

Vizsgálati jelentés

**Biopolimer minták szétmállás vizsgálata
és komposztálhatósága (Nr: 2020/LAB03)**

Profikomp Környezettechnika Zrt.



Vizsgálati jelentés

Biopolimer minták szétmállás vizsgálata és komposztálhatósága (Nr: 2020/LAB03)

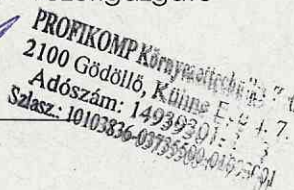
Megbízó: Pro Ingatlan.hu Kft.
1025 Budapest, Pusztaszeri út 68/B
Megbízó képviselője: Rédey Soma

Megbízott: Profikomp Környezettechnika Zrt.
2100 Gödöllő, Kühne Ede utca 7.

Vizsgálatot végezte: Varga Zsolt - kutató mérnök


aláírás

Jelentést ellenőrizte: Dr. Aleksza László - vezérigazgató


aláírás


Megrendelés azonosító: 2020. október 21.

Vizsgálat helyszíne: Profikomp Környezettechnika Zrt. Innovációs és Képzési Központ

Vizsgálat kezdete: 2020.07.02.

Mérés időpontja: 2020.08.03.

Minta behelyezésének időpontja: 2020.07.08

Kelt: Gödöllő, 2020. október 28.



Figyelem!

A ProfiKomp Környezettechnika Zrt. írásbeli engedélye nélkül a vizsgálati jelentés csak teljes terjedelmében sokszorosítható!

Jelen vizsgálati jelentésben meghatározott eredmények csak a közölt mérési időszakokra/vizsgálati mintákra vonatkoznak!



1. Bevezetés

A Pro Ingatlan.hu Kft biopolimer alapanyagú minta vizsgálatával bízta meg a Profikomp Környezettechnika Zrt-t.

A vizsgálat alapanyagául szolgáló minták egy PLA alapú természetes növényi rostszállal kevert evőeszköz termék (jele: 20/39) melyet a Megrendelő bocsátott rendelkezésre, és referencia mintaként használt 100% PLA tartalmú próbatest, (a továbbiakban együttesen: „biopolimer minták”)

Az alapvető tulajdonságok (nedvességtartalom, szerves szén- és hamutartalom) meghatározása után üzemi körülmények közötti tesztkomposztálást végeztünk egy komposztáló reaktorban.

2. Az alkalmazott mérési módszerek, eszközök

2.1 Nedvességtartalom, a szerves szén- és hamutartalom meghatározása

A nedvességtartalmat az eredeti minták szárítószekrényben, $103 \pm 2^\circ\text{C}$ hőmérsékleten, tömegállandóságig történő szárítása után a tömegveszteség mérésével határoztuk meg.

Az összes szerves szén (TOC) tartalom meghatározására elemanalizátorral került sor.

Az elemanalizátorban a minták szén tartalmát magas hőfokon történő gyors oxidációt követően egyszerű vegyületekké bontással hővezetőképesség (TCD) detektorral határoztuk meg.

A hamutartalmat a légszáraz minták laboratóriumi izzítókemencében, $700^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ hőmérsékleten történő izzítása után a tömegveszteség mérésével határoztuk meg.

2.2 Tesztkomposztálás üzemi körülmények között (reaktor komposztáló rendszer)

A tesztkomposztálási vizsgálat során az aprítatlan biopolimer mintákat egy zárt, takart, levegőztetett on-site komposztáló reaktorban helyeztük el.

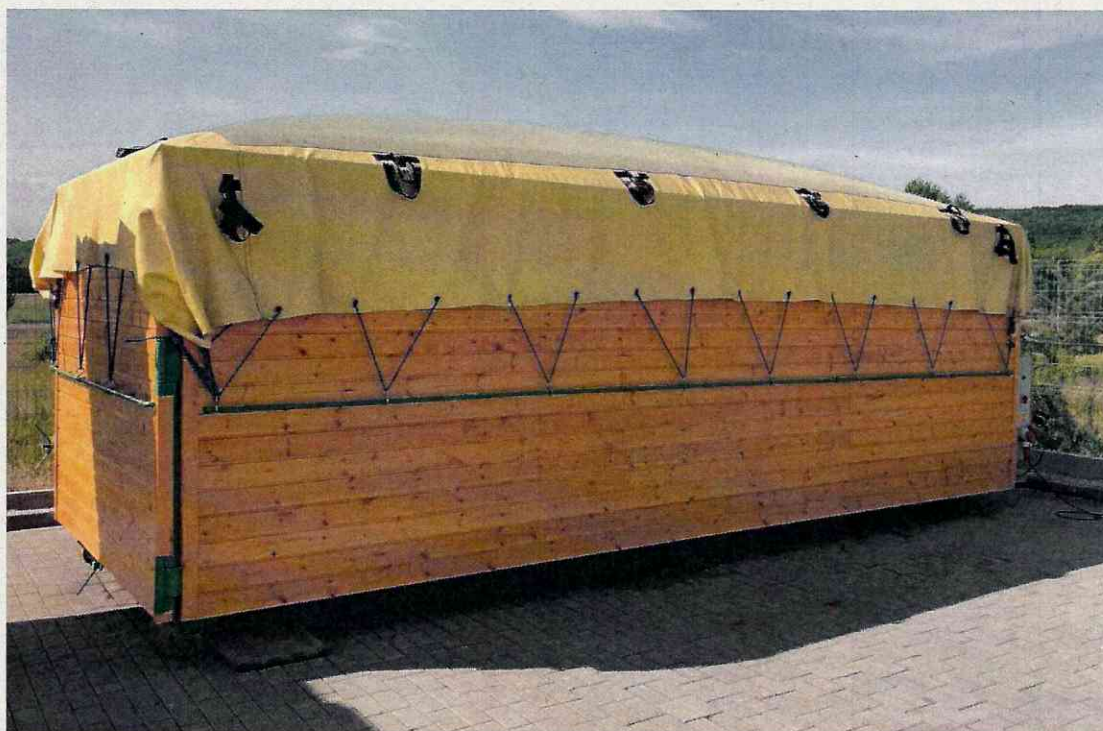
A reaktor fontosabb műszaki adatai a következők:

- Kezelt szubsztrát mennyisége: 30m^3
- Befoglaló méretek: $2600 \times 6100 \times 2500 \text{ mm}$.
- Szerkezet: hőszigetelt acélszendvics szerkezet
- Oxigén ellátás: Elektor RD5 ventilátor segítségével
- Folyamatszabályozás: ProfiKomp Control System + ProfiKomp SCADA 5.1
- Takaróanyag: GORE® Cover takaróanyag



A komposztálás fontosabb részletei:

- Szubsztrátként letermelt gombakomposzt, zöldhulladék és faapríték keverékét alkalmaztuk.
- Nedvességtartalom: 70 m/m %
- A biopolimer minták elhelyezése: A mintákat a szubsztráttal keverve mintaszákokba töltöttük be. Az így kapott próbatesteket a reaktor geometriai középzónájába helyeztük el. A próbatesteket minden irányból homogén szubsztrát vette körül.
- A próbatestek kialakítása: A mintákat biológiailag inert (Polipropilén) mintaszákba helyeztük, majd több mintaszákos egy mintatartókosárba raktunk. Ez a kialakítás biztosítja, hogy a minták megfelelően érintkezzenek szubsztráttal, de a mintavétel során hiánymentesen kinyerhetőek legyenek a reaktorból.



1. ábra: Reaktor konténer (üzemi méretű komposztálási kísérletek)

2.3 Szétmállás vizsgálat - Dezintegráció

A minták dezintegrációjának vizsgálatára az „**MSZ EN 13432:2002** - Csomagolás. Komposztálással és biológiai lebomlással hasznosítható csomagolások követelményei. Vizsgálati program és a végleges elfogadás értékelési kritériumai” című szabvány vizsgálati sémájának 3. eleme szerint az „**ISO 16929:2019** – Plastics – Determination of the degree of disintegration of plastic materials under defined composting conditions in a pilot-scale test” nemzetközi szabvány ide vonatkozó előírásait követve került sor.

A szabvány előírja, hogy legfeljebb 12 hetes üzemi komposztálás után a vizsgált anyag eredeti száraz tömegének legfeljebb 10%-a ne jusson át 2 mm-es rostán.



A vizsgálatban a komposztálás időtartama az üzemi gyakorlatban elfogadott intenzív fázis időtartama, azaz 3+3 hét volt.

Ezt követően a keletkező friss komposzt szubsztrátot a mintákkal együtt 2 mm-es rostán lerostálva kapjuk meg a dezintegráció fokát.

3. Eredmények

3.1 A biopolimer minták nedvességtartalma, összes szerves széntartalma és hamutartalma

Minta neve	Minta-kód	Nedvességtartalom [m/m%]	C [% sz.a.]	Hamutartalom [% száraz]
PLA - természetes növényi rost-szál	19/109	0,72	50,661	0,467
100% PLA	19/71	0,50	51,789	0,094

1. táblázat: A minták és referencia minta nedvesség, összes szerves szén- (TOC) és hamutartalma

3.2 Az üzemi körülmények között a reaktoros komposztáló rendszerben végzett tesztkomposztálás eredménye

Minta neve	Mintakód	Bemért minta (g)	Vissza-mért minta (g)	Tömegcsökkenés (g)	Tömegcsökkenés (%)
PLA - természetes növényi rost-szál	20/39	60,14	44,74	15,40	25,74
100% PLA	19/71	26,59	19,67	6,91	26,79

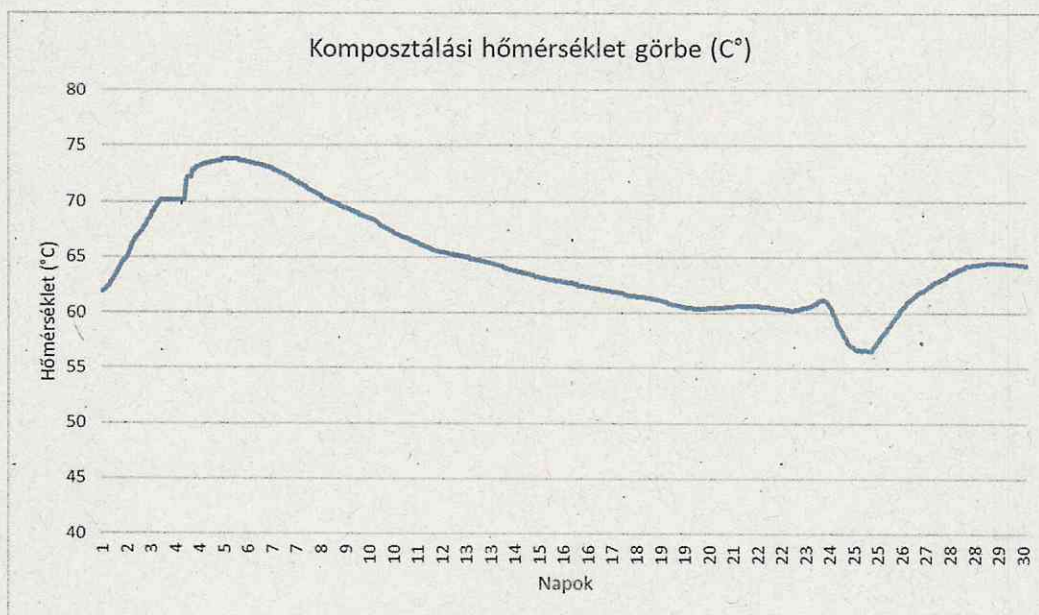
2. táblázat: A minták és referencia minta átlagos tömege és tömegcsökkenése a vizsgálat során

Minta neve	Mintakód	Bemért C (g)	Vissza-mért minta C (g)	Tömegcsökkenés C (g)	Tömegcsökkenés C (%)
PLA - természetes növényi rost-szál	20/39	34,04	25,32	8,71	25,60
100% PLA	19/71	13,77	10,18	3,58	26,02

3. táblázat: A minták átlagos szén (C) tartalma alapján számolt szén (C) csökkenése a vizsgálat során



Az elvégzett tesztkomposztálás hőmérséklet görbéje:



2. ábra: A 28 nap üzemi komposztálás hőmérséklet görbéje

A komposztálás folyamata:

- A komposztálás hőmérséklet görbéje az üzemi gyakorlat szerinti értékeket mutatta. A hőmérséklet a 6. napon érte el maximumát (74°C).
- A hőmérséklet a teljes kezelési idő alatt termofil tartományban volt (>55°C).
- A PLA bázisú biopolimerek biológiai degradációjához a komposztálás időtartama alatt megfelelő volt a hőmérséklet (>58+/-2 °C).
- A 24. napon a nedvességtartalom minimális agitálással egybevetve pótlásra került, ami a szubsztrát időszakos hőmérséklet csökkenése után ismételt magasabb hőmérsékletet eredményezett.

A kezelés után a minták szemrevételezése alapján a következő megállapítások tehetőek:

- A mintán jól megfigyelhető a komposztálás termofil szakaszában keletkező hő és a mikrobiális bontás hatása. Megkezdődött a minta aprózódása, dezintegrációja (4. ábra: Visszamért biopolimer minták 28 nap üzemi komposztálás után; 6. ábra: Visszamért biopolimer minták 28 nap üzemi komposztálás után; 8. ábra: Visszamért biopolimer minták 28 nap üzemi komposztálás után).
- A minta dezintegrációjának típusára az aprózódva hasadozás és a szemcsés törés volt jellemző.
- A visszanyert minta érintésre nem véges számú darabra morzszálódik. (11. ábra: A visszanyert mintán megfigyelhető elváltozások; 12. ábra: A visszanyert minta érintésre nem véges számú darabra morzszálódik)
- A mikrobiális tevékenység által megtámadott felületeken elszíneződés figyelhető meg, áttetsző-barnás színből fakó, fehéres krémsárga szín lett.
- A teljes dezintegráció nem ment végbe, a minta visszamérhető maradt.



3.3 Szétmállás vizsgálat - Dezintegráció

A tömegcsökkenés maximuma 28 napos próbakomposztálást követően a 2 mm-es rostán felismerhető és visszamérhető minta száraz tömegéből számolva:

Minta neve	Mintakód	Bemért minta	Visszamért minta (>2mm)	Dezintegráció [% sz.a.]
PLA - természetes növényi rostszál	19/74	60,14	37,19	38,16*
100% PLA	19/71	9,59	2,71	71,7*

4. táblázat: A minták átlagos dezintegrációja (%) a vizsgálat 28. napján

* Fontos! Az ISO 16929 szabvány alapján vizsgált és számolt érték. A szabvány szerinti megfelelés legfeljebb 12 hetes üzemi komposztálást ír elő.

3.4 A mérési eredmények értékelése

A vizsgálatban a PLA - természetes növényi rostszál keverékből készült evőeszköz minta igazolható módon az üzemi méretű reaktoros komposztálás során degradálódásnak indult.

A tömegcsökkenés maximuma 25,74% volt 28 nap kezelési idő alatt, ez a referencia mintaként használt 100% tiszta PLA esetében 26,79% volt. A minta a referencia mintaként használt 100 % tiszta PLA-val összehasonlítható módon viselkedett, közel azonos módon dezintegrálódott.

A dezintegráció feltételeihez szükséges magasabb hőmérséklet biztosítására levegőztetett takart rendszerek alkalmasak, az üzemi méretű reaktoros komposztálás során 28 nap időtartam alatt látványos dezintegráció jelentkezett (6. ábra: Visszamért biopolimer minták 28 nap üzemi komposztálás után), amelynek átlagos értéke 38,16% volt, így az ilyen típusú komposztálókban történő újrahasznosításnak technológiai szempontból nincs akadálya.

Az elvégzett vizsgálatok alapján a biopolimer minták házikerti, továbbá kisméretű prizmakomposztálási technológiákban történő komposztálásra nem alkalmasak jelen formájukban. A PLA - természetes növényi rostszál keverékből készült evőeszköz minta komposztálhatóságának a vonatkozó szabvány szerinti igazolására további vizsgálatok lehetnek szükségesek (MSZ EN 13432 alapján).



1. számú melléklet:

Fotódokumentáció



3. ábra: A mintaként felhasznált PLA alapú természetes növényi rostszállal kevert evőeszköz termék



4. ábra: Visszamért biopolimer minták 28 nap üzemi komposztálás után



5. ábra: A mintaként felhasznált PLA alapú természetes növényi rostszállal kevert evőeszköz termék



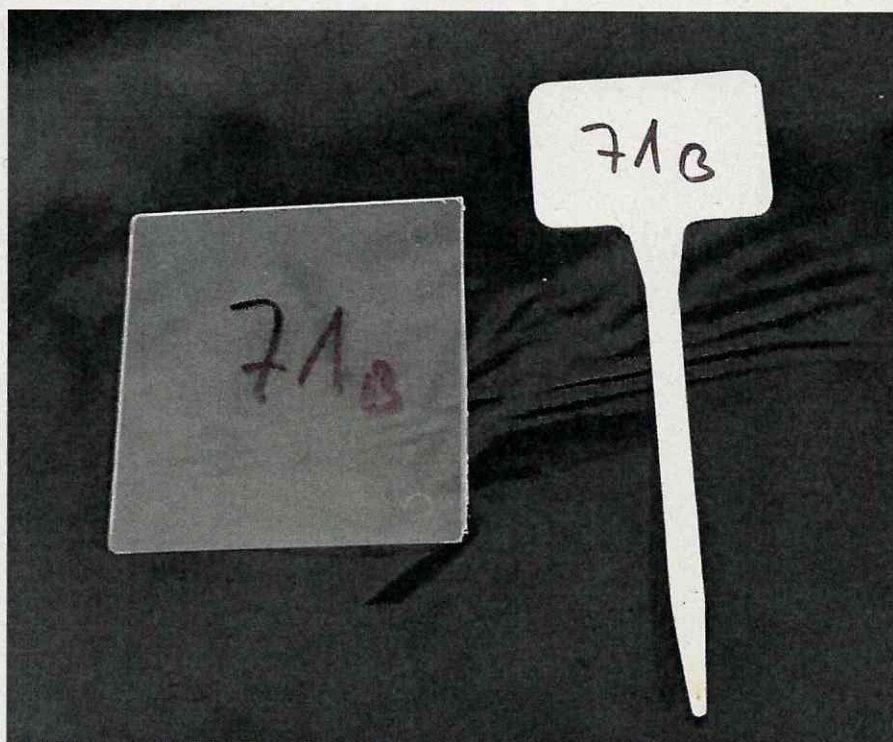
6. ábra: Visszamért biopolimer minták 28 nap üzemi komposztálás után



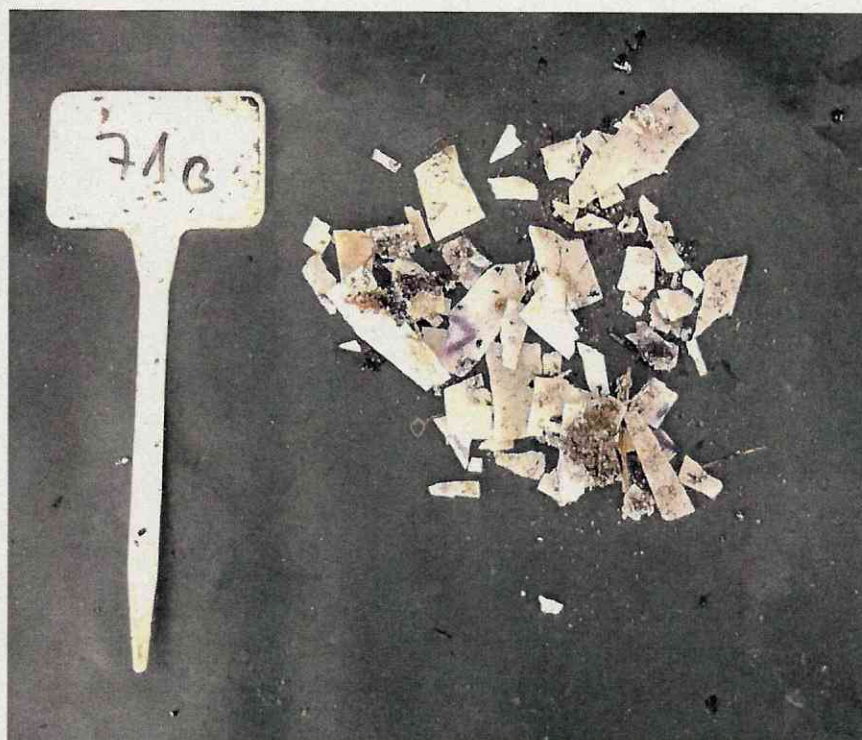
7. ábra: A mintaként felhasznált PLA alapú természetes növényi rostszállal kevert evőeszköz termék



8. ábra: Visszamért biopolimer minták 28 nap üzemi komposztálás után



9. ábra: Kiindulási referencia(100% tiszta PLA) minta a konténeres komposztáló rendszerben történő elhelyezés előtt



10. ábra: Visszamért referencia minta (100% PLA) 28 nap üzemi komposztálás után



11. ábra: A visszanyert mintán megfigyelhető elváltozások



12. ábra: A visszanyert minta érintésre nem véges számú darabra morzszálódik