

Környezetben részlegesen lebomló műanyag fóliák degradációjának nyomon követése

Rétháti G.¹, Pogácsás K.¹, Heffner T.², Simon B.¹, Czinkota I.¹, Tolner L.¹, Kelemen O.³, Vargha V.²

¹Szent István Egyetem, Környezettudományi Intézet, Víz- és Hulladékgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Fizikai Kémiai és Anyagtudományi Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3-9.

³Qualchem Zrt. 2072 Zsámbék Új Gyártelep

Bevezetés

A műanyagipar fellendülése óta vita tárgyát képezi a műanyag hulladékok újrahasznosítása, megsemmisítése, illetve környezetben való lebomlásuk kérdése. A legtöbb műanyag lebomlási ideje nem ismert. Hulladéklerakókban, fénytől és oxigéntől elzárt közegben akár évszázadokig is elállhatnak. A problémára megoldás lehetne biológiai lebomtható műanyagok előállítására és használatára. Mit jelent azonban a „környezetben lebomló műanyag” kifejezés, ami könnyen félrevezeti a műanyagok bonthatóságában nem jártas közvélekedést.

Munkánk során kapacitásmérés és vezetőképesség mérés segítségével egy éven át vizsgáltuk polietilén alapú fóliák talajban való viselkedését, illetve havonta nyomon követtük a fóliák vastagságának, móltömegének, mechanikai, reológiai és morfológiai tulajdonságainak változását.

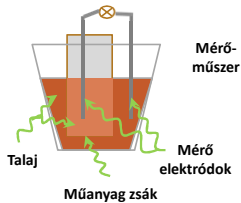
Anyag és módszer

A vizsgálathoz használt talaj

1. táblázat. A vizsgálathoz használt barna erdőtalaj (Gödöllő-Szárítópuszta) paramétereit

K _A	pH (KCl)	pH (H ₂ O)	össz C (%)	NO ₃ -N + NH ₄ -N (mg/kg)	össz N %	AL-P ₂ O ₅ (mg/kg)	AL-K ₂ O (mg/kg)
25	4,9	5,7	0,58	5,5	0,08	33	135

A mérőcellák kialakítása



1. ábra. A mérőcellák kialakítása



2. ábra. A 60 darab minta elhelyezkedése

Kapacitás és vezetőképesség mérés

A műanyag réteg a talajjal együtt kondenzátorként képes viselkedni, melynek fegyverzete a talaj, a szigetelő réteg a műanyag fólia. A kapacitás összefüggése alapján a szigetelő rétegek (fóliák) vékonyodásával a kapacitás értékének növekedése várható.

A vezetőképesség mérésnél tett megfontolások szerint a talajt önmagában vezetőnek tekintjük, melynek vezetőképessége a nedvességállapotától függ. A vizsgált fóliák mint szigetelők kilyukadásakor elektromos vezetési jelenségét feltételezzük.

Referenciaként mérőcellákat állítottunk be 3-3 ismétlésben, mely csak az előkészített talajt tartalmazta. A fóliák vastagságának, móltömegének, mechanikai, reológiai és morfológiai tulajdonságainak mérései körülményeit Heffner Tamás szakdolgozata tartalmazza (Heffner, 2013).

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d}$$

C = kondenzátor kapacitása (F)

A = felület (m²)

d = távolság (m)

ϵ_r = vákuum dielektromos állandója (As/Vm)

ϵ_r = szigetelő anyag relatív dielektromos állandója

Eredmények

Az 3. ábrán látható, hogy kapacitást minden egyes mérőcella esetében mértünk. A fólia nélküli talaj is képes kondenzátorként viselkedni, kapacitása többszöröse a szigetelő fóliákat tartalmazó mérőcellák kapacitásának.

A mérés során a talajok nedvességtartalma csökkent, a degradáció elősegítése céljából a 81. és a 177. napon be kellett állítanunk a nedvességtartalmat, ami miatt ugrásszerű kapacitás növekedést tapasztaltunk. A legnagyobb kapacitásnövekedést a politejsav alapú BASF és a 297 fólia esetében mértük. Feltételezzük, hogy a mikrobák bontani kezdték a könnyen mobilizálható szerves polimereket (keményítő, politejsav), ezáltal a fóliákon rések keletkeztek. A fent említett fóliák degradálódását a móltömeg és a felület morfológiájának vizsgálatai is alátámasztották. A csak polietilént, illetve polietilént és prooxidánsokat tartalmazó fóliák jelentős kapacitásváltozást a mérés időtartama alatt nem mutattak.

A vezetőképességi értékek változásai a 4. ábrán láthatóak. A polietilén alapfólia (340) vezetőképesség értékei csak a víz hozzáadást követően mutattak kismértékű változást, melyből arra következtettünk, hogy a fólián eredetileg is jelen lévő mikropórusokon kívül nem következett be jelentős degradáció. Hasonlóan viselkedtek a pro-oxidatív adalékokat tartalmazó polietilén fóliák, degradációjuk elhanyagolható volt, ami a talajban az UV sugárzás hiányával magyarázható. Ez utóbbi fóliák egyéb jellemzőinek vizsgálatai azonban (vastagság változás, móltömeg csökkenés, felület változása) kezdeti degradációra utalnak (Heffner 2013).

A hőre lágyuló keményítőt tartalmazó fólia és a politejsav alapú BASF fólia esetén mért vezetőképesség értékek nagyságrendekkel magasabbak voltak a nem adalékolt és a fémsókkal adalékolt fóliákéhoz képest. Ez is alátámasztja a kapacitásnál már említett biológiai degradáció lehetőségét. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy miután a könnyen mobilizálható szerves anyagot a talajban lévő baktériumok lebontották, a továbbiakban már csak bizonyos lánchoosszúságúra való töredezés után képesek érdemben tovább degradálni a polimereket.

Köszönetnyilvánítás

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség (NFÜ) Tech09-BDREVAM-2 pályázat.

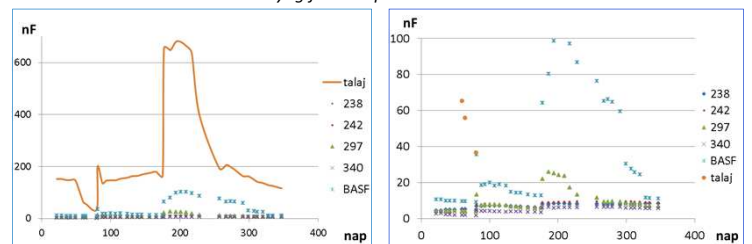
A vizsgált műanyag fóliák

A fóliákból 6 x 10 cm tasakokat készítettünk, típusonként 12-12 ismétlésben.

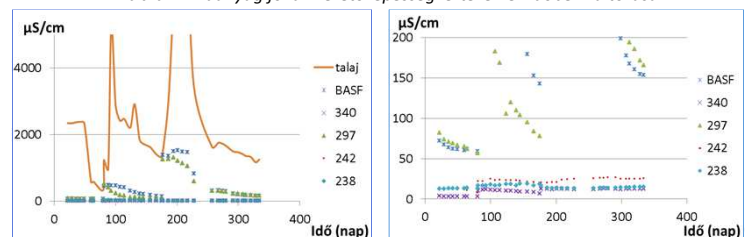
2. táblázat. A vizsgált műanyag fóliák paramétereit

Jelzés	Összetétel
340	MDPE (közepes sűrűségű polietilén) (TVK)
238	MDPE + pro-oxidatív adalék (változó vegyértékű fémsók: Fe 0,072 %, Co 0,015 %, Zr 0,031 %, Mn 0,006 %, összes fémtartalom 0,124 %) (BME-Qualchem Zrt)
242	MDPE + pro-oxidatív adalék (változó vegyértékű fémsók: Fe 0,051 %, Co 0,025 %, Zr 0,024 %, Mn 0,044 % - összes fémtartalom 0,144 %) (BME-Qualchem Zrt)
297	MDPE + hőre lágyuló keményítő (Mn 0,0103 %, Co 0,0094 %, összes fémtartalom 0,0197 %, hőre lágyuló keményítő 8,75 %) (BME-Qualchem Zrt)
BASF	Hőre lágyuló alifás poliészter és politejsav keveréke (BASF)

3. ábra. A műanyag fóliák kapacitásának időbeli változása



4. ábra. A műanyag fóliák vezetőképességi értékeinek időbeli változása



Következtetések

Megállapítottuk, hogy a kapacitás és vezetőképesség mérés alkalmas a különböző műanyag fóliák talajban történő degradációjának folyamatos nyomon követésére. Egy év időtartam alatt degradáció csak a könnyen mobilizálható szerves anyag tartalmú polimerek esetében történt, ami azonban korántsem jelenti azok biológiai bonthatóságát. A prooxidánsokkal adalékolt fóliákról elmondható, hogy talajba kerülve lelassul degradációjuk, mivel a bomlásukhoz szükséges feltételek (UV sugárzás, megfelelő oxigén mennyiség) nincsenek jelen.