

## Biológiailag lebomló műanyagok

*Tárgyszavak: politejsav; poliészter; USA; statisztika; előrejelzés; Németország; Ecoflex; tulajdonságok; feldolgozás; szabványok; kilátások.*

A természetes körülmények között – kémiai tulajdonságaikból adódóan vagy mikroorganizmusok közreműködésével – lebomló műanyagok alkalmazása a vártnál lassabban, de folyamatosan növekszik. Ezek között vannak természetes és szintetikus termékek. Az USA-ban a PLA (politejsav) iránt nő az érdeklődés. Európában többféle anyaggal próbálkoznak. Közülük a BASF cég egy poliészter típusú terméket gyárt ipari méretekben.

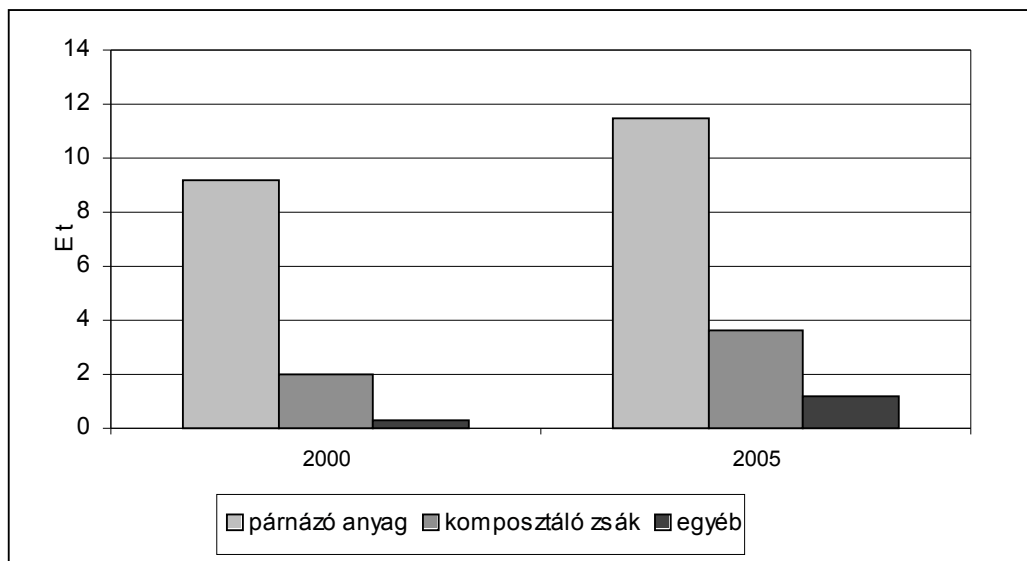
### Politejsav az USA-ban

Az amerikai BBC (Business Communications Company) felmérése szerint az USA-ban a biológiailag lebomló műanyagok iránti igény 2000-ben 11,5 E t volt, 2005-ben előrejelzések szerint 16 E t lesz. A biológiailag lebomló PLA (polylactic acid = politejsav) termelése 2005-re elérheti a 11,5 E t-t, bár ennek az alapanyagának legnagyobb részét nem lebomló termékek gyártására használják fel.

Az USA-ban a biológiailag lebomló polimereket főként párnázó anyagként alkalmazzák, amelynek mennyiségét 2000-ben 9,2 E t-ra becsülték. 4,6%-os átlagos éves növekedési aránnyal számolva ez 2005-re elérheti a 11,5 E t-t. A párnázó anyagok után második helyen a komposztáló zsákok állnak, ennek várható növekedése a legmagasabb, 9,9%, és 2005-re 3,6 E t-ra becsülik az éves termelést. Előrejelzés szerint 2005-ben a piac 8%-át teszik ki az egyéb alkalmazások, mint pl. a mezőgazdasági takarófólia, a higiéniai cikkek és a papírbevonó anyagok (1. ábra).

Az USA-ban a biológiailag lebomló műanyagok már 20 éve kereskedelmi forgalomban vannak. A termékeket néhány speciális területen alkalmazzák, de még így is számtalan nehézséggel szembesülnek. Ezek közé tartozik a magas ár és a hiányzó ipari infrastruktúra. A termelés számára komoly hátrányt jelent, hogy még mindig nem születtek meg azok az egységes szabványok, amelyek alapján egyértelműen eldönthető a biológiai lebonthatóság kérdése. Az

amerikai szakemberek nem jutottak egyezsége olyan alapvető kérdésben sem, mint a vizsgálat időtartama. Hasonló lemaradás mutatkozik az amerikai törvényi szabályozásban is.



1. ábra A biológiailag lebomló műanyagok piaca termékek szerinti bontásban Észak-Amerikában

## A BASF cég Ecoflex terméke

Az európai helyzetről hű képet adnak a BASF cég biológiailag lebomló Ecoflex márkanévű alifás-aromás kopoliészterével szerzett tapasztalatok. A cég 1998 óta gyártja ezt a terméket egy 8 E t/év kapacitású berendezésen, és tervezi egy 30 E t/év kapacitású gyártósor üzembe állítását.

Az Ecoflex gyűjtőnév, amelyen belül az egyes típusok a felhasználási céltól függően az elágazások számában és a lánchosszúságban különböznek egymástól. A jelenlegi alaptípusok és az ajánlott alkalmazási területek a következők:

- Ecoflex F: fóliagyártás,
- Ecoflex S: keverékek,
- Ecoflex P: extrúziós bevonás,
- Ecoflex V: nemszött és szött textilek.

A fejlesztés során kezdettől fogva különös gondot fordítottak arra, hogy a hagyományos feldolgozógépek alkalmasak legyenek a gyártásra, emellett törekedtek a műszaki jellemzők és biológiai lebonthatóság közötti optimumra.

Az biológiailag lebomló Ecoflex poliésztert ma elsősorban keményítővel keverve használják. Pontosabban termoplasztikus keményítőt és biológiailag lebomló szintetikus polimert tartalmazó keverékből granulátumot állítanak elő,

amelyből fúvással, fröccsöntéssel és mélyhúzással különböző eszközök állíthatók elő. A keverék Ecoflex tartalma lehetővé teszi új alkalmazási területek megnyitását a megújuló nyersanyagok előtt.

### *Az Ecoflex és a PE-LD összehasonlítása*

Az Ecoflex F BX 7011 jelű típust fóliaextrudáláshoz és extrúziós bevonáshoz ajánlja a gyártó. Korábban ezeken a területeken szinte egyeduralkodónak számítottak a poliolefinok, elsősorban a polietilén. Az összehasonlítást egy kis sűrűségű polietilénnel (Lupolen 2420 F márkanévű PE-LD, gyártja Basell) végezték el műanyag zsák, hordtáska és kasírozásra alkalmas fólia esetében.

A poliészterfólia gyártása előtt általában szárítani kell a polimert. Az Ecoflex feldolgozásakor ez elhagyható, mivel a szokásos extrudálási hőmérsékleten ellenáll a hidrolízisnek. A két alapanyag jellemzőit az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat

Az Ecoflex F BX 7011 és a Lupolen 2420 F jellemzői

Jellemzők	Egység	Ecoflex F BX 7011	Lupolen 2420 F
Sűrűség	g/cm <sup>3</sup>	1,25–1,27	0,922-0,925
Folyási szám	m		
MVR (190 °C, 2,16 kg)	l/10 min	3–6	–
MFR (190 °C, 2,16 kg)	g/10 min	–	0,6–0,9
Olvadáspont	°C	110-115	111
Keménység	Shore D	32	48
Vicat lágyuláspont (VST a/50)	°C	80	96

Az adatok alapján a főbb különbségek a sűrűségben, a folyási számban mutatkoznak. Mivel az Ecoflex feldolgozási hőmérséklete 140–170 °C, ami lényegesen alacsonyabb a PE-LD hőmérsékleténél (190–220 °C), a feldolgozási hőmérsékleten a viszkozitások csekély mértékben eltérnek egymástól.

Az Ecoflex mindkét módszerrel mért keménysége alacsonyabb, mint a Lupolené, a kristályos fázis olvadáspontja mindkét alapanyagnál azonos tartományba esik, ennek megfelelően a zsugorodási jellemzőket 100 °C alatt kell meghatározni.

A 2. táblázatban a kétféle alapanyagból előállított fólia mechanikai jellemzői szerepelnek.

A mérési eredmények alapján mindkét fóliának nagy a szakadási nyúlása és az átszúrással szembeni ellenállása. A PE-LD-re jellemző, hogy a

feldolgozási körülményektől függően vagy nagy átszűrési szilárdságot vagy nagy szakadási nyúlást lehet elérni. Az Ecoflex húzó- és szakítószilárdsága nagyobb a Lupolen megfelelő értékeinél.

2. táblázat

Az Ecoflex F BX 7011 és a Lupolen 2420 F alapanyagból készült 50 µm vastag fóliák jellemzői

Jellemzők	Egység	Ecoflex F BX 7011	Lupolen 2420 F
Átlátszóság	%	82	89
Húzószilárdság	MPa	32/36	26/20
Szakítószilárdság	MPa	32/36	-
Szakadási nyúlás	%	580/820	300/600
Átszűrással szembeni ellenállás (Dyna-teszt)	J/mm	14,3	5,5
Oxigénáteresztő képesség	ml/m <sup>2</sup> d bar	1600	2900
Vízgőzáteresztő képesség	g/m <sup>2</sup> d	140	1,7

A PE-LD oxigénáteresztő képessége 80%-al haladja meg az Ecoflex-ét, a vízgőzáteresztő képességben a helyzet fordított. Ennek az a magyarázata, hogy az Ecoflex F BX 7011 polaritása nagyobb a Lupolen F 2420-énál.

A vízgőzáteresztő képesség jelentősen csökkenthető egy viaszos csúsztató adalék, Ecoflex Batch SL2 hozzákeverésével. 15–20 µm vastag fóliákon akár 50–60%-os javulás is elérhető. Érdekességképpen érdemes megemlíteni, hogy talkum töltőanyaggal önmagában nem sikerült mérsékelni a vízgőzáteresztő képességet, de jelentős (1:4) mértékű nyújtással (orientációval) kombinálva számottevő, mintegy 45%-os csökkenést lehet elérni (3. táblázat).

Az orientáció és a szakítószilárdság közötti összefüggés vizsgálatok azt tapasztalták, hogy a 30 µm vastag fúvott fólia 3:1 arányú nyújtásakor a szakítószilárdság 30 MPa-ról 68 MPa-ra nőtt, míg a 6:1 arányú nyújtással kapott 250 MPa szakítószilárdság már az orientált PE-HD értéktartományába esik (2. ábra).

### Újrafeldolgozás és élelmiszeripari alkalmazhatóság

A gyártási hulladék újrafeldolgozásakor döntő jelentősége van az alapanyag hőstabilitásának. Magasabb hőmérsékleten stabilabb anyagok nagyobb biztonsággal hasznosíthatók az alacsonyabb hőmérsékleten végzett

újrafeldolgozás során. A hőformázáshoz használt Ecoflex fólia 30–70% újrafeldolgozott polimert is tartalmazhat, és itt a hőstabilitás elsőrendű fontosságú, mivel csak így lehet kielégíteni az anyagi jellemzőkkel kapcsolatos követelményeket. A használat után képződő hulladékot a poliolefinhulladéktól elkülönítetten kell összegyűjteni és kezelni. Egy- és kétcsigás extruder alkalmas az Ecoflex anyagában történő újrahasznosítására.

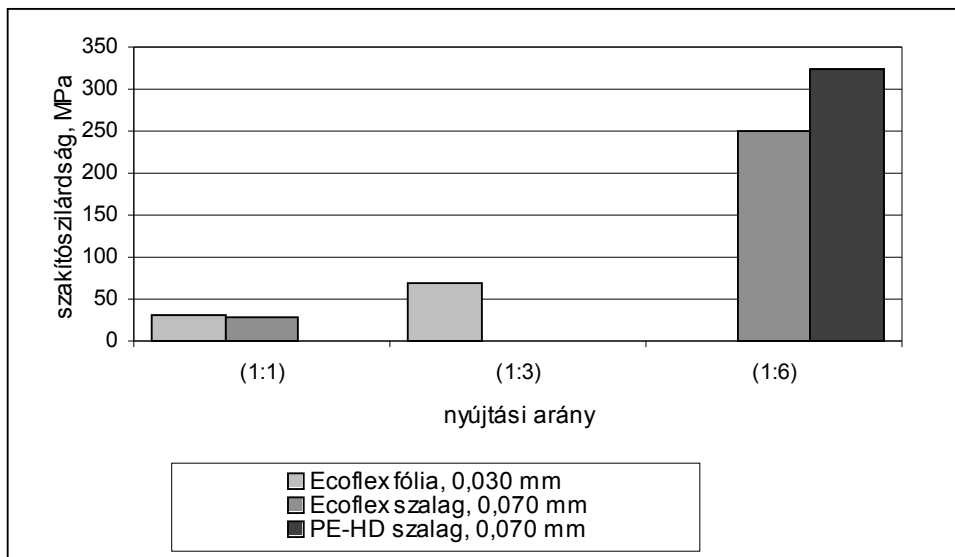
3. táblázat

A viasz és a nyújtás hatása az Ecoflex fólia vízgőzáteresztő képességére

Minta	Fóliavastagság μm	WDP g/m <sup>2</sup> d* 23 °C, 85% r · n.** 100 μm	Gyártásirányú szakítószilárdság, MPa
Ecoflex	20	85	41
Ecoflex + viasz	15	35	39
Ecoflex + talkum	32	83	25
Ecoflex + talkum, 1:4	12	46	70

\* WDP = vízgőzáteresztő képesség g/m<sup>2</sup> 24 h

\*\* r.n. = relatív nedvességtartalom

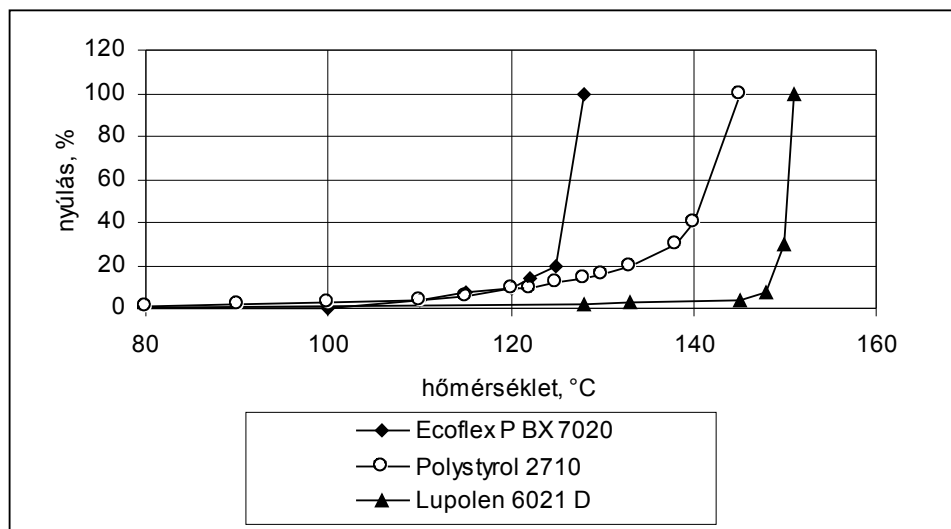


2. ábra Fúvott fólia szakítószilárdságának alakulása nyújtás hatására

A hőformázhatóságot melegen végzett nyújtási kísérlettel lehet ellenőrizni. A vizsgálatot hőkamrában 0,02 MPa terhelés mellett úgy végzik,

hogy a kamra légtérét 50 °C/h sebességgel folyamatosan fűtik. A próbatesten a hőmérséklet-változás hatására bekövetkező nyúlásból meghatározható a nyúlási görbe (3. ábra).

Az ábrából leolvasható, hogy a polisztirol és az Ecoflex meleg nyúlási görbéje 100 és 120 °C között párhuzamosan fut, ami azt jelenti, hogy az Ecoflex és polisztirol hőformázhatósága ebben a hőmérséklet-tartományban hasonló. Ezzel szemben a PE-HD meleg nyúlási görbéje igen meredek lefutású, vagyis igen szűk hőmérséklet-tartományban hőformázható.



3. ábra Az Ecoflex, a PS és a PE-HD nyúlása 0,02 MPa terhelés hatására egy 50 °C/h sebességgel fűtött kemencében

Az Ecoflex összetétele alapján megfelel az EC 90/128 szerinti irányelvnek, amely az „Élelmiszerekkel rendeltetésszerűen érintkezésbe kerülő műanyagok és műanyag tárgyak minőségi követelményei”-re vonatkozik. Ez a műanyag-feldolgozót természetesen nem mentesíti egy adott étel-miszerrel kapcsolatos vizsgálatok elvégzése és a felelősség alól.

### Feldolgozás

A biológiailag lebomló műanyagok feldolgozhatósága általában hasonló a PE-LD-éhez és a PE-LLD-éhez. Az Ecoflex feldolgozható a meglévő fóliafűvő és -öntő, továbbá a nyomtató berendezéseken. A festékek közül a gyártók az alkoholtartalmú hagyományos festékeket ajánlják. Nyomtatás előtt a fólia előzetes koronakezelésre szorul. A szárítási hőmérséklet a PE-énél alacsonyabb, de ajánlatos kísérletileg meghatározni.

A fólia további könnyű feldolgozásának előfeltétele, hogy a konfekcionáló gépeken elakadás nélkül futtatható legyen (kis súrlódási együttható). Az ajánlott hegesztési hőmérséklet 90–100 °C. A hegesztési varratszilárdság a hegesztési nyomás emelésével is növelhető. Amennyiben az Ecoflex-ből perforált fóliát állítanak elő, célszerű éles szerszámot használni a művelethez. A különböző hegesztési módok közül az ultrahangos és a nagyfrekvenciás hegesztés is alkalmazható.

A különböző adottságokkal rendelkező feldolgozó üzemekben rendszerint bizonyos mértékű összetétel-változtatásra van szükség, részben a műanyagfeldolgozó adottságaitól, részben az előállított termék alkalmazásától függően. A BASF cég Ecoflex alapanyagból készített standard keverékekkel segíti a pontos beállítást, a végső összetételt azonban a helyszínen kell meghatározni.

A főképpen műszaki műanyagokat feldolgozó cég, az Ökoplast GmbH a kereskedelemben kapható különböző – természetes és szintetikus – alapanyagú lebomló műanyagokkal (BAK, Bioplast, Mater-Bi, Sconacell, Biomer, Biopol, Getrex, Naturalis, Biopar) fröccsöntési kísérletet végzett. A kísérlet eredményeképpen a cég összeállítást készített a biológiailag lebomló anyagok feldolgozásához szükséges gépészeti módosításokról, és megadta az ajánlott technológiai paramétereket.

### *Minősítés*

Európában és elsősorban Németországban szabványos vizsgálati módszerekkel lehet a biológiailag lebomló fóliákat minősíteni. A vizsgálati szempontok között szerepel az állati és növényi szervezetekre vonatkozó ökotoxicitás, amit nem csak a kiindulási műanyaggal és a komposztálás során keletkező végtermékkel végeznek el, hanem a bomlás során keletkező anyagcsere-termékekkel is.

Az Ecoflex megkapta a DIN V 54 900 „Műanyagok komposztálhatósága” című szabvány szerinti vizsgálatok alapján a biológiailag lebomló minősítést, a komposztálható minőséget tanúsító RAL GZ 251 védjegy használatát, továbbá megfelel az OECD növényi elviselhetőségre vonatkozó irányelvének.

### *Kilátások*

A biológiailag lebomló anyagok a piaci bevezetés kezdetén tartanak. A fejlesztések elsősorban a funkciós tulajdonságok javítását és a költségcsökkentést tűzték ki célul. A biológiailag lebomló anyagok között ma többségében olyan anyagok szerepelnek, amelyek megújuló természetes nyersanyag és kőolajalapú szintetikus műanyag keverékei. Ennek az elképzelésnek az az alapja, hogy mindkét anyag előnyös tulajdonságai

érvényesülnek, sőt szinergens hatás következtében még erősíthetik is egymást.

A németországi törvényi szabályozás jelenleg minden szakmai alap nélkül hátrányos megkülönböztetést alkalmaz. Egészen pontosan arról van szó, hogy a biológiailag lebomló anyagok között a kiindulási nyersanyag szerint tesz különbséget, amit szakmailag semmi sem támaszt alá. Ezzel szemben minden tudományos vizsgálat azt igazolta, hogy a biológiai lebonthatóság kizárólag a kémiai szerkezettől függ a kiindulási nyersanyag eredetétől függetlenül. Az 1998-ban életbe lépett német Csomagolási rendelet innovációt gátló, egyben a megújuló nyersanyagok szélesebb körű felhasználását is akadályozza.

**(Haidekker Borbála)**

Report predicts future for biodegradable polymers. = Plastics Additives & Compounding, 3. k. 9. .sz. 2001. szept. p. 4.

Biodegradable polymers. = Macplas International, 3. sz. 2001. aug. p. 60.

Stärke, D.; Skupin, G.: Nachhaltig vermarkten. = Kunststoffe, 91. k. 9. sz. 2001. p. 100–104.

Biologisch abbaubare Kunststoffe. = Kunststoffberater, 45. k. 10. sz. 2000. p. 26.



# **MŰANYAG ÉS GUMI**

a Gépipari Tudományos Egyesület,  
a Magyar Kémikusok Egyesülete  
és a magyar műanyag- és gumiipari vállalatok  
havi műszaki folyóirata  
Az 2002. 3. szám tartalmából:

Mechanoplast 2002: a műanyagipar és a kutatás–fejlesztés  
aktuális helyzete

A műszaki fejlesztés fő irányai a „K 2001” tükrében II.  
Megvalósult fejlesztések

Gyors prototípus-eljárások elmélete, gyakorlata  
és ellenőrzése II.

Új, folyamatos keverési módszer: keverőtoldattal ellátott,  
szabályozható nyírású extuderfej

A Wittmann cég továbbra is fejlődni akar

Engel újdonságok a „K 2001” kiállításon

Műanyagipari hírek és újdonságok

Szerkesztőség: 1371 Budapest, Pf. 433.

Telefon: (36-1) 201-7819, 201-2011/1451

Telefax: (36-1) 202-0252