

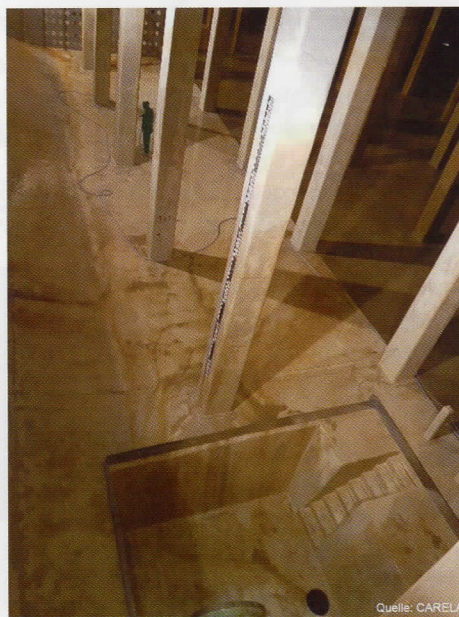
Ez az igény az egészségügyileg kifogástalan állapot érdekében az egész létesítményre vonatkozik, ez a legfontosabb elvárás. Ezen állapot kialakítása és megtartása csak speciálisan erre a célra kifejlesztett és engedélyezett tisztítószerekkel végzendő rendszeres egészségügyi tisztítással érhető el. Mint már említésre került, semleges hatású tisztítószerek erre a célra nagyon beváltak.

Irodalomjegyzék

[1] DGKH, *Pseudomonas aeruginosa - Plädoyer für die Einführung eines technischen Massnamewertes in die Novelle der Trinkwasserverordnung, 2012*; DGKH, *Gesundheitliche Bedeutung, Prävention und Kontrolle Wasser-assoziiierter Pseudomonas aeruginosa - Infektionen in Hygiene und Medizin, 2016*

[2] DGKH, *Gesundheitliche Bedeutung, Prävention und Kontrolle Wasser-assoziiierter Pseudomonas aeruginosa - Infektion und Kontrolle Infektionen in Hygiene und Medizin, 2016*

[3] VDO Kühlturmregeln 2047 Blatt2 2015; Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen DIN 1988-200, 2012, s. 36



2. ábra: Egy ivóvíztároló egészségügyi tisztítósa képzett személyzetet, higiéniailag kifogástalan munkaeszközöket és ennek biztosításához szükséges minőségi tisztítószereket követel meg.

[4] Schäufele et. al., *Einfluss für Reinigungsmitteln auf das Werkstoffverhalten zementgebundener Beschichtungen von Trinkwasserbehältern*; gwf-Wasser/Abwasser 149:124-132, 2008

[5] RKI, *„Anforderungen an die Hygiene bei der Reinigung und Desinfektion von Flächen. Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut, 2.3 s. 53*

[6] Mathieu et. al., 2014, *Drinking Water Biofilm cohesiveness changes under chlorination or hydrodynamic stress. Water Research 55: 175-184*

[7] Douterelo et. al., 2013 *Influence of hydraulic regimes on bacterial community structure and composition in an experimental drinking water distribution system. Water Research, 47(2): 503-516*

[8] Technische Regel DVGW W300-2(A) *Trinkwasserbehälter; Teil 2: Betrieb und Instandhaltung, 2014, s. 12*

[9] *Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung-TrinkwV), zuletzt geändert am 03.01.2018.*

[10] Technische Regel DVGW W 300-2(A) *Trinkwasserbehälter; Teil 2: Betrieb und Instandhaltung, 2014, s. 11*

GONDOLATOK A KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZ-ISZAP TALAJOKRA GYAKOROLT HATÁSÁRÓL



KIVONAT Az ipar szennyvíziszapok minőségére gyakorolt negatív hatása sok országban megszűnt (hazánkban is jelentősen visszaszorult). Ezért (is) érdemes a szennyvíziszapok talajtani hatásait újra számba venni, a tudomány és a tapasztalat mentén a valós helyükön kezelni. Mind a tapasztalat, mind a tudomány azt mutatja ugyanis, hogy a kommunális szennyvíziszapok mással nem pótolható pozitív hatással bírnak a talajokra.

KULCSSZAVAK nehézfémek, talajjavítás, vízmegtartó képesség, ökológiai rendszer, mikrobiális tevékenység, expozíciós rendszerek

OLÁH PÉTER EUROCERT Kft. ügyvezető igazgató, talajtani és környezetvédelmi szakember

Első hallásra nem tűnik bonyolultnak a téma, mivel már rengeteg publikáció és tapasztalat gyűlt össze eddig is ebben a témában. Jobban belegondolva azonban nem is olyan egyszerű erről egy átfogó, de rövid összefoglalást írni. Talaj is, szennyvíziszap is sokféle van, s ezeket agroökológiai rendszerbe kell helyezni. A kutatások túlnyomó többsége nagyon sok változót kizár, csak pár mérhető adatra koncentrálnak (hipotézis statisztikai igazolása vagy elvetése objektív mérések alapján). Ezzel a módszerrel átfogó, ökológiailag (logisztikailag és gazdaságilag) helytálló képet nem mindig kapunk. (A túlzott akadémikus specializáltság miatt nem látjuk a fától az erdőt.) Megtalálva, kiválasztva az értékes megállapításokat, a sok ezer éves tapasztalat és a józan ész szintetizálásával lehet gyakorlati eredményeket elérni – nem elvetve a szilárd tudományos alapokat.

Talajtanban (talajok leírása, osztályozása, vizsgálata, értékelése stb.) is többféle iskola alakult ki. Én elsősorban a magyar (Dr. Stefanovits Pál

akadémikus és elődei – akik merítették a klasszikus orosz-szovjet tudományból is), valamint az amerikai iskola anyagait ismerem.

Egy adott talajt mindig annak adott ökológiai (kialakulás, agyagásványok fajtái és mennyiségük, morfológia, éghajlat, növényzet, talajmikrobiológia stb.) környezetében kell értékelni szennyvíziszap-hasznosítás szempontjából. A szennyvíziszapok minősége időben és térben is nagyban változik. Nem igazán beszélhetünk károsanyag-tartalomról régen, az ipar térhódítása előtt (vagy után is, vidéki területeken). Később a felelőtlen és tudatlan ipari kibocsátások károsan hatottak a szennyvíziszap minőségére. Ez a folyamat mára a szigorú jogszabályok és ellenőrzések hatására sok országban megszűnt.

Egy biztos: a józan parasztember mindig is nagyra értékelte a jó trágyát, a jó fekáliát, a jó mulcsot, egyszóval a jó szerves anyagot, mivel megtapasztalta, hogy a talaj gazdagabbá válik tápanyagokban (kiemelten a lazább homokos földeken), a művelhetősége javul, és a

szárazságot is jobban tűri az ilyen talaj és az azon termesztett növény. Korábban azt is tapasztalta, hogy a fekália-szennyvíziszap tároló gödrök mentén erőteljes, nagy termést hozó paradicsom terem.

Talajfizika és a szennyvíziszap

A talajfizika a talaj fizikai struktúrája mellett a talajban a vízzel, levegővel kapcsolatos folyamatokra összpontosít. Sajnos az utóbbi időszakban az emberi fizikai behatások (kompaktáció stb.) is elemzésre kerültek.

A talajfizika külön a szennyvíziszapot nem igazán tanulmányozza, azt inkább általánosságban szerves anyagnak tekinti. Ennek értelmében fizikai szempontból a következőket írják le:

- elősegíti a talajaggregátok stabilitását,
- növeli a víz infiltrációját,
- növeli a talaj levegőztetését,
- növeli a vízmegtartó képességet,
- javítja az agyagtalajok művelhetőségét a „ragadósság” csökkentésével,
- csökkenti a felszíni kérgesedést, elősegítve a megfelelő magágy kialakítását.

A fentiekhez fontos hozzáfűzni (bár ez nem csak talajfizika), hogy a Duna-Tisza közén és más homoktalajokon az egyetlen javítási lehetőség a szerves anyag és bizonyos agyagásványok alkalmazása.

Természetesen a fentieket is részben kémiai okokra lehet visszavezetni: az agyagásványok, a víz és a szerves anyagok polarizáltságára, azaz arra, hogy töltéssel rendelkeznek. A talajok – főleg az agyagásványok miatt – nettó negatív töltéssel rendelkeznek. A vízmolekulák dipólusosak, a szerves anyagok pedig sok pólussal rendelkeznek.

Fontos tapasztalat, hogy a nagy mennyiségű száraz szennyvíziszap-komposzt talajba dolgozása átmeneti vízhiányt okozhat a növények számára – ez a szerves anyag higroszkóposágának tudható be.

Talajkémia és szennyvíziszap

A szennyvíziszappal kémiai szempontból nagyon sokat foglalkoztak, elsősorban az ipari gondatlan tevékenység miatti ún. nehézfémek miatt. Ebben a témában sokszor megkongatták a harangokat – részben objektív vizsgálatok alapján, részben pedig nem mindenre kiterjedő megfontolások mentén.

Kémiai szakmai kérdések – az úgynevezett nehézfémek témájában nagyon sokan alkottak magvas véleményt, bár néha nem érzékelem ehhez a megfelelő alapokat. Először is nem minden ún. nehézfém nehéz. Elsősorban a környezetben a koncentráció és a molekuláris megjelenés (speciation) alapvető. Ami nagyobb koncentrációban toxikus, az kis koncentrációban vagy más megjelenésben esszenciális (pl.: enzimmakotó). A molekuláris megjelenést több tényező befolyásolja: kémiai környezet; redox rendszer (pH-pE), nedvesség (pF), (agyag)ásványok, szerves vegyületek és a biológiai környezet (baktériumok stb.).

A szennyvíziszapok esetében nagyon fontos a szerves vegyületekkel való „nehézfémreakció”. Hazánkban ezzel a témával még kevesen foglalkoztak (Anton A., Uzinger N., Heltai Gy., Oláh P. stb.): megállapították, hogy az ionok reakcióba lépnek a szerves molekulákkal, így azok toxikus hatása hosszú távra (normál feltételek mellett véglegesen) megszűnik vagy nagymértékben csökken. Erre példa a tiszai cianidszennyezés is, melynek a vártnál gyorsabb regenerálódása a vízűgy áldásos beavatkozása mellett a szerves anyagok és agyagásványok jelenlétére vezethető vissza. „Nehézfémekkel” szennyezett talajokat is remediálnak.

A szennyvíziszapnak mint szerves anyagnak a következő pozitív kémiai hatásai vannak a talajra:

- növeli a kationcserélő kapacitást – képezzé téve a talajt esszenciális

tápanyagok megkötésére,

- elősegíti a talaj pH-stabilitását – pufferkapacitását,
- a talajásványi anyagok lebontását elősegíti, így a tápanyagok a növények számára felvehetőek lesznek.

Az egyes alkotóelemek és jellemzőik

Szén:

Minden szerves anyag alkotóeleme. Nagy mennyiségben a talajba kerülése pentozán hatást (átmeneti nitrogénhiányt) eredményez, amit a C:N arány betartásával meg lehet előzni.

Nitrogén:

Alapvető fontosságú az élő szervezetek számára. Túlzott koncentrációban a negatív ionjai (nitrit és nitrát) nem kötődnek a talajhoz, és a talajvízbe kerülhetnek. A csecsemők ilyen talajvíz ivása után „bekékülnek”: a vasat a nitrit-nitrát kiszorítja a vérből, aminek oxigénszállító képessége lecsökken.

Foszfor:

Régebben a mosószerekben alkalmaztak nagy mennyiségű foszfort, ami a szennyvizek élővízbe kerülésével eutrofizációt (növényi túlbuzjást) okozott. Mára a mosószerek nem tartalmaznak annyi foszfort, sőt maga az elem lassan hiánnyá válhat a lecsökkent kiaknázhatóság (kevés bánya) miatt. Egyesek már utópisztikusan a szennyvíziszap égetése után a hamuból kivonnák a foszfort trágyázási céllal.

Kálium:

A szennyvíziszapok káliumtartalma rendszerint alacsony. Talajba kerülve mint pozitív ion az agyagásványok és a szerves anyag felületén megkötődik, és ezt később a növények képesek felvenni.

Kalcium:

A kalcium a talajok fizikai és kémiai (pH-) tulajdonságait közvetve javítja, segítve a növények tápanyagfelvételét. Szennyvíziszapba technológiai folyamat (mészadagolás) által kerülhet be.

Magnézium:

A kalcium mellett, annak ellenére, hogy kicserélhető formában a második leggyakrabban előforduló kation a talajban, kevésbé vizsgált, mivel a magnéziumhiány vagy -fölösleg nagyon ritka.

Ólom:

Az ólomot főleg az iparban használják: csövek, akkumulátor, lőszer, üzemanyagok és festékek előállításához, melyek maradványai a szennyvíziszapban is megjelentek. Mára a szabályozások miatt lecsökkent az ólom használata.

A talajban elsősorban légköri szennyeződések ülepedése után jelentkeznek ólomszennyeződések. Az ólom a talajban a legkevésbé számít mobilnak – lekötődik az agyagásványokon és a szerves anyagokon. Foszfátokkal és szulfátokkal mozgékonyabb komplexeket képezhet. Az ólomnak legkitettebb egyed az ún. falat (festéket) nyalogató-evő „pica” gyerek, a gyi kapacitáslemaradást detektálva.

Cink:

A szennyvíziszapban a csövekből való kioldódás és az ipari kibocsátás eredményeként jelentkezik. A talajba cink elsősorban mezőgazdasági hulladékokból, iszapokból, műtrágyákból és minimálisan levegőből ülepedéssel kerül. Normál körülmények között a cink mint pozitív ion megkötődik, viszont savas körülmények között jelentősen nő a mobilitása.

Kadmium:

A szennyvíziszapban korábban kohászatból származott a legtöbb kadmium. Jelenleg kozmetikai szerek, elemek, festékek, korrózió elleni bevonatok és növényvédők szerek a leggyakoribb forrásai.

A talajban természetesen is előfordul, de származik még mezőgazdasági

hulladékokból, iszapokból, levegőlepedésből. A talajban normál körülmények között megkötődik, viszont pH-csökkenéssel egyre mobillabbá válik.

Nikkel:

A szennyvíziszapba főleg a kohászatból kerül be, bár minimálisan kozmetikai szerek, pigmentek is hozzájárulnak a koncentrációhoz. A nikkelt két pozitív töltésű ionjával komplexeket formál agyagásványokkal és szerves anyaggal. Talaj-pH-növekedéssel az oldhatósága csökken.

Réz:

A szennyvíziszapokba főleg az iparból kerül: csövek, elektronikai alkatrészek stb. révén. A talajban leggyakrabban két pozitív töltésű ionként komplexeket képez. Erősebben reakcióképes szulfáttal. Reduktív, savas körülmények között pozitív ionná alakul, ilyen körülmények között növekszik a mobilitása.

Króm:

Három (chromic) és hat pozitív töltésű ionként fordul elő leggyakrabban, amelyből az utóbbi oxigénnel képzett, két negatív töltéssel rendelkező komplexe (chromate) rendelkezik toxikus hatással. Főleg ipari eredetű: kohászat, bőrcserzés, de légkőrből származó kimosódás eredményeként is kerülhet iszapba és talajba.

A hat vegyértékű krómkomplex a két negatív töltése miatt nagyon mobilis, de szerencsére redukzív körülmények között átalakul krómionná, ami főleg a szerves anyagokban megkötődik.

Higany:

Higany a szennyvizekbe a csökkenő ipari eredeten kívül a háztartásokból (összetört hőmérő, esetleg fénycső) és minimálisan esővízből kerülhet.

A talajban a higany ásványi eredetű is lehet (cinnabar HgS), leggyakrabban ionként két pozitív töltésű kationos formában fordul elő. A környezettől függően (redox, pH, pF) különféle komplexeket alkot. Gőzzé is tud válni, amely alakjában nagyon mérgező. A legnagyobb higanykoncentrációt (messze nem mérgezőt) tőzegtalajokban mérték. A fentiekből egyenesen következik, hogy a laborvizsgálatok más megvilágításba kerülnek, nem megszokott kérdések megválaszolása is szükséges lehet:

1. Nagyon fontos a mintavétel rendszere és a minta feltárásának módszere. A kérdés: vizsgálati módszereink (kioldás) mennyire bontják meg a fenti elemek komplexeinek rendszerét, mennyire adnak gyakorlati, megbízható eredményt.
2. Nagy kérdés az is, hogy ezeket az eredményeket ki és hogyan magyarázza.

Szerves vegyületek a szennyvíziszapban és a talajban

Olajok, PAH, PCB és társaik: ez a téma is sok oldalt megtöltene. Most annyival intézem el, hogy normál körülmények között ezek nem okoznak gondot. A hormonok és gyógyszermaradékok is érdekes kérdéseket vetnek fel. Itt kimérhetőségről (nanogramokban) beszélünk elsősorban, és nem definiált kockázati rendszerekről. Ezek a mérések főleg felszíni vizekre koncentrálnak. Az USA-ban ezzel a témával kapcsolatban jogszabály-módosítást nem rendeltek el, bár széles körű méréseket végeztek. Hazánkban például az Észak-pesti Szennyvíztisztítóban végeztek vizsgálatokat, amelyek „intő” eredményeket nem produkáltak. A téma figyelése és józan értékelése fontos a teljes kép, a teljes kockázati rendszer ismeretében (ne a publikációs szám növekedjen, hanem a biztonságos felmérés és szükség esetén a megoldás mértéke!).

Talajbiológia és szennyvíziszap

Amint már említettem, a szennyvíziszap is sokféle lehet és sokféleképpen kezelhető. A leggyakoribb stabilizálási eljárás a komposztálás, ami

egy pasztörizálási folyamat. A pasztörizálás (hőkezelés: több napon keresztül az anyag hőmérsékletét oxidatív körülmények között 75 Celsius-fok körül tartjuk) igazoltan megöli a patogének túlnyomó többségét, megszüntetve az iszap fertőzőképességét. A fermentáció is hasonló, csak oxigénmentes környezetben. Korábban kísérleteztek az iszapok sterilizálásával (magas hőmérséklet, mész stb.), de ez nem vezetett elfogadható eredményhez.

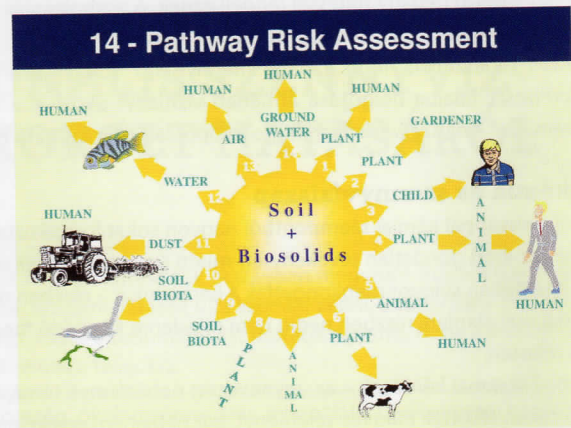
A szennyvíziszap mint szerves anyag hatása a talajra:

- táplálékot nyújt a mikroorganizmusoknak,
- a talaj biodiverzitását elősegíti,
- növeli a mikroorganizmusok számára kedvező pórúterfogatot,
- vízmegtartással javulnak a mikroorganizmusok életfeltételei.

Nagyon fontos kiemelni, hogy az agyagásvány-szerves anyag komplex a mikroorganizmusok számára életteret, tápanyagot jelent, és minél nagyobb az élettér, annál nagyobb a mikrobiális aktivitás.

Emberi tényező

Alapvető fontosságú, hogy eddig a talajjal foglalkoztam, és nem a teljes ökológiai rendszerrel. A felső földréteg önmagában nagyon nagy túrésszűréssel rendelkezik (lúgos, szikes talajoktól a savas talajokig vagy akár a kénes források környezetéig – és ezeknek megvan a saját élőviláguk). Az ember szemszögéből, sokszor akár szemellenzős módon (lásd intenzív mezőgazdálkodás, amely a talajt, a talajéletet degradálja) a learatható, eladható növény (takarmány, élelem) a fontos. Ezért megjelentek a kockázatelemzések (Kuldip Kumar Ph.D. nyomán):



Az értelmes jogszabályok olyan expozíciós rendszeren alapulnak, mint például az USA 503-as szövetségi törvénye a szennyvíziszapok hasznosításáról.

Tehát a jogszabály 14 kockázati utat ír le, melynek nagy része „human”, azaz emberi végződésű, ahol pedig nem az, ott is felvetődhet az emberre való hatás. Például a 3. útvonal a toxikus fémek esetén a leg súlyosabb lehetséges szituáció, amikor a gyerek táplálékába szennyvíziszap kerül (kockázat = bekövetkezés valószínűsége x hatás nagysága).

Összefoglalás

A fentiekben gondolatindítónak felvázoltam információkat a szennyvíziszap és a talaj viszonyáról – kiragadva azokat a teljes ökológiai rendszerből. A szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosítására sok országban és hazánkban is nagyon sok pozitív gyakorlati példa található. Ahhoz, hogy ne fulladjunk bele a saját szennyvíziszapunkba, és a saját, nagyüzemi mezőgazdaság által degradált talajainkat javítsuk, szinergiák megtalálásával kell előrelépünk. A szennyvíziszap a talaj szempontjából nagyon fontos érték, melyet mezőgazdasági nemzetként érdemes kihasználnunk.