

Elég lesz-e a biomassza a bioműanyagokhoz?

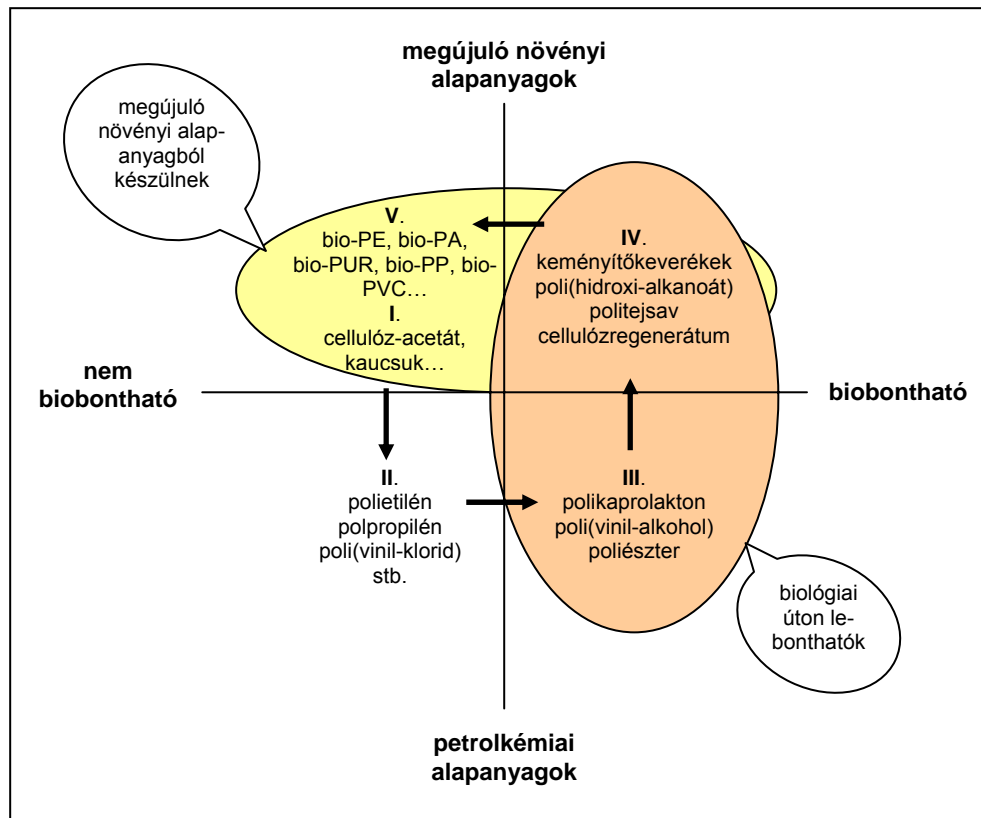
A „bioműanyagok” ma már nem feltétlenül a biológiailag lebomló műanyagokat jelentik, hanem inkább a megújuló forrásból – növényi alapanyagból – gyártottakat, és néhány év múlva több lesz közöttük a hagyományos műanyagokhoz hasonlóan tartós polimer, mint a komposztálható. De elég lesz-e a biomassza a petrolbázisú polimerek helyettesítésére?

Tárgyszavak: műanyaggyártás; bioműanyagok; megújuló források; biomassza; piaci adatok.

Biopolimerek ma

Az első ipari méretekben gyártott polimerek cellulózszármazékok vagy kaucsukok voltak amelyeket növényi alapanyagból, azaz megújuló forrásból állítottak elő (az *I. ábrán* a polimerek történetének I. szakasza). A petrokémia robbanásszerű fejlesztése nyomán azonban teljes egészében áttértek a kőolajalapú alapanyagok alkalmazására, és a növényi alapanyagokat „elfelejtették” (II. szakasz). Az első oldható vagy biológiai hatásokra lebomló polimereket, pl. a poli(vinil-alkohol)-t is petrokémiai alapon állították elő (III. szakasz). Az 1980-as évek végén kezdtek növényi alapanyagból biológiailag lebomló polimereket gyártani, amelyek kifejlesztésekor a fő szempont az volt, hogy természetes körülmények között elemeikre bomoljanak, és ne duzzasszák tovább a szeméthegeyeket, ill. ne csúfítsák el a tájat. Ezeket a biobázisú és biológiailag lebontható polimereket nevezték el kb. 20 évvel ezelőtt biopolimernek vagy bioműanyagoknak (IV. szakasz). Az ezt következő V. szakaszban a kőolajforrások belátható időn belül bekövetkező kiapadásának felismerése a fejlesztőket arra sarkallta, hogy visszatérjenek a megújuló forrásokhoz, és ma már nemcsak lebontható, hanem hosszú élettartamú műanyagokat is képesek növényi alapanyagból gyártani, amelyeket ugyancsak a „bio” megjelöléssel látnak el. A bioműanyagok történetét tehát a következőképpen lehetne röviden jellemezni: „a biológiai lebonthatóságtól a biobázisú tartósáig”.

Az *1. táblázat* mutatja be a különböző szinten (kutatás, fejlesztés, kísérleti üzem, kereskedelmi forgalom, nagyüzemi gyártás, ipari gyártás) létező tartós és lebontható biopolimereket. A táblázatban az is látható, hogy teljesen vagy részben megújuló forrásból vagy petrokémiai bázison állítják-e elő őket. Jelenlegi fejlettségi szintjüket a világon 2011-ben meglévő összkapacitásuk táblázatban szereplő részaránya, a 2015-re várható értékük részaránya pedig a fejlesztések fő irányát jellemzi.



1. ábra A biopolimerek történeti fejlődése

Míg a kifejezetten erre a célra kifejlesztett biológiailag lebontható – ipari körülmények között komposztálható – biopolimerek gyártása ma már közel ipari méretekben folyik, a „tartós” biopolimerek gyártása még teljesen a kezdeteknél tart. Ezek fejlesztésekor – a PBS, a PBSA és a PHA-n kívül – nem új tulajdonságokat akartak adni a polimereknek, hanem éppen ellenkezőleg, új alapanyagokból pontosan olyan polimereket akarnak gyártani, mint amilyenek kőolajalapú elődeik. Ezeknek teljesen azonos a kémiai szerkezete, a szintézismódja és az alkalmazási területe. Ezért „*drop in*” („*dobd be*”) *polimereknek* is nevezik őket, azaz pontosan úgy kell kezelni őket, mint a hagyományos műanyagokat. A bio-PE alapanyaga pl. a növényi alkohol, amelyből etilént készítenek, és amelyet semmi sem különböztet meg a kőolajalapú etiléntől, innen kezdve tehát a polimerizáció is megy a maga megszokott módján. Hasonlóan a biobázisú hidroxikarbonsavakból előállított bio-PA, bio-PUR vagy bio-poliészterek (PET, PBT) azonosak petrolkémiai eredetű társaikkal.

A jelen és a jövő piaca

A világ biopolimergyártó kapacitása 2011-ben kb. 1,2 millió tonna/év. Ez a szám nem tartalmazza a cellulózalapú textilipari szálak, pl. a viszkózszálak gyártókapacitását, a cellulózszármazékok közül pedig csak a lebontható cellulózszármazékokat

1. táblázat

A hőre lágyuló biopolimerek jelölése, alapanyagbázisa és részaránya a biopolimerek között 2011-ben és érték szerint várhatóan 2015-ben

Rövid jel	Teljes név (bio-megjelölés nélkül)	Alapanyag- bázis*	Részarány az összes biopolimer között, %	
			2011	2015
			gyártókapacitás szerint	érték szerint
Tartós polimerek				
bio-PMMA	poli(metil-metakrilát)	rBB		
bio-PVC	poli(vinil-klorid)	rBB		9,0
bio-PP	polipropilén	BB		0,9
bio-POM	poli(oxi-metilén)	rBB		
bio-PBT	poli(butilén-tereftalát)	rBB		
bio-PE	polietilén	BB	17,12	14,6
bio-TPE	termoplasztikus elasztomer	rBB	0,26	
PBS	poli(butilén-szukcinát)	rBB		
PBSA	poli(butilén-szukcinát-adipát)	rBB		
bio-PA	poliamid	rBB	3,13	8,0
bio-PET	poli(etilén-tereftalát)	rBB	7,71	9,7
bio-PUR	poliuretán	rBB	0,23	0,4
bio-PC	polikarbonát	rBB	0,03	1,4
PHA	poli(hidroxi-alkanoátok)	BB	7,62	10,8
PTT	poli(trimetilén-tereftalát)	rBB		
–	tartós keményítőkeverékek	rBB	1,24	0,8
Leépülő polimerek				
–	leépülő poliészterek	rBB	10,40	11,1
–	leépülő keményítőkeverékek	rBB	16,62	10,5
PLA	politejsav	BB	17,72	5,0
–	PLA-keverékek	rBB	1,54	2,5
PCL	polikaprolakton	PB	0,10	0,1
–	cellulózregenerátumok (csak cellulózhidrát-fólia)	BB	3,08	2,6
–	cellulózszármazékok (csak cellulózészter)	BB	0,68	0,7
CA	cellulóz-acetát	rBB		
PVAL	poli(vinil-alkohol)	PB	12,50	11,9
Teljes gyártókapacitás a világon			Σ1,168 M tonna	Σ7,5 M EUR

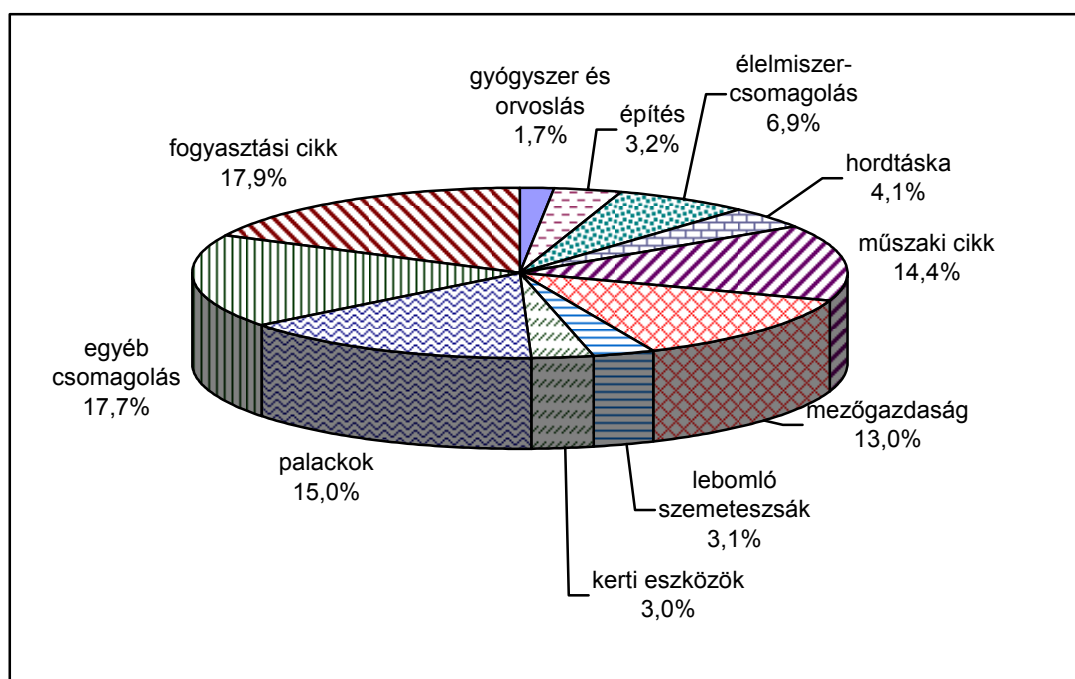
* BB = biobázisú. rBB = részben biobázisú, PB = petrolbázisú

(cellulózészterek, elsősorban cellulóz-acetát) sorolták ide. Ha a biopolimert keverékben alkalmazzák, a kapacitás számításakor csak a keverékben szereplő részarányt vették figyelembe.

A legnagyobb gyártókapacitása a biopolimerek között jelenleg a PLA-nak, a keményítőkeverékeknek, a PVAL-nak, a lebontható biopoliésztereknek és a PHA-knak van, feltéve, hogy a brazil **Braskem** cég megvalósítja az erre az évre tervezett bio-PP és bio-PET kapacitást.

A biopolimereket sokféle célra alkalmazzák, elsősorban a csomagolástechnikában, ahol palackokat, hőformázható síkfóliákat, zacskók, hordtáskák céljára készített fújtt fóliákat, hálókat készítenek belőlük. Ebben az iparágban is alkalmaznak kompozitálható bioműanyagok mellett biobázisú tartós műanyagokat, pl. bio-PET-ből vagy bio-PE-ből készített palackokat.

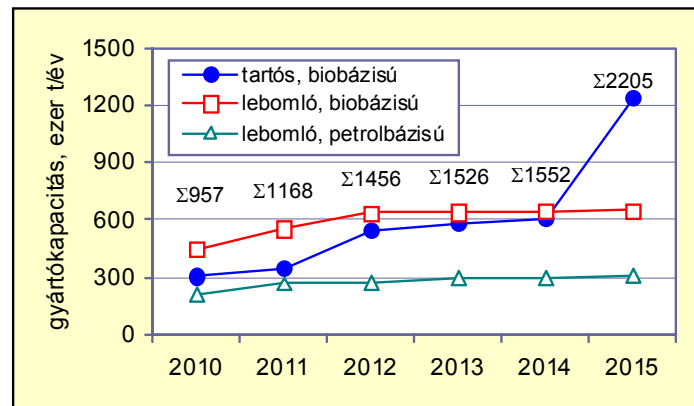
A tartós bioműanyagok megjelentek a szabadidős és sporteszközök, a háztartási felszerelések, az irodaeszközök gyártásában, de műszaki alkatrészeket készítenek belőlük a villamosipar és az autóipar számára is. A mezőgazdaság, a kertgazdálkodás és részben az orvostechika is inkább a lebontható műanyagokat keresi. A felhasználási területek szerinti megoszlást a 2. ábra mutatja.



2. ábra A biopolimerek tömeg szerinti eloszlása 2011-ben a különböző alkalmazási területek között

Az előrejelzések szerint a biopolimerek gyártókapacitása 2015-ig 2,2 millió tonnára nő (3. ábra). A biopolimerek kapacitásuk megduplázódása után is a teljes műanyagpiacnak csak kb. 1%-át adják, az igény irántuk azonban kétjegyű százalékkal

növekszik. A legerősebben a biobázisú tartós polimerek, a petrolbázisú lebonthatók csak nagyon lassan, bár ezek a jövőben is fontosak lesznek fóliakeverékekben az elvárt feldolgozási és alkalmazástechnikai tulajdonságok beállítására. Ez azt jelenti, hogy míg jelenleg a bioműanyagok kétharmada lebontható, 2015-re ez az arány megfordul, a biopolimerek egyharmada lesz biobontható, kétharmada biobázisú és tartós. Közülük *elsősorban a bio-PE, a bio-PET, a bio-PA és ha az előrejelzések beválnak, a bio-PVC előretörése várható.* Ez a négy műanyagfajta teheti ki 2015-ben a bioműanyagok 90%-át.



3. ábra A különböző típusú biopolimerek gyártási kapacitásának változása a világon 2010-2015 között

2011–2015 között térségek szerint a biopolimerek gyártási kapacitása %-ban a következőképpen alakulhat: Európa 35,8 → 22,0, Észak-Amerika 27,7 → 26,0, Dél-Amerika 17,1 → 26,8, Ázsia 19,0 → 25,3, Ausztrália 0,3 → 0,2. Európa tehát jelenlegi első helyéről a negyedik helyre csúszik vissza. 2015-ben Európa gyártókapacitása mindössze 0,5 millió t lesz, ami teljes műanyaggyártó kapacitásának <1%-a.

Ha a biopolimerek értékét elemzük, 2015-ben a teljes érték 7,5 millió EUR lesz. (Típusok szerinti megoszlása az 1. táblázatban található.) Ez az egész műanyagpiac 1,5%-át teszi ki, de gyors növekedése várható, és a közeljövőben számos új biopolimer jelenik meg a piacon. Egyelőre nem lehet tudni, melyek lesznek a legsikeresebbek, de valószínű, hogy ezek között is kialakulnak a domináns típusok.

Hol termelik meg a szükséges biomasszát?

Felmerül a kérdés, lesz-e annyi termőterület, amelyen megtermelik a biopolimerek gyártásához szükséges biomasszát. Tudatosítani kell azonban, hogy míg a jövőtervezők a megújuló alapanyagok termeléséhez tartósan rendelkezésre álló területekről beszélnek, az emberiség gyorsabban fogyasztja a korlátozott mennyiségű petrokémiai alapanyagokat, mint amilyen sebességgel azok helyettesítői regenerálódni képesek.

Ami a műanyagokat illeti, nem árt tudni, hogy a világ összes műanyagát a felhasznált kőolaj 3–4%-ából állítják elő, a többit az energiaipar és a közlekedés égeti el.

Számításokat végeztek arra, hogy mekkora termőterület kellene a 2015-re várható biopolimerek alapanyagainak előállításához (2. táblázat). Látható, hogy a világ teljes biopolimer-gyártásához 2015-ben elegendő volna a Bodeni-tó területének tízszerese; azaz a világ mezőgazdasági területeinek 0,03%-a, az EU-ban lévők 0,3%-a vagy a németországiak 3%-a. *Ha elméletileg a világon előállított összes műanyag helyett bioműanyagot gyártanának, 650 ezer km²-re lenne szükség. Ez az EU termőterületeinek harmada, a világ termőterületének 4-5%-a.* A bioműanyagok esetében tehát nem jogos az élelmiszertermelés és a műanyagokhoz szükséges alapanyagok előállításának szembeállítás, mert teljesen mások a mennyiségi viszonyok, mint pl. a bioüzemanyagoknál.

2. táblázat

A gyártott összes műanyag és bioműanyag mennyisége, ill. a rendelkezésre álló összes és a biopolimerek előállításához szükséges termőterület nagysága

Térség	Éves műanyaggyártás	Éves bio-műanyag-gyártás 2015-ben	Összes mezőgazdasági terület	Biopolimerek előállításához szükséges terület 2015-ben
Egység	10 ⁶ t	10 ⁶ t	km ²	km ²
Világ	250	2,2	15 millió	5000
Európai Unió	65	0,5	1,8 millió	900
Németország	20	0,25	0,17 millió	450
Bodeni-tó			540	

Ha a biobázisú lebontható műanyagokat közvetlenül elégetik vagy biogázt fejlesztenek belőlük, ugyanannyi CO₂ képződik, mint komposztáláskor, de az előbbieknél a hőenergia is hasznosítható. Ezért az ilyen műanyagok elégetésével elméletileg csökkenthető azoknak a területeknek a nagysága, amelyeken energianövényeket termelnek, pl. kukoricát biogázgyártáshoz vagy pálmaolajat energiahordozóként, és ezeket a területeket fel lehet szabadítani az élelmiszertermelés céljára.

Persze a kőolaj helyett nemcsak a vegyipar és benne a műanyagipar szándékozik alapanyagként biomasszát használni, hanem az energiaipar is, ahol már összehasonlíthatatlanul nagyobb mennyiségekről van szó. Igaz, más alternatív energiaforrásokkal is kísérleteznek, de számítanak a biomasszára is direkt fűtőanyagként vagy biogáz formájában.

Az esseni székhelyű **RWE AG** (1990-ig Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG) villamos energiával és földgázzal látja el fogyasztóit. A cég élen jár Európában az alternatív energiaforrások felhasználásában; 2008-ban alapított leányvállalata, az **RWE Innogy** a megújuló energiaforrásokat próbálja megvalósítani és terjeszteni. Szélenergiára, vízi energiára és bioenergiára alapozott erőműveinek összkapacitása

2009-ben meghaladta az 1,4 GW-ot. Németországban és Európa számos államában összesen 110 MW teljesítményű tiszta biomasszát vagy biogázt felhasználó erőművet üzemeltet, további 75 MW teljesítményű pedig hamarosan üzembe lép. A biomasszát (ún. pelletet, amely fűszerporból és darált faforgácsból préselt megújuló energiaforrás) is felhasználó, vegyes tüzelésű szén-erőművek áramtermelő kapacitása 400 MW, újabb 890 MW kapacitást most építenek.

Nagy-Britanniában az RWE a Tilbury-ben lévő szén-erőmű három fő egységét 100% biomassza elégetésére alakította át, amelyekben 750 MW villamos áramot termelnek. Jelenleg ez Európa legnagyobb biomassza-erőműve, ahol a szenet teljes egészében pellettel helyettesítik.

Mivel az európai erdőket más célokra szánják, vajon fenntartható-e Európa nettó biomasszaimportja? Elképzelhető-e, hogy változó körülmények között beszerezhető az egyre növekvő mennyiségben szükségessé váló biomassza akkor, amikor a világ más részein is egyre inkább érdeklődnek iránta? Az egyes országokban nagyon eltérő módon szabályozzák a biomassza kezelést, és különböző módon viszonyulnak a biomassza előállításának fenntarthatóságához.

Az erőművek tüzelőanyag-ellátásának fenntartása érdekében az RWE Innogy az USA Georgia államában felépítette a világ legnagyobb pelletgyártó üzemét, amelyben az üzem 80 km-es körzetében kitermelt erdei fenyőből évente 1,5 M tonna fát nyernek optimális ár-teljesítmény aránnyal, egyúttal kialakított egy Georgiából Európa felé irányuló értékteremtő láncot. A biomasszaszállítók emellett kielégítik a fenntartható erdőgazdálkodás követelményeit is.

A frissen kivágott fából évente 750 ezer tonna pelletet gyártanak, amelyet vasúton szállítanak a legközelebbi kikötőbe onnan pedig speciális hajókon Európába. A szállítmányt és a továbbiakat a hollandiai erőműben égetik el a szénnel együtt. Középtávon az európai biomassza-erőműveket is a georgiai pellettel fogják fűteni.

Milyen lesz a műanyagipar az évtized végén?

A hagyományos műanyagok területén – különösen az elmúlt évtizedben – már ismert monomereket és technológiákat továbbfejlesztve új ko- és terpolimereket hoztak létre, továbbá optimalizált katalizátorrendszerek felhasználásával hatékonyabbá tették a polimerszintéziseket és új szerkezetű polimereket állítottak elő. Ez az új know-how minden valószínűség szerint átvihető a biopolimerekre, ahol ugyancsak optimalizálható a szintézis, a molekulaszervezet. Az új ko- és terpolimerek pedig keverékekben vagy erősített kompaundokban kaphatnak szerepet.

A jövőben a bioműanyagok különböző csoportjai és a bioműanyagokkal társított műanyagok között egyre inkább elmosódik a különbség. Így pl. a PLA biopolimert a kőolajbázisú PE-hez és PP-hez hasonlóan cellulózzal erősítik majd. A bio-PA szálat ugyancsak felhasználhatják akár PLA, akár hagyományos műanyagmátrix erősítésére. De a hagyományos töltőanyagok, pl. a talkum vagy az üvegszál is bedolgozható lesz a biopolimerekbe.

A biomasszát sem kell kizárólag erre használt talajban megtermelni. Minden szerves hulladék, növényi maradvány, élelmiszeripari melléktermék növelheti a biomassza tömegét.

A biopolimerek eltakarításában ma a komposztálás áll a középpontban. Mivel a közeljövőben a bioműanyagok nagy része már nem lesz komposztálható, más megsemmisítési eljárásokról is kell gondoskodni. Igénybe kell venni a hagyományos műanyagoknál már bevált eljárásokat, pl. az energiahasznosítással végzett direkt elégetést vagy a biogáztermelést. A bioműanyagok ilyen „életvégi” (End-of-life) megoldásairól még nincsenek tapasztalatok.

Összeállította: Pál Károlyné

Endres, H.-J.; Bengs, M.: Marktchancen, Flächenbedarf und künftige Entwicklungen. = Kunststoffe, 101. k. 9. sz. 2011. p. 105–111.

Gassner, H.: Biomassemitverbrennung in Kohlenkraftwerken und Nachhaltigkeit bei Biomasseimporten. = UmweltMagazin, 41. k. 9. sz. 2011. p. 40–49.

MŰANYAG ÉS GUMI	
a Gépipari Tudományos Egyesület, a Magyar Kémikusok Egyesülete és a magyar műanyag- és gumiipari vállalatok havi műszaki folyóirata	
2012. január: Műanyagipari alap- és segédanyagok	2012. február: Fröccsöntés és perifériák I.
<p><i>Tóth Gy.: Nem volt rossz, de milyen lesz?</i></p> <p><i>Büdy L.: Közép-Kelet-Európa műanyagipara</i></p> <p><i>Kretz R., dr. Falussy L.: Rögzítőelemek gyártása hosszú szénzál erősítésű hőre lágyuló kompozitból</i></p> <p><i>Pataki P., Imre B. és munkatársai: Természetes anyagok a műanyagiparban – alapanyagok és adalékok</i></p> <p><i>Dr. Urbán M., dr. Tamási A.: Olajipari tömlők gumianyagainak laboratóriumi öregítése</i></p> <p><i>Dr. Nagy M., Rácz D. és munkatársai: Nagyspinű polimerek, mint szerves ferromágneses anyagok építőelemei</i></p> <p><i>Csomagolástechnikai hírek</i></p> <p><i>Gumiipari hírek</i></p> <p><i>Iparjogvédelmi hírek</i></p> <p><i>Kiállítások, konferenciák</i></p> <p><i>Műanyagipari hírek</i></p> <p><i>Műanyagipari újdonságok</i></p> <p><i>Szakmai közélet</i></p>	<p><i>Dr. Lehoczki L.: Fröccsöntött csomagolások</i></p> <p><i>Dobrovszky K., dr. Ronkay F.: Minőségnövelt hulladékhasznosítás kétkomponensű fröccsöntés alkalmazásával</i></p> <p><i>Sikló B., dr. Kovács József G.: Fröccstárgyak vetemedésének vizsgálata a vetemedés csökkentése érdekében</i></p> <p><i>Albert K., Bajcsi Á., Boros Á.: Középiskolások a tudomány műhelyeiben – a sokoldalú makromolekulák</i></p> <p><i>Csomagolástechnikai hírek</i></p> <p><i>Gumiipari hírek</i></p> <p><i>Hírek</i></p> <p><i>Iparjogvédelmi hírek</i></p> <p><i>Kiállítások, konferenciák</i></p> <p><i>Műanyagipari újdonságok</i></p> <p><i>Zöld szemmel a nagyvilágban</i></p>
<p>Szerkesztőség: 1371 Budapest, Pf. 433. Telefon: +36 1 201-7818, 201-7580 Fax: +36 1 202-0252</p>	