

Privedila:
Gordana BARIĆ



Biorazgradljivi polimerni materijali

Mnogima se čini kako je cijeli svijet upakiran u plastiku. Gotovo da nema proizvoda, bilo da se radi o hrani ili tekućini, a da do potrošača ne dolazi u plastici. Već se dugo smatra kako uporaba polimernih dugovječnih materijala nije opravdana za proizvode kratkoga životnoga vijeka, posebice ako se razmišlja o potrošnji neobnovljivih izvora (nafte, zemnoga plina i ugljena), otpadu i zaštiti okoliša – a smanjenje plastičnoga otpada u interesu je svih područja primjene plastike.¹

Većina su današnjih polimernih materijala sintetski polimeri proizvedeni na osnovi petrokemikalija te su otporni na okolišne uvjete. Odbačena je plastika značajan izvor onečišćenja okoliša, potencijalna opasnost za životinjski svijet. Npr. plastični otpad koji s plovila završi u morima kao što su ostatci užadi, mreža i slično, uzrok je gušenja brojnih morskih sisavaca!¹ Plastika koje npr. u SAD-u ima u otpadu oko 18 % vol.² stvara velike troškove pri gospodarenju otpadom. Brojna su komunalna poduzeća postigla značajne uštede prikupljanjem biološkoga otpada kojega je moguće kompostirati u posebnim spremnicima. Upravo se iz tih razloga brojni napori usmjeravaju na razvoj razgradljivih polimera, prije svega plastike, posebice za ambalažu i proizvode namijenjene jednokratnoj uporabi.

Biopolimeri

Definicije su biopolimera različite tako da se uz taj pojam vezuje plastika koja se može kompostirati (kompostabilna plastika), biorazgradljiva plastika te razgradljiva plastika. Kompostabilna je plastika ona koja se biološki razgrađuje tijekom kompostiranja (tijekom 2 do 3 mjeseca u kompostani) na ugljični dioksid, vodu, anorganske sastojke i biomasu u omjerima poput ostalih poznatih kompostabilnih materijala te tijekom toga procesa ne stvara nikakvu otrovnu emisiju. Biorazgradljiva je plastika ona plastika čija je razgradnja moguća tek s pomoću prirodnih mikroorganizama tijekom određenoga vremena (60 – 90 % otpadnoga materijala tijekom 60 do 180 dana).³ Razgradljiva je plastika skupina materijala načinjenih na osnovi nafte koja sadrži dodatke s pomoću kojih se njihova kemijska struktura razdvaja u male čestice. Razgradnja se odvija samo

ukoliko se materijal nalazi u određenim uvjetima kao što je ultraljubičasto zračenje, toplina i vlaga. Preostatci nisu hranjivi sastojci za mikroorganizme te nisu biorazgradljivi niti kompostabilni.⁴

Slika 1 prikazuje tijek životnoga ciklusa biorazgradljivoga polimernoga materijala.⁵

U literaturi se uz riječ biopolimer nalazi i obrazloženje kako se radi o polimernome materijalu proizvedenom od sirovine iz obnovljivoga izvora kao što su to poljoprivredni proizvodi. Takvi polimerni materijali mogu ali i ne moraju biti biorazgradljivi. Ponekad se uz riječ biopolimer nalazi i obrazloženje kako se radi o polimerima smanjenoga utjecaja na okoliš.⁵

Bioplastika

Početak bioplastike seže u sedamdesete godine prošloga stoljeća kada je britanska tvrtka *Imperial Chemical Industries (ICI)* nakon dvije svjetske naftne krize odlučila poraditi na razvoju polimernih materijala iz obnovljivih izvora. Prvi je rezultat bio plastomerni materijal *Biopol*, kasnije prodan tvrtki *Zeneca*, pa tvrtki *Monsanto* koja je prekinula njegovu potencijalnu komercijalizaciju 1998. tvrdeći kako njegova proizvodnja nije ekonomična. Zanimljivo je kako je američka tvrtka *Metabolix* kupila prava na *Biopol* 2001.⁵

Postoji čitav niz polimernih materijala koji dolaze iz prirodnih izvora. To su prije svega prirodni polimeri, ali i oni koji su prošli brojne kemijske i fizikalne preinake kako bi ih se moglo nazvati biopolimerima. Mada

postoje mnogi materijali koji se prerađuju u biopolimere, najzanimljiviji su među njima škrob i mliječna kiselina. Škrob se u ekonomskome pogledu može uspoređivati s petrokemikalijama, a na osnovi škroba izrađuje se nekoliko vrsta biorazgradljive plastike.⁵ Danas se već može govoriti o trećoj generacije bioplastike na osnovi škroba. Prva je zapravo bila sintetski polimer sa škrobom kao punilom. Kod druge se generacije bioplastike udio škroba kretao od 50 do 80 % te se miješao s hidrofilnim sintetskim polimerima. Niti prva niti druga generacija bioplastike na osnovi škroba nisu u potpunosti biorazgradljive zbog manjega ili većega dodatka sintetskih polimera koji nakon raspada škroba ostaju u obliku malenih čestica. Treća generacija bioplastike načinjena je u cijelosti od škroba te je i potpuno biodegradabilna. Kako bi se materijalu poboljšala svojstva moguće su modifikacije biopolimera, ali nije potrebno dodavati sintetske materijale.⁶ Biopolimeri na bazi škroba su npr.: *Eco-Foam* tvrtke *National Starch*, *Paragon* tvrtke *Avebe*, *Earth Shell* tvrtke *Earth Shell* i *Mater-Bi* tvrtke *Novamont*.⁵ Slika 2 prikazuje proizvode načinjene od biorazgradljivih polimera na osnovi škroba.⁷⁻⁹

Izvor mliječne kiseline je kukuruz, pšenica ili poljoprivredni biootpad, a najpoznatiji jest materijal *NatureWorks* tvrtke *Cargill Dow*.⁵

Tvrtka *Metabolix* na osnovi šećera pridobivenoga iz biljaka i biljnih ulja proizvodi biopoliester, i to izravno u tvornici za preradu biljaka. Radi se o materijalu vrlo široke primjene i širokoga raspona mogućih svojstava koji se postižu s pomoću različitih



SLIKA 1. Tijek životnoga ciklusa biorazgradljivoga polimernoga materijala

dodataka tako da može biti čvrst, lako oblikovljiv, ali i mekani lateks s izvanrednom mogućnošću praoblikovanja u filmove. U mnogim slučajevima primjene biopoliester čak nadilazi svoje sintetske konkurente. Mada je otporan na vodu, ovaj se materijal razgrađuje u morskoj vodi, zemlji, kompostu te na odlagalištima otpada bez ikakvog štetnoga utjecaja na okoliš.¹⁰



SLIKA 2. Proizvodi načinjeni od biorazgradljivih polimera na osnovi škroba⁷⁻⁹

Osim iz obnovljivih izvora biorazgradljiva se plastika može proizvoditi od sintetskih polimera s pomoću bakterija. Naime, bakterija *Pseudomonas Putide* pretvara monomer stiren u polihidroksilalkanoat (PHA), biorazgradljivu plastiku koja ima širok potencijalni raspon primjene, prije svega u medicini, od usadaka do podloge za razvoj umjetnoga tkiva. PHA je netopiv u vodi, biorazgradljiv i kompostabilan materijal na čijim se poboljšanjima intenzivno radi prije njegove komercijalizacije.¹¹

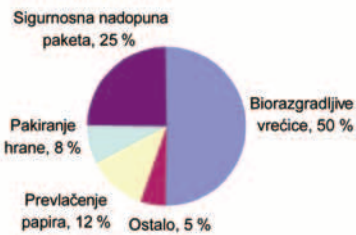
Bioplastika može u potpunosti zamijeniti mnoge postojeće sintetske plastične materijale te se prerađivati u filmove, folije ili otpreske.⁵

Tržište biopolimera

Najviše se bioplastike preradi u biorazgradljive plastične vrećice i ambalažu (slika 3).⁵ Uočljivo je kako se bioplastika rabi za proizvode kratkoga životnoga vijeka ili namijenjene jednokratnoj uporabi gdje je poželjna biorazgradljivost materijala. Npr., vreće za prikupljanje biootpada koji se obrađuje kompostiranjem izrađuju se od biorazgradljive plastike te nakon sakupljanja otpad nije potrebno vaditi iz njih čime se pojeftinjuje njegovo zbrinjavanje.⁵

Biorazgradljivi su polimeri našli svoju primjenu u medicini za izradbu kirurških rukavica čime se u medicinskom otpadu znatno smanjuje količina rukavica od lateksa. Od biopolimera se izrađuje i kirurški konac

koji nije potrebno uklanjati već se raspada nakon određenoga vremena.⁵



SLIKA 3. Područja primjene biorazgradljive plastike u Europi u 2003⁵

Trenutno na drugome mjestu među svjetskim proizvođačima automobila, tvrtka *Toyota Motor Corp.*, ulaže velika sredstva upravo u područje razvoja bioplastike te predviđa kako će do 2020. ostvarivati prihod oko 38 milijardi USD od toga područja i kontrolirati oko 2/3 svjetske potrošnje tih materijala.¹²

Japan je u 2003. potrošio oko 14 milijuna tona plastike odnosno nešto manje od 10 % svjetske potrošnje, a od toga je 10 000 tona bilo bioplastike. Očekuje se kako će u 2010. ta potrošnja narasti na 560 000 tona. Prognostičari predviđaju kako će u 2020. petina svjetske plastike biti biorazgradljiva, što bi trebalo iznositi oko 30 milijuna tona.¹²

Toyota je još 2002. počela ugrađivati u nove japanske automobile neke proizvode od bioplastike te je postala glavni opskrbljivač bioplastikom japanske farmaceutske tvrtke *Shiseido* koja u ambalažu od bioplastike pakira svoje kozmetičke proizvode. Danas *Toyota* svojom bioplastikom opskrbljuje preko 60 velikih tvrtki među kojima i proizvođače uredske opreme kao što su *Fujitsu* i *NEC*. Mada je cijena bioplastike oko pet puta veća u odnosu na onu iz neobnovljivih izvora, povećanjem obujma proizvodnje sigurno će doći do značajnijega sniženja troškova te se očekuje kako će se ta, za sada gotovo eksperimentalna proizvodnja, u 2007. odvijati u prvoj pravoj tvornici bioplastike kapaciteta 50 000 tona.¹²

Američke tvrtka *Metabolix, Inc.* (vlasnik patenta) te *Archer Daniels Midland Company* (nositelj proizvodnje) planiraju izgraditi postrojenje za proizvodnju biopoliesteru namijenjenoga prevlačenju papira, izradbi filmova te različitih otpresaka, godišnjega kapaciteta od 50 000 tona.¹³

U SAD-u se u sljedeće tri godine očekuje rast potražnje za biorazgradljivim polimerima od prosječno 16 % te bi u 2008. njihova potrošnja trebala doseći 132 000 tona. Očekuje se i značajno širenje primjene tih polimernih materijala zahvaljujući njihovim sve nižim cijenama, poboljšanim svojstvima,

zakonskim jačanjem područja biorazgradnje kao neškodljivoga načina zbrinjavanja otpada te edukacijom krajnjih korisnika. Smatra se kako su materijali s najvećim potencijalom oni načinjeni na osnovi mliječne kiseline, a najveće područje primjene bit će izradba ambalaže i vlakana. Za polimerne materijale proizvedene na osnovi škroba očekuje se rast od 11,8 % u iduće tri godine do 38 000 tona u 2008, a najveće područje primjene biti će izradba vreća za kompostiranje.¹⁴

Na važnost biorazgradljivih polimera upućuje i tematska izložba u okviru skoroga *Interpacka 2005* (Düsseldorf, 21. do 27. travnja 2005) pod nazivom *Innovationparc Bioplastics in Packaging* na kojem će se prikazati stanje na području ambalaže od ovih materijala. Danas se u dijelu europskih zemalja u velikim trgovačkim lancima već mogu pronaći proizvodi upakirani u kompostabilnu biorazgradljivu ambalažu. Tako se npr. u Francuskoj, Velikoj Britaniji, Italiji i Nizozemskoj na policama trgovina već nalazi voće i povrće te higijenske potrepštine u novoj, za okoliš povoljnijoj ambalaži.¹⁵

Zaključak

Svaki proizvod ima svoje dobre i loše strane, pa tako i biorazgradljivi polimeri. Makar se zahvaljujući njihovoj široj uporabi očekuje pozitivan učin na smanjenje otpada, ipak se i njima mora pristupati oprezno. Ukoliko će proizvodnja biorazgradljivih polimera apsorbirati višak poljoprivrednih proizvoda te poljoprivredni otpad odnosno ostatak, pozitivni se učinak udvostručuje. Ukoliko će se pak razvijati poljoprivredne kulture namijenjene isključivo industrijskoj preradbi, s obzirom na uporabu različitih zaštitnih sredstava, učin može biti i negativan.

Za sada su rezultati pokazali kako za proizvodnju biorazgradljivih polimera nije potrebno značajno više energije u odnosu na sintetske polimere, međutim oni ipak još nisu potpuno rješenje za zamjenu onih načinjenih sintetskim putem jer se potpuno ne raspadaju niti na odlagalištima otpada niti u kompostanama. Ono na što se posebno upozorava kada se radi o biorazgradljivim polimerima jest da se njihovom uporabom i dalje podržava stanje svijesti prema kojemu je ono što nam ne treba jednostavno baciti (doduše u vreće za kompostiranje) te se odlaganju otpada daje primat kao načinu njegova zbrinjavanja, niti se ne razvija ponovna uporaba kao jedan od načina produženja vijeka trajanja.

LITERATURA

1. N. N.: *Making packaging greener – biodegradable plastics*, www.science.org.au/nova/061/061key.htm, 15. 12. 2004.
2. Aftandilian, D.: *The Age of Green Plastics May Be Coming Soon*, www.consciouschoice.com, 7. 3. 2005.

3. N. N.: *Making packaging greener – biodegradable plastics*, www.science.org.au, 7. 3. 2005.
4. N. N.: *Biodegradable plastics*, www.zerowaste.co.nz/default,475.sm, 12. 12. 2004.
5. Johnson, M.: *The Economics and Market Potential for Low Environmental Impact Polymers*, u *Low Environmental Impact Polymers* (Tucker, N., Johnson, M. Ed.), Rapra Technology, Shawbury, 2004, 161–187.
6. N. N.: *Biodegradable Plastic*, www.mindfully.org/Plastic/Biodegradable-Plastic.htm, 12. 12. 2004.
7. Fleury, D.: *BioPlastics: Converting Oilseeds into High Value Plastic Alternatives*, www.bioalerta.com, 12. 3. 2005.
8. N. N.: *BIOPLASTICS: Eco-Friendly Materials Has a Bright Future*, web-japan.org/trends/science, 16. 12. 2003.
9. www.reactual.com, 12. 3. 2005.
10. N. N.: *METABOLIX – where nature performs*, Metabolix, Inc., 2004.
11. N. N.: *A new biodegradable polymer derived from Styrene*, www.plastemart.com, 12. 3. 2005.
12. N. N.: *Toyota sees green in bioplastics for cars*, msnbc.msn.com, 31. 3. 2004.
13. N. N.: *Metabolix and ADM Enter Strategic Alliance to Commercialize PHA Natural Polymer*, www.metabolix.com, 10. 3. 2005.
14. N. N.: *US expect boom in degradable plastics*, plasticker.de/news/shownewa.php?nr=1377, 8. 2. 2005.
15. N. N.: *Exhibitions highlights growth in biodegradable packaging*, www.bakeryandsnacks.com, 7. 3. 2005.

Poslovanje i marketing

Priridili: Gordana BARIĆ, Damir GODEC i Maja RUJINIĆ-SOKELE

Rast preradbe plastike za potrebe automobilske industrije

Stručnjaci predviđaju da će do 2007. udio potrošene plastike za potrebe automobilske industrije doseći 22 % uz godišnji porast masenoga udjela plastike u automobilima od 12 % te rast godišnje proizvodnje automobila od 14,5 %, što će sve utjecati na promjenu odnosa među proizvođačima plastičnih automobilskih dijelova i proizvođača automobila. Uz navedene stope rasta samo u SAD-u bi vrijednost potrošene plastike u automobilskoj industriji mogla doseći 13 milijardi USD. Najveći udio potrošnje plastike za potrebe automobilske industrije uz opisane stope rasta imala bi Azija (25,2 %) i Latinska Amerika (27,3 %). Najveći utjecaj na ovako visoke stope rasta imaju zakonski zahtjevi za većom sigurnosti i porastom udjela oporabljenih automobilskih dijelova.

www.plastemart.com

U zemljama Beneluksa smanjen broj prešaonica

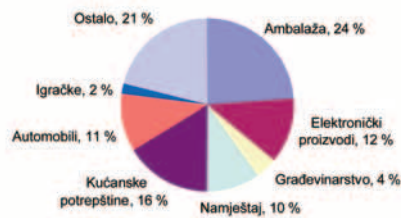
Prema izvještaju koji je načinila tvrtka *Applied Market Information*, u zemljama Beneluksa u posljednje je tri godine smanjen broj tvrtki koje preraduju polimerne materijale injekcijskim prešanjem za 4 % odnosno s 383 koliko ih je bilo krajem 2001. na 369 u 2004. Razlog smanjenome broju

prešaonica jest dijelom preseljenje pogona u zemlje Središnje i Istočne Europe u potrazi za nižim troškovima, sjedinjavanje pojedinih tvrtki, zatvaranje pogona te izuzetno malo novoosnovanih tvrtki.

Dok je Nizozemska ostala uglavnome pošteđena negativnih trendova (zatvoreni su pogoni tvrtki *Curer*, *Eimo*, *Superfos* i *Ten Cate*), najlošija je situacija u Belgiji gdje su zatvoreni neki pogoni za proizvodnju automobilskih dijelova te tvornice tvrtki *Linpac* i *Colins & Aikman*, dok je tvrtka *Punch Plastics* proizvodnju injekcijski prešanih električnih dijelova preselila u Slovačku.

Injekcijsko je prešanje i dalje važno područje preradbe plastike s oko 750 000 tona ili oko 22 % ukupno prerađene plastike u zemljama Beneluksa, od čega je najviše polipropilena čiji udio doseže 80 %.

Najviše se proizvodi ambalaža (tvrtke *Schoeller Wavin Systems*, *DW Plastics*, *Alpla*, *Amor*, *Resilux*, *Constar*, *LuxPet*, *Procap*, *Ten Cate Plasticum*, *Carthuplas* i dr.) te kućanske potrepštine (slika 4), i to posebice stoga što se u zemljama Beneluksa nalaze pogoni tvrtki *CurTec*, *Brabantia*, *Tupperware* i *Allibert*.



SLIKA 4. Područja primjene injekcijski prešanih proizvoda u zemljama Beneluksa

Predviđa se daljnji rast tržišta po godišnjoj stopi od oko 2 % te preradba blizu 840 000 tona plastike injekcijskim prešanjem u 2008.

Applied Market Information, 6. 1. 2005.

Njemačka Federalna agencija za zaštitu okoliša preispituje nove smjernice gospodarenja otpadom

Njemačka Federalna agencija za zaštitu okoliša (*Umweltsbundesamt – UBA*) traži od industrije oporabe povećani dotok materijala u svrhu očuvanja prirodnih izvora. Brojne tvrtke testiraju sposobnost strojnoga odvajanja u slučaju kada se ne može izvesti odjeljivanje ambalažnih sastavnica (plastične, metalne i složene).

Za agenciju pojam *gospodarenje otpadom uz očuvanje prirodnih izvora* označava sakupljanje oporabljivih materijala i uklanjanje tokova otpada onečišćenih opasnim tvarima. Mehaničko recikliranje istovrsnoga i

čistoga otpada najučinkovitija je metoda očuvanja prirodnih izvora.

Međutim, agencija priznaje da se dosadašnje sakupljanje otpada uz razvrstavanje na mjestu nastanka može poboljšati, te da je za neke vrste otpada takav način sakupljanja stvar prošlosti. Razvrstavanje otpada prema vrsti materijala u svakome slučaju ima smisla, pa tako u Njemačkoj postoji sustav odvojenoga sakupljanja papira i ljepenke, složenaca, staklenih boca, stakala od monitora, tekstila, električnih uređaja i fluorescentnih svjetiljki. Plastika se ne sakuplja odvojeno budući da je zaključeno kako je odvojeno sakupljanje plastične ambalaže isplativo samo kada mehaničko recikliranje daje granulat koji ulazi u preradni proces umjesto primarnoga, čistoga materijala. Kemijsko recikliranje, kojim se u Njemačkoj najčešće prerađivao miješani plastični otpad, prema mišljenju agencije nije baš dobro rješenje u ekološkome smislu.

Iako je raščlamba gospodarenja otpadom dobro prihvaćena od strane industrije oporabe, primijećeni su i neki propusti. Primjerice, agencija zahtijeva da naknadna priprema miješanoga otpada zamijeni odvojeno razvrstavanje na mjestu nastanka samo ukoliko su količina otpada i zahtjevi za čistoćom podjednaki kao i kod odvojenoga razvrstavanja na mjestu sakupljanja. No pritom se ne uzima u obzir činjenica da ne postoji odvojeno sakupljeni otpad koji se može izravno prerađivati bez potrebe za razvrstavanjem i čišćenjem nečistoća i stranih čestica. Budući da prosječno 40 % otpada nije pravilno razvrstano, različite frakcije otpada ionako zahtijevaju pripremu prije preradbe, pa bi se onda mogle sakupljati zajedno s ostalim vrstama materijala. Čini se kako je odvojeno sakupljanje nekih otpadnih materijala u velikim gradovima u stvari sasvim besmisleno.

Predstavnici industrije iznijeli su posebne uvjete u vezi s odvojenim sakupljanjem plastične ambalaže potrošne robe. Plastika koja se nagomilala putem sustava *DSD-a* (*Duales System Deutschland*), upravitelja *Zelene točke* (*Grüne Punkt*) u Njemačkoj, namijenjena je za spaljivanje ili za izradbu proizvoda niže vrijednosti (npr. zamjena za drvo, betone ili neke druge materijale). Industrija oporabe ne može postići pozitivnu energijsku bilancu s tradicionalnim postupcima oporabe pomoću kojih se dobivaju proizvodi niske kvalitete kao što su klupe za parkove ili lonci za cvijeće, pa treba subvencije za marketing. Kemijsko recikliranje kojim se oporabljuje gotovo polovica sakupljene otpadne plastike u sustavu *DSD-a*, u stvari je spaljivanje, primjerice u visokim pećima čeličana.

Plastična ambalaža sakupljena u sustavu *Zelene točke* nije sastavljena od čistih materijala, što je ne čini pogodnom za reci-