

# PROIZVODNJA MATERIJALA I PROIZVODNJA TVOREVINA

**Igor Čatić** (igor.catic@fsb.hr)

Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje / University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture



**Profesor emeritus  
Igor Čatić**

## PRODUCTION OF MATERIALS AND FABRICATION OF PRODUCTS

APSTRAKT: U povijesnom kontekstu ukazano je da valja razlikovati proizvođače materijala i proizvođače tvorevina, te koja znanja trebaju steći na svim razinama obrazovanja i odrediti obrazovne subjekte, osobito na visokoškolskoj razini.

Esej / Essay

Ključne riječi: guma, izradbena tehnika, kemijsko inženjerstvo, klasifikacija tehničkih sustava, nova sistematizacija materijala, obrazovanje, plastika, polimer, procesna tehnika, proizvodno strojarstvo, proizvodnja materijala, proizvodnja tvorevina

## Uvod

Nekima i na kraju drugog desetljeća 21. stoljeća nije jasna razlika tko treba obrazovati stručnjake za područja proizvodnje plastike i sastojaka za kaučukove smjese (procesna tehnika), te stručnjake koji za tako priređene smjese ili materijale moraju proizvoditi strojeve, kalupe i ostalu potrebnu opremu, te organizirati uspješnu proizvodnju tvorevina. Pritom se razlikuju proizvodni postupci u kojima se najprije željenoj tvorevini daje praoblak (izradbeni postupci), a zatim nekom od reakcija očvršćivanja (procesna tehnika) nastaje tvorevina od propisanog materijala. U drugom slučaju potreban oblik nastaje od poluproizvoda jednim od izradbenih postupaka. Tko će obrazovati proizvođače sastojaka ili materijala, te proizvođače tvorevina, nije beznačajno pitanje. Analiza omogućuje moguće određivanje početka materijalne kulture. Esej se temelji na prpošiteljskom pristupu.

Tekst je esej, što omogućuje ponešto slobodnije strukturiranje teksta. Koji se odnosi na potrebu čvrste razdvoje stručnjaka koji se bave proizvodnjom materijala i proizvodnjom tvorevina ili artefakata. U njemačkom postoji za tvorevinu i izraz stvar (Sache).

Tijekom 2019. autor je uveo izraz *prpošitelj* i osnovao neformalni *Klub prpošitelja*. Poticaj za riječ prpošitelj nastao je kada je u svojoj knjizi „Pohvala starosti“ akademik Pavao Pavličić rastumačio značenje glagola prpošiti se.<sup>1</sup> Pojam potječe iz zoologije, jer se ptice prpoše. Time se čiste od svega nataloženog. Stoga su prpošitelji u pravilu umirovljenici koji na neki način žele svoje znanje prenijeti na nove generacije ili pokušavaju se sa svojim iskustvom uključiti u dnevne javne rasprave.

Sa statusom prpošitelja P1 autor će pokušati u povijesnom kontekstu ukazati da valja razlikovati proizvođače materijala i proizvođače tvorevina, te koja znanja trebaju steći na svim razinama obrazovanja. I odrediti obrazovne subjekte, osobito na visokoškolskoj razini.

U pisanju teksta autor će se susretati s brojnim terminološkim problemima. Pokušati razmrsiti neke nedoumice i neke zablude iz razdoblja svog aktivnog djelovanja.

No, pokazat će da je možda najvažnija novost ovog teksta rezultat dugogodišnjeg druženja s arheolozima. Autor predaje studentima arheologije u Zagrebu već 17 godina.<sup>2</sup> Nedavno je objavljen tekst o jednakosti nazivlja za potrebe proizvodnje tvorevina i arheologije kao znanosti o razvoju rane tehnike.<sup>3</sup> To je omogućilo zaključak. „Razvoj tehnike kao osnove materijalne kulture započinje pred 3,3 milijuna godina razdvajanjem anorganskih polimernih materijala s pomoću alata (sredstvo djelovanja), također anorganskog polimera. A potrebna energija potječe od organskih polimera, hrane (uvijek organski fitopolimer), koja ruci ljudskog bića daje potrebnu energiju za njezino djelovanje“.

## Kratka povijest plastike i gume<sup>4, 5</sup>

Gotovo svi povezuju početak proizvodnje plastike s popularnim *bakelitom* (fenol-formaldehid, PF), izumljenim 1907. Pred nešto više od stoljeća. Povijest plastike je znatno starija.

U prirodnu plastiku ubrajaju se npr. rogovlje, kopita, kornjačevina, kosti, slonovača itd. U pravilu se ta vrsta organske plastike obrađivala i obrađuje postupcima razdvajanja: rezanja, dubljenja, bušenja itd.

Sada razvikana bioplastika, u koju svi polažu nadu, stara je oko sedam stoljeća. Prvi pokušaj snažnijeg prodora bioplastike bio je 2010. Na sajmu plastike i gume K'10 u Düsseldorfu bila je slika gdje se dama hvata za glavu kada čuje riječ plastika. Pritom se pod plastikom podrazumijeva ona načinjena od proizvoda prirode, prirodnina, koje se pridobivaju iz: nafte, prirodnog plina, ugljena itd. To se danas naziva fosilna plastika. Autor je tada reagirao i uputio pismo na oko 300 adresa diljem svijeta. Izgubio je brojne prijatelje među novinarima iz časopisa koji se

bave plastikom i gumom. No dva su časopisa objavili to pismo. U pismu se upozoravalo da se ne može napadati fosilnu plastiku koju će zamijeniti bioplastika.<sup>5</sup> Koja je tada imala udio oko 0,5 posto. Godine 2019. svjetska proizvodnja fosilne plastike bila je oko 359 milijuna tona, a bioplastike 2,11 milijuna tona, svega 0,59 %.<sup>6</sup> Očekuje se da će raspoloživi kapaciteti za proizvodnju bioplastike 2024. biti oko 2,43 milijuna tona.<sup>7</sup> Svi materijali koji se proizvode su umjetni. Za razliku od fosilne plastike, koja na ulazu u proces proizvodnje ima prirodne, kod bioplastike ulaz je u pravilu poluproizvod, uzgojina.

Što se tiče gume valja naglasiti sljedeće. Ne postoje kao materijali: guma, beton, keramika, duromeri i neki plastomeri. Oni se proizvode. To znači da se priprema npr. kaučukova smjesa (oplemenjivanje), prablikuje se tvorevina i stvara praoblik praoblikovanjem (izradsbena tehnika) koji zatim mora jednom od kemijskih reakcija očvrnuti (procesna tehnika). To je reakcijsko praoblikovanje. Postoje gumeni i ostali proizvodi.<sup>7</sup> Srednjoamerički ljudi znali su podešavati svojstva smjesa od prirodnog kaučuka pred više od 3,5 tisuća godina. Pravili su lopte (kruta tijela) i sandale (savitljiva tijela).<sup>8</sup>

Međutim, mogu se uspoređivati pojedine vrste tih materijala pod uvjetom da su ispitna tijela, ispiti, po obliku isti.

## Što moraju znati zajednički proizvođači materijala i tvorevina?

Pri određivanju zajedničkih znanja koristiti će se već mnogo puta citiranom *Turner-Čatić obrazovnom piramidom znanja*. Koja je usavršavana od 1990. No, ustanovljeno je da je ona u drugom obliku bila prisutna već u tekstu<sup>9</sup>. Ovdje će biti tekstno opisana verzija iz<sup>10, 11</sup>. To je tzv. koncepcija STEAL (Science, Technology, Engineering, Art, Languages – Prirodne znanosti, Informatika, Tehnika, Art i Jezici).

Temeljni sloj *Jezici* jesu informacijski sustavi. To su formalni jezici: matematika, logika i računalstvo (možda suvremenije digitalna transformacija), te ljudski jezici: vizualni i auditivni. Slijede Fizika i Kemija. Središnji sloj čini Opća tehnika koja je zajednički naziv za Prirodnu tehniku (materijalna priroda) i Umjetnu tehniku (materijalna kultura). Osnovna znanost koja proučava zakonitosti prirodne tehnike živoga jest biologija, a neživog – geologija. Umjetna tehnika živoga je biotehnika. Razvoj umjetne tehnike neživog, rane tehnike predmet je proučavanja arheologa. Peti i šesti sloj čine društvene i humanističke znanosti, uključivo art u smislu umjetnosti (jer znači i vještine). Vršak, sedmi sloj čini kulturologija.

Svaka skupina svih obrazovanih, ali i odgojenih, mora proučavati sve navedene slojeve u primjerenom omjeru. Proizvođači materijala moraju poznavati osnovne postupke pravljenja tvorevina, a proizvođači tih dijelova osnove proizvodnje materijala. To je posebno važno zato jer pri proizvodnji već navedenih proizvoda: gumenih, keramičkih, betonskih itd., proizvod nastaje tek po praoblikovanju i reakcijskom očvršćivanju.

## Proizvođači materijala

S motrišta proizvođača materijala, čije je primarno djelovanje procesna tehnika, temeljna je tablica 1. Izvorno je objavljena u<sup>12</sup> a dostupna je u<sup>13</sup>. Ovdje se objavljuje u prijevodu. Njome se napušta klasična podjela materijala na metale, nemetale i kompozite. Uvodi se nova, na polimere, nepolimere i kompozite. Ukupna obujamna količina polimera bitno nadmašuje one metala. Argument. Vezivo za betonske proizvode, cement (anorganski polimer) proizvodi se u količinama od najmanje 4 milijarde tona godišnje, za razliku od čelika koji još nije dosegao granicu od 2 milijarde tona. Međutim, otvara se terminološko pitanje. Za metale je sve jasno. To je metalurgija, zvanje je metalurg. Postoje posebni fakulteti, kao onaj u Sisku. Ako nema posebnih fakulteta, metalurgija može biti dio kemijsko-tehnoloških fakulteta.

Ostaje pitanje kako nazvati područje djelovanja i osobu koja se bavi proizvodnjom plastike. Iz tablice 1 proizlazi da se, primjerice, agronomstvo i šumarstvo bave polimerima. Razlog dvojbe leži u činjenici da se riječ polimer(i) upotrebljava u svjetskoj literaturi, pod utjecajem engleskog, u dva bitno različita značenja. Prvo značenje, od monomera se polimerizacijom, prema engleskom, dobiva polimer. Ostali upotrebljavaju za proizvod polimerizacije riječ polimerizat. No, autor je mišljenja da riječ polimeri treba sačuvati za sve tvari i materijale anorganskog ili organskog podrijetla. I ljudsko biće je organski polimer. Drugi problem nastaje što se riječ polimer(i) upotrebljava i kao zajednički naziv za plastiku i gumu.



SLIKA 1. Polietilenski granulat kao proizvod proizvodnje materijala (izvor: Wikipedia)



SLIKA 2. Polietilenske vrećice kao primjer izrade plastičnog proizvoda (izvor: Wikipedia)

TABLICA 1. Podjela materijala na polimere i nepolimere (prijevod iz <sup>13</sup>)

P	<ul style="list-style-type: none"> <li>organski proizvod sinteze i anorganski polimeri (npr. plastomerni materijal i staklena vlakna)</li> </ul>	<b>Kompozitni proizvodi:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>organski proizvod sinteze (npr. polietilenska vlakna i plastomerna matrica)</li> <li>organski proizvod sinteze i uzgojeni proizvod (npr. duromerna matrica i juta)</li> <li>organski proizvod sinteze i anorganski polimeri (npr. duromerna matrica i staklena vlakna)</li> <li>organski proizvod sinteze i metali (npr. plastična matrica i metalno ojačavalo)</li> <li>organska multistrojna vlakna (npr. zaštitni prsluci)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>plastično gumeno keramički proizvodi</li> <li>hibridni tekstil (npr. ugljik/aramidni, aramid/stakleni)</li> </ul>	<b>Kiborzi:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>životinjski</li> <li>ljudski</li> <li>biljni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>organskoanorganski hibridi (npr. plastično-zeolitni hibrid)</li> <li>anorganskoorganski polimeri [npr. poli(organosiloksan) i plastika]</li> <li>organsko xxx + osnovni organski polimer (xxx i protein)</li> <li>organski polimerno/organsko nepolimerni hibrid [npr. poli(laktik-ko-glikolna kiselina) i lipid]</li> </ul>	
P	<b>Kompozitni materijali</b>	<b>Kompozitne tvorevine</b>	<b>Hibridni proizvodi (neživo)</b>	<b>Hibridni proizvodi (živo i neživo)</b>		
P	<b>Hibridne tvorevine (živi i/ili neživi materijali)</b>			<b>Hibridni materijali</b>		
P	<b>Kompozitni materijali* i kompozitne tvorevine (neživo)</b>			<b>Hibridni materijali i tvorevine (živo i neživo)</b>		
P	<b>Složenci (materijali i proizvodi)</b>					<b>R7</b>
P	<b>Metali</b> • čelici, Al-slitine, itd.	<b>Plastomeri</b> • npr. polisilazani <b>Elastomeri</b> • polisiloksani	<b>Duromeri</b> • PF, UP, PUR, itd.	<b>Plastomeri</b> • PE, PVC, PS, PA, itd.	<b>Elastomeri</b> • guma • elastoplastomeri	
P	<b>Anorganske nepolimerne tvari i materijali</b>	<b>Anorganski sintetski polimeri (neživo)</b>	<b>Organski sintetski polimeri (neživo)</b> <i>Fosilna plastika</i>	<b>Kemijski modificirani biopolimeri od prirodnih i uzgojenih proizvoda (živo)</b> <i>Bioplastika</i>	<b>Npr. ulja</b>	
P	<b>Anorganske tvari i materijali</b>		<b>Organske tvari i materijali</b>			<b>R6</b>
T	<b>KONTROLIRANE ANORGANSKE REAKCIJE</b>		<b>KONTROLIRANA ORGANSKA SINTEZA</b>	<b>KONTROLIRANA BIOSINTEZA</b>		
T	<b>UMJETNA TEHNIKA</b>					
P			<b>NEŽIVI ORGANSKI PRIRODNI PROIZVODI (npr. prirodni plin)</b>	<b>ŽIVI ORGANSKI PRIRODNI PROIZVODI (npr. brnistra)</b>		<b>R5</b>
P			<b>BILJNI POLIMERI (npr. drvo, trava)</b>	<b>ŽIVOTINJSKI POLIMERI (npr. koža, kosti)</b>		<b>R4</b>
P			<b>ŽIVI ORGANSKI PRIRODNI PROIZVODI</b>			
P			<b>Biopolimerni organizmi (mikroorganizmi i makroorganizmi)</b>			<b>R3</b>
P	<b>PRIRODNO:</b> • samородni metali: zlato, živa • metalne rudače	<b>PRIRODNO:</b> • cirkon • glina • gips • mica (tinjac) • zeoliti	<b>PRIRODNO:</b> • bjelančevine (proteini) • nukleinske kiseline • polisaharidi		<b>PRIRODNO</b>	
P	<b>Prirodni nepolimerni anorganski makromolekulni spojevi (nepolimeri)</b>	<b>Prirodni geopolimeri (prirodni anorganski polimeri)</b>	<b>Biopolimeri (prirodni organski polimeri)</b>		<b>Prirodni nepolimerni organski makromolekulni spojevi (npr. lipidi)</b>	<b>R2</b>
P	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>			<b>D</b>
P	<b>PRIRODNI ANORGANSKI MAKROMOLEKULNI SPOJEVI (nežive prirodne - minerali)</b>		<b>PRIRODNI ORGANSKI MAKROMOLEKULNI SPOJEVI (žive prirodne - živi organizmi)</b>			<b>R1</b>
T	<b>GEOLOŠKI PROCESI NEŽIVOVA</b>		<b>BIOSINTEZA (SINTEZA ŽIVOVA)</b>			
P	<b>MAKROMOLEKULNI SPOJEVI (tvar)</b>					<b>R0</b>
P	<b>KOLOIDI I NANOČESTICE</b>					<b>R-1</b>
P	<b>MOLEKULE</b>					<b>R-2</b>
P	<b>ATOMI (10<sup>-10</sup> m)</b>					<b>R-3</b>
P	...					
P	<b>KVARKOVI (10<sup>-20</sup> m)</b>					<b>R-x</b>
P	<b>MATERIJA</b>					
T	<b>PRIRODNA TEHNIKA</b>					
T	<b>OPĆA TEHNIKA</b>					<b>Razine</b>

## Prpošiteljska analiza mogućeg rješenja za područje proizvodnje plastike

Analiza se temelji na zbivanjima koja su započela autorovim boravkom u Parizu 1964. Proljeće te godine može se smatrati prijelomnicom. Početkom autorove znanstvene i posljedično nastavničke karijere. Došao je u Pariz kao pratitelj stipendistice Međunarodne agencije za atomsku energiju. Mora se preskočiti mnogo

pojednosti kako je postao volonter u Centre d'étude des matières plastiques (CEMP). Lutajući besposlen tim prelijepim gradom, naišao je u knjižari knjigu prof. Pierre Dubois pod nazivom Plastiques Modernes, Tome II, *Plasturgie* izdanu 1963. Otišao je u CEMP, razgovarao s Profesorom i uskoro postao volonter u Centru, te radio sa studentima École nationale supérieure d'arts et métiers (ENSAM).

Pet godina kasnije Profesor je izdao Tome I, *Plastophysicochimie*.

Autor nikada nije upotrijebio riječ plastilurgija kao prijevod riječi *plasturgie*. Naime, sadržajno riječ *plasturgie* obuhvaća ono što se skraćeno naziva prerada polimera, ispravnije proizvodnja plastičnih i gumenih dijelova. To proizlazi i iz prijevoda te riječi na druge jezike. Za proizvođače plastike te kaučuka i potrebnih sastojaka puno je važniji Tome I, *Plastophysicochimie*.

U Zagrebu postoji na Fakultetu kemijskog inženjstva i tehnologije petogodišnji studij *Kemija i inženjstvo materijala*, a zvanje je *Magistar kemijskog inženjstva (tehničko područje)*. Sadržajno odgovara području koje pokriva znanja potrebna za proizvodnju plastike i kaučukovih smjesa. Nažalost, za sada nema jednostavnih naziva poput metalurgija i metalurg.

## Proizvođači tvorevina

Najprije je potreban kratki prpošiteljski povijesni pregled. U prvom razdoblju fosilne plastike, sa znanjima potrebnim za pravljenje dijelova bili su stručnjaci koji su djelovali kod proizvođača materijala. Postojali su i odjeli za podršku kupcima. Danas je ta praksa, u doba interneta, u pravilu napuštena ili ograničena.

Za razdvajanje u dva područja: proizvodnja materijala i proizvodnja tvorevina najzaslužniji je dipl. inž. Hans Beck koji je tada radio u tvrtki BASF. On je 1943. predložio razdvajanje te dvije proizvodnje. Prijedlog je naišao na odaziv i osnovan je 1950. Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) u Aachenu. To se podudara s autorovom koncepcijom da je povijest čovječanstva moguće podijeliti u dva dijela. Od davnina (najmanje 6 ili 7 milijuna godina) do 1950. i od 1950. do sadašnjosti. I IKV je imao svoju prekretnicu. Godine 1964. izabran je za direktora Instituta prof. Georg Menges. Od prijavljenih 11 kandidata, prof. G. Menges bio je možda najskromnijeg popisa radova.

Ali je osvojio izbornu komisiju sintagmom *Istraživanja za praksu*. U naredne 22 godine stvorio je vodeći institut za preradu plastike i kaučukovih smjesa u Europi, a vjerojatno i svijetu. Naime, odlučujući je djelovao na razvoj na tom području diljem svijeta. Pa tako i na ovim prostorima. Autor je poslije jednog razgovora s prof. G. Mengesom 1967. u Aachenu, koji je trajao nekoliko minuta, a po završenom obilasku instituta čuo rečenicu: „Ne predlažite, nego dođite i načinite“. Dobio sam najprije tromjesečnu stipendiju DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst) 1968. Slijedila je poslije magistriranja u Zagrebu i stipendija Zaklade Alexander von Humboldt (1970.–1972.), te doktorat. Sve ostalo mnogima je poznato.

## Što su temeljna znanja za proizvođače tvorevina?

Što moraju znati svi stručnjaci koji se bave proizvodnjom tvorevina, neovisno o vrsti materijala prikazano je u tablici 2.<sup>14</sup>

Za te je stručnjake temeljno polje *tvar-mijena* s nazivima Materijalika i Mijena. Metalne i plastomerne tvorevine u pravilu se izrađuju izradbenim postupcima: praoblikovanja, preoblikovanja, razdvajanja, povezivanja, oslojavanja i promjene svojstava. Međutim, dio plastomernih tvorevina, sve duromerne, gumene i keramičke tvorevine, rezultat su proizvodne tehnike. To znači – po pripremi smjese (oplemenjivanje), stvara se praoblik proizvoda (izradbena tehnika) i slijedi reakcija očvršćivanja (procesna tehnika).

S tumačenjem proizvodnje duromernih tvorevina, na primjeru tada popularnog bakelita (PF), na današnjem Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu započelo se još 1936.

Taj fakultet je imao kao treći u Europi još 1971. usmjerenje *Prerada polimera*. No, još uvijek se osjeća da su kolegiji pretežno temeljeni na izradbenim postupcima, karakterističnim za metale. Što se time postiže? Ako se postupci razdvajanja poput rezanja, bušenja, dubljenja, itd. uče jedinstveno, za obradbu odvajanjem čestica plastičnih i gumenih tvorevina, potreban je maksimalno jedan sat nastave. A ne samostalni kolegij.

Slično je i na drugim fakultetima gdje su uveli kolegije o polimernim materijalima i proizvodnji plastičnih i gumenih dijelova na temelju kolegija u Zagrebu. To su, na primjer, studiji strojarstva u Mostaru, Slavanskom Brodu i Splitu.

No, to su ipak izuzeci na ovim prostorima.

TABLICA 2. Klasifikacija tehničkih sustava stvari prema pretežnom izlazu<sup>14</sup>

IZLAZ \ KLASA FUNKCIJE		MIJENA (pretvorba, promjena)	PRIJENOS (transport)	POHRANA
		proizvodna tehnika	transportna tehnika	pohranska tehnika
TVAR	MATERIJALIKA	procesna tehnika izradbena tehnika	tehnika dobave prometna tehnika niskogradnja	skladišna tehnika visokogradnja
	ENERGETIKA	tehnika pretvorbe energije	tehnika prijenosa energije	tehnika pohranjivanja energije
INFORMACIJA	INFORMATIKA	tehnika obradbe informacija tehnika mjerenja i vođenja	tehnika prijenosa informacija	tehnika pohranjivanja informacija



SLIKA 3. Smješavanje kaučukove smjese – oplemenjivanje (izvor: <https://www.kraft-gummi.de/unsere-ausstattung/>)



SLIKA 4. Praoblikovanje kaučukove smjese ekstrudiranjem (izradbena tehnika)



SLIKA 5. Gumeni brtveni profili nakon umreživanja praoblikovane kaučukove smjese (reakcijsko očvršćivanje) kao primjer proizvodnje gumenih dijelova (procesna tehnika)

## Zaključak

Moguć je kratak zaključak. Proizvodnjom polimera, pa tako i plastike i kaučuka, trebaju se baviti u osnovi ustanove koje obrazuju kadrove za kemijsko in-

ženjerstvo. Proizvodnjom, u ovom slučaju, plastičnih i gumenih tvorevina trebaju se baviti oni kojii se bave proizvodnjom tvorevina. Pritom se postavlja jedan uvjet. Mora ih se učiti praviljenju tvorevina neovisno o vrsti materijala. To područje pripada proizvodnom strojarstvu.

Proizvođači materijala moraju poznavati osnovne postupke pravljenja tvorevina, a proizvođači tih dijelova osnove proizvodnje materijala.

## Literatura

1. Pavličić, P.: *Pohvala starosti*, Mozaik knjiga, Zagreb, 2019, 3. izdanje.
2. Čatić, I.: *Tehnika za arheologe*, predavanje za studente arheologije na Filozofskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 16. siječnja 2020.
3. Karavanić, I., Čatić, I.: *Arheologija – Temeljni pojmovi i postupci pravljenja tvorevina*, Obavijesti HAD LI(2020)9-15.
4. Čatić, I.: *Lutke i polimeri*, Svet polimera 18(2015)1,3-5.
5. Čatić, I.: *Is All Non-BioPlastic Bad? Bioplastics are just plastics with special features*, Bioplastics MAGAZINE 6(2011)4, 44-46. Dostupno u prijevodu *Je li samo bioplastika dobra?*, [http://www.fsb.unizg.hr/polimeri/novosti/061220111205th\\_misljenje\\_bioplastika.pdf](http://www.fsb.unizg.hr/polimeri/novosti/061220111205th_misljenje_bioplastika.pdf)
6. N. N., Bioplastics market, [https://www.google.com/search?sxsrf=ACYBGNRRHiWe\\_I MwWA-VDhY3HUT1IO5kEw%3A1579512953856&ei=eXQIXsfzM6CHwPAPo-eaqAw&q=global+plastic+production+2019&oq=fossil+plastics+world+production&gs\\_l=psy-ab.1.3.0i71l8.0.0..30383...0.2..0.0.0.....0.....gws-wiz.51VJuPMIORI](https://www.google.com/search?sxsrf=ACYBGNRRHiWe_I MwWA-VDhY3HUT1IO5kEw%3A1579512953856&ei=eXQIXsfzM6CHwPAPo-eaqAw&q=global+plastic+production+2019&oq=fossil+plastics+world+production&gs_l=psy-ab.1.3.0i71l8.0.0..30383...0.2..0.0.0.....0.....gws-wiz.51VJuPMIORI).
7. N. N., European bioplastics, <https://www.european-bioplastics.org/market/>, pristupljeno 6. 1. 2020.
8. Chandler, D.L., Hosler D.: *Mesoamerican people perfected details of rubber processing more than 3,000 years ago*, pristupljeno 7. 1. 2020.
9. Čatić, I.: *Inženjerski kadrovi za 21. stoljeće*, Strojarstvo 27(1985)5, 279-287.
10. Čatić, I.: *Utjecaj obrazovanja i medija na Z-generaciju*, Tribina u Europskom domu, 8. prosinca 2016.
11. Čatić, I.: *Za odgoj ruku i odgoj mozga*, Hrvatski Glas Berlin, 17. ožujka 2017.
12. Čatić, I., Barić, G., Rujnić-Sokele, M.: *Polymers and non-polymers – a new systematisation of substances and materials*, Rubber-Fibre-Plastics 9(2014)1, 50-57.
13. Čatić, I., Barić, G., Rujnić-Sokele, M.: *Polymers and non-polymers – a new systematisation of substances and materials*, Polimeri 36(2015)1-2, 15-22.
14. Ropohl, G.: *Eine Systemtheorie der Technik: Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie*, Carl Hanser Verlag, München, Vienna 1979., str. 78, 169.
15. Ropohl, G.: *Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik, 3., überarbeitete Auflage*, Universitätsverlag Karlsruhe, Karlsruhe 2009., str. 52, 58, 97.