

ÁRA: 890 FT | KOMPOSZTÁLÁS | BIOGÁZ ELŐÁLLÍTÁS | MECHANIKAI-BIOLÓGIAI HULLADÉKKEZELÉS

BI hulladék

waste

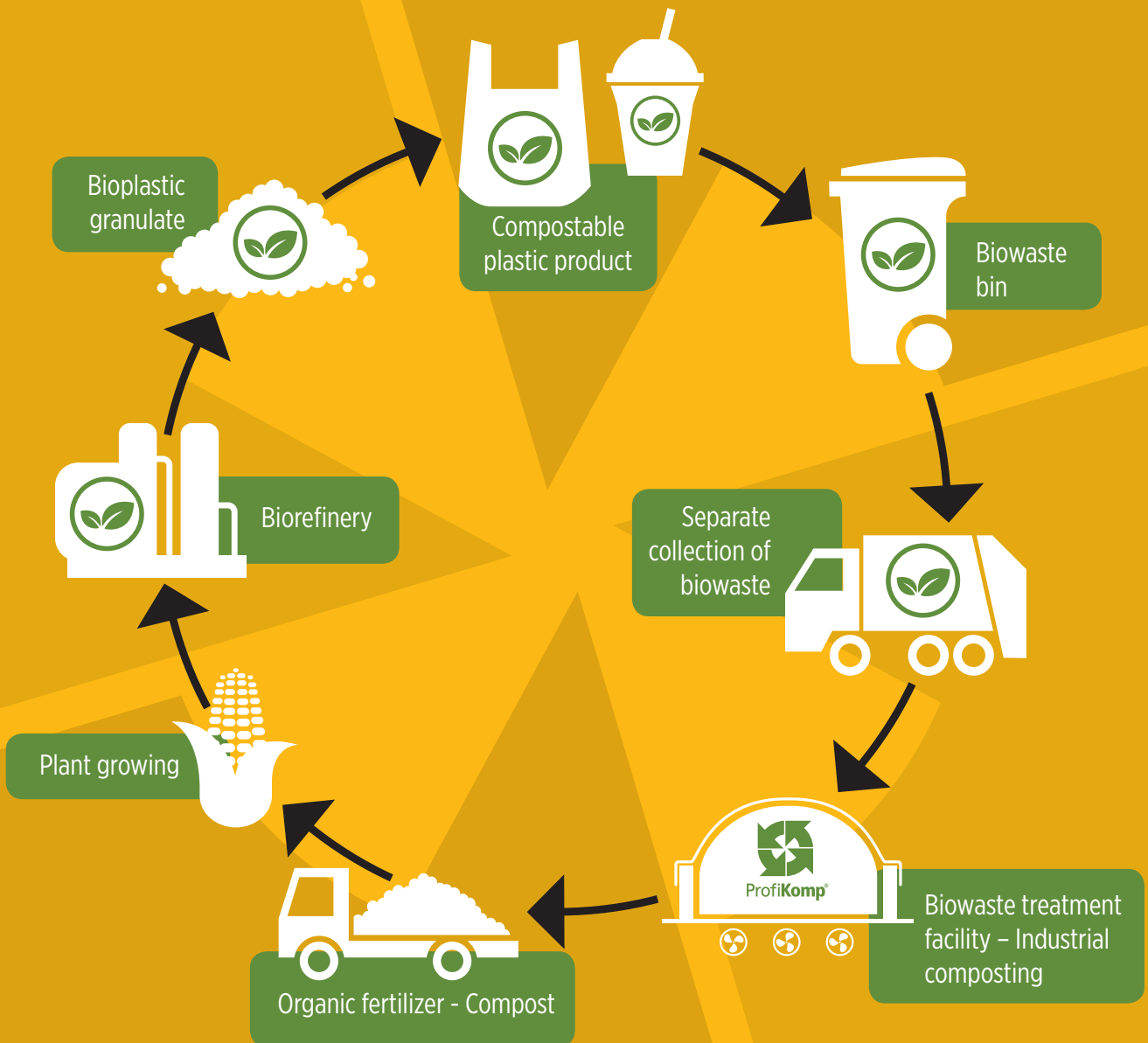
14. ÉVFOLYAM 1.SZÁM | 2020. DECEMBER | KIADJA A PROFIKOMP ZRT. | ISSUE: 1/2020 | PUBLISHED BY THE PROFIKOMP INC.

COMPOSTING | BIOGAS
MECHANICAL-BIOLOGICAL
WASTE TREATMENT



Closing the Organic Loop

ProfiKomp® provides professional solutions
to treat compostable bioplastic wastes



Tisztelt Hölgyeim és Uraim, kedves Kollégák!

20 évesnek lenni jó! Addigra az ember már sok mindent megtanult az iskolában és az életben, és általában szívesen emlékezünk vissza azokra az időkre, amikor 20 évesen, érettségivel a zsebünkben, kreatívan, rugalmasan, és az újra nyitottan éltük életünk talán legszabadabb korszakát valamelyik felsőoktatási intézményben.

Egy cég életében is nagy dolog a 20. év megélése, így mi is büszkén, emelt fővel ünnepelehetjük, hogy 20 évesek lettünk. Ez idő alatt sok mindent megtanultunk a Profikomp®-nál, és komoly kreativitásra is szükségünk volt, hiszen nem sok olyan szakterület van, amiben annyi változás történt volna az elmúlt 20 évben, mint a hulladékgazdálkodásban. A Profikomp® indulásakor műszaki védelem nélküli lerakókba raktuk a kommunális hulladék nagy részét, ma pedig az a célunk, hogy a korszerű hulladéklerakóktól is eltérítsük a hulladékot. 20 évvel ezelőtt a hulladék egy negatív dolognak számított, amitől mindenki meg akart szabadulni, ma pedig már körforgásos gazdaságról beszélünk és egyértelműen másodnyersanyagot vagy energiaforrást látunk a hulladékban. Büszke vagyok arra, hogy ebben a változásban a kiváló Profikomp® csapatra és partnereinkre támaszkodva megéltük a 20. évet, és folyamatosan tudtunk fejlődni.

Ez a lapszám is nagyon jól bizonyítja, hogy mi a Profikomp®-nál – a mostani vis-

számlékezések mellett –, a jövőben fontosá váló területekkel foglalkozunk. A biológiailag bontható műanyagok témaköre szinte mindenkit érdekel a szakma, a tudomány és a hétköznapi emberek szintjén is, ennek ellenére rengeteg a félreértés, és a szándékos, vagy információ-hiányon alapuló félrevezetés. A Biohulladék Magazin egyik legfontosabb küldetése éppen az, hogy az ilyen szakmai kérdésekben tiszta vizet öntsünk a pohárba, ezért ebben a lapszámunkban is foglalkozunk a bioműanyagok témakörével.

A szennyvíziszapok kezelése szintén a szakma egyik legvitatottabb aktuális témaköre, hiszen nagyon sok opció jöhet számításba. A két jelenleg legjobbnak tűnő megoldásra, a komposztálás utáni mezőgazdasági, rekultivációs hasznosításra, illetve a monoégetőben történő, hamuból foszforvisszanyeréssel kombinált termikus kezelésre is látunk jól működő technológiákat a nemzetközi piacon. Európában az egyes országok saját maguk határozzák meg, hogy milyen irányba szeretnék a jövőben az iszapkezelést fejleszteni. Ehhez a területhez kapcsolódóan két cikkben is találunk szakmai aktualitásokat.

A tudományos rovatban a hulladék és melléktermék alapú szubsztrátokon megvalósuló rovarfelfrészés témakörével foglalkozunk, ami a rovarfélére és egyéb termékek (pl. kitozán) előállítására miatt szintén nagyon aktuális témakör.

TARTALOMJEGYZÉK TABLE OF CONTENTS

Profikomp®20.....2

Gyógyszermaradványok a szennyvíziszapokból foszforvisszanyeréssel előállított termékekben /

Pharmaceutical residues in phosphorous products recycled from sewage sludge7

Tudományos melléklet /

Scientific section13

Tények és tévhitek a biopolimerekkel kapcsolatban – II. rész /

Facts and myths about biopolymers – Part II21

Szennyvíziszap, sertés és szarvasmarha hígtrágya mezőgazdasági felhasználásának kockázatbecslése /

Assessment of risks related to agricultural use of sewage sludge, and pig and cattle slurry27

Kedves Olvasóink, Partnereink, Barátaink! Ezzel a szokásosnál kicsit szentimentálisabb előszóval szeretnék Önöknek egészségben és sikerekben bővelkedő, nagyon boldog és kiegyensúlyozott 2021-es évet kívánni!



Tisztelettel:
Dr. Aleksza László

Dear Readers,

It is a good feeling to be twenty years old. By that time, a person has learned many things at school and in life. Generally, we remember these times with pleasure – when we were fresh graduates from secondary school, and we lived our lives in a very creative, flexible, and open way at university or high school, as freely as possible. Becoming 20 years old is a great thing in the life of a company as well. Therefore, we are proud to celebrate this anniversary. We have had many experiences during this time, and a great deal of creativity was also required on behalf of Profikomp®, since the field of waste management has changed tremendously over the past 20 years. At the time of launching Profikomp®, the technology of landfilling waste without technical protection was widely used. Nowadays, our goal is to divert as much waste as possible from up-to-date landfills. Twenty years ago, waste was seen as a negative thing; everyone wanted to get

rid of it. At present, however, we talk about the circular economy, and waste is clearly considered a secondary raw material or energy source. I am proud of being part of this change, and of being able to continuously develop, relying on the excellence of the Profikomp® Team and our Partners. The present issue of BioWaste Magazine also proves that – besides the current reminiscing – we are dealing with important future fields of waste. The topic of biodegradable plastic is of great interest to experts, science, and everyday people. Despite this, there are numerous misunderstandings about it, and much intentional disinformation, or disinformation due to a lack of information. One of the main missions of BioWaste Magazine is to provide clear guidelines about professional issues such as the aforementioned one, thus we also deal with biodegradable plastic in this issue. The treatment of sewage sludge has also been one of the most widely disputed topics recently, due to the large number of potential options for this. The two most promising options are agricultural

(recultivation) utilization after composting, and thermal treatment combined with phosphorous recovery from the ash resulting from mono-incineration. Both technologies are represented on the international market. In Europe, each country has the right to decide how to develop their sludge treatment processes. Related to this field, two articles are shared in the present magazine. In the science section, we deal with the very relevant topic of insect-breeding technologies using waste and by-product substrates to produce insect protein and other products (e.g. chitosan).

Dear Readers, Partners and Friends! At the end of this unusually sentimental foreword, please allow me, finally, to express my most sincere wishes for your health, success, prosperity, and balance in the New Year 2021!

Yours,
Dr. Laszlo Aleksza Ph.d.

→ DR. ALEKSZA LÁSZLÓ, BEZECZKY-BAGI BEÁTA
PROFIKOMP® KÖRNYEZETTECHNIKA ZRT.

ProfiKomp®20

20 éves a Profikomp®. Vagy: Profikomp®20. Akárhogy is forgatjuk a szavakat, egy húsz éves évforduló óriási mérföldkönek számít egy cég életében. Emellett kiváló alkalmat nyújt számvetésre, visszaemlékezésre, vagy egy kis elmélkedésre a jövőt illetően. És a mi esetünkben – itt a Biohulladék Magazin hasábjain – remek alkalom nyílik arra is, hogy egy rendhagyó interjú során a cégvezető tulajdonost, Dr. Aleksza Lászlót faggassuk arról, mit is jelent számára és a cég számára az elmúlt időszak.



SILÓS KOMPOSZTÁLÓ EGYSÉG A LEGÚJABB CSEVÉLŐ BERENDEZÉSSEL /
SIDE WALL COMPOSTING UNIT WITH OUR LATEST WINDING EQUIPMENT

– Ilyenkor automatikusan felvetődik a kérdés: 20 évvel ezelőtt gondoltad volna, hogy ez lesz, hogy idáig jut a Profikomp®? Milyen gondolatokkal, milyen érzésekkel és elképzelésekkel alapítottad meg a céget?

Bár köztudottan optimista ember vagyok, és ezt próbálom a munkatársak felé is folyamatosan közvetíteni, de azt, hogy a Profikomp® a nemzetközi piacon is ilyen magasra jut, és ezt a pozíciót ennyi időn keresztül folyamatosan meg is tartja, azt a legmerészebb álmaimban sem gondoltam volna 20 évvel ezelőtt. Ráadásul a sikereinket „igazi” magyar kisvállalkozásként, külső tőkebevonás nélkül, a humán erő-

forrásunkra, innovációs tevékenységünkre és kreativitásunkra támaszkodva értük el.

A cég alapításának előzménye egy egy-éves ausztriai gyakorlat volt, amely során egyetemistaként megismerkedhettem a nyugati szomszédunknál éppen akkor induló szelektív biohulladék gyűjtéssel és komposztálással. Ez akkoriban, a '90-es években hazánkban (is) teljesen ismeretlen volt, de számomra a nyilvánvaló előnyök miatt nem volt kérdés, hogy rövid időn belül egész Európában, sőt a világon is szembesülünk egyrészt a hulladékgazdálkodás kihívásaival, másrészt a talajaink szervesanyag hiányával. Ha van olyan megoldás – márpedig a komposztálás az –,

amely mindkét kihívásra egyidejűleg választ ad, akkor annak komoly jövő előtt kell állnia. Ekkor fogalmazódott meg az a küldetés és jövőkép, hogy létrehozzak egy céget, amely mérnöki és kereskedelmi szolgáltatást nyújtva környezeti és gazdasági szempontból is optimális technológiákat fejleszt és értékesít a hazai és a nemzetközi piacon is. Később nem csak komposztálással, hanem a környezetipar egyéb területeivel is elkezdtünk a legmagasabb szinten foglalkozni: többek között a szárazfermentációs biogáz előállításával vagy éppen mikroalgák hasznosításával.

– Hogyan emlékszel vissza a kezdetekre: mik voltak az akkori nehézségek, és mi volt az a plusz, aminek a segítségével el tudott indulni a cég?

Általában ha egy cég egy teljesen új területtel kezd el foglalkozni – és 1991-ben a szelektív gyűjtés, valamint a hulladékhasznosítás kérdésköre ilyen volt –, akkor az a lehetőségek mellett rengeteg nehézséget is jelent. Akkoriban a szakembereket leginkább az foglalkoztatta, hogy jó lenne a hulladékot műszaki védelemmel ellátott lerakóba helyezni, hogy megakadályozhassuk a közvetlen környezetkárosítást. Ma pedig már nyilvánvaló, hogy

a lerakás a hulladékkezelési hierarchia legalsó fokán, mint legrosszabb opció szerepel. Ezt a szemléletváltozást mi már több évtizeddel ezelőtt próbáltuk a döntéshozók, a szakemberek és általában a társadalom felé közvetíteni, ezért a Profikomp indulásakor rengeteg bemutatót, szakmai rendezvényt szerveztünk, kiadványokat készítettünk, hogy bemutassuk a biohulladékok szelektív gyűjtésének jelentőségét, a komposztok felhasználásában rejlő lehetőségeket. Ez akkoriban sok esetben óriási befektetés volt, amely csak nagyon lassan térült meg. Emellett sokszor ütköztünk falakba is, ami időszakosan nyilván nehézségeket okozott a cégnek.

– Melyek voltak azok az események, döntések, amelyek új távlatokat nyitottak a fejlődésben? Volt-e olyan döntés, kezdeményezés, ami végül mégsem felelt meg a várakozásoknak?

A hulladékok hasznosítása nemzetközi hívás, így az, hogy mi a kezdetektől fogva nemcsak a hazai, hanem a külföldi piacon is aktívak voltunk, mindenképpen jó döntésnek bizonyult. A mi piacunk ugyanis hektikus abból a szempontból, hogy a hulladék hasznosítási technológiák értékesítése erősen függ az adott ország jogszabályi háttérétől, környezeti politikájától és támogatási rendszerétől, így a több piacon történő jelenlét segítette a cég folyamatos fej-

Dr. László Aleksza, Beáta Bezeceky-Bagi – Profikomp® Environmental Technologies Inc.

Profikomp®20

Profikomp® Inc. is twenty years old. In other words, Profikomp®20. In any case, a 20-year anniversary is a huge milestone in a company's life. It provides an outstanding opportunity to take stock, to look back, and to reflect on the future. In our case, this is a great occasion to make a special report here in BioWaste Magazine with Dr. László Aleksza, CEO and owner of Profikomp® Inc., about the company's last 20 years.

– The first question may be an obvious one, but it is important. What did you think about the future of Profikomp® 20 years ago? What were your thoughts, feelings, and visions when you established this company?

I am well known as an optimist, and I continuously try to communicate my optimism to my colleagues too. Still, 20 years ago I did not dream that Profikomp® would become so successful on the international market, and be able to hold its position for such a long time. What is more, we have achieved success as a 'real' Hungarian small business, without raising foreign capital, merely by relying on our own human resources, innovation activities, and creativity.

Before launching the company I spent a year in Austria as an apprentice. I became acquainted with the concept of separate biowaste collection and composting, which had just started there at that time. This system was entirely unknown in Hungary (too) in the 1990s. For me, the obvious advantages of the system made it clear that in the near future we would face challenges with waste management and a loss of the organic content of soils, not only in Europe but also worldwide. Composting seemed to be the perfect solution to these challenges, as it is able to simultaneously handle both problems. After envisioning the future of composting, I took on the mission of launching a company which could develop environmentally and economically feasible technologies, both for Hungarian and international markets, by providing engineering and sales-related services. Later on, we started to deal with other fields of the environmental industry at the highest level, in addition to composting – for example, the production of biogas through dry fermentation, and the utilization of micro algae.

– How do you remember the beginning? What were the major difficulties at that time, and how was the company able to start operating?

In general, when a company starts to deal with an entirely new discipline (which was the case in 1991 in the fields of separate waste collection and waste recovery), it is essential for them to overcome a great deal of difficulties. At that time, experts were mostly oriented towards safe waste disposal – i.e., waste disposal using technically protected landfills, thus preventing the environment from being directly damaged. Today it has become clear that the landfilling of waste is the worst option, and this approach is located at the bottom of the waste management hierarchy.



A biológiailag bontható hulladékok hasznosítása mindig is kényes téma volt a hulladékkezelők körében: nagy mennyiségű anyagáramról van szó, jogszabályi oldalról egyre szigorúbb előírásoknak kell megfelelni, és a lakosság is érzékenyen reagál, ha nem megfelelően zajlanak a biológiai folyamatok a komposztálás során. Ferencz Károly a VERTIKÁL Nonprofit Zrt. igazgatósági tagja, korábbi vezérigazgatója, rengeteg tapasztalattal rendelkezik a vállalat telephelyein alkalmazott Profikomp® Technológiáról, annak üzemeltetéséről – s ezt most meg is osztja velünk.

The recovery of biodegradable waste has always been a sensitive topic in the field of waste management. In terms of volume, there are massive quantities of this type of waste, and legal regulation is becoming ever stricter. Moreover, the population is sensitive about the undesirable biological processes that can occur during composting. Mr. Károly Ferencz, board member of VERTIKÁL Ltd. and former CEO, has extensive experience with the range of Profikomp® Technologies and their operations as applied to the company's plants. He shares his thoughts about this topic below.

VERTIKÁL Ltd. has been applying the composting and mechanical-biological waste treatment technologies developed by Profikomp® for over 20 years. Waste management includes important elements such as the separate collection of packaging and green waste, as well as separating, baling, and composting units. To date, we have successfully used Profikomp® Composting Technology, with which we are able to produce high quality compost from separately collected green waste.

In addition to the above, the rest of the waste that is collected in a mixed form is treated through mechanical-biological process. From this, a waste fraction that can be utilized energetically can be produced. Moreover, the organic content of the rest of the waste material can be decreased, thus reducing the load going to landfill.

In co-operation with cutting-edge technologies, innovation, and Hungarian universities, our Group is engaged in providing a comprehensive public service, whereby the highest possible proportion of separately collected waste is diverted from landfills, thus contributing to the implementation of a perfect system of circular waste management. We partner with Profikomp® in terms of helping elaborate technological systems, as well as in the analysis, research, and use of products made of different waste types.



A VERTIKÁL Nonprofit Zrt. már több, mint 20 éve alkalmazza a biológiailag bontható hulladékok kezelésére a Profikomp® által kifejlesztett komposztálási és mechanikai-biológiai hulladékkezelési (MBH) technológiákat. A hulladékgazdálkodásnak fontos eleme csomagolási és a zöldhulladékok szelektív gyűjtése és feldolgozási rendszere, mely válogatóműveket, bálázókat, illetve komposztáló műveket is tartalmaz. Immáron két évtizede alkalmazzuk telepeinken sikeresen a Profikomp® Komposztálási Technológiát, melynek segítségével a szelektíven gyűjtött zöldhulladékból kiváló minőségű komposztot tudunk előállítani.

Telephelyeinken emellett a maradék, vegyesen begyűjtött hulladék mechanikai-biológiai kezelésén esik át, mely során a Profikomp® MBH Technológiával egyrészt energetikailag hasznosítható hulladékfrakció állítható elő, másrészt csökkeneni lehet a maradék hulladék szerves anyag tartalmát és ez által a lerakók terhelését.

A cégcsoport a legújabb technológiákkal, innovációval, illetve hazai egyetemekkel közösen azon dolgozik, hogy egy olyan teljes körű közszolgáltatást nyújtson, amelyben az elkülönített hulladék minél nagyobb arányban legyen eltérítve a hulladéklerakótól, ezzel törekedve a tökéletes körforgásos hulladékgazdálkodás megvalósításához. Ehhez nem csak az egyes technológiai rendszerek kidolgozásában partner a Profikomp®, hanem a különböző hulladékok és az azokból előállított termékek elemzésében, vizsgálatában, felhasználásában is folyamatosan együtt dolgozunk.

Even decades ago we were trying to change the perceptions of decision-makers, experts, and, in general, society. In line with this aim, we organized numerous professional presentations and events, and made brochures to introduce the significance of the separate collection of biodegradable waste and the potential involved in the use of composts. These activities required huge investment, which only returned really slowly. In addition, we occasionally came up against brick walls, which obviously hindered the company's operations.

– Which events or decisions were the most critical in Profikomp®'s development? Did you make any bad decisions, or were you engaged in any initiatives that ultimately did not meet your expectations?

Waste recovery is an international challenge. Accordingly, the fact that Profikomp® has been active both on domestic and international markets from the beginning proved to be a good decision. It should be noted that this market is active in terms of the sales of waste recovery technologies. Sales conditions are highly dependent on legal regulations, environmental policy, and the subsidies in specific countries, thus the presence of Profikomp® on multiple markets has facilitated our continuous development. Profikomp® has had orders from many countries over the past 20 years. The most successful ones included the delivery of equipment to Spain and Poland.

Using the membrane-covered, controlled and aerated systems of Profikomp®, more than 0.5 million tons/year of biowaste is treated in Spain and Poland. Our innovation activities and research and development (R&D) projects are also of key importance. Our two most important developments may be our cutting-edge control system, and the Profikomp® Lifting System. With regard to bad decisions... of course there have been many, but I cannot remember any at this festive moment. :-)

– Regarding the success of a company, the team behind the CEO plays a crucial role. What do you think – what is the secret of Profikomp®?

The secret of Profikomp® is definitely the TEAM, which in the strictest sense comprises my direct colleagues who have excellent professional competences and human qualities. Profikomp® is characterized by the fact that there is virtually no fluctuation at the company: quite a few colleagues have been working for the company for more than ten years, in fact, some have strengthened our team from the beginning, even though unfortunately not all of them can be with us anymore. As a matter of fact, the loyalty and stability of Profikomp®'s direct employees, as well as our long-term good relationships with external partners, are both representative of the company.

– In terms of long-term relationships, could you please tell us which partners you have been co-operating with for decades?

It is a key objective for us to demonstrate the highest professional quality. Therefore, we have co-operated with our 'alma mater', Szent István University, from the very beginning. In addition, we have had a good working relationship with several Hungarian and foreign higher education and research insti-



Egy jól megválasztott komposztálási technológia már önmagában is felsiker a szakszerű hulladékkezelésben. Mindannyian tudjuk azonban, hogy az üzem-

eltetés során számos egyéb gépnek, berendezésnek is rendelkezésre kell állnia ahhoz, hogy a telep kapacitásához mérten biztonságosan alkalmazható legyen a technológia. Ilyen berendezéseket – többek között takaróanyag csévéző berendezéseket, illetve az egyedülálló PLS emelőszerkezetet – gyártja a Profikomp® számára az Asinox Kft. Arról, hogy milyen újítások, innovációk születtek a két cég együttműködése során, Szélig József, az cég ügyvezetője számol be.

Az együttműködésünk immár 15 éves múltra tekint vissza és egy kétméteres dobroszta tervezésével, gyártásával indult. A komposzttelepek takaróanyag mozgatásának gépesítése ipari méretű vontatott csévézővel kezdődött, amit az egyedülálló emelőtetős komposztáló rendszer, a Profikomp® Lifting System (PLS) kifejlesztése és gyártása követett. A mai legkorszerűbb önjáró csévéző gépeink tisztán elektromos meghajtással is működnek akár egy Tesla, de „zöldebbek” annyiban, hogy ezt a villamos energiát is a gép saját napelemei állítják elő. A gépeinket folyamatosan felügyeljük távéléréssel, olyannyira, hogy nemcsak követni, hanem irányítani képesek vagyunk a tőlünk ezer kilométerre dolgozó berendezést.

A Szózat 5. versszakából is idézhetnék két sort, de az eredményeink közösek, a munkatársaink ezeket a teljesítményeket folyamatos fejlődés mellett, a „két cég, egy cél” szellemében érték el.

A Profikomp® cégünk legjelentősebb belföldi partnere, és egyben a folyamatos műszaki fejlesztésre a leginspiratívabb is. Amikor a kollégáik mernek nagyot álmodni, akkor minket vonnak be az ötletek megvalósításába, a problémák megoldásába. Mivel ez ma is így történik, ez azt bizonyítja számunkra, hogy az eddigi munkánk alapján számítanak a kreativitásunkra.

Properly chosen composting technology plays a determining role in professional waste treatment. We all know, however, that numerous other types of machines and equipment must be available during such operations to ensure the safe operation of the former technology, in line with a plant's capacity. Such types of equipment (incl. cover winding machines and PLS lifting machines) are manufactured by Asinox Ltd for Profikomp®. We inquired of Mr. József Szélig, CEO of the company, about the innovation that has been accomplished through the partnership between the two companies.

Our collaboration dates back 15 years, to when we co-designed and manufactured a 2-meter-long trommel screen The mechanization of the moving cover layer of compost piles started with industrial-scale towed winding machines, followed by the design and manufacturing of the unique Profikomp® Lifting System (PLS). Our modern, self-propelled machines are pure electric, like Tesla's. However, they are 'greener' in the sense that electricity is produced by the machine's own solar panels. Our machines are continually monitored through remote access in a way that we can both monitor and control the equipment, even from 1000 km away.

We have achieved our results through collaboration, the work of our colleagues, and continuous development. We have worked in the spirit of 'two companies – one goal'. Profikomp® is our most significant Hungarian partner. They are also the most inspiring one in terms of continuous technological development. When their employees dream big, they involve us in the realization of ideas and the solution of problems. The fact that this has been happening is proof that they count on our creativity.



lódását. Az elmúlt 20 évben nagyon sok országban dolgoztunk, de ha ki kell emelnem a Profikomp® szempontjából legfontosabb projekteket, akkor azok a nagyon sikeres spanyol és lengyel technológiaszállításaink. A Profikomp® membrántakaróval zárt, szabályozott, levegőztetett rendszereivel ebben a két országban évente több mint félmillió tonna hulladékot kezelnek. Az innovációs tevékenységünk, a kutatás-fejlesztési projektjeink szintén kulcsfontosságúak a cégünk életében, ezek közül a korszerű irányítástechnikai rendszerünket és a speciális membránmozgató berendezésünket (Profikomp® Lifting System) emelném ki.

A kérdésed második részére válaszolva, természetesen egy cég életében számtalan rossz döntés is születik, de ezek most az évforduló ünnepésekor nem jutnak eszembe. :-)

– Egy cég sikerei szempontjából kulcsfontosságú, hogy milyen csapat áll a cégvezető mögött. Mit a titka a Profikomp®-nak?

A Profikomp® titka mindenképpen a Nagybetűs Csapat, amely szűkebb értelemben a kiváló szakmai felkészültséggel és emberi tulajdonságokkal rendelkező közvetlen kollégáimat jelenti. A Profikomp®-ot jól jellemzi, hogy a fluktuáció szó gyakorlatilag ismeretlen fogalom nálunk: jónéhány kolléga több mint tíz éve dolgozik a cégnél, sőt, néhányan a kezdetektől fogva erősítik csapatunkat, mégha közülük sajnos nem is lehet már mindeki közöttünk. Emellett nemcsak a belső munkatársak lojalitása és stabilitása meghatározó, de a külső partnereinkkel is kezdetektől fogva, több évtizede dolgozunk együtt.



AZ EGYEDÜLÁLLÓ PROFIKOMP LIFTING SYSTEM (PLS) / THE UNIQUE PROFIKOMP LIFTING SYSTEM (PLS)



A Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának Nyersanyag-Előkezelési és Környezeti Eljárástechnikai Intézetében nemzetközi szinten is komoly kutatómunka és oktatási tevékenység zajlik mechanikai eljárás-technika, nyersanyag- és hulladékélelőkészítés, környezeti eljárás-technika és környezetvédelmi geotechnika témákban. És hogy mindez kapcsolódik-e a biológiai hulladékkezeléshez és a Profikomp® Környezettechnika Zrt. tevékenységeihez? Megtudjuk az Intézet legnagyobb szaktekinélyének számító korábbi igazgatótól, Prof. Dr. Csöke Barnabástól.

A hulladékgazdálkodásban folytatott tudományos kutatás és oktatás terén a legszorosabb partnerünkkel az egymásra találásunk, és 20 éves együttműködésünk alapját az teremtette meg, hogy mind a mi miskolci egyetemi intézetünk, mind pedig a Profikomp® Zrt – és személyesen Dr. Aleksza László vezérigazgató – kutató-fejlesztő munkáját a tudományos alaposág és innováció, a nemzetközi eredmények, fejlesztési törekvések követése, ismerete jellemezte, és jellemzi mind a mai napig. Különösen fontos, hogy biológiai és mechanikai-fizika eljárások területén tudományos ismereteink, szakmai tapasztalataink és törekvéseink jól, mondhatni szerezcsés kiegészítik egymást. Ez tette lehetővé számos nagy ívű projekt közös megvalósítását, egyrészt a települési hulladékok biológiai és mechanikai-fizikai kezelése, előkészítése és hasznosítása eljárásainak és technológiájának, másrészt a gépeinek fejlesztése terén. Különösen fontosnak tartottuk, hogy a tudományos kutatással elért eredményeket – s nemcsak a saját és a közös –, hanem a nemzetközi kutatási fejlesztési ismereteket is közreadjuk a hulladékgazdálkodás szakemberei és az egyetemi hallgatók számára. Ösztönözve a szakmát a tudományos kutató-fejlesztő munkára, az eredmények gyakorlatban való hasznosítására, adaptálására. Ezt szolgálták és szolgálják a konferenciák, a BIOHULLADÉK folyóirat, a szakmérnök képzés és továbbképzések közös gondozása, a szakkönyvek, mint például a Mechanikai-biológiai Hulladékkezelés Kézikönyve. Ez utóbbi hazánkban elsőként foglalta össze a települési hulladékok kezelésének és hasznosításának korszerű ismereteit, és nemcsak a nemzetközi tapasztalatokat, hanem a közösen folytatott nagyüzemi kísérleti kutatásokat és mérési tapasztalatokat is összegyezte. Így születhettek meg teljesen hazai fejlesztéssel hazánkban elsőként a vegyes háztartási hulladékból RDF-et gyártó mechanikai-biológiai és mechanikai-fizikai előkészítő technológiai rendszerek a Vertikál cégcsoport telephelyein Polgárdiban, majd Vaskúton. Ma a zéró hulladéklerakás és a maradéktalan hulladékhasznosítás útjain járunk – közös tervekkel, fejlesztésekkel.

At the Institute of Raw Material Preparation and Environmental Processing of the Faculty of Earth Science and Engineering of the University of Miskolc, serious research and educational work is being carried out through the disciplines of mechanical processing, raw material and waste preparation, environmental processing, and environmental geotechnics. How are these activities connected to biological waste treatment and the activities of Profikomp® Ltd.? We raised this question to Dr. Barnabás Csöke, expert and former director of the institute.

The close relationship between the Institute of the University of Miskolc and Profikomp® Inc. started 20 years ago in the field of scientific research and education in waste management. The research and development work of the institute and the company – especially that of Mr. László Aleksza, CEO of Profikomp® – has always been characterized by scientific rigor and innovation and international accomplishments, as well as keeping up with the latest developments. We deem it especially important that our scientific knowledge, professional experience, and ambitions are complementary, and operate in a harmonious way.

This fortunate collaborative work has made possible the implementation of several large-scale projects that involve the processes and technologies of biological and mechanical-physical treatment, the preparation and recovery of municipal waste, as well as the design of machinery. It is especially important for us to share the knowledge we obtain during scientific research with waste management experts and university students. Such sharing not only covers our own and shared accomplishments, but also the findings of international R&D. In this way, we intend to motivate experts in relation to the practical use and adaptation of the findings of scientific R&D.

The sharing of knowledge has been promoted through numerous activities, such as conferences, the BioWaste Magazine, the joint leading of a specialist course for engineers and other training courses, as well as specialist books – for example, the Handbook of Mechanical-biological Waste Treatment. This book was the first in Hungary to summarize cutting-edge knowledge about the treatment and recovery of municipal waste. It also summarized international experiences and joint large-scale pilot research and analytical experiences. As a result, mechanical-biological and mechanical-physical preparation systems that produce RDF from mixed household waste have been designed in Hungary at the plants of Vertikál Group (in Porgárdi and Vaskút). Nowadays, we are on the path to zero waste disposal and full waste recovery, and we have shared plans and developments with Profikomp®.



tutes. Among these, we have collaborated in a highly successful way with the University of Miskolc for 20 years – for example, we have participated in numerous R&D projects with Prof. Dr. Barnabás Csöke and his team.

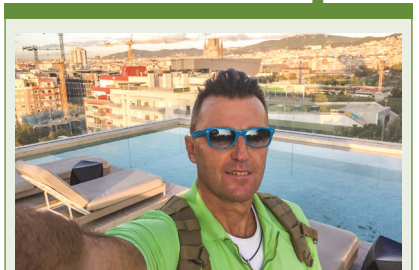
Among our Hungarian partners, I would highlight Vertikál Group. The former CEO of the company, Mr. Károly Ferencz, and his successors have always been very open to innovation and to participating in the practical implementation of technological developments.

Reliable subcontractors are extremely important to Profikomp®. Among others, we have had an extremely good relationship with Asinox Ltd. Our co-operation with CEO Mr. József Szélig and his team has been flexible, and of the highest professional quality from the outset.

– The continuous need for diversification is clearly shown by the company's multifaceted range of partners. What are the main activities and directions you intend to focus on more in the near future?

Although composting is the oldest waste treatment process on Earth, new challenges and tasks are still forthcoming that we need to manage. Some of these involve the new materials that are appearing in the field of waste treatment, such as biodegradable plastics on a high level, and are able to test their handleability not only in laboratory conditions, but also under small-and large-scale conditions. We are also engaged in new disciplines such as the development of insect breeding technologies using waste and by-product substrates to produce protein and chitosan, and the use of microalgae to fix the carbon-dioxide content of biogas.

– What is there to say at the end? I wish you and the whole company all the best for the next 20 years! :-)



Lothar A. Deyerling a W.L.Gore & Associates GmbH. képviselőjében a Profikomp 20 évvel ezelőtt indult sikertörténetében a kezdetektől kulcsfontosságú szerepet töltött be. Az ő kiemelkedő szakudága és nemzetközi tapasztalata párosul a dinamikus és kiváló kapcsolatteremtő képességgel rendelkező személyiségével.

Lothar A. Deyerling represented by W.L.Gore & Associates GmbH. has played a key role in the success story of Profikomp since its foundation 20 years ago. His outstanding expertise and international experience are coupled with a personality with a dynamic and excellent relationship-building ability.



A Profikomp® számára mindig is fontos háttérrel biztosított a Szent István Egyetem: az alma materhez számos ponton kapcsolódik a cég: egyetemi oktatás, szakmai részvétel a tanszék és a szakmérnök szak létrehozásában, diplomatervez hallgatók gyakorlati helyének biztosítása, stb. Vajon az egyetem hogyan vélekedik egy vállalkozás és egy oktatási intézmény ilyen jellegű együttműködéséről, és mik a tervek a jövőre nézve? – erről kérdeztük dr. Gyuricza Csaba megbízott rektort.

Azt gondolom, hogy egy egyetem akkor működik jól, ha a szakterületéhez kapcsolódó piaci szereplőkkel jó kapcsolatot ápol. A Szent István Egyetemnek a Profikomp® Környezettechnika Zrt-vel az elmúlt évek során sikerült egy ilyen, többirányú szakmai együttműködést kialakítani. Ez egyrészt az oktatáshoz kapcsolódik – úgy mint külsős oktatóként, előadóként részvétel a felsőoktatásban, konzulensi feladatok ellátása a végzős egyetemi, és PhD hallgatók számára, valamint az ő szakmai segítségük, támogatásuk. Emellett azonban voltak az egyetemnek és a cégnek közös kutatás-fejlesztési projektjei, sőt, van példa közösen benyújtott szabadalmi eljárásra is.

Az együttes szakmai munka legnagyobb eredményének azonban azt tartom, hogy 2013-ban Magyarországon elsőként a Szent István Egyetemen alapítottuk meg a Hulladékgazdálkodási Tanszékét, ahol önálló képzésként jelenik meg a különböző hulladék anyagáramok kezelésének oktatása és kutatása. Oktatási szempontból fontos még megemlíteni a 2017-ben elindított, és azóta is nagy érdeklődésre számot tartó „Hulladékkezelési és hasznosítási szakmérnök” szakot is, amely a szakirányú továbbképzésben nyújtja a legmagasabb szintű oktatást a témában.

A jövőben ezt a közös munkát mindenképpen szeretnénk nem csak tovább vinni, de fejleszteni is. Az elkövetkező időszakban várható nagyszabású egyetemi fejlesztések során szeretnénk a Gödöllői Campus-on egy korszerű hulladékgazdálkodási koncepciót megvalósítani, és egy olyan „Zöld Egyetemet” létrehozni, ahol a megújuló energiaforrások hasznosítása a korszerű hulladékgazdálkodási technológiákkal ötvözve egy fenntartható, környezet-tudatos intézményi működést tesz lehetővé. Ennek részét fogja képezni többek között a szelektív biohulladék gyűjtés bevezetése, annak helyben történő korszerű hasznosítása is. Ezeket a területeken mindenképpen számítunk továbbra is a Profikomp® partneri együttműködésére.

Szent István University has always represented an important background institute for the work of Profikomp®. The company is closely connected to the institute in many ways, such as its participation in higher-education-related activities, the establishment of the waste management engineering course and department, and the provision of internship places for university students related to their theses, etc. What is the opinion of Szent István University about this collaboration between a company and an educational institute? We report here the comments of Dr. Csaba Gyuricza, Acting Rector of the University.

In my opinion, a university functions well if it maintains good relations with the market operators that connect it to the relevant professional fields. Over the past years, Szent István University has managed to build up such a diverse form of professional collaboration with Profikomp® Inc. On the one hand, this collaborative activity is connected to education – for example, in the form of Profikomp's participation in higher education through the provision of external lecturers, of consultants regarding tasks for graduate and PhD students, and through professional support and assistance. On the other hand, the University and Profikomp® have also implemented R&D projects together, and have even filed a joint patent application.

Nevertheless, the greatest achievement of this collaborative professional work was definitely the joint foundation of the Department of Waste Management at Szent István University in 2013, which was the first department in this field in Hungary. At the Department, education and research related to the treatment of different waste materials is ongoing in the form of independent training. In terms of education-related outcomes, it is also important to mention the very popular course 'Engineering in Waste Management and Recycling', which was launched in 2017. As an advanced form of training, this course provides the highest level of education in this field.

In the future, we intend to continue and develop this joint work. During the upcoming large-scale developments at the university, we wish to implement a cutting-edge waste management concept on Gödöllői Campus, as well as establish a 'Green University' at which renewable energy sources can be used in parallel with the latest waste management technologies. This way it would be possible to ensure the sustainable, environmentally-friendly operation of the institute. This 'Green University' concept will also involve the separate collection of biowaste, and its in-situ recycling. Concerning these activities, we will definitely rely on our professional partnership with Profikomp® Inc.



– És ha már a hosszú távú együttműködéseknél tartunk, kik azok a partnerek, akikkel már szintén évtizedes az együttműködés?

Számunkra kulcsfontosságú, hogy a legmagasabb szakmai színvonalat képviseljünk, ezért kezdetektől együttműködünk alma mater-ünkkel, a Szent István Egyetemmel, de mellette több hazai és nemzetközi felsőoktatási intézménnyel, valamint kutató intézettel. Ezek közül kiemelném a Miskolci Egyetemet, amellyel nagyon sikeres 20 éves együttműködés áll mögöttünk: Csőke Barnabás professzor úrral és csapatával számtalan kutatás-fejlesztési projektben vettünk részt. A hazai partnereink közül a Vertikál cégcsoporttal való együttműködésünk a legmeghatározóbb, amelynek korábbi vezérigazgatója Ferencz Károly – és azóta az utódai is –, mindig nagyon fogékonyak voltak az innovációra, a gyakorlatban is megvalósítva a fejlesztéseket.

Kiemelten fontosak számunkra a megbízható alvállalkozók, akik közül az Asinox Kft.-t emelném ki: Szélig József úrral és kollégáival a kezdetektől fogva rugalmasan, a legmagasabb szakmai minőséget nyújtva tudunk együttműködni.

– Már csak a legszorosabb partneri kör szerteágazásából is látszik a több lábón állás folyamatos igénye. Melyek azok a tevékenységek, irányok, amelyekre a közeljövőben nagyobb hangsúlyt szeretnél fektetni?

Nagyon érdekes, hogy annak ellenére, hogy a komposztálás mint a Föld legősibb hulladékhasznosítási eljárása régóta ismert, a mai napig vetődnek fel olyan kihívások, megoldandó feladatok, amelyek bennünket is foglalkoztatnak. Példának említeném az olyan új anyagok megjelenését a hulladékkezelésben, mint a biológiailag bomtható műanyagok, amelyekkel nagyon komolyan foglalkozunk és nemzetközileg is egyedülálló módon a labor méret mellett kisüzemi és ipari méretben is tudjuk tesztelni a kezelhetőséget. De olyan új területekkel is foglalkozunk, mint a rovartenyésztési technológiák fejlesztése hulladék és melléktermék szubsztrátokon, fehérje és kitozán előállítása céljából, vagy a mikroalgák felhasználása a biogáz szén-dioxid megkötésére.

– Mit lehet ezek után még mondani? Sok sikert kívánok magunknak a következő 20 évre is! :-)



A PROFIKOMP CSAPAT 2020-BAN / THE PROFIKOMP TEAM 2020

→ BEZECZKY-BAGI BEÁTA
PROFIKOMP KÖRNYEZETTECHNIKA ZRT.

Gyógyszermaradványok a szennyvíziszapokból foszforvisszanyeréssel előállított termékekben

A szennyvíziszapokban és az azokból foszforvisszanyeréssel előállított termékekben előforduló gyógyszermaradványokkal kapcsolatosan jelenleg nagyon kevés megbízható információ áll rendelkezésünkre.

A Német Szövetségi Környezetvédelmi Hivatal (Umweltbundesamt) által jegyzett tanulmány ezt a hiányosságot igyekszik pótolni. A projekt során különböző foszforvisszanyerési eljárásokat alkalmazó szennyvíztisztító telepeket vizsgáltak, és olyan módszereket fejlesztettek ki, amelyek segítségével meg lehet állapítani a különböző szennyvíziszapok és az azokból előállított foszfortermékek gyógyszerhatóanyag tartalmát. A vizsgálati eredményekből és az ökotoxikológiai hatások értékeléséből szakmai javaslatok és cselekvési terv is készült.

Szennyvíziszap hasznosítás Németországban

2013-ban Németországban 1,8 millió tonna (sz.a.) szennyvíziszapot állítottak elő kommunális szennyvíztisztító telepeken. Ezen iszapoknak mintegy 64%-át monoégetéssel vagy együttégetéssel, a többit anyagában hasznosítják. A termőföldeken trágyázószerként történő hasznosítás az utóbbi években egyértelműen visszaesett, melynek magyarázata a jogszabályok szigorodásában és a termékminőségi követelmények növekedésében keresendő. Bár a mezőgazdasági felhasználás során az iszapban található tápanyagok (foszfor, nitrogén) hasznosulnak ugyan, de az esetleges nehézfém-, szerves szennyezőanyag-, és hormonhatású vegyület-tartalom miatt ezen iszappal szemben egyre több talaj-, víz-, és fogyasztóvédelmi aggály merül fel. Ebből kifolyólag a Német Szövetségi Környezetvédelmi Hivatal a szennyvíziszapok közvetlenül a talajban történő felhasználása helyett a termikus kezelésre történő átállást és a foszforvisszanyerés technológiáinak továbbfejlesztését javasolja.

Foszforvisszanyerés

A foszfor (P) létfontosságú nyersanyagként számít: elsősorban növényi tápanyagként nélkülözhetetlen a mezőgazdaságban, de az élelmiszeripar és takarmánygyártás, valamint a vegyipar számára is kulcsfontosságú elem. Az ásványi foszforforrások vé-



Beáta Bezeckzy-Bagi –
Profikomp® Environmental Technologies Inc.

Pharmaceutical residues in phosphorous products recycled from sewage sludge

Thus far, only insufficient data exist regarding pharmaceutical residues in sewage sludge, as well as in phosphorous recycled products. The objective of the study drawn up by the German Environment Agency (Umweltbundesamt) was to close the gaps in the data. Within the project, wastewater treatment plants (WWTPs) that applied different phosphorous recovery technologies were analyzed, and methods were developed to analyze all selected pharmaceutical residues in the different P-recyclates, as well as in sewage sludge. Based on the analytical results and the evaluation of ecotoxicological effects, technical recommendations and an action plan were elaborated.

Sewage sludge treatment in Germany

In 2013, about 1.8 million tons of sewage sludge dry matter (DM) was created from municipal wastewater treatment in Germany. About 64 % of sewage sludge is currently disposed of in mono- and co-incineration plants. The remaining 36 % is used for material application. In recent years, the application of sewage sludge as a fertilizer on agricultural land has clearly decreased due to stricter legislation and more stringent requirements in terms of product quality. Although during its application on agricultural land some of the nutrients (e.g. phosphorous and nitrogen) present in sewage sludge are recycled, sewage sludge may also contain pollutants such as heavy metals, organic pollutants, and hormonally active substances. For reasons connected to the protection of consumers, soil, and water, the German Environment Agency is moving away from the application of sewage sludge to soil, and reinforcing the need for the thermal treatment of sewage sludge in combination with further development of the phosphorous recovery process.

Phosphorous recovery

Phosphorous (P) is an essential raw material for humanity. It is mainly used as a plant nutrient in agriculture, but it is also used as an additive in food and fodder, as well as in the chemical industry. Since geogenic phosphate resources are finite, the recovery/recycling of phosphorous from municipal waste water, sewage sludge, and sewage sludge ash is increasingly important. In Germany, phosphorous recovery is indeed legally binding. According to the legislation, large wastewater treatment plants should recover phosphorous if sewage sludge contains more than 20 g phosphorous per kg. This can be done directly from sewage sludge either with a recovery rate of 50 %, or by reducing the remaining concentration to below 20 g phosphorous per kg of sewage sludge. In order to achieve this, a further expansion of mono-incineration capacity, as well as the development of other phosphorous recovery processes is required. These technologies must be implemented for all WWTPs with greater capacity than 100,000 PE (Population

gesek, ezért egyre nagyobb jelentőséggel bírnak a különböző foszfor visszanyerési eljárások a kommunális szennyvizekből, szennyvíziszapokból és iszapmuhából. Sőt, Németországban a foszfor visszanyerési kötelezettség már jogszabályilag is elő van írva: a nagyobb szennyvíztisztító művek - amennyiben az iszapjuk meghaladja a 20 g foszfor / kg szennyvíziszap sz.a. értéket -, kötelesek olyan eljárást alkalmazni, amelynek segítségével vagy egy 50%-os csökkentést eszközölnek, vagy pedig elérik a 20 g-os maximális értéket. Ehhez szükséges további monoégető kapacitások kiépítése, illetve az egyéb visszanyerési technológiák fejlesztése. 2029-ig minden 100 000 lakos-egyenértékű (LE) telepen, 2034-től pedig már minden 50 000 LE telepen kötelező lesz ezen eljárások alkalmazása.

Működési elvük alapján kristályosítási és csapadékképzési, ioncserélő, savas feltárisos, és termokémiai, valamint kohászati eljárásokat különböztetünk meg. Meg kell azonban jegyezni, hogy ezen technológiák közül még kevés működik ipari léptékben. Bár a nedves kémiai eljárások előrébb járnak a fejlesztések terén, és többéves nagyüzemi működtetésükre is számos példát találunk, a termikus feltárisos magasabb potenciális foszforvisszanyerési értékekkel kecsegtetnek, s ez a növekvő foszfátimport-függőség miatt egyre fontosabb szempontnak számít.

A különböző foszforvisszanyerési technológiák mellett jelen tanulmány foglalkozik a karbonizációs eljárásokkal (hidrotermikus: HTC) és pirolízissel hasznosított iszapokkal is.

Gyógyszermaradványok

Míg a nehézfémek előfordulását a szennyvíziszapokban számos kutatás vizsgálta már, és a trágyázószerekről szóló rendelet is szigorú határértékeket szab meg a mezőgazdasági felhasználáshoz, addig a gyógyszermaradványok felhalmozódása az iszapokban, illetve az azokból előállított újrahasznosított foszfortermékekben egy kevésbé kutatott terület. Pedig ezek az anyagok ugyancsak káros hatással bírhatnak mind a vízi, mind a szárazföldi életközösségekre. Németországban jelenleg 2300 különböző hatóanyagú humángyógyszer kapható, melynek közel fele aggályos lehet környezeti szempontból. Elfogyasztásuk után az emberi szervezet kiválasztása révén a lefolyókba, onnan pedig a szennyvíztisztító

tó telepre kerülnek. Mivel egyes hatóanyagok biológiai úton nehezen bomlanak le, ezek egy része innen közvetlenül a felszíni vizekbe, illetve a talajvízbe juthat, más részük pedig (pl. antibiotikum maradványok) felhalmozódnak a szennyvíziszapban, s innen a mezőgazdasági hasznosítás révén kerülhetnek a talajba, majd onnan tovább a haszonnövényekbe.

A kutatásba bevont gyógyszereket lebomlási sebességük, az orvosok által felírt mennyiségek, és a környezetre gyakorolt hatásuk alapján választották ki. Ez alapján indikátorként antibiotikumok közül a ciprofloxacín, clarithromycin, levofloxacín és cefuroxim, antiepileptikumok közül a carbamazepin, béta-blokkolók közül a metoprolol hatóanyag, ezen kívül analgetica, diclofenac, ösztadiol és etinilösztadiol hormonok, végül a vérzsír szint csökkentésére használt gyógyszerek közül pedig a bezaifibrát hatóanyag került be a kutatásba.

Mintavételi stratégia

A monitoring vizsgálat során különböző folyamatvezérlési eljárásokkal rendelkező szennyvíztisztító telepeket választottak ki. Előnyt élveztek azok a telepek, amelyek már alkalmaztak valamilyen foszfor-visszanyerési, vagy karbonizációs technológiát, így az iszapok mellett az azokból kinyert foszfortermékeket, illetve a monoégetés outputjaként keletkező hamut is bevonták a vizsgálatba. Emellett az adott technológia elterjedtségét, ipari alkalmazási fokát is figyelembe vették. Mindezek alapján olyan telepek kerültek be a vizsgálatba, amelyek szennyvízből, szennyvíziszapból, vagy iszapmuhából nyernek vissza foszfort. A telepeket az iszaphasznosítás és foszforvisszanyerés módjától függően négyféle folyamatláncba sorolták be, melyek a következők:

- I. folyamatlánc: kristályosítási és csapadékképzési eljárások;
- II. folyamatlánc: termikus feltárisos;
- III. folyamatlánc: kohászati eljárások;
- IV. folyamatlánc: karbonizációs eljárások.

A mintavételezést több alkalommal is megismételték, hogy a szezonális ingadozások is kiküszöbölhetőek legyenek.

Minden, a projekt során elvégzett mintavétel és vizsgálat az akkreditált laborok számára előírt DIN EN ISO/IEC 17025 minőségi előírások szerint zajlott. A jelen kutatás során alkalmazott vizsgálati

1. TÁBLÁZAT: A TANULMÁNYHOZ KIVÁLASZTOTT FOSZFORHASZNOSÍTÁSI TECHNOLÓGIÁK /
TABLE 1: SELECTION OF P-RECOVERY TECHNOLOGIES FOR THE STUDY

	Folyamat neve / Process	Eljárás típusa / Type of Process	Éterjedség / Scale	Reciklizált foszfor típusa / Recycled P product	
Folyamatlánc típusa / Process chain	I.	AirPrex®	kristályosítás / Crystallization	nagyüzemi / Industrial	MAP (magnézium-ammónium foszfát) / MAP (magnesium ammonium phosphate)
	I.	Stuttgarter eljárás / Stuttgart process	savas feltárás / Acid digestion	kísérleti üzem / Pilot	MAP
	I.	Mobil foszfor visszanyerés / Mobile P recovery	savas feltárás / Acid digestion	kísérleti üzem / Pilot	MAP
	I.	P-RoC-eljárás / P-RoC process	kristályosítás, csapadékképzés / Crystallization, precipitation	kísérleti üzem / Pilot	MAP; CaP (kalciumfoszfát) / MAP; CaP (calcium phosphate)
	II.	AshDec	termikus feltárás / Thermal treatment	kísérleti üzem / Pilot	izzított foszfát / Calcined phosphate
	III.	Mephrec eljárás / Mephrec process	termikus feltárás / Thermal treatment	kísérleti üzem / Pilot	foszfor-tartalmú salak / P slag
	IV.	PYREG eljárás / PYREG process	karbonizáció, pirolízis / Carbonization, pyrolysis	nagyüzemi telep / Industrial	karbonizát / Char
	IV.	TCR®	karbonizáció, pirolízis / Carbonization, pyrolysis	kísérleti üzem / Pilot	karbonizát / Char
IV.	AVA cleanhops	karbonizáció, pirolízis / Carbonization, pyrolysis	kísérleti üzem / Pilot	karbonizát / Char	

módszerek nem szabványos vizsgálatoknak minősülnek, ugyanis a projekt során alkalmazott mátrixokhoz – amelyeket az egyes gyógyszerhatóanyagok kimutatására szolgáló vizsgálati módszerek során fejlesztettek ki –, egyelőre nincsen elérhető analitikai referenciaanyag. Mivel az újrahasznosított foszfortermékekben fellelhető gyógyszermaradványok meghatározására nem áll rendelkezésre szakirodalom, a módszerek megállapításánál a szennyvizek, szennyvíziszapok és üledékek károsanyag meghatározásához használt szakirodalmat hívták segítségül.

Eredmények

A mintavételezések és kémiai vizsgálatok során kapott eredmények a különböző folyamatláncok esetében egyes esetekben jelentős különbséget mutattak a gyógyszermaradványok mennyiségének csökkenésében.

Kiindulási anyagként leggyakrabban szennyvíziszapokat és rothasztott iszapokat alkalmaztak, melyek a legtöbb esetben hasonló terheltséget mutattak a gyógyszermaradványok tekintetében. Mindegyik szennyvíziszap mintában a fluorkinolon típusú antibiotikumnak számító ciprofloxacinn volt a legmagasabb értékekkel kimutatható (max. érték: 22 000 µg/kg). Az azonos hatóanyagcsoportba tartozó

levofloxacin szintén magas koncentrációt mutatott, de átlagban mégis négyszer alacsonyabb volt az értéke.

Mindegyik szennyvíziszap mintában kimutatható volt további három anyag: a carbamazepin (max. érték: 1100 µg/kg), a diclofenac (max. érték: 2100 µg/kg) és a metoprolol (max. érték: 1100 µg/kg). A chlarithromycin, bezafibrát és a két hormon különböző arányban volt jelen az iszapokban, de nem egységesen mindegyik mintában.

A szulfametoxazol és cefuroxim antibiotikumok sem az iszapokban, sem az azokból származó termékekben nem voltak kimutathatók. Ez egybecseng azokkal a korábbi irodalmi leírásokkal, amelyek szerint ezen anyagok túlnyomórészt a szennyvizekben és a felszíni vizekben jelennek meg. A gyógyszermaradványok mennyiségének csökkenésében jelentős különbségek állapíthatók meg az egyes folyamatláncok vizsgálata során.

Fontos kiemelni azonban, hogy a termikus folyamatot (min. 400-500 °C) tartalmazó eljárásokkal (Ash-Dec®, PYREG®, TCR®30) előállított foszfortermékek közül egyikben sem lehetett gyógyszermaradványokat kimutatni.

Mivel a 210°C-os hőmérsékletet alkalmazó AVA-cleanhops eljárás során nem sikerült teljes mértékben eliminálni

Equivalent) by 2029, and for WWTPs with more than 50,000 PE by 2034.

P recovery processes can be categorized into different approaches, such as crystallization, precipitation, ion exchange, acid digestion, and thermal and metallurgical processes. It should be noted, however, that only a few of these processes are used on an industrial scale. Wet-chemical processes for P recovery are more developed than thermal processes, because more large-scale plants presently exist. However, thermal processes have a higher theoretical recovery rate. This is an increasingly important feature due to the rise in phosphate imports.

In addition to the different phosphorous recovery processes, this study also deals with carbonization processes (hydrothermal carbonization: HTC) and sludge treated by pyrolysis. (More details are available if required).

Pharmaceutical residues

Although the occurrence of heavy metals in sewage sludge has been investigated in detail, and German fertilizer ordinance regulates their threshold values for agricultural use, the accumulation of pharmaceutical residues in sewage sludge, as well as in recycled phosphorous products, is less well studied. Pharmaceutical residues can be harmful to aquatic and terrestrial ecosystems. Currently, about 2,300 active pharmaceutical ingredients are available as medicinal products for humans in Germany. About half of these are potentially harmful to the environment. After being consumed and excreted by humans, pharmaceuticals get to drains from where they reach wastewater treatment plants. As some compounds are not readily biodegradable, some of them directly enter surface waters and groundwater. Other compounds (e.g. antibiotic residues) may accumulate in sewage sludge. Through agricultural application, they can spread into the terrestrial environment, and then be taken up by crops.

The pharmaceuticals selected for this study were chosen due to their degradation speed, the quantity of prescriptions containing them, as well as their impact on the environment. The pharmaceuticals studied as indicator substances included the following: the antibiotics Ciprofloxacin, Clarithromycin, Levofloxacin, and Cefuroxime; the anti-epileptic drug Carbamazepine; the beta-blocker Metoprolol, as well as the analgesic Diclofenac; the hormones Estradiol and Ethinyl Estradiol; and the lipid reducer Bezafibrate.

Sampling strategy

During monitoring, WWTPs with different types of processes were selected for examination. WWTPs that were already implementing any form of phosphorous recovery or utilizing carbonization technology were of particular interest. Samples were taken from sewage sludge and the recycled P products, as well as from the ash resulting from mono-incineration. In addition to these, the scale of the related process, as well as the level of utilization, were taken into consideration. Thus, those WWTPs were selected which recover P from waste water, sewage sludge, and sewage sludge ash. The selected WWTPs were categorized as using one of four process chains, depending on the method of sludge utilization and P recovery:

- Process chain I: crystallization and precipitation processes
- Process chain II: thermo-chemical treatment
- Process chain III: metallurgical process
- Process chain IV: carbonization processes

Sampling was repeated several times a year to identify seasonal fluctuations.

All sampling and analysis within the project was done in accordance with DIN EN ISO/IEC 17025 for accredited laboratories. The analytical protocols established within this project are not accredited methods, since no reference materials were available for the matrices that were applied. Matrices were developed during the application of analytical methods for detecting pharmaceutical ingredients. As the detection of pharmaceuticals in recycled P products has not been described in the literature so far, the literature used for determining the harmful material content of sewage water, sewage sludge, and sediments was consulted.

Results

The reduction rates for the selected pharmaceuticals that were identified from the sampling and analysis of the products involving the various process chains for P recovery show partial differences. Sewage sludge and fermented sludge were used most often as the initial materials, indicating an often similar load in terms of pharmaceutical residues. The fluoroquinolone antibiotic Ciprofloxacin was detected in the highest amounts in all sewage sludge samples (maximum concentration 22,000 µg/kg). For Levofloxacin – from the same group of pharmaceutical substances – high concentrations were detected too, although at an average value of only one quarter of the former substance.

In addition, the three substances Carbamazepine (max. 1,100 µg/kg), Diclofenac (max. 2,100 µg/kg), and Metoprolol (max. 1,100 µg/kg) were detected in all sewage sludge samples. The substances Clarithromycin and Bezafibrate, as well as both hormones, were only infrequently detected, and were not present in all sludge samples.

The antibiotics Sulfamethoxazol and Cefuroxim were not detected in any of the sewage sludge samples, or in any other products.

This outcome corresponds to the literature, which finds that these substances are mainly present in sewage water and surface waters. Significant differences in the reduction of pharmaceutical residues were found for the four process chains.

It should be emphasized that for all treatments with a thermal process step (Ash-Dec®, PYREG®, and TCR®30) with temperatures of about 400-500 °C or higher, no pharmaceutical residues were detected in the products.

However, the requisite treatment temperature is above 210 °C, because the pharmaceutical residues were not completely eliminated in the products derived from the AVA cleanphos process.

In the phosphorous products derived from processes without a thermal process step, the amount of pharmaceutical residues varied tremendously.

The P-ROC process is not directly comparable to the other processes in process chain 1, because the phosphorous is recovered from waste water. However, Fluoroquinolone was detected in the product in concentrations of hundreds of µg/kg.

For process chain IV, the AVA cleanphos process achieved a significant but not complete reduction of pharmaceutical residues in the char. Neither the operating temperature (210 °C) nor the pressure (22 bar) of the HTC process are suitable for the complete elimination of pharmaceuticals. It was because of the additional treatment step that a further reduction of pharmaceutical residues could be achieved.

Due to the remaining pharmaceutical residues in P recyclates, detailed analysis of the P content in recyclates is still necessary to identify their impact on plant growth. The latter is, however, influenced by several factors (as proven by some plant

a gyógyszermaradványokat, a jelen adatok szerint ennél magasabb hőmérséklet szükséges azok teljes kiküszöböléséhez.

A termikus eljárást nélkülöző folyamatláncok alkalmazásával előállított foszfortermékek esetében óriási különbségeket mutattak a gyógyszermaradvány értékek.

A P-ROC-eljárás ugyan nem hasonlítható össze közvetlenül a többi, az I-es csoportba tartozó technológiával – mivel itt nem iszap, hanem szennyvíz a kiindulási anyag –, de fluorkinolok tekintetében itt többszáz µg/kg-os értékeket mértek az előállított foszfortermékben.

A négyes folyamatláncban a 210°C-os hőmérsékletű és 22 bar nyomású AVA-cleanphos eljárás során szintén egyértelmű, de mégsem teljes mértékű elimináció valósult meg a karbonizátokban található gyógyszermaradványok tekintetében. A technológia további fejlesztésével várhatóan újabb csökkenés érhető el.

Továbbra is szükséges volna a reciklizált anyagok foszfor tartalmának növényi növekedésre gyakorolt hatásának részletes vizsgálata is a bennük maradt gyógyszermaradványok miatt. Ezt azonban – mint ahogyan néhány elvégzett növényteszt is bizonyította – számos tényező befolyásolja: maga a kiindulási szennyvíziszap minősége, a foszfor visszanyerés módja (kémiai, vagy biológiai módszerek) és a visszanyerés foka is, hiszen ez a kristályosítási és csapadékképzési eljárásoknál lényegesen alacsonyabb, mint a termokémiai eljárásoknál.

Összefoglalva: az világosan kimutatható, hogy mindegyik folyamatlánc és foszforvisszanyerési eljárás során szignifikánsan – sőt, néhány esetben a kimutatható határérték alá – csökkent a gyógyszermaradványok mennyisége a kiindulási anyagok értékeihez képest. Egy átfogó értékelés elkészítéséhez azonban további paraméterek vizsgálata is szükséges.

„...a termikus folyamatot (min. 400-500 °C) tartalmazó eljárásokkal (Ash-Dec®; PYREG®, TCR®30) előállított foszfortermékek közül egyikben sem lehetett gyógyszermaradványokat kimutatni.”





Javaslatok

A tanulmány készítői a kapott eredmények alapján különböző javaslatokat is megfogalmaztak politikai, műszaki és egyéb, kísérő intézkedések vonatkozásában.

Ahhoz, hogy a trágyázószerek révén a talajba kerülő gyógyszermaradványokról pontosabb ismereteket szerezhessünk, javasolt a szennyvíziszapok és a reciklizált foszfor (re-foszfor) monitoringja, környezeti minőségi normák felállítását, és a gyógyszermaradványok talajra gyakorolt hatásának vizsgálata szabadföldi növényeszték segítségével. Ezek mintájára már összegyűjthető annyi adat, ami alapján már egy kockázatbecslés is elkészíthető a reciklizált foszfortermékekre vonatkozóan. Az átfogó értékelésnél a károsanyag tartalom mellett meg kell határozni az egyes termékek foszfor tartalmát és annak növényi felvehetőségét is. Az így összegyűjtött adatok és eredmények egy jogszabály vagy pozitív lista alapját is képezhetik.

A szennyvíziszapból származó reciklizált foszfor termékek minőségi normáinak kialakításakor figyelembe kell venni az antibiotikum rezisztencia problémakörét is – beleértve az antibiotikum maradványokat, és azokat az anyagokat (pl. cink és réz), amelyek elősegítik a rezisztencia kialakulását. A szennyvíziszapban előforduló potenciálisan rezisztens mikroorganizmusok szempontjából érdemes szem előtt tartani azt is, hogy a foszfor visszanyerés egyes eljárásai – lásd termikus eljárások – a higiénizációt is elősegítik, ami a magasabb foszfor-koncentráció elérése, és a gyógyszermaradványok csökkenése mellett további előnyt jelent a reciklizált foszfor termékek számára a közvetlen szennyvíziszap felhasználással szemben. Emellett célszerű lenne a gyógyszeriparnak is újfaj-

ta, biológiailag lebomló hatóanyagok irányába fejleszteni a termékeiket.

A műszaki intézkedésekhez tartozó javaslatok egyedül a termokémiai eljárásokra nem vonatkoznak, hiszen azoknál a gyógyszermaradványok komplett eliminálása volt megfigyelhető. A kristályosítási és csapadékképzési eljárásoknál azonban növelni kell a szilárd-folyékony fázis szétválasztás hatékonyságát, hiszen a gyógyszermaradványok nagy része a szilárd szemcséken adszorbeálódik. A HTC és az AVA-cleanhops eljárások során keletkezett termékekben található gyógyszermaradványok mennyisége pedig más, egyéb előkezelési lépésekkel tovább csökkenthető lenne.

Az egyéb intézkedések közül mindenképpen az volna a leghatékonyabb, ha csökkenteni tudnánk a szennyvízáramba kerülő gyógyszermaradványok mennyiségét. Egyrészt a lejárt szavatosságú gyógyszerek ártalmatlanítási módján kell a lakosság felvilágosításával változtatni, így elkerülhető azok szennyvíz rendszerbe kerülése. Másrészt az orvosok által felírt, illetve a lakosok által bevett orvosságok mennyiségét is a lehető legszükségesebb mennyiségre kell korlátozni. Az egészségügyi megelőzés ebben nagyon fontos szerepet játszik. Mivel azonban a gyógyszermaradványok szennyvízbe jutása nem küszöbölhető ki teljes mértékben, célszerű lenne egy olyan katasztert kialakítani, amely már a szennyvíztisztító üzemek vonzáskörzetében beazonosítja a pontforrást, és így megelőzhető lenne annak továbbjutása a rendszerben. ■

A teljes tanulmány itt érhető el: / The full study is available here:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/arzneimittelrueckstaende>

tests), such as the quality of the initial sewage sludge, and the process of phosphorous recovery (chemical or biological). Recovery rates must be considered too. For crystallization and precipitation processes, recovery is substantially lower than that of thermo-chemical processes.

In summary, the study shows that all P recovery technologies in all process chains significantly reduce (and some processes completely reduce) pharmaceutical residues, compared to their level in sewage sludge. To comprehensively assess the recycled P products, further parameters should also be considered.

Recommendations

Based on the results, recommendations for action were developed. These are divided into political, technical, and accompanying measures.

In order to obtain exact information about the pharmaceutical residues which are discharged into the terrestrial environment via fertilizers, it is recommended that sewage sludge and P recyclates are monitored, environmental quality standards are defined, and the impact of pharmaceutical residues on soil is analyzed by means of plant tests under field conditions. In this way, it would be possible to collect the necessary data to carry out a risk assessment for P recyclates. For a comprehensive assessment, phosphorous content as well as P bio availability to plants should be considered, in addition to pollutants. The data and results that are thus collected could form the basis for a legal regulation or a positive list. For the development of quality standards for recycled P products, antibiotic residues as well as substances which promote antibiotic resistance (e.g. zinc and copper) should also be considered. Regarding potentially resistant microorganisms in sewage sludge, it should be noted that certain phosphorous recovery processes (e.g. thermal processes) also promote hygienization. Besides the higher concentration of phosphorous and the reduction of pharmaceutical residues, this sanitation step has further advantages in terms of the utilization of recycled P products compared to the direct use of sewage sludge as fertilizer. Finally, the pharma industry should be encouraged to develop biologically degradable medicinal agents.

With the application of thermo-chemical processes, the complete destruction of pharmaceutical residues is ensured. Therefore, no further technical measures are needed in addition to this type of process. In relation to crystallization and precipitation processes, optimized solid-liquid separation can lead to cleaner products because many pharmaceutical residues are sorbed on solid materials. The volume of pharmaceutical residues in the products derived from the HTC and AVA-cleanhops processes could be further reduced by subsequent pre-treatment steps.

In relation to accompanying measures, the most effective approach is to reduce the input of pharmaceuticals to waste water from the outset. On the one hand, this could be made possible by correctly disposing of old medicines, and information campaigns that encourage customers not to discard pharmaceuticals into the sewage system. On the other hand, the use of prescribed and non-prescribed medication should be reduced by doctors and patients to only the level that is necessary. Healthcare prevention plays a very important role in this. Because the input of pharmaceutical residues cannot be completely avoided, registers of dischargers that help identify point sources in catchment areas of WWTPs should be developed, thereby preventing pharmaceutical residues from entering the system.

SAJTÓKÖZLEMÉNY



KISMÉRETŰ, AUTOMATIZÁLT, MEMBRÁNTAKARÁSOS, ZÁRT KOMPOSZTÁLÓ RENDSZER FEJLESZTÉSE ZÁRULT 2020. OKTÓBER 31-ÉN A PROFIKOMP® KÖRNYEZETTECHNIKA ZRT. GÖDÖLLŐI SZÉKHELYÉN. A PROJEKT A 2018-1.1.1-MKI PÁLYÁZATI KONSTRUKCIÓ KERETÉBEN VALÓSULT MEG.

A Profikomp® Környezettechnika Zrt. telephelyén a támogatási időszak alatt egy olyan kisméretű komposztáló berendezés prototípusa lett megépítve, amely biztosítja a biológiailag bomló hulladék közösségi és kistérségi komposztálását. A berendezés a kis kapacitást (1000 tonna/év alatti) igénylő piaci szereplők számára lett kifejlesztve. A prototípus legyártását számos fejlesztés és kísérletezés előzte meg, első lépésben egy kisméretű modell berendezés jött létre, majd a teszteléséből származó tapasztalatokból továbbfejlesztettük a felméretezett prototípust. Ez utóbbi magában foglalja az aprító berendezést, a 2 modulból álló, konténerezett komposztáló egységet és az anyagot mozgó berendezéseket. A technológia egyik legnagyobb előnye, hogy zárt, így a kezelés során keletkező gázok és csurgalék nem kerülhet kölcsönhatásba a környezettel. A prototípus teljes mértékben automatizált, a benne kezelt anyag paramétereit monitorozva folyamatos visszacsatolást nyerünk a benne zajló folyamatok hatékonyságáról, így nem igényel folyamatos beavatkozást a kezelő személyzettől. Amint a biológiailag bomló hulladékot behelyezzük az aprítógép garatjába, annak mozgatásáról a berendezésben elhelyezett anyagmozgató elemek gondoskodnak, egészen a belőle kialakuló komposzttermék rostához történő felszállításig.

www.profikomp.hu



SAJTÓKÖZLEMÉNY



A PROFIKOMP® KÖRNYEZETTECHNIKA ZRT. ÉS A HDH-MÉRNÖK KFT. ALKOTTA KONZORCIUM SIKERESEN ZÁRTA AZ EGYEDI GEOMETRIÁJÚ 3D NYOMTATOTT EGYSÉGEKET TARTALMAZÓ MIKROALGA TENYÉSZTŐ RENDSZEREK TECHNOLÓGIAI FEJLESZTÉSÉT 2020. NOVEMBER 30-ÁN. A PROJEKT A 2018-1.1.2-KFI PÁLYÁZATI KONSTRUKCIÓ KERETÉBEN VALÓSULT MEG.

A projekt keretében kifejlesztett technológia egy olyan moduláris elemekből összeálló mikroalga tenyésztő rendszer, amely könnyedén felméretezhető nagyüzemi-ipari termelésre. Az egységek egyes alkatrészeit a legkorszerűbb szimulációs programokkal való virtuális tervezés és tesztelés után, 3D nyomtatási technikával gyártottuk le. A berendezésben több olyan passzív megoldást alkalmazunk, amelyek az algatenyésztés anyag és energia költségeit jelentős mértékben csökkentik.

A tápanyagellátás területén egyrészt a mezőgazdasági melléktermékekből készített vizes kivonatok tápoldatként történő alkalmazását kutattuk, másrészt pedig a füstgázok segítségével történő szénellátás témakörét vizsgáltuk egy kétkörös rendszerben. Ehhez mosófolyadékok alkalmazásával egy újonnan kifejlesztett műtárgy segítségével a füstgázokból leválasztottuk a szén-dioxidot, majd a mosóközeget a speciális algatenyésztő berendezésekbe töltve mikroalgák közreműködésével regeneráltuk, miközben a többlet szénrel egyidejűleg serkentettük az alga növekedést.

A fejlesztés magában foglalt olyan kutatásokat is, amelyekben hatékony megoldást kerestünk az algának a víztől való elválasztására. A kutatási projektben ehhez egy gravitációs ülepítő berendezést és egy napkollektoros, minimális energiaigényű szárító berendezést fejlesztettünk ki az algák víztelenítésére, amelyekben szintén kulcsszerepet játszottak a 3D nyomtatású speciális alkatrészek.

A fejlesztések során egy olyan gazdaságosan működőképes, automatizált irányítással ellátott algatenyésztési rendszert dolgozunk ki, amelynek szénellátását a füstgázok szén-dioxid tartalma fedezi, csökkentve a káros emissziót. A kutatási időszak során megépítettük és teszteltük a rendszer egyes berendezéseinek félüzemi méretű prototípusait. A megkötött szénből keletkező mikroalga, mint termék jövőbeni mezőgazdasági, élelmiszeripari, illetve finomvegyszeripari hasznosítási lehetőségeinek kiaknázása végett a kutatás fontos részét képezte a keletkező mikroalga biomassa minőségének vizsgálata is.

www.profikomp.hu



Evaluation of Organic Wastes as Substrates for Rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* Larvae as Alternative Feed Supplements

Endre Harsányi¹, Csaba Juhász^{2*}, Elza Kovács², László Huzsvai³, Richárd Pintér⁴, György Fekete⁵, Zsolt István Varga⁵, László Aleksza⁶ and Csaba Gyuricza⁵

¹ National Agricultural Research and Innovation Center, Institute of Agricultural Engineering, Tessedik Sámuel 4, H-2100 Gödöllő, Hungary; harsanyi.endre@mgi.naik.hu

² Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, University of Debrecen, Böszörményi 138, H-4032 Debrecen, Hungary; ekovacs@agr.unideb.hu

³ Faculty of Economics and Business, University of Debrecen, Böszörményi 138, H-4032 Debrecen, Hungary; huzsvai.laszlo@econ.unideb.hu

⁴ Faculty of Food Science, Szent István University, Villányi 35-43, H-1118 Budapest, Hungary; Richard.Pinter@phd.uni-szie.hu

⁵ Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Szent István University, Páter Károly 1, H-2100 Gödöllő, Hungary; Fekete.gyorgy@mkk.szie.hu (G.F.); Varga.Zsolt.Istvan@mkk.szie.hu (Z.I.V.); gyuricza.csaba@mkk.szie.hu (C.G.)

⁶ ProfiKomp Environmental Technologies Inc., Kühne Ede 7, H-2100 Gödöllő, Hungary; alexa@profikomp.hu

* Correspondence: juhasz@agr.unideb.hu

Abstract

Studies have focused on identifying combinations of insects and organic waste to optimise bio-conversion. Here, the effects of different diets (10% chicken feed complemented with 90% vegetable waste, garden waste, cattle manure, or horse manure) on growth and survival rates, and nutritional value of *Zophobas morio* and *Tenebrio molitor* larvae, and *Acheta domesticus* were investigated. Compared with chicken feed, organic waste decreased the individual larval weight, although green waste showed fewer negative effects than the manure. The macro-nutrient concentrations in garden waste were moderate compared with chicken feed, and vegetable waste was the poorest diet in terms of nutrient concentration. There was no difference in weight between larvae reared on garden waste and those reared on vegetable waste. *Tenebrio molitor* and *A. domesticus* showed the maximum growth rates at 71–101 and 36–66 days of age at 22.5 ± 2.5 °C, respectively. *Acheta domesticus* was rich in proteins, whereas *Z. morio* and *T. molitor* were rich in fat. Feeding nutrient-poor diets resulted in a lower protein and a higher fat concentration in the larvae.

Keywords

Larva; growth; nutritional value.

1. Introduction

Edible insects are of high nutritional value, and they can be used to partially replace protein ingredients in compound feeds for common livestock and aquaculture. Furthermore, insects of different compositions can be considered an ingredient in feed formulations [1]. The most common commercial insect species are the yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.), super worm (*Zophobas morio* Fab.), housefly (*Musca domestica* L.), black soldier fly (*Hermetia illucens* L.), house cricket (*Acheta domesticus* L.), and greater wax moth (*Galleria mellonella* L.) [2–3]. The composition of insect larvae varies with species, and it may be either species-specific or modified by their diet.

For large-scale production of insect-based feed supplements, the cost of rearing substrates is a key issue. The major expenses in insect rearing are related to procuring raw materials used for feeding the insects [4] and maintaining elevated temperature for most species [5]. In the European Union, edible insects can

be fed only materials of vegetable origin and certain materials of animal origin. However, they can grow efficiently on bio-waste and by-products such as restaurant and household waste, slaughterhouse by-products, animal manure, and gardening waste [6]. Thus, feed regulations should be revised to encompass these alternatives in the circular economy; these raw materials should be authorised for utilisation. Studies have focused on rearing insects on low-value substrates, such as organic wastes and by-products, and indicated their advantages and limitations. Varelas and Langton [7] reviewed the potential of forest biomass by-products for rearing edible insects and provided examples of unbalanced feeding and its negative consequences on growth and nutritional values. Kim et al. [8] investigated the effect of agricultural waste as a feed for *T. molitor* by replacing mushroom substrates with wheat bran feed. Although the larvae thus reared were lighter and required longer development periods than the control group larvae, their survival rate was similar to that of larvae reared on mushroom substrates.

Oonix et al. [9] fed by-products of the food industry to *T. molitor* and *A. domesticus*, identified diets that can be as efficiently converted by the larvae as pigs, and concluded that when fed optimal diets, larvae can convert their feed as efficiently as poultry, after correcting to the edible portion. Especially for nitrogen efficiency, their performance was higher than that of conventional production animals. Diet affected the survival and development period of *T. molitor*; furthermore, feeding carrots increased the dry matter content and nitrogen efficiency, and decreased the development period. Lundy and Parrella [10] measured the biomass output and feed conversion ratio of *A. domesticus* reared on diets ranging from grain-based to highly cellulosic diets, and concluded that the nitrogen concentration, N-to-acid detergent fibre concentration ratio, and crude fat concentration explained most of the variabilities among feed treatments. However, the mortality rate of crickets fed minimally processed, municipal-scale food waste and diets composed largely of straw was >99% without reaching a harvestable size. Some studies have revealed that low-value diets may be effective even at temperatures lower than the optimal range [11,12].

On the basis of the above findings, the following can be inferred: the growth of larvae can be maximised by nutrition; chemical composition can be functionally pre-designed; and low-value, organic by-products and waste have great potential as substrates for increasing economic feasibility in insect rearing. Larval performance and waste biotransformation depend on the chemical composition of the organic by-products selected. Therefore, the objective of the current study was to compare the effects of two types of green waste and two types of manure as rearing substrate on the larval performance of three edible species, *T. molitor*, *Z. morio*, and *A. domesticus*, under the same environmental conditions, during their intensive growing period. The substrates were evaluated for their effect on growth, nutritional values, and mortality of the larvae.

2. Materials and Methods

2.1. Insects and Diets

For the study, the superworm (*Zophobas morio*, Coleoptera: Tenebrionidae), yellow mealworm (*Tenebrio molitor*, Coleop-

tera: Tenebrionidae), and house cricket (*Acheta domesticus*, Orthoptera: Gryllidae) were selected among the seven commercially available insect species for feeding animals in the EU. *Acheta domesticus* and *T. molitor* are among the most intensively investigated species, whereas *Z. morio* has not been extensively studied, although it is also mass-produced. The insects were procured from BUGS-WORLD Ltd. (Tiszakécske, Hungary).

The organic wastes were:

- Vegetable waste (mixed peels of 10% onion, 25% potato, 25% sweet potato, 30% carrot, and 10% cucumber, with a total water content of 91.4%);
- Green garden waste with grass (50% Poaceae species and other common weeds, 25% tree leaves, and 25% branches (*Populus*, *Salix*, *Pinus*, and *Corylus* species), and a mixture of stone fruits, and other ornamental plant parts, with a water content of 36.2%);
- 55% cattle manure with faeces and urine, and 45% cereal straw with a water content of 45.7%;
- 35% horse manure with faeces and urine, and 65% cereal straw with a water content of 28.3%.

For the experiments, the larvae were fed diets (henceforth called substrates), containing 90% of the given organic waste and 10% of chicken feed. The green waste was chopped to 2–4-cm long pieces and manures were broken into small pieces. Mashed chicken feed, produced by VITAFORT Plc. (Dabas, Hungary) for intensive broiler breeding (13.05% water, 0.80% lysine, and 0.30% methionine), was mixed with the substrates and was used as a control. Chicken feed was chosen considering both industrial practice and recommendations, and previous study results [13–14]. Preliminary tests showed a high mortality of insects with all combinations of the selected organic waste in pure form. However, providing a limited amount of balanced feed improved larval survival; 10% chicken feed supplementation generally resulted in a low mortality rate.

2.2. Experimental Design

Before starting the feeding experiments, the newly hatched larvae of *T. molitor* and *Z. morio*, and those of *A. domesticus* were reared on chicken feed, fresh carrots, and cucumber (70%, 20%, and 10%, respectively) for 56 and 21 days, respectively, when they started to grow intensively. The diet provided during this period ensured that the larvae were in good condition at the start of the experiment. Air humidity was maintained at $60\% \pm 4\%$ for *T. molitor* and *Z. morio*, and 80%, 70%, and 60% for *A. domesticus* during the subsequent weeks to provide optimal conditions for healthy insect development. In the rearing environment, the temperature was 22.5 ± 2.5 °C and humidity was $60\% \pm 4\%$, with a 12:12-h light/dark cycle. We focused on the intensive growing period of the selected species under the given rearing conditions. The experiments lasted for 45 days with all three insects. The initial number of larvae was 100 in each trial, with three replications. The larvae were fed ad libitum throughout the experimental period. Fresh substrates of weight equivalent to 25x the net weight of live larvae were added, and the residues and excreta were removed on day 15 and 30 when recording the weight of the

larvae. The size of the plastic box (width × length × height) for *T. molitor* and *Z. morio* was 30 × 38 × 10 cm, and that for *A. domesticus* was 18.1 × 25.6 × 13.6 cm; egg cartons with a surface area of approximately 1800 cm² were used in each trial.

2.3. Measured Parameters

Mortality, growth, and weight of live larvae were recorded on day 15, 30, and 45. After maintaining the larvae at 4 °C for 60 min, they were separated from the remaining substrate and excreta with a spatula in the first period (later by sieving with mesh of size 2 mm), and then further separated as dead and alive. Only live individuals from each experimental unit were considered when recording. The larvae were weighed using a pre-calibrated, KERN ABT 320-4NM analytical balance of 0.1 g weighing accuracy, with a measuring range of 10 mg–320 g. Nutritional composition of the larvae, including crude protein, crude fat, fibre, ash, and energy, was measured after 45 days of the experiment. The substrates were analysed for the total organic content, and total nitrogen, protein, carbohydrate, fat, total phosphorous, potassium, and calcium concentrations. All chemicals and reagents were of analytical grade. Total nitrogen concentration was determined using the Kjeldahl method according to the standard ISO 5983-1:2005 method for animal feedstuff. Crude protein concentration (P) was calculated using Equation 1

$$P = \text{total Kjeldahl nitrogen} \times CF, \quad (1)$$

where CF is the conversion factor, which is 4.76 for the larvae and 6.25 for the substrates. Janssen et al. [15] proved that nonprotein N in insects leads to an overestimation of protein concentration. They reported comparable CF values among larvae belonging to different orders; the CF for *T. molitor* was 4.76 ± 0.09 . Crude fat concentration in the substrates and the larvae was determined using the standard ISO 11085:2015 method for cereals, cereal-based products, and animal feedstuffs using an automated extractor (VELP Scientific, Randall). Carbohydrate concentration was determined using a spectrophotometer (Hach DR6000), according to the method of Dubois [16]. Fibre concentration was measured according to the method of Bordereau and Andersen [17] for termite species. Total ash concentration was determined using the standard ISO 936:2000 method for meat and meat products. Gross calorific value was determined using the standard ISO 9831:1998 method with a Parr 6400 automatic isoperibol oxygen bomb calorimeter. Substrate extracts were prepared using the microwave-assisted digestion method with 2 mol/dm³ nitric acid and 30% m/m hydrogen peroxide, on a Milestone MLS 1200 Mega high-performance microwave digestion unit. The concentration of total organic carbon (TOC), phosphorous, and potassium was determined using the Hach DR6000 spectrophotometer following the LCK 381, LCK 350, and LCK 228 tests, respectively. Calcium concentration in the extracts was measured using a Jenway PFP7 type low-temperature, single-channel, flame photometer.

2.4. Data Analyses

The changes in mortality and individual weight of the larvae over time were analysed using a repeated-measures ANOVA,

where the larval characteristics were considered the dependent variables, whereas species and rearing substrates were considered the independent variables. The dependent variables were continuous, whereas the responding ones were categorical. The four timepoints (days 0, 15, 30, and 45) were chosen as the repeated measure factor. Time, species, and substrate interactions were considered statistically different at the significance level of 5%. When the F-test results were significant, Duncan's new multiple range test was used for post-hoc comparison of the differences between the pairs of means at a level of $\alpha = 0.05$. Statistical computing was carried out using R software. Data were analysed using R version 3.6.3 (2020-02-29).

3. Results

3.1. Effect of Substrates on Larval Weight

An increase in the weight of individual larvae was monitored for each species and substrate. There were significant differences between the weights recorded every 15 days for all diets and species (Figure 1). The Duncan test differentiated the three homogenous groups ($p < 0.10$). There were no significant differences in weight among larvae of the three species and between the experimental diets.

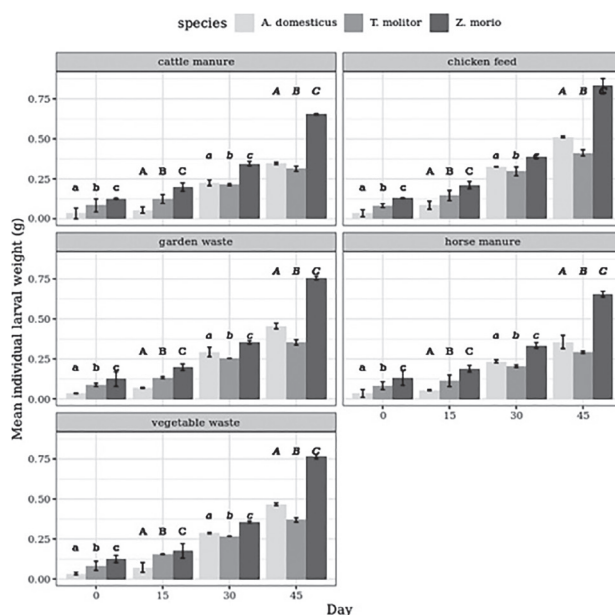


Figure 1: Mean individual larval weight of *T. molitor* and *Z. morio* at the age of 56–101 days, and *A. domesticus* at the age of 21–66 days, by substrates (the bars indicate the 95% confidence interval). Different letters show statistically significant differences among the species.

Considering the increase in larval weight during the 45-day experiment period, regardless of the species and rearing substrate, *Z. morio* showed the highest growth rate, followed by *A. domesticus*, and *T. molitor*. The difference in the growth rate between the latter two species changed the order of individual weight between days 15 and 30; it is noteworthy that the initial ages of the larvae were different (21 and 56 days), respectively (Figure 2).

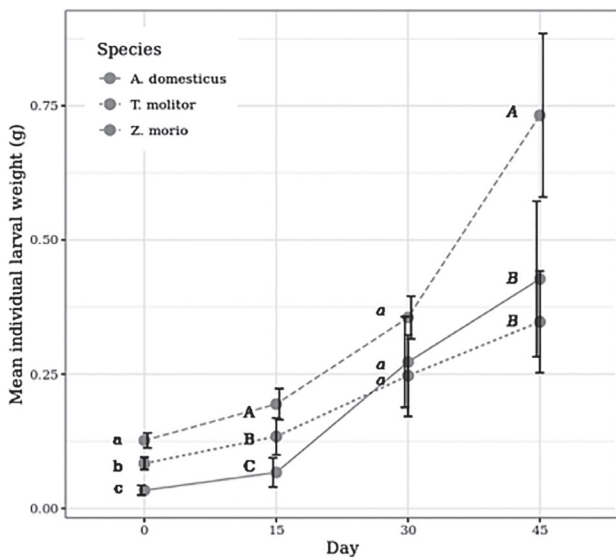


Figure 2: Mean individual larval weight of *T. molitor*, *Z. morio*, and *A. domesticus* when reared on the different substrates, by time (the bars indicate the 95% confidence interval). Different letters show statistically significant differences among the species.

A comparison between the two species belonging the family Tenebrionidae revealed that *Z. morio* was significantly heavier than *T. molitor* at the age of 56 days ($\alpha = 0.05$), and this difference increased with time. *Acheta domesticus* larvae were the lightest, but they showed the highest relative increase in individual weight. However, during the experimental period of 45 days, the rate of growth with time, expressed as a rate of change $[(mt/mt-1) \times 100]$, increased for *Z. morio*, started to decrease between days 30 and 45 for *T. molitor*, and peaked between days 15 and 45 for *A. domesticus* (Figure 3).

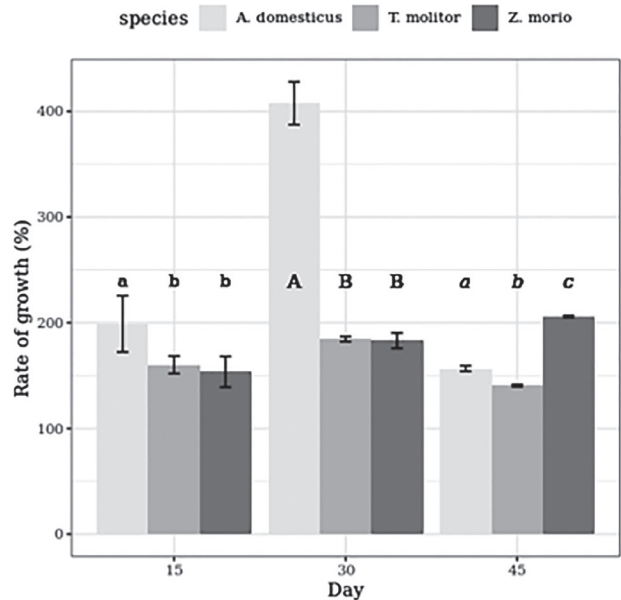


Figure 3: Rate growth of *T. molitor* and *Z. morio* larvae and *A. domesticus* when reared on the different substrates (the bars indicate the 95% confidence interval). Different letters show statistically significant differences among the species.

3.2. Nutritional Compositions of the Substrates

The nutrient composition of the substrates used in the experiment is presented in Table 1. The mean dietary ranges for different components were as follows: 9.43–30.08% TOC, 0.16–1.28% N, 27.88–212.80 g/kg protein, 13.35–125.70 g/kg carbohydrate, 2.34–5.58 g/kg fat, 0.10–0.43% K, and 0.79–1.38% Ca. Chicken feed had the highest total nitrogen, protein, and carbohydrate concentrations. The carbohydrate concentration of vegetable waste was comparable with that of other wastes.

Table 1: Nutrient composition of the substrates used as diets for rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* larvae.

Components	CF	CF/VW 1:9	CF/GW 1:9	CF/CM 1:9	CF/HM 1:9
Total organic carbon (C%)	19.74 ± 3.38 ^b	9.43 ± 1.71 ^d	16.63 ± 2.25 ^c	19.66 ± 1.70 ^b	30.08 ± 2.16 ^a
Total nitrogen (N%)	1.28 ± 0.12 ^a	0.16 ± 0.01 ^d	0.60 ± 0.05 ^b	0.37 ± 0.03 ^c	0.30 ± 0.03 ^c
Protein (g/kg)	212.8 ± 8.31 ^a	27.88 ± 4.78 ^e	76.18 ± 7.74 ^b	39.65 ± 7.11 ^d	50.33 ± 5.84 ^e
Carbohydrate (g/kg)	125.7 ± 1.74 ^a	19.25 ± 0.70 ^b	14.01 ± 1.03 ^d	13.35 ± 0.71 ^d	16.90 ± 0.93 ^c
Fat (g/kg)	3.22 ± 1.08 ^c	2.34 ± 0.99 ^c	4.24 ± 0.70 ^b	3.19 ± 0.64 ^c	5.58 ± 0.60 ^a
Phosphorous (P%)	0.43 ± 0.02 ^a	0.10 ± 0.01 ^e	0.18 ± 0.02 ^c	0.16 ± 0.01 ^d	0.21 ± 0.02 ^b
Potassium (K%)	0.49 ± 0.04 ^b	0.10 ± 0.05 ^d	0.64 ± 0.06 ^a	0.37 ± 0.04 ^c	0.42 ± 0.05 ^c
Calcium (Ca%)	1.02 ± 0.02 ^c	0.97 ± 0.07 ^c	1.38 ± 0.03 ^a	1.15 ± 0.06 ^b	0.79 ± 0.03 ^d

Abbreviations: CF: chicken feed (control), VW: vegetable waste, GW: garden waste, CM: cattle manure, HM: horse manure; 1:9 is the ratio of CF and the given organic waste. The values are presented as mean ± SD in dry weight %, n = 6. Means within a row with the same letter are not significantly different.

Table 2: Analysed nutrient composition of *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* larvae by diet (the values are presented as mean \pm SD in dry weight %, n = 3).

Components	CF	CF/VW 1:9	CF/GW 1:9	CF/CM 1:9	CF/HM 1:9
A. domesticus					
Crude protein (g/kg)	67.25 \pm 0.10 ^a	61.20 \pm 0.57 ^c	65.30 \pm 0.50 ^b	57.80 \pm 0.10 ^d	56.40 \pm 0.40 ^e
Crude fat (g/kg)	14.41 \pm 0.03 ^c	17.10 \pm 0.65 ^b	19.30 \pm 0.53 ^a	18.60 \pm 0.29 ^a	19.40 \pm 0.43 ^a
Fibre (g/kg)	15.72 \pm 0.03 ^c	17.50 \pm 0.66 ^b	17.83 \pm 0.38 ^b	18.60 \pm 0.29 ^a	19.20 \pm 0.37 ^a
Ash (g/kg)	4.80 \pm 0.04 ^b	5.40 \pm 0.54 ^b	6.20 \pm 0.39 ^a	5.20 \pm 0.32 ^b	4.98 \pm 0.32 ^b
Energy (MJ/kg)	17.35 \pm 0.10 ^e	18.22 \pm 0.01 ^d	18.27 \pm 0.02 ^c	18.64 \pm 0.01 ^b	18.78 \pm 0.02 ^a
T. molitor					
Crude protein (g/kg)	47.18 \pm 0.04 ^a	46.30 \pm 0.47 ^b	42.30 \pm 0.27 ^c	38.92 \pm 0.48 ^d	37.90 \pm 0.29 ^e
Crude fat (g/kg)	43.08 \pm 0.05 ^e	43.30 \pm 0.24 ^d	45.20 \pm 0.43 ^c	46.70 \pm 0.31 ^b	47.50 \pm 0.36 ^a
Fibre (g/kg)	7.44 \pm 0.02 ^d	8.01 \pm 0.37 ^c	8.90 \pm 0.41 ^b	9.50 \pm 0.23 ^{ab}	9.30 \pm 0.16 ^a
Ash (g/kg)	3.08 \pm 0.05 ^b	3.01 \pm 0.39 ^b	3.20 \pm 0.38 ^b	4.85 \pm 0.21 ^a	5.30 \pm 0.33 ^a
Energy (MJ/kg)	24.17 \pm 0.01 ^d	24.39 \pm 0.02 ^c	24.59 \pm 0.01 ^b	24.68 \pm 0.01 ^a	24.60 \pm 0.02 ^b
Z. morio					
Crude protein (g/kg)	46.79 \pm 1.03 ^a	45.70 \pm 0.48 ^b	41.20 \pm 0.31 ^c	39.40 \pm 0.34 ^d	38.70 \pm 0.39 ^d
Crude fat (g/kg)	42.04 \pm 0.74 ^d	43.20 \pm 0.31 ^c	44.30 \pm 0.37 ^b	45.70 \pm 0.41 ^a	46.30 \pm 0.42 ^a
Fibre (g/kg)	9.26 \pm 0.04 ^c	9.43 \pm 0.30 ^c	11.30 \pm 0.11 ^a	10.20 \pm 0.48 ^b	9.32 \pm 0.20 ^c
Ash (g/kg)	2.61 \pm 0.03 ^b	2.89 \pm 0.31 ^b	3.01 \pm 0.15 ^b	4.70 \pm 0.34 ^a	4.89 \pm 0.27 ^a
Energy (MJ/kg)	24.10 \pm 0.02 ^d	24.43 \pm 0.01 ^b	24.38 \pm 0.01 ^c	24.75 \pm 0.01 ^a	24.75 \pm 0.01 ^a

Abbreviations: CF: chicken feed (control), VW: vegetable waste, GW: garden waste, CM: cattle manure, HM: horse manure; 1:9 is the ratio of CF and the given organic waste. Means within a row with the same letter are not significantly different.

Fat concentration in the chicken feed was not significantly different from that in vegetable waste and cattle manure, and it was lower than that in garden waste and horse manure. The phosphorous concentration was different in all substrates, whereas the potassium concentration did not differ between the cattle and horse manure. The chicken feed contained the highest concentration of protein, nitrogen, carbohydrate, and phosphorous compared with the other four substrates. The fat and carbon concentrations were relatively higher in horse manure, but they were comparable between cattle manure and garden waste. Vegetable waste had the lowest concentration of fat and carbon.

3.3. Nutrient Value of the Larvae

The nutrient composition of the larval species, evaluated at the end of the experiments, showed differences with the diets (Table 2).

The crude protein concentration in *A. domesticus* was 57.8% when fed cattle manure, followed by 56.4% when fed horse manure; the protein concentration was the highest, that is, 67%, when fed chicken feed. The crude fat concentration was

14.4–19.4%, with the lowest and highest concentrations in larvae fed chicken feed and horse manure, respectively. There were no significant differences between the larvae fed manure and those fed garden waste. The fibre concentration ranged from 15.7–19.2%, with the lowest and highest concentrations in larvae fed chicken feed and manures, respectively. The ash concentration was the highest when the larvae were fed garden waste (6.2%), whereas it was the lowest when the larvae were fed the other diets. The larva-fed chicken feed presented the lowest energy level, whereas those fed manure exhibited the highest energy level, with a range of 17.4–18.8 MJ/kg. The crude protein concentration of *T. molitor* was lower, whereas its crude fat concentration was higher than those of *A. domesticus*, with a range of 37.9–47.2% and 43.1–47.5%, respectively. The fibre and ash concentrations were lower in *T. molitor*, whose fibre concentration was half of that of *A. domesticus*. Considering the differences in the nutrient composition of *T. molitor*, rearing the larvae on chicken feed resulted in the highest crude protein and the lowest crude fat concentrations, whereas rearing on horse manure resulted in the highest fat and the lowest protein concentration. Furthermore, the fibre

and ash concentrations of the larvae were the lowest when reared on chicken feed, whereas they were the highest when the larvae were reared on the manures. *Zophobas morio* was comparable to *T. molitor* in terms of protein, fat, and ash concentrations. The order of change was similar, with the larvae reared on manure presenting the lowest protein and highest fat concentrations. Only the fibre concentration differed between the diets, wherein garden waste resulted in the highest fibre concentration, whereas horse manure resulted in a low fibre concentration compared with chicken feed. The mean ash concentration of *A. domesticus* was higher and less variable than that of *T. molitor* and *Z. morio*. The ash concentration of *A. domesticus* was independent of the substrate composition, but manure diet increased and the green waste diet decreased the ash concentration in *T. molitor* and *Z. morio*.



Image 1: Mealworm beetles

3.4. Evaluation of the Effect of Substrates and Rearing Time on the Survival of Larvae

After 45 days of rearing, the highest recorded mortality of *Z. morio* and *T. molitor* larvae was $6.67\% \pm 0.58\%$ and $2.76\% \pm 0.58\%$, respectively. At the end of the experiment, the mortality rate of *A. domesticus* fed chicken feed was $5.30\% \pm 1.53\%$. However, after 45 days of rearing, the percentage of live *A. domesticus* larvae was $77.67\% \pm 1.53\%$ for vegetable waste, $68.00\% \pm 4.36\%$ for garden waste, $64.33\% \pm 1.53\%$ for horse manure, and $54.67\% \pm 1.53\%$ for cattle manure. When fed green garden waste and vegetables, there was a considerable drop in the number of live larvae only on day 45. The results of Duncan's multiple range test showed significant differences ($\alpha = 0.1$) in mortality among the larvae reared on chicken feed, garden waste, and manures. The effect of cattle and horse manure on mortality was not different, but that of chicken feed and garden waste was comparable. Although the number of live *A. domesticus* larvae was significantly lower ($\alpha = 0.05$) than that of the two species belonging to Tenebrionidae, there were no significant differences between *T. molitor* and *Z. morio*. The number of live larvae of all three species significantly decreased with time, and the results of the variance analysis revealed a significant difference in the mortality rate among the species.

The effect of the substrates on the mass of live larvae was significantly different ($\alpha = 0.1$) among the larvae reared on chicken feed, green wastes, and manures. The effects of vegetable waste and garden waste were similar to those of cattle and horse manure. After 45 days, the mass of live *A. domesticus* larvae was not significantly different from that of *T. molitor* when fed vegetable and garden waste, but it was significantly lower than that of *T. molitor* when fed the manure substrates. The net weight of *A. domesticus* significantly increased between days 30 and 45 only in larvae fed chicken feed and vegetable waste. On day 45, the minimum weight of live *A. domesticus* larvae reared on cattle manure was 18.92 ± 0.60 g, representing 39.0% of larvae fed chicken feed (48.47 ± 0.77 g). The maximum mass of live larvae was produced by *Z. morio* reared on chicken feed (81.44 ± 1.69 g); however, with only 2.76% mortality, this species produced live larval mass of 63.65 ± 0.39 g and 63.75 ± 0.77 g when reared on cattle and horse manure, respectively.

4. Discussion

4.1. Nutritional Value of the Larvae

With the hypothesis that diet has a significant effect on the macronutrient composition of larvae, the protein or fat concentrations in diet for a given species can be tailored. It is necessary to test diets that represent a wide range in nutrient concentrations. In this study, chicken feed had the highest protein and carbohydrate concentrations, whereas vegetable waste had the lowest protein concentration with a low carbohydrate concentration, with a difference in means of 86.9% and 84.7%, respectively. The carbohydrate concentration in the waste was not considerably different, whereas the fat concentration in the horse manure diet was 2.38 times higher than that in the vegetable waste. *Acheta domesticus* was rich in proteins and fibre, and poor in fat, whereas *T. molitor* and *Z. morio* were rich in fat and relatively poor in proteins. The different species showed significantly different nutritional composition when reared on different diets, and all low-nutrient value substrates resulted in reduced protein concentration and increased fat concentration in all three species.

For *T. molitor* and *Z. morio*, Broekhoven et al. [18] found that the larval protein concentration was relatively stable in diets that differed 2–3-fold in protein concentration and that dietary fat has a significant effect on larval fat concentration. In the present study, the variation in the protein and fat concentrations was low despite the considerable differences in the dietary compositions. Furthermore, the differences between the protein and fat concentrations were lower than the findings of Adámková et al. [19] in the last and penultimate instar stages for both species. They found the protein concentration in *T. molitor* larvae purchased from insect farms (assuming optimal rearing conditions) was 52% (calculated with a CF of 6.25), with a low fat concentration of 31%, whereas the concentration of protein and fat in *Z. morio* was 46% and 35%, respectively. In case of *T. molitor*, González et al. [20] also reported 48.8% protein and 30.7% fat concentrations. Adámková et al. [11] conducted experiments at 17, 23, and 28 °C, and observed the maximum fat concentration at 23 °C in the last and penultimate instar stages. In

Z. morio larvae reared on wheat, corn, soybean meal, water, fruits, and vegetables, Araujo et al. [21] reported 46.8% protein and 43.3% lipid concentrations, which are similar to the concentrations recorded in larvae reared on chicken feed in this study. In the case of *A. domesticus* larvae, Rumpold and Schlüter [22] reported 71% protein and 18% fat concentrations, which were obtained from a commercial supplier. This is the closest to our findings when the larvae were reared on chicken feed. Despite the wide range in macronutrient concentrations in the substrates, the nutritional composition of *A. domesticus*, *T. molitor*, and *Z. morio* was species-specific. Overall, to produce larvae with a relatively high fat concentration, *T. molitor* and *Z. morio* are good candidates, whereas *A. domesticus* is predominantly a protein source. However, in agreement with the findings of Oonincx et al. [9], by choosing an appropriate rearing material, composition can, to a certain extent, be tailored.

4.2. Mass of Live Larvae during Rearing

When Miech et al. [22] tested the performance of Cambodian field crickets (*Teleogryllus testaceus*), they found that the larval survival rates on chicken feed, cereals, and green biomass of different plants were similar to those on mono diets, except that certain weeds resulted in lower weights. Veenenbos and Oonincx [51] did not find any advantage in feeding additional carrots to improve the survival of *A. domesticus*. A 40% decrease in the survival rate of *A. domesticus* just before adulthood was recorded by Vaga et al. [44] in a control substrate. In this study, the survival of *A. domesticus* larvae was influenced by the diet. The survival rate was similar to the findings of Sorjonen et al. [37] for insects reared on alternative diets at the age of 15–45 days, and similarly, low-protein alternative diets resulted in higher mortality. Contrary to our findings, Collavo et al. [43] recorded an almost linear decrease in survival with time at the age of 1–81 days, with a survival rate of 47.5% on human refuse waste, as an example. The effect of temperature lower than the optimal range was presumably low, based on the findings of Lachenicht et al. [52]. Oonincx et al. [6] found that the survival of *T. molitor* on low-protein diets (12.9–14.4%), compared with that on high-protein diets (21.9–22.9%), was low. In this study, *T. molitor* and *Z. morio* did not show a considerable increase in mortality when reared on low-protein diets. The growth rate, biomass accumulation, and population viability were strongly determined by food substrate composition in *A. domesticus*, and the N concentration explained 68% of the variation across treatments, whereas the ratio of N-to-acid detergent fibre explained another 28% of the overall treatment variability [17]. The mass of *Z. morio* and *A. domesticus* increased more than that of *T. molitor*, although the weight of the same number of *A. domesticus* larvae was significantly lower than that of *T. molitor* on day 1 of the experiment. The final net mass was still comparable despite the increase in mortality of *A. domesticus* over time. The mass of live larvae is determined by the mortality and the weight of the individual larvae, and their ratio gives the absolute order of the candidates. In this study, *Z. morio* reared on low-value waste showed the highest performance.



Image 2: Adult house cricket

5. Conclusions

Our results confirmed that a high percentage of mixed vegetable waste, garden waste with green biomass of several species, or cattle manure and horse manure cannot be considered an optimal rearing substrate to grow *A. domesticus*, *T. molitor*, and *Z. morio* larvae. All low-nutrient value substrates decreased the protein concentration and increased the fat concentration in all three species. Despite the wide range of macronutrient concentrations in the substrates, the nutritional composition of *A. domesticus*, *T. molitor*, and *Z. morio* was species-specific, although the nutritional value of the larvae from the three species was significantly affected by the composition of the rearing substrate. We identified protein and fat combinations for the three species that can be suitable for the feeding programs of animals. In the future, we will evaluate means to prolong the survivability of the larvae at 45 days, and relate this to the possible frequency of substrate provision. ■

References

1. Benzertiha, A.; Kieronczyk, B.; Kolodziejewski, P.; Pruszyńska-Oszmałek, E.; Rawski, M.; Józefiak, D.; Józefiak, A. *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* full-fat meals as functional feed additives affect broiler chickens' growth performance and immune system traits. *Poult. Sci.* 2020, 99, 196–206, doi:10.3382/ps/pez450.
2. Ortiz, J.A.C.; Ruiz, A.T.; Morales-Ramos, J.A.; Thomas, M.; Rojas, M.G.; Tomberlin, J.K.; Yi, L.; Han, R.; Giroud, L.; Jullien, R.L. Insect mass production technologies. In *Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing, and Food Applications*; Dossey, A.T., Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., Eds.; Academic Press: London, UK, 2016; pp. 153–201; ISBN 9780128028568.
3. Varelas, V. Food wastes as a potential new source for edible insect mass production for food and feed: A review. *Fermentation* 2019, 5, 81, doi:10.3390/fermentation5030081.
4. Cadinu, L.A.; Barra, P.; Torre, F.; Delogu, F.; Madau, F.A. Insect rearing: Potential, challenges, and circularity. *Sustainability* 2020, 12, 4567, doi:10.3390/su12114567
5. Morales-Ramos, J.A.; Rojas, M.G.; Dossey, A.T. Age-dependent food utilisation of *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) in small groups at two temperatures. *J. Insects Food Feed* 2018, 4, 51–60, doi:10.3920/JIFF2017.0062
6. Lähteenmäki-Uutela, A.; Grmelová, N. European law on insects in food and feed. *Eur. Food Feed Law Rev.* 2016, 11, 2–8, doi:10.2307/43958606.
7. Varelas, V.; Langton, M. Forest biomass waste as a potential innovative source for rearing edible insects for food and feed—A review. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2017, 41, 193–205, doi:10.1016/j.ifset.2017.03.007.

8. Kim, S.Y.; Chung, T.H.; Kim S-H.; Song, S.; Kim, N. Recycling agricultural wastes as feed for mealworm (*Tenebrio molitor*). *Korean J. Appl. Entomol.* 2014, 53, 367–373, doi:10.5656/KSAE.2014.10.0.043.
9. Oonincx, D.G.A.B.; van Broekhoven, S.; van Huis, A.; van Loon, J.J.A. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS ONE* 2015, 10, e0144601, doi:10.1371/journal.pone.0144601.
10. Lundy, M.E.; Parrella, M.P. Crickets are not a free lunch: Protein capture from scalable organic side-streams via high-density populations of *Acheta domestica*. *PLoS ONE* 2015, 10, e0118785, doi:10.1371/journal.pone.0118785.
11. Adámková, A.; Adámek, M.; Mlček, J.; Borkovcová, M.; Bednářová, M.; Kouřimská, L.; Skácel, J.; Vítová, E. Welfare of the mealworm (*Tenebrio molitor*) breeding with regard to nutrition value and food safety. *Potravin. Slovak J. Food Sci.* 2017, 11, 460–465.
12. Booth, D.T.; Kiddell, K. Temperature and energetics of development in the house cricket (*Acheta domestica*). *J. Insect Physiol.* 2007, 53, 950–953, doi:10.1016/j.jinsphys.2007.03.009.
13. Miech, P.; Berggen, A.; Lindberg, J.E.; Chhay, T.; Khieu, B.; Jansson, A. Growth and survival of reared Cambodian field crickets (*Releogryllus testaceus*) fed weeds, agricultural and food industry by-products. *J. Insects Food Feed* 2016, 2, 285–292, doi:10.3920/JIFF2016.0028.
14. Rumbos, C.I.; Karapanagiotidis, I.T.; Mente, E.; Psafakis, P.; Athanassiou, C.G. Evaluation of various commodities for the development of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*. *Sci. Rep.* 2020, 10, 11224, doi:10.1038/s41598-020-67363-1.
15. Janssen, R.H.; Vincken, J.-P.; van den Broek, L.A.M.; Fogliano, V.; Lakemond, C.M.M. Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *J. Agric. Food Chem.* 2017, 65, 2275–2278, doi:10.1021/acs.jafc.7b00471.
16. Dubois, M.; Gilles, K.A.; Hamilton, J.K.; Rebers, P.T.; Smith, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 1956, 28, 350–356, doi:10.1021/ac60111a017.
17. Bordereau, C.; Andersen, S.O. Structural cuticular proteins in termite queens. *Comp. Biochem. Physiol. B Comp. Biochem.* 1978, 60, 251–256, doi:10.1016/0305-0491(78)90096-2.
18. van Broekhoven, S.; Oonincx, D.G.; van Huis, A.; van Loon, J.J. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (*Coleoptera: Tenebrionidae*) on diets composed of organic by-products. *J. Insect Physiol.* 2015, 73, 1–10, doi:10.1016/j.jinsphys.2014.12.005.
19. Adámková, A.; Mlček, J.; Kouřimská, L.; Borkovcová, M.; Busina, T.; Adámek, M.; Bednářová, M.; Krajsa, J. Nutritional potential of selected insect species reared on the island of Sumatra. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2017, 14, 521, doi:10.3390/ijerph14050521.
20. González, C.M.; Garzón, R.; Rosell, C.M. Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2019, 51, 205–210, doi:10.1016/j.ifset.2018.03.021.
21. Araujo, R.R.S.; dos Santos Benfica, T.A.R.; Ferraz, V.B.; Santos, E.M. Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil. *J. Food Compos. Anal.* 2019, 76, 22–26, doi:10.1016/j.jfca.2018.11.005.
22. Rumpold, B.A.; Schlüter, O.K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol. Nutr. Food Res.* 2013, 57, 802–823, doi:10.1002/mnfr.201200735.

This is a reviewed content, the original article was published in *Insects* (ISSN 2075-4450), an international, peer-reviewed, open access journal on September 5, 2020. The full text is available here: <https://www.mdpi.com/2075-4450/11/9/604>

Összefoglaló

Alternatív állati takarmánykiegészítőnek szánt, fehérje célú rovarfajok tenyésztési kísérletei különböző biohulladékokon

A tanulmány célja különböző mezőgazdasági melléktermékek hatásának vizsgálata volt gyászbogár (*Zophobas morio*) és lisztbogár (*Tenebrio molitor*) lárvák, valamint házi tücsök (*Acheta domestica*) növekedési és túlélési arányára, valamint a beltartalmi értékek változására. A kontrol csoportok takarmányként csak csirketápot kaptak, a vizsgált takarmány keverékek 10% csirketáp és 90% szerves hulladék keverékéből álltak (növényi hulladék, zöldség hulladék, szarvasmarha trágya és lótrágya). A csirketakarmánnyal összehasonlítva a szerves hulladék csökkentette az egyes lárvák tömegét, bár a zöldhulladék kevesebb negatív hatást mutatott, mint a trágya. A kerti hulladék makrotápanyag-koncentrációja mérsékelt volt, összehasonlítva a csirketakarmánnyal, és a növényi hulladék volt

a tápanyagkoncentráció szempontjából a legszegényebb étrend. Tömegben nem volt különbség a kerti hulladékon és a növényi hulladékon nevelt rovarok között. A *Tenebrio molitor* és az *A. domestica* a maximális növekedési sebességet 71-101, illetve 36-66 napos korban mutatta. Eredményeinkből arra következtetünk, hogy a 90% tömegarányban adagolt vegyes zöldség-hulladék, zöld kerti hulladék, illetve a szarvasmarha- és a lótrágya sem tekinthető optimális tenyésztési szubsztrátumnak az *A. domestica*, *T. molitor* és *Z. morio* lárvák tenyésztésére. Ez elsősorban az alacsony tápanyagtartalmuknak köszönhető, amely étrend alacsonyabb fehérjetartalmat és magasabb zsírkoncentrációt eredményezett a bogárlárvákban és a tücsökben egyaránt.

Hivatkozás

Ez egy szemlézett tartalom, az eredeti cikk az *Insects* című (ISSN 2075-4450), nemzetközi, lektorált, nyílt elérésű szakfolyóiratban jelent meg 2020. szeptember 5-én. A teljes szöveg itt érhető el: <https://www.mdpi.com/2075-4450/11/9/604>

→ DR. TÁBI TAMÁS

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék
MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport

Tények és tévhit a biopolimerekkel kapcsolatban II. rész

Előző cikkünkben bemutattuk a biopolimerek viszonyát a műanyagokhoz képest, amit követően jelen cikkünkben megvizsgáljuk, hogy milyen tények és tévhitök övezik a biopolimerek világát. Ezeket az állításokat az alábbiakban listászerűen soroljuk fel és tekintjük át azok valóságtartalmát.

– A biopolimer termékek idővel szobahőmérsékleten is „maguktól” szétesnek, lebomlanak. Igaz ez?

Ez egyike a legnagyobb tévhitnek és sajnos elég károsak a biopolimerek és belőlük készített termékek megítélése szempontjából. Gondolatban elsőként hozzuk létre a tökéletes szerkezeti anyagot, amiből szeretnénk termékeket készíteni. Ez a tökéletes szerkezeti anyag megújuló erőforrásból létrehozható, szilárdsága, szívóssága, tartóssága vetekszik az acéléval, egyben könnyű és egyszerűen feldolgozható, mint a műanyagok, és végül, pedig ha már nem használjuk, akkor „varázsütésre”, azaz valamilyen hatásra nyom nélkül, szinte azonnal lebomlik biológiai úton és így teljes mértékben beilleszthető a természet körforgásába. Ez az anyag sajnos nem létezik, és valahol érezzük is, hogy a hosszú távú alkalmazhatóság, azaz a stabilitás és a biológiai úton való könnyű lebonthatóság egymásnak ellentmondó tulajdonságok és fogyasztói követelmények. A stabilitás és könnyű lebonthatóság ugyanakkor például a PLA (politejsav) biopolimer tulajdonságát tekintve szerencsés viszony- →



Dr. Tamás Tábi – Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Polymer Engineering • MTA–BME Research Group for Composite Science and Technology

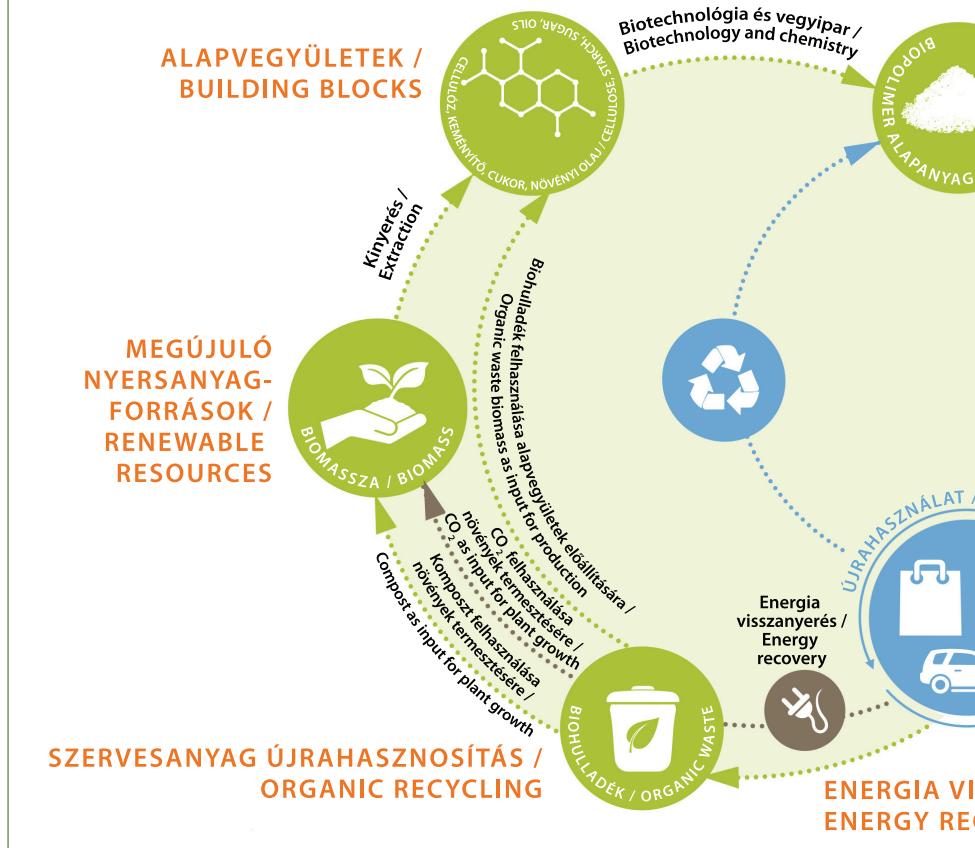
Facts and myths about biopolymers – Part II

In our previous article, the relationship between biopolymers and traditional plastics was examined. In this present article, facts and myths about biopolymers will be discussed. The myths will be listed as statements below, and their factuality will be analyzed.

– After a period of time, biopolymer products tend to disintegrate and degrade ‘by themselves’ at room temperature. Is that true?

This is one of the biggest myths and, unfortunately, it leads to false appraisals of biopolymers and biopolymer-based products. In theory, the perfect structural material is first created, which then forms the basis for future products. This perfect structural material can be produced with renewable energy sources, and its solidity, durability, and long-lasting nature all make it similar to steel, while it is light and easy to process, just like plastics. Finally, when it is no longer in use, like magic it almost immediately degrades biologically thanks to its special parameters and thus is completely integrated into the natural cycle. Unfortunately, however, such a material does not exist, and it is quite clear that the characteristics required for long-term usability – that is, both stability and easy biological degradation – are contradictory, both as product features and in terms of consumer demand. On the other hand, stability and easy degradation are features relatively strongly associated with the biopolymer PLA, or Polylactic Acid. At under 50°C, PLA is almost completely stable, and the products made from it can be used for years. However, when it is composted industrially – a process which normally takes place at above this temperature – the process of biological degradation starts. This temperature is the so-called PLA glass transition temperature (T_g). At over this temperature, the molecule chain activity of PLA intensifies significantly, which accelerates its degradation by orders of magnitude (although a higher temperature itself is not enough for this). This means that the ‘magic’ that differentiates stability and long-term usability and easy degradation is, in the case of the PLA biopolymer, the transition temperature. At below the specified temperature PLA can be used for years, while at above it (such as under the conditions created by the composting process) it degrades relatively rapidly. Let us look at another example of an even better known biopolymer or natural polymer (Category 3 biopolymer). This is simply wood. Wood is considered a renewable energy source (specific plants create it from glucose through photosynthesis) and it is also biodegradable. Still, it does not disintegrate and degrade by itself very quickly.

Biopolimerek / Bioplastics – closing the loop



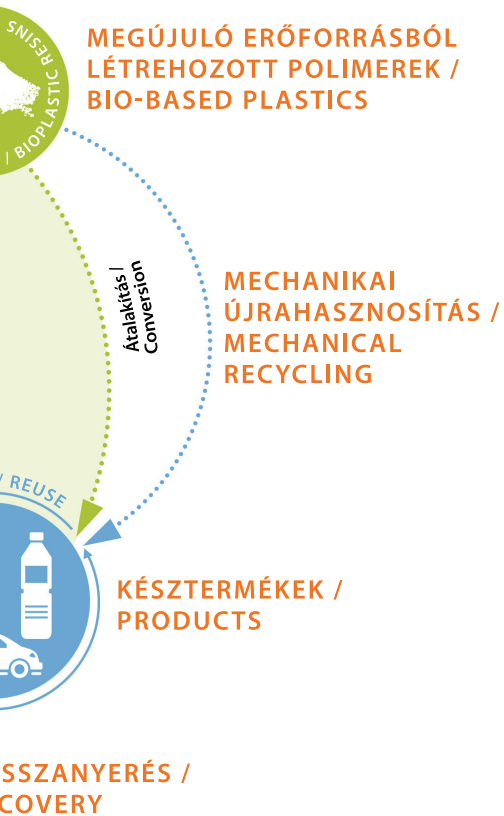
ban állnak. A PLA biopolimer ugyanis 50°C alatt szinte teljesen stabil, és így évekig használható termék gyártható belőle, viszont amikor ipari úton komposztáljuk – amely tipikusan ezen hőmérséklet felett történik –, akkor beindul a biológiai úton történő lebomlása. Ez a hőmérséklet nem más, mint a PLA úgynevezett üvegesedési átmeneti hőmérséklete (jelölése T_g), ami felett a PLA molekulaláncainak mozgékonyasága, aktivitása jelentősen felgyorsul és ez egyben a bomlását is jelentősen, nagyságrendileg felgyorsítja (de pusztán a hőmérséklet nem elegendő hozzá). Azaz tulajdonképpen az a bizonyos „varázsütés”, ami elválasztja egymástól a stabilitást és a hosszú távú felhasználhatóságot és a könnyű lebonthatóságot, az a PLA biopolimer esetében egy határhőmérséklet. Ez alatt évekig használható, felette pedig (a komposztálási folyamat körülményei között) relatíve gyorsan bomlik. Illetve hadd hozzak fel még egy példát egy ennél is jobban ismert biopolimerrel, pontosabban természetes polimerrel (III-as szintű biopolimer) kapcsolatban. Ez nem más, mint a fa. A fát megújuló erő-

forrásnak tekintjük (fotoszintézis során létrejövő glükózból építi fel az adott növény) és egyben biológiai úton bontható, mégsem fog csak úgy magától rövid idő alatt szétesni és megindulni a lebomlása.

– **Miért hívjuk a biopolimereket „lebomlónak”, ha nem bomlanak le maguktól?**

A tudományos életben nem is hívjuk lebomlónak ezeket az anyagokat, pusztán csak arról van szó, hogy sajnálatosan megragadt ez a kifejezés az első biopolimerek megjelenésével a köznyelvben, mivel korábban a gyártók helytelenül ezt a kifejezést használták. A helyes kifejezés megtalálásához nézzük meg, hogy mit ír a nemzetközi szakirodalom. Ott, „biodegradable”-nek hívnak egy „lebomló” polimert, ami a bio-degradable szavakból tevődik össze. A „bio” biológiai úton-t jelent, a „grade” pedig osztályozást, minősítést, a „de” pedig fosztóképző. Eddig akkor úgy néz ki a kifejezésünk, hogy bioológiai úton leminősítő, degradáló, azaz bontó. És ott a kifejezés végén az „able”, ami a hat-, het-, képző magyarul. Ennek megfelelően a teljes kifejezés úgy hangzik, hogy biológiai úton lebontható és nem pedig

FORRÁS / SOURCE: EUROPEAN BIOPLASTICS



Visszaszerzés / RECOVERY

lőle. Ezek a „maguktól széteső” műanyagok viszont pont ellenkezőleg, egy, az oxidációt felgyorsító és a műanyag molekulalánc szét-esését felgyorsító adalékanyagot tartalmaznak, amelynek hatására a műanyag termék ugyan darabokra esik szét, de maga a folyamat nem biológiai, hanem fizikai úton megy végbe és a visszamaradó műanyag darabkák sem lesznek biológiai úton bonthatók. Ezeket egyébként oxo-degradális, vagy oxo-lebomló műanyagoknak hívjuk, amelyeket jelenleg még alkalmaznak, ugyanakkor 2021-től tiltani fogják ezek használatát és csak a tényleges biopolimerek alkalmazása lesz engedélyezett.

– Mi a különbség a biopolimer / lebontható (lebomló) polimer / komposztálható polimer között?

Ezek a fogalmak mind a biopolimer gyűjtőfogalom alá csoportosíthatók, azaz a „biopolimer”-t tekintjük a teljes halmaznak, amelybe beletartoznak a megújuló erőforrásból előállítható és a biológiai úton lebontható polimerek is (lásd előző cikkben biopolimerek csoportosítása ábra). Értelemszerűen a biopolimerek csoportjának részhalmaza a (biológiai úton) lebontható polimerek, amely kifejezéssel akkor élünk, amikor csak azt a tulajdonságot szeretnénk hangsúlyozni, hogy az adott biopolimer biológiai úton lebontható, függetlenül attól, hogy megújuló erőforrásból hozták-e létre vagy sem. A komposztálható polimer alatt pedig a lebontható polimereken belül még mélyebb részhalmazt értünk, ahol nem csak azt szeretnénk hangsúlyozni, hogy az adott polimer biológiai úton lebontható, hanem azt is, hogy ezt komposztálással lehet végrehajtani. Végül pedig a lebomló polimer kifejezést a korábbiakban már tárgyaltuk, hogy félreértésekre adhat okot, így ennek használata nem javasolt, helyette a (biológiai úton) lebontható kifejezést érdemes használni.

– A biopolimerek visszaforgatására nincs elegendő komposztálási kapacitás, és ez gondot jelent mivel csak és kizárólag komposztálással lehet visszaforgatni ezeket.

Felvetődik a kérdés, hogy miért gondoljuk, hogy a biopolimereket csak és kizárólag komposztálni lehet? Valószínűleg ez a tévhit a biopolimerek csoportjába tartozó komposztálható polimer kifejezésből ered, ugyanakkor tekintve, hogy a biopolimerek a műanyagok környezetbarát változatai, így ugyanúgy lehet a biopolimerekből készült

– Why are biopolymers called ‘degradable’ if they do not degrade by themselves?

In the field of science, such materials are not considered degradable. What unfortunately happened was that the expression degradable became widespread in everyday language when the first biopolymers appeared as producers were using this term incorrectly beforehand. To identify the proper expression, let us see what the term ‘biodegradable’ means in the international professional literature. ‘Degradable’ polymers are sometimes referred to as ‘biodegradable’ due to the components of the word ‘bio-de-grade-able’. ‘Bio’ means biologically, and ‘grade’ refers to a classifiable quality or classification, while ‘de’ is a negative prefix. So, the expression means biologically degrading, or disintegrating. At the end of the expression, ‘able’ refers to ability. Thus, the complete expression means that something may be degraded biologically, rather than that it degrades. The difference in the two languages is responsible for some of the variation in meaning. In Hungarian, the word ‘degradable’ means that *it degrades*, that is, it degrades *by itself*, while the original English meaning of the word suggests that it has the *capacity of degradation*, which is either utilized or is not. However, degradation by itself definitely does not take place within a short period of time.

– In spite of this, there are polymers that disintegrate and degrade by themselves.

In fact, there were/are plastic products (mostly plastic bags) that seem to disintegrate and degrade by themselves into tiny particles. What is important to note is that this degradation is not biological degradation. These products are usually made from traditional plastics, typically polyethylene (PE) – that is, they are NOT considered biopolymers in any way. Due to its molecule structure, PE tends to age physically and disintegrate through oxidation; that is, in an environment that contains oxygen (or air). To prevent this process, anti-oxidant additives are used if the final product is supposed to last for a long time. Plastics which ‘degrade by themselves,’ on the other hand, contain additives that accelerate the oxidation process and the disintegration of the plastic molecule chain. As a result, the treated plastic product disintegrates into tiny pieces, but the process is physical rather than biological, and the remaining plastic particles will not be biodegradable either. These plastics are called oxo degradable plastics, which are currently still used, but from 2021 onwards their use will be prohibited and only real biopolymers will be allowed.

– What is the difference between biopolymers / degradable (degrading) polymers / compostable polymers?

The terms above belong to the collective group ‘biopolymers’; that is, the term ‘biopolymers’ refers to a complete category that also includes biodegradable polymers produced from renewable energy sources (see the figure with the classification of biopolymers in the previous article). Logically, the biopolymers group includes (biologically) degradable polymers, a term that is used when the biodegradable property of the specific biopolymer is highlighted, no matter whether it has been produced from renewable energy source or not. Compostable polymers are thus considered an even smaller category within the group of degradable polymers, and this characteristic is usually highlighted when it is important that a specific polymer is biodegradable, and that this process can take place through composting. Finally, as discussed

lebomló. A magyar nyelvben a kettő között nagy különbség van, hiszen ha valami lebomló, akkor folyamatban van a lebomlása és azt gondolnánk, hogy ez a folyamat magától végbemegy, amíg a lebontható kifejezés azt jelenti, hogy a lebontás az pusztán csak egy lehetőség, amivel vagy élünk vagy nem, de magától rövid idő alatt nem megy végbe a folyamat.

– Ettől függetlenül igenis létezik olyan polimer, amely magától szétesik, lebomlik.

Valóban forgalomban voltak/vannak olyan műanyagból készült termékek (főleg zacskók), amelyek látszólag lebomlottak és maguktól szétesetek apró darabkákra. Ami nagyon lényeges, hogy tudjuk, hogy ez nem biológiai úton történő lebomlást jelent. Ezek a termékek hagyományos műanyagból, általában polietilénből (PE) vannak, tehát NEM biopolimerek semmilyen szinten. A PE a molekulaszervezetének sajátosságai miatt oxidáció útján, azaz oxigén (vagy levegő) közegben hajlamos a fizikai öregedésre, bomlásra, aminek meggátolására antioxidáns adalékanyagokat alkalmaznak, ha tartós használati terméket gyártanak be-

before, the term ‘degradable polymer’ may cause misunderstanding, so the use of the term is not recommended. Instead, the expression (biologically) degradable is recommended.

– There is not sufficient composting capacity for the recycling of biopolymers, which is a problem as they can only be recycled through composting.

The question arises why it is believed that biopolymers can only be composted. This myth probably comes from the term ‘compostable polymers,’ which are classified as one type of biopolymer. However, given that biopolymers are the environmentally friendly versions of plastics, products made from biopolymers can be **reused** (reusable products), **recycled** (ground up and used in new products), **composted**, **incinerated**, and even **depolymerized**. The last two techniques require some explanation. On the one hand, biopolymers (Level 2 or above) can be incinerated without any environmental damage because – as noted before – they are carbon-dioxide neutral, unlike plastics, which are produced from fossil oil, the incineration of which significantly increases the level of carbon dioxide in the atmosphere. During the incineration of biopolymers, carbon dioxide is emitted. However, this is carbon dioxide that was bound up during the process of photosynthesis – the process by which plants create glucose, which is the basic material of biopolymers. Depolymerization is an option if the biopolymer product can be dealt with by the chemical industry, which can reduce the biopolymer molecule chain to its basic units, from which a long molecule chain may be rebuilt. As we can see, there are a total of five options for recycling biopolymers, and composting is just one of them. If in relation to current biopolymer production only composting is used as a treatment technique, today’s composting capacity will need to be significantly expanded, and household-level composting will need to be involved in the treatment of biopolymers.

– When biopolymers are composted, is it impossible to use household composters? Or is it only possible to do this at industrial composting plants?

It is true that there are biopolymers whose biodegradation requires the conditions present in industrial plants only. An example is the PLA mentioned above. The reason for this is that the glass transition temperature of PLA (over which the activity level of the molecule chains is significantly higher) is between 50 to 60°C – that is, the composting process must be conducted at a higher temperature in order to minimize the degradation time. Normally, this temperature is created in industrial composting units for only a short period of time, or not at all. Apart from PLA, there are polymers with a high starch content that can degrade in household composters as well. In their case, the water solubility of starch also contributes to degradation at lower temperatures. However, – logically – easy degradation usually means a shorter period of usability; that is, these products cannot be used for a very long time so the range of products is also smaller than that of PLA products. Finally, it should be noted that research is currently being done to create a PLA biopolymer that is suitable for technical use but which can be composted in household composters with the use of various enzymes.

termékeket újrahasználni (többször használatos termékek), újrafeldolgozni (ledarálva és újra termék létrehozva), komposztálni, égetni, sőt depolimerizálni. Az utolsó két módszer kicsit több magyarázatot igényel. Egyrészt a biopolimerek (II-es szint vagy felette) „büntetlenül” égethetők – mivel ahogy korábban tárgyaltuk is – anyagában szén-dioxid semlegesek, szemben a műanyagokkal, amelyeket kőolajból állítanak elő és így utóbbiak égetése jelentősen növeli a légkör szén-dioxid tartalmát. A biopolimerek égetése során szén-dioxid keletkezik, az a szén-dioxid, amit a növény a biopolimer alapanyagául szolgáló glükóz létrehozása, azaz a fotoszintézis során megkötött. A depolimerizáció pedig egy olyan lehetőség, ahol is a biopolimer terméket a vegyipar tudná fogadni és a biopolimer molekulaláncot ismétlődő alapegységévé visszabontani, majd pedig az alapegységekből ismételtelen felépíteni a hosszú molekulaláncot. Ez összesen ötféle lehetőség a biopolimerek visszaforgatására beleértve a komposztálást is. Abban az esetben ha a jelenlegi biopolimer termelés esetében ragaszkodnánk hozzá, hogy azokat csak és kizárólag komposztáljuk, akkor valóban szükséges a jelenlegi komposztálási kapacitás növelése és a házi komposztálás bevonása a biopolimerek kezelésébe.

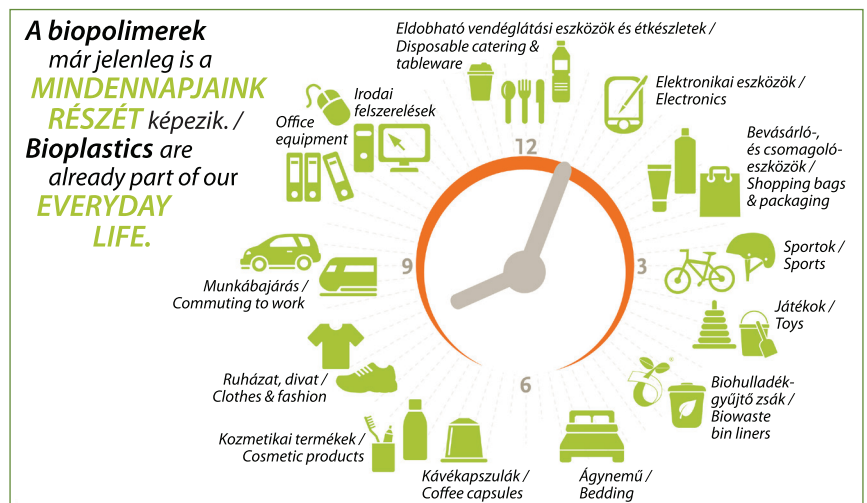
– Amennyiben komposztáljuk a biopolimereket, akkor arra a házi komposztálás nem, csak és kizárólag az ipari komposztálás alkalmas.

Valóban léteznek olyan biopolimerek, amelyek biológiai úton történő lebontásához ipari komposztálás során fennál-

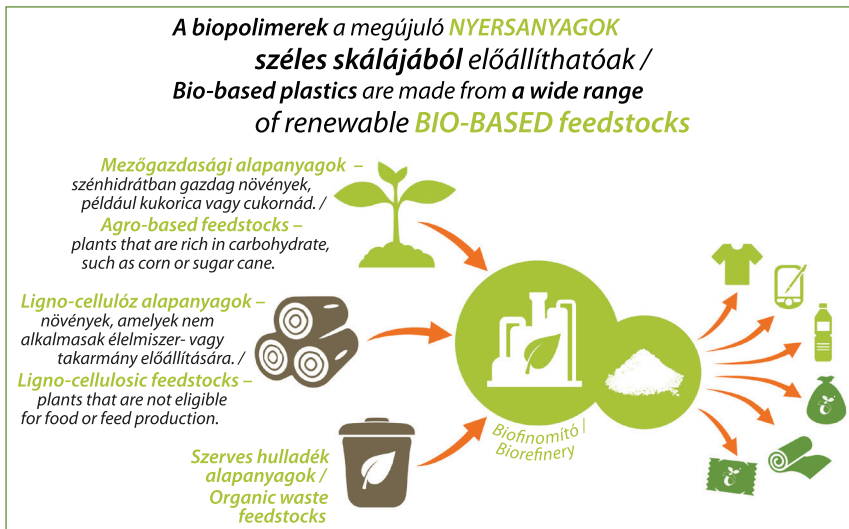
ló körülmények szükségesek. Ilyen a már korábban említett PLA is, aminek magyarázata, hogy a PLA üvegesedési átmeneti hőmérséklete (ami felett a molekulaláncok mozgékonyasága nagyságrenddel nagyobb) 50-60°C között található. Azaz a komposztálását mindenképpen előlötti hőmérsékleten célszerű végrehajtani, hogy minimalizáljuk a lebomlási időt. Legalább ekkora hőmérséklet pedig jellemzően ipari komposztálóknak alakul ki, házi komposztálóban maximum csak rövid időre vagy egyáltalán nem. Ettől függetlenül léteznek olyan, általában nagy keményítő tartalmú biopolimerek, amelyek házi komposztban is lebonthatóak. Itt a keményítő vízzoldhatósága is hozzájárul a kisebb hőmérsékleten végbemenő bomláshoz, de értelemszerűen a könnyű bonthatóságnak általában a hosszútávú felhasználhatóság az ára, így ezen termékek használhatósági ideje rövidebb, és a gyártható termékek palettája is szűkebb, mint a PLA-ból készült termékeké. Végül pedig érdemes megemlíteni, hogy jelenleg is folynak kutatások, hogy a műszaki célokra is alkalmas PLA biopolimer házi komposztálhatóságát sikerüljön elérni különböző enzimek segítségével.

– Mivel egyes biopolimerek csak ipari komposztálóban bonthatók, így a környezetbe kijutva ugyanúgy eltömítheti az állatok emésztőszervrendszerét, mint a műanyagok

Ahogy korábban említettük, vannak házi komposztban is bontható biopolimerek, vagy akár vízzoldható, könnyen bomló biopolimerek, amelyek környezetbe való kiju-



1. ÁBRA: A BIOPOLIMEREK MÁR JELENLEG IS A MINDENNAPJAINK RÉSZÉT KÉPEZIK / FIGURE 1: BIOPLASTICS ARE ALREADY PART OF OUR EVERYDAY LIFE
FORRÁS / SOURCE: EUROPEAN BIOPLASTICS



1. ÁBRA: A BIOPOLIMEREK A MEGÚJULÓ NYERSANYAGOK SZÉLES SKÁLÁJÁBÓL ELŐÁLLÍTHATÓK / FIGURE 1: BIO-BASED PLASTICS ARE MADE FROM A WIDE RANGE OF RENEWABLE BIO-BASED FEEDSTOCKS
FORRÁS / SOURCE: EUROPEAN BIOPLASTICS

tása ezen tulajdonságai kapcsán minimális kockázattal jár az élővilágra, de tekintésük meg most akkor az állításban szereplő, csak ipari komposztban bontható biopolimereket, mint például a PLA-t is. Ha egy PLA-ból készült termék kijut a természetbe (pl. mezőre), az egyrészt mindenképpen rövidebb idő alatt bomlik el, mint egy hagyományos műanyag termék (aminek széteséséhez több száz év szükséges), még akkor is, hogyha a feltételek nem ideálisak, azaz nem áll fenn komposztálási körülmény. Ha egy bomlás alatt álló és elaprózódó PLA termék darabkáját egy állat vagy akár az ember lenyeli, akkor szerencsés esetben a PLA darabka átmegy az emésztőrendszeren és távozik a szervezetből úgy, hogy abban sem fizikai, sem pedig fiziológiai, működésbeli kárt nem okoz. Fontos belátnunk, hogy a PLA bomlása erősen savas környezetben szintén felgyorsul (még ha nincs is meg az 50-60°C), így a lenyelt PLA darabka várhatóan részlegesen emésztve, bizonyos mértékben tovább aprózódva jut át a szervezeten. Nyilván, abban az esetben, ha egy emlős csak és kizárólag PLA biopolimer termékeket enne nagy mennyiségben (amelyet egyébként nem éreznek tápláléknak), akkor várhatóan el-tömődne az emésztőrendszere.

– A biopolimerek a bomlásuk során a környezetre ártalmas anyagokra bomlanak.

A biopolimerek, mivel szénből, hidrogénből és oxigénből állnak, így a bomlásuk során vízre, és szén-dioxidra bomlanak, sőt, az égetésük esetén is ezen anyagok

képződnek. Ahogy korábban is volt róla szó, a bomlás/égetés során képződő szén-dioxid pedig egy megkötött szén-dioxid, amit a biopolimer létrehozására felhasznált glükóz fotoszintézisével kötött meg az adott növény, így nem növeli a légkör összes szén-dioxid tartalmát.

– Ha csak részleges egy biopolimer termék bomlása, akkor az elaprózódott mikroszkopikus darabkák visszajutnak az emberi vagy állati táplálékláncba, ami gondot okoz.

Nyilván nem nulla a valószínűsége annak a lehetőségnek, hogy egy biopolimer terméket a korábban említett ötféle ártalmatlanítási módszer egyikével sem dolgoznak fel, hanem az kijut a természetbe, ahol bomlani kezd, de az ideális lebomlási körülmények hiányában (komposzt) ez a bomlás jóval lassabb lesz, így sokáig az elaprózódás és részleges bomlás állapotában lehet. Természetesen a bomlás során apró darabok válnak le a biopolimer termékből, amelyek mikroszkopikus szemcsék formájában akár visszajuthatnak az emberi táplálékláncba. Ez a hagyományos műanyagok esetében időszerű és valós probléma, mivel azokat az emberi szervezet egyik részről nem tudja feldolgozni, másik részről pedig idegen anyagnak tekinti. Ezzel szemben a biopolimerek mikroszkopikus szemcséi, még ha el is jutnak az emberi táplálékláncba, azért nem fognak gondot okozni, mert az emberi szervezet azokat részben vagy egészben meg fogja emésztetni, és amely emésztés során az emberi szervezetre nem káros anyagok jönnek létre (pl. tejsav, víz).

– As biopolymers can degrade in industrial composters, when they re-enter nature they can block the digestive systems of animals, just like plastics.

As mentioned above, there are biopolymers that can be degraded in household composters and there are also water soluble, easily degradable biopolymers that, once returned to nature, pose only a minimal risk to animals due to their properties. However, now let us examine biopolymers that degrade in industrial composters, like those in the description such as PLA. If a product made from PLA enters a natural environment (e.g. a field), on the one hand it will degrade faster than traditional plastic-based products (whose disintegration takes hundreds of years), even if the conditions are not ideal – that is, the conditions are not suitable for composting. If a disintegrating, degrading PLA product particle is swallowed by an animal or a human, in the ideal situation the PLA particle will go through the digestive system and leave the body without causing any physical or physiological damage to organs. It is also important to know that the degradation of PLA accelerates in strongly acidic conditions (even if the temperature is under 50-60°C), so a swallowed PLA particle may be expected to pass through the body in half-digested form, or in some cases be broken into even smaller particles. Obviously, if a mammal only ate PLA biopolymer products in large amounts (by accident, perceiving them as food), the digestion system could become blocked.

– During their degradation, biopolymers disintegrate into matter that is harmful to the environment.

Biopolymers contain carbon, hydrogen, and oxygen, thus during their degradation they decompose into water and carbon dioxide, and these materials are produced when they are incinerated. As mentioned above, the carbon dioxide produced during incineration is bound carbon dioxide, which specific plants fix through the process of the photosynthesis of the glucose used in the production of the biopolymer, thus it does not increase the total carbon dioxide level of the atmosphere.

– If the degradation of biopolymers is only partial, the tiny, microscopic, broken pieces that remain will re-enter the food chain of humans and animals, which can cause problems.

Obviously it may occur that a biopolymer product is not properly treated using any of the five means of elimination. Instead, it may end up in nature, where it starts degrading – however, without the ideal conditions for degradation (composting), this process is much slower and, as a result, it may remain in a broken or partly degraded condition for quite a long time. Naturally, during the process of decomposition tiny particles may split off the biopolymer product, and these microscopic particles may even re-enter the food chain. In the case of traditional plastics this problem is a valid one, as on the one hand the human body cannot digest them, and on the other the particles represent foreign bodies to it. The microscopic particles of biopolymers, however, even if they re-enter the human food chain, will not cause any problems as the human body can at least partially digest them, and during the digestion process the matter that is produced is not harmful to the human body (e.g. as lactic acid, or water).

– **As biopolymers can presently be produced from materials originally meant for consumption as food (e.g. wheat, corn, or sugar), if large amounts of biopolymers are produced, there will not be any left for use as food.**

It is true that biopolymers are currently produced from raw materials that can also be used to create food products, but the statement that there will not be any food left if a lot of biopolymers are produced is quite an exaggeration. Let us examine the reality of the situation. First of all, let us see what production capacity we now have available. Concerning PLA biopolymer, in 2018 capacity was around 220,000 tons. Based on forecasts, this figure may dynamically increase by 2023 to as much as 430,000 tons (annual production). Currently, PLA is mostly produced from wheat, corn, or sugar beet due to their starch/sugar content. In 2018, a total of 5.2 million tons, 8 million tons, and 1 million tons of these products were used to make PLA, respectively. This means that, in Hungary alone, if all the related produce were used to make PLA, a little over 4 million tons of PLA could be manufactured. What is more, by 2023 the estimated 430,000 tons of PLA that will be produced around the world could be produced using only 11 percent of Hungarian wheat and corn produce. Another argument for their use is that by decreasing the amount of food unnecessarily produced and wasted by consumer society, and with a little bit of extra care, a significant amount of crops could be saved and used to produce biopolymers, rather than ending up wasted. A further argument that supports the author's opinion is that from crops and sugar we mostly produce goods that are consumed for pleasure, like spirits or soft drinks, and cakes with high sugar levels. If their consumption were decreased, people could lead healthier lifestyles and the materials thus saved could be used to produce biopolymers. Finally, the main supporting argument is that, in contrast to the claim presented above, scientists worldwide are working to produce biopolymers from by-products (e.g. different plant fibers like corn stalks) rather than materials that can also be used as food.

– **Only packaging materials can be produced from biopolymers – they cannot replace other products.**

Since nowadays most biopolymer products are used in packaging technologies, it might be concluded that these materials can only be used for this purpose. PLA is again a good example, as at under 50-60°C degrees it is a stable polymer and has mechanical properties similar to technical plastics (65 MPa solidity, 3 GPa elastic modulus), thus it may play a role in long-duration engineering applications. In relation to these functions it can be utilized in covers for electronic goods, car industry products (e.g. air filter boxes) medical-technical products (absorbable implants), and in 3D printing (so-called FDM, or Fused Deposition Modelling, a printing line used in FDM technology). There is no need to worry about the fact that most biopolymers are bio-degradable because, as mentioned above, they do not degrade 'by themselves,' and, thanks to their mechanical properties, they may even be used to produce technical components.

– **Mivel jelenleg élelmiszerek szánt anyagokból (búza, kukorica, cukor) lehet biopolimereket gyártani, így ha biopolimerekből nagy mennyiséget állítunk elő, akkor nem marad alapanyagunk élelmiszere.**

Valóban: a biopolimerek gyártására jelenleg olyan alapanyagokat használnak, amelyekből egyébként élelmiszert is lehet készíteni, de az, hogy nem marad élelmiszere, ha sok biopolimert gyártunk, az egy túlzó állítás. Nézzük meg, hogy ennek az állításnak az élet mivel tudjuk tompítani. Először is tekintsük át a jelenlegi gyártókapacitást, amely a PLA biopolimert tekintve 2018-ban közel 220.000 tonna volt. Az előrejelzések szerint 2023-ra ez dinamikusan nőhet akár 430.000 tonnára (éves gyártás). PLA létrehozására jelenleg leginkább búzát, kukoricát vagy cukorrépat lehet alkalmazni a keményítő/cukor tartalmuk miatt, amelyekből Magyarországon rendre 5.2 millió tonna, 8 millió tonna, valamint 1 millió tonna volt a termés 2018-ban. Ebből mindösszesen kerekítve kicsit több mint 4 millió tonna PLA lenne létrehozható pusztán csak Magyarországon, ha az összes termést mind PLA gyártásra fordítanánk. Sőt a 2023-ra előrejelzett 430.000 tonna PLA összes világtermelés létrehozása is megoldható lenne pusztán csak a magyarországi búza és kukoricatermés 11%-ából. További érveként hozható fel, hogy a fogyasztói társadalom okozta jelentős mennyiségű feleslegesen létrehozott és kidobott élelmiszer mennyiségének csökkentésével és egy kis odafigyeléssel valószínűleg megspórolható lenne az a gabona mennyiség, amely ezután már nem a szemétben végezné, hanem biopolimer gyártásra fordítható lenne. Ismét egy további érv – ami inkább a szerző magánvéleményét tükrözi –, hogy a mai világunkban mind a gabonából, mind pedig

a cukorból olyan pusztán csak élvezeti termékeket hozunk létre, mint az égetett szezkek vagy magas cukortartalmú üdítők, sütemények, amelyek fogyasztásának mérséklése nem csak egészségesebb életvitelhez vezethet, de az itt megspórolt anyagokból szintén biopolimert lehetne gyártani. Végül pedig a fő érv, amivel árnyalhatjuk a bekezdés elején szereplő állítást az az, hogy természetesen a kutatók világszerte dolgoznak azon, hogy a jövőben a biopolimereket ne élelmiszerek is felhasználható anyagokból, hanem melléktermékekből (pl. különböző növényi rostok mint a kukoricaszár) is létre lehessen hozni.

– **A biopolimerekből csak csomagolás gyártható, de más terméket nem tudunk kiváltani velük.**

Mivel jelenleg biopolimer termékekkel leginkább csomagolástechnikai alkalmazásokban találkozhatunk, így azt gondolhatnánk, hogy ezek az anyagok csak ilyen célra használhatóak. Ismét a PLA-t hoznám fel példának, amely amellet, hogy 50-60°C alatt egy stabil polimer, műszaki műanyagokhoz hasonló mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik (65 MPa szilárdság, 3 GPa rugalmassági modulusz), így hosszútávú, mérnöki alkalmazásokban is teret hódíthat. Ilyen alkalmazások lehetnek elektronikai cikkek burkolata, autóiipari termékek (pl. légszűrő doboz), orvostechinikai termékek (felszívódó implantátum), vagy éppen a 3D nyomtatás (úgynevezett ömledékritegezésnél, azaz FDM technológiánál alkalmazott nyomtatószál). Nem kell tartani attól, hogy a legtöbb biopolimer egyben biológiai úton lebontható, mert ahogy korábban volt róla szó, nem fog magától lebomlani és mechanikai tulajdonságai alapján érdemes arra, hogy műszaki alkatrészeket állítsunk belőle elő. ■

Köszönetnyilvánítás

A cikk a Bolyai János Kutatási ösztöndíj támogatásával készült. Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. A munkát a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) OTKA (FK134336) pályázata támogatta. A cikk a Magyar Tudományos Akadémia Magyarország-Olaszország kétoldalaú mobilitás pályázatának keretein belül készült (NKM2018-42).

Acknowledgements

The article has been prepared with the support of the János Bolyai Research prize, with professional support financed by the National Research, Development and Innovation Fund of the New National Excellence Programme, code number ÚNKP-20-5 from the Innovation and Technology Ministry. The study was also supported by the OTKA (FK134336) tender of the National Research, Development and Innovation Office. The article has been produced within the framework of the Hungary – Italy bilateral mobility tender of the Hungarian Academy of Sciences (NKM2018-42).

→ DR. GULYÁS MIKLÓS
SZENT ISTVÁN EGYETEM

Szennyvíziszap, sertés- és szarvasmarha hígtrágya mezőgazdasági felhasználásának kockázatbecslése

Cikkünkben a Koppenhágai Egyetem Növény és Környezettudományi Tanszékén készített összegző tanulmány eredményeit mutatjuk be, amelyből átfogó képet kaphatunk arról, miként értékeli Dániában a szennyvíziszapok és a sertés, valamint szarvasmarha hígtrágyák jelentőségét és az alkalmazással járó kockázatokat.

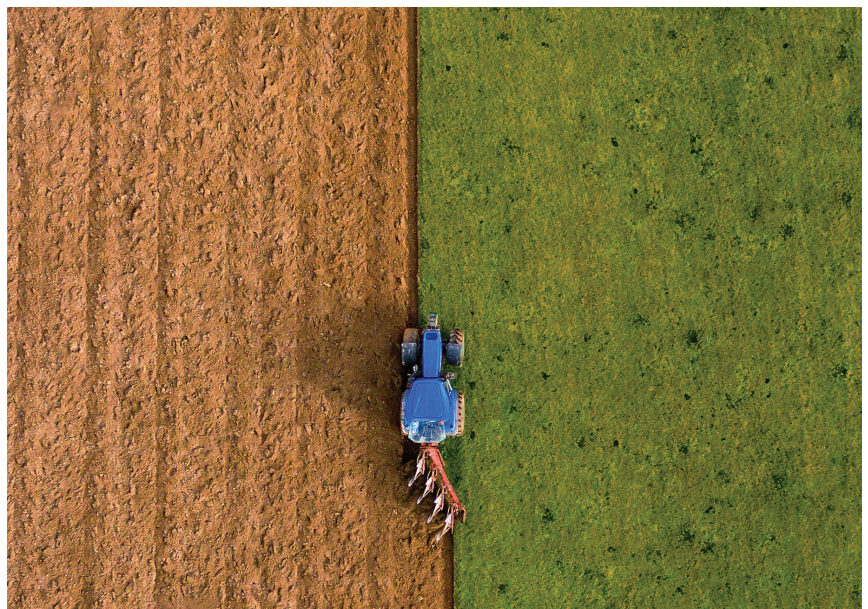
A tanulmány háttere – dán körkép

2017 áprilisában az Ökológiai Ágazat Fejlesztő Munkacsoport jelentést tett közzé 25 ajánlással a környezetvédelmi és élelmiszerügyi miniszter számára. Ezek között szerepelt egy ajánlás, amelyben – a tápanyag körforgás jegyében – lehetőséget kell biztosítani az ökológiai gazdálkodóknak a tisztított háztartási szennyvízből származó tápanyagok hasznosítására.

A tisztított szennyvízből származó tápanyagok jövőbeni felhasználásának előfeltétele, hogy teljesüljenek a velük szemben támasztott minőségi követelmények, alkalmazásuk pedig indokolható és elfogadható legyen a fogyasztók számára.

Szükségessé vált egy olyan tudományos áttekintés, amely a tisztított települési szennyvízből származó tápanyagok felhasználását egyéb, engedélyezett tápanyagforrásokkal – pl. hagyományos állati trágyákkal – összevetve vizsgálja. A szenny-

víziszapok és a hagyományos trágyák felhasználására, és azok potenciális kockázatainak felmérésére vonatkozó összehasonlító vizsgálat hasznos információkat szolgáltat a döntéshozók számára az ökológiai gazdálkodás jövőbeni szabályozásában.



Dr. Miklós Gulyás – Szent István University

Assessment of risks related to agricultural use of sewage sludge, and pig and cattle slurry

In this article we introduce the findings of a summarizing study carried out at the Department of Plant and Environmental Sciences, University of Copenhagen. The study provides a general picture of how the significance and risks of the use of sewage sludge, and pig and cattle slurry are evaluated in Denmark.

Background of the study – Danish overview

In April 2017, the Organic Business Development Team released a report with 25 recommendations for the Danish Minister of Environment and Food. Among these was a recommendation that organic farmers should have the opportunity to utilize nutrients from treated domestic wastewater for nutrient recycling. Prerequisites for the future use of nutrients from treated wastewater is that quality requirements are met, and that the application of the former can be explained to and accepted by consumers. A need has arisen for a scientific overview of the risks of using nutrients from treated municipal wastewater in relation to those of other authorized fertilizer sources – e.g. conventional animal manures. It was assumed that a comparative approach to assessing the potential risk of using sewage sludge and conventional manures could usefully inform decision makers in relation to the future regulation of organic farming systems.

Based on the literature, this report aims to create an overview of the environmental and human risks associated with the application of pig and cattle slurry, as well as sewage sludge, to agricultural soils. The risk evaluation was performed for the following compound groups:

- Metals
- Chlorophenyls
- Dioxins
- Furans
- Halogenated aliphatic and aromatic hydrocarbons (HAH)
- Linear alkylbenzenesulfonates (LAS)
- Polyaromatic hydrocarbons (PAH)
- Polybrominated diphenyl ethers (PBDE)
- Polychlorinated biphenyls (PCB)
- Poly- and perfluorinated alkylated substances (PFAS)
- Phenols
- Phosphate-triesters
- Phthalates
- Polychlorinated naphthalenes (PCN)
- Polychlorinated alkanes (PCA)
- Triclosan
- Triclocarban
- Medicines
- Estrogens
- Antibiotic resistance genes

Additionally, the fertilizer potential of the two nutrient sources has been characterized and compared. In Danish policy, the use of sewage

A rendelkezésre álló irodalom alapján a jelentés átfogó képet ad a sertés- és szarvasmarha hígtrágya használatával kapcsolatos környezeti és humán kockázatokról, valamint a szennyvíziszap mezőgazdasági talajokra gyakorolt hatásairól. A kockázatértékelést a következő szennyezőanyag csoportokra végezték el:

- Fémek
- Klórfenilek
- Dioxinok
- Furánok
- Halogénezett alifás és aromás szénhidrogének (HAH)
- Lineáris alkil-benzolszulfonátok (LAS)
- Poliaromás szénhidrogének (PAH)
- Polibromozott difenil-éterek (PBDE)
- Poliklórozott bifenilek (PCB)
- Poli- és perfluorozott alkilezett anyagok (PFAS)
- Fenolok
- Foszfát-triészterek
- Ftalátok
- Poliklórozott naftalinok (PCN)
- Poliklórozott alkánok (PCA)
- Triklózán
- Triclocarban
- Gyógyszerek
- Ösztrogének
- Antibiotikum rezisztencia gének

Emellett jellemezték és összehasonlították a két tápanyagforrás tápanyag potenciálját is.

Dánia támogatja a szennyvíziszap, mint trágya felhasználását. A Nemzeti Erőforrás Stratégia kimondja, hogy annyi hulladékot kell újrahasznosítani, amennyit csak lehet. A 2014. évi adatok alapján ez a szennyvíziszap 75 %-át jelentette.



Társadalmunk függ a szerves vegyi anyagoktól. A világon bejegyzett 50 millió vegyi anyagból 143 ezer az európai listákon is szerepel, mint ipari alapanyag, ezek közül pedig 10 ezerre tehető a leggyakrabban felhasznált anyagok köre. Ezek egy része végül a szennyvízbe, a tisztítóművekbe, majd az anyagok tulajdonságaitól, illetve a szennyvíztisztító telepek műszaki kialakításától függően a szennyvíziszapba kerülhetnek.

A szennyvíziszap minőségére vonatkozó meglehetősen szigorú előírásokkal és ellenőrzésekkel szemben az állati trágya kijuttatás maximális mennyiségét a P (foszfor) és N (nitrogén) mennyiség határozza meg. Ez 170 kg N/ha, illetve 30-43 kg P/ha értéket jelent trágya típustól függően.

A gyakorlatban azonban sokkal több hígtrágya keletkezik, mint szennyvíziszap. Az állati trágya nem tartalmaz olyan széles spektrumban szerves összetevőket, mint a szennyvíziszap. A legnagyobb problémát a nehézfém tartalmuk jelenti, ami takarmány adalékokból és gyógyszermaradványokból származik.

Potenciálisan toxikus elemek (nehézfémek)

A potenciálisan toxikus elemek (PTE-k) – vagy más néven nehézfémek –, jelentős kockázatot hordoznak, mert képesek felhalmozódni a talajban a hulladék anyagok használatával (szennyvíziszap, hígtrágya, almostrágya stb.) és a légköri kiülepedés során is. A talajban mobilizálódni azonban csak kimosódással vagy növényfelvétel útján képesek, és a szerves anyagokkal ellentétben nem bomlanak le. Ennélfogva az emberek a növények elfogyasztásával közvetlen veszélynek vannak kitéve pl. kadmium (Cd) és ólom (Pb) esetében.



Számos tényező befolyásolja ezen elemek biológiai aktivitását, ezek közül is legfontosabb a talaj kémhatása. A talaj kémhatása szabályozható rendszeres meszeséssel, ezáltal a kationok felvétele – így a Cd felvétele is – kontrollálható.

Egy norvég kockázatértékelés során megállapították, hogy a 100 éven át tartó rendszeres szennyvíziszap felhasználás során az előállított élelmiszerekkel az egy főre jutó Cd-bevitel kevesebb, mint 5%-kal növekszik, ami elfogadhatónak tekinthető. Európában az emissziós kibocsátások ellenőrzésével és a technológiai fejlődésnek köszönhetően az elmúlt 2 évtizedben jelentősen csökkent a higany (Hg), az ólom (Pb) és a kadmium (Cd) kibocsátás. Mindezeket figyelembe véve egy tanulmány szerint a talaj kadmium-tartalmának 100 év alatt 14%-kal kellene csökkennie, szennyvíziszap alkalmazásával a legmagasabb megengedett kadmium-koncentráció mellett.

Állat-, és humán gyógyszermaradványok

Az állatgyógyászati készítmények engedélyeztetésénél a trágyákból vagy szennyvíziszapokból a növényekbe kerülő gyógyszermaradványokat, és a növényi felvételtől adódó potenciális humán kitétséget nem veszik figyelembe. Az antibiotikumok kivételével szinte ismeretlen ezeknek a készítményeknek a sorsa a környezetbe kerülve, becslésre a humán gyógyszerből származó ismereteket lehet felhasználni. A Norvégiában forgalmazott 1414 humán gyógyszer alapanyag közül csupán 14 esetben becsültek határérték túllépést szennyvíziszap alkalmazást követően. A gyógyszermaradványok talajban mért koncentrációi alacsonyak vol-

tak, így alacsony kockázatúnak sorolták azt a tápláléklánc és a fogyasztók oldaláról. A vizsgálat a kisgyermekekre is kitért. A napi 0,2 g szennyvíziszappal kevert talaj bevitelével is valószínűtlennek tartották, hogy az veszélyt jelentene a gyermekek számára. Bár az állati trágyák esetében az állatgyógyászati készítményekkel kapcsolatban nem áll rendelkezésre elegendő adat, azonban megállapították, hogy a szennyvíziszapokban található állati és humán gyógyszermaradványok alacsony kockázatot jelentenek az emberek számára.

Antibiotikum rezisztencia terjedés

Az antibiotikum rezisztencia a közegészségügy egyik legnagyobb kihívása. Rendkívül sokféle antibiotikum-rezisztencia gén (ARG) és más rezisztenciát meghatározó tényező (például a mobil genetikai elemek, amelyek képesek az ARG-k nem patogén baktériumokból patogén baktériumokba történő átvitelére) ismert a talaj baktérium közösségeiben, még a természetes talajokban is. Ezért a mezőgazdasági talajok az új antibiotikum-rezisztencia-mechanizmusok gazdag forrásai.

Feltételezhető, hogy az állati trágyák és a szennyvíziszapok a mezőgazdasági talajok fő külső ARG-forrásai, de ezen források relatív jelentőségéről nem végeztek szisztematikus összehasonlító vizsgálatokat. Az irodalomban rendelkezésre álló adatok azt mutatják, hogy az antibiotikumokkal szembeni rezisztencia terjesztésében a szennyvíziszap kijuttatása nem jelent nagyobb kockázatot, mint az állati trágya alkalmazása, azonban az emberi egészségre vonatkozó kvantitatív értékeléshez hiányosak az ismeretek.

sludge as fertilizer is favored. The national resources strategy states that as much waste as possible must be recycled. According to data from 2014, around 75% of sewage sludge was recycled to agriculture.

Our society depends on a large range of organic chemicals. Of the 50 million registered chemicals, approximately 143,000 are registered on European lists for industrial use. Chemicals that are commonly used may be counted in the tens of thousands. Some of these will ultimately enter our wastewater treatment plants, and, depending on the intrinsic properties of the substances and the technical specification of the wastewater treatment plants, may end up in sewage sludge. In contrast to the rather strict regulations and control of sewage sludge quality, the application of manure is regulated through the national maximum P (phosphorous) and N (nitrogen) application rates. These are set to 170 kg N/ha and 30-43 kg P/ha, respectively, depending on the type of manure that is used.

In practice, the amount of animal slurry that is produced is much greater than the amount of sewage sludge. Animal slurry does contain a narrower scope of organic compounds than sewage sludge. The most problematic issue is their heavy metal content, derived from feed additives and pharmaceutical residues.

Potentially toxic elements (heavy metals)

Potentially toxic elements (PTEs) (also called heavy metals) are of major concern since they tend to accumulate in soils due to the application of waste materials (e.g. sewage sludge, slurry, and livestock manure), but also to atmospheric deposition. They are only removed through leaching or plant uptake, and, unlike organic substances, they are not degraded. Therefore, humans may be exposed to PTEs through the direct ingestion of plant material – e.g. in the case of Cadmium (Cd) and Lead (Pb). A number of factors influence the biological activity of PTEs, the most important of which is soil pH. By controlling soil pH through occasional liming, the plant uptake of cationic PTEs, and most importantly, of Cd, may be managed.

In a Norwegian risk assessment of sewage sludge, it was estimated that food produced from soil amended with sludge for 100 years would increase Cd intake per capita by less than 5% relative to the baseline, and this was deemed acceptable. Due to the great improvements in technologies for dealing with emissions related to processes, substantial declines in emissions of Hg (Mercury), Pb, and Cd have taken place in Europe over the last two decades. According to one study, soil Cd concentrations should have decreased by around 14% in 100 years' time due to the maximum permitted level of Cd in sewage sludge.

Residues from veterinary and human medicine

Potential human exposure to the transmission of veterinary medicinal products via manure or sewage sludge into crops is not considered in the approval process for veterinary medicines. As there is almost no investigation of the transmission of veterinary drugs into food, except for antibiotics, current knowledge about the transfer of human medicine must be used. A Norwegian study assessed all 1414 human drug substances marketed in Norway. Of these, only 14 were estimated to exceed the threshold values after sludge application. The estimated soil concentrations of drug substances were low, thus it was considered that these constitute a low risk to the food chain and consumers. The study dealt with potential

impacts on children as well. Assuming an intake of 0.2 g soil per day, it was considered unlikely that the consumption of soil mixture with added sewage sludge would pose any risk to children's health. Although there is a lack of data regarding veterinary medicine in animal slurry, it was found that animal and veterinary medicines in sewage sludge pose a low risk to humans.

Propagation of antibiotic resistance

Antibiotic resistance constitutes a major challenge to public health. Soil bacterial communities even in natural soils are known to harbor an extremely diverse collection of antibiotic resistant genes (ARGs) and other resistance determinants such as mobile genetic elements capable of transferring ARGs from non-pathogenic bacteria to pathogenic bacteria. Hence, agricultural soils constitute a rich source of novel antibiotic resistance components.

Animal manure and sewage sludge are thought to comprise the major external sources of ARGs in agricultural soils, but no systematic comparative studies of the relative importance of these sources have been carried out. The evidence that is available from the literature indicates that the application of sewage sludge does not represent a greater risk than the application of animal manure with regard to antibiotic resistance on farmland. However, we still have a limited understanding in terms of qualitative assessments of human health.

Risk characterizations – cattle and pig slurry

With respect to cattle and pig slurry, the main risk factors are metal compounds – more specifically, zinc and copper. Both metals are used as additives in animal feed and medicines, and, in accordance, zinc and copper accounted for more than 50 % and 90 % of the total risk in cattle and pig slurry, respectively. The use of pig slurry is estimated to increase natural background concentrations of zinc and copper by approximately 7% (5%) per year. From 2022, new regulations will prohibit the use of Zn additives in pig feed, which will reduce the amount of Zn added to agricultural fields, and hence finally reduce the risk of Zn-induced toxicity. Similarly, Cu will be regulated from 2019 onwards. The remaining metals and organic contaminants did not contribute significantly to risk. However, the cumulated risk of organic contaminants (mainly phenols and PAHs), pharmaceutical residues (mainly sulfatroxazole) and estrogens may pose a low risk to the soil environment. It should be noted that slurry from farrowing pigs might however result in soil estrogen concentrations above the PNEC.

Risk characterizations – sewage sludge

For sewage sludge, the main risk contributors were the organic chemicals. Estimations of the cumulative risk after 1-10 years of applications showed that organic chemicals accounted for more than 90 %, and after 100 years for approximately 70-80 %. The compounds posing the highest risk in decreasing order are di-n-octylphthalate (DOP) > triclocarban > di(2-ethylhexyl)adipate (DHEA) > nonylphenol-diethoxylate (NP2EO) > tricresylphosphate > triclosan > nonylphenol-monoethoxylate (NP1EO) PCA (C14-17) > phenol > PBDE 99. Phthalate toxicity in soils has not been investigated yet. Previous studies have shown the low toxicity of DOP to soil microorganisms (no significant impact of concentrations up to 500 mg/kg), but information about the soil toxicity of DOP and DHEA to invertebrates and other soil macro-organisms is lacking in the literature.

Kockázatok jellemzése – szarvasmarha és sertés hígtrágya

A szarvasmarha- és sertés hígtrágya szempontjából a fő kockázatot a fémvegyületek jelentik, pontosabban a cink és a réz. Mindkét fémet adalékként használják az állati takarmányokban és a gyógyszerekben, így ennek megfelelően a cink és a réz a szarvasmarhák és sertések hígtrágyájának összesített kockázatának több mint 50% -át, illetve 90% -át tette ki. Becslések szerint a sertés hígtrágya felhasználása körülbelül évi 7, illetve 5% -kal növeli a cink és a réz természetes háttér koncentrációját. 2022-től az új EU-s szabályozás megtiltja a cink adalékanyagok sertéstakarmányokban történő felhasználását, ami csökkenti a mezőgazdasági területekre kerülő cink mennyiségét, és ezáltal végül csökkenti a cink által kiváltott toxicitás kockázatát. A réz tartalmat hasonlóképpen szabályozták, már 2019-től kezdődően. A fennmaradó fémek és szerves szennyezők nem járultak hozzá jelentősen a kockázatokhoz. A szerves szennyeződések (főleg fenolok és PAH-ok), a gyógyszermaradványok (főleg a sulfatroxazol) és az ösztrogének kumulált kockázata szarvasmarha- és sertés hígtrágyánál alacsony kockázatot jelent a talajra. Meg kell azonban jegyezni, hogy a sertés szaporításból származó trágyát alkalmazva a talaj ösztrogén-koncentrációja meghaladhatja a becsült hatásmentes koncentráció (PNEC) értékét.

Kockázatok jellemzése – szennyvíziszap

A szennyvíziszap esetében a fő kockázati tényezők a szerves szennyezőanyagok voltak. A becslésekkor 1-10 évig tartó alkalmazás után a szerves szennyezőanyagok az összesített kockázat több mint 90% -át, 100 év után körülbelül 70-80% -át tették ki a szennyező anyagoknak. Csökkenő sorrendben a legnagyobb kockázatot jelentő vegyületek a di-n-oktilfthalát (DOP) > triklorkarban > di (2-etilhexil) adipát (DHEA) > nonilfenol-diethoxilát (NP2EO) > trikrezilfoszfát > triklózán > nonilfenolmonoethoxilát (NP1EO) PCA (C14-17) > fenol > PBDE 99. A ftalát toxicitását a talajban még nem vizsgálták. Korábbi vizsgálatok kimutatták, hogy a DOP alacsony toxicitással rendelkezik a talaj mikroorganizmusaira nézve (az 500 mg/kg-ig terjedő koncentrációknak nincs jelentős hatása), de a DOP és DHEA talaj toxicitására vonatkozó információi közül a gerinctelenekre és a talajban élő makroorganizmusokra vo-

natkozó hatások hiányoznak az irodalomból. A fémek közül a számított kockázat csaknem felét a cink tette ki. 100 éves alkalmazás után a talaj cink koncentrációja becslések szerint körülbelül tízszer alacsonyabb szennyvíziszap esetében, mint a sertés trágya alkalmazásakor. A talaj fém háttér koncentrációja a becslések szerint évente kevesebb, mint 1%-kal nő a szennyvíziszap alkalmazásának eredményeként. Dániában a talajjavításhoz használt szennyvíziszapban a fémvegyületek koncentrációját szigorúan szabályozzák és ellenőrzik. Az eredmények alapján a szennyvíziszapból származó fémeket úgy értékelték, hogy alacsony kockázatot jelentenek a talajra. A gyógyszermaradványok és ösztrogénvegyületek alacsony kockázatot jelentenek a talajban élő szervezetekre, bár ez a kockázatértékelés meglehetősen bizonytalan az ismeretek hiánya miatt.

Tápanyag potenciál értékelése

A tápanyagtartalom és hasznosítás szempontjából a hígtrágya alapú rendszerek jobbak, hiszen a hígtrágya kezelési technológiákat részben a tápanyagok újrahasonosítására tervezték, még akkor is, ha számolni kell gáznemű nitrogén veszteségekkel. Ezzel szemben a korábbi szennyvíztisztítási technológiák arra épültek, hogy a szennyvízben lévő nem kívánatos anyagokat gazdasági és környezetvédelmi szempontból elfogadható módon távolítsuk el. Az elmúlt években történt fejlesztések eredményeként nagyobb mennyiségű foszfor kerül az üzemekben visszatartásra. Az állati trágyák N:P:K aránya ugyanakkor kiegyensúlyozottabb, közelebb áll a növényi igényekhez, míg a szennyvíziszap túl sok foszfort tartalmaz. A szennyvíziszapban található nitrogén elsősorban nem felvehető szerves vegyületekben található meg, ennek kevesebb mint a fele mineralizálódik és válik felvehetővé a növények számára.

A tudásbeli hiányosságok kezelése

A Koppenhágai Egyetemen létrehozott, integrált hosszú távú kísérletben különböző típusú hulladékokat és állati trágyákat alkalmaznak magas vagy akár túlzott mértékben, hogy tesztelni tudják azt, veszélyt jelentenek-e az ökoszisztémára. Számos tanulmány jelent meg már innen és vannak olyan előzetes tanulmányok is, amelyek arra utalnak, hogy a szennyvíziszap nem akadályozza a giliszták és egyéb talajfauna alkotók

sokféleségét és a szaporodását. A szennyvíziszappal kezelt parcellákon ez az arány magas, és eddig sok egyéb talajtermékenységet kedvezően befolyásoló tulajdonságot találtak ezekben a parcellákban.

Következtetések

A kutatások eddigi eredményei alapján a szennyvíziszap nem jelent nagyobb kockázatot az antibiotikum-rezisztencia terjedésében és továbbadásában, mint az állati trágya. Jelenleg nem lehet számszerűsíteni a talajban az antibiotikumokkal szembeni rezisztenciával összefüggő emberi egészségre gyakorolt kockázatokat, de azt tartják a legvalószínűbbnek, hogy más átviteli utak magasabb humán egészségügyi kockázattal járhatnak. Valószínűtlennek tartják, hogy a sertés- és szarvasmarha hígtrágyában található állatgyógyászati szermaradványok aggodalomra adnának okot

az emberi egészség szempontjából, és arra a következtetésre jutottak, hogy a szennyvíziszapban található állat- és humán gyógyászati szermaradványok alacsony kockázattal rendelkeznek.

A különböző vegyületek jelenléte az állati hígtrágyában és az iszapban csak nagyon kis átfedést mutat, így az állati trágya és a szennyvíziszap kumulatív kockázatának közvetlen összehasonlítása kissé nehézkes. Összességében arra a megállapításra jutottak, hogy a mai dán társadalom szennyvíziszapja nem jelent nagyobb kockázatot a talaj organizmusaira vagy az emberi egészségre, mint a szarvasmarha vagy sertés hígtrágya. ■

A teljes tanulmány itt érhető el: / The full study is available here:

<https://orbit.dtu.dk/en/publications/assessment-of-risks-related-to-agricultural-use-of-sewage-sludge>



Among metal compounds, zinc accounted for close to half of the calculated risk. The resulting soil zinc concentrations after 100 years of application were estimated to be approximately ten times lower for sewage sludge than for pig slurry. The natural soil background metal concentration was estimated to increase by less than 1 % per year as a result of the application of sewage sludge. The concentration of metal compounds in Danish sewage sludge to be used for soil amendment is closely regulated and monitored. Based on the present results, metals from sewage sludge were evaluated to pose a low risk to the soil environment. The risk evaluation of medical compounds and estrogens in sludge was, however, rendered uncertain due to the lack of knowledge.

Assessment of fertilizer potential

Slurry-based animal husbandry systems are generally well developed in terms of conserving nutrients for recycling since they have been partially developed with the aim of recycling. However, some loss of gaseous nitrogen is inevitable. In contrast, our sewage treatment systems have been developed with the aim of getting rid of unwanted substances in wastewater in a way that is acceptable in terms of the economic and environmental cost. In recent years, sewage treatment plants have been developed to specifically retain phosphorous. Thus, compared to sewage sludge, the N:P:K ratios of animal slurries are much more appropriate in terms of the balanced nutrition of crops, whereas sewage sludge will have far too much P. Nitrogen in sewage sludge is primarily found in non-available organic compounds, of which less than half are mineralized and can be absorbed by plants.

Addressing knowledge gaps

An integrated long-term experiment was developed and conducted at the University of Copenhagen, in which different types of waste and animal fertilizer were applied in high or even excessive amounts to test if they posed a threat to ecosystems. A number of studies have emerged from this facility, and there are also preliminary studies indicating that – for instance – sewage sludge does not impair the health and reproduction of, for example, earthworms and other soil fauna. Indeed, these studies indicate that diversity and reproduction rates are high in the sewage-sludge-treated plots, and so far many other fertility-related benefits have been identified at these plots.

Conclusions

Based on the findings of research, sewage sludge does not represent a higher risk than animal manure in relation to the propagation and transmission of antibiotic resistance. It is not presently possible to quantify the human health risk associated with antibiotic resistance in soil, but we consider it most likely that other transmission pathways are associated with a higher risk to human health. It is considered unlikely that the veterinary medicinal residues in pig and cattle slurry are of concern in terms of human health, and it is concluded that veterinary and human pharmaceutical residues in sewage sludge are of low concern.

The presence of compounds in animal slurry and sludge show very little overlap, making a direct comparison of the cumulative risk of animal fertilizer and sewage sludge somewhat difficult. Overall, it is concluded that the sewage sludge derived from contemporary Danish society does not constitute a higher risk to soil organisms or human health than cattle or pig slurry.

Európai Unió
Európai Regionális
Fejlesztési Alap

BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

2020. | 08. | 14.

SAJTÓKÖZLEMÉNY

ÚJ ÖNJÁRÓ ELEKTROMOS TAKARÓANYAG CSÉVÉLŐ BERENDEZÉS KIFEJLESZTÉSE



Az Asinox Ipari és Kereskedelmi Kft. a GINOP-2.1.2-8-1-4-16-2017-00214. projekt során kifejlesztett egy önjáró elektromos takaróanyag csévéelő berendezést, amely a szemipermiábilis membrántakarót használó komposztáló telepek számára teszi könnyebbé a takaróanyag mozgatását. A projekt az Európai Unió és a Magyar Állam 79,28 millió Ft vissza nem térintendő támogatásával valósult meg.

A Széchenyi 2020 Program keretében elkészült berendezés alap kivitelben tisztán elektromos energiával működik, amely egyedülálló a piacon. Opcionálisan, a vásárlói igények szerint további energiaellátás is választható a géphez, akár napelem telepítése is, amivel a gép teljes mértékben energia-önellátó és így szén-dioxid-semleges lehet.

A csévéelőgép a nagy méretéből adódóan környezetérzékeny rendszerekkel van ellátva, amely megkönnyíti a gép üzemeltetését és növeli a munkabiztonságot. Az alap kivitel is tartalmaz borulásérzékelést, akadályérzékelést, szélességmérést, és ütközésérzékelést. A szenzorokra épülő vezérlés felügyelet mellett önvezető képességgel is rendelkezik. A távvezérlő mellett minden gépen van egy vezérlő is, amelyről minden funkció irányítható és mellette elvégezhető a szükséges ellenőrzési és karbantartási feladatok.

A vázat és fémszerkezeteket a legkorszerűbb epoxi-poliuretán felületkezelési rendszerrel látjuk el, amely szélsőséges környezetben is megfelelő korrózióvédelmet biztosít.

A fejlesztés eredményeként elkészült önjáró csévélőn a távoli elérés révén a felhasználó beavatkozása nélkül el lehet végezni a gép szoftver rendszereinek távoli frissítését, valamint monitorozni lehet a fontosabb részegységek állapotát, amely megoldással jelentősen csökkenthető a szükséges szervizek költsége és időtartama.

A projektről bővebb információt a www.asinox.hu oldalon olvashatnak.

Biohulladék Magazin

Kiadja/Published quarterly by: **Profikomp Környezettechnika Zrt.**

Szerkesztőbizottság/ Editorial board: Dr. Aleksza László, Dr. Csőke Barnabás, Dr. Gyuricza Csaba, Ferencz Károly

Felelős kiadó/Publisher: **Dr. Aleksza László**

Magyar nyelvű cikkek fordítása angolra és lektorálás: **GreenDependent Intézet**/ Translation and proofreading from original non-English language work: **GreenDependent Institute**

Tervezés és nyomdai előkészítés/Design and layout: **Stég Grafikai Műhely**

Nyomtatás/Printed by: **Stég Kft.**

ISSN 2062-8811

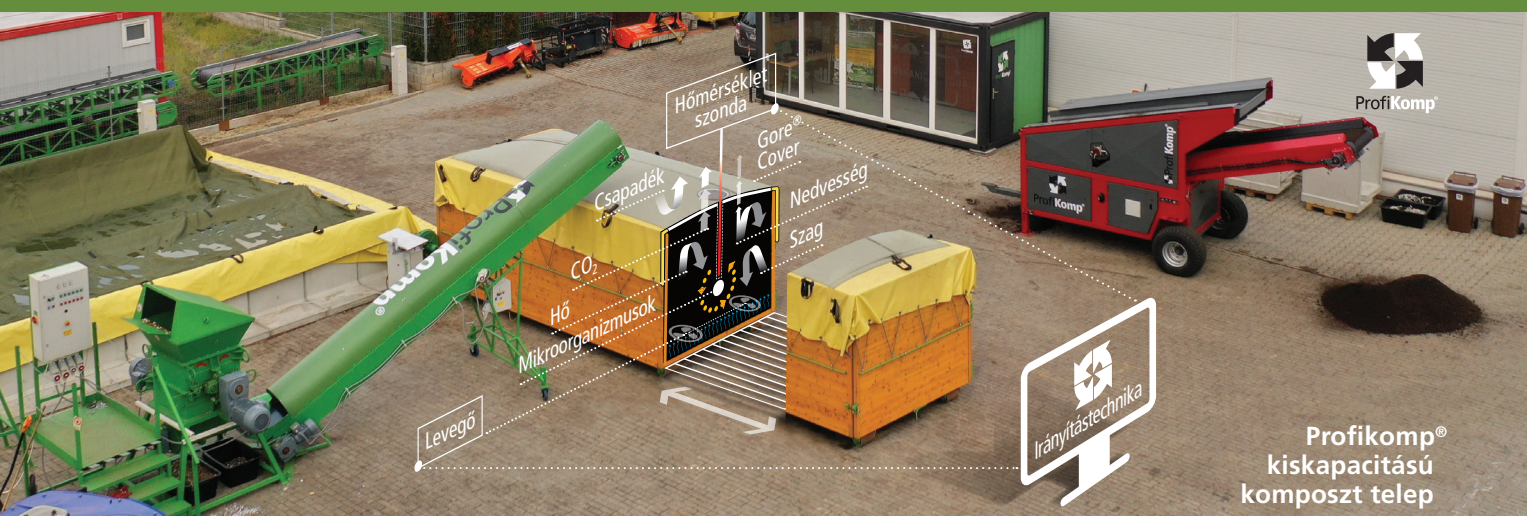
Hirdetési tarifák/Advertisements: Belső borítók/Inside covers: 150 000 Ft • Hátsó borító/Back cover: 190 000 Ft

1/1 oldal: 120 000 Ft • 1/2 oldal: 75 000 Ft

Szerkesztőség/Editorial office: 2100 Gödöllő, Kühne Ede utca 7. Telefon: (+36) 28/512-490 e-mail: info@profikomp.hu

ProfiKomp® komplex megoldások

KISKAPACITÁSÚ AUTOMATIZÁLT KOMPOSZTÁLÁSI TECHOLÓGIA



MIÉRT A PROFIKOMP® TECHNOLÓGIÁK

jelentik a megoldást a problémákra?

- 20 év hazai és nemzetközi piaci jelenlét és tapasztalat
- komplett szolgáltatáscsomag: tervezés, méretezés, technológiaszállítás, kivitelezés, tanácsadás;
- teljes technológiai gépsor: az előkezeléstől kezdve a zárt komposztálási technológián keresztül az utókezelő frakcionáló berendezésig;
- korszerű, moduláris felépítésű géppark, innovatív, automatizált irányítástechnikával;
- rugalmasan méretezhető technológia akár néhány száz fős településtől;
- zárt rendszerű komposztálás, nincsen közegészségügyi kockázat;
- zöldhulladékok, konyhai biohulladékok és biológiailag bontható műanyagok (biopolimerek) komposztálására is alkalmas;
- kiváló minőségű komposzt termék, értékes talajjavító.

ProfiKomp® komplex megoldások

KISKAPACITÁSÚ AUTOMATIZÁLT KOMPOSZTÁLÁSI TECHNOLÓGIA

A ProfiKomp® Környezettechnika Zrt. 20 év tapasztalattal rendelkezik a komposztálási technológiák tervezése, létesítése és beüzemelése terén. Új fejlesztésként szakszerű megoldást nyújtunk kisebb méretű, önkormányzati vagy közösségi, decentralizált biohulladékkezelő telepek kialakítására is.



MIÉRT JELENT ÓRIÁSI KIHÍVÁST

a biohulladékok kezelése?

- a jelenlegi biohulladék-gyűjtés közszolgáltatás kizárólag a zöldhulladékra korlátozódik, a konyhai hulladék elkülönített gyűjtése nem megoldott;
- a már kiépített komposztáló kapacitások ellenére a települési hulladék legnagyobb frakciójának számító biohulladékból évente legalább 700.000 tonna kerül lerakókba;
- az Európai Unió körforgásos gazdaság programja miatt a biohulladékot 2023. december 31-től elkülönítve kell gyűjteni vagy helyben kell kezelni;
- a kerti zöldhulladék égetésének betiltása várható

MILYEN ELŐNYÖKKEL

jár a kiskapacitású komposztáló telepek kialakítása és üzemeltetése?

1. költséghatékony eszközpark, kevesebb szállítás, kisebb környezeti kibocsátás

2. helyben történő hasznosítás; alacsony szállítási költségek

3. gazdaságos üzemméret, alacsony üzemeltetési költségek

4. helyi munkaerő foglalkoztatása, kiváló minőségű komposzt, helyben történő komposzt-felhasználás,

5. rövid értékesítési láncok, lokális gazdaság fejlődése



KIKNEK AJÁNLJUK

a kiskapacitású komposztálókat?

Közösségeknek, intézményeknek, kistelepülések önkormányzatainak.

Lakosok száma (fő)	Biohulladék mennyisége (t/év)	Terület-igény (m ²)
Közösség, apró falu (<500)	< 75	1400
Kisfalú (500–999)	75–150	2200
Kisközség (1000–2499)	150–375	3000
Község, nagyközség (2500–10000)	375–1500	4000