

# Razvoj tehnologija u recikliranju otpada u Hrvatskoj

---

Šućurović, Nadja

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:291121>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-27**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

**ŠUMARSKI ODSJEK**

**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**

**URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA**

**NADJA ŠUĆUROVIĆ**

**RAZVOJ TEHNOLOGIJA U RECIKLIRANJU OTPADA U  
HRVATSKOJ**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2018.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

**ŠUMARSKI ODSJEK**

**RAZVOJ TEHNOLOGIJA U RECIKLIRANJU OTPADA U**

**HRVATSKOJ**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša

Predmet: Gospodarenje otpadom

Ispitno povjerenstvo: 1. izv. prof. dr. sc. Damir Barčić

2. prof. dr. sc. Željko Španjol

3. prof. dr. sc. Dario Baričević

Student: Nadja Šučurović

JMBAG: 0068215213

Broj indeksa: 803/16

Datum odobrenja teme: 26.03. 2018.

Datum predaje rada: 12.09. 2018.

Datum obrane rada: 21.09. 2018.

**ZAGREB, rujana, 2018.**

**DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

Naslov	Razvoj tehnologija u recikliranju otpada u Hrvatskoj
Title	Development of waste recycling technologies in Croatia
Autor	Nadja Šučurović
Adresa autora	Vinodolska 34, 51252 Klenovica
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Izv. prof. dr. sc. Damir Barčić
Izradu rada pomogli	Izv. prof. dr. sc. Damir Barčić
Godina objave	2018.
Obujam	broj stranica: 45 broj slika: 9 slika broj grafikona: 7 grafikona
Ključne riječi	Recikliranje, otpad
Key words	Recycling, waste
Sažetak	U suvremenom društvu problemi zaštite okoliša povezani s otpadom ključni su za očuvanje okoliša i održivi razvitak. U radu će se metodama analize i komparacije dati prikaz i novih tehnologija koje jamče učinkovito iskorištavanje i obradu otpada. Uz navedeno i primjenjivost pojedinih tehnologija u našim uvjetima.

	IZJAVA O IZVORNOSTI RADA	OB ŠF 05 07
		Revizija: 1
		Datum: 21.09.2018.

„Izjavljujem da je moj *diplomski rad* izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristila drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

---

*vlastoručni potpis*

Nadja Šučurović

U Zagrebu, 21. rujna 2018.

## KAZALO SLIKA:

Slika 1. Sustav zatvorene petlje tvrtke DS Smith (izvor:www.dssmith.com).....	12
Slika 2. kružni proces recikliranja stakla (izvor: www.vetropack.hr).....	19
Slika 3. Oznaka za PET ambalažu (izvor: sl.wikipedia.org).....	21
Slika 4. Sustav zatvorene petlje tvrtke Drava International (izvor: Catalog-Drava- International) .....	23
Slika 5. Kružni proces tvrtke Regeneracija (izvor:www.regeneracija.hr) .....	30
Slika 6. Oporabitelji otpadnih guma ovlašteni od strane Ministarstva i Fonda (izvor: www.fzoeu.hr).....	32
Slika 7. Zaštitne gumene obloge od reciklirane gume (Izvor: www.gumiimpex.hr).....	33
Slika 8. MBO-shema obrade otpada (Izvor: www.ciosmbo.hr).....	39
Slika 9. MBO-T tehnologija, skica pogona (izvor:www.poslovni.hr) .....	42

## KAZALO GRAFIKONA:

<i>Graf 1.</i> Ukupno proizvedeni komunalni otpad u razdoblju 1995.-2006. godine (izvor: HAOP) .....	6
<i>Graf 2.</i> Odvojeno prikupljeni otpad u 2016. godini (izvor: HAOP) .....	9
<i>Graf 3.</i> Prihodi tvrtke Belišće (izvor: <a href="http://www.fininfo.hr">www.fininfo.hr</a> ).....	13
<i>Graf 4.</i> Količina nastalog otpadnog papira u razdoblju 2010.-2016. godine (izvor: <a href="http://www.haop.hr">www.haop.hr</a> ).....	13
<i>Graf 5.</i> Prihodi tvrtke Vetropack Straža d.o.o. (izvor: <a href="http://www.fininfo.hr">www.fininfo.hr</a> ).....	18
<i>Graf 6.</i> Prihodi tvrtke Drava International (izvor: <a href="http://www.fininfo.hr">www.fininfo.hr</a> ) .....	22
<i>Graf 7.</i> Prihodi tvrtke C.I.O.S. (Izvor: <a href="http://www.fininfo.hr">www.fininfo.hr</a> ) .....	26

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. CILJ ISTRAŽIVANJA .....	3
3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA .....	3
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA .....	4
4.1. POVIJEST RECIKLIRANJA NA PODRUČJU HRVATSKE.....	4
4.2. VRSTE OTPADA .....	7
4.2.1. PAPIR .....	10
Proces recikliranja papira .....	10
Recikliranje papira u Hrvatskoj.....	11
4.2.2. BIOOTPAD .....	14
Proces recikliranja biootpada .....	14
Recikliranje biootpada u Hrvatskoj.....	15
4.2.3. STAKLO.....	16
Proces recikliranja stakla.....	16
Recikliranje stakla u Hrvatskoj .....	17
4.2.4. PLASTIKA .....	20
Proces recikliranja plastike.....	20
Recikliranje plastike u Hrvatskoj .....	22
4.2.5. METALI .....	24
Proces recikliranja metala .....	24
Recikliranje metala u Hrvatskoj .....	26
4.2.6. TEKSTIL .....	28
Proces recikliranja tekstila.....	28
Recikliranje tekstila u Hrvatskoj .....	29
4.3. POSEBNE KATEGORIJE OTPADA.....	31
4.3.1. GUMA .....	31
Recikliranje gume u Hrvatskoj.....	32
4.3.2. GRAĐEVINSKI OTPAD .....	34
Proces recikliranja građevinskog otpada .....	35
Recikliranje građevinskog otpada u Hrvatskoj .....	35
4.4. TEHNOLOGIJE U RECIKLIRANJU OTPADA .....	36
4.4.1. MBO .....	36
MBO U HRVATSKOJ.....	39
4.4.2. MBO-T.....	40
5. ZAKLJUČAK .....	43



## 1. UVOD

Održiv sustav gospodarenja otpadom izazov je na kako na nacionalnoj tako i na lokalnoj razini (Plan gospodarenja otpadom). Otpad je svaka tvar ili predmet koje posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti. Nadležnost u gospodarenju otpadom ima Vlada i Ministarstvo zaštite okoliša i energetike za propisivanje mjera, za provedbu su predviđeni Agencija za zaštitu okoliša i Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost dok su krajnji korisnici, jedinice lokalne i područne samouprave, dužni osigurati uvjete i provedbu propisanih mjera gospodarenja otpadom. Na toj razini donosi se Plan gospodarenja otpadom za područje lokalne (regionalne) samouprave. Otpad koji se mora odvojeno prikupljati a zatim reciklirati u reciklažnom dvorištu podrazumijeva papir, staklo, plastiku, metal, tekstil i krupni otpad.

Oporaba otpada je svaki postupak čiji je glavni rezultat uporaba otpada u korisne svrhe kada otpad zamjenjuje druge materijale koje bi inače trebalo uporabiti za tu svrhu ili otpad koji se priprema kako bi ispunio tu svrhu u tvornici ili širem gospodarskom smislu. Recikliranje je svaki postupak oporabe, uključujući ponovnu preradu organskog materijala, kojim se otpadni materijali prerađuju u proizvode, materijale ili tvari za izvornu ili drugu svrhu osim uporabe otpada u energetske svrhe, odnosno prerade u materijal koji se koristi kao gorivo ili materijal za zatrpavanje (Zakon o održivom gospodarenju otpadom).

Reciklaža sirovina je pojam kojim se označava postupak ponovnog vraćanja, prikupljenih korisnih otpadaka prerađenih u sekundarne sirovine, u industrijsku proizvodnju, dakle u ponovni krug ili ciklus (Buljan, 1986).

Otpad sadrži čitav niz korisnih sirovina koje imaju svoju ekonomsku vrijednost. Predstavlja posljedični rezultat naših aktivnosti, a neprimjereno postupanje s otpadom ugrožava ljudsko zdravlje i cjelokupne ekosustave te u konačnici znači gubitak resursa i energije. Način na koji gospodarimo s otpadom pokazuje utjecaj, količina i svojstva otpada (Kalambura, Racz 2015).

Prema članku 55. Zakona o održivom gospodarenju otpadom Republika Hrvatska mora ispuniti obveze i pripreme za ponovnu uporabu, recikliranje i oporabu otpada. Tako se do 1. siječnja 2020. treba osigurati ponovna uporaba i recikliranje papira, metala, plastike i stakla iz komunalnog otpada u 50% udjela otpada. Isti datum obvezuje nadležna tijela za ponovnu uporabu, recikliranje i druge načine materijalne oporabe u kojima se građevinski neopasni otpad koristi kao zamjena za druge materijale u minimalnom udjelu od 70 % mase otpada.

U nastavku rada opisat će se proces dobivanja sirovina iz komunalnog otpada, tvrtke koje se bave postupcima oporabe, tehnologije recikliranja te idejna rješenja koja predstavljaju budućnost gospodarenja otpadom.

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Danas, otpad ne predstavlja samo ekološki problem, već je i gospodarski gubitak. Za Republiku Hrvatsku gospodarenje otpadom predstavlja aktualni problem koji je usko povezan sa zakonodavstvom Europske Unije. Naime, Direktiva Europske Unije gdje se 50 % komunalnog otpada do 2020. godine mora reciklirati, potiče na realizaciju cjelovitog sustava gospodarenja otpadom, ali prijeti i sankcijama.

Komunalni otpad mora se na učinkovit i održiv način prikupljati i reciklirati. Analizom procesa recikliranja te novim tehnologijama mehaničko-biološke obrade otpada prikazani su potencijali recikliranja i odgovornog gospodarenja.

Poseban osvrt dati će se tvrtkama u Hrvatskoj koje se bave recikliranjem različitih vrsta otpada. Njihovo poslovanje i veliki kapital imaju veliko značenje u očuvanju okoliša.

Glavno pitanje jest kako promijeniti način proizvodnje i potrošnje da bismo proizvođili što manje otpada uz istovremenu uporabu istog kao resursa.

## 3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

U radu su korištene metode analize, metode sinteze i metode kompilacije. Sukladno zakonskoj regulativi obrađene su različite vrste otpada te načini njihova prikupljanja, obrade, uporabe i ponovne uporabe.

## 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### 4.1. POVIJEST RECIKLIRANJA NA PODRUČJU HRVATSKE

Statut zagrebačkog Gradeca iz 1425. godine uveo je propise o čistoći pošto se otpad izravno bacao na ulicu i kroz prozore [4].

Jedan od primjera zanemarivanja prostornog aspekta odlagališta otpada već se nalazi u Generalnom urbanističkom planu grada Zagreba iz 1971. godine gdje objekti i prostori namijenjeni za deponiranje nisu našli svoje mjesto u planiranju.

1983. Studija naziva „Lokacije sanitarnih deponija na području Gradske zajednice općina Zagreb“ izrađena je za područja koja bi zadovoljila svojim lokalitetom, nepropusnosti tla i relativnom blizinom prometne infrastrukture kako bi projektirali privremene sanitarne deponije (Kovačić i sur., 1994).

1983. angažirani su stručnjaci sa Metalurškog fakulteta u Sisku te je usvojen „Program dugoročnog nadzora i zaštite okoline u općini Sisak“ čiji je cilj zbrinuti komunalni i industrijski otpad [5].

1984. donesena je Odluka o uvjetima i načinu postupanja s korisnim dijelom komunalnog otpada, koja se temelji na Zakonu o postupanju s otpadnim tvarima (Narodne novine, 42/82). Tendencija je na izdvajanju sekundarnih sirovina iz komunalnog otpada (Nikolić i sur., 1993).

U Zagrebu je krajem 1991. godine usvojen Suvremeni koncept gospodarenja otpadom IVO (I-izbjegavanje, V-vrednovanje, O-odlaganje). Unatoč teškim okolnostima projekt je dočekan pozitivno kao rješenje problema otpada na ekonomski i ekološki prihvatljiv način. Koncept gospodarenja otpadom zasniva se primarno na ponošanju kupaca i potrošača. Izbjegavanju stvaranja otpada, kako bi se inicijalno smanjila štetnost i količina otpada, biranje materijala s manje ambalaže i proizvoda s manje otpada. Vrednovanje prodrzumijeva odvojeno sakupljanje, primarno recikliranje i kompostiranje koji bi za rezultat dali sekundarne sirovine i kompost dok je preostali otpad namijenjen stvaranju energije u spalionicama. Odlaganje se odnosi na kontrolirana sanitarna odlagališta otpada [5].

1991. osnovan Zagrebpetrol d.o.o. Prva Hrvatska tvornica za reciklažu otpada-lokacija Grubišno polje ([www.winko.com](http://www.winko.com)).

Početak 1992. godine dobivena je privremena uporabna dozvola u trajanju od 6 mjeseci za mini spalionicu pesticidno onečišćene ambalaže u „Herbos“ d.d. Sisak. Kompletna investicija iznosila je oko 1 135 942.20 kn (300 000 DEM) te se pratila sanacija i onečišćenje zraka prilikom izgaranja otpada poput plastike, papira te kartona onečišćenih ostacima pesticida [10].

Krajem 1991. javno poduzeće Zrinjevac krenulo je sa radom u biokompostani Jankomir. Na području saniranja opasnog otpada nije ostvaren značajniji napredak u smislu odvojenog prikupljanja baterija i motornih ulja jer su navedene tehnologije u tadašnje vrijeme zahtijevale veća ulaganja za koje tada nije bilo uvjeta. Sociološki sindromi poput NIMBY (not in my back yard-ne u mojem dvorištu) i NIABY (not in anybody's yard) već su tada stvarali otpor, pogotovo u izboru novih lokacija za odlagalište otpada. Zato su putem edukacija preko radio i tv prijemnika nastojali javnost učiniti ravnopravnim partnerom u začetku gospodarenja otpadom na učinkovit način [10].

Projekt IVO je začetnik modernog recikliranja otpada. U Zagrebu su 1992. god postavili 1500 kontejnera za odvojeno prikupljanje otpada (papir, staklo, plastika, baterije, motorna ulja). Izrađeni je informatički sustav ISIS za praćenje primarne reciklaže i izrađeni su uvjeti za stanice i sabirne centre za vrijedne i štetne tvari iz otpada. Hrvatska burza otpada (HBO) je pokrenuta sa ciljem vrednovanja otpada i umrežavanja u sustav sa sličnim institucijama drugih država. Strategija gospodarenja otpadom donesena je u svibnju 1992. godine. Izrađena je od strane Javnog poduzeća za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, na poticaj Ministarstva graditeljstva i zaštite okoliša. 1991. godine procjenjuje se godišnja količina komunalnog otpada na 1 350 000t dok je ukupna količina generiranog otpada iz raznih grana (poljoprivreda, rudarstvo i proizvodnja kamena, industrija, proizvodnja energije) iznosila 6 880 000 tona. Osnovne smjernice koje strategija propisuje je uspostaviti cjelovito i integralno gospodarenje otpadom, u najvećoj mogućoj mjeri smanjiti produkciju otpada i njegovo odlaganje, uvesti recikliranje u proizvodne pogone, omogućiti nadzor svih poslova u vezi izvoznog i uvoznog otpada itd. Implementacija Strategije u djelotvorni proces već tada se odgodila za buduće generacije, čime se zadužilo društvo za provedbu djelotvornih programa i organizacijskih aktivnosti. Sljedeće generacije će višestruko platiti za svaku odgodu u prošlosti [10].

Listopad 1992. ZGO imenovan za ovlaštenu instituciju savladavanja problema gospodarenja komunalnim otpadom, potencijale recikliranja, organizaciju burze otpada te u konačnici uspostaviti Cjeloviti sustav gospodarenja otpadom Republike Hrvatske [10].

18.03. 1993. otvorena je Hrvatska burza otpada (HBO)

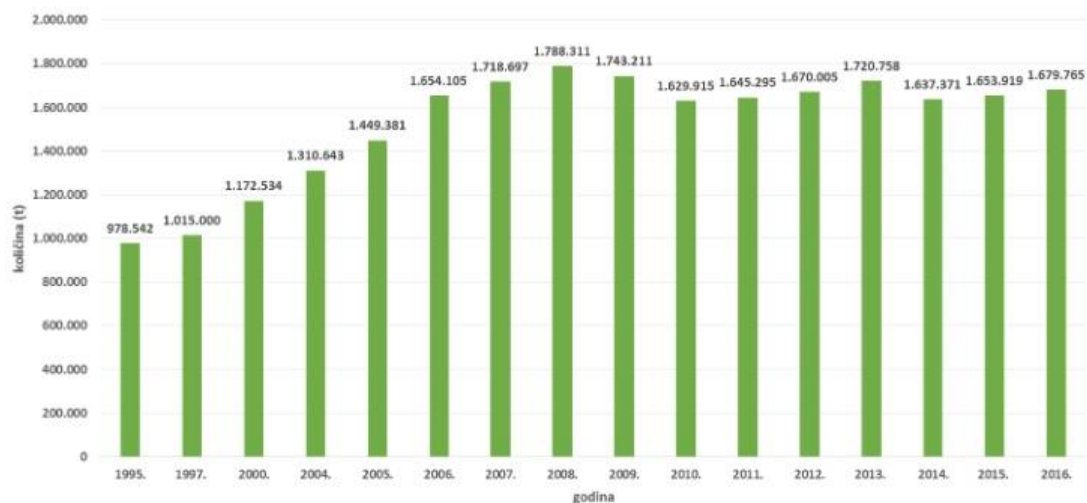
Sastavni dio integralnog susatava gospodarenja otpadom Burza otpada je bitan posrednik za industrijski i obrtnički otpad svih vrsta. Podaci o sakupljanju otpada, besplatni oglasi za ponudu i potražnju dio su informacijskog sustava. Cilj burze je povezivanje i ostvarivanje kontakata između poduzeća radi uspješnijeg i učinkovitijeg gospodarenja otpadom. Umrežena izmjena podataka pruža informacije:

o mogućnostima nabave/prodaje otpadnih tvari

o tehnikama i tehnologijama (nove tehnologije)

o ponudi/potražnji slobodnih kapaciteta

o ponudi/potražnji svih vrsta suradnje (Rakarić i sur., 1996).



Graf 1. Ukupno proizvedeni komunalni otpad u razdoblju 1995.-2006. godine (izvor: HAOP)

1995. Utemeljena je Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša. Inicirala je izradu studije „Pregled postojećeg stanja u postupanju s komunalnim otpadom u Republici Hrvatskoj“ [4].

2002. Osnovana je Agencija za zaštitu okoliša. Unutar agencije djeluje Odsjek za otpad koji obrađuje podatke o otpadu i odlagalištima te izrađuje izvješća [4].

2004. Utemeljen je Fond za zaštitu okoliša. Fond do danas sudjeluje u projektima i programima sanacije odlagališta komunalnog otpada. Sudjeluje u sufinanciranju projekata obnovljivih izvora energije te uspostavi centara za gospodarenje otpadom [4].

## 4.2. VRSTE OTPADA

Otpad se može dijeliti prema svojstvu i mjestu nastanka.

Prema svojstvima otpad može biti OPASNI, NEOPASNI i INERTNI.

OPASNI otpad sadrži jedno ili više svojstava koji su propisani Listom opasnog otpada, koja je dio Uredbe o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada. Karakteristike opasnog otpada čine: eksplozivnost, reaktivnost, zapaljivost, toksičnost, nadražljivost, štetnost, kancerogenost, korozivnost, infektivnost, mutagenost i sl. U Katalogu otpada opasni otpad označen je sa zvjezdicom.

NEOPASNI otpad je otpad koji nema neke od karakteristika koje ga čine opasnim.

INERTNI otpad je otpad koji ne reagira pod značajnim fizičkim, kemijskim ili biološkim promjenama. Nije topljiv, zapaljiv, biorazgradiv te ne utječe na zdravlje živih bića. Koncentracija štetnih tvari nema utjecaja na kvalitetu površinskih i podzemnih voda.

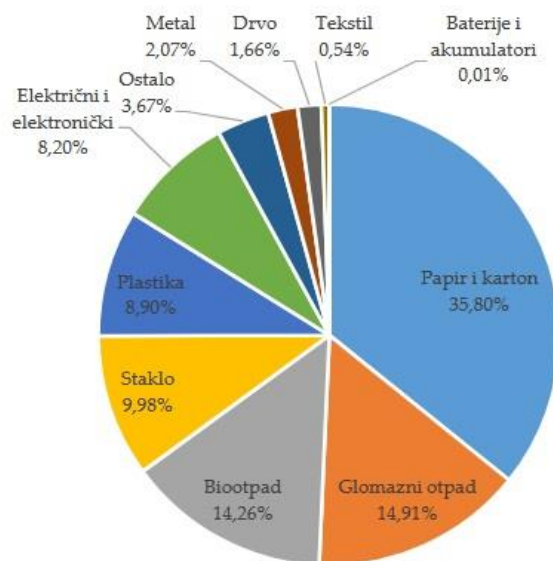
Prema mjestu nastanka otpad može biti *komunalni* i *proizvodni*.

*Komunalni* otpad podrazumijeva otpad iz kućanstva, te otpad koji je sličan po sastavu i karakteristikama komunalnom, a rezultat je proizvodnih i uslužnih djelatnosti.

*Proizvodni* otpad je ostatak produktivnosti industrije, obrta ili drugih procesa. Ovisno o vrsti proizvodnog procesa razlikujemo građevinski otpad, proizvodni rudarski otpad, poljoprivredni i šumsko-drveni otpad te opasni otpad.

Komunalni otpad koji se klasificira prema katalogu otpada kao neopasni (N). Čine ga papir i karton, staklo, biootpad, tekstili, plastika i metali. Oznaka N označava da opasno svojstvo koje sadržava taj otpad nije potrebno odrediti [4].





Graf 2. Odvojeno prikupljeni otpad u 2016. godini (izvor: HAOP)

#### 4.2.1. PAPIR

Papir je materijal na kojem se piše, tiska, crta i sl., načinjen od tanko razvučene i osušene mase biljnih vlaknaca, većinom drvene celulozne mase ili mase od pamučnih krpa (Anić i sur., 2002). Glavna sirovina za proizvodnju papira je drvo bjelogorice i crnogorice, zatim je moguća proizvodnja iz stabljike žitarica i tekstilnih vlakana (<http://www.ekotim.net>). Papir se može reciklirati 5 do maksimalno 7 puta. Recikliranje papira je najstariji oblik recikliranja (Peretin, 2010).

##### *Proces recikliranja papira*

##### Prikupljanje

Prikupljanje se odvija u za to predviđenim spremnicima, gdje se zajedno odvaja papir i karton. Glavni izvori su, osim komunalnog otpada, veliki dobavljači poput tiskara, hotela, bolnica, trgovačkih centara i sl. Papir je drugi po zastupljenosti komunalnog otpada u Hrvatskoj sa udjelom od oko 30 %, odmah nakon organskog otpada (<http://rcco.hr>).

Prva faza obrade starog papira podrazumijeva sortiranje prema vrsti otpadnog papira (novine i revije, ljepenke, karton, knjige). Dodatno pregledavanje vrši se ručno na pokretnoj traci. Obavezno je jer se u otpadu mogu naći tvrdi predmeti koji mogu oštetiti strojeve. Osim tiskarske boje, najteže za uklanjanje su ljepila-sa koverti, markica, etiketa i sl. (Ptiček-Siročić).

##### Usitnjavanje

Papir se usitnjava na veličinu poštanske markice u valjkastoj drobilici kako bi prilikom namakanja papir brže i lakše pretvorio u pulpu (Šokman, 2016). Smjesa u kojoj se obavlja proces sadrži toplu vodu, prethodno izvaganu količinu papira i kemikalije. Glavni dio stroja je rotirajući element s lopaticama koji pokreće masu i mikroturbolencijama usitnjuje papir. Tu se zagrijavanjem uz kontrolu Ph, temperaturu, koncentraciju i vrijeme razgradnje vlakana, papir kida na lance celuloze odnosno biljna vlakna [13].

##### Čišćenje i prosijavanje

Vrši se daljnje odvajanje zaostalih sitnih čestica plastike, gume, ljepila i drugih onečišćivača, kako bi se dobio kvalitetniji krajnji produkt [13]. Čišćenje se provodi rotacijom celulozne mase u centrifugalnom filtru koji uzrokuje da se materijali veće gustoće od celuloznih kreću prema vanjskim rubovima i odbacuju [12].

## Flotacija

Predstavlja izazov u cjelokupnom procesu recikliranja jer se u ovoj fazi odvajaju toneri i polimerna mastila koje je teško odvojiti od papirnih vlakana. U proces se dodaju kolektori odnosno masne kiseline koji uklanjaju boju sa vlakna papira. Po potrebi nekad dodatno treba oprati vlakna kako bi se odstranila punila i prevlake [18]. Postoji i drugi način, gdje se upuhivanjem zraka stvaraju mjehurići koji prihvaćaju čestice boje i nose ih prema površini. Taj postupak je olakšan dodavanjem kemikalija u masu čiji je zadatak povećati hidrofobnost čestica boje i tako pospješiti flotaciju. Pjena se zatim odstranjuje ostavljajući svjetliju i čistiju masu. Na efikasnost flotacije utječu brojni faktori poput, svojstva čestica boje, svojstva mjehurića, stupanj miješanja, vrsta papira, svojstva vlakana, pH i temperatura. Sa ekološke strane, to je prihvatljiviji način [13].

## Izbjeljivanje i zgušnjavanje

Često se izbjegava ova faza jer je ekološki neprihvatljiva zbog upotrebe peroksida ili hidrosulfata za odstranjivanje boje. U prošlosti se koristio klor ali se njegova primjena ukinula nakon spoznaje koliko je štetan za okoliš [12]. Zgušnjavanje se vrši sa koncentracije 0,6-0,7 % na koncentraciju 8-10% suhe tvari. Slijedi dispergiranje mase čime se razgrađuju ljepljive tvari i dispergiraju se dodatni ostaci tiskarske boje u vrlo sitne tvari koje su neopasne u papiru. Konačna procesuirana masa odlazi u bazene, odakle se crpi na papirni stroj [13].

## Zbrinjavanje ostataka

Materijali poput tinte, plastike i ostalih tvari se nazivaju mulj. On se odvozi na odlagališta otpada i zakopava ili se koristi za izgaranje kako bi se dobila energija za postrojenje prerade papira. Voda koja je sudjelovala u procesu recikliranja se čisti i ponovno upotrebljava [12].

## *Recikliranje papira u Hrvatskoj*

### *DS Smith*

Najveća tvrtka namijenjena recikliranju kartona i papira u Europi. Nastoji 100 % resursa pretvoriti u korisni proizvod. Pogone drže u 12 zemalja diljem Europe. Godišnje se prikupi oko 5,4 milijuna tona papira na cjelokupnom području djelovanja tvrtke. Kao tvrtka usmjerena samo na recikliranje stvoren je sustav zatvorene petlje\* gdje resurse nastoje zadržati što dulje unutar kružne ekonomije. Jedna od metoda je niža materijalna oporaba gdje se reciklirani materijali pretvaraju u nove proizvode niže kvalitete. Tvrtka reprezentativno vodi blogove i zbirku Bijelih

knjiga. Tu se obrađuju aktualna pitanja iz industrije i dijele informacije kako se približiti zero waste (nulta točka otpada) cilju. U Hrvatskoj nema proizvodnih pogona u okviru ove tvrtke koje se bave reciklažom ali sadrži skladišta u Slatini, Osijeku, Slavonski brod, Nova Gradiška, Kutina, Sisak, Zadar i Split gdje se prikuplja sirovina koja se dalje izvozi za uporabu ( [www.dssmith.com](http://www.dssmith.com)).

\*Zatvorena petlja (eng. closed loop) je pojam vezan za recikliranje a predstavlja ponovno dobivanje materijala iz otpada. Temeljno obilježje su unaprijed postavljene norme i ograničenja kod primjene kemikalija potrošeni pri proizvodnji i opasnosti za okoliš [16].



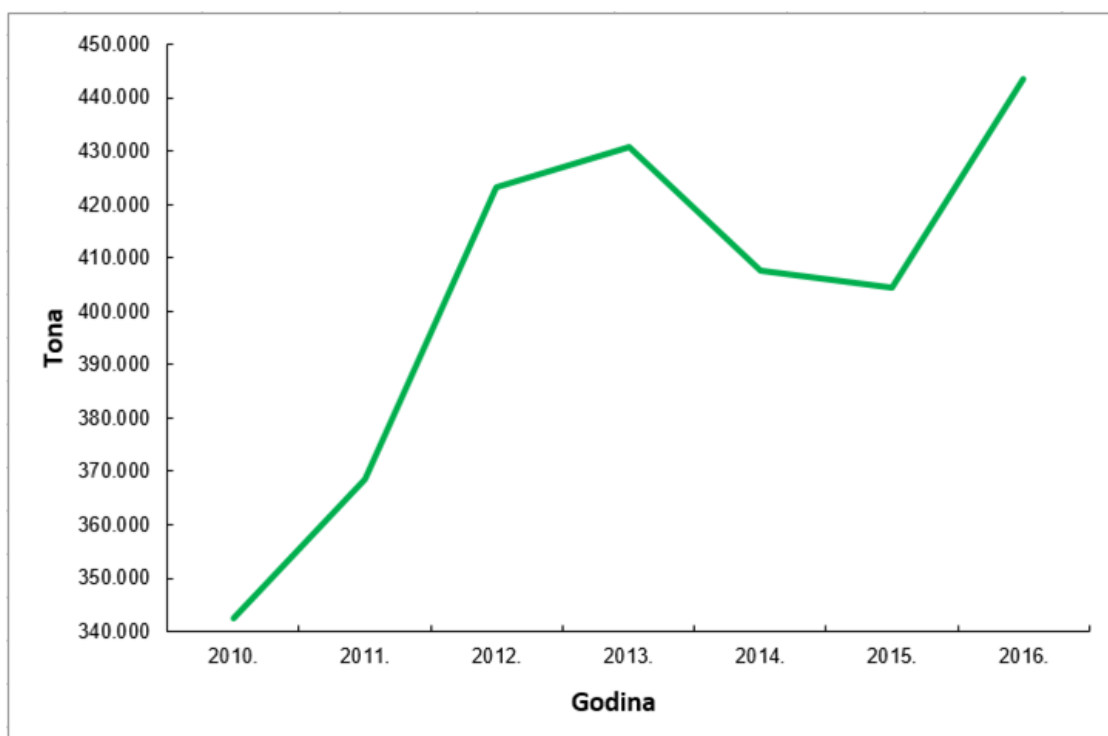
*Slika 1.* Sustav zatvorene petlje tvrtke DS Smith (izvor:[www.dssmith.com](http://www.dssmith.com))

#### *Belišće d.d.*

Utemeljena 1884. godine kao svojevremena najveća europska pilana za prorez hrasta, razvio se čitav spektar djelatnosti poput proizvodnje tanina, bačvi, parketa, briketa, destilacije drva i sl. Tek od 1960 glavni izvor prihoda čini proizvodnja poluceluloze i ambalažnog papira, čime je danas vodeća kompanija jugoistočne Europe. Primarna sirovina je stari papir a manjim dijelom se proizvodi iz drvne sirovine. Oporaba starog papira vrši se u pogonu Belišće a konačni produkti odnosno ambalažni proizvodi plasiraju se u vlastite i partnerske tvornice ambalaže. Tvrtka je privatizirana 1992. godine. Britanski proizvođač ambalaže ujedno je i vlasnik Belišća od 1. 6. 2015. godine. Tvrtka je 2014. godine dok je bila u vlasništvu Duropacka proizvodila 160 000 tona starog papira na godinu ([www.aurea-grupa.hr](http://www.aurea-grupa.hr)).



Graf 3. Prihodi tvrtke Beliše (izvor: [www.fininfo.hr](http://www.fininfo.hr))



Graf 4. Količina nastalog otpadnog papira u razdoblju 2010.-2016. godine (izvor: [www.haop.hr](http://www.haop.hr))

#### 4.2.2. BIOOTPAD

Ova vrsta otpada definirana je kao biorazgradivi otpad iz vrtova i parkova, čine ga hrana i kuhinjski otpad iz kućanstava, restorana, ugostiteljskih i maloprodajnih objekata i slični otpad iz proizvodnje prehrambenih proizvoda. Otpad koji se ne smatra biootpadom je onaj iz proizvodnih, poljoprivrednih i šumarskih djelatnosti (Okvirna direktiva o otpadu (2008/98/EC). Pojam biootpada često se miješa sa terminom biorazgradljivog otpada koji uz biootpad sadrži materijale poput papira, kartona, tekstila i sl. [19].

Kompost je organsko gnojivo dobiveno kompostiranjem različitih organskih, uglavnom biljnih ostataka izmješanih s tvarima mineralnog podrijetla kao što su vapno, pepeo, mineralna gnojiva (organomineralni komposti) i ostale tvari (Vukadinović i Lončarević 1998, u Leko 2018).

##### *Proces recikliranja biootpada*

Procesi za dobivanje komposta traju 6-12 mjeseci.

##### Faza razgradnje

Vlaga i kisik čimbenici su koji uvjetuju idealne uvjete za bakterije i kvasce koji svojim metabolizmom razgrađuju organske tvari pri čemu nastaje toplina. Unutar kompostne hrpe u roku od dva dana temperatura se digne na 45-50 °C, dok u sljedećih 10 dostigne vrhunac od 60-65 °C. Ta temperatura uzrokuje uništavanje patogena i sjemena korova.

##### Faza prerade

Kad bakterije razgrade sve razgradljive tvari pojavljuju se drugi mikroorganizmi čija je zadaća razgradnja drvenastih i celuloznih tvari. Kako bi se mikroorganizmi optimalno razvijali potrebno je prebacivati hrpu i provjeravati vlagu. Temperatura se smanjuje približavajući se temperaturi okoline.

##### Faza izgradnje

Nakon dva mjeseca preostale tvari pretvaraju se u stabilne i složene humusne spojeve. Taj proces omogućuju sitni organizmi poput stonoga, mravi, nematoda, grinja i sl. U trajanju od nekoliko mjeseci kompost poprima karakterističnu tamnosmeđu boju ([www.pbf.unizg.hr](http://www.pbf.unizg.hr)).

## *Recikliranje biootpada u Hrvatskoj*

### *Zrinjevac*

Podružnica Zrinjevac raspolaže i upravlja kompostanama na tri lokacije: Jankomiru, Markuševcu i Prudincu. Na Jankomiru se vrši samo pakiranje komposta. Bez naknade je dozvoljeno deponirati do 2 tone godišnje biorazgradivog otpada od održavanja vrtova i okućnica. Pruža se i usluga preuzimanja biorazgradljivog otpada iz ostalih izvora, ali je potrebna važeća zakonska dokumentacija. ([www.zrinjevac.hr](http://www.zrinjevac.hr)).

Godišnje prikupe oko 20 000 tona. Od svezkupne količine 12 000 tona je zeleni otpad od ostataka uređenja drvoreda, parkova i zelenih javnih površina (trava, lišće, granje). Ostatak količine dolazi sa zelenih tržnica, trgovačkih centara te iz prehrambene industrije ([www.dnevnik.hr](http://www.dnevnik.hr)).

### 4.2.3. STAKLO

Materijal koji je kombinacija kvarcnog pijeska, sode, dolomita i kalcita vrlo je povoljan kao sirovina jer se u potpunosti može reciklirati. Zbog svojstva nepropusnosti vrlo je povoljan za pakiranje hrane i ne utječe na njenu kvalitetu. Činjenica da se staro staklo može pretaliti nebrojeno puta, pritom ne gubeći na kvaliteti čini staklo najisplativijim dijelom otpada ([www.recikliranje-stakla.com](http://www.recikliranje-stakla.com)). Staklo je dobar izolator, velike prozirnosti, ne reagira sa okolnim medijima, netopljiv u vodi i loš je vodič topline.

#### Primjena stakla

Glavna upotreba stakla je za izradu ambalaže, zatim u građevini, medicini, automobilskoj industriji, umjetnosti i proizvodnji robe široke potrošnje. Prilikom odvajanja stakla u prvom redu boca za piće i hranu, ne smije se miješati sa otpadom poput ogledala, kristala, staklene vune, naočala, žarulja, prozorskog, vatrostalnog i laboratorijskog stakla i čaša.

#### *Proces recikliranja stakla*

Republika Hrvatska na reciklažu odvaja samo 16 % staklene ambalaže [4].

Kružni tok recikliranog stakla ide od same proizvodnje, prerađivačke industrije koja pakira svoje proizvode u staklenu ambalažu, maloprodaje i ugostiteljskih objekata do krajnjeg potrošača koji imaju odgovornost pravilnog odvajanja otpada. Dio odgovornosti preuzimaju i tvrtke koje sakupljaju staklo iz trgovina. Ciklus najčešće završava u istoj proizvodnji iz koje je materijal krenuo kako bi se odgovorno skladištio i preradio u novi proizvod (<http://recikliranje-stakla.com>).

#### Prikupljanje

Vrši se u zelene spremnike, odakle se prevozi u pogone za recikliranje na daljnju obradu. Iako postoje postupci čišćenja i odvajanja o stranih materijala, dužnost građana je ukloniti metalne zatvarače s boca, sadržaj boca i staklenki isprazniti [4].

#### Priprema

Prvenstveno se staklo razdvaja u 4 kategorije kvalitete. Otklanja se metalni otpad magnetima dok krupni odvajaju radnici na pokretnoj traci. Zatim drobilica usitnjava staklo na željenu veličinu zrna i ide kroz sito kako bi se dodatno odvojili strani materijali i veći komadi stakla.



Kako staklo postoji u raznovrsnim bojama, poželjno je strojno odvojiti u zasebne boje stakle (npr. zeleno, plavo, smeđe). Konačni produkt zove se stakleni lom [4].

Stakleni lom (krš)- trgovački naziv za krhotine stakla svrstanog prema bojama i pogodnog za ponovno taljenje [16].

#### Taljenje

Sirovine i stakleni lom se prethodno pomiješaju u smjesu sa sodom, kvarcnim pijeskom, dolomitom i kalcitom a zatim idu u peć. Taljenje se vrši na temperaturi od 1580 °C gdje je izvor energije za peć zemni plin.

Što je veći udio staklenog loma u smjesi za taljenje, to je niža potrebna temperatura te se tako pridonosi uštedi energije. Tona staklenog loma uštedi 1,25 tona primarnih materijala za stvaranje stakla [4].

#### Oblikovanje

Staklene kapi se od mase tekuće staklene taline usmjeravaju u pretkalup gdje se dobije predoblik. Uz pomoć komprimiranog zraka predoblik u kalupu dobiva konačni željeni oblik [48].

#### Hlađenje

Kako bi se uklonila napetost užarenog materijala, konačni proizvod se postupno hladi.

#### Kontrola kvalitete

Nakon hlađenja potrebno je vizualno, mehaničko i elektronsko ispitivanje. Proizvod koji ne zadovoljava kriterije vraća se ponovo u sustav recikliranja.

#### Transportna ambalaža

Prije skladištenja proizvod je potrebno zaštititi termoskupljajućom folijom. Higijenski zaštićen proizvod spreman je za prijevoz i isporuku kupcima [48].

#### *Recikliranje stakla u Hrvatskoj*

*Vetropack Straža d.d.* bavi se proizvodnjom, prodajom i distribucijom staklene ambalaže na području jugoistočne Europe. Pogon se nalazi u Humu na Sutli. Tvrtka je jedini hrvatski proizvođač ambalaže. Tržište je raslo u 2017. godini u smislu potražnje i proizvodnog volumena. Uzrok je rastuća popularnost europskih vina i piva izvan kontinenta koja je

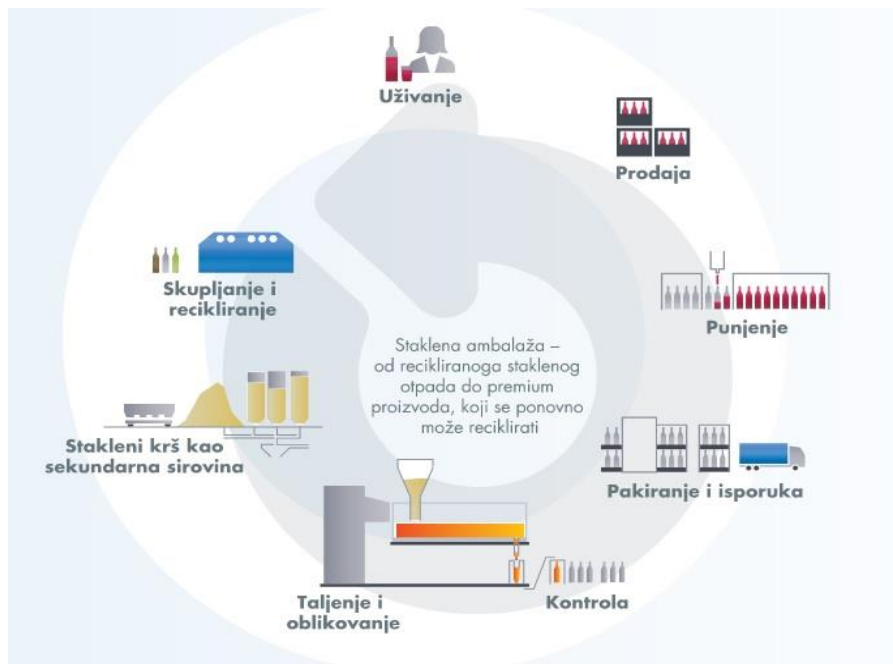
stimulirala izvoz i uzrokovala ekonomski rast. Inovativne ideje poput prebacivanja dio prijevoza na željeznički promet čime je uštedeno 2900 tona ugljičnog dioksida. Udio recikliranog stakla u proizvodnji 2017. godine iznosio je 67 %.



Graf 5. Prihodi tvrtke Vetropack Straža d.o.o. (izvor: [www.fininfo.hr](http://www.fininfo.hr))

S druge strane toplinska energija korištena za peći činila je više od 60 % emisija stakleničkih informacije o ukupnim emisijama CO<sub>2</sub>. U doba održivosti i sve većeg interesa za očuvanje okoliša, ugljični otisak je jedan od važnijih argumenata pri odluci o kupnji proizvoda. Izračun okolišne bilance uzima u obzir svaki korak u životnom ciklusu proizvoda-od sirovine do plinova u proizvodnji. 2015. godine pogon u Hrvatskoj postavio je novi filter koji služi za pročišćavanje otpadnih plinova. Rezultat su smanjene emisije prašine i štetnih tvari. Usluga Service plus pruža recikliranja. Na taj način želje nabavljača mogu podmiriti različitim scenarijima i kompromisima za optimalno ambalažno rješenje. Karakteristike koje utječu na okolišnu bilancu su:

- Težina staklene ambalaže
- Udaljenost do punionice
- Način prometa (cestovni ili željeznički)
- Nacionalna stopa recikliranja
- Udio staklenog krša u proizvodnji ([www.vetropack.hr](http://www.vetropack.hr))



Slika 2. kružni proces recikliranja stakla (izvor: [www.vetropack.hr](http://www.vetropack.hr))

#### 4.2.4. PLASTIKA

Plastika je sveprisutni materijal koji je sastavljen od sintetičkih i polusintetičkih materijala. Glavna sirovina od koje se proizvodi je nafta dok ostale čine celuloza, ugljen, prirodni plin i soli, što čini plastiku organskim materijalom. Naziv „plastika“ nalazi izvor u grčkoj riječi „plastikos“ što znači prikladno za oblikovanje. Izdržljiv materijal koji je pogodan za široku primjenu potrošačkih i industrijskih zahtjeva današnjice. Proizvodnja plastike bazira se na destilaciji sirove nafte gdje rezultat čine jednostavniji spojevi nazvani frakcije. Frakcije se sastoje od smjese ugljikovodičnih lanaca (kemijskih spojeva sastavljenih od ugljika i vodika) koji ulaze u dva glavna procesa za izradu plastike-polimerizacija i polikondenzacija. Iako postoje različite vrste plastike, glavna podjela podrazumijeva:

- termoplastiku-koja se može modelirati nakon zagrijavanja i ponovno stvrdnuti kod hlađenja
- termoset- plastika koja nakon oblikovanja nema mogućnost omekšavanja ([www.plasticseurope.org](http://www.plasticseurope.org))

##### *Proces recikliranja plastike*

Tijekom proteklih godina, rješenje za odlaganje plastičnog otpada uglavnom je podrazumijevalo odlaganje i spaljivanje bez iskorištavanja energije. To je ekonomski i ekološki neprihvatljivo postupanje koje se u novije vrijeme nastoji izbjeći recikliranjem. Svaki proces recikliranja plastike uključuje: prikupljanje, razdvajanje, usitnjavanje i pranje (Kratofil Krehula, 2015).

##### *Prikupljanje plastike*

Poticajna naknada od 50 lipa za recikliranje PET ambalaže puno je pridonjela odvajanju plastičnog otpada u Hrvatskoj. Reciklažna dvorišta koja nemaju sustav zbrinjavanja otpada dužna su PET boce sprešati i balirati kako bi zauzela manje prostora.

Baliranje je proces tlačenja krutog otpada strojem za baliranje i oblikovanjem u blokove željene gustoće i oblika, uz uvezivanje ili bez njega, što kasnije olakšava rukovanje baliranim blokovima. Posebno konstruirane visokotlačne preše mogu oblikovati bale gustoće do 1 t/m<sup>3</sup>.

Sa uvođenjem Pravilnika o ambalažnom otpadu 2006. godine iznos sakupljene PET ambalaže je sa 10-15% dosegao gotovo 100% [4].

## Razvrstavanje plastike

Proces koji prethodi recikliranju plastike je grupiranje plastike prema identifikacijskom kodu razvijenim 1988. godine. Simbol trokuta sastavljenog od tri strijele koje se usmjerene u smjeru kazaljke na satu u sredini sadrže broj, koji uz akronim ispod simbola označava vrstu plastike ([www.ekologija.com.hr](http://www.ekologija.com.hr)).



*Slika 3. Oznaka za PET ambalažu (izvor: sl.wikipedia.org)*

Oznaka za PET (poli(etilen-tereftalat)) je broj 1 unutar simbola za identifikaciju plastike. To je najučestaliji plastični otpad jer podrazumijeva ambalažni otpad od plastičnih boca te je ujedno najrašireniji za recikliranje.

Niža kvaliteta recikliranog proizvoda uvjetovana je primjesom drugih polimernih materijala (npr. PP-polipropilena i PE-polietilena) od kojih su građeni čepovi od boca. Izazov u recikliranju predstavljaju i etikete koje su građene od PVC-a. Čepovi od boca uklanjaju se postupkom pranja jer zbog manje gustoće plutaju na vodi dok PET materijal tone. Etikete se skidaju pri temp 230 °C gdje se PVC degradira i pocrni. Osim zagrijavanja moguće je odvojiti višak PVC-a pomoću velikog metalnog bubnja koji sadrži otvore na stijenkama. Daljnje razvrstavanje podrazumijeva odvajanje prema boji (najčešće ručno) [6].

## Granuliranje

Postupak se proizvodi u granulatorima-strojevima koji sustavom noževa usitnjavaju plastiku u granulatu. Dodatno tijekom rada mogu se usitniti ostaci papira i PVC-a koji nisu uklonjeni metodama pročišćavanja. Konačni produkt je granulati PET-a koji ukoliko sadrži nečistoće nije pogodan za prehrambenu industriju dok u strojogradnji ne zahtijevaju visoku čistoću materijala. Ovisno o traženom stupnju čistoće, slijedi dodatno pranje i sušenje granulata. Gotov granulati spreman je za ekstrudiranje. To je proces prerade plastične mase gdje materijal ulazi kao

granulat, pod utjecajem topline prelazi u tekuće stanje a zatim se homogenizira i preša (Glojnarić-Porić, 2008). Rastaljeni granulat lijeva se u sustav kalupa za predoblik koji zatim ide na liniju za hlađenje. Slijedi pakiranje i etiketiranje te se gotovi proizvod predoblika skladišti [4].

### *Recikliranje plastike u Hrvatskoj*

#### *Drava International d.o.o.*

Osnovana 2005 godine u Osijeku. Glavna djelatnost tvrtke je uporaba posebno izdvojenih materijala ([www.fininfo.hr](http://www.fininfo.hr)).

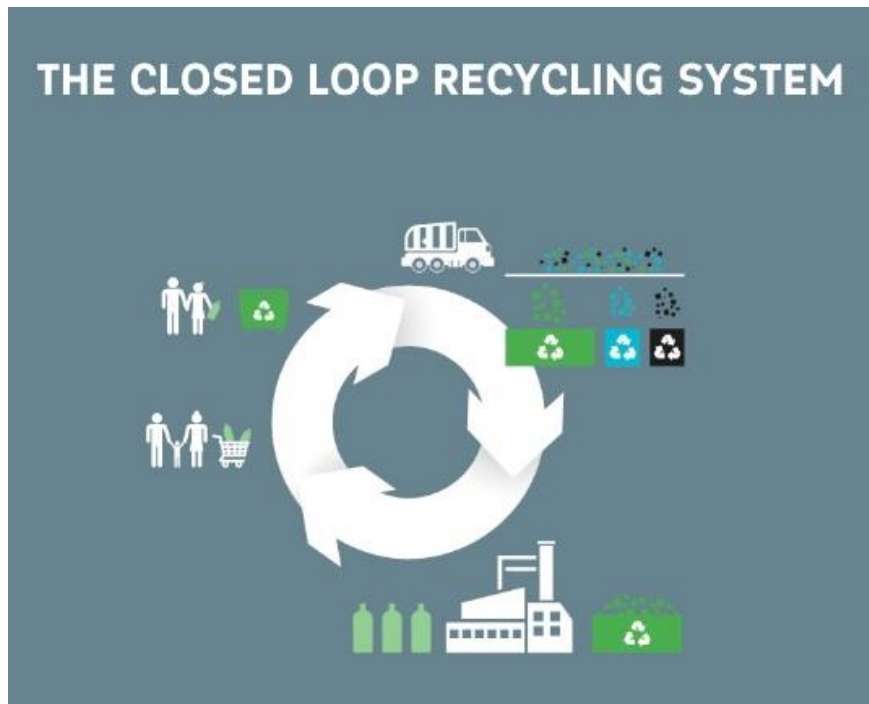


*Graf 6.* Prihodi tvrtke Drava International (izvor: [www.fininfo.hr](http://www.fininfo.hr))

Drava International u Osijeku primarno obrađuje PET ambalažu i PE folije te ih reciklira. Proces je kompletno zaokružen, odnosno otpadna ambalaža se sortira i reciklira pri čemu se dobivaju granulirani materijali koji predstavljaju sirovinu za daljnji proces proizvodnje (Anić, Vučinić 2014, u Siročić i sur. 2016).

Kompletni kružni ciklus koji uključuje recikliranje i dobivanje sirovina tvrtka je zaključila 2013. god kada su plastični otpad pretvorili u dizel. Kapaciteti za preradu su veliki tako da se otpad uvozi iz okolnih zemalja poput Srbije, Bosne, Mađarske i Njemačke. Tijekom recikliranja, jedan dio plastičnog otpada nije se mogao reciklirati, no s tehnologijom za depolimerizaciju plastike njemačke tvrtke Aphakat dobiva se vrijedna sirovina. Sintetički dizel dobiven iz procesa djelomično će ići u pogone industrije za vlastite potrebe, a djelomično će se prodavati HEP-u. Najveći hrvatski pogon za reciklažu plastike i jedini oporabitelj PET ambalaže. Reciklirani produkti od PET boca su PET folije a od polietilena su vreće za smeće.

Tvrtka ima podružnicu u Boru u Srbiji koja se također bavi recikliranjem PET ambalaže. Sofisticirani i suvremeni postupci omogućuju dobivanje proizvoda od plastike najviše kvalitete. To podrazumijeva proizvodnju ambalaže za hranu. Kapacitet od 30 000 tona na godinu zadovoljava potrebe tržišta ([www.osijek031.com](http://www.osijek031.com)).



*Slika 4.* Sustav zatvorene petlje tvrtke Drava International (izvor: Catalog-Drava-International)

#### 4.2.5. METALI

Sirovine metala koje se najviše recikliraju su željezo, aluminij, bakar, olovo, cink, nikal, titan, kobalt, krom i plemenite kovine (<http://www.door.hr>).

Čelik- legura željeza vrlo je raširena u industriji i proizvodnji. Tendencija je da se dobije što lakši, tanji i čvršći materijal. Reciklirani čelik zauzima gotovo 40 % svjetske proizvodnje čelika. Recikliranjem čelika ukupno se uštedi 74 % energije (<http://metal-produkt.hr>).

Aluminij je kovina male gustoće i velike rastezljivosti. Otporan je na koroziju, djelovanje atmosferskih plinova i nekih kiselina. Odlikuje ga dobra vodljivost za toplinu i elektricitet ([hr.wikipedia.org/wiki/Aluminij](http://hr.wikipedia.org/wiki/Aluminij)).

U pravilu su metali homogene tvari koje su u cijeloj svojoj masi jedinstvene kao npr. zlato, srebro, željezo, bakar itd. Konstantan kemijski sastav i stalna svojstva olakšavaju gospodarenje tim sirovinama. Tako čisto željezo uvijek ima talište na 1535 °C, magnetično je, mekano i bijelo [4].

##### Primjena metala

Masovna primjena čelika je u izgradnji mostova i zgrada, konstrukciji automobila, brodova, željezničkih vozila i pruga. Proizvodnja varira sve do svakodnevnih proizvoda poput čeličnih limenki, igle i spajalice.

Aluminij svoju primjenu nalazi u ambalažnoj industriji (limenke, folije), izradi cijevi, građevnoj i avioindustriji, brodogradnji, svemirskoj industriji, dalekovodima, informatičkoj industriji itd. [4].

##### *Proces recikliranja metala*

Aluminij- najrašireniji metal u Zemljinoj kori. Zahvalan je za recikliranje bez gubitka čvrstoće, trajnosti i otpornosti na koroziju. U usporedbi sa dobivanjem aluminija iz boksita, recikliranje je bolje rješenje uz uštedu energije od 95 % (<http://metal-produkt.hr>). Limenke kao najrašireniji otpad od aluminija mogu se nebrojeno puta reciklirati. Procjenjuje se da reciklažom metalnog otpada smanjujemo udio krutog otpada za 44%. Time se smanjuje potreba za vodom koja bi se inače potrošila u proizvodnji metala za 40 do 85%. Posljedično smanjuje se količina plinova za oko 86 % te zagađenje vode za 76% [12].



Željezo i njegova legura-čelik uglavnom se separiraju od ostalih metala kako bi se jednostavnije reciklirali u različitim postupcima taljenja [4].

### Prikupljanje

Za razliku od ostalih otpada, proces sakupljanja ovdje se bazira na prodaji otpada odlagalištima zbog veće vrijednosti otpada. Zbog svoje primjene u automobilske, brodске i željezničkoj industriji, volumen otpada znatno se povećava.

### Razvrstavanje

Razvrstavanje se vrši automatizirano pomoću magneta i senzora. Izdvaja se metal iz mješavina metalnog otpada. Na pokretnoj traci prati se i boja i težina materijala kako bi se izdvojile vrste. Tako će aluminij biti svijetle boje, bakar zagasito crvene a žute će biti mjed.

### Usitnjavanje

Metal se usitjava iz razloga što manji volumen ubrzava taljenje. Time je taljenje izvršeno s utroškom manje energije. Aluminij sadrži oblik poput listova papira a čelik poput sitnih kocaka.

### Taljenje

Taljenje metala vrši se u specijaliziranim pećima za određenu vrstu metala. Tako reciklirani čelik u udjelu od 90 % se tali u elektro pećima. Aluminij se tali pri 700 °C.

### Pročišćavanje i hlađenje

Pročišćavanje je potrebno kako bi krajnji proizvod dobio visoku kvalitetu i čistoću. Vršiti se postupcima elektrolize. Hlađenje služi za formiranje oblika koji se dalje lako mogu koristiti za proizvodnju. Aluminij je formiran u šipke ([www.thebalancesmb.com](http://www.thebalancesmb.com)).

## Recikliranje metala u Hrvatskoj

Metal se reciklira sa udjelom od 2,1 % u kućanstvima gdje su aluminijski i čelik u najvećem udjelu.

C.I.O.S. grupa je regionalna kompanija koja se bavi prikupljanjem, preradom, obradom i trgovanjem industrijskog otpada te te sakupljanjem i oporabom posebnih kategorija otpada. Osnovana je 1991. a danas prednjači po količini prikupljenog i prerađenog metalnog otpada. Djelovanjem na više od 80 lokacija u regiji, godišnje obradi oko milijun tona otpada zapošljava oko 1500 djelatnika od kojih je 1000 u Hrvatskoj. Nalazi se u privatnom vlasništvu hrvatskog društva C.I.O.M. d.o.o. Svojim akcijama i kampanjama poput „Očistimo Hrvatsku od auto-olupina“ te konstruiranjem prvog hrvatskog podvodnog spremnika za sakupljanje otpada, podiže svijest javnosti o važnosti recikliranja i očuvanja okoliša. Cilj tvrtke je povećati učinkovitost obrade otpada i povećati količinu i kvalitetu sekundarnih sirovina.



Graf 7. Prihodi tvrtke C.I.O.S. (Izvor: [www.fininfo.hr](http://www.fininfo.hr))

C.I.O.S. d.o.o. je ovlašten koncesionar za prikupljanje i oporabu metalne ambalaže i otpadnih guma na području Republike Hrvatske. Centar za reciklažu d.o.o. naziva CE-ZA-R je najznačajniji član grupacije C.I.O.S. d.o.o. zbog ostvarenog prihoda i količini prikupljenog i obrađenog metalnog otpada. Ujedno sadrže i pogone za obradu 4000 t/god velikih rashladnih uređaja i potpunu ekstrakciju CFC spojeva (freona) u kontroliranim uvjetima. Time su zadovoljeni najviši kriteriji zaštite okoliša. Metis d.d. je ovlašten koncesionar za prikupljanje otpada poput vozila, guma, baterija, akumulatora i ulja na području Republike Hrvatske dok je na području Primorsko-Goranske, Istarske i Ličko-Senjske županije ovlašten za sakupljanje EE otpada i ambalažnog otpada. Metis kao i CIAL d.o.o. dio su grupacije C.I.O.S. d.o.o. CIAL d.o.o. je talionica koja djeluje u Sisku za kapacitet taljenja aluminija u iznosu 12 000 tona godišnje. Taj iznos zadovoljava koncesijski sakupljenu sirovinu čiji odljevci imaju direktan

plasman na tržište Europske Unije. Prema BREFF-IPPC direktivi osigurava tehnologiju sa maksimalnom učinkovitosti iskorištenja materijala i energije uz minimalne količine otpada i štetnih emisija. Sve navedene članice raspolažu za vrhunski opremljenim reciklažnim centrima te posjeduju dozvole za gospodarenje opasnim i neopasnim otpadom (<http://www.ciosgrupa.com/>).

#### 4.2.6. TEKSTIL

Udio tekstilnog materijala u sastavu komunalnog otpada iznosi 2-3 %, no sveukupno gledano to je količina od 15 000 tona godišnjeg tekstilnog otpada u Republici Hrvatskoj.

##### *Proces recikliranja tekstila*

##### Prikupljanje

Tek se odnedavno u Hrvatskoj počinju pojavljivati kontejneri za tekstil. Prvi korak u recikliranju tekstila je doniranje u dobrotvorne svrhe ili preprodaja na buvljacima. U nekim državama postoji opcija odlaganja u „banke tekstila“ (<http://www.humananova.org>).

##### Sortiranje

Strojevi razlikuju ulazne materijale po tipu i boji. Kada se sortira po boji, štedi se energija i smanjuju zagađivači jer nema potrebe za ponovnom upotrebom boja. Materijal se usitnjava u trake.

Ovisno o tipu materijala razlikuju se ulazni procesi, tako se miješani tekstilni otpad usitnjava na manje dijelove (ostaci kože, gume). Način rada koji ne sadrži materijale od kože i kompozitni materijal, bazira se na trganju tekstila u sitnije dijelove.

##### Povezivanje materijala

Problem kod savladavanja ove faze je mehanička stabilnost materijala. Rješenje je nanošenje sloja otpada na već unaprijed vezivom obrađenu mrežu koja služi za armiranje. Da bi se zadovoljili uvjeti mehaničko stabilnog proizvoda, treba sadržavati jednake udjele termoplastičnih (PA, PVC) i inertnih materijala (celuloza) koji se zagrijavanjem i prešanjem uspješno povezuju. Navedenim postupkom krajnji produkt čine izolacijski materijali za građevinarstvo (M. Krzyk i sur, 2014).

## *Recikliranje tekstila u Hrvatskoj*

*Regeneracija* je tvrtka osnovana 1954. godine. Namijenjena je za prikupljanje sortiranje i preradu tekstilnog otpada. Kao proizvođač najveće tapiserije na svijetu (1242 m<sup>2</sup>) upisana je 1990. u Guinnessovu knjigu rekorda. Tvrtka je od 2005. godine privatizirana od strane Njemačkih partnera što je rezultiralo velikim rastom izvoza, popunjenošću proizvodnih kapaciteta, te širenje proizvodnje u Waiblingenu u Njemačkoj. Glavne energente za proizvodnju čine prirodni plin i električna energija koji su u potpunosti dobiveni iz obnovljivih izvora. Projekt EKO-EKO sadrži dvije faze. Prvu fazu čini EKONOMIJA koja rezultira proizvodnjom sirovina, što za posljedicu nosi smanjenje otpada u okolišu. Drugu fazu čini EKOLOGIJA koja omogućava preradu ukupne količine prikupljenog tekstila u Hrvatskoj. Tržište i tehnologija omogućavaju industriji preradom netkanog tekstila masovnu upotrebu recikliranog tekstila. Tvrtka posluje na načelima održivosti i očuvanja okoliša. ZELEN je energija proizvedena u HEP-ovim hidroelektranama koja je certificirana od njemačke tvrtke TUV SUD. Taj certifikat jamči da je energija koju Regeneracija koristi u svojim pogonima u potpunosti dobivena iz obnovljivih izvora. Tim potezom Regeneracija je jedna od prvih domaćih kompanija koje su odabrale zelenu energiju.



Slika 5. Kružni proces tvrtke Regeneracija (izvor:www.regeneracija.hr)

Izvozni proizvodi tvornice implementiraju se u ceste, željeznice, luke, aerodrome, automobile, brodove, namještaj, madrace, odjeću, obuću itd. Netkani tekstil prerađuje se u zaštitne materijale u građevini, izolacije, geotekstile, industriji namještaja i filtraciji. Godišnje se u pogonu preradi 8000 t tekstilnih vlakana ([www.regeneracija.hr](http://www.regeneracija.hr)).

### 4.3. POSEBNE KATEGORIJE OTPADA

Zakonom o održivom gospodarenju otpadom, člankom 53. precizirano je 16 posebnih kategorija otpada. Naglasak na ove vrste otpada je važan s aspekta njihove štetnosti na okoliš i zdravlje ljudi bez obzira u kojim količinama nastaju.

#### 4.3.1. GUMA

Otpad osobnih automobila, autobusa, teretnih vozila, radnih strojeva i traktora, zrakoplova i drugih letjelica koji se zbog istrošenosti, oštećenja, isteka roka trajanja više ne želi koristiti, smatra se otpadnom gumom. Od 2008. godine Direktivom EU 199/31/EC nije dozvoljeno odlaganje automobilskih guma ili njihovih dijelova u okoliš. Od reciklirane gume nastaje 60% gumenog granulata, 35% čelične žice i 5% platna koji se mehaničkom separacijom odvajaju. Svaki od tih materijala mogu se ponovo iskoristiti u proizvodnji gumenih artikala. Zbog sastava gume gdje je u najvećem postotku sadržajan kaučuk i čađa imaju nepovoljan utjecaj na okoliš. U odnosu na spaljivanje guma, recikliranje nema štetnog utjecaja na okoliš. Zato je Europska unija uvela zabranu prikupljanja otpadnih guma na odlagalištima. Prema Pravilniku o gospodarenju otpadnim gumama, u Republici Hrvatskoj nastoji se reciklažom obraditi 70% prikupljenih guma u ovlaštenim poduzećima. Jedno od takvih je tvrtka Gumiimpex-GRP d.o.o. iz Varaždina koja je prva krenula s recikliranjem guma. Postoji mogućnost odlaganja i spaljivanja guma u tvrtkama Holcim d.o.o., Našice cement d.d., i Sirovina odlagalište d.o.o. [4].

#### OPORABITELJI OTPADNIH GUMA NA PODRUČJU REPUBLIKE HRVATSKE

Redni broj	Naziv tvrtke	Mjesto uporabe	Područje za koje se dodjeljuje koncesija	Vrsta uporabe
1.	GUMIIMPEX-GRP d.d.	Varaždin, Pavleka Miškine 64c	Republika Hrvatska	u materijalne svrhe
2.	HOLCIM (Hrvatska) d.o.o.	Koromačno, Koromačno bb	Republika Hrvatska	u energetske svrhe
3.	NAŠICECEMENT d.d.	Našice, Tajnovac 1	Republika Hrvatska	u energetske svrhe

*Slika 6. Oporabitelji otpadnih guma ovlaštene od strane Ministarstva i Fonda (izvor: [www.fzoeu.hr](http://www.fzoeu.hr))*

### *Recikliranje gume u Hrvatskoj*

#### *Gumiimpex-GRP d.o.o.*

Osnovan 1970. u Varaždinu, razvio se u primarnoj djelatnosti, proizvodima od gume. Danas plasira na domaće tržište automobilske gume za osobna, teretna i radna vozila te autobuse najpoznatijih svjetskih proizvođača guma (Michelin, Goodyear, Sava). Tvrtka proizvodi više od 7000 raznih gumeno-tehničkih proizvoda. Od 2005. počinje sa recikliranjem guma čiji je osnovni cilj smanjiti štetan utjecaj na okoliš. Konačni proizvod recikliranja-granulat koristi se u građevinskim, infrastrukturnim, prijevoznim, poljoprivrednim i vrtlarskim djelatnostima. Prikupljanje guma se vrši kod ovlaštenih regionalnih sakupljača. Godišnje se obradi 25 000 tona rabljenih guma svih vrsta. Infrastrukturno opremljeno zemljište površine 85 000 m<sup>2</sup> sadrži proizvodne hale površine 12 500m<sup>2</sup> te površine za prihvat otpadnih guma 12 000m<sup>2</sup>. Projektom solarnih elektrana u rujnu 2013. tijekom sljedećih 30 godina rada u okoliš će ispustiti 16835 tona manje ugljičnog dioksida. Izgrađene su tri elektrane od kojih je jedna snage 999kW koja je najveća integrirana solarna elektrana u Hrvatskoj. Zahvaljujući tome 2016. godine, njihovi pogoni su se kompletno služili energijom iz obnovljivih izvora čime su dobili certifikat ZelEn.



## Proizvodi od reciklirane gume

- Zaštitne gumene obloge (rađeni od gumenog granulata prvenstveno korišteni za dječja igrališta i sportske terene)
- Liješana guma (za dječja igrališta, aquaparkove, sportske terene, rehabilitacijske centre, pješačke i biciklističke staze)
- Kotači od recikliranih guma (industrijske namjene:kante za otpad, kontejneri)
- Gumeni granulati i gumene niti (podloge za sportske terene, zaštitne podne obloge, obloge u stajama, obloge za izolaciju krovova, zvučne barijere, potplati za cipele, pune gume za kolica i kante za smeće, dodatak asfaltu, razni prešani proizvodi itd.)([www.gumiimpex.hr](http://www.gumiimpex.hr))



Slika 7. Zaštitne gumene obloge od reciklirane gume (Izvor: [www.gumiimpex.hr](http://www.gumiimpex.hr))

#### 4.3.2. GRAĐEVINSKI OTPAD

Građevinski otpad dijeli se prema mjestu nastanka:

- Građevinski otpad nastao rušenjem objekata
- Građevinski otpad kao posljedica izgradnje novih objekata (višak)
- Materijak koji je potrebno ukloniti za budući građevinski prostor (zemlja, kamen)
- Građevinski otpad kao posljedica izgradnje prometnica

Građevinski otpad dijeli se prema vrsti materijala:

- Zemlja, pijesak, šljunak, glina, ilovača, kamen (nastaju prilikom iskapanja)
- Asfalt, cement
- Beton, opeka, gips
- Drvo, plastika, karton, metal, kablovi, boje, lakovi i ostali miješani otpad od posljedica građevinskih radova
- Građevinski materijal koji sadrži azbest

Građevinski otpad najčešće predstavlja inertan otpad osim ako sadrži azbest ili afaltno vezivo. Stari izolacijski i pokrovni materijal može sadržavati azbest koji predstavlja opasni otpad i traži poseban način prikupljanja i odlaganja. Odlaganje azbesta je trajno i na takvim lokacijama nije dozvoljena nikakva aktivnost koja bi uzrokovala oslobađanje azbestnih vlakana u okoliš. Azbest se odlaže na prethodno pripremljene posebne kazete gdje se prekriva zemljanom slojem debljine minimalno 10 cm.

### *Proces recikliranja građevinskog otpada*

Proces recikliranja građevinskog otpada uključuje prihvatanje, grubo razdvajanje, odvajanje sitnog otpada kroz rešetku, uklanjanje metala magnetskim separatorom, drobljenje, uklanjanje i mljevenje otpada.

Deponiranje frakcija obavlja se u prostortima namjenjenima za takve proizvode. Materijal mora biti čist i bez primjesa ulja, drva, gline i sl. što uvjetuje procese čišćenja pomoću vode i zračnih struja. Time je potrebno osigurati pročišćavanje otpadnih voda.

Odlaganje građevinskog otpada dozvoljeno je u slučajevima kada nije moguće otpad materijalno ili energetski oporabiti. Također odlaganje je dozvoljeno u slučajevima ako nastaje uklanjanjem bespravno izgrađenih građevina [4].

### *Recikliranje građevinskog otpada u Hrvatskoj*

#### *RGO-Recikliranje građevinskog otpada*

Radna jedinica koja se bavi zbrinjavanjem i obradom građevinskog otpada. Umjesto novih kamenih materijala sav obrađeni beton, asfalt i ostale sirovine koriste se u cestogradnji. Postrojenje prihvaća isključivo inertni otpad bez opasnih svojstava i onaj koji nije na bazi gipsa. Sa područja grada Zagreba odlaganje se vrši bez plaćanja naknade (<http://www.zgceste.hr>).

#### *GRD d.o.o.*

Rad prvog reciklažnog dvorišta za gospodarenje neopasnim građevinskim otpadom počeo je 7. ožujka 2017. godine u Rijeci. Proteže se na površini 10 735 m<sup>2</sup> te pruža usluge obrade građevinskog materijala, prodaje proizvoda i granulata rezultatnih frakcija. Prihvatanje otpada ide uz novčanu naknadu nakon težinske kvantifikacije na kolnoj vagi. Ukupan kapacitet je promjenjiv i ovisan o građevinskim aktivnostima na širem području (<http://www.grd.hr/>).

## 4.4.TEHOLOGIJE U RECIKLIRANJU OTPADA

### 4.4.1. MBO

MBO odnosno mehaničko-biološka obrada je proces koji obuhvaća dva ključna segmenta: mehaničku (M) i biološku (B) obradu otpada pri kojem izlazni produkti mogu biti različiti (npr. materijali koji se mogu reciklirati, materijali za odlagalište, otpadne vode, emisije u zrak) kao i varijabilni ciljevi koji se žele postići (npr. maksimiziranje količina sirovina, proizvodnja komposta, proizvodnja goriva iz otpada, proizvodnja bioplina, proizvodnja biostabilnog materijala za odlagališta).

Otpad se dijeli na 2 glavne frakcije:

- Frakcija koja ide u mehaničku obradu gdje se razvrstava za reciklirane sirovine (papir, karton, staklo, plastika, metali i sl). U mehaničkom sustavu razlikuju se komponente za materijalnu i energetske oporabu (GIO-gorivo iz otpada)
- Frakcija koja ide u biološku obradu

Prednost MBO tehnologije je u varijabilnosti i prilagodljivosti tržištu. Postoje različite kombinacije elemenata za mehaničku i biološku obradu što zadovoljava specifične namjene određenog postrojenja.

Kod biološke obrade otpada razlikuju se anaerobni ili aerobni proces. Kod anaerobnog krajnji produkt iz biorazgradivog dijela otpada je bioplin dok je kod aerobnog kompost.

#### Mehanička obrada

Otpad koji prvo mora proći kroz mehanički dio obrade, komunalnim vozilom dostavlja se na prihvatno-dozirnu komoru. Struktura otpada je miješani komunalni otpad koji se prilikom prijema odvaja od otpadne vode koja se nakuplja na dnu komore koja se prepumpava u separator-uređaj za pročišćavanje. Prihvatno-dozirna komora je projektirana ispod razine tla kako bi se lakše istovarilo materijal. Konstrukcija je izvedena na način da se u kratkom vremenu mogu prihvatiti veće količine otpada koje u određenom kapacitetu, pomoću pužnih transportera idu na dozirnu traku. Otpad je najčešće pakiran u vreće ili kutije. Zato je potreban otvarač vreća, konstrukcija bubnja sa noževima, kako bi se kasnije prilikom prosijavanja otpad mogao nesmetano sortirati. Svrha otvarača vreća je ubrzanje protoka otpada i smanjena potreba za većim brojem djelatnika. Senzori detektiraju ukoliko dođe do preopterećenja sustava, zaustavljaju prijem otpada u prihvatno-dozirnoj komori i programiranim ponavljanjem

automatski se rješava problem. Sljedeći dio kontinuiteta obrade predstavlja podizni orebreni transporter čija je zadaća rasporediti otpad po cijeloj dužini trake koja dozira rotacijsko sito. Rotacijsko sito naziva se komunal separat rotor i služi za automatsko razvrstavanje otpada. Na ulazu sita postavljeni su šiljci za dodatno trganje kutija ili vreća. Ispod sita nalazi se kontejner koji služi za prihvat izdvojenog otpada. Otpad u situ prvo se otprašuje od mikro prašine i površinskog zagađenja i isušuje a zatim slijedi selekcija gdje se prvenstveno izdvaja otpad za kompostiranje, zatim otpad manjih dimenzija koji je teško ručno odvojiti. Slijedi ručna selekcija. Kapacitet kontejnerske sortirnice ovisan je o količini otpada i broju stanovnika. Dosad automatizirani pogon zamjenjuju djelatnici koji sortiraju otpad sa sortirnog glatkog transportera koji je prošao usitnjavanje, prosijavanje i odvajanje. Otpad se sortira u boksove za specifičnu vrstu otpada (npr. papir, karton, PET, staklo).

Ovisno o kapacitetu pogona, u sortirnici postoji 16, 24 ili 40 sortirnih boksova. Tako sortirani otpad u boksevima može se balirati u dimenzije težine do pola tone. Ostatak koji ostane na kraju sortirne trake predviđen je za odlaganje odnosno deponij. Iznad završetka sortirnog glatkog transportera nalazi se magnetni odvajач metalnog otpada. Funkcija mu se sastoji u tome da diže metalni otpad i usmjerava u komunalni kontejner. Automatskom prešom koja balira sortirni otpad s dozirnog transportera završava se proces obrade. Rolo kontejner služi za prihvaćanje prosijanog otpada.

### Biološka obrada

Kompostiranje je proces obrade biootpada truljenjem gdje specifični zahtjevi za što uspješnijim procesom traže uvjete vlage od najmanje 50 %. Vlagom se obogaćuje biomasa dva puta tjedno. Slijedi faza truljenja gdje se temperatura diže na 70 °C u trajanju 6 tjedana. Zrioba komposta je pri kraju jer bakterije ne uzrokuju više visoku temperaturu. Pri završetku, voda se više ne dodaje kako bi se dobio bolji proizvod. Roto- komposter je rotacijsko sito gdje se dobiva prosijana i fina frakcija. Frakcija prolazi još jednu fazu kontrole i odvajanje preostalih neorganskih materijala. Slijedi pakiranje u vreće namijene za prodaju. Preostali grubi ostaci iz sita, usitnjavaju se i kontroliraju te se vraćaju u proces obrade biomase.

## Analize i faktori za izgradnju MBO sustava

Potrebno je analizirati:

- Determinacija izlaznih produkata i njihovo energetska iskorištavanje
- Prikladnost MBO tehnologije za određenu namjenu te utjecaj na okoliš
- Ustanoviti količinu ulaznih i izlaznih produkata
- Procijeniti zahtjeve tržišta za recikliranim materijalima

Faktori za izbor MBO tehnologije:

- Upotrebljivost i funkcionalnost
- Ekonomski faktor
- Zakonska regulativa [4]

C.I.O.S. MBO

C.I.O.S. grupa (vidi Recikliranje metala u Hrvatskoj) u Varaždinu zapošljava 23 djelatnika u svom MBO postrojenju. Zadovoljeni su svi rezultati i mjerenja kvalitete vode, zraka i razine buke.



Slika 8. MBO-shema obrade otpada (Izvor: [www.ciosmbo.hr](http://www.ciosmbo.hr))

Izlazni produkti MBO postrojenja su magnetni metali, aluminij, sitna frakcija te inertna frakcija koja je namijenjena za odlaganje. Obradom je dobiveno i visokokvalitetno gorivo iz otpada koje se uz sirovine nudi na tržištu. Udio odloženog inertnog materijala na deponije 2015. godine iznosio je 31% od ukupne količine obrađenog otpada. Postoji i mogućnost skladištenja otpada u vlastitim prostorima do jedne godine ([www.ciosmbo.hr](http://www.ciosmbo.hr)).

#### 4.4.2. MBO-T

*Tehnix* je tvrtka osnovana 1991 sa sjedištem u Donjem Kraljevcu, specijalizirana je za projektiranje, proizvodnju, servisiranja strojeva i opreme za područje gospodarenja otpadom te zaštitu okoliša ([www.tehnix.hr](http://www.tehnix.hr)).

##### MBO-T TEHNIX

Podrazumijeva tehnologiju i strojeve za gospodarenje miješanim i pedsortiranim komunalnim otpadom sa ciljem održivosti. MBO-T je sustav koji ne koristi deponije, ne zagađuje okoliš iz otpada izvlače energetska maksimum. Sustav gospodarenja otpadom je pojednostavljen već kod prikupljanja otpada. Otpad nije potrebno prethodno sortirati u odvojene spremnike. Takav miješani otpad kod prihvata u pogon ide iz prijevoznog sredstva ulaznim grotlom do otvarača vreća. Organski otpad se u specijalnom roto-situ se prosijavanjem i sušenjem odvaja. Biorazgradivi otpad (oko 30%) u kontroliranim uvjetima pretvara se u kompost gdje već nakon 6-10 tjedana imamo gotov proizvod gdje se volumen otpada sa početnih 30 % smanjio na 10 %. Otpad koji ne ubrajamo u bio-razgradive ostatke sortira se na lini za pročišćeni korisni komunalni otpad. Tako se izdvaja plastika, karton, papir, PET i aluminijska ambalaža, tekstil na korisne sirovine. Te sirovine se baliraju i sortirane plasiraju na tržište i burzu u količini od 25 % od početne količine otpada.

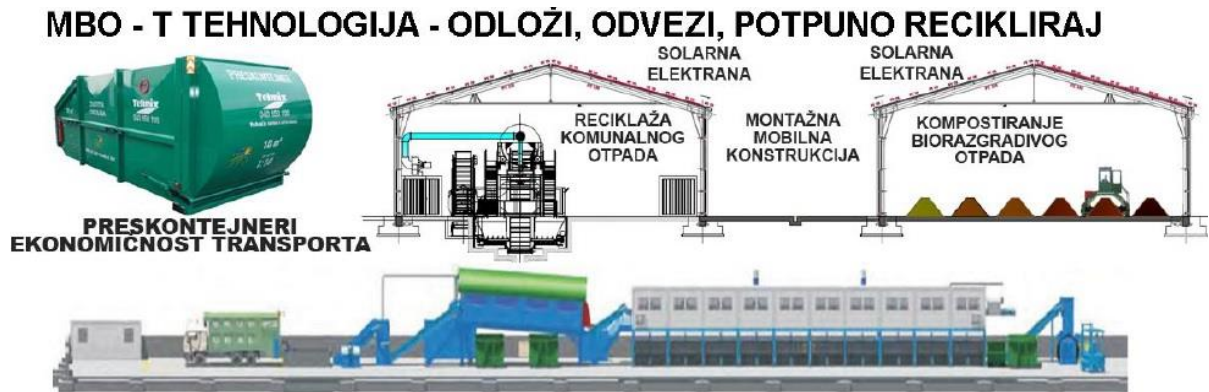


Nadalje, magnetni separator posebno izdvaja i sortira metale i staklo. Konačni ostatak od prethodnog odvajanja ide u desetominutno shrediranje na frakcije od približno 30 mm. Konačno je baliranje ostataka (npr. papir, karton, plastika, guma, odjeća, obuća) u postotku od 40 % predviđeno za energetske otpad-RDF gorivo čime se pokrivaju potrebe pogona za naftom, plinom, ugljenom i električnom energijom. Na taj način iskorišten je sav otpad, dobivena je sirovina i energija, a odvajanjem je dobiveno 10 frakcija:

- Eko-otpad
- Plastika
- Karton
- Papir
- PET ambalaža
- Aluminijska ambalaža
- Tekstil
- Staklo
- Staklena ambalaža
- Metali

Prednost MBO-T tehnologije prvenstveno je održivo gospodarenje otpadom, mali troškovi prikupljanja smeća, recikliranje komunalnog otpada, tipske tvornice za preradu otpada, dobiveni produkti poput sirovina i energije. Izbjegavanjem odlaganja otpada na deponije, nema zagađenja okoliša, vode i ispuštanjem štetnih emisija. Tvrtka Tehnix nudi opcije izgradnje pogona za različite potrebe korisnika. Tako su navedene dimenzije, potreban broj zaposlenih, instalirana snaga odnosno potrošnja u kW te instalirana snaga solarne elektrane za kapacitete komunalnog otpada od 5 t/h, 10 t/h, 15 t/h, 20 t/h i 40 t/h. Uzmu li se u obzir društvene vrijednosti u reciklaži otpada, one su zadovoljene na ekološkoj, materijalnoj, energetskoj i socijalnoj razini. Na ekološkoj razini, MBO-T ne stvara potrebu za odlaganjem novog komunalnog otpada, nema neugodnih mirisa ni zagađenja prostora koji inače uvjetuju pad cijena nekretnina u blizini tvornica. Materijalno gledano cijena izgradnje tvornice je niska, manji su troškovi prikupljanja jer je dovoljno odvajanje samo u jednu kantu. Tijekom obrade otpada smanjeno je vrijeme selektiranja vrsta otpada, dobiva se eko-gnojivo i sirovina koja u konačnici pokreće razvoj nove eko industrije i otvaranje radnih mjesta. Energetski resursi očituju se u manjim troškovima prerade otpada u tvornici, samo 10 kW za tonu dok je za usporedbu 175 €/t u Austriji. Energija dobivena iz RDF goriva iznosi 4000 kcal/kg čija je

vrijednost 1839 kW/t a to je ekvivalentno količini od 200 L nafte. Energija iz krovne solarne elektrane je 200-400 kW. Nova energija nastala od jedne tone prerađenog komunalnog otpada iznosi približno 2 MW. Tvrtka tehničar komunalni otpad smatra gospodarskim resursom, gdje trajno održive komplekse projektira, montira i servisira a proizvodnja komposta, sirovina i energije nam ostavlja čišći okoliš i manje komunalne naknade (www.poslovni.hr).



Slika 9. MBO-T tehnologija, skica pogona (izvor:www.poslovni.hr)

## 5. ZAKLJUČAK

Gospodarenje otpadom podrazumijeva upravljanje otpadom na svakom koraku- od proizvodnje, rukovanja, prijevoza, skladištenja, obrade, odlaganja, koje uključuje i zakonsku odgovornost [16]. Način na koji će se gospodariti s otpadom u Hrvatskoj još nije definiran, kao ni tehnologije koje će se koristiti u predviđenim Centrima za gospodarenje otpadom. Svijest i mentalitet građana mora se mijenjati edukacijom i pravilnim pristupom, kako bi se ostvarilo povjerenje u lokalnoj zajednici. Ključni dio je provođenje cjelovitog sustava gospodarenja otpadom koji prioritetno sprječava nastanak otpada, zatim priprema proizvode za ponovnu uporabu, slijedi recikliranje, energetska uporaba te krajnji i najmanje poželjan način-odlaganje otpada [4].

Novi Plan gospodarenja otpadom usvojen je 05.01. 2017. na razdoblje od 2017. do 2022. te je dužan sadržavati i Plan sprječavanja nastanka otpada. Uz Plan gospodarenja otpadom, stupanjem na snagu Zakona o održivom gospodarenju otpadom (NN br. 94/13) zatražena je obaveza izobrazbe stanovništva kako bi se otpad kvalitetnije sakupljao.

Problem biootpada kao otpada koji je najviše zastupljen u kućanstvu pokušava se riješiti Okvirnom direktivom o otpadu (2008/98/EC) prema kojoj je nužno odvojeno prikupljanje biootpada za potrebe kompostiranja i fermentacije. U skladu s tim, jedinice lokalne samouprave dužne su osigurati odvojeno sakupljanje te pogone za biološke postupke obrade otpada. Primjer za uzorno gospodarenje otpadom je Osijek koji je već 2011. godine krenuo sa odvojenim prikupljanjem otpada. Biootpad se odvozi jednom tjedno, problem kod zajedničkog stanovanja riješen je bioposudom od 16 L uz koju se primjenjuje smjesa od efektivnih mikroorganizama kako bi se spriječili neugodni mirisi. Zajedničkim smeđim kontejnerom koji sadrži svaka zgrada odvozi se kompost u kompostanu. Ostali veliki gradovi poput Zagreba, Rijeke i Splita još uvijek nemaju efektivno rješenje gospodarenja biootpadom.

Tvrtka Regeneracija koja se bavi recikliranjem tekstila svoje građane je potaknula na odgovorno ponašanje sa naknadom od 50 lipa po kilogramu stare odjeće i obuće. Podatak ide u prilog da sustav NIMBY („ne u mom dvorištu“) nije toliko djelotvoran, jer su ljudi koji su bliže prerađivačkim industrijama, više educirani i ekološki osvješteni. Ministarstvo zaštite okoliša želi potaknuti sveukupno građanstvo pravilom da svaka trgovina tekstilom veća od 400 četvornih metara, mora pružati usluge prihvaćanja otpadnog tekstila.

Suvremena proizvodnja ne ide u prilog recikliranju. Tržište je bogato proizvodima složenim od kombinacije materijala čime se problem rastavljanja uređaja na korisne komponente otežava. Najbolji primjer za to je mobilni uređaj koji u sebi može sadržavati oko 40 različitih elemenata.

Mana predviđenih Centara za gospodarenje otpadom kao i MBO pogona je volumen i prostor kojeg zauzimaju. Svojim prihvatnim mogućnostima mogu zadovoljiti veće područje ali time se povećava prijevoz do stovarišnih jedinica koje će sasvim sigurno biti izdvojene od naseljenog područja. Koliko će ugljikovog dioksida biti oslobođeno prilikom prijevoza otpada koji se na okolišno prihvatljiv način želi reciklirati. Ista kontradiktornost ostaje kod odvojenog sakupljanja otpada u kontejnerima. Biootpad se češće mora odvoziti a prijevozom stakla i papira dodatno se povećavaju troškovi prijevoza.

MBO tehnologija na tehnološki održiv način suočava se s problemima današnjice u smislu gospodarenja otpadom. Razvijen je sustav gdje nije potrebno odvajati otpad u kućanstvu što je za potrebe postizanja ciljeva Europske Unije idealan način. S druge strane kako na taj način educirati građane o važnosti recikliranja. Ostaje i procjena kakva je kvaliteta sirovina poput plastike i stakla iz reciklažnih kontejnera a kakva je iz MBO pogona.

MBO-T tehnologija koja predstavlja hrvatsku proizvodnju, patente i pogone, svoje uporište još ne nalazi na području Republike Hrvatske. Pogone imaju izgrađene samo na Krku i u Prelogu, dok svoje usluge uglavnom pružaju izvan granica. Program poslovanja MBO-T postrojenja od uobičajene MBO tehnologije se razlikuje što u Tehnixovom postrojenju ne postoji potreba za deponiranjem ostataka. Sistem Zero waste u izgrađenim pogonima u 10 minuta bi obradio otpad do reciklažnih sirovina bez odlaganja otpada. Tvornice se radom pokrivaju za dvije do pet godina, a početna ulaganja su od 3-8,9 milijuna eura. U državi gdje će u narednih par godina komunalne naknade samo rasti zbog izgradnje CGO, većeg broja kontejnera, idealan sustav za zbrinjavanje otpada ostaje na raspolaganju drugim državama.

Industrijsko vrijeme u kojem živimo treba se prilagoditi održivim ciljevima u budućnosti. Začeci se naziru u razvijanju zelene tehnologije. To su tehnologije koje odražavaju budućnost društva u cjelini, zadovoljavaju okolišno prihvatljive kriterije i koncipirane na način da čuvaju okoliš i prirodne resurse. Ovisno o području djelovanja, poznato je nekoliko tipova zelenih tehnologija poput nanotehnologije, zelene kemije, čistije proizvodnje, obnovljivih izvora energije i sl. [4] Zelena ekonomija može se razviti u neočekivanim pravcima. Jedan od njih je konzumiranje i probavljanje plastike od strane živih organizama. Na Sveučilištu Cambridge otkrivena je gusjenica vrste *Galleria mellonella* [43] koja može probaviti polietilen. Osim nje

poznati su i mikrobi koji mogu razgraditi polietilen na odlagalištima a nalaz morskih bakterija koje razgrađuju plastiku može biti rješenje za otoke otpada koji plutaju oceanima. Za konkretan primjer morskih razgrađivača plastike slijede godine istraživanja kako bi se otkrila biologija i prehrana bakterija jer postoji opasnost da svojom probavom stvaraju sitne čestice plastike koje onda idu dalje u prehrambeni sustav nižih jedinica živih bića.

## LITERATURA:

1. Buljan R., (1986): Marketing i reciklaža, Samobor
2. Đurđević D., (2015): *Energetsko iskorištavanje otpada*, Fakultet kemijskog inženjersva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu
3. Glojnarčić-Porić S., (2008): *Izravno prešanje poli(etilen-tereftalata)* Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
4. Kalambura S., Racz A. (2015): *Održivo gospodarenje otpadom*, Zdravstveno veleučilište, Zagreb
5. Kovačić i sur. (1994) : III. Simpozij Gospodarenje otpadom Zagreb 94, „PRIVREDNI MARKETING“ časopis „GOSPODARSTVO I OKOLIŠ“
6. Kratofil Krehula LJ. (2015.) *Recikliranje plastičnih materijala*, Novi aspekti zaštite okoliša u Hrvatskoj u okviru Europske Unije, Zagreb
7. Krzyk M. i sur (2014): *Postupci saniranja tekstilnog otpada*, Tekstil, Fakultet građevinarstva i geodezije, Sveučilište u Ljubljani
8. Milanović Z., (1992) : *Deponij trajno odlaganje otpada*, Zbrinjavanje gradskog otpada 1992.
9. Miličić J. (2012): *Gospodarenje komunalnim otpadom primjenom tehnologije higijenzacije*, Građevinar 64 (2012), 667-673
10. Nikolić i sur. (1993) *Ekološko i energetsko gospodarenje otpadom*, Sisak Delit
11. Narodne novine (94/2013), *Zakon o održivom gospodarenju otpadom*, Zagreb: Narodne novine d.d.
12. Peretin S., (2010): *Unapređenje razvrstavanja kućanskog otpada*, Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu
13. Ptiček-Siročić A., *Recikliranje i zbrinjavanje otpada*, interna skripta, Zavod za polimerno inženjersvo i organsku kemijsku tehnologiju
14. Rakarić i sur. (1996) : IV. *Međunarodni simpozij Gospodarenje otpadom Zagreb '96*, Tectus d.o.o.
15. Siročić i sur. (2016): *Oporaba PET ambalaže* Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
16. Skitt J., (1995) : *1000 pojmova iz gospodarenja otpadom*, Puljko, Zagreb 1995.
17. Skoko D. *Osvrt na koncepte MBO i biološkog reaktora za odlaganje otpada*, HAAS inženjering d.o.o. Đurđevac
18. Šokman M., (2016): *Recikliranje papira*, Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
19. Voća i sur. *Gospodarenje i energetska uporaba biorazgradljivog dijela komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj*, 9. Međunarodni simpozij o agronomiji, Dubrovnik, Hrvatska

20. Internetska stranica: Agencija za zaštitu okoliša  
<http://isiteadmin.azo.hr/Otpad03>  
<http://sprjecavanjeotpada.azo.hr/page.htm?id=84>  
<http://sprjecavanjeotpada.azo.hr/page.htm?id=86>
21. Internetska stranica: Ant (uvod)  
<http://www.ant.hr/plan-gospodarenja-otpadom.html>
22. Internetska stranica: Aurea-grupa  
[http://www.aurea-grupa.hr/primjeri/belisce/1/o\\_nama.htm](http://www.aurea-grupa.hr/primjeri/belisce/1/o_nama.htm)
23. Internetska stranica: Biootpad-kompostiranje PBF  
[www.pbf.unizg.hr/8\\_BROS\\_biootpad\\_kompostiranje+%5BCom](http://www.pbf.unizg.hr/8_BROS_biootpad_kompostiranje+%5BCom)
24. Internetska stranica: Ciosgrupa  
<http://www.ciosgrupa.com/>
25. Internetska stranica: C.I.O.S. MBO  
<http://www.ciosmbo.hr>
26. Internetska stranica: Dnevnik  
<https://dnevnik.hr/vijesti/hrvatska/reciklazom-tekstila-svi-ce-moci-zaraditi-od-tvrtki-do-gradjana---390870.html>
27. Internetska stranica: Dnevnik  
<https://dnevnik.hr/vijesti/hrvatska/zrinjevac-na-kompostanama-godisnje-prikupi-oko-20-000-tona-biorazgradivog-otpada---468683.html>
28. Internetska stranica: Door  
<http://www.door.hr/wp-content/uploads/2016/01/Potencijali-otpada1.pdf>
29. Internetska stranica: Drava International d.o.o. Catalog  
<https://user-4o6keoz.cld.bz/Catalog-Drava-International/5#zoom=z%20https://user-4o6keoz.cld.bz/Catalog-Drava-International/5#zoom=z%20https://www.google.hr>
30. Internetska stranica: DS Smith  
<https://www.dssmith.com/hr/recycling/uvidi/bijele-knjige/waste-hierarchy>
31. Internetska stranica: Ekologija  
<https://www.ekologija.com.hr/recikliranje-plastike/>
32. Internetska stranica: Ekotim  
<http://www.ekotim.net/bs/papir/247-kako-se-ambalazni-papirni-otpad-reciklira>
33. Internetska stranica: Fininfo  
<https://www.fininfo.hr/Poduzece/Pregled/drava-international/Detaljno/74736>

34. Internetska stranica: Fininfo

<https://www.fininfo.hr/Poduzece/Pregled/vetropack-straza-hum-na-sutli/Detaljno/52167>

35. Internetska stranica: Gospodarenje s otpadom Zagrebačke županije

<http://www.gozz.hr/hr/mehanicko-bioloska-obra-da-otpada/mehanicko-bioloska-obra-da-otpada/>

36. Internetska stranica: GRD

<http://www.grd.hr/>

37. Internetska stranica: Gumiimpex

<http://gumiimpex.hr>

38. Internetska stranica: HAOP

[http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021\\_otpad/Upute/OTP\\_D\\_Katalog\\_otpada\\_2015.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Upute/OTP_D_Katalog_otpada_2015.pdf)

[http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021\\_otpad/Izvjesca/komunalni/OTP\\_Izvje%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu\\_2016..pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Izvjesca/komunalni/OTP_Izvje%C5%A1%C4%87e%20o%20komunalnom%20otpadu_2016..pdf)

39. Internetska stranica: Humananova

<http://www.humananova.org/hr/columns/0/5/recikliranje-tekstila/>

40. Internetska stranica: Kodovi za identifikaciju plastičnih masa

[https://bs.wikipedia.org/wiki/Kodovi\\_za\\_identifikaciju\\_plasti%C4%8Dnih\\_masa](https://bs.wikipedia.org/wiki/Kodovi_za_identifikaciju_plasti%C4%8Dnih_masa)

41. Internetska stranica: Metal-produnkt

<http://metal-produnkt.hr/hr/nase-djelatnosti/#metal>

42. Internetska stranica: Narodne novine (PLAN GOSPO 2017-2022)

[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_01\\_3\\_120.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html)

43. Internetska stranica: Nature

<https://www.nature.com/articles/d41586-017-00593-y>

<https://www.nature.com/news/2011/110328/full/news.2011.191.html>

44. Internetska stranica: Osijek031

[http://www.osijek031.com/osijek.php?topic\\_id=45603](http://www.osijek031.com/osijek.php?topic_id=45603)

45. Internetska stranica: PlasticsEurope

<https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics>

46. Internetska stranica: Poslovni (MBO TEHNIX)

[http://www.poslovni.hr/media/article\\_upload/files/db/db8d9cb1e3bf59867067da82242032b3.pdf](http://www.poslovni.hr/media/article_upload/files/db/db8d9cb1e3bf59867067da82242032b3.pdf)

47. Internetska stranica: Radio Rijeka



<http://radio.hrt.hr/radio-rijeka/clanak/lokalne/u-mihacevoj-dragi-otvoreno-reciklazno-dvoriste-za-graevinski-otpad/140175/>

48. Internetska stranica: Recikliranje stakla

<http://recikliranje-stakla.com/recikliranje-stakla/>

49. Internetska stranica: Regionalni centar čistog okoliša

<http://rcco.hr/recikliranje-papira/>

50. Internetska stranica: Regeneracija

<https://www.regeneracija.hr/index.php/hr/news>

51. Internetska stranica: Rijeka (uvod)

<https://www.rijeka.hr/wp-content/uploads/2017/11/Nacrt-Plan-gospodarenja-otpadom-Grada-Rijeke-za-razdoblje-2017.-2022.-godine.pdf>

52. Internetska stranica: Tehnix

<http://catalogues.toscana-database.eu/tehnix/tehnix-zeleni-kat-hrv-2017/index.html#9/z>

53. Internetska stranica: The balance small buisness (ČELIK)

<https://www.thebalancesmb.com/an-introduction-to-metal-recycling-4057469>

54. Internetska stranica: Vetropack

[https://www.vetropack.com/fileadmin/doc/01\\_publications/05\\_Sustainability/Sustainability\\_Report\\_2017.pdf](https://www.vetropack.com/fileadmin/doc/01_publications/05_Sustainability/Sustainability_Report_2017.pdf)

[https://www.vetropack.com/en/sustainability/sustainability-report/?pk\\_vid=239052903e979ecb1535914122c60273](https://www.vetropack.com/en/sustainability/sustainability-report/?pk_vid=239052903e979ecb1535914122c60273)

55. Internetska stranica: Wikipedia

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Aluminij>

56. Internetska stranica: Zagrebačke ceste

<http://www.zgceste.hr>

57. Internetska stranica: Zagrebački holding

<http://www.zrinjevac.hr/default.aspx?id=566>

58. Internetska stranica: Zagrebpetrol

<http://www.winko.com/p/zagrebpetrol-d-o-o-0051326555?tab=o-nama>