



# Proizvodnja i preradba polimera u svijetu, Sjevernoj Americi i Europi

Priredila: Gordana BARIĆ

## Uvod

Našu je svakodnevnicu nemoguće zamisliti bez plastike i gume. *Plastično doba*, kako je popularno nazvana druga polovina 20. stoljeća, produženo je i na 21. stoljeće. Zbog svojih specifičnih svojstava i plastika i guma imaju vrlo širok raspon primjene. Međutim, već dugo to nisu samo jeftini zamjenski materijali, nego je, upravo zahvaljujući njima, omogućena proizvodnja velikoga broja proizvoda vrhunske tehnike. Mogućnosti uporabe čine te materijale pogodnima i sa stajališta rastuće brige za okoliš te smanjenja potrošnje prirodnih izvora sirovina, a kako su po svojim svojstvima polimeri vrlo prijateljski prema okolišu, nisu bez razloga nazvani i *najzelenijim* materijalima 21. stoljeća. Proizvodnja i preradba polimernih materijala industrijske su grane koje u svijetu bilježe najduže kontinuirane stope rasta proizvedenih i prerađenih količina, profita te broja zaposlenih.

U svijetu je 2006. godine proizvedeno više od 265 milijuna tona polimernih materijala, od toga oko 245 milijuna tona plastike<sup>1</sup> i nešto više od 21 milijun tona prirodnoga i sintetskoga kaučuka.<sup>2</sup> Ako se kao polazna godina uzme 1950., kada je proizvedeno oko 1,5 milijuna tona plastike, dobiva se kontinuirana godišnja stopa rasta od 9,5 %, što nije zabilježeno ni u jednoj drugoj industrijskoj grani.<sup>1</sup> Izrazi li se ta količina volu-

TABLICA 1. Količine pojedinih polimernih materijala u međunarodnoj razmjeni u 2006. te stope promjene u odnosu na 2005.<sup>4</sup>

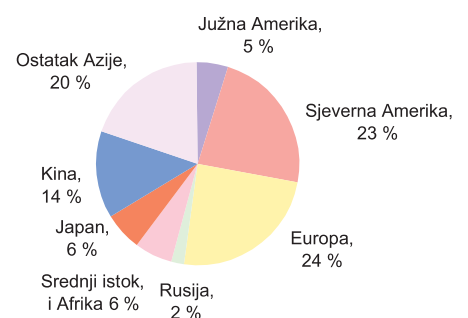
Polimerni materijal	Količina u međunarodnoj razmjeni, milijuni tona	Promjena u odnosu na 2005., %
poli(etilen-tereftalat) (PET)	6,6	10
poliamid (PA)	3,2	10
polikarbonat (PC)	3,1	14
polietilen niske gustoće (PE-LD)	8,4	- 2
linearni polietilen niske gustoće (PE-LLD)	6,7	6
polietilen visoke gustoće (PE-HD)	12,7	5
polipropilen (PP)	12,2	2
polistiren (PS)	4,4	- 5
pjeneći polistiren (PS-E)	1,6	7
poli(vinil-klorid) (PVC)	9	3

menski, radi se o gotovo dvostruko većoj proizvodnji od one čelika, koji je plastika nadmašila još 1989. godine (slika 1).<sup>1</sup> Nastave li se dosadašnje stope rasta proizvodnje polimernih materijala, proizvedena bi količina u 2010. mogla premašiti 320 milijuna tona.

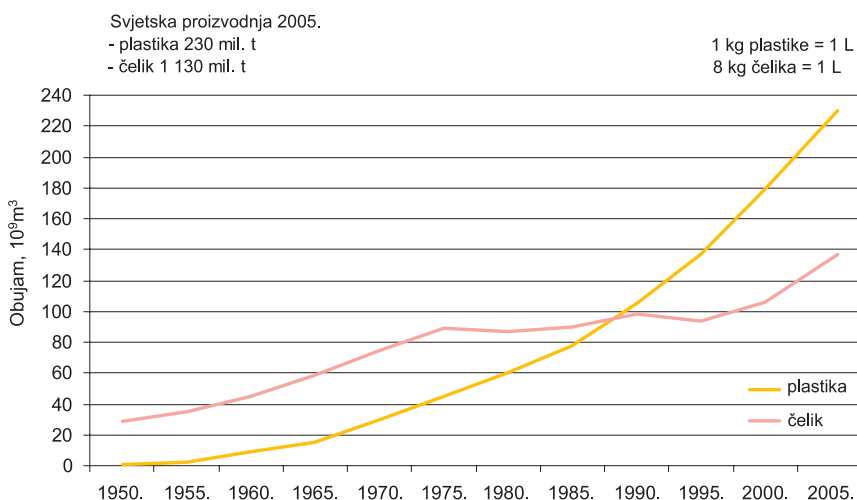
## Proizvodnja i potrošnja plastike u svijetu

Već spomenutih 245 milijuna tona plastičnih materijala proizvedenih 2006. godine diljem svijeta povećanje je od 6,5 % u odnosu na

2005. Od toga je u Europskoj uniji proizvedeno 24 %, a samo u Kini oko 14 % (slika 2).<sup>3</sup>



SLIKA 2. Udjeli pojedinih dijelova svijeta u ukupnoj svjetskoj proizvodnji plastike u 2006.<sup>1</sup>

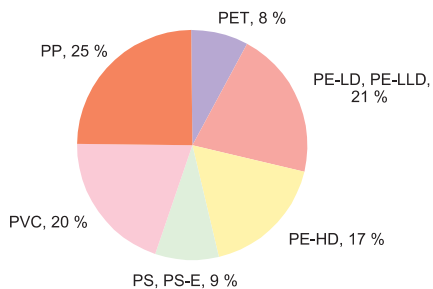


SLIKA 1. Usporedba kretanja svjetske proizvodnje plastike i čelika u razdoblju 1950. – 2005.<sup>1</sup>

Među više od 50 različitih vrsta plastičnih materijala koji se danas proizvode, glavninu, blizu 80 %, čini pet tzv. širokoprimjenjivih plastomera: polietilen niske gustoće (PE-LD), linearni polietilen niske gustoće (PE-LLD) i polietilen visoke gustoće (PE-HD), zatim poli(vinil-klorid) (PVC), polipropilen (PP), polistiren (PS) te poli(etilen-tereftalat) (PET). Od ukupno u svijetu u 2006. godini proizvedenih 195 milijuna tona širokoprimjenjivih plastomera, najviše je različitih tipova polietilena (38 %), polipropilena (25 %) te PVC-a (20 %) (slika 3).<sup>1</sup>

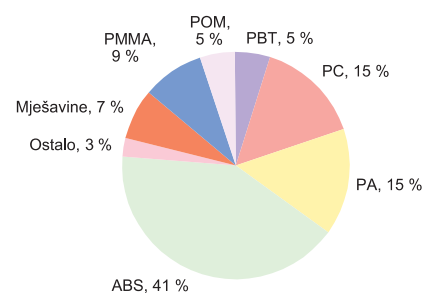
U svijetu se u 2006. moglo ukupno proizvesti 130 milijuna tona poliolefina (PE i PP), 20 milijuna tona polistirena i pjenećega polistirena te 40 milijuna tona PVC-a. Eu-

ropski i američki kapaciteti za proizvodnju polimernih materijala imaju iskorištenost veću od 90 %, dok je u svijetu prosječna iskorištenost kapaciteta tih pogona iznad 80 %.<sup>1</sup>



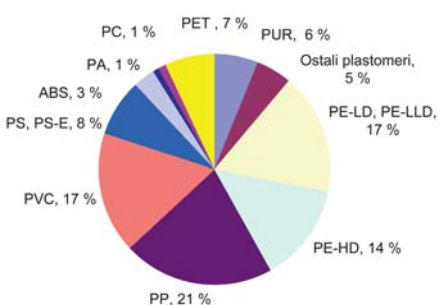
SLIKA 3. Udjeli pojedinih vrsta širokoprimjenjivih plastomera u ukupnoj svjetskoj proizvodnji u 2006.<sup>1</sup>

Konstruktivskih je plastomera u 2006. u svijetu proizvedeno malo manje od 20 milijuna tona, od čega najviše ABS-a (41 %) te poliamida i polikarbonata (svaki s udjelom od 15 %) (slika 4).<sup>1</sup>

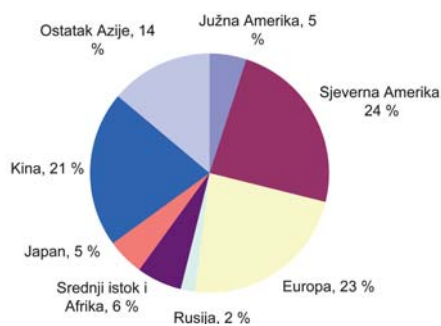


SLIKA 4. Udjeli pojedinih vrsta konstrukcijskih plastomera u ukupnoj svjetskoj proizvodnji u 2006.<sup>1</sup>

U svijetu je u 2006. potrošeno 205 milijuna tona plastomera, od čega na širokoprimjenjive plastomere otpada gotovo 85 % (slika 5). Najviše je plastike potrošeno u Sjevernoj Americi, Europi i Kini (slika 6). Zanimljivo je naglasiti da je udio Kine u ukupnoj svjetskoj potrošnji plastike dosegnuo čak 21 %. Predviđa se kako će potrošnja plastomera u svijetu rasti po godišnjoj stopi od 5,5 % i 2010. dosegnuti količinu od oko 245 milijuna tona.<sup>1</sup>

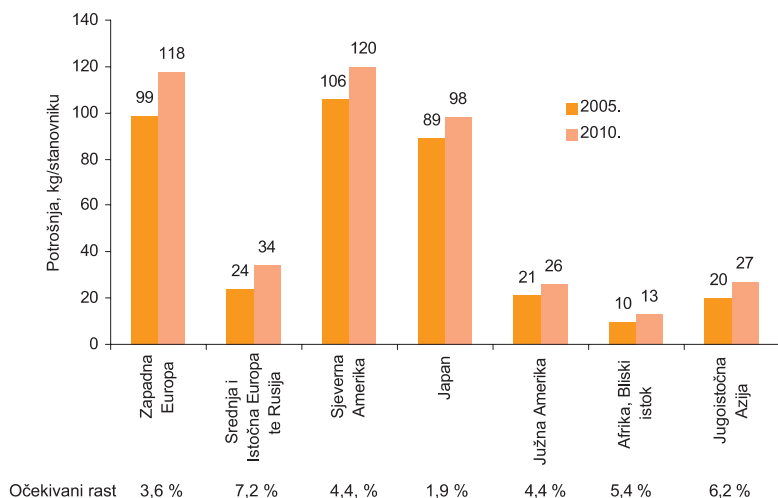


SLIKA 5. Udjeli pojedinih vrsta plastomera u ukupnoj svjetskoj potrošnji u 2006.<sup>1</sup>

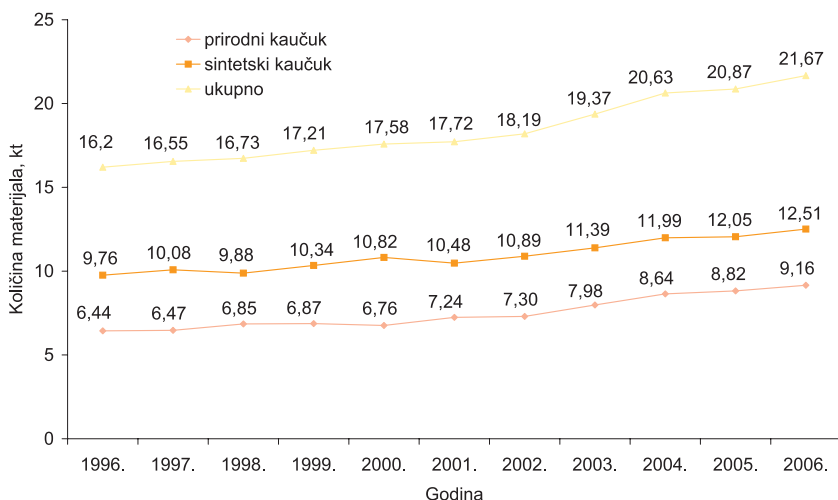


SLIKA 6. Udjeli pojedinih dijelova svijeta u ukupnoj svjetskoj potrošnji plastike u 2006.<sup>1</sup>

U 2005. je svaki stanovnik svijeta potrošio oko 31 kg plastike, a predviđa se kako će u 2010. trošiti 38 kg. Istodobno je potrošnja plastike u 2005. u Zapadnoj Europi iznosila 99 kg po stanovniku te 105 kg po stanovniku u SAD-u (slika 7).



SLIKA 7. Potrošnja plastike po stanovniku u 2005. u pojedinim dijelovima svijeta, godišnje stope rasta te predviđanje za 2010.<sup>2</sup>

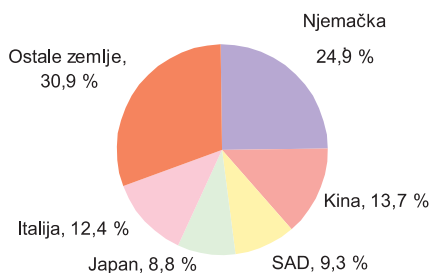


SLIKA 8. Kretanje svjetske proizvodnje prirodnoga i sintetskoga kaučuka u razdoblju 1996. – 2006.<sup>2</sup>

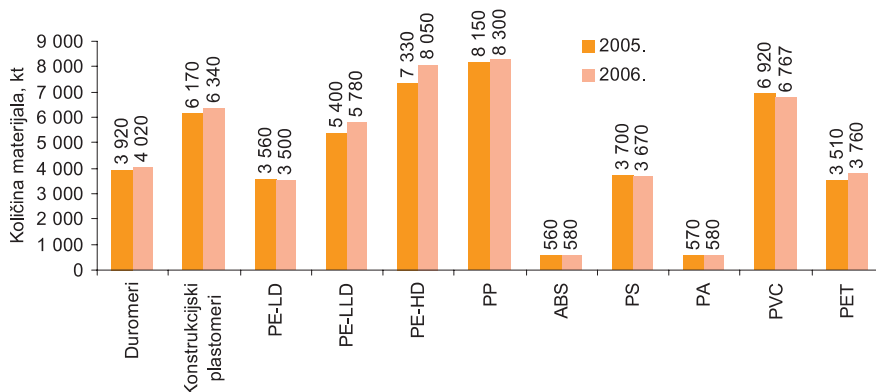
Potrošnja prirodnoga i sintetskoga kaučuka u 2006. godini u SAD-u je smanjena za 10 %, a u Europi za 2,5 %. Međutim, to je kompenzirano 8 %-tnim rastom potrošnje u Aziji, Novome Zelandu i Australiji. Oko 96 % prirodnoga i oko 42 % sintetskoga kaučuka proizvede se u Aziji, iz koje dolazi oko 68 % ukupno proizvedenoga kaučuka u svijetu. Predviđa se kako će svjetska potrošnja kaučuka u 2007. porasti za 4 %, a u godinama do 2020. njezin bi se rast trebao nastaviti po stopama malo manjim od 3 %.<sup>3</sup>

### Proizvodnja strojeva i opreme za preradbu plastike i kaučuka<sup>3</sup>

Prema podacima *Njemačkoga udruženja proizvođača strojeva i opreme za proizvodnju i preradbu plastike i gume*, ukupna je vrijednost ovoga područja u svijetu u 2006. dosegla 19,6 milijardi eura. Njemačka je i dalje na prvome mjestu s udjelom od 24,9 %, što je skok s 22,6 % u 2005. godini, a prvi je put na drugome mjestu Kina s udjelom od 13,7 % (12,6 % u 2005.), dok je Italija pala na treće mjesto (u 2005. je bila na drugome mjestu s udjelom od 12,9 %). Predviđanja za 2007. i rezultati za prvih šest mjeseci 2007. pokazuju kako bi samo njemačka industrija strojeva za proizvodnju i preradbu plastike i kaučuka mogla u ovoj godini ostvariti povećanje od čak 7 %.



SLIKA 9. Udjeli pojedinih zemalja u ukupnoj svjetskoj proizvodnji strojeva i opreme za proizvodnju i preradbu plastike i kaučuka<sup>3</sup>



SLIKA 10. Kretanje proizvodnje pojedinih vrsta plastičnih materijala u Sjevernoj Americi u 2005. i 2006. godini<sup>5</sup>

<sup>3</sup>Podatci za 2007. godinu predviđanja su marketinških stručnjaka britanske tvrtke *AMI Plastics Consulting*.

### Sjevernoamerička proizvodnja i potrošnja plastike te plastičarska industrija SAD-a

Ukupno je u Sjevernoj Americi (zemlje ugovora NAFTA) proizvedeno u 2006. nešto više od 51,3 milijuna tona (3,1 % više nego u 2005.), a potrošeno oko 50,2 milijuna tona (2,2 % više nego u 2005.).<sup>5</sup> Slika 10 prikazuje proizvodnju prema pojedinim vrstama plastike u Sjevernoj Americi u 2006. i 2005. godini.

Iako je plastičarska industrija u SAD-u pod utjecajem globalizacije i snažnog trenda premještanja proizvodnih pogona u zemlje s jeftinijom radnom snagom, ta industrija i dalje znatno pridonosi gospodarskim pokazateljima te zemlje i smatra se najvećom industrijskom granom.<sup>6</sup> U 2006. obuhvaćala je gotovo 19 000 tvrtki, u kojima je bilo zaposleno više od 1,1 milijun ljudi i ostvareno oko 379 milijardi USD prihoda (~ 227 milijardi eura).<sup>7</sup> Izvoz plastičnih proizvoda SAD-a porastao je u 2006. godini za 12,3 %, a trend rasta bilježi se i u 2007. pa je tako za prvih sedam mjeseci izvoz veći za čak 11,7 %. Uvoz je rastao po stopi od 7,5 % u 2006., a u prvih sedam mjeseci ove godine bio je usporen na samo 2,3 %. Područje proizvodnje i preradbe plastike pridonosi s 5,8 milijardi USD pozitivnoj strani vanjskotrgovinske bilance.<sup>7</sup> Razlog je tomu prije svega oslanjanje na prirodni plin kao glavnu sirovinu i energetska osnovu za proizvodnju plastičnih materijala. Upravo su znatne razlike u cijeni plina i nafte pridonijele poboljšanju konkurentnoga položaja američkih proizvođača polimernih materijala, koji u odnosu na svoje konkurente ostvaruju mnogo više profitne stope.<sup>8</sup> Najveći dio izvoza odlazi u Kanadu, Meksiko i Kinu.<sup>6</sup>

Samo u 2006. u kapitalnu je opremu u ovoj industrijskoj grani uloženo više od 11,3 milijarde USD.<sup>7</sup>

### Proizvodnja, preradba i potrošnja plastike u Europi<sup>9\*</sup>

Plastičarsku industriju čine tri osnovne skupine poduzeća: proizvođači materijala, prerađivači te proizvođači strojeva, kalupa i ostale popratne opreme. Europska plastičarska industrija okuplja preko 50 000 tvrtki, u kojima je zaposleno više od 1,6 milijuna radnika koji godišnje uprihoduju preko 280 milijardi eura. U Europi je u 2006. proizvedeno više od 42 milijuna tona plastomera vrijednih 150 milijardi eura.

Najveće izazove pred ovu industrijsku granu postavili su rast cijena sirovina i energije te rast ukupne svjetske konkurencije, posebice gotovih proizvoda i dijelova. Ulaskom dviju novih zemalja u Europsku uniju početkom 2007., Bugarske i Rumunjske, dobiveno je novo, doduše maleno, ali brzorastuće tržište. A i Rusija, Turska i Ukrajina zanimljive su kao izvozna tržišta za materijale, opremu i gotove proizvode.

Smjernice Europske unije kojima su postavljeni ciljevi u području uporabe ambalaže, električnih i električnih proizvoda, automobila i nekih drugih proizvoda snažno utječu na odabir materijala. Jača i borba plastičarske industrije protiv uvođenja poreza na određene materijale ili zabrane njihove uporabe.

E-poslovanje promijenilo je odnose između dobavljača i kupaca. Sve to pojačalo je strukturne promjene u cijeloj plastičarskoj industriji, od velikih proizvođača materijala do prerađivača, s time da promjene nikada nisu bile tako brze (mnogobrojna povezivanja i preuzimanja).

### Proizvodnja i potrošnja plastike u Europi

Europa raspolaže kapacitetima za proizvodnju oko 45 milijuna tona plastomera, što uz proizvedenih oko 43 milijune tona znači vrlo visoku iskorištenost kapaciteta (iznad 95 %). Potrošnja je oko 41 milijun tona. Njemačka ima najveće pojedinačne kapacitete, a zemlje Beneluksa izdvajaju se zato što se u njihovim lukama nalaze najveći naftni terminali uz koje su izgrađeni veliki petrokemijski kompleksi. Tablica 2 prikazuje razmještaj pogona europskih proizvođača širokoprimjenjivih plastomera s godišnjom proizvodnjom iznad 350 kt. Navedeni proizvođači proizvedu oko 90 %, dok preostalih 10 % (a radi se o PVC-u, PS-u i PET-u) proizvodi 35 malih petrokemijskih tvrtki.

Slika 11 prikazuje udjele proizvodnje polimernih materijala, a slika 12 udjele potrošnje polimernih materijala po pojedinim europskim zemljama i regijama. Slika 13 prikazuje količinu plastike potrošenu u pojedinim europskim zemljama i regijama u razdoblju 2005. – 2007.

Slika 13 prikazuje kretanje potrošnje plastičnih materijala u pojedinim europskim zemljama i regijama u razdoblju 2005.

TABLICA 2. Razmještaj pogona pojedinih proizvođača masovnih polimera u Europi<sup>9</sup>

Tvrtka	Lokacija pogona*	Plastomeri	Kapacitet, kt
Basell	F, D, I, GB, NL, E, PL	PE, PP	5 408
Ineos	F, D, I, GB, B, S, N	PE, PP, PVC	5 226
Borealis	D, B, A, N, S, FIN	PE, PP	4 080
Dow	D, I, GB, B, NL, E	PE, PP, PS, PET	3 765
Total Petrochemical	F, GB, B, E	PS, PE, PP	3 160
Sabic	D, NL	PE, PP	3 040
Polimeri Europa	D, F, I, B, H	PE, PS	2 175
ExxonMobil	F, B	PE, PP	1 595
Solvin	F, D, B, E	PVC	1 502
PKN Orlen	P, CZ	PE, PVC	1 365
Repsol-YPF	E, P	PE, PP, PS	1 330
TVK/Slovnaft	H, SK	PE, PP	1 265
BASF	D, B, E	PS	859
Artenius	I, GB, E, P, GR	PET	840
Nova Innovene	F, D, GB, NL, S	PS	815
Arkema	F, S	PVC	798
Vinnolit	D	PVC	750
Shin-Etsu	NL	PVC	506
LVM	F, NL	PVC	450
Vestolit	D	PVC	405
Borsodchem	H	PVC	400
Mossi & Ghisolfi	I	PET	375
Oltchim	RO	PVC	350
Ostali			4 420

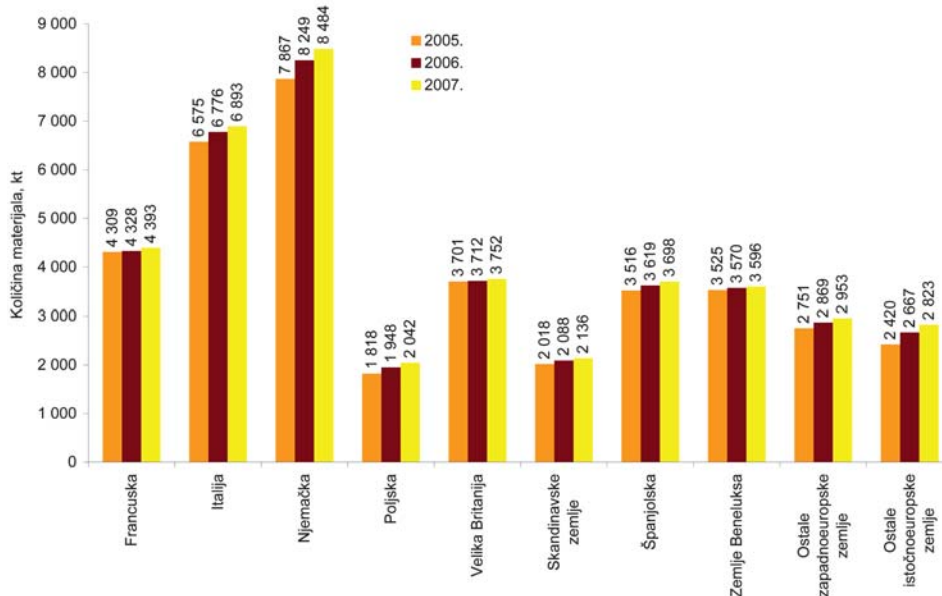
(\*A – Austrija, B – Belgija, CZ – Češka Republika, FIN – Finska, F – Francuska, GR – Grčka, H – Mađarska, I – Italija, D – Njemačka, NL – Nizozemska, N – Norveška, PL – Poljska, P – Portugal, SK - Slovačka, E – Španjolska, S – Švedska, GB – Velika Britanija)

– 2007. Znatne godišnje stope rasta u promatranom razdoblju ostvarene su u novim članicama Europske unije, i to u Poljskoj 7,1 %, a u ostalim istočnoeuropskim zemljama čak 10,2 %, dok je prosjek rasta u starim članicama EU samo 2,8 %.

Ako se pak pogledaju podatci o potrošnji plastike po stanovniku, slika postaje mnogo jasnija. Dok je europski prosjek blizu

100 kg po stanovniku, podatci o potrošnji plastike po stanovniku u srednjoeuropskim zemljama objašnjavaju visoke godišnje stope rasta potražnje za plastikom u tim zemljama (slika 14).

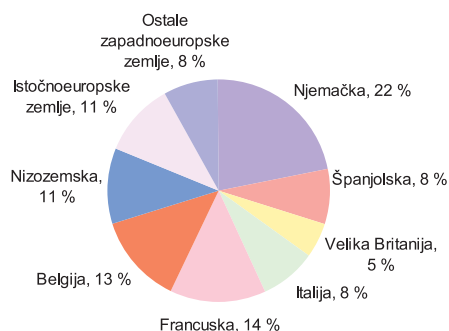
U Europi je potrošnja širokoprimjenjivih plastomera od 2005. do 2007. godine rasla po godišnjoj stopi od 3,3 %, a predviđa se kako će ih u ovoj godini biti potrošeno blizu



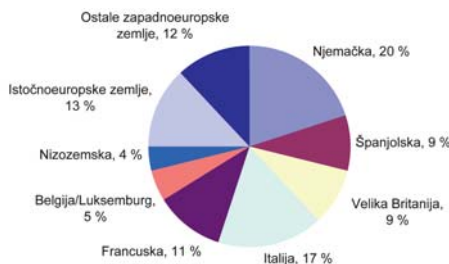
SLIKA 13. Kretanje potrošnje plastičnih materijala u pojedinim europskim zemljama i regijama u razdoblju 2005. – 2007.<sup>9</sup>

38 milijuna tona. Slika 15 prikazuje kretanje potrošnje pojedinih širokoprimjenjivih plastomera u Europi u razdoblju 2005. – 2007. Najveće stope rasta postiže potrošnja pjenećega polistirena (nove norme u izolaciji objekata) i PET-a (ambalaža).

Potrošnja konstrukcijskih plastomera rasla je u razdoblju 2005. – 2007. po godišnjoj stopi od 5,1 % i predviđa se kako će ih u ovoj godini biti potrošeno oko 3,2 milijuna tona. Slika 16 prikazuje kretanje potrošnje pojedinih konstrukcijskih plastomera u Europi u razdoblju 2005. – 2007.

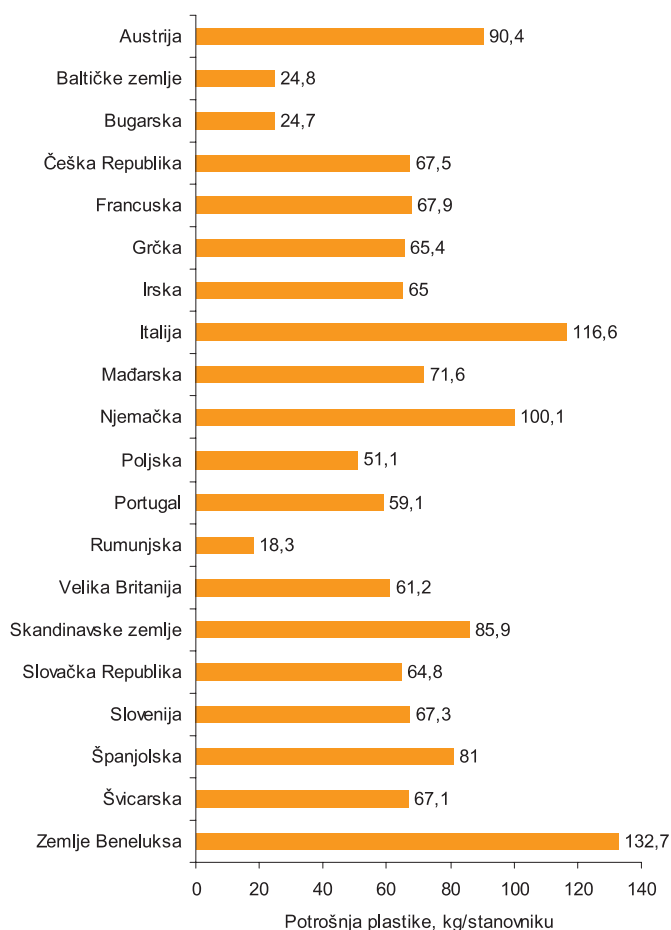
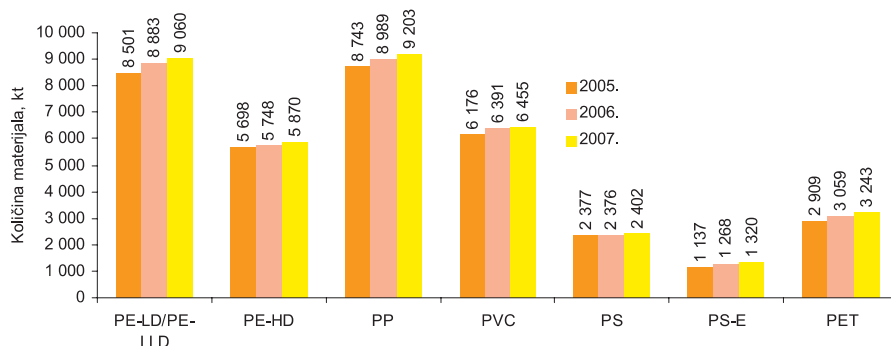
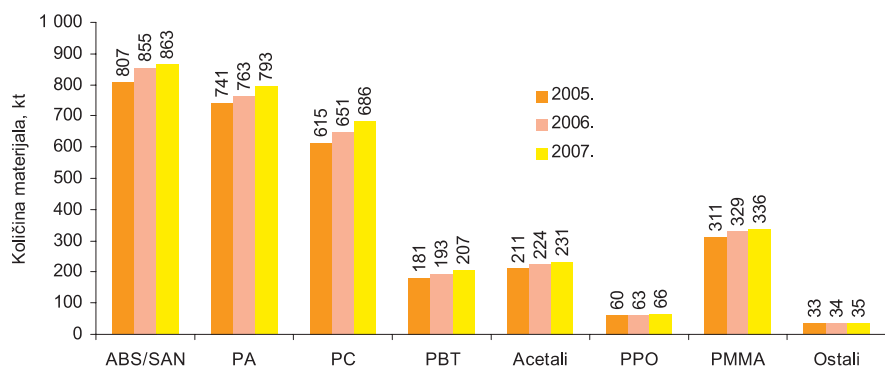


SLIKA 11. Udjeli pojedinih europskih zemalja u ukupnoj proizvodnji plastičnih materijala u Europi u 2006.<sup>1</sup>



SLIKA 12. Udjeli pojedinih europskih zemalja u ukupnoj potrošnji plastičnih materijala u Europi u 2006.<sup>1</sup>




 SLIKA 14. Potrošnja plastike po stanovniku u 2007. godini u pojedinim europskim zemljama<sup>9</sup>

 SLIKA 15. Kretanje potrošnje pojedinih širokoprimjenjivih plastomera u Europi 2005. – 2007.<sup>9</sup>

 SLIKA 16. Kretanje potrošnje pojedinih konstrukcijskih plastomera u Europi 2005. – 2007.<sup>9</sup>

## Preradba plastike u Europi

U Europi se preradbom plastike bavi oko 24 000 poduzeća. Taj broj uključuje ona poduzeća koja se bave isključivo preradbom plastike, ali i ona koja se nalaze u nekoj drugoj industrijskoj grani, ali prerađuju i znatne količine plastike. Međutim, taj broj ne obuhvaća tvrtke koje se bave preoblikovanjem, kao npr. tvrtke koje se bave toplim oblikovanjem. Na slici 17 prikazan je broj prerađivača prema pojedinim postupcima.

Najveći dio tvrtki (više od 17 000) prerađuje plastiku injekcijskim prešanjem. Taj je broj samo približan jer je mnogo malih tvrtki s jednom ili dvije ubrizgavalice, dok AMI-jeva baza sadržava detaljne podatke za više od 10 000 prešaonica.

Prema količinama prerađenih plastomera, na prvom je mjestu ekstrudiranje filmova i folija, a ako se tomu pridoda još i ekstrudiranje cijevi, profila, ploča, kabela i vlakana, dobije se impozantna brojka od oko 22,3 milijuna tona plastike prerađene samo postupkom ekstrudiranja (slika 18).

Što se pak tiče pojedinih područja primjene plastike, najveći dio otpada na područje pakiranja, odnosno u krutu i savitljivu ambalažu preradi se više od 48 % (slika 19). Za savitljivu se ambalažu potroši najviše polietilena i linearnoga polietilena niske gustoće prerađenoga u stezljive i razvlačive filmove te različitu višeslojnu ambalažu.

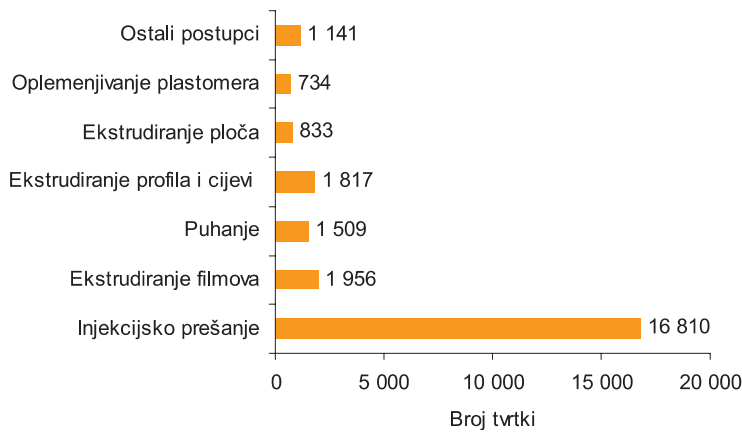
Na ambalažu će se i dalje trošiti najviše plastike ne samo zbog toga što se plastika pokazala dobrom u ovome području primjene nego i zato što je riječ o području koje veoma brzo prihvaća inovacije, zahvaljujući čemu plastika zamjenjuje neke do sada uobičajene materijale. Međutim, plastična je ambalaža na prvome mjestu kada se govori o zbrinjavanju otpada i zaštiti okoliša. Razvoj sustava oporabe te uporaba poljoprivrednih kultura\*\* imaju i ekonomski i politički aspekt. Smanjenje mase i dimenzija ambalaže također utječe na izbor materijala i njegovu potrošnju.

Drugo veliko područje primjene plastike jest građevinarstvo, na koje otpada blizu 18 % ukupno potrošene plastike u Europi. Ponajprije je to PVC za cijevi i profile, PE za građevinske folije i cijevi te PS-E za toplinsku izolaciju.

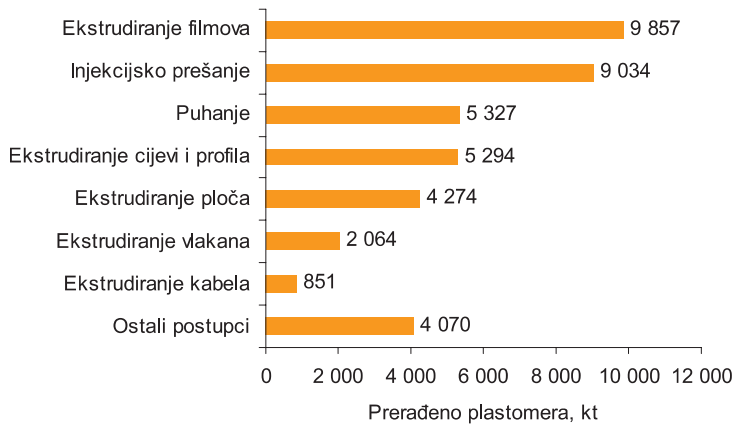
## Zaključak

Polimerstvo je jedno od najduže rastućih industrijskih područja, s neprekinutom stopom kontinuiranoga rasta od gotovo 60 godina. Svjetska potrošnja polimernih materijala bilježi više stope rasta od BDP-a, a rast plastičarske industrije u Europskoj uniji je 2 do 3 % brži od rasta ukupne industrije. Ako se uzme u obzir da su polimeri kao materijal

\*\*Umjesto poljoprivredne kulture upotrebljava se netočan izraz obnovljiv (prema engleskom *renewable*). Bliži je njemački naziv *nachwachsende Rohstoffe*, premda bi bilo još preciznije *nachwachsende Stoffe*. Radi se o proizvodima koji ponovno rastu (npr. poput brade, ona se ne obnavlja). Kada nastaje znanjem i djelovanjem čovjeka, proizvod je artefakt, umjetnina.



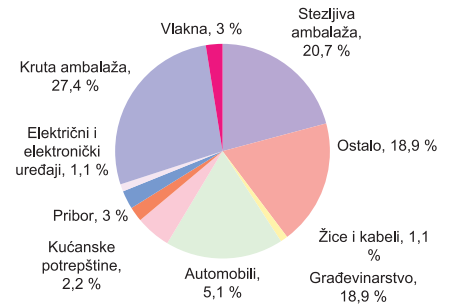
SLIKA 17. Broj prerađivača prema pojedinom postupku preradbe plastike u Europi u 2007.<sup>9</sup>



SLIKA 18. Količine plastomera prerađenih pojedinim postupkom u Europi u 2007.<sup>9</sup>

prije svega namijenjeni zaštiti (ambalaža, odjeća, građevinarstvo) te logistici (transport, skladištenje i čuvanje), zasigurno je pred njima dobra budućnost. A ako se u obzir uzme

njihov doprinos smanjenju potrošnje energije (građevinarstvo, transport), može se reći kako nam polimerni materijali trebaju za kvalitetniji razvoj društva u cjelini.



SLIKA 19. Udjeli pojedinih područja primjene u ukupno potrošenim plastomerima u Europi u 2007.<sup>9</sup>

LITERATURA

1. N. N.: *2006 Plastics Business Data and Charts*, PlasticsEurope Deutschland, Juni 2007.
2. N. N.: *World Rubber Production and Consumption*, www.lgm.gov.my/nrstat/T1.htm, 31. 10. 2007.
3. Reifenhäuser, U.: *Plastics and rubber have changed the world*, www.k-online.de, 18. 10. 2007.
4. N. N.: *ITP's World Trade Annual Reviews of 2006*, International Trader Publications, Inc., April 2007.
5. N. N.: *PIPS Year-End Statistic for 2006*, www.americanchemistry.com, 27. 8. 2007.
6. Carreaux, W. R.: *Overview of the U.S. plastics industry in 2006*, Press Conference, SPI – The plastics industry trade association, 24. 10. 2007.
7. N. N.: *U.S. plastics industry outpaces other American manufacturing and increase role in international trade*, Press Release, SPI – The plastics industry trade association, October 2007.
8. N. N.: *US plastics industry records growth in 2004*, www.plastemart.com, 17. 8. 2005.
9. N. N.: *The European plastics industry*, u *AMI's 2007 European plastics industry report*, Amiplastics, Bristol, 2007.

Polimerni materijali i dodatci

Priredile: Ana PILIPOVIĆ i Maja RUJNIĆ-SOKELE

Plastomerni hibridi – kombinacija metala i plastike

Tvrtka DuPont najavila je suradnju s kanadskim tvrtkama Morph Technologies i Integran Technologies te američkom tvrtkom PowerMetal Technologies radi razvoja i komercijalizacije hibrida materijala, kombinacije nanometala i polimera (slika 20), za izradbu vrlo laganih proizvoda koji uključuju čvrstoću i krutost metala i fleksibilnost dizajna te malu masu plastomera visokih zahtjeva.

Patentirani postupak MetalFuse proizvodi metale s veličinom zrna 1 000 puta manjom od onih konvencionalnih metala. Nanokristalni nikal ili feronikal metali su visokih zahtjeva, koji su dva do tri puta čvršći od normalnog čelika, a jednako tako i mnogo tvrdi, s nižom trošivošću i nižim faktorom trenja. Postupkom se izravno oblikuje in-

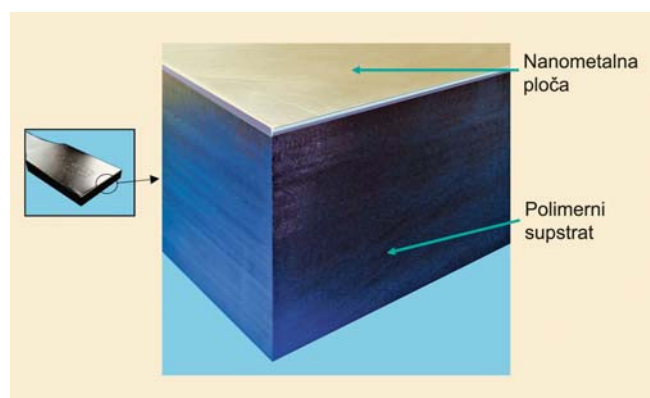
tegralna metalna ploča s nanokristalnom strukturom zrna. Nanočestice se ne stvaraju ni u jednom stupnju proizvodnje.

Metal pruža čvrstoću i krutost, no ograničen je u sposobnosti stvaranja kompliciranih oblika. Nasuprot tomu, plastomerni omogućuje veliku slobodu u stvaranju različitih oblika i integriranju funkcija, pa

postupak omogućuje konstruktorima kombiniranje najboljeg od obaju materijala.

Početni razvoj usmjerit će se na primjenu u automobilskoj industriji, elektroničkim proizvodima za kućanstvo i sportske proizvode.

www2.dupont.com



SLIKA 20. Patentirani hibrid materijala kombinacije nanometala i plastomera tvrtke DuPont