforált béléscsővel ~kal, de itt mindig levegő befűvást vagy injektálást alkalmazunk, kompresszor segítségével.

**lipofil:** zsírban oldható, zsírokban, olajokban jól nedvesedő (anyagok). Ugyanezek vízben rosszul oldódnak, rosszul nedvesednek, ezért → *hidrofóbak*. A környezetünkbe kikerülő veszélyes szerves anyagok ~ítását → *oktanol-víz megoszlási hányados*ukkal jellemezhetjük. A lipofil molekulák környezetbeni viselkedésére általában jellemző az immobilis forma, a környezeti elemek szilárd fázisának szerves frakcióján való abszorpció, élő szervezetekben való bioakkumuláció és a → *biodegradációval* szembeni ellenállás. Ez azt jelenti, hogy a ~ molekulák környezeti kockázata főként a szilárd fázisokban (talaj, üledék) nagy, a felszíni és felszín alatti vizekben kisebb. Élő szervezetek membránjaihoz kötődve vagy zsírszövetében raktározódva a → *táplálékláncban* egymást követő → *trofikus szintek* élőlényeiben → *biomagnifikációra* hajlamosak.

**LOEC (Lowest Observed Effects Concentration):** az a legkisebb → *vegyi anyag* koncentráció, amelynek hatása már megfigyelhető egy élőlény (tesztorganizmus) hosszú távú kitettsége esetén, pl. → *krónikus toxicitási* tesztben. Analóg kifejezés a dózissal dolgozó toxikológiában a LOEL (Lowest Observed Effects Level) az a legkisebb dózis, melynek hatása már megfigyelhető. A → *NOEC* és a ~ egymással összefügg, általában:  $NOEC = LOEC / 2$ . A → *MATC* a LOEC és NOEC érték átlagaként számítható:  $MATC = (NOEC + LOEC) / 2$ .

**MATC (Maximum Allowable Toxicant Concentration):** a → *szennyezőanyag* maximális, még megengedhető koncentrációja. A MATC a → *LOEC* és → *NOEC* érték átlagaként számítható:  $MATC = (LOEC + NOEC) / 2$ . Krónikus hatáson alapuló küszöbkoncentráció, melyet → *környezeti minőségi kritériumként* is alkalmaznak; olyan vegyi anyag → *határértékként*, melynek meghatározásakor a vegyi anyag káros (toxikus, mutagén, teratogén, stb.) hatását vették figyelembe.

**megoszlási hányados:** a környezetbe kikerült  $\rightarrow$  vegyi anyagok különböző fázisok közötti egyensúlyi megoszlását jellemző állandó, mely szoros összefüggésben áll az anyag környezetben való viselkedésével, terjedésével, mozgékonyásával, káros biológiai hatásával ( $\rightarrow$  toxikus,  $\rightarrow$  mutagén,  $\rightarrow$  teratogén), hozzáférhetőségével,  $\rightarrow$  biodegradálhatóságával és  $\rightarrow$  bioakkumulációra való hajlamával. – A vegyi anyag illékonyságától ( $\rightarrow$  Henry-állandó) függően mozog a folyadék-gáz és szilárd-gáz határfelületeken, a szerves anyagok  $\rightarrow$  oktanol-víz megoszlási hányadosuktól ( $K_{ow}$ ) függő arányban kötődnek a talaj, az üledék, ill. a lebegőanyag szilárd fázisához, vagy oldódnak a vizes fázisban. – A talajt alkotók és/vagy szennyező kationok  $\sim$ át a  $K_D = K_{kation\ v\acute{e}z} : K_{kation\ szil\acute{a}rd}$  összefüggés adja meg, a talajban beállt egyensúly esetén a talajvízben mérhető és a szilárd felülethez kötött kationok koncentrációjának hányadosaként. A  $K_D$  értéke függ a kation tulajdonságaitól (ionerősség, méret) és a talaj adszorpciós kapacitásától (T), amely a kationok példájánál maradva a talaj szeretlen koloidanyag-tartalmával (agyag) arányos. – Szerves talajszennyező anyagok megoszlási hányadosa a  $K_P = C_{szil\acute{a}rd} : C_{v\acute{e}z}$  hányados, mely a talaj (üledék, lebegőanyag) szilárd fázisában és a vele egyensúlyban lévő vizes fázisban mérhető szerves anyag koncentráció hányadosa. Értéke elsősorban a szerves szennyezőanyag oktanol-víz megoszlási hányadosától és a szilárd környezeti fázis szervesanyag-tartalmától függ:  $K_P = F_{OC} * K_{OC}$ , ahol  $F_{OC}$ : a szerves szén frakció aránya a talajban,  $K_{OC}$ : a szennyező anyagnak a szerves széntartalom és a vizes fázis közötti megoszlási hányadosa:  $K_{OC} = a * K_{ow} / 1000$ , ahol  $a$ : empirikus állandó, értéke 0,411;  $K_{ow}$ : oktanol-víz megoszlási hányados. – A  $\sim$  fenti számítással vagy adatok hiányában kísérletesen határozható meg, közvetlen méréssel vagy szimulációs vizsgálattal. A megoszlási hányadost az adszorpció-deszorpció dinamikus egyensúlyának beállásakor mérhetjük. A környezetben nincs mindig egyensúlyi helyzet, például frissen szennyezett talaj esetében, de a talajvíz védelmében a legrosszabb esetet feltételezve, ilyenkor is az egyensúlyi értékkel számítjuk ki a vegyi anyag előre jelezhető koncentrációját a talajvízben.

**mezokozmosz:** a valóságos ökoszisztémát modellező mesterséges rendszer. A  $\sim$ okban minden trofikus szint képviselve van, komplexebb, mint a  $\rightarrow$  mikrokozmosz, ezért környezeti realitása nagy, a  $\sim$ -ban mért eredmények közvetlenül felhasználhatók az ökoszisztéma jellemzésére, az ökoszisztémával kapcsolatos döntésekben. A  $\sim$ -t általában a szabadban alakítják ki, gyakran a természetes ökoszisztéma izolált és kontrollált részeként, hogy ki legyen téve a természetes behatásoknak, mint a csapadék, a sugárzások, a napfény és az atmoszférából leülepedő anyagok. A  $\sim$ -ban mód van a komplex ökoszisztémákra jellemző strukturális és funkcionális jellemzők vizsgálatára is. A  $\sim$ -ban folyhat megfigyelés vagy kísérlet. A folyamatok követésének eszköze az  $\rightarrow$  integrált monitoring. Alkalmazzák: 1. ökológiai kutatásokra, 2.  $\rightarrow$  ökotoxikológiai vizsgálatokra és 3.  $\rightarrow$  biodegradáción vagy fitoremediáción alapuló ökológiai technológiaként is. (még  $\rightarrow$  ökomérnökség, élőgép, élőgépes szennyvíztisztítás, remediáció)

**mikrokozmosz:** kisméretű, sokfajú ökológiai teszrendszer, melynek felhasználási célja, ökotoxikológiai tesztelés, biodegradáció és bioakkumuláció vizsgálata, veszélyes vegyi anyagok viselkedésének és hatásának jellemzése komplex ökológiai rendszerben. Az egyetlen fajt alkalmazó  $\rightarrow$  ökotoxikológiai tesztekhez képest környezeti realitása nagyobb, jobban modellezi az ökoszisztémát, jól vizsgálhatóak a fizikai-kémiai és biológiai kölcsönhatások a  $\rightarrow$  szennyezőanyag, a  $\rightarrow$  környezeti elem és fázis valamint

a → *biota* egyes tagjai között. A ~ban vizsgálhatóak a fajok közötti és a közösségen belüli kölcsönhatások, valamint a biota kölcsönhatása az abiotikus tényezőkkel. A ~ vizsgálat célja lehet a populációdinamika eredményeképpen létrejövő változások, mint pl. a préda–predator kölcsönhatás vagy a kompetíció vizsgálata. – A ~ ok igen eltérőek lehetnek térfogatukat, méretüket vagy bonyolultságukat tekintve, egyesek a 100 ml-es térfogatú rázott lombikban modellezett szennyvíztisztítást, vagy az 500 g talajt alkalmazó tenyészedény-kísérleteket már ~nak tekintik, mások több száz liter térfogatú ~ról beszélnek, amit megint mások már → *mezokozmosznak* neveznek. – A ~ felhasználása: 1. → *ökotoxikológiai* tesztelés: szabványosított vízi ~ok, a SAM (laboratóriumi) vagy a FIFRA (szabadföldi), melyeket elsősorban növényvédőszer engedélyeztetését megelőző teszteléshez használnak, valamint a SCM a szárazföldi mezőgazdasági ökoszisztémák és a → *xenobiotikumok* kölcsönhatásainak vizsgálatára. 2. környezetvédelmi technológiákat megalapozó kísérletek: biodegradáción, biakkumuláción, biológiai kioldáson (bioeaching) alapuló remediáció technológiai paramétereinek optimalálása. (még → *biotechnológia*, *biométernökség*, *ökométernökség*)

**mikropórusok:** a talaj → *pórustérfogata* a szilárd részek által elfoglalt teretek közötti hézagokból adódik össze. A pórusok mérete és alakja a talaj finomszerkezetétől függ. A talaj mikrostruktúráját a kolloid méretű szerves (humusz) és szervetlen (agyagásványok) anyagok alakítják ki. A mikroaggregátumokat kolloid ragasztóanyag stabilizálja és építi nagyobb aggregátumokká. A talajban lévő ~at méret és funkció szerint osztályozhatjuk: 1. a 30 μm-nél nagyobb pórusok a levegőellátást biztosítják; 2. a 3–30 μm átmérőjűek a talaj vízgazdálkodását, vízvezetését és víztartását szabályozzák; 3. a 3 μm-nél kisebb átmérőjűek szolgálnak a → *talajmikroflóra* élőhelyeül: a szilárd szemcsék felületén kötött, valamint a ~at és a mikropórusokat kitöltő víz mikrobaeredetű anyagokkal együtt stabil → *biofilmet* képez; ebben él és tevékenykedik a talajmikroorganizmusok közössége, ide diffúzióval jut be a levegő és a tápanyag. A jó minőségű talajban a három pórustípus kb. azonos arányban fordul elő. A differenciált porozitásmérés az egyes pórusok arányát is megadja. A pórusok átmérőjével fordítottan arányos az az erő, amely a pórusban lévő víz elszívásához szükséges (pF= a vízoszlopmm-ben kifejezett szívóerő logaritmus).)

**mutagén hatás,** mutagenitás: valamely fizikai, kémiai vagy biológiai ágens azon tulajdonsága, hogy képes *mutációt* kiváltani, ill. a mutációk számát a spontán mutációk gyakoriságához képest megnövelni. ~ra maradandó módon megváltozik az élőlények genetikai anyaga, a DNS, egyes gének, kromoszómák vagy az egész genom. Az ivarsejteket érintő mutáció örökletes. A környezetbe kikerülő → *vegyi anyagok* nagy része rendelkezik ~sal, ebből adódóan pedig → *krónikus kockázattal*. A ~ gyakran összefügg a *rákkeltő hatással* (karcinogenitás). – ~ú 1. fizikai ágens a sugárzások (ionizáló, UV, radioaktív, röntgen, stb.); 2. kémiai ágens a mutagén vegyületek (alkilezőszerek, kolhicin, aflatoxinok, etilén-oxid, azovegyületek, aromás aminok, klóraminok, nitrózaminok, PAHok, PCBk, aromás és klórozott szénhidrogének, stb.); 3. biológiai ágens a természetes eredetű növényi vagy mikrobiális eredetű anyagok, pl. flavonoidok, hidrazinok, baktérium- és gombatoxinok. – A ~ a mutációk mennyisége és minősége alapján jellemezhető. A mutagén ágens ~ának mérésére szabványosított biológiai teszt módszereket használnak, melyek közül a legismertebbek: 1. az *Ames-teszt*: génmanipulált hisztidin auxotróf *Salmonella* törzsszel dolgozik, amely ~ra revertálódik és ismét képes

lesz hisztidin-mentes tápközegen szaporodni; 2. az SOS-kromoteszt: az *E. coliban* ~ra létrejövő mutációk letális következményét kiküszöbölő SOS hibajavító rendszer jellegzetes enzimjeit detektálja; 3. a mikronukleusz-teszt: tenyésztett emlős sejteket (általában CHO, azaz kínai hörcsög petesejtet) alkalmaz, amelynél ~ra a kromoszómák osztódásakor kis fragmentumok jönnek létre, melyek jól detektálható képletek formájában kizáródnak a sejtmagból. – A ~ jellemzésére a mutagén ágensek →*dózis-hatás görbéje* alkalmas. A dózis-hatás összefüggés jellemzője, hogy egy bizonyos küszöbdózis alatt nem jelentkezik mutagén hatás. Ezt a küszöbértéket (→*LOEL*, *LOAEL*) határértékként is alkalmazzák, az ennél kisebb dózisokhoz tartozó kockázat gyakorlatilag 0. A ~ mérőszáma a mutációs ráta vagy a mutációs együttható, mely a mutáns sejtek vagy egyedek számát adja meg az összes mutagén hatásnak kitett sejt vagy egyed számához viszonyítva.

### **Nemzeti Kármentesítési Program:**

A Környezetvédelmi Minisztérium által koordinált, 1995-ben indult kockázatkezelési projekt, melynek célja, hogy Magyarországon számba vegye az →*állami felelősségi körbe* tartozó szennyezett területet, felmérje állapotukat és környezeti kockázatukat, prioritási listákat készítsen, a legnagyobb →*környezeti kockázatú* területeken gyorsintézkedéseket fogantosságot, a többinél részletes, mennyiségi kockázatelemzés alapján meghatározza az intézkedés sürgősségét, a kockázatsökkentés módját, elvégezze a kockázatsökkentési feladatot és megadja a megengedhető jelenlegi és jövőbeni területhasználatokat. A Magyarországon előzmény nélkül álló ~mal összefüggésben környezetpolitikai, környezetirányítási, gazdasági és tudományos-technikai módszertani fejlesztések is történtek. Megszületett a jogi és rendeleti háttér és a hatósági intézkedési rend (a Környezetvédelmi Törvény, a 33/2000. (III.17.), a felszín alatti vizek minőségét érintő tevékenységekkel összefüggő egyes feladatokról szóló Kormányrendelet és a 10/2000.(VI.2.), KöM-EüM-FVM-KHVM Együttes Miniszteri Rendelet, mely tartalmazza a földtani közegre (talajra) és a felszín alatti vízre vonatkozó határértékeket és feltünteti az alkalmazandó vizsgálati szabványokat is). A ~ három feladatcsoportra oszlik: 1. Általános feladatok: a program működtetése, koordináció, stratégiák meghatározása, alapozó kutatás és műszaki fejlesztés, gazdasági szabályozás, központi és regionális informatikai rendszer kialakítása, PR tevékenység, oktatási programok, szakmai kiadványok (segédanyagok, kézikönyvek és útmutatók, amelyek alapján a hatóságok és a szennyezett területek tulajdonosai és kezelői egységes módszertan szerint tudnak dolgozni); 2. Országos feladatok: szennyezőforrások és szennyezett területek teljes körű számbavétele, szennyezettség állapotuk felmérése, ingatlan-nyilvántartásba vétele, kockázatuk felmérése, a prioritások meghatározása, monitoringrendszerek működtetése (TIM: Talajvédelmi Információs Monitoring), utóellenőrzés, a kockázatsökkentés hatékonyságának vizsgálata, alprogramok működtetése és összehangolása (katonai területek, bányászati tevékenységből visszamaradt, MÁV Rt.-nél és az ÁPV Rt.-nél jelentkező szennyezett területek kockázatának kezelése); 3. Egyedi feladatok: egyes szennyezett területekhez kapcsolódó tényfeltárás, megvalósíthatósági tanulmányok kidolgozása, kockázatsökkentő technológiai megoldások kiválasztása, alkalmazása (gyorsintézkedés, lokalizálás, →*remediáció*), a gazdasági háttér biztosítását, helyi →*monitoring* kialakítása. – A ~ szakaszai: 1. Rövidtávú program, 1996–97: első számbavétel, gyorsintézkedések; 2. Középtávú szakasz, 1998–2002: kutatás, műszaki fejlesztés, finanszírozás, teljes körű számbavétel, nyilvántartásba vétel, információs rendszer kialakítása, a kockázatsök-

kentés folyamatos végzése, alprogramok működtetése stb. – A ~ szorosan együttműködik az →*Ivóvízbázis-védelmi Programmal* és a →*Nemzeti Környezet-egészségügyi Programmal*. – A ~ támaszkodhatott korábban indult amerikai (→*Superfund*) és nyugateurópai kármentesítési programok tapasztalataira, így a holland, a dán vagy a német (→*Altlasten*) nemzeti programokra és nemzetközi kutatási projektek eredményeire, pl. →*CARACAS* (Concerted Action on Risk Assessment for Contaminated Land, 1996-1998), →*CLARINET* (Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologie in Europe, 1998-2001), →*NICOLE* (Network for Industry Contaminated in Europe, 1996-99), RACE (Risk Abatement Center for Contaminated Soil in CEE Countries), melyek tisztázzák a szennyezett területek kockázatának felméréséhez, kezeléséhez és a kockázat csökkentéséhez szükséges tudományos alapokat.

**NOAEC** (No Observed Adverse Effects Concentration): az a legnagyobb →*vegyi anyag* koncentráció, amelynek még nincs megfigyelhető káros hatása egy élőlény (tesztorganizmus) hosszú távú kitétsége esetén, pl. →*krónikus* toxicitási tesztben. Analóg kifejezés a dózisokkal dolgozó toxikológiában a NOAEL (No Observed Adverse Effects Level) az a legnagyobb dózis, amelynek még nincs megfigyelhető káros hatása.

**NOEC** (No Observed Effects Concentration): az a legnagyobb →*vegyi anyag* koncentráció, amelynek még nincs megfigyelhető hatása egy élőlény (tesztorganizmus) hosszú távú kitétsége esetén, pl. egy →*krónikus toxicitási* tesztben statisztikailag nem mutat szignifikáns hatást. Analóg kifejezés a dózisokkal dolgozó toxikológiában a NOEL (No Observed Effects Level) az a legnagyobb dózis, amelynek még nincs megfigyelhető hatása. A ~ és a →*LOEC* egymásból számíthatóak:  $NOEC = LOEC / 2$ . A →*MATC* a LOEC és NOEC érték átlagaként számítható. A legtöbb akut toxicitással rendelkező vegyi anyagnak krónikus toxicitása is van. Az akut és krónikus hatás közötti számszerű összefüggés, az akut–krónikus arány (ACR: Acute Chronic Rate) ismeretében számítással is meghatározhatjuk a ~ értéket az akut hatás mérőszámából (→*EC<sub>50</sub>*). Egyazon tesztorganizmus esetén az  $ACR = EC_{50} / NOEC$ , ahol az *EC<sub>50</sub>* a rövid távú, pl. 24 vagy 96 órás teszt eredménye.

**növényi tesztek:** →*ökotoxikológiai tesztek*, melyek tesztorganizmusként jó csírázóképeségű növényi magvakat alkalmaznak. A ~ felhasználhatóak vegyi anyagok, vizek, szennyezett környezeti elemek, hulladékok, veszélyes hulladékok →*akut toxicitásának* vizsgálatára. A →*koncentráció-hatás* vagy →*dózis-hatás görbe* felvétele úgy történik, hogy a vizsgálandó víz, kivonat v. szilárd anyag hígítási sorába tesztmagvakat helyeznek, majd a csírázáshoz szükséges időtartamú inkubálás után, a csírázott magvak arányát, ill. →*EC<sub>50</sub>* vagy →*ED<sub>50</sub>* értéket határoznak meg, vagyis azt a koncentrációt vagy dózist, amely a magvak 50%-ának csírázását megakadályozta. A csírázásgátláson kívül, a csíranövény gyökerének és/vagy szárának növekedését, valamint a termelt biomassza mennyiségét is mérhetjük a teszt hosszabb idejű változatában. Magyarországon is szabványosított módszer szerint a fehér mustár (*Sinapis alba*) gyökér- és szárnövekedés-gátlását mérik a vizsgálandó anyag különböző hígításainak hatására. A gátlás mértékét kontrollközegben mért növekedés %-ában adják meg. Az eredményekből →*EC<sub>20</sub>*, vagy *EC<sub>50</sub>* érték határozható meg.

**növényi tesztek I. csírázásgátlás:** →*ökotoxikológiai teszt*, mely tesztorganizmusként jó csírázóképeségű növényi magvakat alkalmaz. A teszt felhasználható vegyi anyagok, vizek, szennyezett környezeti elemek, hulladékok, veszélyes hulladékok →*akut toxicitásának* vizsgálatára. A →*koncentráció-hatás* vagy →*dózis-hatás görbe* felvétele úgy történik, hogy a vizsgálandó víz, kivonat v. szilárd anyag hígítási sorába tesztmagvakat helyeznek, majd a csírázáshoz szükséges időtartamú inkubálás után, a csírázott magvak arányát, ill. →*EC<sub>50</sub>* vagy →*ED<sub>50</sub>* értéket határoznak meg, vagyis azt a koncentrációt vagy dózist, amely a magvak 50%-ának csírázását megakadályozta. A csírázásgátláson kívül, a csíranövény gyökerének és/vagy szárának növekedését is mérhetjük a teszt hosszabb idejű változatában. Magyarországon is szabványosított módszer szerint a fehér mustár (*Sinapis alba*) gyökér- és szárnövekedés-gátlását mérik a vizsgálandó anyag különböző hígításainak hatására. A gátlás mértékét kontrollközegben mért növekedés %-ában adják meg. Az eredményekből →*EC<sub>20</sub>*, vagy *EC<sub>50</sub>* érték határozható meg.

**olajlencse:** a talajba beszivárgott olaj mennyisége meghaladhatja a talaj olajmegkötő (olajvisszatartó) képességét. Ilyenkor a gravitációsan terjedő (beszivárgó) szénhidrogén eléri a →*talajvizet* és annak felszínén felgyűlik ill. a talajvíz áramlásával és kapilláris erőkkel tovaterjed, horizontálisan. A szétterülés a felszín alatt, a talajvíz felszínén lencse formát, a →*szennyezőforrás* alatt vastagabb, attól, mint centrumtól kifelé, vékonyodó alakzatot eredményez. Az olajlencse vastagsága tehát függ a beszivárgott olaj mennyiségétől és a →*talaj olajmegkötő képességétől*. Az ~éből a vízoldható komponensek átkerülnek a vízfázisba, ezek a vízzel együtt terjednek tovább. Az olajlencse biológiai lebontása lassú, mert a vízzel és a levegővel érintkező felülete viszonylag kicsi a tömegéhez képest. Eltávolítását két módon szokták megoldani: 1. kútból, árokból, gödörből búvárszivattyúval vagy a víz-olaj határfelületen szelektíven működő lefőlöző (scavanger) szivattyúval; 2. depressziós kútból, a süllyesztett talajvízszint fölé, az olajrétegbe helyezett búvárszivattyúval. A depressziós kútban, mint egy csapdában, az olajlencséhez képest többszörös rétegvastagságban gyűlik össze az úszó szénhidrogén. A kiszivattyúzott szénhidrogént a felszínen kezelik és ha mód van rá, hasznosítják. **Hivatkozás:** *talajvíz, szennyezőforrás, talaj olajmegkötő képessége*

**on site remediáció** (*helyszínen történő remediáció: angol:* az →*ex situ remediáció* egyik megoldása; a szennyezett környezeti elem/fázis eredeti helyéről való eltávolítása, kitermelése után, az eredeti helyszín közelében végzett kezelés. A remediációval csökkentett kockázatú anyagot az eredeti helyszínen és funkció szerint használják fel; a remediált talajt visszatöltik a munkagödörbe, a kezelt talajvizet visszajuttatják a talajvízbe. Az ~n átesett környezeti elemek/fázisok újrafelhasználásának feltétele a vonatkozó környezeti minőségi kritériumok teljesítése. (még → *remediáció, remediációs technológiák, talajkezelés, talaj remediáció, talajkezelés iszapfázisban*)

**oxigénfogyasztás:** élő szervezetek által időegység alatt elfogyasztott O<sub>2</sub> mennyiség. A biológiai úton felszabadított energia legalább 90%-a oxidációs folyamatokból származik, ezért az ~ az energiaforgalom mértékét jellemzi a sejt, a szervezet, a tenyészet vagy a közösség szintjén. Átlagos felnőtt ember alapanyagcserét folytatva 250

cm<sup>3</sup>/min O<sub>2</sub>-t fogyaszt. Intenzív izommunka esetén az ~ elérheti a 3 l/min értéket is. A talajban élő közösség egyes tagjainak légzéséből összegzett oxigénfogyasztás a →*talajlégzés*, melyet a termelt CO<sub>2</sub> vagy a fogyasztott O<sub>2</sub> mennyiségének meghatározásával lehet jellemezni. Felszíni vízben, talajvízben vagy szennyvízben élő közösségek ~a az energiatermelés céljára rendelkezésére álló →*szubsztrátok*, vagyis a vízben oldott és biodegradálható szerves anyagok mennyiségétől, a víz szempontjából, a szerves anyagokkal való szennyezettségétől függ. A szerves anyagokkal való szennyezettség mértékének megállapítására szabványosított módszer is létezik, amely a vízben élő közösség 5 napos oxigénfogyasztását méri: BOI<sub>5</sub> (5 napos biológiai oxigénigény. (még →*oxigénigény*). *Hivatkozás: talajlégzés, szubsztrát, oxigénigény*

**oxigénigény:** a vízben vagy szennyvízben oldott, vagy szuszpendált →*szubsztrátok* (szerves és szervetlen anyagok, szennyezőanyagok) lebontásához felhasznált oxigén mennyisége; mértékegysége mg O<sub>2</sub>/l víz. A biológiai lebontás mértékéül az 5 nap alatt 20 °C-on, fénykizárás mellett standard eljárással meghatározott →*biológiai oxigénigény* (BOI<sub>5</sub>) szolgál, ami az összes szennyezőanyag mintegy 70-90%-os lebontását jelenti. Ez az érték csak akkor arányos a víz/szennyvíz szennyezőanyag tartalmával, ha kizárólag biológiai oxidációra fordítódik az elfogyasztott oxigén és ha a mikrobaközösség működését nem gátolják toxikus anyagok. Elméletileg 1 g glükóz lebontásához 1,07 g O<sub>2</sub> szükséges, a faktor fehérjékre: 1,46; zsírokra: 2,85; metánra: 4 g O<sub>2</sub>/g. Az oxidáció rendszerint nem tökéletes, azaz nem csupán max. oxidációs fokú termékek (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O) keletkeznek, ezért a gyakorlatban mért és ismert szubsztrát esetén számítással kapott elméleti oxigénigény (EOI), pl.: C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH + 3O<sub>2</sub> → 2CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O egymástól eltér. Kommunális szennyvizek BOI<sub>5</sub> értéke 200–300 mg O<sub>2</sub>/ml, biológiai kezelés után: 15–40 mg O<sub>2</sub>/ml, tiszta folyóvíz értéke: 1–3 mg O<sub>2</sub>/ml. A szennyvizek nem minden komponense bontható biológiailag, így az összes szennyezőanyag mennyiségével arányos mérőszámot a →*kémiai oxigénigényt*(→*KOI*) használjuk, melyet a kálium-dikromátos (korábban kálium-permanganátos) oxidációhoz szükséges oxigénmennyiség ad meg. A kémiai oxigénmeghatározás határfoka 80-95% körüli, ezért EOI > KOI és EOI > KOI > BOI<sub>5</sub>. Szennyvizek szervesanyagtartalmát sok esetben a KOI-nál jobban jellemzi az összes szerves széntartalom (→*TOC* = Total Organic Carbon) vagy olyan specifikus mutatók, mint az abszorbeálható szerves halogénvegyületek koncentrációja (*AOX* = Absorbable Organic Halogenes) *Hivatkozás: szubsztrát, biológiai oxigénigény, BOI<sub>5</sub>, kémiai oxigénigény, KOI, TOC*

**ökológiai kockázat:** a környezetbe kikerült →*vegyi anyagok* és káros fizikai ágensek ökoszisztémát veszélyeztető hatásaiból eredő, a várható kár nagysága és a bekövetkezés valószínűsége által meghatározott nagyságú →*környezeti kockázat*. Mennyiségileg az **RQ = PEC / PNEC** hányados jellemzi, melynek →*PEC* tagját, az előre jelzett környezeti koncentrációt a terjedés modellezésével, a →*PNEC* tagot, az ökoszisztémára előrejelzés szerint károsan még nem ható koncentrációt, extrapolációval határozzuk meg az ökoszisztéma egyes tagjaira gyakorolt hatás alapján.

**ökoszisztéma:** azonos időben és azonos helyen előforduló populációk együttese, melyek mind egymással, mind a környezet abiotikus részével képesek fizikai, kémiai, biológiai kölcsönhatásba lépni. A földrajzi kiterjedés, illetve az ~ határok szerint megkülönböztethetünk lokális, regionális vagy globális ökoszisztémát, környezeti

elem szerint vízi és szárazföldi ökoszisztémát, a vízi ökoszisztémán belül is érdemes megkülönböztetni a tengeri és az édesvízi ökoszisztémát. Az ökoszisztémán belül jellegzetes és bonyolult együttműködések, egymásra épülések, táplálékláncok léteznek, időben pedig szabályszerűségek és trendek. Az ökoszisztéma egészét ritkán vizsgáljuk, egyes ~-tagok viselkedéséből prognosztizálunk az egész ~-ra.

**ökomérnökség:** olyan mérnöki tevékenység, mely ökológiai folyamatokat állít a mérnöki technológia középpontjába. Az ~ céljait szolgáló átalakító tevékenységet végző ökológiai közösség vagy még magasabb szintű együttműködést eredményező közösségek számára az ~ biztosítja az optimális működési körülményeket: megfelelő méretű és elrendezésű természetes vagy mesterséges ökoszisztémákkal, valamint célszerűen megválasztott és szabályozott technológia paraméterekkel (áramlási viszonyok, tartózkodási idők, hőmérséklet, pH, ozmózisnyomás, tápanyag- és oxigénellátottság, speciális adalékok, biológiai és ökológiai paraméterek, pl. fajeloszlás stb.). A ~ az ökológia, a biológia, a biokémia, a genetika, a mérnöki tudományok – elsősorban a →*biomérnökség* és a számítástechnika – integrált alkalmazását jelenti. Alkalmazási területei: 1. környezetvédelmi, hulladékkezelő, -feldolgozó és -hasznosító technológiák, pl. állandó nagy terhelésnek kitett vagy szennyezett felszíni vizek és talajok megfelelő állapotban tartása, szennyvizek kezelése, szennyvizek és szennyvíziszapok talajra alkalmazása; 2. szennyezett területek öngyógyításának befolyásolása, a természetes →*bioremediáció* és a →*fitoremediáció* hatékonyságának növelése; 3. az antropogén hatások és az ökoszisztémákban uralkodó trendek összehangolása, az ökoszisztémák működésével kapcsolatos és a →*fenntartható fejlődéssel* kapcsolatos kutatások; 4. legtágabb értelemben az ökológia szempontjainak bevitele minden mérnöki tevékenységbe, a technológiaválasztási, -tervezési és -alkalmazási folyamatokba; 5. az ökológiai kockázatok és ökológiai értékek mérése és számszerűsítése.

**ökotoxikológia:** →*vegyi anyagok* ökoszisztémát vagy egyes ökoszisztéma tagokat károsító hatásának mérése. A koncentráció – hatás görbe felvétele történhet laboratóriumi tesztorganizmusokkal vagy természetes ökoszisztémák tagjainak segítségével, alkalmazhatunk egy vagy több fajt esetleg kontrollált közösséget. Mérés végpontként bármilyen genetikai, biokémiai, fiziológiai vagy morfológiai változás felhasználható, amely arányos a vegyi anyag káros hatásával. A hatást akut tesztek esetében  $EC_{50}$  vagy  $LC_{50}$  értékkel jellemezzük, krónikus tesztek esetében NOEC, LOEC vagy MATC vizsgálati végpontokat használunk.

**PAH:** policiklikus aromás szénhidrogének.

**PCB:** poliklórozott bifenilek.

**PEC (Predicted Environmental Concentration):** →*vegyi anyag*, (→*szennyezőanyag*) előre jelzett környezeti koncentrációja. Meghatározása számítással történik →*terjedési* modell alapján, a szennyezőanyag térben és időben történő mozgásának figyelembevételével, statisztikai vagy mérési adatokból kiindulva.

**peszticid:** növényvédőszer.

**pirolízis alkalmazása szennyezett talajra** a talaj szerves szennyezőanyagainak hőbontása, magas hőmérsékleten, oxigén kizárásával.

**PNEC (Predicted No Effects Concentration):** előrejelzés szerint az ökoszisztéma egészére károsan nem ható, legnagyobb  $\rightarrow$ szennyezőanyag-koncentráció. Egyes ökoszisztéma tagok  $\rightarrow$ ökotoxikológiai tesztelésével meghatározott, károsan még nem ható küszöbkoncentrációk alapján, extrapolációval vagy statisztikai adatok alapján következtetünk a teljes ökoszisztémára. Faktoriális extrapoláció módszerét alkalmazva a biztonsági faktor az alkalmazott ökotoxikológiai tesztek környezeti realitásával arányosan csökken.

**populáció:** azonos helyen, azonos időben élő azonos faj egyedeinek csoportja, melyek tagjai egymással ivaros folyamatokra és géncserékre képesek.

**prizmás talajkezelés:** során a talaj kezelése prizmákba (halmokba) rakva történik. A technológia kibocsátásának minimalizálását alulról izolációval és csurgalékvíz gyűjtéssel és kezeléssel biztosítják. Leggyakrabban biológiai kezelésre alkalmazzák, de vizes talajmosás és/vagy gáz (gőz)elszívás is történhet prizmába rendezett szennyezett talajban. Statikus prizmák esetében méretezett csőrendszer(ek)e)t építenek a prizmába, melyen keresztül lehet levegőztetni, szellőztetni, gázokat elszívni, nedvességet pótolni, oldott adalékanyagokat lehet a prizma belsejébe juttatni, valamint hőt bevezetni vagy elvezetni a prizma belsejéből. A mechanikusan kevert prizmák esetében mindezeket a műveleteket gépi mozgatással, áthalmozással érik el (markolóval, lapátolással). Bioremediációs technológia esetében a működő mikroflóra számára biztosítandó optimális körülmények biztosításán kívül a prizma megfelelő levegőellátásáról és a kiszáradás megakadályozásáról különös körültekintéssel kell gondoskodni. A prizma letakarása, befedése is ajánlott.

**QSAR (Quantitative Structure–Activity Relationship):** mennyiségi összefüggés egy  $\rightarrow$ vegyi anyag szerkezete és aktivitása között. A környezettoxikológia eszköze veszélyes anyagok hatásainak és környezetben való viselkedésének előrejelzésére. Farmakológusok közel 100 éve alkalmazzák, kezdetben altatók és kábítószeres hatásmechanizmusának tanulmányozására, később gyógyszerek, növényvédőszeres és egyéb hatóanyagok tervezésére, géntechnológiai és fehérjemérnöki kutatásokra. Komplex kiterjesztése  $\rightarrow$ környezettoxikológiai célokra új keletű. A  $\sim$  kiterjedt alkalmazását a környezetbe kikerülő anyagok nagy száma teszi szükségessé, hiszen a közel 100 000 gyártott és felhasznált vegyi anyaghoz évente adódó több ezer új anyagot képtelenség egyenként, minden szempontból megvizsgálni. A  $\sim$  lehetővé teszi, hogy a környezettoxikológus pusztán a kémiai szerkezet alapján előre jelezze a vegyi anyag környezetbe kerülésének következményeit. Ha egy vegyületre nem találunk toxikológiai vagy ökotoxikológiai adatot, akkor hasonló szerkezetű, ismert hatású vegyület adataiból megbecsülhetjük toxicitását, mutagenitását, egyéb káros hatásait, hatásmechanizmusát, környezetbe kikerülése utáni terjedését, fázisok közötti  $\rightarrow$ megoszlását,  $\rightarrow$ mobilizációra,  $\rightarrow$ degradációra,  $\rightarrow$ bioakkumulációra való hajlamát, degradációs termékeit és azok hatását. A szerkezet és aktivitás közötti összefüggést a SAR (Structure–Activity Relationship = szerkezet és aktivitás összefüggése) és a PAR (Property–Activity Relationship = tulajdonság és aktivitás összefüggése) adja meg, ezek mennyiségi (kvantitatív) vonatkozásait pedig a  $\sim$ . Azonos csoportba tartozó vegyületek környezeti visel-

kedése kémiai szerkezetüktől függően szisztematikus és előrejelezhető összefüggéseket, ill. eltéréseket mutat, melyek matematikai egyenletekkel leírhatóak. A legelterjedtebb, a sokváltozós regressziós matematikai összefüggések használata, melynek alapját a következő egyszerű lineáris egyenlet adja, ahol a vegyület kémia reakciókinetikai állandói, így szubsztitúciós konstansai ( $\sigma$ : elektromos,  $E_s$ : sztérikus,  $\pi$ : hidrofóbítási) szerepelnek:  $\log 1/C = -K_1 \pi^2 + K_2 \pi + K_3 \sigma + K_4 E_s + K_5 C$  a koncentráció. A környezetben való viselkedés és a hatás szempontjából az eltérő hidrofóbítási fázisok közötti megoszlás az egyik legfontosabb tulajdonság, melyet a  $\rightarrow K_{ow}$  (oktanol-víz megoszlási hányados) jellemez. A ftalát-észterek biodegradálhatóságát (BC) például a következő egyenlet írja le:  $BC = -24,308 * \log K_{ow} + 394,84$ . A vízibolha által akkumulált aromás vegyületek biokoncentrációs faktorát ( $\rightarrow BCF$ ) a  $\log BCF = 0,898 * \log K_{ow} - 1,315$  egyenlet adja meg. Hasonló egyenletek vonatkoznak a  $\rightarrow$ toxicitásra: pl.  $\log 1/LC_{50} = 0,871 * \log K_{ow} - 4,87$  egyenlet az aromás és alifás szénhidrogének toxicitását adja meg hal esetében.

**receptor:** 1. érzékejt: a külvilágból származó ingerek felvételére differenciálódott sejtek, amelyek vagy egyenként, vagy érzékhámmá rendeződve fordulnak elő és az érzékelés funkcióját végzik. – 2. molekuláris szintű~: hatóanyagok (hormon, enzim, ellenanyag,) kapcsolódási helye. A hatóanyag és a molekuláris ~ térszerkezete komplementer, a kapcsolódás történhet kovalens vagy másodlagos kémiai kötésekkel. A káros hatású anyag (szennyezőanyag, toxin) kapcsolódása a receptormolekulához megakadályozhatja a normális funkciójú anyag kötődését (antagonisták, vagy receptorgátlók), szerkezeti hasonlóság miatt kifejthet hormonhatást, okozhat allergiát, kapcsolódásával inaktíválhat sejtalkotórészeket, gátolhatja az enzimek működését, beleszólhat a génátírás szabályozásába vagy megváltoztathatja a genomot, stb. Gyakori hatásmechanizmus a narkózis, a hisztamin vagy epinefrin kibocsátás fokozása, a kelátképzés, a fémek szervek közötti vándorlásának megindítása, aminosavak közötti kötések (pl. kénhidak) létrehozása. – 3. környezeti hatásoknak kitett ~: a környezetet veszélyeztető vegyi anyag hatásának kitett és azt érzékelő élőlény, szerv, sejtcsoport, sejt, sejt-részlet, vagy molekula. A levegőszennyezettség szervszintű ~a a növények légzőnyílása, bőrszövege, membránjai, az állatok tüdőszövege vagy bőre. A szervezetbe bejutott toxikus anyag membránokon keresztül jut el az átalakítás vagy a raktározás helyszínére, emlősök szervei közül a máj, az emésztőrendszer, a vese, a tüdő és a bőr sejtjeibe, ahol kifejtheti káros hatását. A káros hatás lehet az anyagcsere egyes folyamatainak gátlása, az idegrendszer funkcióinak megzavarása, nukleinsavakkal való kölcsönhatás ( $\rightarrow$ mutagenitás,  $\rightarrow$ karcinogenitás), vagy a reproduktív rendszer károsítása ( $\rightarrow$ teratogenitás). – 4. Legtágabb értelemben ~: a környezeti hatásnak kitett környezeti elem, annak ökoszisztémája, vagy az azt használó emberek csoportja. **Hivatkozás:** *mutagenitás, karcinogenitás, teratogenitás*

**redoxpotenciál:** egy kémiai vagy biológiai rendszer oxidáló ill. redukálóképességének kvantitatív jellemzésére szolgáló mérőszám. A ~értéke platina vagy aranyelektróddal mérhető egy reverzibilis  $\rightarrow$ redoxrendszerben. A ~ értékét szobahőmérsékleten az alábbi összefüggés adja meg, ahol  $z$  a redoxfolyamat során átvitt elektronok száma, {ox} az oxidált, {red} pedig a redukált alak koncentrációja,  $E_o$  pedig a redoxrendszer normál potenciálja abban az esetben, ha a  $pH = 7$  és  $[ox] = [red]$  (a szögletes zárójelben koncentrációérték van).

$$E = E_0 + \frac{0,058}{z} \log \frac{[\text{ox}]}{[\text{red}]}$$

Biológiai rendszerek esetében azonos koncentrációviszonyok mellett a negatív ~ú rendszer redukál, a pozitív oxidál a mérőszámmal arányos mértékben. Minden rendszer redukálólággal hat, a nálánál negatívabb ~ú rendszerre. Hogy valóban lejátszódik-e redoxfolyamat, azt a folyamat aktiválási energiája, ill. katalizátor jelenléte szabja meg. Mivel az anyagcserefolyamatok nagy része redoxfolyamat, ezért a sejtekben és a sejteken kívül uralkodó redox-, koncentráció- és pH-viszonyok döntő hatást gyakorolnak a folyamatok irányára, minőségi és mennyiségi jellemzőikre. A  $\rightarrow$ *környezeti elemek*, a talaj, a felszín alatti víz, a felszíni víz és üledék ~ja a környezet levegőztettségét, oldott oxigéntartalmát tükrözi, függ a hőmérséklettől, a nedvességtartalomtól és a pH-tól. 750 mV feletti ~ aerobiózissal, 200 mV-nál kisebb ~ érték anaerobiózissal utal. Kisebb ~ értékű környezetben a mikroorganizmusok alternatív légzési formákhoz folyamodnak, melyek lényege, hogy energiatermelő folyamatukban nem a légköri oxigént használják fel a szerves  $\rightarrow$ *szubsztrátok* elégetéséhez, hanem más oxigéntartalmú hidrogénakceptorokat. Az aerob és anaerob légzési formákat a ~ függvényében a következők: légzés, nitrifikálás, nitrátlégzés, szulfátlégzés, karbonátlégzés (acetogenezis, metanogenezis)

**redoxrendszer:** olyan oldat, amely a reverzibilisen oxidálható és redukálható anyag oxidált és redukált formáját egyidejűleg tartalmazza. Környezeti elemekben az oxigénkoncentrációtól, a nedvességtartalomtól, a pH-tól és az oldott anyagok koncentrációjától függő ~ek alakulnak ki, melyek meghatározzák az ott élő élőlények vagy közösségek anyagcsere-lehetőségeit, ezáltal fajeloszlásukat. A talaj redoxviszonyai a pH-hoz és nedvességtartalomhoz hasonlóan nagy heterogenitást mutathatnak mind makro-, mind mikroméretben. A ~ek redukáló vagy oxidáló tulajdonságát, vagyis az elektromfelvételt vagy leadásra való hajlamát mennyiségileg a  $\rightarrow$ *redoxpotenciál* jellemezi.

**rehabilitáció** (helyreállítás: latin): elvesztett képességek visszaállítása, ill. a keletkezett hátrányok kiküszöbölése, a csökkent képességeknek megfelelő funkciók biztosítása. 1. Tájrehabilitáció: nagyobb összefüggő területek eredeti állapotának megőrzésére és/vagy visszaállítására irányuló tevékenység. 2. Területrehabilitáció: bármilyen okból tönkrement (földcsuszamlás, erózió, áradás, tűzvész, helytelen mezőgazdálkodás, ipari, bányászati használat, globális környezeti ártalmak helyi környezeti ártalmak pl. baleset, toxikus anyag kibocsátás, hulladéklerakás, stb.) terület eredeti állapotának visszaállítása vagy, ha ez nem lehetséges, akkor az irreverzibilis változásokat, a nagyobb környezeti kockázatot jelentő állapotot elfogadó új funkció, új területhasználat kialakítása. 3. Talajrehabilitáció: helytelen használat, vegyi anyagok okozta szennyezettség vagy talajkezelés ( $\rightarrow$ *remediáció*) miatt tönkrement vagy megváltozott talaj minőségének és  $\rightarrow$ *környezeti kockázatának* megfelelő új használata vagy újrahasznosítása. 4. Regeneráció: egy károsodott terület helyreállítása a növényzet újratelepítésével, magok vetésével vagy a túlélő növények elszaporodásával. 5. Talajregeneráció: megzavart, tönkrement talaj helyreállítása elsősorban a talajélet mesterséges kialakítása tápanyagpótlás, szervesanyag-tartalom növelés, a talaj mikroflórájának mesterséges oltóanyagokkal való pótlása, a termékenység növelése és növénytelepítés által. 6. Rekultiváció: a tönkrement terület elpusztult élővilágának, elsősorban növényzetének tudatos helyreállí-

tása a →szukcessziót is figyelembe vevő ültetéssel, talajjavítással, talajoltóanyagok alkalmazásával, tápanyagpótlással, stb. 7. Revegetáció: egy korábban elnéptelenedett terület/talaj újra benövése növények által. 8. Remediáció: vegyi anyagokkal szennyezett terület/talaj környezeti kockázatának csökkentése, az eredeti területhasználat mellett a vegyi anyag →környezeti koncentrációjának vagy →hőzzáférhetőségének csökkentésével. 9. →Területhasználat változtatás: szennyezett terület/talaj maradandóan nagyobb környezeti koncentrációjához illeszkedő, új területhasználat/talajhasználat kialakítása (pl. óvoda helyett ipari terület). Remediációval csökkentett környezeti kockázat esetén értékesebb terület/talajhasználat kialakítása (pl. ipari terület helyett lakóterület).

**RfC** (Reference Concentration): az a belégzett veszélyes anyag koncentráció, amely nagy biztonsággal nem okoz káros hatást az emberi szervezetben. Ezt az állatkísérletek eredménye alapján extrapolációval nyert, tolerálható értéket referenciaértékként alkalmazzák →vegyi anyagok belégzés útján megnyilvánuló →egészségkockázatának számszerű meghatározásához: → $HQ = IC / RfC$ , ahol HQ: humán egészségkockázati hányados, IC: belégzett szennyezőanyag-koncentráció.

**RQ** (Risk Quotient): kockázati hányados, a károsan még nem ható veszélyes anyag-koncentrációhoz viszonyított hatást kifejtő környezeti koncentráció, →vegyi anyagok környezeti kockázatának nagyságát jellemző számérték. Ökológiai kockázat mérőszámaként a környezetben előrejelezhető koncentráció és az ökoszisztémára előrejelzés szerint károsan még nem ható koncentráció hányadosa:  $RQ = PEC / PNEC$ . Ha értéke nagyobb, mint 1, elfogadhatatlanul nagy kockázattal állunk szemben. Emberi egészségkockázat mennyiségi jellemzésére megkülönböztetésül a →HQ jelölést alkalmazzák.

**relatív kockázat:** →szennyezett területek rangsorolására kidolgozott kockázatfelmérési eljárás eredményeképpen pontszámokban, vagy százalékban megkapott kockázati érték, amely az egyes területeket önkényesen megválasztott, konkrét tartalommal és mértékegységgel nem rendelkező skálán helyezi el. Szennyezett területek felmérését és kockázatuk csökkentését célul kitűző nemzeti programok, – mint amilyen pl. Magyarországon a →Nemzeti Kármentesítési Program – több ezer terület állapotát mérik fel, hogy közülük kiválasszák azokat, melyek környezeti kockázatát azonnal, vagy rövid időn belül csökkenteni kell. A ~felmérés során egyezményen alapuló prioritásokkal összefüggő pontszámokkal/osztályzatokkal jellemzik a szennyezett területeket, majd a relatív skálán elfoglalt helyüknek megfelelően döntenek a további teendőkről: 1. nem igényel intézkedést; 2. →abszolút kockázatának felmérése szükséges, 3. azonnali intézkedés szükséges. A ~ felmérésének lépései a terület alapos megismerése, a szennyezőforrás és a szennyezőanyagok azonosítása, a terület hidrogeológiai jellemzése, a terjedési útvonalak feltérképezése, a területhasználatokból adódó expozíciós útvonalak felderítése stb. majd mindezek alapján az →integrált kockázati modell felvétele. A szennyezett terület értékelésekor úgy súlyoznak, hogy a környezeti kockázat szempontjából prioritást élvező jellemzők (pl. ivóvízbázisok veszélyeztetése) nagyobb pontszámot kapnak, a kevésbé jelentősek kisebbet. A területet összpontszáma alapján helyezik el azon a relatív skálán, melyen az összes vizsgált terület szerepel és sorrendbe állítható.

**remediáció, meggyógyítás (latin):** →vegyi anyagokkal szennyezett →környezeti elemek és/vagy fázisok →környezeti kockázatának elfogadható mértékűre csökkentése. Leggyakrabban szennyezett talaj, talajvíz és üledék kezelésére alkalmazott kifejezés. Alternatív kifejezések: szennyezettség-csökkentés, rehabilitáció, ártalmatlanítás, talajkezelés. Kerülendő kifejezések: talajtisztítás, kármentesítés, mentesítés. **1.** Az ökoszisztéma *öngyógyítással* igyekszik csökkenteni a környezetbe került szennyezőanyagok káros hatását: első lépésben hozzászokik, ezáltal képessé válik vagy a szennyezőanyag koncentrációjának csökkentésére (természetes →*bioremediáció*, →*biodegradáció*), vagy saját tűrőképessége növelésére (→*adaptáció*, →*rezisztencia*). Utóbbi az ökoszisztéma nem adaptálódott tagjai és az ember szempontjából nem jelent csökkent kockázatot. – **2.** A ~ emberi beavatkozással levegő-, víz-, talaj- és hulladékkezelési technológiák alkalmazásával történik. A technológiák nagy része ismert mérnöki technológiáknak, műveleteknek, szennyezett környezeti elemekre/fázisokra történő célszerű alkalmazását jelenti (szűrés, aprítás, osztályozás, mosás, kioldás, extrakció, desztilláció, oxidáció, redukció, deszorpció, égetés, pirolízis, injektálás, buborékoltatás, levegőztetés, kevertetés, hőközlés, fermentáció, stb.). A remediáció történhet fizikai, kémiai vagy biológiai technológiával. A bioremediációs technológiák leggyakrabban a mikroorganizmusok vagy a növények átalakító tevékenységét hasznosítják és a vegyipar és a biomérnöki iparok műveleteit alkalmazzák. Az →*ökomérnöki technológiák* természetes közösségeket és természetben lejátszódó folyamatokat hasznosítanak a vegyi anyagoknak tulajdonítható környezeti kockázatok csökkentésére. A fizikai-kémiai ~ gyakran tönkreteszi, megszünteti a környezeti elem eredeti funkcióját – a biológiai és ökológiai technológiák kíméletesebbek. A ~ történhet →*ex situ*, azaz a környezeti elem/fázis eredeti helyéről való eltávolítás, kitermelés után és →*in situ*, azaz a környezeti elem eredeti helyéhez rögzítve; ilyenkor a műveleteket (levegőztetés, mosás, hőközlés, stb.) a környezeti elemekben hajtják végre, a technológiát a talajba, a talajvízbe, az üledékbe, mint egy nyitott (határtalan) reaktorba helyezik bele. (még→*remediálási technológiák, talaj remediáció, talajkezelés.*)

**remediáció iszapfázisban:** üledékek, vizes iszapok és vízben felfuszpendált talajok *ex situ* kezelése iszapreaktorban. Talaj~ alkalmazása, a talaj szemcseméret szerinti nedves frakcionálását (előkezelés) követően célszerű, csupán a különválasztott, →*szennyezőanyagokat* tartalmazó finom frakció (agyag, humusz) kezelésére. Száraz talajból vízzel és adalékokkal megfelelő sűrűségű zagyot kell készíteni. A ~ lehet fizikai-kémiai, de leggyakrabban biológiai technológia, mely a szennyezőanyag bontását végző mikroorganizmusok számára a tápanyagot, az oxigént, a megfelelő pH-t, hőmérsékletet stb. szapreaktorban biztosítja. A ~ jellegzetességei: homogén rendszer, kevertethető, levegőztethető, a talaj elveszíti makro- és mikrostruktúráját, a mikrobaközösség intenzíven érintkezik a vízzel, így a benne oldott tápanyagokat, adalékanyagokat könnyen felveszi. Az üledék és a nedves iszapok mikrobaközössége számára a megszokotthoz hasonló körülményeket jelent, de a →*talajmikroflóra* számára a természetestől eltérőket, melyekhez adaptálódnia kell. Az iszapreaktor lehet egyszerű földmedence, betonmedence lassú keveréssel és levegőztetéssel vagy a célnak megfelelő felszereltségű pl. automatizált működésű, számítógépes vezérlésű acélreaktor. A ~ lehet aerob vagy anaerob, szakaszos vagy folyamatos, egylépcsős vagy többlépcsős. Az iszap kezelésének befejeztével a vizes és szilárd fázist elválasztják, a vizet további kezelésnek vetik alá, az iszapot víztelenítik és minőségétől függően elhelyezik vagy hasznosítják.

**remediálási technológiák:** vegyi anyagokkal szennyezett környezeti elemek/fázisok környezeti kockázatának csökkentését szolgáló technológiák. A ~ alapulhatnak a szennyezőanyag →*mobilizációján* vagy →*immobilizációján*, alkalmazhatnak fizikai, kémiai, termikus, biológiai és ökológiai módszereket. Az alkalmazás helyétől függően lehetnek *in situ* vagy *ex situ* ~, működhetnek előkezeléssel, utókezeléssel, jelenthetnek több különböző, párhuzamosan, vagy egymást követően alkalmazott, pl. háromfázisú talaj esetében a talaj *in situ* kezelése mellett a kiszívott talajvíz és talajgáz *ex situ* kezelése folyik. Minden szennyezettségi eset egyedi megoldást kíván, ezért a ~ a szennyezett terület →*állapotfelmérése* alapján, a →*jövőbeni területhasználat* ismeretében kell kiválasztani; az összes szóba jövő alternatíva →*költség–haszon felmérése* alapján kell dönteni. A ~ tervezéséhez laboratóriumi és félüzemi kísérletekre is szükség van, ezekkel határozzuk meg a technológiai paramétereket. A ~-nak is van →*környezeti kockázatuk*, ezért technológia-monitoringra, utómonitoringra és a szennyezőanyag-kibocsátás megelőzésére van szükség: gázelszívás és gázkezelés, csurgalékvíz gyűjtés és kezelés, adalékok kontrollált alkalmazása, különös tekintettel a hozzáférhetőséget növelő, mérgező vagy biológiailag aktív adalékokra. Legfontosabb ~: 1. →*sztrippelés*: gázok vagy illékony szennyezőanyagok *in situ* vagy *ex situ* eltávolítására talajvízből, szennyezett felszíni vízből; 2. →*gázelszívás* talajból: gáznemű, vagy illékony szennyezőanyagok *in situ* vagy *ex situ* elszívása talajból; 3. →*gázok kezelése*: talajból vagy talajvízből eltávolított gáz összegyűjtés utáni kezelése elnyeletéssel: folyadékos mosókban, adszorpcióval, pl. aktív szenes szűrőn, égetéssel, katalitikus oxidációval vagy bioszűrők alkalmazásával; 4. a talajból kiszivattyúzott szennyezett víz, felszíni víz, pórusvíz vagy csurgalékvíz oldott állapotú szennyezőanyagainak eltávolítása a szennyvíztisztításból ismert kémiai módszerekkel: kicsapás, oxidáció, redukció, extrakció, adszorpció; 5. aerob vagy anaerob →*biodegradáción* alapuló módszerrel kezelhetőek a biodegradálható szerves anyagokat tartalmazó szennyezett vizek, a →*szennyvíztisztítás*nál is alkalmazott módszerekkel; 6. ökológiai módszer a →*mezokozmosz* vagy az →*élőgép* alkalmazása szennyezett vizekre; 7. →*szennyezett talajvíz kiszivattyúzása* és felszíni kezelése vízben oldható anyaggal szennyezett →*telített talaj*nál alkalmazható; 8. szennyezett talajvíz *in situ* kezelése fizikai-kémiai módszerekkel: adalékanyagokkal, az áramlásirányba épített felszín alatti →*reaktív falakkal* vagy biodegradáción alapuló technológiákkal; 9. →*talaj vizes mosása*: *in situ* vagy *ex situ* módon, a vízoldható szennyezőanyagok mobilizálására és eltávolítására alkalmazható. *In situ* alkalmazás esetén a vízoldható szennyezőanyag talajvízbe jutását és továbbterjedését meg kell előzni. A mosóvíz kezeléséről további technológiai lépésekben kell gondoskodni; 10. →*termikus deszorpció*: szilárd felületre abszorbeálódó, vízben nem oldható, közepesen mozgékony talajszennyező-anyagokra alkalmas módszer, főként *ex situ* megoldásait alkalmazzák. Alacsony (100–300 °C) és magas hőmérsékletű (300–540 °C) deszorpció különböztethető meg. A deszorbeált szervesanyag összegyűjtésére és kezelésére kapcsolódó technológiákat kell alkalmazni: pl. ciklonos leválasztó, katalitikus égető, adszorber; 11. →*bioremediációt* biodegradálható szerves szennyezőanyagokkal szennyezett talaj és üledék kezelésére alkalmazunk: *in situ* megoldások: →*bioventilláció*, →*aktívált biodegradáció*, *ex situ* megoldások: →*agrotechnikai talajkezelés*, →*prizmás talajkezelés*, →*iszapfázisú talajkezelés*; 12. →*fitoremediációt* elsősorban toxikus fémekkel szennyezett talaj fémtartalmának csökkentésére alkalmazunk. A →*hiperakkumuláló növények* által termelt biomasszát veszélyes hulladékként kell kezelni; 13. a →*kioldás*

(*leaching*) leggyakrabban toxikus fémekkel szennyezett talaj és üledék szervesen vagy szervetlen savakkal történő extrakcióját jelenti. →*Biológiai kioldásról (bioleaching)* beszélünk, ha a savak termelése mikrobiológiai folyamat eredménye; 14. oldószeres →*extrakció* szerves anyagokkal szennyezett talaj és üledék ex situ kezelésére alkalmazható: a berendezés szakaszos vagy folytonos működésű extraktor, az oldószert a szennyezőanyag oldhatóságától függően kell megválasztani. Az oldószert a kezelt talajból kapcsolódó technológiával kell eltávolítani, majd regenerálni, esetleg más módon kezelni, pl. égetéssel vagy pirolízissel. 15. az →*égetés* és a →*pirolízis* a →*termikus módszerek* közé tartozik. A →*füstgázok kezelésére* további technológiák alkalmazása szükséges. Nagy energiaigényű, nagy környezeti kockázatú technológia, de a szennyezőanyag végleges eltüntetését eredményezi. 16. szennyezőanyag →*immobilizációját* eredményező ~: a fizikai, a kémiai, a biológiai →*stabilizálás* és a →*vitrifikáció*; 17. →*frakcionálás*: a szemcseméret szerinti osztályozás gyakori és célszerű előkezelési módszer, főként üledékeknél. Célja a kezelendő anyagmennyiség csökkentése. A kis fajlagos felületű frakciók (kavics, homok) újrahasznosíthatóak, a finom frakció (iszap, agyag és humusz) pedig a szennyezőanyag minőségétől függő módszerrel kezelhető. A frakcionálás történhet ciklon alkalmazásával, ülepitéssel vagy flotálással.

**rothadás:** →*anaerob* mikrobiológiai folyamat, melynek lényege, hogy a baktériumokban anaerob körülmények között az energiaforrásul szolgáló redukált →*szubsztrátok* hidrogénjét a légköri oxigén helyett a CO<sub>2</sub> veszi át, amelyből a →*redoxpotenciál* függvényében acetát (acetogenezis) vagy metán (metanogenezis) keletkezik. A rothadás bevezető lépése gyakran a baktériumok és gombák szintén anaerob, de kevésbé negatív redoxpotenciálokra zajló anyagcserefolyamata az → *erjedés*, amelynek végterméke (erjedési termék) a ~ kiindulási →*szubsztrátja*. A ~ a természetben a szerves anyagokban, főleg fehérjékben gazdag holt szerves anyagok lebontását jelenti, bűzös termékek keletkezése közben. (még →*metánfermentáció*, →*rothasztás*).

**rothasztás:** 1. anaerob mikrobiológiai folyamat, a →*rothadás* hasznosítása környezetvédelmi biotechnológiákban, elsősorban →*hulladékkezelésben*, →*szennyvíztisztításban*, →*iszapkezelésben*, →*hulladékhasznosításban* és →*megújuló energiaforrások* előállításában, pl. →*metánfermentáció*. – 2. rothadási folyamaton alapuló anaerob környezetvédelmi biotechnológia, melynek előnye, hogy az aerob biotechnológiák legnagyobb költségét jelentő levegőztetés ára megtakarítható. 1. Anaerob szennyvíztisztítás, azaz szennyvíz direkt rothasztása: nagy szervesanyag-tartalmú (1–100g/l), elsősorban élelmiszeripari- és mezőgazdasági szennyvizek tisztítására alkalmas technológia. 2. Iszapkezelés rothasztással: az eleveniszapos aerob biológiai szennyvíztisztításból kikerülő *primer- és fölösiszap* (→*eleven iszap*) →*anaerob* stabilizálására és térfogatának csökkentésére szolgáló eljárás, ami az ún. *rothasztó-toronyban* megy végbe. A betáplált szerves anyaggal a reaktorba bekerülő *aerob mikroorganizmusok* elpusztulása után egyetlen kívüli enzimek hatására →*hidrolízis* indul és *anaerob* →*mikroorganizmusok* savas jellegű közbülső termékeket (*tejsav*, *ecetsav*) termelnek. A pH-csökkenés fokozatosan ezeket a mikrobatorzseket is elpusztítja, ami a savképződés visszaszorulását eredményezi. Újabb mikroorganizmus-típus gondoskodik a következő lépésről, a *metánfermentációról*, amely a →*biogázképzés* alapfolyamata. 3. Biogáz előállítása történhet a szennyvíziszap, vagy más nagy szervesanyag-tartalmú hulladék (élelmiszeripari hulladék, szennyvíz, hígtrágya, stb.) rothasztásával. A savas erjedésen túljutott mikro-

baközségben felszaporodó metanogén baktériumok fokozatosan ellúgosítják a közeget és megkezdik a biogáz termelését, amely kb. 70 tf% CH<sub>4</sub>-t (metán) és 30% CO<sub>2</sub>-ot (szén-dioxid) tartalmaz. A folyamat meggyorsítására a biogáz-reaktort a termelt gázzal fűtik (30-33 °C), ezáltal a tartózkodási idő 8-15 napra csökken. 4. Hulladékkezelés ~sal speciális előkezelést igényel: a felaprított biodegradálható szilárd hulladékot vízben szuszpendálják és kb. 70% nedvességtartalmúra állítják be. A hulladékot lúgos előkezeléssel részlegesen feltárják, ezután szakaszos vagy félfolytonos működésű biogáz-reaktorba adagolják, ahol 15-20 napos tartózkodási idővel alakul biogázzá. Újabban nagy szárazanyag-tartalmú hulladékok rothasztására un. „száraz rothasztást” alkalmaznak, melynek előnye, hogy csökkenthető a technológiából eredő szennyvízmennyiség. A rothasztási technológiák maradékának elhelyezése, a biológiai szennyvíztisztításhoz és iszapkezeléshez hasonlóan, olyan környezetvédelmi probléma, ami megoldásra vár.

RQ	Veszély
<0,001	elhanyagolható
0,001–0,1	kicsi
0,1–1	enyhe
1–10	nagy
>10	igen nagy

**Shannon index:** a növényi diverzitás jellemzésére használt mérőszám.  
 $H = - \sum (\ln P_i) * P_i$ ,  $P_i = N_i / \sum N_i$ , ahol  $N_i$  = a növények száma (fajon vagy más osztályon belül)

**szabadföldi vizsgálat:** az ökoszisztéma vizsgálatának olyan szintjét jelenti, amikor nem modellrendszert használunk, mint amilyen a →*mikrokozmosz* vagy a →*mezokozmosz*, amelyekből extrapolálni kell a komplex ökoszisztémára, hanem közvetlenül vizsgáljuk a szabadföldi viszonyokat. Felhasználása: 1. Ökológiai, ökotoxikológiai vizsgálatként: környezeti realizmusa nagy, de igen költséges és egy sor nehézséggel állítja szembe a kutatót. Lehet megfigyelés vagy kísérlet. Magába foglalja a biológiai szervezetek minden szintjének vizsgálatát, valamint az abiotikus tényezőket. Leggyakoribb felhasználási célja annak megállapítása, hogy a laboratóriumban kapott biológiai válaszok, teszteredmények milyen összefüggésben állnak a valódi ökoszisztémák válaszaival. 2. Félüzemi léptékű kísérleti technológiaként egy mezőgazdasági, vízmérnöki vagy környezetmérnöki, technológia alkalmazását megelőzően, pl. műtrágyázás, szennyvíziszap alkalmazása talajra, talajremediáció stb.

**stabilizálás:** olyan talajkezelés technológia, melynek lényege a szennyezőanyag lehetőleg irreverzibilis →*immobilizálása*. Ez történhet fizikai, kémiai, termikus vagy biológiai módszerekkel. Technológiai megoldások: 1. fizikai-kémiai stabilizálás: szilárdítással, beágyazással pl. beton, gipsz, bentonit, bitumen, polimerek felhasználásával; 2. kémiai stabilizálás: oldhatatlan kémiai forma létrehozása a pH beállításával, pl. meszezés, CaCO<sub>3</sub> talajra alkalmazása; oxidációval, pl. ózon, hidrogénperoxid hatására szerves szennyezőanyagok kondenzációja, polimerizációja, oldhatóságuk csökkentése; redukív körülmények biztosításával, pl. fémből oldhatatlan szulfid létrehozása; 3. termikus ~: kerámiába, téglába ágyazás, →*vitrifikáció*; 4. biológiai stabilizálás: növényzet fizikai hatása erózió és defláció ellen, növények kémiai hatása, pl. gyökerek által kivá-

lasztott stabilizáló vegyületek; növények biológiai folyamatai során a sejtekben történő ~, pl. →*bioakkumuláció*; mikrobiológiai tevékenység, pl. szulfátredukció. Környezeti elemek szilárd fázisában fizikailag, kémiailag vagy biológiailag immobilizált szennyezőanyagok újramobilizálódása →*monitorozást* (→*kioldási teszt*) és megelőzést igényel. A remobilizálódás elfogadhatatlanul nagy kockázatát a →*kémiai időzített bomba* kifejezéssel szokták jellemezni.

**szemcseméret szerinti frakcionálás:** a talajt alkotó különböző szemcseméretű anyagok szétválasztása. Célja lehet 1. a talaj jellemzése, a talaj fizikai féleségének megállapítása, 2. Hasznosítható termék előállítás, például kavics, homok, 3. Talaj vagy üledék remediációja vagy remediációhoz előkezelése. A remediációhoz való felhasználás alapja az, hogy a talajban és az üledékben a szennyezőanyagok a nagy fajlagos felülettel rendelkező finom frakciókhoz kötődnek; a szerves szennyezőanyagok az agyagásványokhoz, a szerves szennyezőanyagok a humuszanyagokhoz. Tehát a szennyeződés kötő frakció a kolloid mérettartományba esik, melytől a durva frakciókat (kavics, homok) elkülönítve nagymértékben lecsökkenthető a kezelendő talaj/üledék mennyisége, a durva frakciók pedig hasznosíthatóak. A szennyezett talaj/üledék ~hoz bármilyen osztályozásra alkalmas berendezés használható, sziták, ívsziták, ciklonok, hidrociklonok, ülepitéses és flotációs technológiák.

**szennyezett terület:** olyan terület, melynek valamelyik elemében vagy fázisában a kockázatos anyag koncentrációja meghaladja a szennyezettségi határértéket. →*Vegyai anyagokkal*, →*veszélyes hulladékokkal* ~ az adott →*területhasználat* mellett elfogadhatatlanul nagy →*környezeti kockázatot* jelent az emberre és/vagy az ökoszisztémára, csökkenti a terület értékét és esztétikai hatása is káros. A szennyezettség eredetét tekintve lehet ipari vagy mezőgazdasági, illegális vagy legális hulladéklerakásból származó, szállítás, közlekedés, katonai használat, háborúk eredménye, stb., származhat pontforrásból vagy szétszórt (diffúz) forrásból. Magyarországon a ~ek nagyobb része öröklött, a múltból ránk maradt, állami tulajdonban lévő, így az állam felelősségi körébe tartozó terület, kisebb része újkeletű: baleset, kockázatos technológiák használata, gondatlanság miatt létrejött; ezekért a tulajdonos felelős. A ~kockázatának nagyságát a szennyező vegyi anyag koncentráció (→*PEC*) és a területhasználatától függő, károsan még nem ható vegyi anyag koncentráció (→*PNEC*) hányadosa adja meg (→*RQ*, →*HQ*). ~ kockázatának kezelése magába foglalja a számbavételt, az állapotfelmérést, a környezeti kockázat felmérését, a beavatkozás sürgősségének meghatározását, végül a kockázat elfogadható mértékűre csökkentését szolgáló intézkedést. A beavatkozás sürgőssége függ a terület érzékenységtől, ill. használatától: prioritást élveznek a →*vízbázisok* és a potenciális vízbázisok, a mezőgazdasági és lakóterületek. A beavatkozás jelentheti a terület használatból való kizárását, használatának korlátozását (PNEC növelése) vagy →*remediálását* (PEC csökkentése). A ~ kockázatának kezelésére a világ legtöbb országában nemzeti programokat indítottak: USA: →*„Superfund”*; NSZK: →*„Altlasten”*; Magyarország: →*„Nemzeti Kármentesítési Program”*. Ezek az átfogó programok a ~kel kapcsolatos jogi és gazdasági háttér, a politikai és irányítási rendszer, a tudományos ismeretek és a környezetvédelmi technológiák nagymértékű fejlődését váltották ki.

**szennyezés:** az a cselekedet, mely a környezet szennyezettségét eredményezi.

**szennyezettség:** a környezetben elfogadhatatlan kockázatot jelentő vegyi anyag koncentráció jelenléte.

**szennyezettségi határérték:** a vegyi anyag küszöbkoncentrációja, mellynél nagyobb érték már elfogadhatatlan kockázatot jelent.

**szennyező:** az a természetes vagy jogi személy, aki a környezetet szennyezi.

**szennyezőanyag:** az a  $\rightarrow$ vegyi anyag, amely a környezetben a  $\rightarrow$ szennyezettségi határérték felett fordul elő.  $\sim$  minden, hatását tekintve  $\rightarrow$ veszélyes elem, vegyület v. anyag, amely az adott közegben (talaj, víz, levegő) természetes körülmények között nem fordul elő vagy más eloszlásban fordul elő. A  $\sim$  eredetét tekintve lehet természetes vagy  $\rightarrow$ antropogén. Tipikus légszennyező anyagok:  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , fluorid, ózon, dioxinok, sav-, oldószer- és vegyszergőzők. Fő forrásaik a tüzelés, a belső égésű motorok, a hulladéktárolás és -kezelés, valamint a technológiai folyamatok kibocsátása. A víz és a talaj  $\sim$ ai széles kört ölelnek fel. Ezek nagy része káros biológiai hatásával veszélyezteti a környezetet (vegyszerek,  $\rightarrow$ veszélyes hulladékok, toxikus v. mutagén hatást kiváltó anyagok stb.), másik része pusztán fizikai jelenlétével is veszélyeztetheti az  $\rightarrow$ ökoszisztémát. A vízbe jutó motorhajtó-anyagok ( $\rightarrow$ benzin,  $\rightarrow$ gázolaj), ill.  $\rightarrow$ kenőanyagok (kenőolajok, kenőzsírok) pl. vizes közegben a felszínen úszó hártya, emulzió v. diszkrét csepp formájában jelennek meg. Az úszó réteg megakadályozza a víz oxigén-utánpótlását, az emulzió és az olajcsepp a vízi szervezetek légzőszerveire (halak kopoltyúja) tapadva fulladást okoz. A vízmederben leülepedett olaj a vízbeszivárgást gátolja, a talajba kerülve pedig gátolhatja a  $\rightarrow$ talajmikroflóra működését. Élővilágunkat leggyakrabban veszélyeztető  $\sim$ ok a nitrát és a foszfát, a toxikus fémek, a peszticidek, a fenolok és fenolszármazékok, a tenzidek és az oldószerek. A talaj tipikus szennyezőanyagai a nitrát, a toxikus fémek, a cianidok, a szénhidrogének, a klórozott szénhidrogének, a fenolok és fenolszármazékok, a peszticidek, a tenzidek, a policiklikus aromás szénhidrogének (PAH), a poliklórozott bifenilek (PCB) és a dioxinok. A környezetbe kibocsátott  $\sim$  terjedése, környezeti elemekbe jutása és a környezeti fázisok közötti megoszlása fizikai-kémiai tulajdonságaitól függ. Az illékonyak elsősorban a levegőt és a talajlevegőt szennyezik, a vízoldhatóak a felszíni és felszín alatti vizeket veszélyeztetik, a nagymolekulájú, hidrofób anyagok pedig a talaj és a felszíni vízi üledékek szilárd fázisához kötődve terjednek és fejtik ki hatásukat vagy immobilizálódnak, „kémiai időzített bombaként” veszélyeztetve környezetünket.

**szennyeződés:** az a folyamat, mely a környezet szennyezettségéhez vezet.

**szennyezőforrás:** az az objektum vagy terület, ahonnan a szennyezőanyag a környezetbe kikerül. Lehet pontforrás vagy diffúz szennyezőforrás. Megkülönböztetünk elsődleges és másodlagos szennyezőforrásokat. A másodlagos szennyezőforrások a szennyezőanyag vagy a szennyezőanyagot tartalmazó hulladék transzportja utáni másodlagosan felhalmozódás révén alakulnak ki (víz által szállított üledékek, szél által szállított és lerakott por, talaj felszíne alatt úszó rétegek és lencsék, stb.)

**szinergizmus:** →*vegyi anyagok* keverékének olyan együttes hatása, mely az egyszerű összeadással kaphatóhatásnál nagyobb, mert az egyes összetevők hatásai erősítik egymást.

**sztrippelés:** →*kigőzölésen* alapuló →*környezetvédelmi technológia*, melyet illékony, vagy vízgőzzel illó szerves szennyezőanyagok eltávolítására alkalmaznak ipari szennyvizek, szennyezett felszíni és felszín alatti vizek kezelésekor. Ex situ megoldás esetén a kiszivattyúzott kezelendő szennyezett vizet levegőztető (sztrippelő) toronyba vagy tartályba vezetik, ahol diffúz, tálcás vagy esőztető levegőztetéssel növelik meg az illékony komponenseket magával ragadó levegő érintkezési felületét és sebességét. A tartózkodási időt az oszlop kivitelűeknél töltettel, a tartályoknál terelőlemezekkel növelik. A levegőztető berendezéseknek van fix és mobil formájuk, működtethetőek szakaszosan, vagy folytonosan. Alternatív megoldásként meleg levegőt vagy gőzt is alkalmaznak. A *sztrippelőtorony* tetején fűvókán porlasztják be a kezelendő vizet, ez gravitációsan lefelé csurogva találkozik a kompresszor által alulról befűvott ellenáramú levegővel. *In situ* ~re is van megoldás, speciálisan kiképzett kútban történhet a szennyezett talajvíz kezelése. A két szinten szűrőzött vákuumkút vizébe levegőt →*injektálnak*. Az illékony komponens gázfázisba kerülése a kútban játszódik le. A talajvíz az alsó és a felső szűrő között cirkulál, a kezelt víz a légbefűvés miatt megemelkedett vízszint hatására a felső szűrőn keresztül jut vissza a vízadóba. A levegőinjektor más adalékanyagok bejuttatására is használható. A szennyezett levegőt a felszínre szivattyúzás után a szennyezőanyag függvényében kezelni kell (adszorpció, abszorpció, katalitikus égetés, bioszűrők, stb.)

**talaj olajmegkötő képessége:** talaj egységnyi tömege által megkötött, egységnyi tömegű talajban abszorbeálódott olajmennyiség. Arányos 1. a talaj szemcseméret-eloszlásával, amely elsődlegesen felelős a talaj szivárgási tényezőjének nagyságáért és hézagterefogatáért, 2. a →*talaj szervesanyag tartalmával*, amely a →*hidrofób* tulajdonságú szénhidrogének abszorpciójáért felelős, 3. az olaj → $K_{ow}$  (oktanol-víz megoszlási hányados) értékével és 4. az olajnak az illető talajban érvényes → $K_d$  (szilárd- és vízfázis közötti megoszlási hányados) értékével. A ~ének köszönhető a →*felszín alatti vizek* viszonylagos védettsége a felszínről a talajba szivárgó szennyeződés ellen, szűrőkapacitást jelent, az olaj terjedésének lassítását (visszatartás: retenció), az →*elérési idő* növelését. Bizonyos szelektivitással is kell számolnunk, hiszen a talaj nem minden olajkomponenst képes azonos mértékben megkötni, vagy visszatartani. A táblázat néhány mérési adatot tartalmaz ~ről, a szemcseméret függvényében.

**Különböző szemcseméreteloszlású talajok olajmegkötő képessége**

Talaj olajmegkötő fizikai talajféleség	Szivárgási tényező (m/s)	Hézagterefogat (terefogat %)	Olajmegkötő képesség (dm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
Kavics	10 <sup>-2</sup>	2–3	5
Homokos kavics	10 <sup>-2</sup>	2–3	8
Durva homok	10 <sup>-3</sup>	3–4	15
Közepes homok	10 <sup>-4</sup>	5–6	25
Finom homok	10 <sup>-5</sup>	6–8	30

Iszap	10 <sup>-6</sup>	10–15	40
-------	------------------	-------	----

**talajba injektálás:** folyékony anyagok nagynyomású bejuttatása folyékony vagy szilárd közegbe. **1.** a ~ környezetvédelmi technológia részeként gáznemű, folyékony, oldott vagy szuszpendált anyagok talajba, a talaj tetszőleges rétegébe juttatását jelenti. ~ra felhasználhatunk perforált bélésű csövekkel ellátott furatokat (egyszerű kutakat) vagy tetszőleges mélységben szűrőzött kutakat. Korlátozott mélységbe injektáló „pálcákat”, vagyis talajba szűrt vékony csöveket is alkalmaznak. ~ történhet gravitációsan, vagy nagynyomással. Az injektált anyag a  $\rightarrow$ remediálási technológia igénye szerint lehet 1. légnemű: levegő, meleg levegő, gőz, oxigén, ózon  $\rightarrow$ sztrippeléshez vagy  $\rightarrow$ bioremediációhoz; 2. víz, meleg víz, gőz a  $\rightarrow$ kioldás vagy a  $\rightarrow$ bioremediáció hatékonyságának növelésére; 3. oldat: oldott oxigénforrás, oldott tápanyag, (nitrogén- és foszforforrás, vitaminok, stimuláló anyagok), kémiai reagensek, (pl. oxidáló- vagy redukálószer) *in situ* fizikai-kémiai vagy biológiai talajkezeléshez; 4. emulzió vagy szuszpenzió: fizikai stabilizáláshoz, szilárdítóanyagok, (pl. cementtej) izoláló anyagok, (pl. bentonit), kémiai stabilizálószer (pl. mésztej) biológiai kezelés adalékanyagai, pl. mikroorganizmusok vizes szuszpenziója ( $\rightarrow$ talaj-oltóanyag). – **2.** mezőgazdasági talaj tápanyagellátottságának, szervesanyag-tartalmának növelése céljából műtrágyák, hígtrágyák, kockázatos anyagokat nem tartalmazó szennyvíz vagy szennyvíziszap ~a. Előnyei: hulladékok mezőgazdasági hasznosítása, a felületi szennyezettség és a bűzhatás csökkentése. Kockázata: felszín alatti vizek veszélyeztetése. – **3.** a ~t használják kockázatos anyagokat tartalmazó szennyvíz, szennyvíziszap vagy biodegradálható szennyezőanyagokat tartalmazó hulladékok talajban történő kezelésére,  $\rightarrow$ hulladékkezelésre és „ $\rightarrow$ hulladékelhelyezésre”, mely fokozott kockázatot jelent a felszín alatti vizekre, így alkalmazása korlátozandó, engedélyköteles.

**talajégetés:** a talaj szerves szennyezőanyagainak magas hőmérsékleten történő kémiai oxidációja. A talaj szerves alkotói is teljes mértékben elégnak. Megfelelően magas hőmérséklet a szennyezőanyag végleges megsemmisüléséhez vezet, de a maradék már nem tekinthető talajnak. Tökéletlen égés a kiindulásnál toxikusabb égéstermékek keletkezéséhez vezethet. A füstgázok kezeléséről körültekintően kell gondoskodni. A ~ hulladékégető berendezésekben, cementgyári forgókemencékben vagy téglá, illetve kerámiaégető kemencékben történhet.

**talajgáz elszívás:** a talaj gázfázisának kiszívása. 1. Történhet a talajt szennyező szerves vagy szervetlen illó anyagok talajból való eltávolítása céljából. Ilyenkor a felszínre szivattyúzott talajgázt a szennyezőanyagok megfelelő módon kezelni kell (adszorpció, abszorpció, katalitikus égetés, bioszűrés, stb.). 2. Történhet a talajban folyó mikrobiológiai tevékenység során keletkezett CO<sub>2</sub> eltávolítása és friss levegő beszállítása, a mikroorganizmusok oxigénnel való ellátása érdekében. ( $\rightarrow$  bioventilláció).

**talajenzim-aktivitás:** a talajenzimek a  $\rightarrow$ mikropórusokban elhelyezkedő  $\rightarrow$ biofilmben vannak kötve, részben élő sejtekben vagy növényi gyökerekben működő, részben abiotikus, azaz sejten kívüli, a talaj élettelen anyagaihoz kötött enzimeként. Ez utóbbi lehet eleve  $\rightarrow$ exoenzim, melyet a mikrobasejt vagy növényi gyökér sejten kívüli használatra választ ki vagy kapcsolódhat frissen elhalt sejtekhez vagy sejtrészletekhez, de lehet hosszabb ideje aktív és stabil önálló enzim, a talajkolloidokhoz rögzülve. A

szabad enzimek a talajkolloidokhoz rögzülhetnek gyenge, másodlagos kémiai kötésekkel vagy kovalens beépüléssel. A ~ának mérésekor mindezen enzimformák együttes aktivitását mérjük. A leggyakoribb talajenzimek: 1. oxidoreduktázok: dehidrogenázok, katalázok; monooxidázok, glükózoxidáz, polifenol-oxidáz, peroxidázok, stb.; 2. transzferázok; 3. hidrolázok: foszfatáz, amiláz, celluláz, invertáz, ureáz, proteináz, peptidáz, karboxiészteráz, lipáz, fitáz, stb. Az enzimek aktivitásának kimutatására rendelkezésre álló módszerek mérhetik az  $\rightarrow$ enzim  $\rightarrow$ szubsztrátjának fogyását, a termék keletkezését vagy szubsztrátanalógból (szubsztráthoz hasonló térszerkezetű, de eltérő funkciójú vegyület) keletkező termék megjelenését. Az enzimaktivitási eredmények interpretálása már nehezebb feladat: abszolút értékük nem mindig hozható összefüggésbe a talaj állapotával, a mikrobaközösség vitalitásával. Szennyezett terület állapotfelmérése és kockázatkezelés céljára dinamikus vizsgálati módszerekkel lehet a talajt jellemezni: pl. kiegyensúlyozott működésű talajhoz lökészerű szubsztrát-adagolás, levegőztetés vagy toxikus anyag hozzáadás hatására kapott válasz iránya, sebessége és nagysága. Gyakran nem egyes enzimek, hanem enzimrendszerek aktivitását mérjük, pl. környezeti kockázat felmérése a légzést, vagy egyes légzési enzimeket, pl. dehidrogenázt, a  $\rightarrow$ nitrifikálást, a  $\rightarrow$ denitrifikálást, a  $\rightarrow$ légköri nitrogénkötést, foszfatázaktivitást vagy komplex  $\rightarrow$ biodegradációs aktivitásokat használhatjuk.

**talajkezelés:** általában a szennyezett talaj vegyi szennyezettségből adódó környezeti kockázatának csökkentését értjük alatta. A szennyezett talaj kezelése mindhárom talajfázis (gáz, folyékony, szilárd) kezelését jelenti. A kezelés helyszínét illetően lehet  $\rightarrow$ ex situ és  $\rightarrow$ in situ. 1. ex situ ~: a talaj eredeti helyéről való kiemelését és helyben (on site) vagy az eredeti helytől távolabb (off site), pl. kezelőtelepen történő kezelés. Az eredeti helyszín szempontjából ez jelenthet  $\rightarrow$ talajcserét, amikor nem a kezelt talajt használják fel az eltávolított helyett, hanem máshonnan származó nem szennyezett talajt. 2. in situ ~: a talaj eredeti helyszínén, kitermelés nélkül történő kezelés. Egyik célja a szennyeződés vízzel való tovaterjedésének megakadályozása pl. felszín alatti izoláló falakkal ( $\rightarrow$ résfal), vagy folyamatos talajvíz-szivattyúzással, másik célja a talaj szennyezőanyag-tartalmából eredő kockázat csökkentése  $\rightarrow$ mobilizációval (eltávolítás) vagy  $\rightarrow$ immobilizációval (rögzítés, stabilizálás). (még  $\rightarrow$ remediációs technológiák, remediáció, bioremediáció, sztrippelés, bioventilláció, kioldás, talajkezelés iszapfázisban, talajba injektálás, talajoltóanyag).

**talajmikroflóra:** a talaj mikroorganizmusai a  $\rightarrow$ mikropórusokban élnek, a talaj mikroszemcséinek felületén kialakult  $\rightarrow$ biofilmben. A talaj egy grammjában több millió, de nem ritkán több milliárd mikroorganizmus él;  $\rightarrow$ baktériumok,  $\rightarrow$ gombák,  $\rightarrow$ egysejtű állatok és  $\rightarrow$ algák. Ezeknek csak elenyésző hányada él a talaj víz-fázisában. A ~fő feladata a talajba kerülő holt szerves anyagok bontása,  $\rightarrow$ mineralizálása, az elemek visszajuttatása a földi elemforgalomba ( $\rightarrow$ detritusz). A ~ tagjai között jelentős szerep jut a fonalas baktériumoknak és a fonalas gombáknak, melyek domináns jelenlétét csak közvetett bizonyítékok alapján valószínűsítjük, mert kimutatásuk hagyományos mikrobiológiai módszerekkel még ma sem egyszerű, bár a modern DNS-technikák erre is jelenthetnek megoldást. A  $\rightarrow$ ~t a baktériumok közül legnagyobb számban az *Arthrobacter*, a *Pseudomonas*, a *Bacillus* és az *Azotobacter* nemzetség tagjai valamint a N-körforgalomban szerepet játszó *Nitrosomonas* és *Nitrobacter* fajok alkotják. A fonalas baktériumok (*Actinomycetales*) közül a *Streptomyces*, míg a fonalas  $\rightarrow$ mikrogombák

közül *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* és *Cladosporium* fajok fordulnak elő leggyakrabban, de több száz vagy ezer fajt is felsorolhatnánk, mint a ~ alkotóját. A ~ élő és/vagy elpusztult sejtjeit fogyasztják a következő trofikus szinten található →*állati egysejtűek* (*Protozoa*, pl. *Tetrahymena* és *Colpoda* fajok), a mészhéjúak (*Testacea*), valamint a csillósok (*Ciliates*). A talajban élő organizmusok, mint a talajökoszisztéma tagjai kölcsönösen hatnak egymásra, együttműködnek, anyagcseréjük egymásra épül, fajon belüli és fajok közötti szelekciók, kommenzalizmus, kooperáció, szimbiózis, kompetíció, amenzalizmus, parazitizmus, predáció játszódhat le közöttük. A növények gyökerén élő különböző gombáknak (a gyökérszóna mikroorganizmusai: →*mikorrhizagombák*) különös jelentőségük van a víz és a tápanyagok felszívódásában játszott szerepük, valamint antibakteriális hatásuk miatt. Szennyezőanyagok hatására a ~ struktúrája megbomlik, az egyensúlyok felborulnak, irreverzibilis eltolódások jönnek létre, ami a talaj funkcióinak megváltozásához vezet, de a ~-nak köszönhetően a talaj képes alkalmazkodni a szennyezőanyagokhoz. A szerves szennyezőanyagokat megtanulják bontani és hasznosítani, ezzel a talaj minőségét is javítják: öngyógyítás. Toxikus fémek esetében tűrőképesség (→*rezisztencia*) alakul ki, amely a rezisztens fajok túlélését biztosítja ugyan, de a talaj veszélyességét, például emberre, nem csökkenti.

**talajoltóanyag, starterkultúra:**

1. környezetvédelmi alkalmazású ~: szennyezett talaj →*bioremediációja* során alkalmazott, mesterségesen felszaporított, élő, működőképes mikroorganizmusokat tartalmazó készítmény. Olyan esetben alkalmazunk ~-ot, amikor az endogén →*talajmikroflóra* nem megfelelő mennyiségű, összetételű vagy aktivitású, így a szennyezőanyag →*biodegradációját* vagy más módon történő ártalmatlanítását nem képes elvégezni, ezért kiegészítésre, javításra szorul (→*bioaugmentáció*). Alkalmazhatunk általános, szennyezőanyag-specifikus vagy a körülményekhez illeszkedő oltóanyagokat. Az általános ~ nem szelektív, a legtöbb biodegradálható szervesanyag bontását gyorsítja, →*biotenzideket* vagy hidrolitikus enzimeket nagy mennyiségben termelő mikroorganizmusokat tartalmaz. A szennyezőanyag-specifikus ~-ok egy adott szennyezőanyag vagy keverék bontására képes mikrobaközösséget tartalmaznak, pl. szénhidrogéneket, policiklikus aromás szénhidrogéneket, egyes növényvédőszerket, klórbenzolt, klórfenolt biodegradációval vagy →*kometabolizmus*sal bontókat. Körülményekhez alkalmazkodó ~ a mikroaerofil, a hidegtűrő, a hőtűrő, az ozmotoleráns és az extrém pH-értékeket tűrő mikroorganizmusokat tartalmazó. Az ~-hoz általában tápanyag-kiegészítőket, biológiai hozzáférhetőséget növelő szereket, vitaminokat és adszorbenseket is szoktak adagolni. A ~ állhat a szennyezett környezetből izolált és egyenként felszaporított mikroorganizmusokból vagy azok utólagosan összeállított keverékéből, de ~ként alkalmazható jó bontóképes mikroorganizmus-közösségeket tartalmazó szennyvíziszap, komposzt, aktív biodegradációt mutató talaj is. Biotechnológiai cégek ~-ok százait kínálják különböző típusú szennyeződésekhez. A szerek minősége és megbízhatósága nagy eltéréseket mutat. Alkalmazásukat megelőzően célszerű laboratóriumi kísérletekkel ellenőrizni a ~ hatékonyságát, mellékhatásait és kockázatait. Ma már genetikailag módosított, speciális képességű vagy nagyhatékonyságú mikroorganizmusok alkalmazására is mód van (pl. a *Pseudomonas* B13 baktérium törzs képes a klórozott és a metilezett aromások egy lépésben történő bontására), de ilyenkor a nagy kockázatok miatt részletes ökoszisztéma-vizsgálat és a génmanipulált sejtek alkalmazására előírt biológiai biztonsági rendszabályok betartása szükséges. Gyakori a ligninbontó, pl. fehérkorhasztó-gombák vagy a bazidiumos gombák al-

kalmazása klórfenolok, pentaklórfenol, PCBk, DDT, TNT kometabolikus bontására. A ~ és a talaj saját mikroflórájának kölcsönhatásait, együttműködését, az alkalmazást megelőzően, részletesen vizsgálni kell, mert a túlzott mennyiségben vagy nem megfelelő összetételében alkalmazott oltóanyag háttérbe szorítja a őshonos (endogén, autokton) mikroflóra-tagokat, majd a tápanyagok és a könnyen bontható szennyezőanyagok felhasználása után olyan maradékot eredményeznek, amely a kiindulási helyzetnél rosszabb, kiegyensúlyozatlan helyzetet teremt. – **2.** mezőgazdasági alkalmazású ~: a talaj minőségének, vitalitásának, termőképességének, szerkezetének javítására alkalmazott, általános vagy speciális képességű mikroorganizmusokat vagy közösséget tartalmazó ~. Általános hatású ~ szerepe: a talajba kerülő holt szerves anyagok bontásának gyorsítása, kiegyensúlyozott talajélet biztosítása megfelelő arányú aerob és anaerob mikroorganizmus bejuttatásával vagy leromlott, tönkrement, →*talajkezelés*en átesett talaj revitalizációja. Specifikus képességű ~: a légköri nitrogén megkötésére önállóan képes baktériumokat tartalmazó ~, melyet a talajra permeteznek, valamint a növényekkel szimbiózisban élő →*nitrogénkötő-baktériumok* és →*mikorrhizagombák*, melyeket közvetlenül a növényi gyökerekre vagy a gyökérközeli talajba (földlabdába) oltanak.

**talajremediáció:** szennyezett talaj gyógyítása, vagyis a vegyi szennyezett-ségből adódó kockázatának elfogadható mértékűre csökkentése. Történhet spontán módon: öngyógyítással, →*természetes remediáció* és/vagy emberi közreműködéssel, ~s technológiák alkalmazásával. ~ra alkalmazhatunk fizikai, kémiai vagy biológiai technológiákat. A ~ alapulhat a szennyezőanyag →*mobilitációján* vagy →*immobilizációján*. A technológiák a talaj mindhárom fázisát, a gáz, a folyadék és a szilárd fázis kezelését jelenti, együtt vagy egymást követően, ugyanazon vagy különböző technológiákkal. A talajgázok és a talajvíz kezelése a szokásos levegő- és víztisztítási eljárásokkal azonos. A szilárd fázis kezelése a szennyezőanyag mobilizálásával: gázelszívás, vízkiszivattyúzás, vizes, mosószeres, savas vagy lúgos mosás, szerves oldószeres extrakció, deszorpció, égetés, pirolízis, biodegradáció stb. vagy immobilizálásával történhet: fizikai, kémiai vagy biológiai stabilizálás, szilárdítás, termikus immobilizáció, →*vitrifikáció*, stb. A →*bioremediációs* technológiák a mikroorganizmusok vagy a növények átalakító, biodegradáló vagy bioakkumuláló tevékenységét hasznosítják, mérnöki, főként biomérnöki technológiák segítségével. Az →*ökomérnöki technológiák* természetes közösségeket és természetben lejátszódó folyamatokat hasznosítanak. A ~ történhet →*ex situ*, azaz a talaj eredeti helyéről való eltávolítása, kitermelése után és →*in situ*, azaz a talaj eredeti helyéhez rögzítve; ilyenkor a műveleteket (levegőztetés, mosás, hőközlés stb.) a talajban hajtják végre. A ~t a szennyezett terület tulajdonságait és a területhasználatot figyelembe véve kell megtervezni, a megfelelő technológiát kiválasztani, használhatóságát a laboratóriumi és szabadföldi kísérletekkel bizonyítani, költség-haszon felmérésnek alávetni. A technológia saját kibocsátását és környezeti kockázatát a technológia alkalmazása közbeni és utólagos monitorozással kell követni. (még→*remediálási technológiák, remediáció, talajkezelés*).

**talajvízszint-süllyesztés:** egy adott talajréteg (közetréteg) víztelenítése a talajvízszint csökkentésével mélyépítési, mg.-i, bányászati célokból vagy szennyezett talaj/talajvíz kezelésével összefüggésben. **1.** Munkagödrök víztelenítésében alkalmazott módszer: a talajvízszintet a munkagödör fenékszintje alá süllyesztik a munkagödör körül elhelyezett talajvízszint-süllyesztő kutakkal (kútsorokkal). – **2.** →*talajremediáció*

során különböző célokkal alkalmazunk ~t: 1. a szennyezőanyag tovaterjedésének megakadályozására, 2. szennyezett talajvíz *depressziós kút*ban történő összegyűjtésére, felszínre szivattyúzás és a felszínen történő kezelés érdekében, 3. szennyezett talaj *in situ* átmosására szolgáló víz összegyűjtésére, a felszínre szivattyúzás ill. cirkuláltatás részeként, 4. talajvíz felszínén elkülönült réteggként úszó folyékony szerves szennyezőanyag kútban történő összegyűjtésére. – **3.** Egy adott mg.-i ter.-en a növénytermesztés szempontjából károsan magas talajvíz szintjének csökkentése, általában árokrendszerrel v. talajcsövezéssel (drénezéssel).

**talajvízszint-süllyesztő kút:** a talajvíz szintjét lesüllyesztő, általában ideiglenes, egyszerű szerkezetű *kút*. Erre a célra ritkán készül nagy teljesítményű egyedi kút, inkább egymáshoz gyűjtőcsővel kapcsolt kútsorokat v. kúthálózatot hoznak létre. Egyedi kutakból a vizet búvárszivattyúval v. a felszínen elhelyezett szivattyúval emelik ki; a *kútsorokat* összekötő gyűjtővezeték lehet a szivattyú (centrifugálszivattyú) közös csöve is, amely minden kút csövével légmentes kötéssel kapcsolódik. A ~ működése két fő elven képzelhető el: – **1.** a depressziós kutaknál a kút vize szabad felszínű; – **2.** a vákuumos ~ból a víz a benne lévő szívás miatt a talajfelszínen elhelyezett vákuumtartályba emelkedik. Szennyezett talajvizet csak megfelelő kezelés után, de szennyezetlen talajból kiemelt vizet is csak előzetes minőségi vizsgálatok után, az engedélyezési előírások betartásával szabad elhelyezni: csatornába, élővízbe, vagy talajvízbe.

**TDI (Tolerable Daily Intake):** az a napi toxikus anyagmennyiség, amelynek különböző expozíciós útvonalakon (szájon és bőrön át vagy belégzéssel) az emberi szervezetbe jutásakor káros hatás nagy biztonsággal nem mutatkozik. Közvetlen kimérésére nincs mód, állatkísérletek eredménye alapján becsülhetjük meg az értékét, pl. faktoriális extrapolációval. Értéke eltér az életkor és a nemek, valamint az egyéni érzékenység függvényében. → *Vegyai anyagok* → *környezeti kockázatának számszerűsítése*kor a ~ értékhez hasonlítjuk a kitettséget, vagyis a környezeti koncentráció és a környezet használata által meghatározott terhelést, az átlagos napi bevitt (ADD):  $HQ = ADD / TDI$ .

**telítetlen talaj** a talaj telítetlen zónája, háromfázisú talaj, melynek pórusait és mikropórusait részben víz, részben levegő tölti ki. ~ban a víz mozgását a gravitáció mellett a kapillárisok szívóereje befolyásolja. Ha a talaj mélyebb rétege száraz, akkor a kapilláris erők lefelé, a gravitációs erővel azonos irányba, ha a felső rétege száraz, akkor felfelé, a gravitáció ellenébe szívják a vizet. A ~ pórusainak méreteloszlásától is függ (→ *mikropórusok*), hogy mekkora a víz és a levegő hányada. A kapilláris vízvezetést elsősorban a durva pórusok mennyisége határozza meg. A ~ élővilága aerob, a levegő a makropórusokból, az oldott anyagok pedig a vízvezető mikropórusokból diffúzióval jutnak a mikropórusok biofilmjeiben élő és működő mikroorganizmusokhoz. A szennyezőanyagok aerob → *biodegradációja* a ~ban folyik. A ~ talaj adszorpciós kapacitása nagy, a szennyezőanyagokat kiszűri, megkötö; ez védelmet jelent a felszín alatti vizek szempontjából. A szennyezőanyag szilárd és folyadék fázis közötti megoszlása ~ban nem egyensúlyi modell szerint történik, ezért szennyezőanyag → *megoszlási hányadosának* ( $K_d$ ) kísérleti meghatározása szükséges.

**telített talaj:** kétfázisú talaj, amelyre az jellemző, hogy a szilárd fázis valamennyi pórusát teljes mértékben folyadékfázis tölti ki tehát a ~ban nincs gázfázisú levegő, legfeljebb vízben oldott. Szabad felszínű talajvíz esetén a talajvízszint alatti talajrétegekben, a  $\rightarrow$ telítetlen talaj alatt található. A talaj vízáteresztő képességét a  $\rightarrow$ hidraulikus vezetőképességgel (K) jellemezhetjük: ~on időegység alatt átszivárgott víz mennyisége cm/nap egységben. A K tényező a talaj fontos jellemzője; mind a talajkezelési technológiák tervezésénél, mind a szennyezőanyagok terjedésének alapvető paraméter, mely meghatározza az áramlási viszonyokat. A szennyezőanyagok nem csak oldódnak és áramlanak a talajvízben, de meg is oszlanak a szilárd és folyadék fázis között, a  $\rightarrow$ megoszlási hányadosuktól függő ( $\rightarrow K_d$ ) mértékben. A vízben oldott anyaghányad a vízzel együtt mozog ( $\rightarrow$ migráció) a tiszta talajtérfogat fizikai, kémiai és biológiai szűrőhatásának kitéve. Az élővilág a ~ban anaerob vagy fakultatív anaerob. A  $\rightarrow$ redoxpotenciáltól függő anyagcserével és légzésformákkal rendelkező közösségek a telítetlen talaj aerob közösségéhez képest kevésbé intenzív anyagcserét folytatnak, tehát a szennyezőanyagok bontása általában lassabban vagy egyáltalán nem történik meg.

**tenzidek:** nedvesítőszer, területaktív anyagok.

**teratogén hatás,** teratogenitás: valamely fizikai, kémiai vagy biológiai ágens azon tulajdonsága, hogy élőlények utódait károsítja, azok számát csökkenti, vagy fejlődési rendellenességeket, torz egyedképződést vált ki, ill. ezek számát növeli az átlagos gyakorisághoz képest. A ~ érintheti a szülők szaporítószerveit, azok működését és kapacitását (fertilitás), károsíthatja az utód genomját, valamint magát a fejlődésben lévő embriót vagy magzatot. A ~ok a petesejt megtermékenyítésétől fogva az egyedfejlődés során általában a fejlődés adott szakaszaihoz kötve okoznak maradandó ártalmat, pl. ember esetében a rubeolavírus, a fejlődés első 3-4 hónapjában. A környezetbe kikerülő  $\rightarrow$ vegyi anyagok közül sok rendelkezik ~sal, ebből adódóan  $\rightarrow$ krónikus kockázattal. A ~ korrelációt mutat a  $\rightarrow$ mutagén és karcinogén (rákkeltő) hatásokkal. – ~sal bírnak a 1. fizikai ágensek a sugárzások (ionizáló, UV, radioaktív, röntgen, stb.); 2. kémiai ágensek (mutagén vegyi anyagok, növényvédőszer, gyógyszerek: nyugtatók, fogamzásgátló szerek, citosztatikumok, drogok: nikotin, alkohol); 3. biológiai ágensek, pl. az embernél ~t és ártalmakat okozó rubeola vírus, az onkogén vírusok, a herpeszvírus, a hepatitis-B vírus. – Ember esetében a ~ eredményeképpen hibás vagy torz fejlődés, az érzékszervek fejlődésének zavara vagy funkciójának hiánya, szívfejlődési rendellenességek, értelmi fogyatékos, anyagcsere- és enzim-rendellenességek jöhetnek létre. – A fizikai, kémiai és biológiai ágensek ~a mérhető és jellemezhető 1. epidemiológiai és statisztikai adatok értékelésével: termékenység, libido, spontán vetélés, születési rendellenességek, stb.; 2. olyan állati tesztekkel, amelyek viszonylag kis generációs idejű tesztorganizmust használnak, hogy az utódok mennyisége és minősége alapján a ~ statisztikailag jól értékelhető legyen. A ~ mérésére szabványosított biológiai teszt módszerek közül a legismeretesebbek: 1. a halembrió tesztek; 2. a FETAX: békaembrió gyorsteszt a *Xenopus laevis* délafrikai galléros békával. A teszt értékeléséhez egy adatbázis (atlasz) is tartozik, amely az összes létező abnormitást tartalmazza. Az értékelésnél mind a letalitást, mind a torz egyedek mennyiségét és az abnormitások típusát figyelembe veszik. A hatást még nem mutató, ill. a legkisebb, már hatást mutató koncentráció ill. dózis küszöbértékkel jellemzik a vizsgált anyag teratogenitását.

**terjedés modellezése:** a  $\rightarrow$ szennyezőanyag térbeli és időbeli mozgásának,  $\rightarrow$ terjedésének matematikai módszerekkel történő leírása a forrásból kiindulva, a  $\rightarrow$ környezeti koncentráció ( $\rightarrow$ PEC) és az  $\rightarrow$ elérési idő előrejelzése. A  $\sim$  földrajzi kiterjedés szerint történhet helyi (lokális) és regionális, esetleg globális szinten. Az érintett környezeti elem lehet a levegő, a felszíni víz, a talaj, ill. a felszín alatti víz. A  $\sim$  történhet 1, 2 vagy 3 dimenzióban. A  $\sim$ hez szükséges ún. bemenő paraméterek száma általában igen nagy; a szennyezőanyagra, a környezetre és a kettőjük kölcsönhatásaira vonatkozó jellemzők. A  $\rightarrow$ környezeti kockázat felméréséhez, az  $\rightarrow$ integrált kockázati modell alapján választjuk ki a peremfeltételeket és a modellezendő domináns terjedési útvonalakat. Szennyezőanyagok  $\sim$ re egységes irányelveket ad meg az EU-TGD (1996): 1. Terjedés és helyi koncentráció meghatározása levegőben: az OPS modell (Van Jaarsveld, 1990) a direkt (technológiából) és az indirekt (pl. szennyvíztisztítóból) kibocsátáshoz hozzáadja a levegőben mérhető éves átlagkoncentrációt, az atmoszférikus időjárási jellemzőkön (széljárás, páratartalom, hőmérséklet, stb.) kívül figyelembe veszi a szennyezőanyag megoszlását, atmoszférikus reakcióit, a kibocsátott gáz hőmérsékletét, a kibocsátó pontforrás térbeli paramétereit (pl. magasság). Külön modellezést javasol a gőzformájú és az aeroszolhoz kötött szennyezőanyagok terjedésére. Figyelembe vett kapcsolódó folyamatok: száraz lerakódás (porral), nedves lerakódás (csapadékkal), aeroszol száraz és nedves lerakódása. 2. Terjedés vízben és üledékben; helyi koncentrációk meghatározása: a kibocsátott mennyiséghez (technológiából és/vagy szennyvíztisztítóból) hozzáadja a felszíni víz éves átlagkoncentrációját, figyelembe veszi a vízhozammal összefüggő hígulást és a szennyezőanyag  $\rightarrow$ megoszlási hányadosával arányos mértékű lebegőanyaghoz kötődést, finomabb modelleknél a párolgást, a degradációt és az ülepedést is. Üledékből való kioldódásnál az üledék-pórusvíz közötti egyensúlyi megoszlása alapján számítja a koncentrációt a vízben. 3. Terjedés talajban és felszín alatti vízben, helyi koncentrációk meghatározása talajban: a talaj évi átlagos szennyezőanyag-koncentrációjához hozzáadódik szennyezőanyag-talaj egyensúlyi állapotából következő koncentráció és a levegőből lerakódott szennyezőanyag mennyiség. Csökkenti a koncentrációt a talajban folyó  $\rightarrow$ degradáció, a párolgás és a  $\rightarrow$ kioldás. Emberi egészségkockázat és tápláléklánc modellezésénél a talaj felső 20 cm-ét veszi figyelembe. A szennyezőanyag talajból való kioldása és mélyebb rétegekbe illetve talajvízbe való bemosása számottevő lehet, ennek mértéke a szennyezőanyag talaj-víz közötti megoszlási hányadosával arányos, de összefügg a csapadék mennyiségével, és a talaj hidrogeológiai viszonyaival is. Talajon keresztül szennyeződő felszín alatti víz esetében a talajvíz koncentrációját a pórusvíz koncentrációjával veszi azonosnak a szennyeződés helyén, majd innen kiindulva a felszín alatti víz áramlási viszonyai alapján modellez, a hígulás és a megoszlás (a talaj szűrőkapacitása) figyelembevételével. 4. A regionális  $\sim$ ére az összes környezeti elemet és a köztük lehetséges anyagtranszportot figyelembe vevő ún. fugacitási modelleket alkalmaz (Mackay, 1991 és 1992; Van de Meent, 1993), amelyeknél figyelembe veszi az kibocsátást, az áramlást, a diffúziót, a lerakódást, ülepedést és felhalmozódást, a lefolyásokat, az eróziót, a kioldást, a környezet egyes fázisai közötti megoszlást, valamint a degradációt.

Irodalom, könyvek a terjedés modellezéséhez

EU-TGD: Technical Guidance Document in Support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances and Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substances, European Commission, Brussels, 1996

Van Jaarsfeld, J.A. (1990) An operational atmospheric transport model for Priority

Substances; specifications and instructions for use, RIVM report no. 222501002.  
Mackay, D. (1991) Multimedia Environmental Models, Lewis, Chelsea, MI  
Mackay, D., Paterson, S., Shiu, W.Y. (1992) Generic models for evaluating the regional fate of chemicals; Chemosphere 24 (6), 695–717.  
Van de Meent, D.(1993) Simplebox: a generic multimedia fate evaluation model, RIVM report no. 672720001

**terjedés:** a →szennyezőanyag térben és időben történő mozgása a szennyezőforrástól a →környezeti elemekig, ill. a →receptorokig. A ~ kiindulhat pontforrásból vagy diffúz forrásból, történhet horizontálisan és vertikálisan, levegőben, felszíni vízben, felszín alatti vízben, talajban és üledékben. A ~ jellemzésénél figyelembe kell venni a direkt és/vagy indirekt kibocsátást, majd a térbeli eloszlást, melyet az áramlás, a diffúzió, a lerakódás és felhalmozódás, a lefolyások, a kioldás, az erózió, valamint a környezet egyes fázisai közötti →megoszlás határoz meg. A →vegyi anyag tulajdonságai, illékonyága, vízzoldhatósága, abszorpciós képessége, oktanol–víz megoszlási hányadosa ( $K_{ow}$ ) stb. alapvetően meghatározzák mozgékonyágát, amelyet nagyban befolyásolnak a környezet fizikai, kémiai és biológiai jellemzői: a redoxpotenciál, a pH, a hidrogeológiai viszonyok, a talajvíz szintje és áramlási sebessége, a talaj pórustérfogata, áteresztőképessége, szervesanyag- és agyagtartalma, a biokonverzió mértéke és minősége stb. A szennyezőanyagok ~nek egyenes következménye a környezetben kialakuló koncentrációjuk, melyet a →terjedés modellezésével lehet előrejelezni (→PEC: előrejelezhető környezeti koncentráció). A szennyezőanyag és a környezet kölcsönhatásai, a szennyezőanyag viselkedése a környezetben, megoszlása a környezeti fázisok között és degradációja nagyban befolyásolja a ~t és a környezeti koncentrációt. Vegyi anyagok →környezeti kockázatát alapvetően meghatározza ~ük, az, hogy milyen koncentrációban érik el a környezeti elemeket és ott milyen receptorszervezetekhez jutnak el. – A szennyezőanyagok ~ módosítható ill. megakadályozható technológiai beavatkozásokkal: felszíni és felszín alatti vizeken úszó szennyeződés esetén →lefölözés, felszín alatti vízben oldott szennyezőanyagnál →rézfalak vagy →reaktív falak alkalmazásával, felszín alatti víz mozgási irányának megváltoztatásával, pl. →talajvízszint süllyesztése melletti felszínre szivattyúzással, talajhoz kötött szennyezőanyagok ~ét fizikai (szilárdítás, →vitrifikáció), kémiai (meszezés, oxidáció, redukció) és biológiai (→fitoremediáció, fitostabilizáció) stabilizálással csökkenthetjük egy csökkent környezeti kockázatot képviselő értékre. – A →terjedési modell matematikai módszerekkel írja le a szennyezőanyag térbeli és időbeli mozgását, előrejelzi a környezeti koncentrációt (PEC) és az →elérési időt. (még→integrált kockázati modell)

**természetes szennyezőanyag-csökkenés = Natural Attenuation** azon fizikai, kémiai és biológiai folyamatok összessége, melyek a környezetbe kikerült szennyezőanyag koncentrációjának csökkenéséhez vezetnek. Ezen folyamatok egy része kockázatsökkentő hatású (fizikai, kémiai, biológiai bomlás), másik részük terjedés, hígulás vagy megoszlás eredménye, mely folyamatok lokálisan jelenthetnek kockázatsökkentést, de nagyobb léptékben gondolkozva nem, hiszen az összes környezetbe ki anyagemennyiség nem csökken. Esetenként még kockázatonövekedéssel is járhat, mert a szennyezőanyag terjedése során érzékenyebb területeket is elérhet vagy felhalmozódhat.

**természetes szennyvíztisztítás:** a természet öntisztuló, az ökoszisztéma bonyolult közösségeinek szennyezőanyagokat ártalmatlanító és bontó képességét kihasználó ökomérnöki technológiák összessége. A ~ vízi (tavas, lagúnás szennyvíztisztítás), sekélyvízi (mesterséges láp, mocsár) és szárazföldi (gyökérszénés szennyvízkezelés) megoldásokat alkalmaz. **1.** A tavas szennyvíztisztítás az üledék mikroflóráján kívül a természetes vízi vagy mocsári növényi közösséget és az üledéklakó állatokat is használja. A tavak általában átfolyással működnek, recirkulációjuk nincs, ennek ellenére a szennyvíztisztító telepekkel összehasonlítva jó nitrát- és foszfáteltávolítási hatásfokkal jellemezhetőek. A *szennyvíztisztító tó* lehet: A.) Aerob tó: általában 90-100 cm vízmélységű, stabilan aerob lagúna, melynek szennyvíztisztító kapacitása a hőmérsékleti viszonyoktól, az időjárási körülményektől és a tó geometriájától függ. B.) Levegőztetett tó: 3–5 m vízmélységű, mesterséges levegőztetéssel ellátott tó. C.) Fakultatív anaerob tó: 1,5–2 m vízmélységű, aerob-anaerob viszonyokkal jellemezhető tó, gyakran aerob tó után következő egység. D.) Anaerob tavak: 2-5 m vízmélység és anaerob viszonyok jellemzik, a kellemetlen szaghatás miatt korlátozott →*BOI* és szulfáttelhelés engedhető meg. E.) Tórendszerek kombinációja: a szennyvíz minőségétől függően több tó egymáshoz, valamint elő- és utótisztító egységekhez kapcsolása. – A szennyvíz előkezelése után a kezelő tóban viszonylag hosszú utat tesz meg, melynek mentén a víz változó összetétele és az eltérő külső körülmények kvázi-kaszád rendszert eredményeznek, a tó kialakításától függően aerob, anaerob és anoxikus viszonyokkal, elő- és utótisztítási szakaszokkal. A növényi anyag felhalmozódása és belőle humusz képződése a tavak folyamatos feltöltődését eredményezheti. Ez a növények learatásával, betakarításával és az üledék kotrással való eltávolításával megakadályozható. **2.** Az *épített láp* és *épített mocsár* (*constructed wetland*) a lásra, ill. a mocsárra jellemző sekélyvízi ökoszisztéma tagjait tartalmazza, beleértve a →*detrituszt*, a növényeket és az állatokat. **3.** A *gyökérszénés szennyvízkezelés* a szennyezőanyagok →*biodegradációján* kívül nagymértékű immobilizációra is képes rendszer. Növényzettel kombinált talajszűrőnek is tekinthető. A gyökérmezőben aerob és anaerob zónák vannak és komplex biocönózis felelős a szennyvíztisztításért. A biodegradációt a gyökérmező mikroorganizmusai, a mineralizált tápanyagok elfogyasztását a növények végzik. Legfontosabb folyamatok: →*ammonifikáció*, →*nitifikáció*, →*denitrifikáció*, *foszfátmobilizáció*, *szulfátredukció*, →*metánképződés*, →*humuszképződés*. Leggyakoribb megoldásai A.) A *mesterséges nádas* (*reed bed*) felszíni rávezetést, ill. elárasztást követő függőleges és vízszintes átfolyással működik. Tervezése és építése során lejtősen kiképzett, vizet át nem eresztő szigetelésre vízáteresztő hordozóanyagot rétegeznek, erre telepítik, az általában egyetlen fajból álló növényzetet. Az egyetlen növényfajhoz széles fajeloszlású talajközösség adódik. Leggyakrabban alkalmazott növények: *Phragmites australis* (nád), *Schoenoplectus lacustris* (káka), *Typha latifolia* (gyékény). Azok a növények használhatóak előnyösen, amelyek ún. átszellőztető alapszövettel (aerenchima) rendelkeznek. A növényi anyagot általában nem távolítják el, így azok holt anyagából humusz képződik. Alkalmazzák kommunális szennyvízre (2 m<sup>2</sup>/lakos helyigény), ipari szennyvizekre, olajos szennyvíz vagy talajvíz utókezelésére, vegyi anyagokat tartalmazó ipari szennyvizekre. B.) A *gyökérszénés szennyvíztisztítás* szárazföldi ökoszisztémát alkalmaz, általában erre a célra telepített fákat. A szennyvizet felszín alatti rávezetéssel és vízszintes átfolyással közvetlenül a fák gyökeréhez juttatják. Mind szennyvíz, mind szennyvíziszap kezelésére alkalmazzák. **4.** →*Élőgépes szennyvíztisztítás*: vízinövények gyökértükhöz kötődő mikroorganizmusok együttes működését kihasználó kaszád-reaktoros technológia, mely lehet szárazföldön elhelyezett vagy vízen úszó kezelőtelep.

## termikus deszorpció talajkezelés

### területérzékenység

**területhasználat:** Magyarországon a területhasználatokat „Az országos településrendezési és építési követelményekről” szóló 253/1997. (XII. 20.) Kormányrendelet nevesíti és csoportosítja. **A.** A beépítésre szánt terület lehet: 1. lakóterület: nagyvárosias, kisvárosias, kertvárosias, falusias; 2. vegyes: településközpont és központi vegyes terület; 3. gazdasági: kereskedelmi, szolgáltató és ipari; 4. üdülőterület: üdülőházas és hétvégi házas; 5. különleges: nagy bevásárlóközpont és nagykiterjedésű kereskedelmi célú, vásár, kiállítási és kongresszusi terület, oktatási központok területe, egészségügyi (kórház, szanatórium, gyógyszálló, gyógyüdülő stb.), nagykiterjedésű sportolási célú, kutatás-fejlesztés, megújuló energiaforrások (pl. szél-, napenergia) építményeinek területe, állat- és növénykert, temetők, nyersanyaglelőhelyek (bányák) telkeinek, építményeinek területe, honvédelmi terület, hulladékkezelők, és lerakók (települési szilárd és folyékony, egyéb veszélyes, radioaktív hulladékok stb.) és épületnek minősülő közlekedési építmények területe. **B.** A beépítésre nem szánt terület lehet: 1. közlekedési és közműterület; 2. zöldterület; 3. erdőterület, ezen belül: védelmi erdő, gazdasági, egészségügyi, szociális és turisztikai erdő, oktatási-kutatási erdő; 4. mezőgazdasági terület, ill. 5. egyéb terület: a folyóvizek medre és partja, az állóvizek medre és partja, a folyóvizekben keletkezett, nyilvántartásba még nem vett szigetek, a közcélú nyílt csatornák medre és partja, a vízbeszerzési terület (védett vízbázis) és védőterületei (hidrogeológiai védőidom). – Környezetvédelmi és →*kockázatkezelési* szempontból célszerűbb a konkrét területhasználati módokat figyelembe venni, európai ajánlások alapján pl. az alábbiakat: 1. multifunkcionális területek, melyek bármilyen célra használhatóak, beleértve a lakóterületeket (különösen érzékeny); 2. játszóterek (különösen érzékeny); 3. közösségi- és magánkertek, zártkertek, veteményesek (különösen érzékeny); 4. sportterületek (erősen érzékeny); 5. parkok és pihenő területek, növényzettel nem vagy csak gyéren fedett területek, beépítetlen területek (erősen érzékeny); 6. mezőgazdasági területek (erősen érzékeny); 7. nem mezőgazdasági ökoszisztémák (pl. erdő) területe (közepesen érzékeny); 8. burkolatlan ipari és raktárterületek (kevésbé érzékeny); 9. burkolt ipari és raktárterületek (nem érzékeny). A felsorolt területhasználatok szennyezéssel szembeni érzékenysége jellemzően 1.-től 9. felé haladva csökken, de a konkrét szennyezőanyagtól függően a sorrendben csekély mértékű módosulás lehetséges. A tervezésnél a jelenlegi és a jövőbeni területhasználatot is figyelembe kell venni. A területhasználat, ill. a területérzékenység integráltan jelenik meg a →*környezeti kockázat* mennyiségi felmérése során, hiszen a területhasználatból következnek a konkrét →*receptorszervezetek* és adódnak az →*expozíciós utak*. →*Szennyezőanyagok* megengedhető →*környezeti koncentrációját* mindig a legérzékenyebb területhasználatához tartozó kockázat nagyságakorlátozza.

**tesztorganizmus:** az ökotoxikológiai és toxikológiai tesztekben alkalmazott, kontrollált körülmények között felnevelt, azonos korú és tulajdonságú egyedekből álló tenyészet. A ~nak jól mérhető és reprodukálható választ kell adnia a vizsgálandó anyag hatására. Válasza arányos kell legyen a hatóanyag mennyiségével illetve koncentrációjával.

**tesztvégpont:** →vizsgálati végpont: a mérési végpont alapján felvett koncentráció–hatás vagy dózis–hatás görbéről leolvasott vagy statisztikai értékeléssel kapott eredmény, pl. EC<sub>50</sub>, NOEC, stb.

**toxikológiai tesztek:** olyan tesztorganizmusokkal végzett tesztek, melyek eredményéből az emberre lehet extrapolálni. Általában állatkísérletek, vagy az emberhez hasonló anyagcserével rendelkező szövettenyészetek vagy mikrobiológiai tesztek. A ~ eredménye a dózis–válasz görbe, melyből statisztikai értékeléssel határozzák meg a tesztorganizmusra jellemző, akut teszt esetében ED<sub>50</sub>, krónikus tesztek esetében a NOAEL vagy LOAEL értéket. Ezekből a küszöbkoncentrációkból extrapolációval határozzák meg az emberre vonatkozó értéket, leggyakoribb módszer a biztonsági faktorok alkalmazásával történő extrapoláció.

**toxikus hatás, toxicitás, mérgező hatás:** →vegyi anyagok, (→veszélyes anyagok, →szennyezőanyagok, →xenobiotikumok) azon tulajdonsága, hogy →akut (heveny) vagy →krónikus (idült) mérgező hatást képesek kiváltani. Az akut toxicitás a vegyi anyagnak való egyszeri kitétség alkalmával jelentkezik. A krónikus ~ az egész élet-tartam, vagy az élettartamhoz képest hosszú időn keresztül történő ismételt, vagy rendszeres kitétségnek tulajdonítható káros hatás. Az akut toxicitástól megkülönböztetjük a bőrirritációt és a szemkárosító hatásokat, a krónikus toxicitástól pedig a →mutagén, →karcinogén és →teratogén hatásokat. – A toxikus anyagok az élő szervezetbe a táplálékkal, az ivóvízzel, a belégzett levegővel és bőrkontaktus útján juthatnak. A szervezetbe bejutott toxikus anyag átalakulásokon mehet keresztül (pl. emésztés) mielőtt a biokémiai receptorokkal (DNS, RNS, membrán, enzim, stb.) kölcsönhatásba lép és kifejti hatását. A ~ kiterjedhet egyetlen egyed biokémiai jellemzőire (stresszfehérjék megjelenése, acetilkolin-észteráz gátlás, immunválasz), fiziológiai és viselkedési jellemzőire (kromoszóma rendellenességek, tumorok, fejlődési rendellenességek, halálozás) vagy a különböző szintű közösségi funkciókra (fajsűrűség, fajeloszlás, hozam). –Vegyianyagok ~ának mérésére szabványosított toxikológiai és ökotoxikológiai tesztmódszereket használunk, melyek eredményéből az akut és a krónikus toxicitás mértékét határozzuk meg.

**TPH (Total Petroleum Hydrocarbon):** környezeti minták C<sub>6</sub>–C<sub>40</sub> szénatom-számú szénhidrogén típusú szennyezőanyaginak együttes mennyisége, az alifás telített (alkán) és telítetlen (olefin, alkén) szénhidrogén-, a cikloalkán-, a naftalintartalom stb. összege. Ezeket legnagyobb mennyiségben a kőolaj és a kőolajszármazékok (kerozin, benzin, dízelolaj, motorolajok) tartalmazzák, illékony aromás (→BTEX) és a policiklikus aromás (→PAH) vegyületekkel együtt. A ~-tartalom a szénhidrogén-komponensek eloszlásáról nem ad információt. – A ~k legtöbbje→biodegradálható, a mikroorganizmusok szénforrásként képesek hasznosítani, ezért a szennyezett környezet spontán bomlásuk révén és/vagy biodegradáción alapuló biotechnológia alkalmazásával remediálható. – A ~ szabvány szerinti meghatározása extrakció és tisztítás, majd kapilláris gázkromatográfiás elválasztást követő lángionizációs detektálással (GC–FID) vagy infravörös spektroszkópiás (IR) méréssel történik. A illékony aromások (→BTEX) és a →PAHok külön szabályozás alá tartoznak, ezek mennyiségét egy más analitikai (pl. →GC-MS) meghatározás után le kell vonni. – Magyarországon hatályos, rendeletben rögzített határértékeit felszín alatti víz és talaj esetére a xv. táblázat tartalmazza.

**TPH** (Total Petroleum Hydrocarbon) határértékek felszín alatti vízre és talajra

<b>TPH határérték típus</b>	<b>Földtani közeg (mg/g)</b>	<b>Felszín alatti víz (µg/l)</b>
Háttérérték	50	50
Szennyezettségi határérték	100	100
C <sub>1</sub> intézkedési határérték	300	500
C <sub>2</sub> intézkedési határérték	3000	1000
C <sub>3</sub> intézkedési határérték	5000	2000

**trofikus szintek:** a táplálékláncban egymás fölött elhelyezkedő szintek: termelők a növények, elsődleges fogyasztók a növényevő állatok, ezeket fogyasztók a ragadozók. Az elpusztult élőlények (holt szerves anyag) ismételt felhasználhatóságát a detritusz biztosítja biodegradációval és mineralizációval. A termelők és fogyasztók trofikus szintjei a táplálékláncban felfelé haladva egyre kisebb biomasszát képviselnek és egyre rosszabb abszolút és fajlagos tápanyag- és energiahasznosítással működnek; arányos hasábok formájában egymás fölé rajzolva ezeket a mennyiségeket jellegzetes zikkurat formát kapunk.

**vegyi anyag:** vegyi úton előállított vagy átalakított anyag, melyet kémiai sajátosságai miatt gyártunk és használunk fel. Lehet elem vagy vegyület, szerves vagy szervetlen, természetes vagy természetidegen ( $\rightarrow$ *xenobiotikum*), természetből nyert és átalakított vagy szintetikus előállított ~. Leggyakoribb ~ok: fémek, üzemanyagok, gyógyszerek, finomvegyyszerek,  $\rightarrow$ *növényvédőszer*ek, oldószer. A ~ok fokozódó mértékű gyártása és felhasználása egyre nagyobb ~ mennyiség környezetbe kerülését eredményezi, így mára ez az egyik legsúlyosabb globális környezeti problémává vált. A ~ fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságai alapvetően meghatározzák a környezetben való viselkedését, pl. terjedését és hatását. A ~ok környezet szempontjából legfontosabb tulajdonságai: illékonyság, oldhatóság, abszorbeálódóképesség ( $\rightarrow$ *oktanol-víz megoszlási hányados*, szilárd-folyadék megoszlási hányados),  $\rightarrow$ *biodegradálhatóság*,  $\rightarrow$ *bioakkumuláció*ra való hajlam, ökoszisztémára és emberre gyakorolt káros hatások:  $\rightarrow$ *akut* és  $\rightarrow$ *krónikus*  $\rightarrow$ *toxicitás*,  $\rightarrow$ *mutagenitás*,  $\rightarrow$ *karcinogenitás*,  $\rightarrow$ *teratogenitás*. A ~  $\rightarrow$ *veszélyessége* fizikai, kémiai, biológiai tulajdonságaival összefüggő sajátosság. A ~  $\rightarrow$ *környezeti kockázata* veszélyességéből és a környezettel való kölcsönhatásából adódik, nagysága a ~  $\rightarrow$ *környezeti koncentrációjának* és az  $\rightarrow$ *ártalmatlan koncentrációnak* a hányadosa. A környezetbe kikerült veszélyes ~ a  $\rightarrow$ *szennyezőanyag*.

**veszély felmérése:**  $\rightarrow$ vegyi anyagok általános kockázatának felmérése, egy fiktív környezetbe kerülést feltételezve. Ez a fiktív környezet lehet egy ország, vagy Európa, vagy a Föld, amelyet átlagadatokkal jellemzünk és a még elviselhető kockázatból adódó megengedhető vagy tolerálható koncentráció-értékeket (határértékek) ennek alapján képezzük.

**veszélyesség:** egy  $\rightarrow$ vegyi anyag azon képessége, hogy kárt tud okozni. Ennek előrejelzése a fizikai-kémiai tulajdonságok alapján is lehetséges ( $\rightarrow$ QSAR), de pontosabb a becslés, ha toxikológiai mérési eredményekből, a vegyi anyag perzisztenciájából

és bioakkumulálódó képességből indulunk ki. A veszélyes vegyi anyag környezetbe kerülésekor beszélünk →*környezeti kockázatról*.

**Vibrio fisheri:** pálcika alakú, sárgán pigmentált, csillókkal mozgó, lumineszkáló (fényt kibocsátó) baktérium, régebbi nevén *Photobacterium phosphoreum*. Tengeri környezetben él, szaporodásához 200 mM nátriumkloridot igényel, laboratóriumban könnyen szaporítható. Szabadon élve és halak specifikus világító *szimbiotájaként* egyaránt előfordul. Fénykibocsátása olyan aerob oxidációs biokémiai folyamat, mely során nem kémiai vegyületben kötve (ATP), hanem fény formájában képződik az energia:  $\text{FMNH}_2 + \text{O}_2 + \text{RCHO} \xrightarrow{\text{luciferáz}} \text{hv (490 nm)} + \text{FMN} + \text{H}_2\text{O} + \text{RCOOH}$  egyenlet szerint, ahol FMNH<sub>2</sub>: flavinmononukleotid redukált formája; RCHO: luciferin, fénykibocsátó hosszúlancú alifás aldehid; luciferáz: bakteriális enzim, vegyes funkciójú oxigenáz; hv: emittált fényenergia; FMN: flavinmononukleotid; RCOOH: hosszúlancú szerves sav. – A ~ lumineszkálása ún. autoindukciós szabályozás alatt áll: csak a mikroorganizmusra előnyös körülmények között működik, attól eltérő, nem optimális, a mikroba számára kellemetlen, ártalmas, mérgező körülmények között viszont gátolva marad. Ezen alapul a ~ tesztorganizmusként való felhasználása →*ökotoxikológiai tesztekben*. Vegyi anyagok, hulladékok és szennyezett környezeti minták akut toxicitásának mérésére több, szabványosított, laboratóriumi gyors-tesztmódszer is létezik (DIN 38412, 1991; →*Microtox*) melyek végpontként a lumineszcens fény intenzitását mérik és a fényintenzitás gátlásának mértékéből következtetnek a toxikus hatásra. A koncentráció–lumineszcenciagátlás, ill. a dózis–lumineszcenciagátlás görbéről olvassák le a 20%-os, ill. 50%-os gátláshoz tartozó koncentráció ill. dózis értékeket: EC<sub>20</sub> és ED<sub>20</sub> ill. EC<sub>50</sub> és ED<sub>50</sub>.

**vitrifikáció:** a szennyezett talaj magas hőmérsékleten történő megolvasztása, melynek során a talaj szilikátjaiból üvegszerű, amorf vagy kristályos szerkezetű szilárd anyag válik, a szerves szennyezőanyagok deszorbeálódnak és/vagy →*pirolízissel* elbomlanak, a toxikus fémek pedig immobilizálódnak. A ~ kivitelezhető *in situ* vagy *ex situ* formában. *In situ* ~t talaj vagy üledék mélyebb rétegében található igen veszélyes anyagok fizikai rögzítésére, →*stabilizálására* használják. *Ex situ* ~val hasznosítható termékek, kerámiaszerű építőanyagok (díszkavics, burkolólapok) állíthatóak elő. A ~ 1600–2000 °C-on történik, a talajba helyezett elektródák közötti nagyfeszültségű elektromos áram hatására. A pirolízis termékek, a gázok és a pára összegyűjtése és kezelése kapcsolódó technológiákat igényel. Az eljárás magas költségei miatt, célszerű a szennyezett talajt vagy üledéket frakcionálással előkezelni és csak a szennyezőanyagot tartalmazó finom frakciót alávetni ~nak. (még→*termikus deszorpció, immobilizáció*). **Hivatkozás: pirolízis, stabilizálás**

**víznyerő kutak:** a felszín alatti víz felszínre hozatalát célzó kutak, amelyek felszín alatti víztartók megnyitásával valósítják meg a víztermelést. Felszínközeli víz egyszerű kúttal, aknakúttal, – gyenge →*vízadóképességű* rétegeknél – nagyobb vízadó felületet biztosító ún. galéria segítségével nyerhető. Az aknakutakban a víz eliszaposodásának megakadályozására kavics- vagy homoksűrő réteget alakítanak ki, a vízadó réteg felső szintjéig. A nagyobb mélységű vízadó rétegeket fűrt kúttal, artézi kúttal érik el. A ~at béléscsővel látják el a nem kívánatos vízadó rétegek, pl. fertőzött felső réteg kizárására és perforált béléscsővel a víz beáramlásának biztosítására. Finom szemcséjű

vízadó réteg megnyitásához az uralkodó szemcseméretnél kisebb lyukbőségű szűrőt építenek be. A ~ból kivehető vízmennyiséget (vízadóképeességet) próbaszivattyúzással állapítják meg. Az időegység alatt kitermelhető víz mennyisége függ a kőzet (talaj) telítettségétől, vízáteresztőképességétől, a réteg hidrosztatikus nyomásától és a vízutánpótlástól. A vízkivétel módja a nyugalmi vízszinttől függ: ha az a felszín fölött van akkor felszálló, kiömlő, kifolyó vizet kapunk, ha a felszín alatt van, akkor szivattyúzással nyerjük ki. Tíz méternél kisebb mélységből egyszerű szivattyúval, nagyobb mélységből búvárszivattyúval vagy kompresszorral nyerhetjük ki a vizet. Vízkivételkor a kút vízszintje csökken (depressziós szint) és depressziós tölcser alakul ki. Több kutat egymáshoz képest úgy kell elhelyezni, hogy azok depressziós tölcseréi ne ériék el egymást.

**xenobiotikum:** környezetidegen, nem természetes vegyi anyag.