

A TALAJ-TERMŐKÉPESSÉGÉNEK NÖVELÉSE HÁZTARTÁSI, ÉLELMISZER-IPARI ÉS A MEZŐGAZDASÁGI EREDETŰ HULLADÉKOKBÓL KÉSZÜLT KOMPOSZT FELHASZNÁLÁSÁVAL

INCREASING SOIL PRODUCTIVITY USING COMPOST FROM
HOUSEHOLD, FOOD AND AGRICULTURAL WASTE

JUHÁSZ JÁNOS

JURA-MÉRNÖKIRODA DR. OLÁH JÓZSEF

Kivonat: A tanulmány röviden összefoglalja a **Kárpát-medencében**, s benne **Magyarországon** a legfontosabb talaj-degradációs folyamatokat. A talaj-degradációs folyamatokkal érintett talajok „rehabilitációjára” és a talajerő pótlására biológiailag bontható hulladék anyagokból készült komposztok tűnnek a legalkalmasabbnak. A komposztálásra megfelelő mennyiségű és minőségű (35,5 – 37,5 millió t/év: kommunális; élelmiszer-ipari; trágya; települési; zöld hulladék; szennyvíziszap; mezőgazdasági ligno-cellulóz eredetű) hulladék áll rendelkezésre. A kész komposzt humin-anyagokat (~5 %) tartalmaz, amelyek javítják a gyökértömeg fejlődését és a növekedést, javítják a tápanyagok felvételét, megváltoztatja a talaj szerkezetét, így az kevésbé erodálódik és hozzájárulnak a magasabb terméshez és a jobb termés minőség eléréséhez. Komposztálásra a levegőztetett prizma-komposztálási technológia ajánlható, viszonylag egyszerű gépészet és automatika szükséges az üzemeltetéséhez.

1. BEVEZETÉS

Tanulmányunkban a talajerő pótlására alkalmas kommunális szilárd hulladék, szennyvíziszap és mezőgazdasági eredetű hulladékoknak komposzt formában történő felhasználásának kérdéseivel foglalkozunk. Értékeljük az EU ide vonatkozó elképzelését, a hazai felhasználás hiányosságait, tendenciáját és a jövőben a felhasználás

felfutásának lehetőségeit. Nem foglalkozunk a technológiák elméleti alapjaival, a lehetséges technológiai megoldásokkal is csak érintőlegesen foglalkozunk. Az elméleti alapokat az interneten megjelent angol, és német nyelven közzétett tanulmányok, PhD dolgozatok és magyar nyelvű közlemények részletesen tárgyalják. A komposzt

készítés elméleti kérdései a hazai szakemberek előtt jól ismertek (Alexa, L., Dér, S., 2001; Alexa, L., 2017; Fazekas et al., 2014), ezért e kérdésekkel tanulmányunkban részletesen nem foglalkozunk. Röviden ismertetjük az Európai Unióban a hulladékoknak komposzt formájában történő feldolgozását és hasznosítását. Kitérünk a hazai kommunális hulladék gyűjtésére és kezelésére. Értékeljük a hulladékok hatékony, közös komposztálási megoldásait, valamint a szakszerű komposztálás összefüggéseit.

2. A TALAJOK TERMŐKÉPESSÉGÉNEK CSÖKKENÉSE

Agrárszakemberek szerint az intenzív, modern mezőgazdaság a vesztébe rohan a túlzott vegyszer- és műtrágyahasználattal. A talajok termőképességét számos behatás fenyegeti, köztük a földhasználati gyakorlatunkhoz kapcsolódó szennyezés. Az intenzív gazdálkodásban használt növényvédő szerek, gyomirtó szerek és más vegyi anyagok károsítják a talaj biodiverzitását. További fenyegetést jelentenek a fizikai változások, például a talaj tömörödése és leburkolása, amikor mesterséges felületekkel, például betonnal vagy aszfalttal borítják be a talajt. A tömörödés csökkenti a pórusokat, és a pórusokban élő biomassza és a víz útját a talajba, és a fajok terjedését is. A talaj rendkívül dinamikus és törékeny rendszer. Emberi időléptékben mérve véges erőforrás: 1 cm vastag termékeny talajréteg képződése akár 1000 évig is eltarthat. Ismeretes, hogy amint a talaj organizmusai fogyni kezdenek, a teljes ökoszisztéma működése romlani kezd.

A talajdegradációs folyamatok kialakulását és hatását **Várallyay** több tanulmányában részletesen tárgyalja (Várallyay, Gy., internet/1). A talajdegradációs

folyamatok természeti okok miatt, vagy a sokoldalú emberi tevékenység hatásaként tudatos vagy nem kívánt következményeiként egyaránt bekövetkezhetnek. A talajdegradációs folyamatok a talaj anyagforgalmának számunkra kedvezőtlen irányban történő megváltozását jelentik, amelynek következményei: a terület értékcsökkenése, zavarok a talaj funkcióiban, a talaj termékenységének csökkenése, talajökológiai feltételek romlása (kisebb termés), kedvezőtlenebb körülmények az agrotechnikai műveletek időben és megfelelő minőségben történő elvégzéséhez, nagyobb termelési ráfordítások, káros környezeti mellékhatások (például felszíni és felszín alatti vízkészletek szennyezése). A talajdegradációs folyamatok általában nem szükségszerű és kivédhetetlen következményei az intenzív mezőgazdasági és ipari termelésnek, hanem többnyire megelőzhetők, kiküszöbölhetők, de legalább bizonyos tűrési határig mérsékelhetők. **A Kárpát-medencében, s benne Magyarországon** a legfontosabb talajdegradációs folyamatok (zárójeles adatok a hazai veszélyeztetett területek) következők:

- Víz és szél okozta erózió (1,4 millió ha),
- a talajok savanyodása (1,2 millió ha),
- só felhalmozódás, szikesedés (757 ezer ha).
- talajszerkezet leromlása, tömörödés,
- a talaj vízgazdálkodásának szélsőségesseé válása,
- biológiai degradáció: kedvezőtlen mikrobiológiai folyamatok, szerves-anyagkészlet csökkenése,
- a talaj tápanyagforgalmának kedvezőtlen irányú megváltozása,
- a talaj puffer-képességének csökkenése, talajmérgezés, „toxicitás”.

A **talajegészség** alatt azt értjük, hogy a talaj folyamatosan képes arra, hogy élő ökoszisztéma-ként működjön, amely fenntartja a növényeket.

A talajegészség 5 alapelvét az Egyesült Államokban fogalmazták meg és alkalmazzák, mint irányelvet. Az 5 alapelv a következő: 1) folyamatos talajtakarás; 2) minimális talajbolygatás; 3) növényi diverzitás; 4) élő növények és gyökerek 365 napon keresztül; 5) az állatállomány integrációja.

A **talajmegújító mezőgazdaság** (TMMG) alapelvei a következőkben foglalható össze (*internet/2*):

- a. A **talajbolygatás minimalizálása**. A mezőgazdasági termesztés egyik szokásos eleme a talajművelés, amely változó mértékben bolygatja a talajt. A talajművelés a termesztett növények körétől függően szükséges lehet, de a szántás teljességgel kizárt és talajvizsgálatra alapozott, okszerűen végzett forgatás nélküli, minimális talajművelés a cél. A termőtalaj minél inkább bolygatott, annál gyorsabban veszti el a szerkezetét és humusztartalmát. A szerkezetét és humusztartalmát veszített talaj gyorsan tömörödik, kiszáradáskor cserepesedik, vízbefogadó képessége, tápanyag és nedvességtartó kapacitása lecsökken.
- b. **Növényi változatosság**. A TMMG fontos eleme a széles vetésforgó, az egymás után sorrendben **termesztett növények változatossága**, az együtt termesztett növények és a sok növényfajból álló másodvetésű keverékek, a takarónövények alkalmazása. A főnövények és takarónövények kombinációja a talajművelés minimalizálásával segítenek változatos ökoszisztéma kialakításában és fenntartásában. A változatos fő- és takarónövények javítják a talajszerkezetet és a megfelelő mikrobiális életközösséggel segítik a talajban kötött szerves szén mennyiségének emelését.
- c. **Takart talajfelszín**. A talajtakarás elsődleges szerepe, hogy a talaj ott maradjon, ahol van. A takaratlan talajfelszín szabad prédája a csapadéknak és szélnek, a szél és vízerózió évente több tonna termőtalajt képes elfújni vagy lemosni a termőföldről. A potenciális eróziós kockázat leghatékonyabban az évente 12 hónapig takart talajfelszínnel valósítható meg.
- d. **Élő gyökerek**. Az egész évben élő gyökerek rendkívül fontosak a TMMG-ben. A változatos növények élő gyökerei állandó táplálékkal látják el a gyökérzónában élő mikrobák milliárdjait, akik a biokémiai folyamatok során jelentős szerepet játszanak a tápanyagok feltárásában, körforgásban tartásában. A mikrobák anyagcseretermékei táplálják a növényeket és stabilizálják a talajt tartós morzsák képzésével.
- e. **Állatok integrálása**. A haszonállatok integrálása emeli a TMMG-t magasabb szintre, de a legeltetést sok esetben a vagyonzás, birtokszerkezet elaprózottsága vagy az ivóvíz rendelkezésre állása korlátozza. A termőföldeken, kontrollált időszakban és térben, legeltetéssel tartott állatok gazdaságos megoldás, amelyek a talaj egészségére és az ökoszisztéma szolgáltatások javítására is nagy hatással vannak. A leggyorsabban javuló talajok világszerte a legeltetéssel is rendelkező gazdaságokban találhatók meg.

3. KOMPOSZT FELHASZNÁLÁSA A TALAJerő PÓTLÁSÁRA

A talaj olyan szilárd természeti erőforrás, amely megújulni képes. Ha védjük a pusztulástól, az eróziótól, az elsavanyodástól, fenntartjuk biológiai aktivitását, megőrizzük szerkezetét,

pótoljuk a növénytermesztéssel kivont humuszt, a makro- és mikroelemeket, akkor a talaj képes újra és újra megújulni és biztosítani a rajta élő emberek egészséges életét.

A komposzt szerves háztartási hulladékból, kertészeti vagy ipari melléktermékekből, aerob termofil körülmények között lebontott, földszerű érett talajjavító anyag. Minősége, összetétele változatos. Általában kiegyensúlyozott tápanyagtartalmú, mikroelemekben gazdag trágya. Milyen növényi részeket lehet komposztálni? Ezek közé tartozik: biológiailag bontható szerves-anyagtartalmú anyagok (szennyvíziszap; kommunális hulladék; mezőgazdasági ipari stb.) és lazító, vagy hordozóanyag céljából a szerves-anyaghoz adagolt ligno-cellulóz anyagok (nyesedék, venyige, szár, falevél, fűnyesedék stb.). **Pentozán-hatásról** beszélünk abban az esetben, ha szármaradványok kerülnek a talajba, vagy nem teljesen érett, szalmában gazdag trágyát használnak tápanyag utánpótlására. Ilyen esetben a szerves-anyag bomlás közben nitrogént von el környezetétől, és ennek következtében a vegetációs időben a növények tápanyaghiányosak lesznek. A kedvező 20:1 szén:nitrogén arány kedvezőtlenre fordulhat (50:1) és átmeneti nitrogénhiány állhat elő. Ha nem oldható meg teljesen érett szerves trágya használata, nitrogénműtrágyát adagolnak a szerves trágyához, és ezzel forgatják be a talajba. Így a bomlás során a műtrágyából származó nitrogént használják fel a baktériumok, nem a környezettől vonják el. A szármaradványok talajba történő bedolgozása a mezőgazdaságban jól ismert folyamat. A szármaradványoknak a komposzt-készítésbe való bevonása a pentozán-hatást csökkentheti és a talaj komposzt formájában komplex tápanyaghoz jut.

A komposztálás jelenlegi helyzetét és a mezőgazdasági nagy üzemek hozzáállását jól jellemzi az alábbi idézet: *„Sajátos ellentmondás ugyanakkor – s ez is napjaink jellemzője –, hogy komposztálás reneszánszát elsősorban nem a talajerő-gazdálkodás igénye hívta életre, hanem a hulladékok nagymértékű növekedése”* (Alexa L. – Dér S.: Szakszerű komposztálás, 2001 Gödöllő). Sőt olyan képtelen ötlet is felmerült a hazai hulladék-gazdálkodásban, hogy a komposztálási technológiát a hulladék égetés érdekében célszerű felhasználni. Ez azt jelenti, hogy a biológiailag bontható nedves szerves-anyagot (szennyvíziszap; élelmiszeripari hulladék) adalékanyag segítségével félszáraz (60 - 65% szárazanyag) komposztta alakítjuk, majd elégetjük energianyerés céljából.

Jelenleg a nagyüzemi takarmánynövények termesztésénél a talajerő kimerülése fenyeget. Ennek megakadályozása miatt a komposzt nagyobb mértékű felhasználásával kell számolni. A talaj-degradációs folyamatokkal érintett talajok „rehabilitációjára” a hulladék anyagokból készült komposztok tűnnek legalkalmasabbnak. A komposzt természetesen nem csak a leromlott talajok esetében alkalmas a talajerő pótlására, hanem általános tápanyag és humusz kiegészítőnek is tekinthető. A **komposzt használatával járó előnyöket** az alábbiakban foglalhatjuk össze (*internet/3*):

- A komposztban lévő humuszanyagokban a tápanyagok olyan formában vannak jelen, hogy a növények azokat könnyen fel tudják venni.
- Lassan szabadítja fel a főbb növényi tápanyagokat, beleértve a foszfátot, káliumot, magnéziumot és a kén, így kisebb a kimosódás veszélye.

- A komposzt csökkentheti a kémiai növényvédő szerek használatát, mivel hasznos mikroorganizmusokat tartalmaz, amelyek megvédhetik a növényeket a betegségektől és kártevőktől.
- A komposzt semlegesnél magasabb pH-értéke azt jelenti, hogy puffereli a magas nitrogénbevitel savasító hatását, segít a talajok optimális pH-értékének fenntartásában
- A komposzt elősegíti az egészséges gyökérzet kialakulását, ami csökkenti a lefolyást.
- A komposzt felhasználással a szerves anyagok mennyiségének mindössze 5%-os növekedése megnégyszerezi a talaj víztartó képességét.
- A komposzt makro- és mikro-tápanyagokat tartalmaz, amelyek gyakran hiányoznak a szintetikus műtrágyákból. A komposzt az alapvető növényi tápanyagok teljes spektrumát tartalmazza.
- A komposzt a szintetikus műtrágyákkal ellentétben lassan - hónapokon vagy éveken keresztül - szabadítja fel a tápanyagokat.
- A komposzt csökkentheti a szintetikus műtrágyák használatát, vagy meg is szüntetheti azt. Kiegészíti és fokozhatja a szerves műtrágyák teljesítményét, csökkentve a szükséges össz mennyiséget (műtrágya-megtakarítás). A komposztal dúsított talaj jobban megtartja a műtrágyákat. Kevesebb műtrágya folyik el és így nem szennyezi a vízfolyásokat.
- A komposzt pufferolja a talajt, semlegesíti a savas és lúgos talajokat, és a pH-szintet a növények számára optimális tartományba hozza és ez által a tápanyagok hozzáférhetősége javul.
- A komposzt segít megkötni a talajrészecskéket, az úgynevezett aggregátumokat, amelyek jó talajszerkezetet biztosítanak. Az ilyen talaj tele van apró légcsatornákkal és pórusokkal, amelyek megtartják a levegőt, a nedvességet és a tápanyagokat.
- A homokos talajnál a komposzt segíti a vizet és a tápanyagokat megtartani.
- A komposzt fellazítja az agyag- vagy iszapos talajban a szorosan kötött részecskéket, így a gyökerek szétterjedhetnek, a víz lefolyik, és a levegő bejuthat.
- A komposzt képes a tápanyagokat elég szorosan megtartani ahhoz, hogy megakadályozza azok kimosódását, de elég lazán ahhoz, hogy a növények szükség szerint felvehessék azokat.
- A komposzt minden talajt könnyebben megmunkálhatóvá tesz.
- Növeli a mikrobiális aktivitást, vagyis a komposzt változatos életet biztosít a talaj életközösségének. Ezek a baktériumok, gombák, rovarok, giliszták és még sok más, melyek biztosítják a növények egészséges növekedését. A komposztbaktériumok a szerves anyagokat a növények számára hozzáférhető tápanyagokká alakítják. A komposztal dúsított talajban sok hasznos rovar, giliszta és más organizmus él, amelyek átfúrják a talajt, és jól szellőztetik azt.
- A komposzt elnyomhatja a betegségeket és a káros kártevőket, amelyek a leromlott szerkezetű, élettelen talajban eluralkodhatnak.
- Az egészséges talaj fontos tényező a vízünk védelmében. A komposzt növeli a talaj vízmegtartó képességét és csökkenti a lefolyást. A lefolyás szennyezi a vizeket, mivel a talaj, a műtrágyák és a növényvédő szerek a közeli patakokba jutnak.
- A komposzt elősegíti az egészséges gyökérzet kialakulását, ami csökkenti a lefolyást.

3.1. KOMPOSZT KÉSZÍTÉSÉRE FELHASZNÁLHATÓ HULLADÉKOK

A komposztálás alapanyagai lehetnek mezőgazdasági növényi hulladékok, állattartó telepek trágyái, szennyvíziszapok, kommunális hulladékok, élelmiszeripari hulladékok, állati és növényi hulladékokat feldolgozó ipar melléktermékei, fa-, cellulóz-, papíripari hulladékok, bőripar, ragasztó és zselatin gyárak hulladécai.

Szükséges a különösen az élelmiszeripari, valamint az élelmiszeripar egyéb hulladékainak hasznosításának ösztönzése. A mező- és erdőgazdaságban, valamint az élelmiszeriparban összesen évente mintegy 35 millió tonna hasznosítható biomassa képződik. Az élelmiszeripari szennyvizek tisztításakor keletkező iszapok mennyisége éves szinten 150 ezer tonna. Ennek 66%-a a húsiiparban, 30%-a a baromfiiparban, 2-3%-a az Állati Fehérje Takarmányokat Előállító Vállalatnál (ATEV), 0,4%-a pedig a szesziparban keletkezik. El kell érni, hogy a képződő élelmiszeripari szerves hulladék megközelítőleg teljes mennyisége visszakerüljön a természetes biológiai körforgásba. Ez azt jelenti, hogy a hulladékokból biogázt kell előállítani, vagy a talajerő pótlására komposztot. A növényi termékek feldolgozásának előkészítésekor képződő egyéb hulladék egy része is visszavezethető a természetbe. A biológiai úton lebontható növényi és állati hulladék lerakását gyakorlatilag teljes egészében meg kell szüntetni. Ennek érdekében az ilyen hulladékok kezelésére komposztáló, biogáz-előállító, és hasznosító létesítményeket kell kialakítani. A mezőgazdasági és az élelmiszeripari hulladék kezelésének egyik környezetkímélő megoldása a komposztálás. Szükség van mintegy 5-6, összesen 70-90 ezer tonna komposztáló-kapacitás kiépítésére. E mellett biztosítani kell a fel nem dolgozható hulladék biztonságos kezelését, mely egy kb. 10 ezer tonna kapacitású speciális égetővel megoldható lenne (*internet/4*).

A komposztálható alapanyagok listája rendkívül széles. Megemlíthetők közöttük a mezőgazdaság termelési hulladékai, az élelmiszeripar feldolgozási hulladékai, a legkülönbözőbb eredetű trágyák, lakossági hulladékok, fafeldolgozási hulladékok, egyéb szerves hulladékok, mint a lakókörzetből összegyűjthető kerti hulladékok, növényi maradványok, fű- és faapríték, nem káros hatású egyéb ipari hulladékok, valamint a lakossági szennyvíz tisztításánál keletkező szennyvíziszapok is.

KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZISZAP

A szennyvíztisztító telepeken képződött iszapok lazítóanyagok (fanyesedék, fűrészporszór stb.) hozzáadásával jól komposztálhatók. A rothasztóból kikerülő szennyvíziszapok, amelyek még biológiailag tovább bonthatók szintén kiegészítő anyagok hozzáadásával komposztálhatók.

AZ IPARI SZENNYVÍZTISZTÍTÁS ISZAPJAI

Az ilyen iszapfajták esetén fontos kiemelni, hogy az élelmiszeripar szennyvíztisztítói rendszerint komposztálásra kitűnően alkalmas iszapokat termelnek. Esetenként ugyanilyen jellegű a gyógyszeralapanyag vagy gyógyszergyárak szennyvíztisztítóinak iszapja is.

A papíripar esetében keletkező szennyvíziszapok mindkét fajtája, az üleptített rostiszap, valamint a biológiai tisztítás eleveniszapja is megfelelő energiatartalmú komposzt alapanyag, vagy segédanyag.

TRÁGYÁK

Az állattartás esetében ugyanakkor igen nagy fajlagos trágyamennyiségek keletkeznek, részben "száraz" (almos), részben "nedves" (hítrágya) formában. Az állattenyésztés trágyahulladékánál az almos trágyák és a hítrágyák esetében pedig a besűrített (15–20 %-os szárazanyag) frakció adalék anyagokkal együtt komposztálható. A trágyák komposztálása és mezőgazdasági hasznosítása természetesen egy reális lehetőség, azonban itt is rizikófaktor a tápanyag-felhasználás javítására felhasznált vegyszerek, növekedésfokozó hormonok hatása.

ZÖLDHULLADÉKOK

A lakás körüli növényzet, fű és fák hulladékai képezik ezt a kategóriát. Mennyiségük a lakókörnyezet, lakás-sűrűség függvénye. Kertvárosi területeken akár az összes hulladékmennyiség 10-20 %-a is lehet. A kerti hulladéknak mintegy 70 %-át a lenyírt fű teszi ki, a levélzet csak 25 %-ot képvisel, míg a többi 5 % egyéb, fásabb növénymaradék. Mennyiségük szezonálisan is nagyon változó. A zöldhulladékok nagyon jól komposztálhatók. Kedvező, hogy a fűmaradványok és falevelek, vagy bokrok nyesevédei nem tartalmaznak egyéb szennyező anyagokat, ellentétben a városi szilárd hulladékkal. A levelek szagmentesen tárolhatók, ezért energiadúsabb anyagokkal együtt jól komposztálhatók, hosszabb tárolás után is.

A levelek szagmentesen tárolhatók, ezért energiadúsabb anyagokkal együtt jól komposztálhatók, hosszabb tárolás után is. Az ilyen hulladékok mennyisége azonban térségenként igen változó. Esetenként az összegyűjtött falevelek is tartalmazhatnak kedvezőtlen szennyező anyagokat

(műanyag, kövek, stb.). A zöld növényzet ugyan nitrogénben gazdag, a száraz falevelek komposztálásához azonban rendszerint tápanyag-adagolás, gondos nedvesség-beállítás és szabályozás szükséges a szag keletkezésének az elkerülésére. Az alapanyaghoz ilyenkor is nitrogénforrást kellett adagolni a növényi részek gyorsabb lebomlása, nagyobb reakciósebesség (melegedés) elérése érdekében.

ÉLELMISZERIPARI ÉS MEZŐGAZDASÁGI HULLADÉKOK

A komposztáláshoz számos, ebbe a kategóriába tartozó hulladék alkalmas. Általában ami föld feletti növényi rész, vagy állati maradék és nem szennyezett, komposztálható. Ilyenek:

- burgonyahulladékok (héj, keményítő, méret alatti termés, beteg gumók, stb.),
- keményítőiszap,
- halfeldolgozási hulladékok (héj, belsőség),
- narancs és citromhéj,
- almafeldolgozás maradáka (iszap, szűrletmaradék és biológiai iszap),
- szőlőfeldolgozás hulladékai (szűrőiszap, héj, törköly, kacs, vessző),
- csokoládégyártás hulladékai,
- vízierőművek szűrőin fennakadó algák, halak és más tengeri élőlények,
- élelmiszer-előkészítés hulladékai,
- mezőgazdasági hulladékok (szalma, kukoricacsutka, rizs-, gyapot-, mandulahéj).

A felsorolt lista messze nem teljes, de jól mutatja a komposztálható állati és növényi hulladékok széles skáláját.

LAKOSSÁGI KOMMUNÁLIS HULLADÉK

A kommunális hulladék szelektív gyűjtése következtében egy nagy szerves-anyag tartalmú frakció képződik, melynek szerves-anyag tartalma kb. 80 %. Ezt a frakciót lehet felhasználni biogáz gyártásra, vagy komposztálásra. Ez a frakció már nem tartalmaz papírt, nagyobb mennyiségű műanyagot, de kisebb műanyag részekkel (kefir, tejfölös dobozok, kisebb tubusok stb.) számolni kell. Tehát kezelés előtti válogatás szükséges, de ez lényegesen kisebb feladat, mint a szelektív gyűjtés előtti kommunális hulladék kezelése.

KÜLÖNLEGES HULLADÉKOK

Ebbe a kategóriába azokat a veszélyes ipari hulladékokat sorolhatjuk, melyek a komposztálás termofil aerob körülményei között éppen a jelenlévő egyéb segéd-tápanyagok segítségével bomlásnak indulnak, majd ez a bomlás az aerob fázisban igen jó hatásfokkal fejeződik be. Közöttük elsősorban az olajos iszapok, és különböző növényvédő-szer hulladékok említhetők meg. Az összes szénhidrogén tartalom több mint 90 %-a elbomlott 70 nap alatt. Az így bontható vegyületek sorába tartoznak a benzol, pentaklór-fenol, ftalátok, könnyű és nehéz üzemanyagok, kőszénkátrány, fenolok, policiklikus aromás szénhidrogének, klór tartalmú szerves oldószerek, valamint a poliklórozott-bifenilek is.

A vegyipari hulladékok lebontására a komposztálási megoldás nagyon jelentősnek mondható, de a ezek a komposztálási maradékok mezőgazdaságban a talajerő növelésére nem használhatók fel.

4.A KOMPOSZT KÉSZÍTÉSÉRE ALKALMAS FONTOSABB HAZAI HULLADÉKOK ISMERTETÉSE

4.1. KOMMUNÁLIS HULLADÉK

KOMMUNÁLIS HULLADÉK-KEZELÉS AZ EU-BAN

A kommunális hulladék újrahasznosítása komoly kihívást jelent, mivel nagyon vegyes összetételű, sok különböző forrásból származó hulladékról van szó. Emiatt több uniós országban a kommunális-hulladék jelentős részét még mindig hulladéklerakókban helyezik el. 2018-ban az EU új, ambiciózus célokat tűzött ki az újrahasznosításra. A cél a **körforgás** megvalósítása, ez a **hulladékok újrahasznosítását jelenti**. A teljesen körforgásos gazdaság 2050-ig történő megvalósítása érdekében, az újrafeldolgozás szigorúbb szabályait kell bevezetni és az 2030-ra kötelezően teljesítendő célértékeket tűztek ki. Törekedni kell a jó minőségű, szakaszerű újrafeldolgozásra, a tagországok határolódjanak el a hulladéklerakók alkalmazásától és minimalizálják az égetést (*internet/5*).

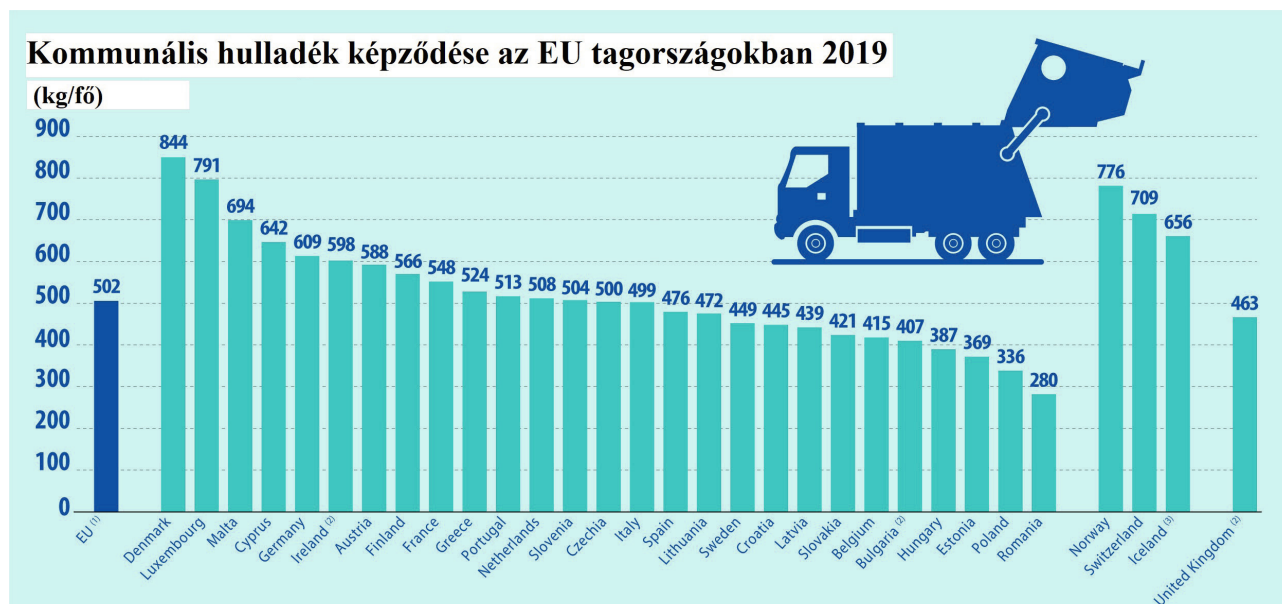
KÖRFORGÁSOS GAZDASÁG: MIT JELENT, MIÉRT FONTOS ÉS MI A HASZNA?

Az egyszeri fogyasztásra épülő gazdasági modell környezetszennyező és pazarló, az EU e helyett a körforgásos gazdaság megvalósítására törekszik. A körforgásos gazdaság egy olyan rendszer, amelyben nincsenek hulladékok, és amelyben a ma termékei egyben a jövő alapanyagai. Azért körforgásos, mert a mai rendszerrel szemben, amikor a termékeket legyártjuk, felhasználjuk, majd kidobjuk, a körforgásos gazdaságban a termékek a kuka helyett – azonos, vagy feldolgozott formában – visszakérülnek a gyártásba.

Európában évi 2,5 milliárd tonna hulladék keletkezik. Épp ezért az Unió korszerűsíti a hulladékkezelésre vonatkozó jogszabályait, hogy ösztönözze az úgynevezett körforgásos gazdaságra történő átállást. A körforgásos gazdaság termelési és fogyasztási modellje arra épül, hogy egyszeri fogyasztás helyett a termékek élettartamát a lehető legjobban meghosszabbítsuk. Amikor az adott termék eléri az élettartama végét, akkor az alapanyagokat újra lehet hasznosítani. Így csökken a hulladék mennyisége, ráadásul az alapanyagok és késztermékek újbóli felhasználása gazdaságilag is értékteremtő. Ezzel szemben a hagyományos gazdasági modell egyszeri fogyasztással számol. Sőt a fogyasztót arra ösztönzi, hogy a még használható termék helyett vásároljon új terméket. Emiatt a termékek olcsó, könnyen-hozzáférhető alapanyagokból készülnek, az alacsonyabb minőségük miatt pedig nem is tartósak.

MENNYI HULLADÉK KELETKEZIK EURÓPÁBAN?

Az **1. ábra** az EU tagországaiban képződő kommunális hulladék (kg/fő · év) értékeit mutatja (internet/6). 2005 és 2018 között csökkent az egy főre eső hulladéktermelés Európában, ugyanakkor a tagországokban egymástól különböző trendek figyelhetők meg. Az EU-ban a kommunális hulladékból 225 millió tonna hulladék keletkezett 2019-ben. Az értékek évenként kis változást mutatnak. A hulladéknak pedig csak kevesebb, mint egyharmadát hasznosítják újra. Vannak olyan tagállamok, ahol a települések hulladékának 90 százalékát szeméttlerakó helyeken tárolják, más országokban ugyanez az arány csupán 10 százalék. Kommunális hulladékból évente az EU-ban átlagosan fejenként 530 kg keletkezik. Itt jelentős eltérés van a régebbi és az újabb tagállamok között. Az előbbieket adata 570 kg/fő, az utóbbiaké 300-350 kg/fő.



⁽¹⁾ Estimated

⁽²⁾ Bulgaria, Ireland, United Kingdom: 2018 data

⁽³⁾ Iceland: 2017 data

ec.europa.eu/eurostat

1. ábra. Az EU tagországaiban képződő kommunális hulladék (kg/fő · év) értékek összehasonlítása (internet/6)

A legtöbb hulladék Dániában, Máltán, Cipruson és Németországban keletkezett, míg a legkevesebb Magyarországon, Lengyelországban, Csehországban és Romániában. A kevésbé fejlett EU tagországokban (Málta; Ciprus; Portugália; Görögország; Spanyolország; Horvátország; Bulgária; Szlovákia; Magyarország; Csehország) a kommunális hulladék elhelyezésnek a lerakás az általános elhelyezési formája. A hulladék lerakás arány ezekben az országokban igen magas 48–93 % között változik.

Európa jelenleg évente mintegy 600 millió tonna potenciálisan újrahasznosítható vagy újrahasználatos nyersanyagot veszít el hulladék formájában. Egyes területeken a hulladék 80%-át is újra feldolgozzák, míg máshol 5 %-át sem, így összességében az uniós háztartásokban keletkező hulladéknak mindössze 40%-a kerül újrafeldolgozásra.

MAGYARORSZÁG HULLADÉK GAZDÁLKODÁSA

Magyarország a hatodik legkevesebb hulladékot termelő uniós ország és 2016-ban átlagosan 379 kg/év hulladéktermelés jutott egy magyar állampolgárra. A hazai hulladékgazdálkodási infrastruktúra az európai uniós támogatásoknak köszönhetően sokat fejlődött, mégis a hulladék-kérdés környezetbarát, mai korszerű kezelésétől még távol állunk. A számok azt mutatják, hogy a közszolgáltatás keretében összegyűjtött hulladéknak még mindig, mintegy 57%-a hulladéklerakókba megy. Ezt, a stabilan 60% körül mozgó átlagot kellene levinnünk 10%-ra 2035-re.

Ennek a kidobott, lerakóba kerülő hulladéknak a jelentős része újrahasznosítható vagy energetikailag hasznosítható lenne, hiszen van olyan európai uniós tagállam, ahol a nem újra-hasznosított hulladék aránya csupán 3%-a kerül a lerakóba. A baj

forrása részben anyagi jellegű, de az emberek gondolkodása, hozzáállása is komoly tényező.

A szocializáció, a hozzászokás, a közösségi és az egyéni nevelés azokon a településeken tud a leginkább hatni, ahol a szelektív hulladékgyűjtés lehetősége már régebb óta fennáll. Az országos helyzet elég vegyes képet mutat, ezért a szelektíven gyűjtött települési szilárd hulladék aránya csak 12,32 %-ot ért el 2019-ben.

Az európai uniós támogatással a háttérben, sorra épültek meg országszerte az új, korszerű hulladék-kezelési rendszerek. Évről-évre növekszik a szelektíven kigyűjtött, újra hasznosítható anyagok aránya a hazai statisztikákban. A megoldás, tehát a felelős fogyasztói magatartás lenne, amelynek a precíz és hatékony otthoni hulladékszelektálásra is ki kellene terjednie. Ennek a *körforgásos koncepciónak egyik fontos kitétele, hogy helyi/regionális léptékben gondolkodik*. Az új hulladék-kezelési koncepció a helyi hulladéktermelők, a potenciális hulladék-hasznosítók (vállalkozások, fejlesztők), valamint a hulladékkezelésben érintettek közszolgáltatók (hatóságok) együttműködésére épít. Az EU körforgásos gazdasági koncepciója, milyen módon fog beépülni a hazai hulladékgazdálkodás rendszerébe ez eléggé kérdéses (Varjú, V. Mezei, C., 2020).

KOMMUNÁLIS EREDETŰ HULLADÉK MENYNYISÉGE ÉS ÖSSZETÉTELE

Az 1.táblázat az 2019. évben Magyarország a lakosságától elszállított összes és szelektív módon gyűjtött kommunális hulladék (tonna) adatait tartalmazza. A táblázat a Budapest és Budapest nélkül az ország hulladék adatait mutatja. Ezek az adatok nem tartalmazzák közparkokból, közterületről, lomtalanításból és a zöld hulladékok gyűjtéséből származó hulladékokat. A vizsgált időszak alatt (5 év)

a hulladék mennyiségben 11%-os növekedés volt tapasztalható és 2019. év végén az ország összes hulladékának 17 %-át szelektív módon gyűjtötték. Budapesten a szelektív gyűjtés aránya kissé magasabb 18 – 19 %, vidéken ez az arány kisebb és 16–17 % között változik (*internet/7*).

Az energianyerés céljából szóba jöhető egyik nyersanyag a kommunális hulladék. A rendelkezésre álló országos adatok között nagy szórás és bizonytalanság van. Magyarországon a kommunális hulladék mennyisége 3 millió tonna körül mozog. A KSH kiadványa szerint a települési hulladék közel negyede, 24 százaléka újrahasznosult. 2019-ben a települési hulladék 15 százalékát, 455 ezer tonnát kezeltek energiaszennyezéssel (égetés) a kiadvány szerint.

A szelektív gyűjtésben az Európai Unió, 2025-re 55%-os, 2030-ra 60%-os, míg 2035-re 65% határt tűzte ki célul. Magyarország viszont még a 2015-ös 45%-os EU átlagot sem érte el, ezáltal a lemaradás sajnos megkérdőjelezhetetlen. Ez jelentősen elmarad a nyugat-európai nagyvárosoktól, Németországban és Ausztriában 50 százalék felett van ez az arány. Legmeghatározóbb jelenség az országban a hulladéklerakás,

és a szintén nem legjobb megoldásnak számító hulladékégetés. (*internet/8*).

Összefoglalva a hulladékok újrahasznosításához a következő feltételeknek kell teljesülnie:

- megfelelő mennyiségű és minőségű hulladék,
- megfelelő szelektív gyűjtési rendszer kialakítása, mivel az ömlesztett hulladékból az utóválogatás drágább, illetve az így kinyert anyagok egymást elszennyezhetik. A komposztálás előtt a szelektív gyűjtésnél elkülönített szerves frakció utó-tisztítása (tejfölös dobozok; tubusok stb. eltávolítása),
- gazdasági ösztönző, kényszerítő rendszer kialakítása, mivel a hulladék-anyag feldolgozása mindig drágább, mint az alapanyagokból új terméket előállítani,
- a lakosság környezettudatos viselkedése,
- az újrahasznosítás, feldolgozás ipari hátterének kialakítása.

Jelenleg a kommunális hulladék országos mennyisége 2,5–3,0 millió t/év körül ingadozik. A hulladék mennyiség távlati növekedését feltételezve 3,0 millió tonna/év mennyiségből és 30 %-os szerves-anyag tartalomtól kiindulva, akkor 900

Terület		2019
neve	szintje	
Budapest	főváros	401 067 (74 896)
Budapest nélkül az ország (10 országos régió együtt)	nagy régió, régió	2 042 878 (340 898)
Ország összesen	ország	2 443 945 (415 794)

1. táblázat Lakosságtól elszállított összes kommunális hulladék és a zárójelben megadott értékek szelektívgyűjtéssel elszállított hulladék mennyisége (tonna/év) (2019)

Komponens megnevezése	Budapest	Országos átlag
Papír, %	18 – 20	15 – 17
Műanyag, %	12 – 15	5 – 7
Textil, %	5 – 6	3 – 4
Üveg, %	4 – 5	3 – 4
Fém, %	3 – 4	3 – 4
Szerves-anyag (bomló), %	30 – 32	25 – 40
Szevetlen anyag, %	25 – 30	25 – 30

2. táblázat Budapest és az ország átlagos kommunális hulladék összetétele

000 t/év szerves-anyag mennyiséggel számolhatunk. Egyes nagyvárosok esetében a kommunális hulladék szerves-anyag tartalma 25 %, azonban országos átlagban 30% szerves-anyag tatalommal célszerű számolni (2.áblázat).

4.2. ÉLELMISZER-IPARI HULLADÉKOK

A mezőgazdaságból és az élelmiszer-iparból származó hulladék mennyiség olyan nagy mennyiségű és olyan sokféle, hogy részletes tárgyalására nem térünk ki. Megemlítjük a fontosabb hulladék fajtákat, melyekkel számolni kell. Magyarországon évente mintegy 1,8 millió tonna élelmiszer-hulladék keletkezik, melynek körülbelül negyede a háztartásokban termelődik. Mezőgazdasági eredetű ipari hulladékok mennyiségéről 2004 évi felmérés áll rendelkezésre. Becslés szerint nagy változás az óta sem történt, mert a mezőgazdasági termékek ipari feldolgozása az u.n. „rendszerváltozást” követően visszaesett és számottevő növekedés

az óta sincs. Az élelmiszer-ipari hulladékok felméréséhez adatot szolgáltató egyesületek, szövetségek 2004. évi tényszámai alapján 1,5 millió tonna/év hulladék keletkezik (3.táblázat). Az élelmiszer-ipari hatalmas hulladék mennyiséget termel, melynek jelenleg kb. 15 %-a hasznosul (internet/9).

Magyarországon évente 70-75 millió tonna hulladék keletkezik. Ebből közel 35 millió tonna mezőgazdasági eredetű, és kb. 25 millió tonna nem mezőgazdasági eredetű nem veszélyes hulladék. A számokból is látszik, hogy milyen fontos a hatékony hulladékgazdálkodás, hogy minél több formáját találjuk meg a hulladékok hasznosítási módjának. Egyik hasznosítási megoldás lehet a nem veszélyes hulladékok mezőgazdasági területen történő felhasználása. A mező- és erdőgazdaságban (30 millió tonna növényi maradvány, melléktermék, nyesedék, erdészeti apríték), valamint az élelmiszeriparban (5 millió tonna) összesen évente mintegy 35 millió tonna

Adatszolgáltatás	Feldolgozott termék	Hulladék megnevezése	Hulladék mennyisége (tonna)
Alma Terméktanács	Alma 400 000–600 000 tonna feldolgozás	Szárított almatörköly Nyers almatörköly	12 000–18 000 32 000–48 000
Baromfi Terméktanács	Baromfi-feldolgozás 139 000 - 473 000 tonna Baromfitelepi és -keltetési hulladék	Baromfi-feldolgozásból származó állati szövetek Technológiai hulladék	139 000 19 000 2 500 28 641
Cukoripari Egyesület	Cukor	Technológiai hulladék	35 198 62 471
Hegyközségek Nemzeti Tanácsa	Szőlő 42 000 tonna	Törköly, seprő	80 000 288 000
Magyar Ásványvíz Terméktanács*	Ásványvíz	Mosásból, tisztításból származó hulladékok Technológiai hulladék	500 120 2000
Magyar Húsipari Szövetség	Sertés 3,1 millió darab Marha 60 ezer darab	Állati szövetek vágóhídi feldolgozásból	55 000–63 000
Magyar Sörgyártók Szövetsége	Árpa	Száraz, nedves törköly. Élesztő	26 230 104 920 1402 9346
Magyar Üdítőgyártók Szövetsége	Növényi eredetű alapanyagok	Mosásból, tisztításból származó hulladékok Technológiai hulladékok	750+180 3000
Magyar Tejipari Egyesület	Tej 1 500 000 tonna	Technológiai hulladék, melléktermék	22 500 530 000
Olajmagfeldolgozók Magyarországi Egyesülete	Olajos magvak	Mosásból, tisztításból származó iszapok	450+124
Vám- és Pénzügyőrség Országos Parancsnoksága	Gyümölcs (pálinkagyártás)	Technológiai hulladék Kezelési iszapok	18 000 63 000
Összesen			1 536 332

3. táblázat Az élelmiszer-ipari hulladékok felméréséhez adatot szolgáltató egyesülések, szövetségek 2004. évi tényszámai (internet/9).

hasznosítható biomassa képződik. Azonban az állati (húsipari, vágóhídi) hulladékok (287 ezer tonna), valamint az állati tetemek (45 ezer tonna)

csak kisebb részének a hasznosítása megoldott. Az élelmiszer-ipari hulladékok felméréséhez adatot szolgáltató egyesülések, szövetségek

2004. évi tényszámai alapján 1,5 millió tonna/év hulladék keletkezik (3.táblázat). Az élelmiszer-ipari hatalmas hulladék mennyiséget termel, melynek jelenleg kb. 15 %-a hasznosul.

4.3. LIGNO-CELLULÓZ TARTALMÚ MEZŐ- GAZDASÁGI HULLADÉKOK

Biomassza, mint szilárd energiahordozó tüzeléssel hőenergia-termelésre, vagy komposzt készítésére használható. A szántóföldi növénytermesztés melléktermékei közül a különböző gabonafélék szalmája, a kukoricacsutka, kukoricaszár, valamint néhány egyéb növény szármaradványa használható fel tüzelés, vagy komposzt készítésére. Az ültetvények melléktermékei közül a szőlővenyige és a gyümölcsfanyesedék jöhet számításba, valamint erdőgazdaságokban, fatelepeken, fafeldolgozó

üzemekben keletkező, továbbfelhasználásra már alkalmatlan fahulladékok (4.táblázat).

A mezőgazdasági melléktermékek között a legnagyobb energetikai jelentősége a szalmának van. Az elmúlt években közel 1,7 millió hektáron termeltek kalászos gabonát, s ennek 80%-án búzát. A statisztikai adatok szerint a gazdaságok a szalmának csak 59%-át takarították be valamilyen formában, a többi a tarlón elégetésre, vagy beszántásra került. Az értékes ligno-cellulóz tartalmú szalma elégetése helytelen, hiszen a komposztálásnál lazító, adalék anyagként nagyon jól felhasználható. A nagy cellulóztartalmú szalma beszántással a talajba juttatása azonban káros, ún. szénhidrát hatást vált ki, ami csak nagymennyiségű nitrogénműtrágya kiszórásával ellensúlyozható (internet/10; internet/11).

Melléktermék	Elégethető, vagy komposztálásra felhasználható mennyiség (106 tonna/év)
Szalmabála	1,5 – 2,0 (2,2 – 3,7)
Kukorica csutka	3,0 – 4,0
Kukorica szár	0,4 – 0,6
Kukoricaszár és csutka együtt	3,4 – 4,6 (5,0 – 6,5)
Napraforgó szár	0,3 – 0,4 (1,0 – 1,2)
Nyessedék venyige	0,5 – 0,7 (0,3 – 0,4)
Fa hulladék	0,5 – 0,7
Összesen	6,2 – 8,4 (8,5 – 11,8)

4. táblázat Biomassza, mezőgazdasági hulladékok (internet/10; internet/11)

Megnevezés	Mennyiség millió t/év	Biometán termelésre számolt energia tartalom (PJ/év)
Élelmiszer-ipari hulladék	1,6	17,6
Trágya	9,2	82,0
Települési hulladékok	3,0	7,9
Energianövények (500 ezer ha)	15,0	39,0
Zöld-hulladékok	0,3	2,4
Szennyvíziszap (rothasztott; aerob stabilizált)	0,23	–
Mezőgazdasági ligno-cellulóz (szalma; kukorica csutka; kukoricaszár; venyige) hulladék	6,2 – 8,4	–
Összesen	35,5 – 37,5	148,9

Megjegyzés: PJ (petajoule) = 10^{15} J

5. táblázat A hazai komposztálható hulladék mennyisége és energia tartalma

5.A KOMPOSZTÁLHATÓ HULLADÉKOK MENNYISÉGE

Komposztálásnál a biológiailag bontható szerves-anyaghoz lazító, vagy adalék anyagként növényi eredetű ligno-cellulóz tartalmú anyagokat szokás adagolni. Ezt a többféle szerves-anyagot összefoglaló néven biomasszának nevezik. Biomassza az EU irányelv meghatározása szerint a mezőgazdaságból erdőgazdálkodásból és a kapcsolódó iparágakból származó, biológiai eredetű termékek, hulladékok és mellékanyagok, valamint az ipari és települési hulladék biológiailag bontható része. A komposztálásra elsősorban élelmiszer-ipari, települési hulladékok, trágya, energianövények, zöld-hulladékok és ligno-cellulóz tartalmú mezőgazdasági hulladékok jöhetnek számításba (*internet/9; internet/10; internet/11*).

A komposztálható hulladékok becsült értékeit az 5. táblázatban foglaltuk össze. Az élelmiszer-ipari hulladékok 1,6, állati trágyák 9,2, és a települési szilárd hulladék 3,0, és ezek együtt 13,8 millió tonna/év mennyiséget tesznek ki.

Feltüntettük még a komposztálható hulladékok biometán energia tartalmát is, mert ezek a hulladékok biogáz termelésre is használhatók. A szennyvíziszap (rothasztott és stabilizált forma) és a ligno-cellulóz eredetű mezőgazdasági hulladék nem rendelkezik számottevő biogáz potenciál értékkel. A biogáz telepek száma hazánkban is jelentősen növekedett, de a nagy beruházási költségek miatt a jövőben számottevő növekedéssel nem számolhatunk. A komposzt üzemek viszonylag kicsiny beruházási költsége és a komposzt-termék gyors előállítása miatt a komposzt iparszerű termelése reálisnak tűnik.

6.KOMPOSZTÁLÁSI TECHNOLÓGIA FONTOSABB JELLEMZŐI

6.1. A KOMPOSZTÁLÁST BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A termofil aerob komposztálási folyamatot részletesen nem ismertetjük, de a folyamatot befolyásoló főbb tényezőket röviden összefoglaljuk (Alexa, 2017):

- a. *C/N arány.* A megfelelő komposztáláshoz biztosítani kell a mikrobiológiai folyamat beindulásához szükséges tápanyag-összetételt, amelyet leginkább a C/N-arány beállításával érhetünk el. Az optimális C/N-arány 30:1-hez. A túl magas C/N-arány arra utal, hogy a nehezen lebomló anyagok (ligno-cellulóz) részaránya magas, az alacsony arány pedig a könnyen lebomló alkotók túlsúlyát jelzi.
- b. Abban az esetben, ha a C/N arány túl kicsiny ($C/N < 25:1$), tehát a nitrogén feleslegben van, a fölösleges nitrogén ammónia formájában eltávozik. Ez a folyamat az intenzív ammóniaszagról könnyen felismerhető. Nagyobb C/N arány esetén a folyamat csak nagyon lassan indul be, amikor a szén egy része CO_2 formájában eltávozott.
- c. *Nedvesség tartalom.* Abban az esetben, ha túlzottan száraz a keverék, a mikroorganizmusok szaporodása lelassul, esetleg megáll, és csak a megfelelő nedvességtartalom visszaállítása után folytatódik. A komposztálás során az optimális nedvességtartalom 40 - 60 % között van. A magas nedvességtartalom esetén a póruster jelentős részét víz tölti ki, így kiszorítva az oxigént és anaerob állapot alakul ki, amely kedvezőtlen rothadási folyamatokhoz vezet, ezért a komposztálás során a nedvességtartalmat folyamatosan ellenőrizni kell.
- d. *pH-tartomány.* A komposztálásban résztvevő mikroorganizmusok pH-tartománya 4 - 9 érték közé esik, savas viszonyok esetén inkább a gombák, lúgos körülmények között pedig a baktériumok tevékenysége a meghatározó. A kedvezőtlen pH-viszonyok esetében mész adagolás szükséges.
- e. *Oxigénellátás.* A komposztálás során az oxigén tartalomnak 10 % felett kell lenni. Ez

azt jelenti, hogy az anyagnak a prizmában lazán kell állnia, és annyi strukturáló anyagot kell tartalmaznia, hogy ezt a laza állapotot biztosítsa. A levegő biztosítása az egyszerűbb kialakításnál a komposzt prizma átforgatásával történik. Az átforgatásnál az a cél, hogy a levegőáramlás folyamatos legyen a prizma peremétől a prizma aljáig. Az irányítástechnikával ellátott komposztálási technológiáknál az anyag pórusaiban lévő levegő oxigéntartalmát folyamatosan mérik, és a kapott adatok alapján visszacsatolással szabályozzák a levegőztető rendszert.

6.2. A ROTHASZTÁS ÉS KOMPOSZTÁLÁS ÖSSZESZKAPCSOLÁSA

A rothasztás és a komposztálás folyamatát célszerű összekapcsolni. Ilyen rendszert mutat be a 2.ábra. A kombinált rendszer előnyei:

- az egyesített komposztálás és a rothasztás költségei alacsonyabbak, mint a különálló rendszereké, mert a legtöbb elő- és utókezelő berendezés azonos időben alkalmazható mindkét technológiában,
- rothasztásnál biogáz termelődik, amely az egész rendszer energia igényét fedezheti,
- a szennyvíztelepekről kikerülő rothasztott iszapoknál, melyeket a mezőgazdaságban trágyaként használnak, az egészségügy a fertőző képességet illetően sok esetben kifogást emel, ezért célszerű a rothasztott iszapot más anyagokkal együtt komposztálni.

Az egyesített rendszer csak bizonyos telep kapacitástól kezdve gazdaságos. A rendszerhez kapcsolható minimális rothasztó kapacitás 3500 t/év-re tehető. A minimális összes rothasztási + komposztálási

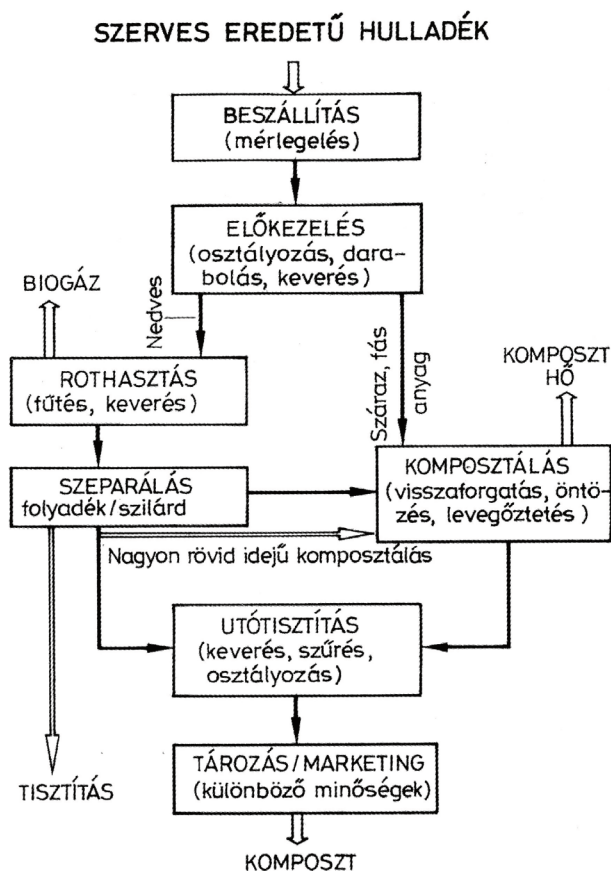
kapacitást 16 000–32 000 t/év mennyiségre célszerű kiépíteni. Környezeti és makro-ökonómiai okokból (szennyezőanyag összegyűjtés) nem ésszerű túl nagy telepeket létesíteni.

A szennyvíziszapok és szennyvíziszap komposztok mezőgazdasági hasznosítása történhet az **50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet**, valamint a **36/2006. (V. 18.) FVM rendelet** alapján. Míg az első esetben a hulladéktátusszal rendelkező anyagok (szennyvíziszap) hasznosításáról van szó, így az **50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet** alapján külön adatgyűjtési kötelezettség alá tartoznak (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal), addig a második rendelet alapján a szennyvíziszap komposztok terméshasznosító anyagként kerülnek forgalmazásra. Amennyiben a szennyvíziszap komposzt nem tartalmaz a **36/2006. (V. 18.) FVM rendeletben** előírtnál több toxikus anyagot és megfelel a minőségi követelményeknek is, terméshasznosító anyaggá minősíthető. A terméshasznosítók felhasználási területe szélesebb körű, mint az **50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet** hatálya alá tartozó szennyvíziszap komposztoké. A különböző minőségű szennyvíziszap komposztok hasznosításakor a hulladék státuszúak elsősorban az ipari-, míg a terméshasznosítók (virágföld és zöldség termesztés minőség) az élelmiszer célú növénytermesztés esetében is javasolhatóak.

Az ipari célú növénytermesztés közül kiemelkedőek lehetnének a fás-szárú energiaültetvények, de idesorolható a nagyüzemi napraforgó, repce-termelés is. Ha az energiaültetvények mezőgazdasági területen kerülnek kialakításra, a felhasználható szennyvíziszap, szennyvíziszap komposzt hasznosítása vagy az **50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet**, vagy a **36/2006. (V. 18.) FVM rendelet** alapján történhet. A földtulajdonosok

sok esetben nem nyersanyagként, tápanyag- és talajjavító anyagként gondolnak a szennyvíziszapra, és, a szennyvíziszap komposztra, hanem sokkal inkább kockázatos hulladékként, amelyek használatával elszennyezhetik talajaikat és a rajta termő növényeket.

A terméshasznosítók hasznosíthatóságát egyértelműen a gazdaságosság határozza meg a termelők szempontjából. Sokszor a komposztot előállító telepek csak veszteséget termelve tudják a terméshasznosítóikat értékesíteni. A terméshasznosítók minden „kényesebb” igényt (higiéniai; egyéb szennyező anyagok; növényvédőszer és gyógyszer maradvány) kielégít, ezért előállítása költséges (internet/12).



2. ábra A rothasztás és a komposztálás folyamatának összekapcsolása

6.3. KOMPOSZTOK MINŐSÍTÉSE

A magyar szabványok [23/2003. (XII. 29.) KvVM rendelet; 36/2006. (V. 18.) FVM rendelet] a komposztálás általános szabályaival, a komposztálás előírásaival, illetve megengedhető szennyező anyag koncentráció értékekkel foglalkozik. Egy kész komposzt termék általános jellemzésével a rendeletek nem foglalkoznak. Meg kell jegyezni, hogy a komposztálás kiindulási anyagától a komposzt minősége nagymértékben függ. Az alábbiakban az angol nyelvű szakirodalom alapján a 6. táblázatban foglaltuk össze egy „átlagos” minőségű komposzt fontosabb adatait (internet/13).

A komposzt érettsége és stabilitása nem azonos fogalmak. Az érettség egy tág, szubjektív osztályozás, amely a komposzt alkalmasságát írja le egy adott felhasználásra. A nagyon éretlen komposztok illó szerves savakat és/vagy ammóniát tartalmaznak, amelyek elpusztíthatják vagy károsíthatják a növényeket. A *stabilitás* a komposzt ellenállása a további biológiai lebomlással szemben. A kutatások következetesen kimutatták, hogy a huminsavak javítják a gyökértömeget és a növekedést, javítják a tápanyagok felvételét, és hozzájárulnak a magasabb terméshozamhoz és minőségéhez. A komposzt humin anyagokat tartalmaz, amelyek a szerves anyagok nagyon stabil formái, és az egészséges talaj fontos összetevői. Úgy tűnik, hogy erős pozitív korreláció van a komposzt stabilitása, a CEC (kation-cserélő kapacitás), és a humin anyag koncentráció között.

6.4. ALKALMAZÁSRA AJÁNLOTT KOMPOSZTÁLÁSI TECHNOLÓGIA

Nagyon röviden összefoglaljuk a komposztálási eljárásokat (Alexa, 2017):

NYITOTT RENDSZEREK

a./ Passzív komposztálás:

Az érés nagyméretű (5-10 m széles és 2-4 m magas) trapéz keresztmetszetű prizmákban történik. A folyamat alapvetően statikus, tehát a prizma összerakásán kívül a komposztálási folyamat során további beavatkozás általában nem történik. A passzív komposztálás lassú és ebből adódóan nagy helyigényű eljárás, azonban alacsony a munkaerő és a gépesítési igénye.

b./ Prizma-komposztálás:

A komposztálás egyik legősibb és leggyakoribb módszere. A nyersanyagokat háromszög vagy trapéz keresztmetszetű prizmákba rakják, és meghatározott rendszerességgel átforgatják. Az átforgatással keverik, homogenizálják az anyagot, így biztosítva az aerob feltételeket, a hő, a vízgőz és a gázok eltávolítását. A megfelelő feltételek esetén 8-10 hét alatt a szerves anyag megfelelő minőségű komposztá alakítható át. A gyakorlatban a prizmaméretét a forgatógép mérete határozza meg.

c./ Levegőztetett prizma-komposztálás:

A levegőztetett prizmakomposztálás (ASP- Aerated static pile) elmélete azon alapszik, hogy az aerob mikroorganizmusok életműködéséhez szükséges oxigén koncentráció szintet jó közelítéssel az egész komposzt prizma-testben állandó szinten tartjuk fenn. A levegő bejuttatása leggyakrabban perforált merev csöveket történik. A csöveket beágyazzák a prizmába, vagy

Analízis	Közép- érték	Dimenzió	Megjegyzés
pH	7,9	-	
EC (vezetőképesség)	21	dS/m	
Összes szárazanyag tartalom	76	%	
Összes C (TOC)	15	%	
Összes szerves -anyag	28	%	
Összes-N	1,2	%	Ha a komposzt teljes N-tartalma kevesebb, mint 1 százalék, akkor fontolja meg a komposzt kiegészítő N-trágyázást a komposzt kijuttatása után. Ha az összes N meghaladja a 2 százalékot, a komposzt helyettesítheti a tipikus N-trágya-bevitel egy részét.
C:N	10,4	arány	
NH ₄ -N	287	mg/kg	
NO ₃ -N	458	mg/kg	
Ca	2,7	%	Ha a Ca-tartalom meghaladja a 4 százalékot, a komposzt alapanyagai között lehetett talaj, gipsz, vagy mész
Mg	0,25 – 0,7	%	Ha az Mg meghaladja a 0,75 százalékot, a K pedig kevesebb, mint 1,5 százalék, akkor az egyensúlytalanság a Mg és K aránya befolyásolhatja a növények növekedését.
K	0,5 – 1,5	%	Ha a K meghaladja az 1,5 százalékot, akkor a komposzt alapanyagai valószínűleg trágya, élelmiszer hulladék vagy fűnyesedék. A komposzt K-t a műtrágya K-jával egyenértékűnek tekintik
P	0,3 – 0,9	%	Ha a P meghaladja a 0,7 százalékot, a komposzt alapanyagai között valószínűleg trágya is volt. Ha a P-tartalom 0,3 százalék alatt van, P-műtrágya kijuttatása szükséges
S	0,5	%	Ha az S kevesebb, mint 0,25 százalék, akkor a növény S-hiányos lehet (kiegészítő S-trágyázás). Ha az S-tartalom meghaladja a 0,8 százalékot, akkor valószínű, hogy a gipszet adták az alapanyaghoz
Humin / fulvo savak	~5	%	
Kation cserélő kapacitás (CEC)	50 – 60	kmol (+)/kg	

Megjegyzés: a %-os adatok az összes szárazanyagra vonatkoznak

6. táblázat A kész komposzt jellemzőinek összefoglalása (internet/13).

levegőztető csatornákat süllyesztenek be a komposztprizmába. A levegőt egy ventilátor vagy egy pumpa segítségével juttatják be, amelynek segítségével a komposztálás folyamata kézben tartható. Az ASP rendszereknél a visszacsatolást a komposzt hőmérséklete, vagy oxigéntartalma jelenti, ennek alapján történik a ventilátorok be- és kikapcsolása. A levegőztetett prizmakomposztálás során a levegőztetés lehet nyomott vagy szívott rendszerű. A nyomott rendszer esetén a levegőt a prizma felületéről a környezetbe távoznak. A szívott rendszer esetén a szívás hatására a gázcsere termék, és a friss levegő a keletkezett vákuum hatására a prizma felületén lép be. A szívott rendszer esetén a prizmából kiszívott gázokat gáz-megkötő adszorberen (lehet maga kész komposzt), vagy gázmosón keresztül vezetik el. Ennél a módszernél a halom összerakásán és előzetes keverésén kívül más beavatkozásra (átforgatásra, mozgatásra) nincs szükség. A levegőztetett prizmakomposztálás újszerű változata a szemipermeábilis membrántakaróval zárttá tett komposztálási rendszer. A komposztálás zárt rendszerűvé alakítását egy speciális membrántakaró biztosítja.

A takaróanyag biztosítja a gázcserét, de a szaganyagokat, a nedvességet és a hőt visszatartja. (internet/14). A technológia elvi megvalósítását a 3. ábra szemlélteti (internet/14).

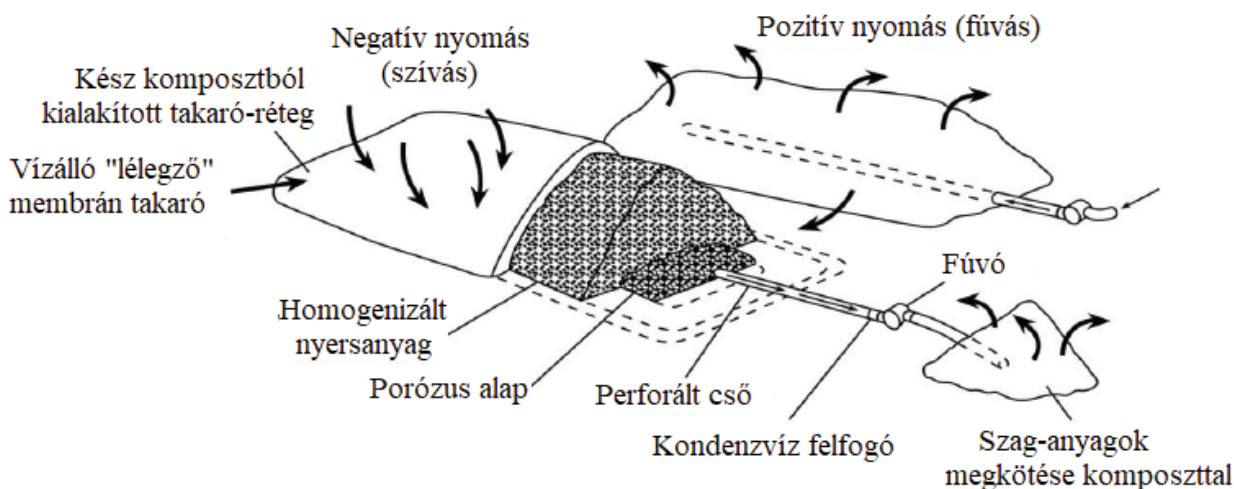
ZÁRT KOMPOSZTÁLÁSI RENDSZEREK

a./ Szemipermeábilis membránnal takart levegőztetett komposztálási rendszerek

A levegőztetett prizmakomposztálás újszerű változata a szemipermeábilis membrántakaróval zárttá alakított komposztálási rendszer. Az aktív levegőztető egység a komposztálásban közreműködő mikroorganizmusokat látja el oxigénnel. A levegőztetést az érő anyagban mért hőmérséklet és oxigéntartalom alapján, folyamatosan, visszacsatolással szabályozza. A komposztálás zárt rendszerű megvalósulását egy speciális membrántakaró biztosítja.

b./ Zárt reaktorterek

Ezeknél az intenzív eljárásoknál a komposztálás zárt egységekben történik a következő megoldásokkal: dobkomposztálás; kamrás (box) komposztálás; alagút (tunnel) komposztálás; és konténerben történő komposztálás



3. ábra. A levegőztetett prizma-komposztálási technológia elvi vázlata

Komposztálásra a levegőztetett prizma-komposztálási technológia ajánlható, viszonylag egyszerű gépészet és automatika szükséges az üzemeltetéséhez. Az eljárás előnye, hogy a komposztálási folyamat gyorsan lezajlik, egyenletes jó minőségű terméket biztosít.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az agrárszakemberek szerint az intenzív, modern mezőgazdaság a veszébe rohan a túlzott vegyszer- és műtrágyahasználattal. Az intenzív gazdálkodásban használt növényvédő szerek, gyomirtó szerek és más vegyi anyagok károsítják a talaj biodiverzitását. További fenyegetést jelentenek a fizikai változások, például a talaj tömörödése és leburkolása, amikor mesterséges felületekkel, például betonnal vagy aszfalttal borítják be a talajt. A talaj rendkívül dinamikus és törekeny rendszer. A **Kárpát-medencében,** s benne **Magyarországon** a legfontosabb talaj-degradációs folyamatok a víz és szél okozta erózió, a talajok savanyodása, só felhalmozódás, szikesedés, talajszerkezet leromlása, tömörödés, a talaj vízgazdálkodásának szélsőségesé válása, kedvezőtlen mikrobiológiai folyamatok, és a szerves-anyagkészlet csökkenése.

A talaj olyan szilárd természeti erőforrás, amely megújulni képes. Ha védjük a pusztulástól, az eróziótól, az elsavanyodástól, fenntartjuk biológiai aktivitását, megőrizzük szerkezetét, pótoljuk a növénytermesztéssel kivont humuszt, a makro- és mikroelemeket, akkor a talaj képes újra és újra megújulni és biztosítani a további gazdálkodást. A talaj-degradációs folyamatokkal érintett talajok „rehabilitációjára” és a talajerő pótlására hulladék anyagokból készült komposztok tűnnek a legalkalmasabbnak.

Európában évi 2,5 milliárd hulladék keletkezik. Épp ezért az Unió korszerűsíti a hulladékkezelésre vonatkozó jogszabályait, hogy ösztönözze az úgynevezett **körforgásos gazdaságra** történő átállást. A körforgásos gazdaság termelési és fogyasztási modellje arra épül, hogy egyszeri fogyasztás helyett a termékek élettartamát a lehető legjobban meghosszabbítsuk. Amikor az adott termék eléri az élelciklusa végét, akkor az alapanyagokat újra lehet hasznosítani. Így csökken a hulladék mennyisége, ráadásul az alapanyagok és késztermékek újbóli felhasználása gazdaságilag is értékteremtő. Ezzel szemben a hagyományos gazdasági modell egyszeri fogyasztással számol.

A komposztálásra elsősorban élelmiszer-ipari, települési hulladékok, trágya, energianövények, zöld-hulladékok és ligno-cellulóz tartalmú mezőgazdasági hulladékok jöhetnek számításba. A fontosabb komposztálható hulladékok becsült értéke a következő: az élelmiszer-ipari hulladékok 1,6; állati trágyák 9,2; a települési szilárd hulladék 3,0 és ezek együtt 13,8 millió tonna/év mennyiséget tesznek ki. Jelentős még a mezőgazdasági ligno-cellulóz (szalma; kukorica-csutka; kukoricaszár; venyige) hulladék 6,2 – 8,4 és a szennyvíziszap (rothasztott; aerob stabilizált) 0,23 millió tonna/év mennyisége. A komposztálásra nagymennyiségű, és megfelelő minőségű hulladék áll rendelkezésre. A komposzt üzemek beruházási költsége viszonylag kicsiny, és a komposzt-üzemek gyorsan üzembe állíthatók, ezek a tényezők arra mutatnak, hogy a komposzt iparszerű termelése reális alternatíva.

A kész komposzt humin-anyagokat (~5 %) tartalmaz, amelyek a szerves anyagok nagyon stabil formái, és az egészséges talaj fontos összetevői. A kutatások egyértelműen kimutatták, hogy

a huminsavak javítják a gyökértömeg fejlődését és a növekedést, javítják a tápanyagok felvételét, és hozzájárulnak a magasabb terméshez és a jobb termés minőség eléréséhez.

Komposztálásra a **levegőztetett prizma-komposztálási technológia** ajánlható, viszonylag egyszerű gépészet és automatika szükséges az üzemeltetéséhez. Az eljárás előnye, hogy a jó levegőellátás miatt a komposztálási folyamat gyorsan lezajlik, egyenletesen jó minőségű komposzt-trágya biztosítható, a rövid átfutás következtében csökken a komposztálás terület és idő igénye.

SUMMARY

According to agricultural experts, intensive, modern agriculture is being wasted by the excessive use of chemicals and fertilisers. Pesticides, herbicides and other chemicals used in intensive farming are damaging soil biodiversity. Other threats include physical changes such as soil compaction and denudation when artificial surfaces such as concrete or asphalt are used to cover the soil. Soil is a highly dynamic and fragile system. The most important soil degradation processes in the Carpathian Basin, including Hungary, are water and wind erosion, soil acidification, salt accumulation, salinisation, soil structure degradation, compaction, extreme soil water management, adverse microbiological processes and loss of organic matter.

Soil is a solid natural resource that can be renewed. If we protect it from degradation, erosion and depletion, maintain its biological activity, preserve its structure, replenish humus, macro- and microelements removed by crop production,

it can renew itself again and again and ensure continued farming. Composts made from waste materials appear to be the most suitable for 'rehabilitating' soils affected by soil degradation and replenishing soil strength.

Europe produces 2.5 billion tonnes of waste per year. That is why the EU is modernising its waste management legislation to encourage a shift to a so-called circular economy. The circular economy model of production and consumption is based on extending the life of products as much as possible, rather than consuming them once. When a product reaches the end of its life cycle, the raw materials can be recycled. This reduces waste and the reuse of raw materials and finished products also creates economic value. In contrast, the traditional economic model assumes a one-off consumption.

Composting can be used mainly for food processing, municipal waste, manure, energy crops, green waste and agricultural waste containing ligno-cellulose. The main wastes that can be composted are estimated as follows: food waste 1.6; animal manure 9.2; municipal solid waste 3.0, together amounting to 13.8 million tonnes/year. Also significant are agricultural ligno-cellulosic [straw; corn cobs; corn stalks; vine(-shoot);] waste 6.2 - 8.4 and sewage sludge (digested; aerobically stabilised) 0.23 million tonnes/year. A large quantity and quality of waste is available for composting. The relatively low investment costs for compost plants and the rapid start-up of compost plants indicate that industrial compost production is a realistic alternative.

Finished compost contains humic substances (~5%), which are very stable forms of organic matter and are important components of

healthy soil. Research has clearly shown that humic acids improve root mass development and growth, improve nutrient uptake and contribute to higher yields and better crop quality.

Aerated prismatic composting technology (ASP - Aerated static pile) is recommended for

composting, requiring relatively simple machinery and automation for operation. The advantage of the process is that the composting process is fast due to the good air supply, the composting manure is of uniformly high quality and the short turnaround time reduces the composting area and time requirements.

▶ IRODALOMJEGYZÉK

SZERZŐK:



Oláh József: 1939-ben született Szankon. A Budapesti Műszaki Egyetemen (BME) 1962-ben vegyészmérnöki oklevelet (okl.szám: 44/1962), majd 1976-ban környezetvédelmi szakmérnöki oklevelet (okl.szám: 3888/1976) szerzett. 1980-ban BME-en műszaki doktori (okl.szám: 2769/1980) címet, majd 1988-ban Magyar Tudományos Akadémián műszaki tudomány kandidátusi címet (12 355) szerzett. 1964-től 1992-ig a VITUKI-ban szennyvíztisztítási és szennyvíziszap kezelési kérdésekkel foglalkozott. 1992 – 2012-ig az Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.-ben műszaki fejlesztési csoport-vezetőként szintén szennyvizes és szennyvíz iszap kezelési témákon dolgozott. 2012 – 2014-ig a MOL Nyrt.-ben biodízel hulladékok

anaerob fermentációja témakörben dolgozott. A szennyvíztisztítás témakörében gyógyszergyári, bőripari, mosodai, boripari eredetű szennyvizek kezelésével, az eleveniszapos rendszerek tápanyag-felvételi és toxicitási kérdéseivel, fix filmes aerob és anaerob szennyvíztisztítási technológiák kialakításával foglalkozott. A hulladék és szennyvíziszap kezelés témakörében komposztálás, aerob és anaerob iszapkezelés összehasonlításával, különböző szerves hulladékok (sertéstrágya, marhatrágya, fehérje hidrolizátum) önálló és ko-szubsztrát rothasztásával, cellulóz tartalmú hulladékok és energia növények rothasztásával foglalkozott. Több mint 150 cikke jelent meg és több szennyvíziszap kezeléssel kapcsolatos könyv társ-szerzője.