



Republika Srbija  
Autonomna pokrajina Vojvodina  
Pokrajinski sekretarijat za energetiku i  
mineralne sirovine



Univerzitet u Novom Sadu  
Fakultet tehničkih nauka  
Novi Sad

**DEPARTMAN ZA INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE**

# **STUDIJA MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA KOMUNALNOG OTPADA U ENERGETSKE SVRHE (*WASTE TO ENERGY*)**

## **NA TERITORIJI AUTONOMNE POKRAJINE VOJVODINE I REPUBLIKE SRBIJE**

**OKTOBAR, 2008.**

**Izradu studije finansirao je**

Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine  
Autonomne Pokrajine Vojvodine

**Studiju je realizovao tim u sastavu:**

Doc. dr Goran Vujić, rukovodilac

Prof. dr Milan Martinov

Nemanja Stanisavljević dipl. ing

Dejan Ubavin dipl. ing

mr Dragana Štrbac

Bojan Batinić dipl. ing

Aleksandar Dvornić dipl. ing

dr Branko Veselinov

## SADRŽAJ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1.0 TRENDOVI KORIŠĆENJA KOMUNALNOG ČVRSTOG OTPADA U ENERGETSKE SVRHE</b>             | <b>6</b>  |
| Sakupljanje otpada  | 9         |
| Sakupljanje komunalnog otpada iz gradskih domaćinstava                                  | 10        |
| Separacija otpada na mestu nastajanja   | 10        |
| <b>2.0 MOTIVACIJA I CILJEVI</b>   | <b>12</b> |
| <b>2.1 ZAŠTO ISKORIŠĆAVANJE OTPADA U VIDU ENERGIJE?</b>                                 | <b>12</b> |
| <b>2.2 ZNAČAJ ZA SRBIJU I AP VOJVODINU</b>  | <b>13</b> |
| <b>3.0 ZAKONSKI OKVIRI</b>  | <b>14</b> |
| <b>3.1 ZAKONSKI OKVIR U SRBIJI I AP VOJVODINI</b>                                       | <b>14</b> |
| 3.1.1 Predlog zakona o upravljanju otpadom  | 14        |
| 3.1.2 Zakon o deponovanju komunalnog otpada   | 14        |
| <b>3.2 ZAKONODAVSTVO U EU</b>   | <b>15</b> |
| 3.2.1 Zaštita životne sredine (stavovi EU)  | 15        |
| 3.2.2 Zakonski okvir za iskorišćavanje otpada u vidu energije u EU                      | 16        |
| <b>4.0 CENE ELEKTRIČNE I TOPLOTNE ENERGIJE U EU I SRBIJI</b>                            | <b>18</b> |
| <b>4.1 KRETANJE CENA ENERGENATA I NJIHOVE PROGNOZE U EU</b>                             | <b>18</b> |
| <b>4.2 PROGNOZE KRETANJA CENA ELEKTRICNE ENERGIJE U AP VOJVODINI I REPUBLICI SRBIJI</b> | <b>21</b> |
| <b>4.3 ULOGA DRŽAVE U POLITICI CENA ENERGENATA</b>                                      | <b>22</b> |
| <b>5.0 SASTAV I KOLIČINA OTPADA U REPUBLICI SRBIJI I AP VOJVODINI</b>                   | <b>23</b> |
| <b>6.0 PLANIRANJE I SPROVOĐENJE PROJEKATA ISKORIŠĆENJA OTPADA U ENERGETSKE SVRHE</b>    | <b>28</b> |
| <b>6.1 OSNOVI FAKTORI U PLANIRANJU I SPROVOĐENJU</b>                                    | <b>28</b> |
| 6.1.1 Cena sakupljanja i transporta otpada  | 28        |
| 6.1.2 Kapacitet tretmana  | 28        |
| 6.1.3 Lokalni uslovi-postojeća praksa upravljanja otpadom                               | 28        |
| 6.1.4 Fizičke i hemijske karakteristike otpada  | 29        |
| 6.1.5 Sezonske fluktuacije u kvalitetu i kvalitetu otpada                               | 29        |
| 6.1.6 Odlaganje-tretman nastalih nusprodukata/efluenata                                 | 29        |
| 6.1.7 Krajnja upotreba energije   | 30        |
| 6.1.8 Investicioni troškovi   | 30        |
| 6.1.9 Uticaj na životnu sredinu   | 30        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>7.0 OSNOVNI POSTUPCI KORIŠĆENJA KOMUNALNOG ČVRSTOG OTPADA U ENERGETSKE SVRHE</b> | <b>31</b> |
| <b>7.1 OSNOVNI POSTUPCI ZA ENERGETSKO KORIŠĆENJE OTPADA</b>                         | <b>31</b> |
| 7.1.1 Parametri koji utiču ponovno iskorišćenje otpada u vidu energije              | 31        |
| <b>7.2 RASPOLOŽIVE TEHNOLOGIJE ZA ENERGETSKO KORIŠĆENJE OTPADA</b>                  | <b>32</b> |
| <b>7.3 INSINERACIJA</b>   | <b>33</b> |
| 7.3.1 Tehnologije insineracije bez prethodnog sortiranja ili obrade                 | 34        |
| 7.3.2 "Waterwall" tehnologija insineracije  | 36        |
| 7.3.3 Insineratori sa fluidizovanim slojem  | 36        |
| 7.3.4 Postrojenja za insineraciju malih dimenzija                                   | 37        |
| <b>7.4 SISTEMI KORIŠĆENJA GORIVA DOBIJENOG IZ OTPADA</b>                            | <b>38</b> |
| <b>7.5 PIROLIZA</b>   | <b>40</b> |
| <b>7.6 PLAZMA PROCES</b>  | <b>41</b> |
| 7.6.1 Plazma ARC  | 41        |
| <b>7.7 STAR MEET SISTEMI</b>  | <b>42</b> |
| 7.7.1 Gasni dizel motori  | 43        |
| 7.7.2 Različite veličine STAR MEET postrojenja                                      | 44        |
| 7.7.3 Strana iskustva   | 44        |
| <b>7.8 ANAEROBNA DIGESTIJA</b>  | <b>45</b> |
| 7.8.1 Uloga tehnologije anaerobne digestije   | 46        |
| 7.8.2 Supstrat kao ključni faktor   | 46        |
| 7.8.3 Razvoj anaerobne digestije u Evropi   | 48        |
| EVROPSKI POTENCIJAL DIGESTIJE ORGANSKOG OTPADA                                      | 48        |
| 7.8.4 Perspektive   | 48        |
| <b>7.9 DEPONIJSKI GAS</b>   | <b>49</b> |
| 7.9.1 Proces formiranja deponijskog gasa  | 49        |
| 7.9.2 Procesi koji se odvijaju u deponiji   | 50        |
| 7.9.3 Sastav deponijskog gasa   | 52        |
| 7.9.4 Postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa                                | 52        |
| 7.9.5 Ekstrakcija deponijskog gasa  | 53        |
| 7.9.6 Iskorišćavanje deponijskog gasa   | 53        |
| 7.9.7 Proizvodnja energije  | 54        |
| POSTROJENJA ZA KOGENERACIJU   | 54        |
| KOTLOVSKO POSTROJENJE   | 55        |
| DIREKTNA UPOTREBA GASA  | 55        |
| DEPONIJSKI GAS KAO PRIRODNI GAS   | 55        |
| ISPARAVANJE PROCEDNIH VODA  | 56        |
| GORIVE ČELIJE   | 56        |
| 7.9.8 Primeri dobre prakse u svetu  | 57        |
| POSTROJENJE ZA ISKORIŠĆAVANJE DEPONIJSKOG GASA U PORTUGALU                          | 57        |
| KOGENERATIVNO POSTROJENJE U DANSKOJ   | 57        |
| NAJVEĆE POSTROJENJE ZA ISKORIŠĆAVANJE DEPONIJSKOG GASA U DANSKOJ                    | 58        |

|   |           |
|---|-----------|
| DEPONIJA BARJE U SLOVENIJI _____  | 58        |
| <b>8.0 TEHNOLOGIJE PRIMENLJIVE U AP VOJVODINI I REPUBLICI SRBIJI _____</b>                              | <b>60</b> |
| <b>Piroliza _____</b>   | <b>60</b> |
| <b>Anaerobna digestija _____</b>  | <b>61</b> |
| <b>8.1 INSINERACIJA _____</b>   | <b>61</b> |
| 8.1.1 Ekonomija postrojenja za insineraciju _____   | 61        |
| Investicioni troškovi _____   | 62        |
| Troškovi rada i održavanja _____  | 62        |
| Proračun neto troškova tretmana _____   | 63        |
| <b>8.2 DEPONIJSKI GAS _____</b>   | <b>65</b> |
| 8.2.1 Ekonomija iskorišćenja deponijskog gasa _____   | 66        |
| Prihodi od proizvodnje deponijskog gasa _____   | 66        |
| Investicije _____   | 67        |
| Uticaji na životnu sredinu _____  | 67        |
| <b>9.0 ENERGETSKI POTENCIJAL DEPONIJSKOG GASA NA PODRUČJU AP<br/>VOJVODINE I REPUBLIKE SRBIJE _____</b> | <b>69</b> |
| <b>9.1 PROCENE KOLIČINE DEPONIJSKOG GASA _____</b>  | <b>69</b> |
| <b>9.2 PRORAČUN ENERGETSKOG POTENCIJALA DEPONIJSKOG GASA _____</b>                                      | <b>69</b> |
| 9.2.1 Primer deponije u Novom Sadu _____  | 70        |
| KONVERZIJA ENERGIJE _____   | 70        |
| <b>9.3 PERSPEKTIVE _____</b>  | <b>71</b> |
| <b>10.0 POTENCIJALNI PODSTICAJNI FONDOVI _____</b>  | <b>73</b> |
| <b>10.1 KARBON KREDIT _____</b>   | <b>73</b> |
| <b>10.1 PODSTICAJNI FONDOVI EVROPSKE UNIJE _____</b>  | <b>74</b> |
| 10.1.1 Pretpristupni fondovi _____  | 74        |
| <b>10.2 FONDOVI EU ZA ISTRAŽIVANJE, RAZVOJ I PODRŠKU _____</b>  | <b>75</b> |
| <b>11.0. ZAKLJUČAK _____</b>  | <b>77</b> |

## 1.0 TRENDVI KORIŠĆENJA KOMUNALNOG ČVRSTOG OTPADA U ENERGETSKE SVRHE

Porast cena energenata, ostvarenje manje zavisnosti od uvoza energenata, kontrola gasova koji izazivaju efekat staklene bašte –GHG (*Greenhouse Gases*), u saglasnosti sa Kjoto protokolom, i smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu su razlozi za istraživanje i razvoj postupaka za ponovno iskorišćenja otpada širom sveta. Osim ekonomskih efekata, glavni razlozi koji ograničavaju razvoj ponovnog iskorišćenja otpada su kulturološki, ali i to što su za energetske korišćenje otpada, koji po pravilu ima nisku toplotnu moć, potrebne predradnje, koje bi omogućile višu efikasnost i smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu. Ovi problemi posebno pogađaju zemlje u tranziciji i razvoju, kakva je Srbija. S sprovođenjem mera za pravilno prikupljanje i korišćenje otpada se kasni, što ima negativne ekološke i ekonomske posledice.

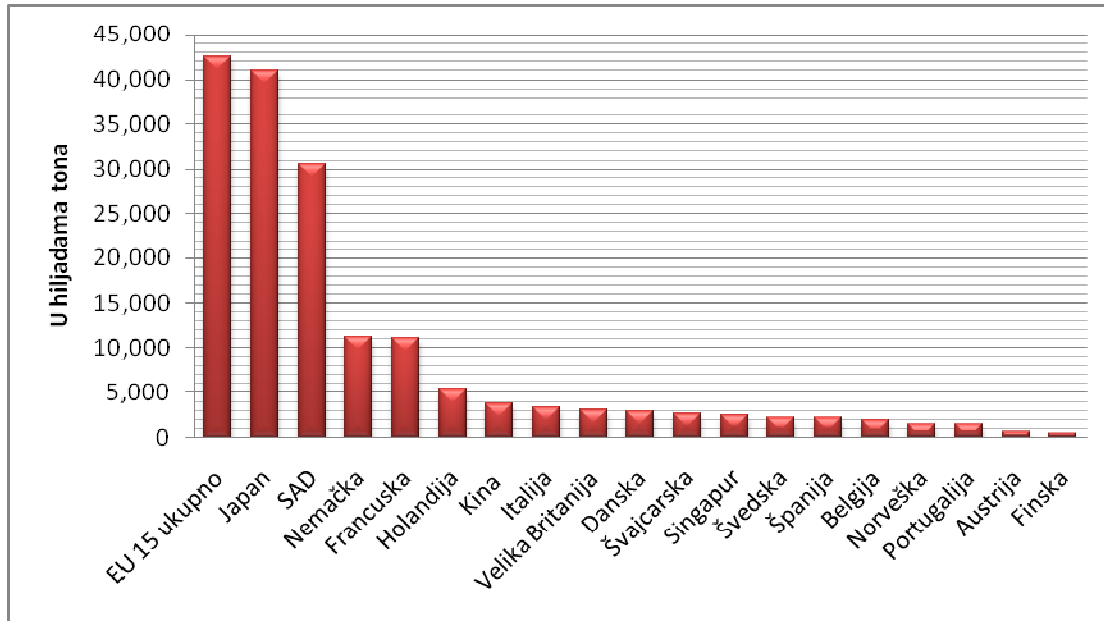
Teško je proceniti količinu ponovnog iskorišćenja otpada u vidu energije širom sveta, jer ona zavisi od toplotne moći, koja može varirati u zavisnosti od sastava. Plastika, papir i tekstil imaju više toplotne moći od ostalih sastavnih delova, od kojih neki i nisu gorivi. Stepenn ponovnog iskorišćenja zavisi i od energetske efikasnosti tehnologije koja se koristi. Energetski ekvivalent 170 miliona tona komunalnog otpada koji se tretira insineracijom, iznosi oko 220 miliona barela nafte, tj, oko 600.000 barela/dnevno. SAD dnevno troše oko 20 miliona barela nafte. Ovakav energetski doprinos omogućava balansiranje energetskih potreba, posebno u zemljama OECD. Procenjuje se da bi energija koja je na potencijalno na raspolaganju u 400 postrojenja za insineraciju u EU, pokrila energetske potrebe 27 miliona stanovnika, što odgovara populaciji Danske, Finske i Holandije. Tržište insineracije u EU 15 procenjeno je na 9 milijardi evra. U Japanu, 236 postrojenja za insineraciju proizvode energiju ekvivalentno nuklearnoj elektrani. Tržište sagorevanja u Japanu je procenjeno na 4 milijarde US\$.

Neke zemlje po stanovniku imaju relativno visok odnos komunalnog otpada, koji se tretira insineracijom. To je uglavnom slučaj u nekim azijskim zemljama, Japan i Singapur, i nekim evropskim, Danska, Švajcarska, Holandija, Norveška, Švedska i Francuska, koje su ovaj vid energije definisale kao „zelenu”. Ostale zemlje kao što su Velika Britanija, SAD i Kanada nisu još u potpunosti razvile ovu delatnost. Evropska unija postavila je cilj da 12% ukupne primarne energije i 22,1% električne, mora biti proizvedeno iz obnovljivih izvora do 2010. godine. Cilj je da se ograniči i stabilizuje organski udeo u otpadu i da obezbedi gorivo koje se dobija iz otpada (*Refuse Derived Fuel–RDF*), kao i da promoviše razvoj ponovnog iskorišćenja otpada u vidu energije.

Korišćenje opasnog otpada i onog koji nije definisan kao opasan za dobijanje energije, danas je veoma rasprostranjeno i podrazumeva insineraciju otpada radi dobijanja energije. To može da se definiše kao korišćenje obnovljivih izvora energije, koje doprinosi smanjenju emisije gasova koji izazivaju efekat staklene bašte i doprinos ispunjavanju zahteva definisanih Kjoto protokolom.

Pri sprovođenju insineracije otpada, u većini slučajeva dobija se količina energije, toplotne i/ili električne, veća od one koja se koristi za rad postrojenja, tj. obavljanja osnovnog zadatka, uklanjanja, odnosno neutralizacije otpada.

Trenutno u oko 35 zemalja postoji više od 600 postrojenja sa insineraciju u kojima se koristi energija otpada. U ovim postrojenjima tretira se 170 miliona tona komunalnog otpada, godišnje od čega oko 70% u EU, Japanu i SAD-u.

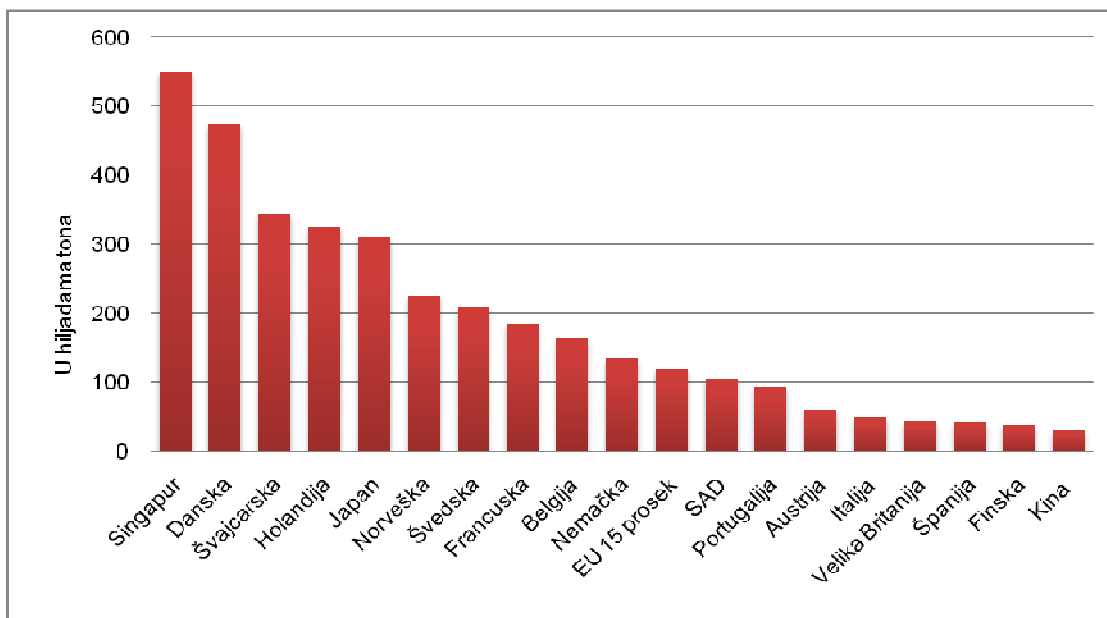


Slika 1. Količine komunalnog otpada tretiranog insineracijom u odabranim zemljama (ukupno 124 miliona tona)

Izvori: Nacionalne agencije za zaštitu životne sredine, OECD, Eurostat, CycleOpe

Deponovanje je trenutno u svetu najrasprostranjeniji metod tretmana otpada. U zemljama u razvoju, ilegalno deponovanje i nezvanično recikliranje (zasnovano na radu najsiromašnije gradske populacije), još uvek ostaje najpopularniji način odlaganja otpada danas.

Iako se deponovanje nalazi na samom dnu hijerarhije upravljanja otpadom i pored toga predstavlja najzastupljeniji metod upravljanja otpadom i u pan-Evropskim delovima. U EU 31% generisanog otpada se deponuje, 42% se reciklira, 6% procenata se tretira insineracijom u cilju dobijanja energije, a za 21% je neodređeno (podaci iz 19 zemalja članica). Dosledne informacije o metodama odlaganja otpada u EECCA (*East Europe, Caucasus and Central Asisa*) i SEE zemljama nisu dostupne. Međutim u Ruskoj federaciji između 40% i 57% ukupnog generisanog otpada iz industrije u periodu 2002-2004 godine, je deponovano.



Slika 2. Količine komunalnog otpada tretiranog insineracijom po stanovniku, u odabranim zemljama (kg po stanovniku godišnje)

Izvori: Nacionalne agencije za zaštitu životne sredine, OECD, Eurostat, CycleOpe

Deponije komunalnog otpada omogućavaju proizvodnju biogasa razlaganjem (fermentacijom) otpada. Ovako dobijeni biogas uglavnom se sastoji od metana i ugljen-dioksida (gasovi sa najvećim uticajem na efekat staklene bašte). Kada se jednom sakupi, biogas se može ponovno koristiti u vidu električne energije. 340 od 2.975 deponija u SAD-u iskorišćava generisani biogas. Sakupljanje deponijskog gasa je sada obavezno i u Evropi. Čak i zastarele deponije treba modernizovati da bi se moglo obezbediti sakupljanje generisanog biogasa. U budućnosti bi razvoj deponija u bioreaktora trebalo poboljšati, tehnički i ekonomski kao i sa aspekta zaštite životne sredine, sa ciljem unapređenja proizvodnje biogasa.

Jednostavno je nemoguće dobiti tačne informacije o svim postrojenjima za iskorišćavanje deponijskog gasa širom sveta, zato što svega nekoliko zemalja ima centralizovane podatke. Ovo znači da samo vlasnici postrojenja, konsultanti i/ili kompanije koji su dobro upoznati sa situacijom u određenoj zemlji, mogu imati podatke o tim postrojenjima. U SAD su informacije dostupne preko Agencije za zaštitu životne sredine SAD (US EPA) kroz program mogućnosti iskorišćenja metana sa deponija (*Landfill Methane Outreach Program – LMOP*). U Kanadi, *Environmental Canada* poseduje centralizovane informacije, dok u Velikoj Britaniji *Biogas Association* ima pregled postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa.

Razvoj postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa počeo je 1975 godine u Kaliforniji. Neka od tih prvih postrojenja su sada zatvorena, usled smanjenja produkcije gasa tokom godina do određene granice, gde bi nastavak rada postrojenja postalo neprofitabilan. Ubrzo nakon toga, počeo je razvoj u Evropi. Danas se veći broj postrojenja nalazi u Evropi nego u SAD-u (tabela 1).

Kapacitet postrojenja u Evropi je niži nego u SAD-u. U svetu, danas postoji više od 1.150 postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa u energetske svrhe.

U tabeli 1. je dat pregled postrojenja po zemljama. Ipak informacije o nekim zemljama treba uzimati sa rezervom, zato što nije bilo moguće pribaviti tačne informacije iz svih



zemalja. Ukupni kapacitet postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa u svetu iznosi oko 3.930 MW. Iako većina postrojenja nije locirana u SAD-u, zbog velikih kapaciteta postrojenja koja se tamo nalaze, najveća proizvodnja energije iz deponijskog gasa je upravo tamo (tabela 1).

Tabela 1. Postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa u Svetu (prikazano po regionima)

|                      | <b>Broj postrojenja</b> | <b>Snaga proizvedene energije (MW)</b> | <b>Stepen ekstrakcije gasa (m<sup>3</sup>/toni/godišnje)</b> |
|----------------------|-------------------------|--|--|
| <b>Evropa</b>        | 734                     | 1275                                   | 3.1  |
| <b>SAD</b>           | 354                     | 2378                                   | 2.9  |
| <b>Azija</b>         | 19                      | 72                                     | 4.7  |
| <b>Australia</b>     | 18                      | 76                                     | 3.8  |
| <b>Kanada</b>        | 15                      | 106                                    | 5.7  |
| <b>Južna Amerika</b> | 8                       | 18                                     | 3.6  |
| <b>Afrika</b>        | 4                       | 4                                      | 3.5  |

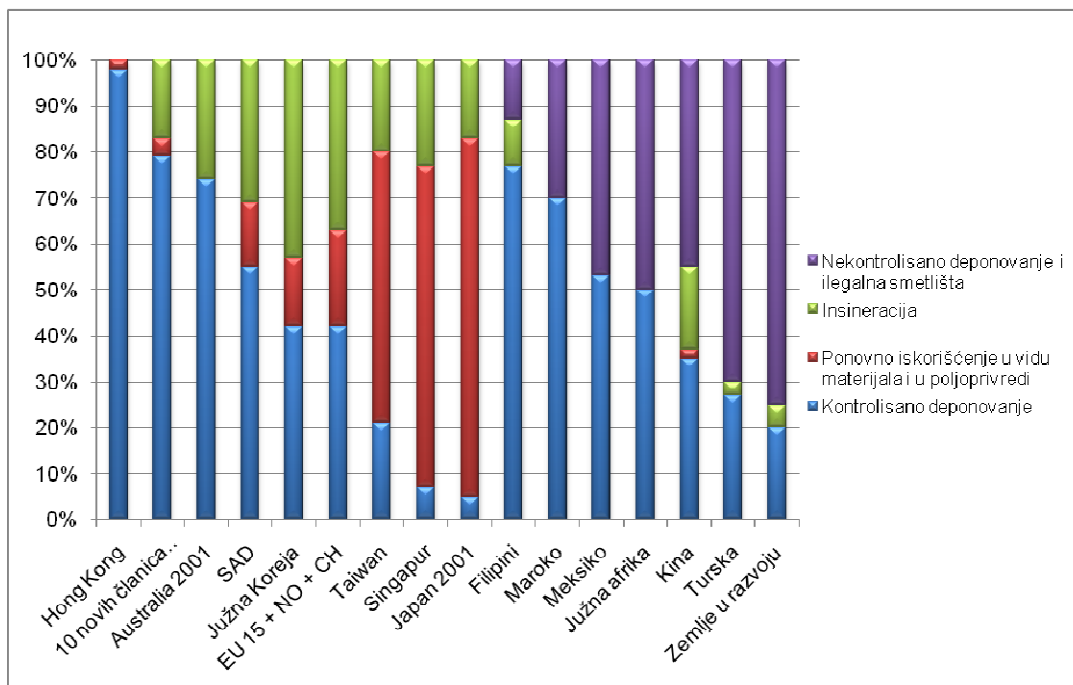
Tretiranje otpada se podstiče sa ciljem smanjivanja emisija gasova koji izazivaju efekat staklene bašte. Kjoto protokol omogućava kompanijama u industrijalizovanim zemljama da dobiju sertifikate za redukovanje emisija, investiranjem u efektivno smanjivanje nivoa gasova koji izazivaju efekat staklene bašte u zemljama u razvoju. Zbog toga Mehanizam Čistog Razvoja (*Clean Development Mechanism-CDM*) koriste kompanije investirajući u zemlje u razvoju. Već se krenulo sa realizacijom nekih projekata, kao što su sakupljanje i sistemi proizvodnje obnovljive energije iz otpada. Metan proizveden na deponijama može se iskoristiti za dobijanje sertifikata za smanjenje emisije, koji zajedno sa dozvoljenom trgovinom emisija CO<sub>2</sub>, predstavlja proizvode „carbon“ tržišta formiranih u okviru Kjoto protokola.

### **Sakupljanje otpada**

Pod pojmom sakupljanje otpada podrazumeva se uklanjanje otpada sa mesta nastanka i njegov transport do mesta odlaganja –deponije, ili mesta njegove obrade – postrojenje za tretman otpada. Sakupljanje otpada može u pojedinim slučajevima da bude izuzetno kompleksan problem s obzirom da promenljivost količine generisanog otpada tokom vremena u nekoj sredini, usled lokalnih karakteristika koje se mogu ogledati u lakšem ili težem pristupu lokacijama za sakupljanje otpada i drugih karakteristika lokalnog karaktera.

Pravilno sakupljanje svih vrsta otpada, pa i komunalnog podrazumeva odvojeno sakupljanje različitih vrsta otpada u konkretnom slučaju odvojeno sakupljanje komunalnog od industrijskog, medicinskog i drugih vrsta otpada, koji ne bi trebalo da se mešaju i zajedno odlažu na deponiju. Sem malih izuzetaka u Srbiji se ne obavlja posebno sakupljanje pomenutih vrsta otpada, a čak ako se to i učini sav otpad na kraju zajedno biva odložen na deponiju.

Trenutno na tržištu postoji veliki broj različitih kontejnera, kanti, kesa i drugi posuda za sakupljanje. Jednostavniji i ekonomičniji sistem sakupljanja otpada iziskuje standardizovane posuda za sakupljanje, odnosno korišćenje nekoliko različitih veličina koje će biti odabrane pre svega u zavisnosti od oblika stanovanja (individualno, više domaćinstava...), ali i dinamike sakupljanje.



Slika 3. Raspodela tretmana komunalnog otpada u pojedinim zemljama (%)

Izvori: Nacionalne agencije za zaštitu životne sredine, OECD, Eurostat, CycleOpe

### Sakupljanje komunalnog otpada iz gradskih domaćinstava

Sakupljanje otpada iz gradskih domaćinstava predstavlja jedan od najstarijih zadataka upravljanja otpadom. Istorijski gledano, sama svrha sistema sakupljanja komunalnog čvrstog otpada bila je uklanjanje otpada iz dvorišta i sa ulica grada. Sakupljanje otpada je poboljšalo higijenu u gradu i sprečilo širenje bolesti i zaraza. Danas sakupljanje komunalnog čvrstog otpada obezbeđuje uspešno funkcionisanje urbane infrastrukture, pružanjem logističkog okvira za izdvajanje reciklabila i otpada za odlaganje.

Sistem sakupljanja komunalnog čvrstog otpada obuhvata svako domaćinstvo u gradu, i stoga je za pružanje ispunjavanje ovako važnih usluga neophodna organizacija sa odgovarajućim kapacitetom. U gradovima sa sofisticiranim organizacijama koje se upravljanja otpadom, za sakupljanje otpada se izdvaja 50% od ukupnih troškova za odlaganje otpada.

### Separacija otpada na mestu nastajanja

Količina organskih materijala sakupljenih i tretiranih odvojeno značajno se razlikuje između različitih zemalja EU. Oko 35% (17 miliona tona) od ukupnog procenjenog potencijala za ponovno iskorišćenje od 49 miliona tona bio otpada (kuhinjski otpad) i zeleni otpad (baštenski i otpad iz parkova), sakuplja se odvojeno.

Koncept separacije otpada direktno na mestu nastajanja (u domaćinstvima), realizuje se u svim gradovima i regionima koji ocenjuvani u studiji koju je izvršila ISWA (Svetska asocijacija za upravljanje čvrstim otpadom). Ocenjivano je trinaest gradova i regiona u 9 različitih zemalja. U svim gradovima u kojima je obavljeno istraživanje, usled nedostatka prostora potrebnog za deponovanje, sprovedena je separacija na mestu nastajanja.

Većina gradova i regiona sakuplja organski otpad, papir, staklo, metal, plastični, opasan i ostali otpad (uglavnom kabasti otpad, otpad od elektronske i električne opreme i gume) odvojeno od ostalog otpada. Ipak odvojeno sakupljanje različitih frakcija otpada,

povećava broj neopodnih kontejnera, vozila i učestalost.

U većini zemalja EU se separacija otpada na mestu nastajanja podržava obezbeđivanjem kontejnera za papir, a po zahtevu vlasnika, i kontejnerom za organski otpad. U Tampere, šema separacije otpada na izvoru, uključuje organski otpad, suvi otpad za proizvodnju goriva i ostale odvojeno sakupljene reciklabilne materije. Svakom domaćinstvu su omogućena dva kontejnera: za organski i za ostali otpad. U Kopenhagenu, uspostavljen je sistem odvojenog sakupljanja kartona, da bi se izašlo u susret regulativama Danske vlade i EU, koje se odnose na stope recikliranja.

Boja kontejnera koji se upotrebljavaju za sakupljanje otpada iz domaćinstava se takođe razlikuje u skoro svim regionima i gradovima. Preporučuje se da boja kontejnera bude u skladu sa međunarodno uspostavljenim standardima. Kontejneri se razlikuju i po svojoj veličini i obliku, uglavnom iz logističkih razloga.

## 2.0 MOTIVACIJA I CILJEVI

### 2.1 ZAŠTO ISKORIŠĆAVANJE OTPADA U VIDU ENERGIJE?

Smanjenje zaliha mineralnih izvora energije – nafte, prirodnog gasa i uglja je evidentno. Poslednjih decenija društvo je postalo svesno i negativnih efekata koje izaziva debalans CO<sub>2</sub> i drugih gasova, koji uvećavaju efekat staklene bašte –GHG (*Greenhouse Gases*). Rešenje se vidi u većem korišćenju novih i obnovljivih izvora energije (NOIE), u koje spada i korišćenje komunalnog čvrstog otpada kao energenta.

Najpre je rešavan jednostavniji zadatak, da se obnovljivi izvori energije koriste za dobijanje toplotne energije – za grejanje i procesne potrebe. Poslednjih godina sve više se podstiče proizvodnja najplemenitijeg oblika energije –električne. Dosadašnja iskustva pokazala su da je proizvodnja električne energije vetrogeneratorima i korišćenjem fotovoltaičnih ćelija skupa, i zavisi od raspoloživosti tih izvora. Pored korišćenja energetske potencijala vodotokova i biomase, komunalni čvrsti otpad predstavlja jedan od najznačajnijih potencijalnih obnovljivih izvora energije.

Evropska unija proklamovala je obavezu korišćenja OIE. To je definisano takozvanim *Belim Papirom*, a realizacija je podstaknuta podsticajnim merama. *Belim Papirom* definisano je da EU do 2010. ostvari udeo primarne energije obnovljivih izvora energije od najmanje 12%. U javnosti je manje poznato da je posebnom direktivom (Anonim, 2001), predviđeno da udeo električne energije, proizvedene iz obnovljivih izvora, dostigne 22,1%. U tab. 1.1 prikazan je očekivan doprinos pojedinih zemalja, „starih“ članica.

Tabela 2. Postojeća, 1997, i planirana proizvodnja električne energije iz novih i obnovljivih izvora energije (NOIE<sub>e</sub>) u „starim“ članicama EU (Anonim, 2001)

| Zemlja           | NOIE <sub>e</sub> , TWh, 1997 | NOIE <sub>e</sub> , % 1997 | NOIE <sub>e</sub> , % 2010 |
|------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Belgija          | 0,86                          | 1,1                        | 6,0                        |
| Danska           | 3,21                          | 8,7                        | 29,0                       |
| Nemačka          | 24,91                         | 4,5                        | 12,5                       |
| Grčka            | 3,94                          | 8,6                        | 20,1                       |
| Španija          | 37,15                         | 19,9                       | 29,4                       |
| Francuska        | 66,00                         | 15,0                       | 21,0                       |
| Irska            | 0,84                          | 3,6                        | 13,2                       |
| Italija          | 46,46                         | 16,0                       | 25,0                       |
| Luksemburg       | 0,14                          | 2,1                        | 5,7                        |
| Holandija        | 3,45                          | 3,5                        | 9,0                        |
| Austrija         | 39,05                         | 70,0                       | 78,1                       |
| Portugal         | 14,30                         | 38,5                       | 39,0                       |
| Finska           | 19,03                         | 24,7                       | 31,5                       |
| Švedska          | 72,03                         | 49,1                       | 60,0                       |
| Velika Britanija | 7,04                          | 1,7                        | 10,0                       |
| EU               | 338,41                        | 13,9                       | 22                         |

Da bi se taj cilj ostvario u većini zemalja EU uvedene su posebne cene za takozvanu „zelenu“ električnu energiju (*feed-in* tarifa).

## **2.2 ZNAČAJ ZA SRBIJU I AP VOJVODINU**

Republika Srbija je, kao i sve druge zemlje Zapadnog Balkana, zainteresovane za prijem u EU, potpisala Memorandum o integraciji u energetske tržište EU (Anonim, 2007a). Na taj način prihvatila je obavezu da sledi politiku i programe EU. Da bi se to ostvarilo, moraju da se donesu mere za podsticanje proizvodnje električne energije korišćenjem komunalnog čvrstog otpada, odnosno da se pomogne u definisanju nacionalne strategije, ali i pojedinim subjektima koji u ovu oblast žele da ulože.

Pored ove već jasno definisane državne obaveze, cilj je da se proširi proizvodnja električne energije korišćenjem vlastitih materijalnih resursa, smanji zavisnost od uvoza i poveća zapošljavanje stanovništva. Tako bi se iskorišćavanjem otpada u vidu energije ostvarilo i više državnih strateških ciljeva. Da bi se odabrala prava rešenja potrebno je da se sagleda stanje u razvoju, ali i koji tip tehnologija i koji korisnici mogu da ostvare najbolje ekonomske efekte, odnosno da podsticaji od države budu što manji.

Upotreba komunalnog otpada kao goriva može imati pozitivan uticaj na životnu sredinu:

- Može omogućiti bezbednu i po ekonomskim pokazateljima povoljnu opciju odlaganja za otpad koji bi inače predstavljao značajne probleme.
- Može pomoći smanjenje emisije CO<sub>2</sub>, kroz zamenu fosilnih goriva kao i smanjiti energetske zavisnost od uvoza.
- Emisije metana sa deponija se mogu izbeći

## **3.0 ZAKONSKI OKVIRI**

### **3.1 ZAKONSKI OKVIR U SRBIJI I AP VOJVODINI**

Zakonom o energetici Republike Srbije definišu se povlašćeni proizvođači električne energije. Povlašćeni proizvođači su proizvođači koji u procesu proizvodnje električne energije koriste obnovljive izvore energije (u koje spada i deponijski gas) ili otpad, proizvođači koji proizvode električnu energiju u elektranama, koje se u smislu ovog zakona smatraju malim i proizvođači električne energije koji istovremeno proizvode električnu i toplotnu energiju, pod uslovom da ispunjavaju kriterijume u pogledu energetske efikasnosti. Ova namera će se realizovati tek kada se usvoji pojam „zelene“ električne energije, s podsticajnim cenama, koje će da obezbede ekonomski pozitivne efekte za proizvođače.

#### **3.1.1 Predlog zakona o upravljanju otpadom**

Ponovno iskorišćenje otpada kao sekundarne sirovine ili kao goriva je definisano članom 38. ovog Zakona, koji kaže da se otpad se može ponovo koristiti kao sekundarna sirovina ili gorivo. Otpad se koristi na način kojim se obezbeđuje da proizvodi koji nastaju reciklažom otpada ne prouzrokuju veći štetni uticaj na životnu sredinu od proizvoda koji su nastali od primarnih sirovina. Zabranjeno je odlaganje i spaljivanje otpada koji se može ponovo koristiti. Izuzetno, otpad se može odložiti ili spaliti, ako je to ekonomski opravdano i ne ugrožava zdravlje ljudi i životnu sredinu, uz prethodno pribavljenu dozvolu ministarstva. Ministarstvo bliže propisuje uslove i način sakupljanja, transporta, skladištenja i tretmana otpada koji se koristi kao sekundarna sirovina ili gorivo.

U članu 6, predloga Zakona o upravljanju otpadom definisani su osnovni principi upravljanja otpadom. Principom hijerarhije upravljanja otpadom definisan je redosled prioriteta upravljanja, koji obuhvataju prevenciju stvaranja i redukcija otpada, odnosno smanjenje, korišćenje resursa i smanjenje količina i/ili opasnih karakteristika nastalog otpada, ponovna upotreba odnosno korišćenja proizvoda za istu ili drugu namenu, reciklaža odnosno tretman otpada radi dobijanja sirovine za proizvodnju istog ili drugog proizvoda, iskorišćenje vrednosti otpada (kompostiranje, kao i spaljivanje otpada uz iskorišćenje energije), kao i odlaganje otpada deponovanjem ili spaljivanjem bez iskorišćenja energije, ako ne postoji drugo odgovarajuće rešenje.

Termički tretman otpada je definisan članom 41. Zakona o upravljanju otpadom, koji kaže da se Termički tretman otpada vrši se u skladu sa dozvolom za tretman izdatom na osnovu ovog zakona. Spaljivanje otpada, kao termički tretman, dozvoljeno je u postrojenjima koja su projektovana i izgrađena, odnosno opremljena za tretman otpada i koja rade na takav način da granične vrednosti emisije budu ispod vrednosti propisanih na osnovu ovog zakona. Spaljivanje otpada vrši se uz iskorišćenje energije koja se stvara sagorevanjem samo ako je to ekonomski opravdano i ako se za spaljivanje otpada ne koristi dodatna energija, osim za inicijalno paljenje, ili otpad koristi kao gorivo, ili dodatno gorivo za ko-insineraciju.

#### **3.1.2 Zakon o deponovanju komunalnog otpada**

U Republici Srbiji zakon koji se odnosi na deponovanje komunalnog otpada, obavezuje preduzeća koja obavljaju komunalne delatnosti da na lokalitetima deponija postave biotnove za otplinjavanje tela deponija, sa ciljem sprečavanja pojave eksplozija deponijskog gasa koje mogu nastati, kao i sprečavanja nastanka požara.

Kada je u pitanju deponijski gas, u Srbiji do sada nije bilo razumevanja za njegov energetski potencijal. Na postojećim lokalitetima deponija za odlaganje otpada, ne postoje

sistemi za sakupljanje i spaljivanje deponijskog gasa kao ni za proizvodnju energije, čime metan koji se generiše u telima deponije slobodno odlazi u atmosferu.

## **3.2 ZAKONODAVSTVO U EU**

### **3.2.1 Zaštita životne sredine (stavovi EU)**

Porast potrošnje energije ima direktan uticaj na pogoršanje kvaliteta životne sredine i klimatske promene. Kvalitet vazduha je glavni ekološki problem u EU. Između ostalog, trenutno se razrađuje program EU "čist vazduh" (*Clean Air Programme*), koji otkriva štetne uticaje ozona i, naročito, organskih čestica na ljudsko zdravlje, ekosisteme i poljoprivredne useve. Ova situacija će se popraviti do 2020. zahvaljujući, pre svega, primeni tekućih standarda za kontrolu emisije, ali bi i povećanje energetske efikasnosti moglo značajno doprineti poboljšanju kvaliteta vazduha smanjenjem sagorevanja fosilnih goriva. Rezultat procene, na osnovu ekoloških modela, su uštede u milijardima evra.

Sagorevanje fosilnih goriva rezultira emisijom gasova koji stvaraju efekat staklene bašte. Ukoliko se dominantni trendovi nastave, emisija CO<sub>2</sub> bi, umesto da se smanji, zapravo mogla preći nivo iz 1990. do 2030. Po trenutnoj stopi rasta energetske potrošnje, napestost između obrasca potražnje energije, koja je 80% zasnovana na fosilnim gorivima i nastojanja da se unapredi održivost životne sredine mogla bi se najjače osetiti počev od 2012. U nedavnom saopštenju o klimatskim promjenama, zaključeno je da će 50% smanjenja emisije gasova staklene bašet u budućnosti biti ostvareno zahvaljujući poboljšanju energetske efikasnosti.

Sve države članice su se obavezale da će razvijati vidove energije koji ne emituju gasove staklene bašte. One su već razradile planove za uštedu energije u određenim sektorima. Međutim, Evropa još nije pokazala sposobnost da smanji tekuće trendove ili zaustavi porast potrošnje energije.

Ušteta energije je, bez sumnje, najbrži, najefikasniji i najekonomičniji način da se smanji emisija gasova koji izazivaju efekat staklene bašte, kao i da se poboljša kvalitet vazduha, naročito u gusto naseljenim područjima. Prema tome, ona će pomoći državama članicama EU da ispune svoje obaveze preuzete Kjoto protokolom. Dovodeći do daljeg smanjenja emisije štetnih gasova, ona će predstavljati glavni doprinos dugoročnim nastojanjima EU da reši problem klimatskih promena, kao deo režima za period posle 2012. i unutar Okvirne konvencije Ujedinjenih nacija o promeni klime.

Primeru radi, procena je da će redukcije potrošnje energije u različitim sektorima dovesti do ukupne uštede od 390 Mtoe (toe –oznaka za primarnu energiju koju sadrži tona nafte) svake godine do 2020. godine, što će za posledicu imati smanjenje emisije CO<sub>2</sub> od oko 780 miliona tona na godišnjem nivou.

Sudeći po mnogobrojnim studijama, Evropska unija bi mogla uštedeti, na ekonomičan način, bar 20 % energije koju trenutno troši, što je ekvivalentno iznosu od 60 milijardi evra godišnje, ili količini energije koju Nemačka i Finska troše zajedno. Iako je potrebno uložiti znatna sredstva u novu, energetske efikasnu opremu i energetske usluge, kako bi se ostvarile ove potencijalne uštede, Evropa je svetski lider u ovoj oblasti, a energetske usluge su, u velikoj meri, lokalne po svom karakteru. To bi značilo stvaranje velikog broja novih, visokokvalitetnih radnih mesta u Evropi. Osim toga, pošto bi se za tu inicijativu koristile samo ekonomične, energetske efikasne mere, odnosno mere koje rezultiraju neto uštedom čak i kada se uzme u obzir neophodno ulaganje - uspešan plan energetske efikasnosti značio bi da deo od 60 milijardi evra koji se ne utroši na energiju predstavlja neto uštedu, dovodeći do veće konkurentnosti i poboljšanja životnih uslova stanovnika EU. Pomenute studije izvode zaključak da prosečno domaćinstvo u EU može uštedeti između

200 i 1.000 evra godišnje na ekonomičan način, u zavisnosti od svoje potrošnje energije. Delotvorna politika energetske efikasnosti mogla bi, prema tome, dati značajan doprinos konkurentnosti i zapošljavanju u EU, koji predstavljaju glavne ciljeve Lisabonske agende (*Lisbon agenda*). Baveći se pitanjem potražnje energije, ova politika je deo politika EU u oblasti snabdevanja energijom, uključujući njeno nastojanje da promoviše obnovljive energije i, kao takva, predstavlja deo prioriteta prvi put izloženih u *Zelenoj knjizi* iz 2000: "Ka evropskoj strategiji za sigurnost snabdevanja energijom". Pored toga, energetska oprema, usluge i tehnologija postaju sve važniji širom sveta. Ukoliko Evropa zadrži istaknut položaj u ovoj oblasti, što će rezultirati razvijanjem i uvođenjem novih, energetska efikasna tehnologija najpre u Evropi, otvoriće se važne poslovne mogućnosti.

### **3.2.2 Zakonski okvir za iskorišćavanje otpada u vidu energije u EU**

U zemljama Evropske unije okvir za sadašnje podsticajne mere za iskorišćavanje otpada u vidu energije, a time i za gradnju postrojenja za iskorišćavanje energetskeg potencijala otpada postavljen je sledećim dokumentima:

- Kjoto protokol – konvencija Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama, 1997. god,
- Direktiva 2001/77/EC Evropskog parlamenta i Evropskog saveta od septembra 2001. god. o promociji proizvodnje električne energije na svom energetskeg tržištu od obnovljivih izvora energije,
- Direktiva 2003/87/EC Evropskog parlamenta i Evropskog Saveta od oktobra 2003. god. o uspostavljanju mogućnosti trgovanja emisijama gasova "staklene bašte" među zemljama Evropske unije,
- Direktiva 2003/96/EC Evropskog saveta od oktobra 2003. god o reformi okvira za porez na energetske proizvode i električnu energiju,
- Direktiva 1999/81/EC Evropske Unije o deponovanju otpada.

Potpisivanjem Kjoto protokola veliki broj zemalja u svetu preuzeo je obavezu da smanji emisiju gasova s efektom staklene bašte (uglendioksid, metan, azot-suboksid i određena jedinjenja fluora) za 5% u odnosu na referentnu 1990. tokom perioda 2008 - 2012. godine. Zemlje Evropske unije, kao najrazvijenije zemlje sveta i kao najveći zagađivači po glavi stanovnika, preuzele su obavezu smanjenja emisije za 8%.

Najvažnije delatnosti koje proizvode gasove s efektom staklene bašte su energetika i transport. Pored povećanja energetske efikasnosti, kao jedna izuzetno važna mera u ovoj delatnosti, korišćenje obnovljivih izvora energije je druga značajna mera koja treba da doprinese smanjenju emisije GHG.

Da bi stvorila uslove za smanjenje emisije GHG, Evropska unija je pripremila nekoliko direktiva – u određenoj meri obavezujućih smernica za svoje članice. Najznačajnije direktive u ovoj oblasti su pripremljene od 2001. do 2003. kako bi se u narednom periodu do 2008. godine pripremile nacionalne strategije, zakoni i mere i razvili svi neophodni mehanizmi za ostvarivanje postavljenog cilja, smanjenja emisije GHG za 8%. u periodu 2008–2012. godine.

Direktivom 2001/77/EC zemlje Evropske unije (EU-15) su postavile sebi cilj da do 2010. godine učešće obnovljivih izvora energije u potrošnji primarne energije bude najmanje 12%, i da udeo električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije bude najmanje 22,1% u ukupnoj potrošnji električne energije u EU.

Pored navedenih međunarodnih dokumenata, svaka zemlja Evropske unije pripremila je zakone, propise i podsticajne mere za veće korišćenje biomase kao goriva. Te mere odnose se kako na direktno podsticanje korisnika biomase kao goriva, tako i proizvođače



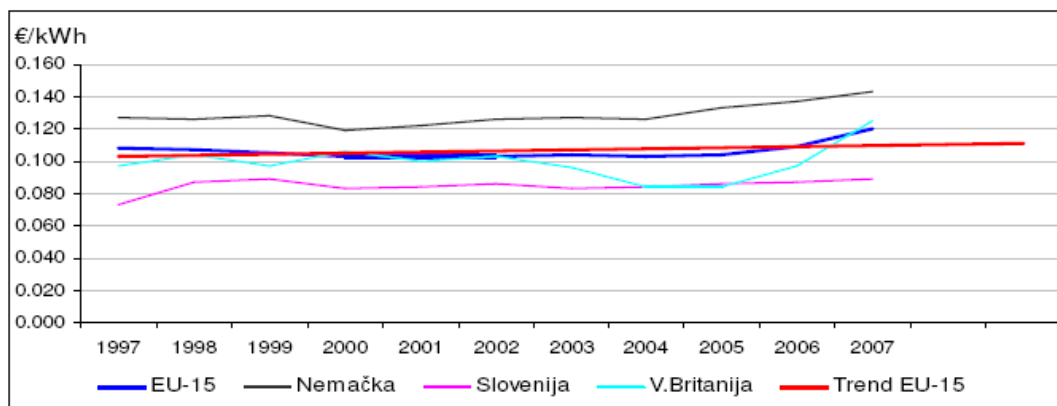
opreme, istraživačke institucije i povećanje svesti svojih građana, a naročito mladih, o značaju korišćenja obnovljivih izvora energije.

Kada je u pitanju deponijski gas, u zemljama Evropske Unije nizom direktiva je uređen čitav sistem upravljanja otpadom, koji obuhvata i upravljanje deponijskim gasom. Direktivom o deponijama 99/31/EC definisana je obaveza sakupljanja deponijskog gasa. Obavezu sakupljanja deponijskog gasa koji se generiše, i njegovog konvertovanja u upotrebnu energiju ili spaljivanja imaju kompanije koje su odgovorne za upravljanje deponijama. Tako je deponijski gas svrstan u kategoriju obnovljivih izvora energije, s još većim značajem, jer se njegovim korišćenjem dopunski rešava i problem uklanjanja negativnih efekata deponija, te eksplicitnom doprinosu sniženja emisije GHG.

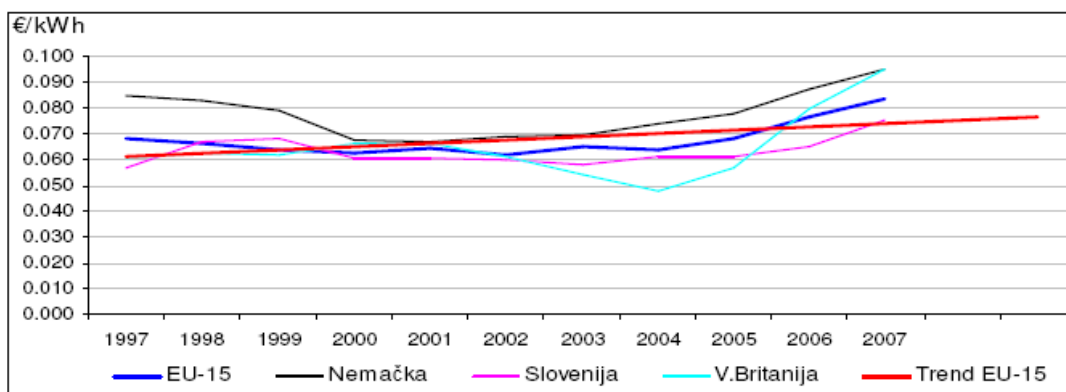
## 4.0 CENE ELEKTRIČNE I TOPLOTNE ENERGIJE U EU I SRBIJI

### 4.1 KRETANJE CENA ENERGENATA I NJIHOVE PROGNOZE U EU

Kada se govori o cenama energenata obavezno se razlikuju kategorije potrošača. Na narednim slikama je prikazano kretanje cena električne energije i prirodnog gasa za male potrošače – domaćinstva, industrijska preduzeća i velika industrijska preduzeća (to su ona čija je godišnja potrošnja električne energije veća od 24 GWh i 418 600 GJ prirodnog gasa). U zemlje EU 15 spadaju: Austrija, Belgija, Danska, Finska, Francuska, Nemačka, Grčka, Irska, Italija, Luksemburg, Holandija, Portugal, Španija, Švedska i Velika Britanija. Kako ta cena predstavlja prosečnu cenu država koje su među prvima ušle u Evropsku zajednicu i za koje postoje podaci za prethodni desetogodišnji period baš te cene su uzete kao osnov za projekciju cena energenata. Svi podaci o cenama su preuzeti sa zvaničnog statističkog sajta Evropske unije (Eurostat – [www.epp.eurostat.ec.europa.eu](http://www.epp.eurostat.ec.europa.eu)). Cena električne energije u zemljama EU se razlikuje od zemlje do zemlje. Može se videti sa narednih slika da su cene energenata za navedene kategorije najviše u Nemačkoj, koja je energetski zavisna. Dok su cene za Slovenacko tržište i Veliku Britaniju niže od prosečne za EU 15. Svi grafici pokazuju da su u poslednje 2-3 godine cene energenata beležile samo porast, dok nagib trend linije pokazuje da se najveći rast očekuje kod cene prirodnog gasa za industrijske i velike industrijske potrošače. Cena električne energije za domaćinstva u posmatranom periodu je rasla postepeno, očekuje se i da će se nastaviti takav trend u narednom periodu. ([www.epp.eurostat.ec.europa.eu](http://www.epp.eurostat.ec.europa.eu))

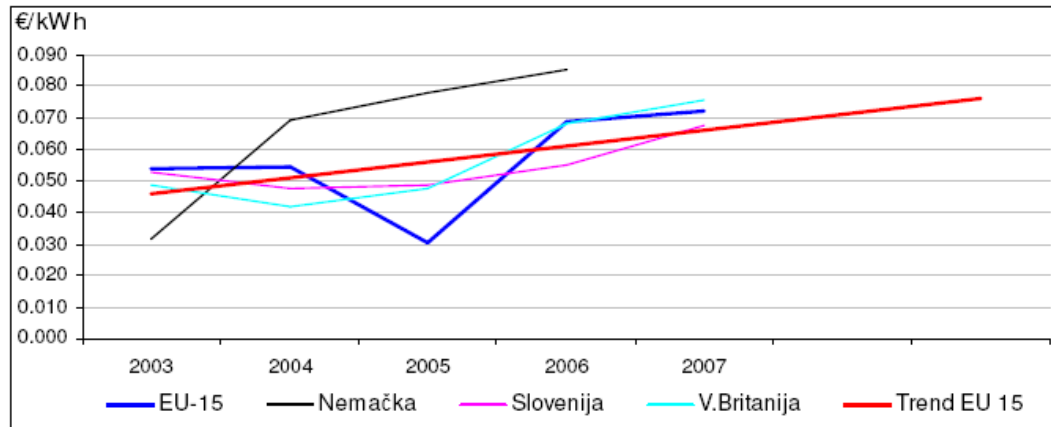


Slika 4. Kretanje cene energije za male potrošače

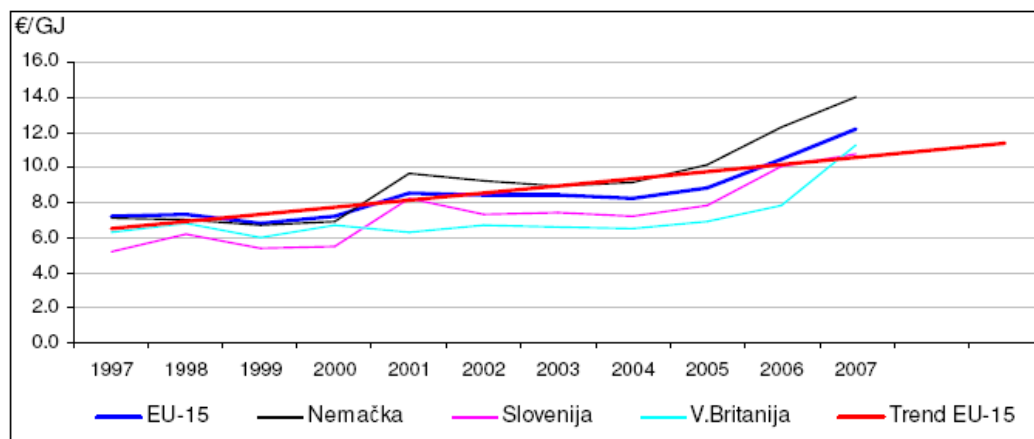


Slika 5. Kretanje cene EE za industrijske potrošače

Cena električne energije za industrijske potrošače (slika 5) je više manje stagnirala u periodu od 2000.-2003. posle čega se beleži porast narocito nagao u 2006. godini. U narednom periodu ocekuje se porast ovih cena.

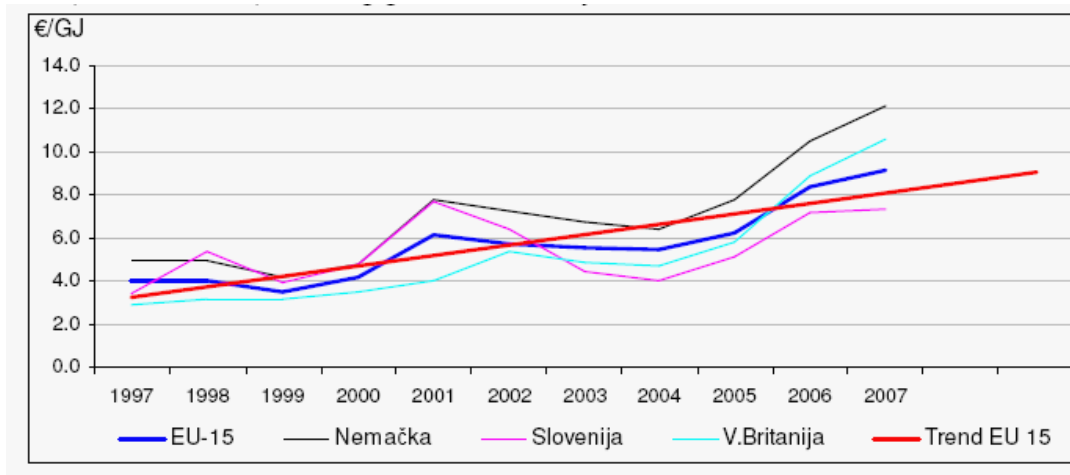


Slika 6. Kretanje cene električne energije za velike industrijske potrošače



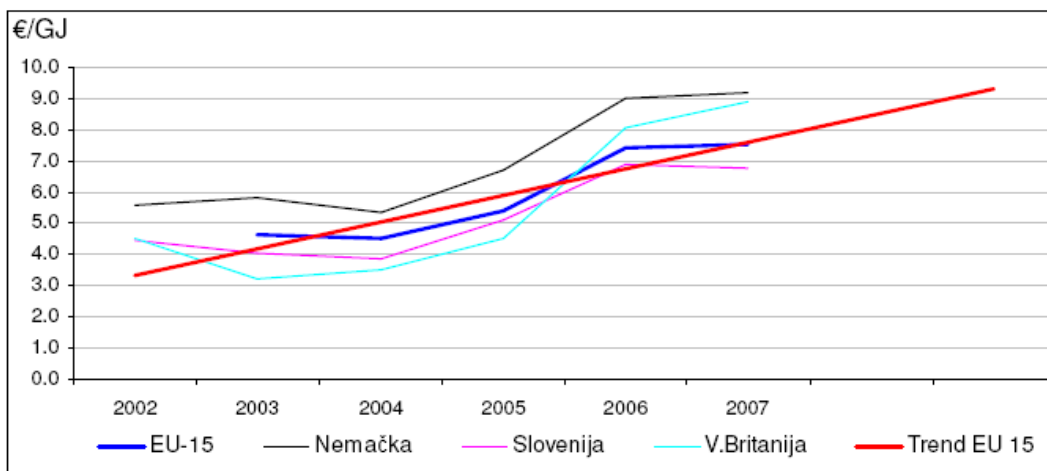
Slika 7. Kretanje cene prirodnog gasa za male potrošače - domaćinstva

Kretanje cena prirodnog gasa za kategoriju malih potrošača (slika 7) je uglavnom ujednačeno za sve zemlje. Prirodni gas se za navedene zemlje većinom nabavlja iz uvoza te zavisi od mnogi propratnih faktora. Primećuje se da je cena od 2005. godine značajnije porasla imajući u vidu blage poraste u prethodnim godinama. Trend porasta cene prirodnog gasa se nastavlja.



Slika 8. Kretanje cene prirodnog gasa za industrijske potrošače

Takođe, posmatrajući cene prirodnog gasa za industrijske i velike industrijske potrošače (slike 8. i 9) se vidi da su najviše u Nemačkoj. Kosina trend linije pokazuje da se projekcija daljeg porasta cene prirodnog gasa za potrošače u industriji i velike potrošače nastavlja istim intenzitetom.



Slika 9. Kretanje cena prirodnog gasa za velike industrijske potrošače

Projekcija kretanja cena energenata za zemlje EU 15 u narednih 5 godina je data u tabeli 2. pri čemu je urađena na osnovu trend linije za EU 15 zemlje koristeći podatke koji su prezentovani na prethodnim slikama.

Tabela 2. Prognoza kretanja cena električne energije i prirodnog gasa

|                                 | 2008.   | 2009.   | 2010.   | 2011.   | 2012    |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| EE za male potrošače [€/kWh]    | 0,1098  | 0,1104  | 0,1110  | 0,1116  | 0,1122  |
| EE za industriju [€/kWh]        | 0,0746  | 0,0758  | 0,0770  | 0,0782  | 0,0794  |
| EE za veliku industriju [€/kWh] | 0,0709  | 0,0759  | 0,0809  | 0,0859  | 0,0909  |
| NG za male potrošače [€/GJ]     | 10,9412 | 11,3485 | 11,7558 | 12,1631 | 12,5704 |
| NG za industriju [€/GJ]         | 8,5427  | 9,0222  | 9,5017  | 9,9812  | 10,4607 |
| NG za veliku industriju [€/GJ]  | 7,5950  | 8,4530  | 9,3110  | 10,1690 | 11,0270 |

## 4.2 PROGNOZE KRETANJA CENA ELEKTRICNE ENERGIJE U AP VOJVODINI I REPUBLICI SRBIJI

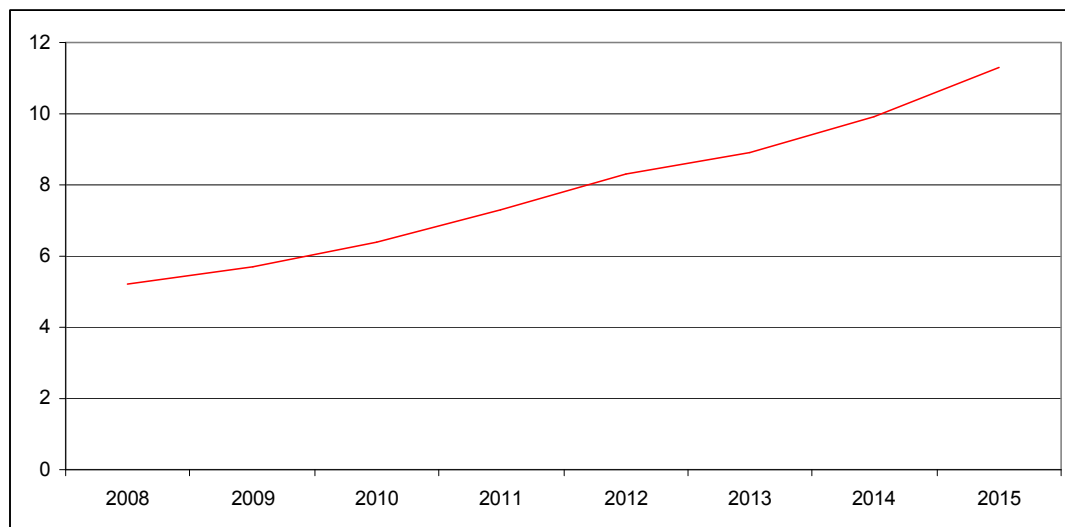
Cena toplotne energije u Srbiji obično se kreće u granicama od 3,5 €/kWh, pri čemu krajnji kupac dodatno plaća troškove instalacije i službe koja energiju distribuira i obavlja druge servise, održavanje i naplaćivanje.

Sadašnja cena električne energije u Srbiji, u proseku iznosi 5 €/kWh. Povoljni ekonomski pokazatelji mogu da se ostvare samo ukoliko cena „zelene“ električne energije bude viša.

Osnova za utvrđivanje visine cene „zelene“ električne energije je doprinos zaštiti životne sredine i smanjenju emisije GHG (*Greenhouses Gases*).

Sa stanovništva ekonomskih pokazatelja sufinansiranje i povoljni krediti imaju manji uticaj nego cena isporučene, pre svega električne, energije. Negativni efekti podrške društva subvencionisanjem gradnje, podrške društva subvencionisanjem gradnje, povoljnim kreditima i cenom električne energije očituju se u zemljama EU, u rastu cena opreme. Ovaj trend biće eliminisan rastom konkurencije.

Na savetovanju ENERGETIKA 2008. Elektroprivreda Srbije je imala izlaganje vezano za program razvoja do 2015 godine. Programom razvoja obuhvaćen je plan rasta cene električne energije za period 2008.–2015.god. Prema projekciji EPS-a, cena električne energije bi imala ovakav rast izražen u evro centima po kWh: 2008. - **5,2**; 2009. – **5,7**; 2010 – **6,4**; 2011 – **7,3**; 2012 – **8,3**; 2013 – **8,9**; 2014 – **9,9**; 2015 – **11,3**.



Slika 10. Prognoza kretanja cena električne energije u Republici Srbiji prema projekciji EPS-a (€/kWh)

Izvor: Program međunarodnog savetovanja Energetika 2008, Zlatibor 25.03. - 28.03.2008

Ako uzmemo u obzir činjenicu da je cena električne energije u Srbiji daleko ispod realne cene koja je trenutno u Zemljama Evropske unije, kao i činjenicu da se u budućnosti usled prevelike potrošnje energenata očekuje konstantan rast cene energije u Evropi, pa i u Srbiji, korišćenje otpada u energetske svrhe će postati veoma atraktivna alternativa fosilnim gorivima, i predstavljati konstantan izvor zelene energije koji će u budućnosti biti sve više i više primenljiv.

### **4.3 ULOGA DRŽAVE U POLITICI CENA ENERGENATA**

Domaća proizvodnja električne energije kod nas gotovo u potpunosti pokriva domaće potrebe. Međutim, proizvodnja prirodnog gasa je znatno manja od domaćih potreba pa je neophodan uvoz znatnih količina. Zbog domaće proizvodnje je prosečna cena prirodnog gasa kod nas nešto niža od evropskih, ali je cena električne energije još uvek značajno niža. Orijentacija naše zemlje ide u smeru priključenja Evropskoj uniji što zahteva i promenu odnosa prema tržištu i cenama energenata. Energetsko tržište je specifično zbog postojanja čvrstih monopola, koji diktiraju cene. Ovaj uticaj im omogućava ostvarivanje monopolskog profita. Zaštita potrošača je razlog zbog kojeg država posebnim merama vrši regulisanje cena energenata. Načini regulisanja cena razlikuju se od zemlje do zemlje. U Srbiji je državna kontrola dovela do situacije da je zaštita potrebija akterima na strani energetske ponude u odnosu na monopoliste. Iako su ranije postojali mehanizmi određivanja cena energetskih proizvoda, praktično se određivanje cena odvijalo u pregovorima između države i proizvođača. Država i za vođenje takve politike ima svoje argumente: obuzdavanje inflacije, zaštitu životnog standarda i konkurentnosti domaće industrije i poljoprivrede. Potrošači električne energije trajno su zainteresovani za što veći stepen sigurnosti snabdevanja električnom energijom, ali i po najnižoj mogućoj ceni. Rezultat ovih sučeljavanja su često formiranje neekonomične cene energije. Ovi ekstremi treba da se pomire i da se na određen način usklade sa društvenim interesima u celini. Na svetskom tržištu cena sirove nafte je u neprestanom porastu. U kratkom vremenskom periodu je poskupela čak za 25% između ostalog i zbog niske vrednosti US\$ u odnosu na druge svetske valute. To se direktno projektuje i na cenu tečnih goriva u Srbiji, a sa malim vremenskim zaostatkom i na cenu prirodnog gasa. Primena svetskih cena je logična za grupu proizvoda kao što su nafta, prirodni gas i kameni uglj, koje Srbija uvozi. Kod električne energije određena vrsta kontrole cena je neizbežna. Vlade razvijenih zemalja preferiraju što veću ulogu tržišta, pospešujući konkurentnost kroz slobodan pristup mreži i konkurenciju proizvođača. Zbog velikog uticaja države u Srbiji električna energija trenutno nema realnu cenu. Prisutan je porast ove cena i neminovno je da će se taj trend nastaviti za sve kategorije potrošača, ali on ni izbliza ne prati trend porasta cena fosilnih goriva. Sama prognoza dinamike porasta cene električne energije je vrlo nezahvalna, jer je to politička odluka koja treba da balansira između nužnosti porasta i održavanja socijalnog mira i održivog razvoja. Cena prirodnog gasa je povezana sa regionalnim promenama i uslovima, a značajno je i učešće transportnih troškova u ukupnoj ceni. Danas postoje tri velika regiona tržišta prirodnog gasa: azijsko tržište sa najrazuđenijom mrežom snabdevanja koje ima najviše cene, američko tržište, pretežno kontinentalnog karaktera, kompaktno i ima i najniže cene prirodnog gasa, a evropsko tržište je između ova dva. Istorijski posmatrano, cena gasa je pratila kretanja cene sirove nafte na svetskom tržištu i sve krize na tom tržištu dovodile su i do porasta cene prirodnog gasa. Očekivano je da će se ta veza izgubiti za desetak godina. Smatra se da bi tada trebalo da dođe do prelaska sa regionalnih na globalno tržište prirodnog gasa i slobodnog i jedinstvenog formiranja njegovih cena.

## 5.0 SASTAV I KOLIČINA OTPADA U REPUBLICI SRBIJI I AP VOJVODINI

U periodu tranzicioih promena, u kojima postoji manjak zakonskih regulativa, strategija i standarda pojavljuju se razne ideje o mogućnosti nadgradnje upravljanja otpadom u pojedinim opštinama. Kao ključni faktor u određivanju mogućnosti korišćenja otpada u energetske svrhe predstavlja sastav i količina otpada.

Postojeće stanje u opštinama Republike Srbije i AP Vojvodine karakterišu nepouzdana i nepotpuni podaci o količini i kvalitetu generisanja komunalnog i kućnog otpada. Razlog tome leži u činjenici da su u većini opština podaci zastareli, ali se i dalje koriste kao pouzdan indikator pri izradi planova upravljanja komunalnim otpadom.

Danas opštine u našoj zemlji pokušavaju da nadoknade izgubljeno vreme, a tema upravljanja otpadom postaje jedna od najvažnijih u oblasti zaštite životne sredine. Osim toga, oseća se sve veća potreba za znanjem i podacima o kućnom otpadu, koji su neophodni pri planiranju sakupljanja i tretiranja, kao i za utvrđivanje štetnih materija koje se u njemu sadrže.

Poslednji i jedini nacionalni podaci o sastavu i količini otpada donelo je, 2003. godine, Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine u Nacionalnoj strategiji upravljanja otpadom sa programom približenja EU. Prema podacima iz ANKETE (ni tada nisu rađena merenja na reprezentativnim uzorcima) iz 160 opština procenjeno je da se u Srbiji generiše 0,8 kg/stanovniku/dan, što je 5.983 tona/dnevno ili 2,2 miliona tona godišnje. Procentualni sastav otpada nije obrađen.

EnE Centar u Saradnji sa Departmanom za inženjerstvo zaštite životne Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu obavio je analizu sastava i količina otpada na teritoriji Republike Srbije i AP Vojvodine

Tabela 3. Izmerene kategorije otpada za individualno stanovanje u Novom Sadu

| Vrsta otpada                  | Ukupno (kg)  | Udeo (%)   |
|-------------------------------|--------------|------------|
| Baštenski otpad               | 82,55        | 14,63      |
| Ostali biorazgradivi otpad    | 232,05       | 41,13      |
| Papir                         | 16,85        | 2,98       |
| Staklo                        | 72,15        | 12,79      |
| Karton                        | 40,95        | 7,27       |
| Karton sa voskom              | 3            | 0,53       |
| Karton sa aluminijumom        | 2,9          | 0,51       |
| Metal- ambalažni i ostali     | 10,2         | 1,81       |
| Metal- aluminijumske konzerve | 2            | 0,35       |
| Plastični ambalažni otpad     | 13,45        | 2,38       |
| Kese iz prodavnica            | 18,1         | 3,22       |
| Tvrda plastika                | 28,8         | 5,1        |
| Tekstil                       | 26,05        | 4,62       |
| Koža                          | 0            | 0          |
| Ostalo: fini elementi         | 15,5         | 2,68       |
| <b>Ukupno</b>                 | <b>564,2</b> | <b>100</b> |

Cilj analize otpada u opštinama Republike Srbije bio je da se obavi procena generisanih količina komunalnog otpada. Uzorkovanje i analiza obavljani su za referentne opštine, koje su birane na osnovu odabranih kriterijuma relevantnih za izbor reprezentativnih lokaliteta: ekonomska razvijenost, pozicija opštine u odnosu na granice

države, tranzitni položaj i drugo. Odlučeno je da se izaberu srednje razvijene opštine prema dohotka po glavi stanovnika. Dobijeni podaci trebalo je da pomognu lokalnim vlastima u upravljanju ovim otpadom. Sa druge strane, rezultati analiza po opštinama sagledani zbirno i statistički, uprosečeni, dali su jasniju sliku o količini i tokovima otpada na nivou Republike, što je od velike važnosti za izradu regionalnog plana o upravljanju otpadom, koji obuhvata i iskorišćavanje otpada u vidu energije.

Rezultati koji su dobijeni analizom na reprezentativnom uzorku u Novom Sadu, prikazani su u tabelama 3, 4. i 5.

*Tabela 4. Izmerene kategorija otpada za kolektivno stanovanje u Novom Sadu*

| <b>Vrsta otpada</b>           | <b>Ukupno (kg)</b> | <b>Udeo (%)</b> |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|
| Baštenski otpad               | 11,35              | 2,03            |
| Ostali biorazgradivi otpad    | 250,45             | 45,71           |
| Papir                         | 56,65              | 10,35           |
| Staklo                        | 27,65              | 5,06            |
| Karton                        | 46,5               | 8,49            |
| Karton sa voskom              | 2,8                | 0,51            |
| Karton sa aluminijumom        | 6,3                | 1,15            |
| Metal- ambalažni i ostali     | 6,35               | 1,16            |
| Metal- aluminijumske konzerve | 3,55               | 0,65            |
| Plastični ambalažni otpad     | 30,15              | 5,50            |
| Kese iz prodavnica            | 39,6               | 7,24            |
| Tvrda plastika                | 20,7               | 3,79            |
| Tekstil                       | 30,25              | 5,52            |
| Koža                          | 2,05               | 0,37            |
| Ostalo: fini elementi         | 13,50              | 2,47            |
| <b>Ukupno</b>                 | <b>547,85</b>      | <b>100</b>      |

*Tabela 5. Izmerene kategorije otpada za seosku zonu u Novom Sadu*

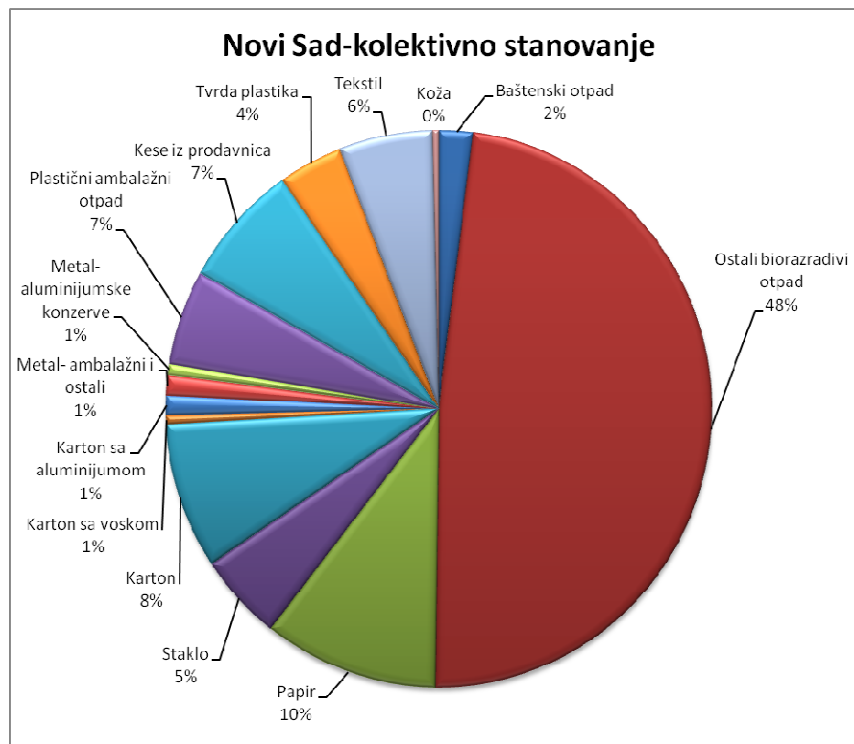
| <b>Vrsta otpada</b>           | <b>Ukupno (kg)</b> | <b>Udeo (%)</b> |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|
| Baštenski otpad               | 156,95             | 28,74           |
| Ostali biorazgradivi otpad    | 162,9              | 29,83           |
| Papir                         | 27,7               | 5,07            |
| Staklo                        | 9,15               | 1,68            |
| Karton                        | 30,75              | 5,63            |
| Karton sa voskom              | 2,95               | 0,54            |
| Karton sa aluminijumom        | 3,95               | 0,72            |
| Metal- ambalažni i ostali     | 9,15               | 1,68            |
| Metal- aluminijumske konzerve | 1,95               | 0,36            |
| Plastični ambalažni otpad     | 27,9               | 5,11            |
| Kese iz prodavnica            | 27,1               | 4,96            |
| Tvrda plastika                | 11,3               | 2,07            |
| Tekstil                       | 40,15              | 7,35            |
| Koža                          | 4,85               | 0,89            |
| Ostalo: fini elementi         | 29,35              | 5,37            |
| <b>Ukupno</b>                 | <b>546,10</b>      | <b>100</b>      |

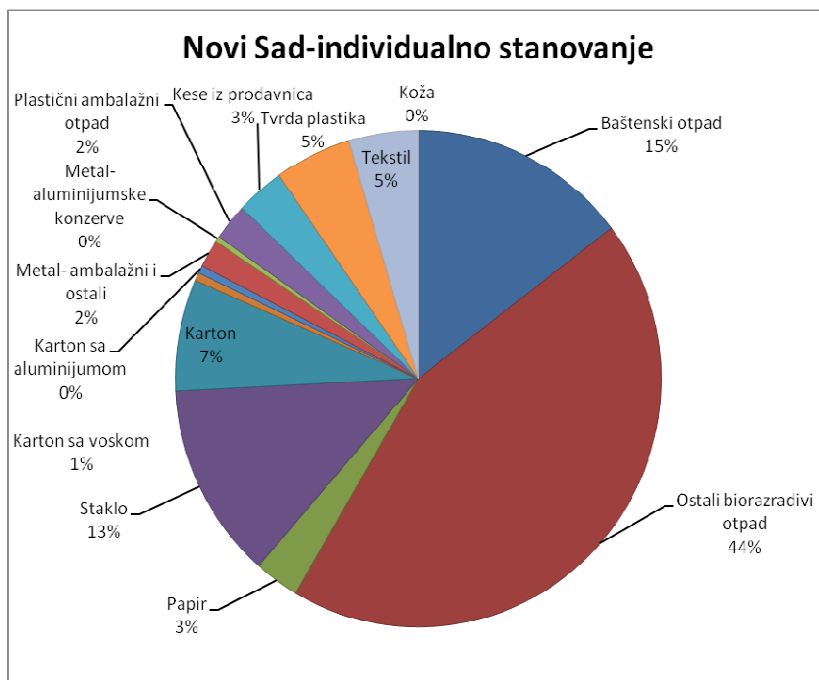
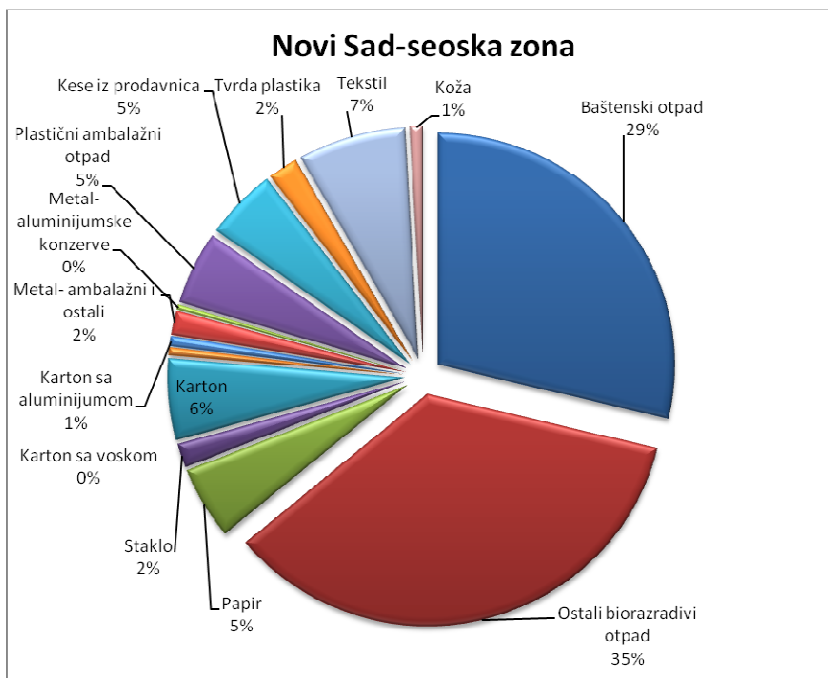
Uzorkovanje je obavljeno na isti način u svim reprezentativnim opštinama.



Tabela 6. Uporedni rezultati morfološkog sastava otpada (maseni udeo-kg) po opštinama Vojvodine- prosečni udeo sva tri sektora na osnovu broja stanovnika

| Kategorija otpada             | Indija (%) | Novi Sad (%) | Novi Kneževac (%) | Sombor (%) |
|-------------------------------|------------|--------------|-------------------|------------|
| Ukupan biorazgradivi          | 68,06      | 51,05        | 56,58             | 58,96      |
| Baštenski otpad               | 31,81      | 9,28         | 33,58             | 21,22      |
| Ostali biorazgradivi otpad    | 36,25      | 41,77        | 23,00             | 37,74      |
| Papir                         | 2,63       | 8,27         | 5,58              | 2,44       |
| Staklo                        | 3,16       | 5,4          | 2,14              | 2,31       |
| Karton                        | 2,29       | 7,73         | 2,81              | 3,13       |
| Karton sa voskom              | 0,5        | 0,52         | 0,89              | 0,15       |
| Karton sa aluminijumom        | 0,38       | 0,97         | 0,39              | 0,35       |
| Metal- ambalažni i ostali     | 1,3        | 1,35         | 2,77              | 0,6        |
| Metal- aluminijumske konzerve | 0,11       | 0,55         | 0,22              | 0,1        |
| Plastični ambalažni otpad     | 1,08       | 4,99         | 4,75              | 4,55       |
| Kese iz prodavnica            | 4,76       | 6,22         | 6,54              | 4,62       |
| Tvrda plastika                | 2,23       | 3,64         | 1,81              | 2,45       |
| Tekstil                       | 7,08       | 5,75         | 9,09              | 10,95      |
| Koža                          | 0,83       | 0,48         | 0,8               | 2,54       |
| Ostalo: fini elementi         | 5,59       | 3,08         | 5,63              | 6,85       |





*Tabela 7. Poređenje količina generisanja otpada u opštinama u zavisnosti od broja stanovnika*

| <b>Opština<br/>(br. stanovnika)</b>             | <b>Sakupljena<br/>količina<br/>otpada<br/>(t/nedeljno)</b> | <b>Količina otpada<br/>po stanovniku<br/>(kg/st/dn)</b> | <b>Projekcija<br/>generisane količine<br/>na godišnjem nivou<br/>(t/god)</b> | <b>Količina generisanog<br/>otpada po<br/>stanovniku godišnje<br/>(kg/st/god)</b> |
|---|--|---|--|---|
| <i>Novi Sad<br/>(314192 st.)</i>                | 2.500  | 1,14  | 130.000  | 413,8   |
| <i>Inđija<br/>(49258 st.)</i>                   | 417  | 1,21  | 21.679   | 440,1   |
| <i>Sombor<br/>(grad+Bezdan)<br/>(56734 st.)</i> | 302  | 0,76  | 15.712   | 277,0   |

U budućnosti se očekuje porast količina otpada. Sledeći parametri utiču na količinu i sastav otpada:

- rast broja stanovnika,
- ekonomski rast,
- povećanje pokrivenosti sakupljanja,
- smanjenje otpada zbog razvstavanja na mestu nastajanja.

## **6.0 PLANIRANJE I SPROVOĐENJE PROJEKATA ISKORIŠĆENJA OTPADA U ENERGETSKE SVRHE**

Sveki projekat ponovnog iskorišćenja energije iz otpada sastoji se od nekoliko elemenata – sakupljanje/dostupne količine otpada, tretman otpada i iskorišćenje energije iz otpada, distribucija i prodaja krajnjih produkata, odlaganje krajnjih produkata/efluenata itd. Ako bilo koji od ovih elemenata ne funkcioniše na odgovarajući način, tečno upravljanje ovim projektima se ne može obezbediti. Zbog toga je odgovarajuće i prethodno planiranje od velike važnosti za uspeh ovakvih projekata.

### **6.1 OSNOVI FAKTORI U PLANIRANJU I SPROVOĐENJU**

Nadalje su analizirani najznačajniji uticaji koji se moraju razmatrati i uzeti u obzir, prilikom planiranja bilo kojeg *waste-to-energy* (od otpada do energije) postrojenja, kao i za odabir najpogodnije/najodrživije tehno-ekonomski prihvatljive tehnologije.

#### **6.1.1 Cena sakupljanja i transporta otpada**

Logistika sakupljanja/izdvajanja otpada i njegovog transporta do lokacije postrojenja su od osnovne važnosti. Naknadno treba uzeti u obzir i troškove vezane za sakupljanje, izdvajanje i transport. U specifičnim slučajevima komunalnog čvrstog otpada, troškovi sakupljanja i transporta često predstavljaju najveći udeo troškova tretmana, koji može dostići i do 70%. Ovi troškovi, u pojedinim slučajevima, na primer, odvoženje sanitarnog otpada do udaljenih lokacija, mogu da imaju odlučujući uticaj na neprihvatljivost neke tehnologije.

#### **6.1.2 Kapacitet tretmana**

Količina otpada koja je dostupna predstavlja još jedan od glavnih faktora koji zahtevaju pažljivo razmatranje. Tretmani velikog kapaciteta ima prednosti kada su u pitanju veliki gradovi gde se generišu velike količine otpada. Tretmani malih kapaciteta predstavljaju pogodnije rešenje kada su količine otpada koje se generišu male. Prednost ovakvih objekata je u njihovoj mogućnosti da rade i lako i brzo. Međutim troškovi sakupljanja i transporta u ovom slučaju (obuhvataju široko područje), su zasigurno veći nego u slučaju sakupljanja i transporta velikih količina otpada iz određenih oblasti, i *trade-off* bi bio neophodan.

#### **6.1.3 Lokalni uslovi-postojeća praksa upravljanja otpadom**

Izvodljivost *Waste-to-Energy* projekata, kritično zavisi od dostupnih kao i potrebnih količina i samog „kvaliteta“ otpada. S toga je bezuslovno neophodno obezbediti odgovarajuće veze u upravljanju otpadom, počevši od mesta generisanja, do konačnog odlaganja.

Praksa upravljanja otpadom uglavnom zavisi od lokalnih ekonomskih i fizičkih uslova, stope generisanja i sastava otpada. Poslednja dva faktora takođe određuju potencijal iskorišćenja energije u okviru sistema upravljanja otpadom. Lokalni socio-ekonomski uslovi i postojeća praksa upravljanja otpadom, mogu kočiti određena rešenja koja su inače tehno-ekonomski održiva. U suprotnom, u određenim slučajevima postoji potreba za unapređenjem postojećih praksi upravljanja otpadom sa ciljem maksimalnog iskorišćenja energetskeg potencijala.

Na primer, otpadi različitog kvaliteta iz različitih aktivnosti često se mešaju sa urbanim komunalnim otpadom. Neki od ovih tokova otpada imaju veoma visok procenat organskih materija i samim tim visoki potencijal energetskeg iskorišćenja. Zbog toga bi se trebalo

obezbediti da se ovakvi otpadi sakupljaju i transportuju direktno u objekte za tretman sa ciljem proizvodnje energije, te, na taj način, sprečiti njihovo mešanje sa ostalim otpadima koji imaju nizak energetski potencijal.

#### **6.1.4 Fizičke i hemijske karakteristike otpada**

Pažljiva procena procentualog udela biorazgradivih/sagorljivih konstituenata, vlažnosti i hemijskog sastava je neophodna za odabir najpogodnije tehnologije.

Otpad biljaka iz dvorišta i prodavnica, poljoprivrednih i jedinica za proizvodnju hrane, sadrži visoke koncentracije biorazgradljivih materija, i pogodan je za iskorišćenje u vidu energije kroz anaerobnu dekompoziciju. Čvrsti otpad koji ima veliki udeo produkata od papira i drveta, pogodan je za insineraciju.

Kompozitni čvrsti otpad u AP Vojvodini je okarakterisan, uglavnom kao biorazgradiv i nije veoma pogodan za insineraciju. Otpad je uglavnom bogat biorazgradljivim materijama i sadržajem vlage, i pogodan je za tretiranje anaerobnim putem na sanitarnim deponijama ili u anaerobnim digestorima.

U slučajevima kada otpad sadrži visoki procenat gorivih materija, a nizak udeo neorganskih, inertnih materija i vlage, može da se obrađuje insineracijom, gasifikacijom i pirolizom.

#### **6.1.5 Sezonske fluktuacije u kvalitetu i kvalitetu otpada**

Promena kvaliteta i kvantiteta ima vrlo veliki značaj, jer bilo koji debalans između dostupnosti potrebne količine i kvaliteta otpada, i potrebe za energijom, može negativno uticati na izvodljivost projekta. U slučajevima konverzije u toplotnu energiju, neophodna je upotreba u blizini postrojenja, odmah nakon proizvodnje. Tehnologije prenosivih i akumulativnih načina konverzije energije gasifikacija/piroliza (konverzija u goriva), densifikacijom (konverzija u pelete goriva) mogu da se primenjuju u cilju neutralisanja nepovoljnih efekata takvog debalansa.

#### **6.1.6 Odlaganje-tretman nastalih nusprodukata/efluenata**

Postupak odlaganja i tretmana krajnjih nusprodukata/efluenata unapred bi se trebao razmatrati. Iskorišćenje pojedinih efluenata takođe. To je, na primer, slučaj kod anaerobne digestije, kod koje se 70% inputa ispušta kao talog (digestivni mulj), ali tek nakon stabilizacije aerobnim tretmanom može se upotrebljavati kao kvalitetno đubrivo.

Trebalo bi uvek imati na umu, prilikom usvajanja bilo koje tehnologije, da komunalni čvrsti otpad iako nije klasifikovan kao opasan ili toksičan, može takođe da sadrži opasne komponente (rastvarače, boje, pesticide, kanalizacioni mulj, patološki otpad iz bolnica itd). Ispravno upravljanje otpadom zahteva da se takvi otpadni materijali skladište, sakupljaju transportuju i odlažu odvojeno, prvenstveno nakon odgovarajućeg tretmana, čime bi takav otpad postao bezopasan. Mogućnost prisustva toksičnog i opasnog otpada u komunalnom čvrstom otpadu trebalo bi biti pažljivo ispitana i na propisan način uzeta u razmatranje tokom njegovog tretmana i projektovanja postrojenja.

Udeo plastičnih masa u komunalnom čvrstom otpadu može iznositi 1 – 10%. Plastični otpad je veoma rezistentan na procese bio degradacije, što ga čini nepoželjnim za ispuštanje u životnu sredinu, a predstavlja poseban zadatak za čitav sistem upravljanja otpadom. Plastični otpad ima visoku toplotnu moć, što ga čini veoma pogodnim za insineraciju. Međutim kada PVC sagoreva, može, pod određenim uslovima, proizvoditi dioksine i kisele gasove, što iziskuje adekvatne dodatne mere.

### **6.1.7 Krajnja upotreba energije**

Mogućnost plasmana krajnjih produkata, električne i toplotne energije, od presudne je važnosti prilikom ocenjivanja izvodljivosti projekta. To se, pre svega, odnosi na blizinu odgovarajućih objekata javne električne mreže, ali i potencijalnih korisnika toplotne energije.

### **6.1.8 Investicioni troškovi**

Ova vrsta troškova zavisiće od potrebne površine lokacije, energetske i drugih infrastrukturnih potreba. Treba razmotriti i to koji su objekti u blizini, te kakav je potencijalni uticaj postrojenja na njih.

### **6.1.9 Uticaj na životnu sredinu**

Relativna procena različitih opcija tehnologije sa aspekta zaštite životne sredine je neophodna. Osnovi usvojeni pristup bi trebao biti promovisanje ekološki prihvatljivih načina odlaganja i tehnologija tretmana, pri čemu je dobit od proizvedene energije samo dodatni prihod. Posebno mora da se razmotri da li odlaganje otpada može da prouzrokuje zagađenje vode i vazduha u blizini deponije.

Posmatrano uopšteno, najbolja tehnologija bila bi ona koja bi proizvela najmanje nepoželjnih materija, efluenata, a zahtevala najmanje površine. Količina proizvedene energije je od manjeg značaja.

## 7.0 OSNOVNI POSTUPCI KORIŠĆENJA KOMUNALNOG ČVRSTOG OTPADA U ENERGETSKE SVRHE

Komunalni čvrsti otpad sastoji se kako od organskih tako i od neorganskih materijala. Energetski potencijal organske materije može da se iskoristi na drugačiji način nego od neorganske. Proizvodnjom energije iz otpada može se ostvariti nekoliko dodatnih dobitaka:

- Ukupna količina otpada može se redukovati 60- 90% u zavisnosti od sastava otpada i primenjenih tehnologija za tretman.
- Smanjuje se potrebna veličina parcele za otpad, a raspoloživih površina za te namene sve je manje.
- Dobrim tehnologijama smanjuje se zagađenje životne sredine.

Iz gore navedenog može se zaključiti da na prvom mestu treba učiniti svaki napor u cilju smanjenja generisanja otpadnih materijala, a na drugom, da se ostvari što viši stepen reciklaže. Tamo gde je opcija proizvodnja energije iz otpada moguća, mora da se odabere korektna tehnologija, kao i da se sprovede odgovarajući postupak upravljanja otpadom.

### 7.1 OSNOVNI POSTUPCI ZA ENERGETSKO KORIŠĆENJE OTPADA

Energija se može dobiti iz organske frakcije otpada, biorazgradive kao i ne-biorazgradive, preko dve osnovne metode:

- **Termohemijska konverzija.** Predstavlja termičku dekompoziciju organske materije, a kao rezultat dobija se toplotna energija ili gorivo, gasovito, tečno ili čvrsto.
- **Biohemijska konverzija.** Ovaj proces se zasniva na enzimatskoj dekompoziciji organskih materija pomoću mikroorganizama, a kao rezultat dobija se metan.

Procesi termohemijske konverzije su pogodni kada je u reč o tretmanu otpada koji sadrži visok udeo organskih materija koji nisu biorazgradivi, a sadržaj vlage je relativno nizak. Najznačajniji postupci su **insineracija i piroliza/gasifikacija**. Procesi biohemijske konverzije, s druge strane, pogodniji su za otpad koji sadrži visoki udeo organskih biorazgradljivih materija i visok sadržaj vlage. Najznačajniji postupci su **anaerobna digestija, kao i generisanje Deponijskog gasa**.

#### 7.1.1 Parametri koji utiču ponovno iskorišćenje otpada u vidu energije

Glavni parametri koji određuju potencijal ponovnog iskorišćenja energije iz otpada su:

- količina otpada i
- fizičke i hemijske karakteristike.

Stvarna proizvodnja energije zavisi od primenjenog postupka tretmana otpada.

Važne karakteristike koje određuju primenljivost u energetske svrhe su:

- veličina konstituenata,
- gustina i
- sadržaj vlage.

Manja veličina konstituenata potpomaže bržu dekompoziciju otpada. Velika gustina otpada ukazuje na visoki udeo biorazgradivih organskih materija i vlage. Otpad male gustine, sa druge strane, po pravilu ima visoki udeo papira, plastike i drugih materija koje su suvlje, te pogodne za sagorevanje. Visoki sadržaj vlage uzrokuje bržu dekompoziciju biorazgradive organske frakcije u otpadu.

Važni parametri koji se moraju uzeti u obzir prilikom određivanja potencijala iskorišćenja otpada u vidu energije i pogodnosti tretmana otpada preko biohemijskih ili termohemijskih postupaka uključuju:

- sadržaj štetnih i opasnih jedinjenja,
- sadržaj teških metala,
- donja toplotna moć,
- sadržaj pepela,
- sadržaj vlage,
- forma, granulacija,
- sadržaj lako isparljivih materija,
- udeo vezanog ugljenika,
- odnos C/N.

Poželjno područje navedenih parametara prikazan je u tabeli 15.1.

Tabela 8. Poželjan opseg važnih parametara za tehničku izvoljivost ponovnog iskorišćenja u vidu energije

| Metod tretmana  | Osnovni princip  | Važne osobine otpada   | Poželjan opseg                                 |
|---|--|--|--|
| <b><u>Termohemijska konverzija</u></b><br>- Insineracija<br>- Piroлиза<br>- Gasifikacija      | Razlaganje materije pomoću toplote                     | Sadržaj vlage<br>Organska/isparljiva materija<br>Vezani ugljenik<br>Inertne materije<br>Toplotna vrednost (Neto toplotna vrednost) | < 45%<br>>40%<br><15%<br><35%<br>>1200 kcal/kg |
| <b><u>Biohemijska konverzija</u></b><br>-Anaerobna digestija<br>-Generisanje deponijskog gasa | Razlaganje organske materije mikrobiološkom aktivnošću | Sadržaj vlage<br>Organska/isparljiva materija<br>Odnos C/N   | >50%<br>>40%<br>25-30                          |

\*Prikazane vrednosti odnose se na separisani/obrađeni/mešani otpad, i nije obavezujuće da se odnose na otpad nakon pristizanja u postrojenje za tretman.

Izvor: US EPA

Obično prikupljeni otpad ne ispunjava te zahteve, ali, naknadnim razvrstavanjem, može da se dovede u postavljene okvire. Takođe, mešanjem s otpadima drugih karakteristika, može da se postigne korekcija parametara. Na primer, kada je u pitanju anaerobna digestija, ako je odnos C/N mali, može se dodati otpad sa visokim sadržajem ugljenika (papir, slama), a ukoliko je visok, može se dodati otpad sa visokim sadržajem azota (kanalizacioni mulj, otpad iz klanica itd.).

## 7.2 RASPOLOŽIVE TEHNOLOGIJE ZA ENERGETSKO KORIŠĆENJE OTPADA

Definisanje određene tehnologije koja je najpogodnija za dati region zavisi od brojnih faktora, uključujući i lokalne metode sakupljanja, obrađivanja, i odlaganja komunalnog čvrstog otpada, kao i lokalnih propisa vezanih za životnu sredinu.

Postoje nekoliko načina dostupnih za iskoršćavanje otpada u vidu energije:

- **Insineracija** – predstavlja proces kontrolisanog sagorevanja komunalnog čvrstog otpada, radi smanjenja zapremine i dobijanja toplotne energije.



- **Sagorevanje** – koeficijent viška vazduha je iznad jedan. Dolazi do termohemijske konverzije uz oslobađanje hemijske energije goriva, toplotne energije. Primenjuje se kod goriva s ograničenim sadržajem vlage i višom toplotnom moći, koja je najčešće, u slučaju čvrstog komunalnog otpada, između 10 i 13 MJ/kg.
- **Piroliza** – Predstavlja postupak termičke dekompozicije, pri kojoj se materijal zagreva spoljašnjim izvorom toplote bez prisustva vazduha, a kao rezultat se dobija mešavina čvrstog, tečnog i gasovitog goriva. Jedan deo dobijenog goriva koristi se kao izvor toplotne energije za pirolizu.
- **Gasifikacija** – Postupak termičke dekompozicije odvija se slično kao i sagorevanje, ali s koeficijentom viška vazduha manjem od jedan. Materijal se konvertuje u gas koji se uglavnom sastoji ugljenmonoksida, vodonika i metana.
- **Plasma proces** – Komunalni čvrsti otpad zagreva se na visoku temperaturu, 3.000 i 10.000° C, pomoću *plazma arc* (piroliza plazmom u luku). Energija se oslobađa električnim pražnjenjem u inertnoj atmosferi. Ovim putem se organski otpad konvertuje u gas bogat vodonikom, a neorganski otpad u inertne staklene ostatka (*inert glassy residue*).
- **Anaerobna digestija** – Predstavlja proces mikrobiološke razgradnje bez prisustva vazduha. Prerađuje se visoko vlažna organska materija. Razgradnjom se dobija gas koji se prvenstveno sastoji od metana i ugljendioksida.
- **Deponijski gas** – Najveći deo deponijskog gasa formira se bakterijskom razgradnjom, bakterija koje su prisutne u otpadu i zemljištu kojim se deponija prekriva. Za razliku od prethodnog, u ovom slučaju mikrobiološka razgradnja nije u potpunosti kontrolisana, a delimično se odvija i aerobna digestija. Postupak razgradnje isti je kao i pri anaerobnoj digestiji, kao i dobijeni gas.

Svaka tehnologija zahteva različite količine ulaznih sirovina, emituje različite količine ugljendioksida, ima različite outpute, i različite je efikasnosti.

### 7.3 INSINERACIJA

Insineracija je proces kontrolisanog sagorevanja otpada, sa ciljem uništavanja ili transformisanja otpada u sastojke koje su manje opasni, manje kabasti, i sastojke koje je lakše kontrolisati. Insineracija predstavlja proces koji se može koristiti za tretiranje raznih tipova otpada uključujući komunalni čvrsti otpad, komercijalni, kao i određene tipove industrijskog otpada. Pored deponovanja, insineracija predstavlja najzastupljeniju postupak upravljanja čvrstim komunalnim otpadom. Pogodnosti postupak insineracije su:

- Smanjenje zapremine i težine otpada, posebno kabastog čvrstog otpada sa gorivim sadržajem.
- Destrukcija i detoksifikacija određenih tipova otpada, čineći ih pogodnijim za konačno odlaganje: zapaljive kancerogene materije, patološki kontaminirani materijali, toksična organska jedinjenja, biološki aktivni materijali koji mogu uticati na rad postrojenja za tretiranje otpadnih voda iz kanalizacije.
- Destrukcija organskih komponenti biorazgradivog otpada, koje nakon deponovanja direktno generišu deponijski gas (LFG).
- Zamena fosilnih goriva.

Nedostaci insineracionih tehnologija uglavnom se odnose na štetnu emisiju produkata procesa, zagađenje vazduha. U produktima insineracije nalaze se dioksini i teški metali, koji, ukoliko se ne uklone, imaju negativan uticaj na životnu sredinu. Zbog toga je u mnogim zemljama propisano koje su granične vrednosti dozvoljene, te se odobrava gradnja i

korišćenje samo onih postrojenja koja ih ispunjavaju. Definisana su ograničenja i postupci za uklanjanje sledećih materija:

- čvrste čestice u produktima sagorevanja, leteći pepeo,
- teški metali, kao što su živa, kadmijum, olovo, arsen, cink, hrom, bakar, nikl, itd u produktima sagorevanja i pepelu,
- kiseli i korozivni gasovi kao što su hlorovodonik, fluorovodonik, sumpordioksid, i oksidi azota,
- produkti nekompletnog sagorevanja, kao što su ugljen monoksid, dioksini, furani, i policiklični aromatični ugljovodonici,
- kontaminirane otpadne vode,
- kontaminirani pepeo.

Jaki zagovornici ove tehnologije dokazuju da su standardi emisije u vazduh jasno i striktno određeni i da su ove tehnologije bezbedne. Na žalost, i pored strogih propisa, još uvek postoje mnoge nepoznanice o dugoročnim posledicama sprovođenja insineracije čvrstog komunalnog otpada po zdravlje ljudi.

Ostala pitanja i problemi koji se odnose na korišćenje insineracije kao postupka za tretiranje otpada su:

- visoka ulaganja s reprekusijama na ekonomske pokazatelje,
- nefleksibilnost u izboru odlaganja otpada kada je jednom odlučeno da se otpad prerađuje insineracijom, te neophodnost uspostavljanja dugoročnih ugovora,
- insinerator se projektuje na osnovu određene toplotne vrednosti otpada; uklanjanjem materijala, kao što su papir i plastika, radi recikliranja, toplotna moć se smanjuje, te se time menjaju parametri rada insineratora.

Produkt insineracije su materijali koji se ubrajaju u opasne otpade, te je neophodno njihovo pravilno odlaganje.

### **7.3.1 Tehnologije insineracije bez prethodnog sortiranja ili obrade**

Komunalni čvrsti otpad može biti različitog sastava i veličine. Sastoji se od organskih materija (sagorljivih materijala) i od neorganskih (nesagorljivih) materija. Veličina čestica može biti različita, od prašine do kabastih materijala, kao što su nameštaj i razni kućni uređaji i aparati. Prosečna donja toplotna moć tipičnog komunalnog čvrstog otpada iznosi oko 10 MJ/kg. Određivanje toplotne moći i drugih karakteristika komunalnog čvrstog otpada definisano je u pred standardu CEN/TS 15359 – *Solid recovered fuels – Specification and classes*. U tabeli 9. predstavljena je analiza toplotne moći komponenata komunalnog čvrstog otpada.

Za rad postrojenja za insineraciju nazivne električne snage 1 MW potrebno je u toku 24 h oko 45 t komunalnog čvrstog otpada. Prema analizama sprovedenim u SAD gradovi bi mogli da obezbede oko 10% potreba u električnoj energiji od komunalnog čvrstog otpada. Takođe, primenom insineracije, smanjuje se površina koja je potrebna za odlaganje čvrstog komunalnog otpada, a cene tih površina neprekidno rastu.

Pored uobičajenih operativnih troškova pri analizi ekonomskih pokazatelja postrojenja za insineraciju moraju da se sprovede analiza troškova životnog ciklusa. Ona obuhvata i troškove saniranja postrojenja nakon prestanka rada.

Tipičan kapacitet insineratora je 10 do 15 t otpada na sat, mada postoje i znatno manji, s učinkom 1 do 2 t na sat.

Tabela 9. Toplotna moć komponenti komunalnog čvrstog otpada

| <b>Komponenta otpada</b>    | <b>Donja toplotna moć suve materije (MJ/kg)</b> |
|-----------------------------|---|
| Papir i proizvodi od papira | 17,7  |
| Plastika                    | 33,5  |
| Guma i koža                 | 23,5  |
| Tekstili                    | 32,5  |
| Drvo                        | 20,0  |
| Otpad od hrane              | 15,1  |
| Otpad iz dvorišta           | 17,0  |
| Staklo i keramika           | 0   |
| Metali                      | 0   |
| Razni neorganski            | 0   |

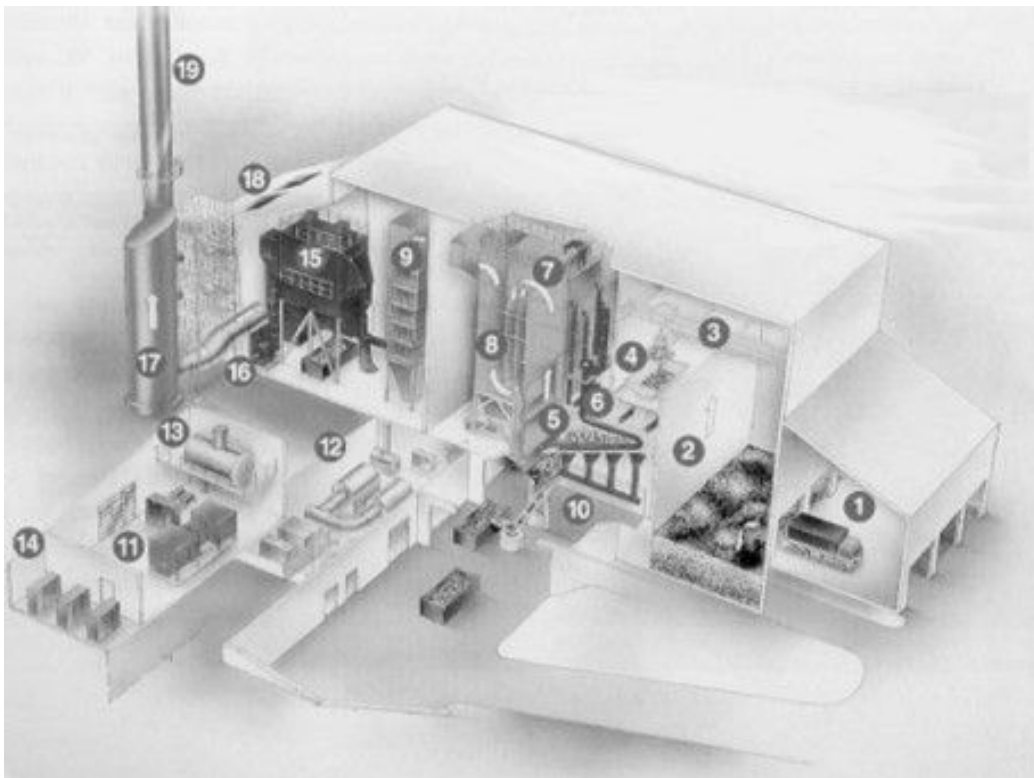
Uspešnot sagorevanje otpadnih materijala u insinerator zavisi od vremena, temperature i intenziteta mešanja otpada i vazduha. Zahtevi koje treba da ispuni dobro postrojenje za insineraciju su:

- *vreme zadržavanja u peći* - mora biti minimum 2 sekunde radi efektivnog sagorevanja organskog materijala,
- *prosečna temperatura 850° C* (izmerena preko vremensko temperaturnog profila kroz visinu ložišta),
- *mešanje s vazduhom* – unutar komore za sagorevanje mora da se obezbedi dobro mešanje s vazduhom, bez „mrtvih“ zona; u suprotnom bi sagorevanje bilo nepotpuno, a emisija nepoželjnih jedinjenja visoka.

Pogodnost primene zavisi od vrste i sastava otpada, a naročito od njegovih gorivih karakteristika. Komunalni čvrsti otpad čija je vlažnost ispod 60%, sadržaj pepela ispod 25%, i udeo lako isparljivih materija ne prelazi 50%, može održavati sagorevanje bez ikakvih potreba za dodavanjem pomoćnog goriva.

Na slici 11. dat je šematski prikaz tipičnog insineratora. Operacije i koraci koji se odigravaju u insineratoru za komunalni čvrsti otpad su sledeći:

- otpad je odložen u skladište gde se uz pomoć kranske dizalice uklanjaju preveliki delovi i otpad meša da bi se ostvarila što bolja homogenost,
- uz pomoć kranske dizalice otpad se prebacuje u usipni koš s uređajem za doziranje, odakle se obično pomoću hidrauličkog klipa ubacuje na sito,
- prosejava se i ubacuje u ložište,
- primarni i sekundarni vazduh dozira se i ubacuje na više mesta; sekundarni vazduh hladi rešetku i dogreva se (dobrim doziranjem i rasporedom primarnog i sekundarnog vazduha smanjuje se količina NO<sub>x</sub> u produktima sagorevanja, ali i udeo nesagorelih materija),
- pepeo se na kraju rešetke prihvata i odvodi na daljnji tretman,
- produkti sagorevana zagrevaju vodu u razmenjivaču toplote, a u pregrejaču se generiše para, koja se dovodi do parne turbine,
- ohlađeni produkti sagorevanja prolaze kroz merne uređaje za kontrolu zagađenja, uključujući skrubere (radi uklanjanja kiselih gasova), elektrostatičke taložnike (radi uklanjanja prašine) i/ili filtara (radi uklanjanja finih čestica) i ponekad aktivni ugljenik (za dodatnu kontrolu žive i dioksina) pre ispuštanja u atmosferu.



Slika 11. Šematski prikaz insineratora

1– prijemna hala, 2– međuskладиšte, 3– kranska dizalica, 4– usipni koš, 5– ložište, 6– sistem za dovodjenje vazduha za sagorevanje, 7– razmenjivač toplote, 8– nadgrejač, 9– ekonomajzer, 10– sistem za odvođenje pepela, 11– turbinu i generator, 12– kondenzator, 13– odstranjivač gasa, degazator 14– kontrolno upravljački sistem, 15– elektrostatički filter, 16– ventilator za produkte sagorevanja, 17– filter za produkte sagorevanja, 18– uređaj za prečišćavanje otpadnih voda, 19– dimnjak

### 7.3.2 "Waterwall" tehnologija insineracije

Ova tehnologija se zasniva na insineraciji komunalnog čvrstog otpada direktno u ložištu, obično bez bilo kakve prethodne prerade. Osnovni proizvod koji se dobija je para.

Zbog redukovanja veličine otpada, u nekim postrojenjima se pre procesa sagorevanja obavlja usitnjavanje. Ovakva praksa olakšava i ponovno korišćenje materijala. Ovo povećava investicione troškove opreme i rada postrojenja. Ponovno korišćenje materijala predstavlja opciju uz pomoć koje se postiže raniji povrat investicija. Razvrstavanjem/sortiranjem komunalnog čvrstog otpada može se smanjiti ili eliminisati potreba za usitnjavanjem.

*Waterwall* insineracija nije nova tehnologija. Ona datira još pre početka II Svetskog rata u Evropi. Danas projektanti u Evropi favorizuju koncept od nekoliko malih modularnih peći koje rade paralelno. U SAD je praksa da se koriste veća postrojenja, a ne modularne jedinice.

### 7.3.3 Insineratori sa fluidizovanim slojem

Insineratori sa fluidizovanim slojem sastoje se od komore u kojoj se nalazi sloj peska ili nekog sličnog inertnog materijala. Kroz sloj peska prostrujava prethodno zagrejeni vazduh, dovodeći ga u stanje lebdenja. U zagrejeni sloj ubacuje se goriva, otpad. prethodno sagoreva. Povišenjem temperature dolazi do paljenja otpada. Uz pomoć peska s česticama koje sagorevaju skida se pepeo i ostvaruje bolje mešanje s vazduhom. Da bi sagorevanje bilo uspešno otpad treba da se prethodno usitni. Takođe, temperatura topljenja pepela

otpada mora da bude iznad radne temperature uređaja.

Prednosti sagorevanju u fluidiziranom sloju su:

- ostvaruje se visoka efikasnost sagorevanja na relativno niskoj temperaturi, čak i 500° C,
- pri radu s temperaturom oko 850° C postižu se dobri rezultati uklanjanje SO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub> (dodavanjem krečnjaka ili dolomita),
- hlađenje sloja se odigrava sporo, tako da je moguće brzo ponovno paljenje 8 do 16 h nakon gašenja,
- dobra je fleksibilnost u pogledu doziranja otpada,
- ukoliko je uređaj dobro izolovan ostvaruje se visok stepen iskorišćenje.

Nedostaci tehnologije:

- veličina čestica otpada koji se dozira mora biti manja od 300 mm,
- za fluidizovanje sloja zrnastih čestica neophodan je veliki protok vazduha,
- upravljanje sagorevanjem u fluidiziranom sloju je složeno,
- moguće taloženje silicijumom materijala –šljake, što ograničava radnu temperaturu na 850-950° C.

Sistemi insineracije sa fluidizovanim slojem mogu veoma efektivno obavljati insineraciju vlažnih otpada, koji se inače sagorevaju bez dodavanja pomoćnog goriva, kao i kanalizacionog i fekalnog mulja. Na ovaj način mogu se eliminisati problemi u koje spadaju i stvaranje štetnih neprijatnih mirisa na deponijama, koji nastaju prilikom truljenja otpadaka i mulja. Pri sagorevanju plastičnih materijala, koja ima izuzetno visoku toplotnu moć, pesak dobro raspoređuje toplotu. Kao rezultat toga ne dolazi do stvaranja klinkera, koji mogu biti formirani usled lokalno visokih temperatura u različitim delovima insineratora. Zbog toga je spaljivanje plastike u insineratorima stabilan proces. Ovo znači da se otpadi, uključujući i plastiku mogu sakupljati i zatim bez ikakvih problema spaljivati u insineratorima. Zbog visokog toplotnog kapaciteta peska, u insineratoru ne dolazi do značajne promene temperature čak i nakon njegovog gašenja. Kada u istom danu dolazi do ponovnog paljenja insineratora, njegova unutrašnja temperatura dostiže brzo vrednost radne temperature.

### **7.3.4 Postrojenja za insineraciju malih dimenzija**

Kod ovih insineratora faze prilikom kojih se vrši povrat materijala nisu neophodne. Uglavnom su se primenjuju za tretman otpada iz bolnica, škola raznih institucija i industrije, gde je otpad za razliku od komunalnog čvrstog otpada homogeniji.

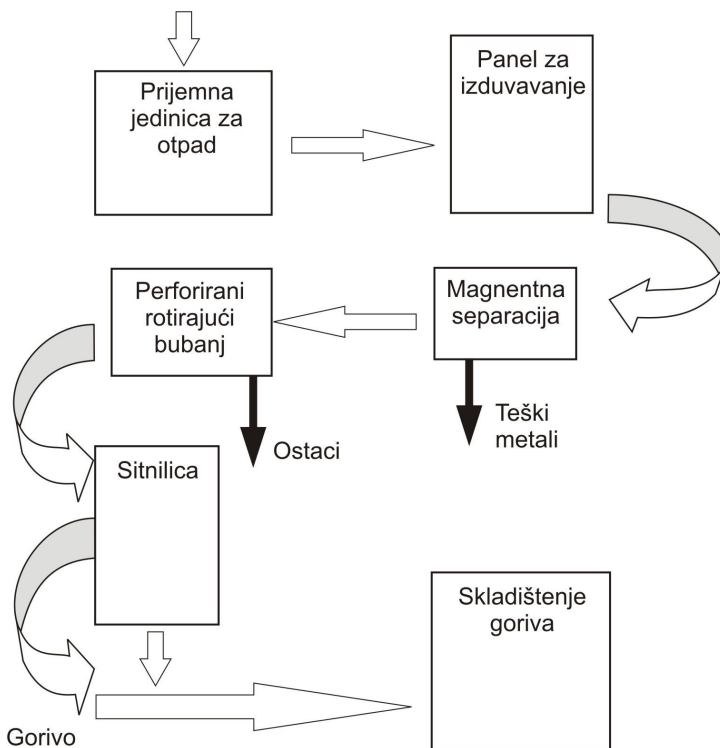
U ovom slučaju se postrojenje sastoji od manjih zasebnih ložišta. Insineracijsko postrojenje velikih dimenzija, formira se od nekoliko identičnih postrojenja ili modula. Insineracija komunalnog čvrstog otpada se odigrava u dve faze. U prvoj fazi, komunalni čvrsti otpad se sagoreva u prisustvu male količine vazduha, koeficijent viška vazduha ispod jedan. Tako se, praktično, u toj fazi odvija gasifikacija. Gas iz prve ili primarne faze se zatim, zajedno sa pomoćnim gorivom, sagoreva uz prisustvo viška vazduha u komori za sekundarno sagorevanje, a tada odvodi do razmenjivača toplote. Ovakvim, dvofaznim, sagorevanjem, olakšana je kontrola sagorevanja, te se ostvaruje viši stepen iskorišćenja i manja emisija nepoželjnih materija.

Modularna postrojenja za spaljivanje su obično montažne jedinice sa relativno malim kapacitetom, u opsegu od 5 do 120 tona čvrstog otpada na dan. Tipična postrojenja imaju 1 do 4 montažne jedinice, pa je onda kapacitet celog postrojenja od oko 15 do 400 tona otpada na dan. Većina takvih postrojenja proizvodi samo paru. Zbog ovih karakteristika modularni insineratori se koriste u manjim zajednicama (do 200.000 stanovnika), odnosno

u komercijalne ili industrijske svrhe. Mogućnost montaže više jedinica u jedno postrojenje znatno smanjuje troškove izgradnje postrojenja, pa su stoga investicioni troškovi znatno niži od troškova izgradnje klasičnih insineratora

## 7.4 SISTEMI KORIŠĆENJA GORIVA DOBIJENOG IZ OTPADA

Gorivo dobijeno iz otpada je rezultat prerade čvrstog otpada radi odvajanja sagorljive frakcije od nesagorljive frakcije, što su u komunalnom čvrstom otpadu, metali staklo i šljaka. Gorivo dobijeno iz otpada se uglavnom sastoji od papira, plastike, drveta, kuhinjskog i baštenskog otpada, i ima veću toplotnu moć nego neprerađeni komunalni čvrsti otpad, koji se u većini slučajeva kreće između 12 i 13 MJ/kg. Toplotna moć varira u zavisnosti od lokalnih programa recikliranja papira i plastike. Kao i komunalni čvrsti otpad, gorivo dobijeno iz otpada se može sagorevati radi proizvodnje električne ili toplotne energije. Prerada goriva dobijenog iz otpada često se kombinuje sa procesima ponovnog iskorišćenja metala, stakla i drugih reciklabilnih materijala u postrojenju za povrat resursa, čime se ubrzava vreme povratka investicija. Danas sagorevanje goriva dobijenog iz otpada, nije toliko uobičajeno kao sagorevanje čvrstog komunalnog otpada (bez prethodnog sagorevanja ili obrade).

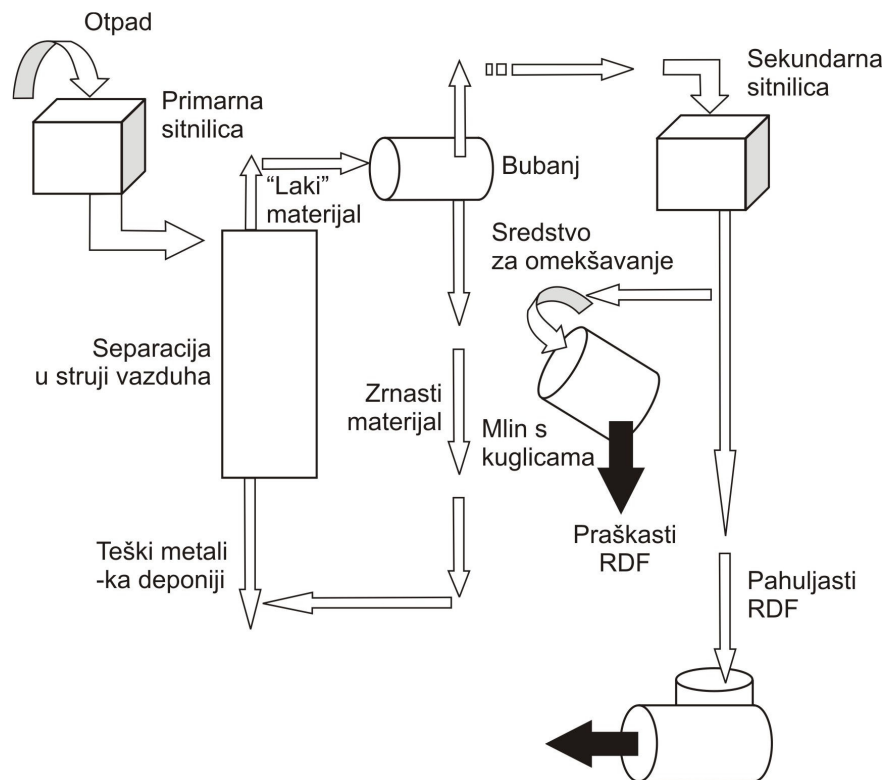


Slika 12. Šema proizvodnog procesa goriva dobijenog iz otpada (RDF)

Postoje dva tipa goriva dobijenog iz otpada: neobrađeno gorivo dobijeno iz otpada *c-RDF* i sabijeni paketi ili briketi *d-RDF*. RDF se proizvodi preradom otpada, ili sabijanjem, nakon prvog mehaničkog uklanjanja nesagorivih materijala, kao što su metali i staklo. Postrojenje za insineraciju goriva dobijenog iz otpada kapaciteta blizu 100.000 t otpada godišnje, za potrebe fabrike za proizvodnju goriva može zauzeti oko 0,6 hektara površine, ili površinu ekvivalentnu površini fudbalskog terena. Dodatna površina od jednog hektara je potrebna za postrojenje za sagorevanje. Visina izlaznog otvora bila bi između 10 i 15 metara. Potrebna površina zemljišta, fabrike kapaciteta 90.000-100.000 t godišnje (približna veličina), za proizvodnju goriva iz otpada je 5.000-6.000 m<sup>2</sup>, a za postrojenje za

sagorevanje 1.000 m<sup>2</sup>. Fabrika mora imati separaciona sita, uređaj za sitno sečenje (usitnjavanje), kotao ili elektranu. Na slici 12. je prikazana šema procesa fabrike za proizvodnju goriva iz otpada. Postoji veliki broj varijacija ovog procesa. Druga šema takozvanog suvog procesa, prvo se usitnjava otpad, a zatim se materijal šalje u vazdušni taložnik, pomoću kojeg se odvaja laki organski materijal od metala i ostalih teških organskih i neorganskih materijala. Laki materijal se zatim transportuje uz pomoć pokretne rešetke ili mreže koja uklanja fini abrazivni pesak, staklo i krupni pesak. Teški materijali iz taložnika i mreže, se zatim premeštaju u magnetni separator pomoću koga se vrši povrat crnih metala. Neke fabrike pokušavaju da izdvajaju aluminijum, staklo i mešane obojene metale, radi ponovne upotrebe.

Na slici 13. prikazano je kako se laki organski materijal iz mreže prebacuje u sekundarnu sitnilicu koja dalje redukuje veličinu čvrstih čestica otpada. Međuproizvod koji je formiran u ovoj fazi naziva se *Fluff RDF* (gorivo dobijeno iz otpada male gustine). RDF male gustine može se peletira ili briketira, te da se na taj način dobije čvrsto gorivo velike gustine, pogodno za transport i skladištenje.



Slika 13 Šematski prikaz suvog procesa proizvodnje goriva iz otpada

Kao alternativa, laki materijal može se tretirati sredstvom za razlaganje i omekšavanje (*embrittling agent*), a zatim usitnjavati u mlinu s kuglicama. Ovim se dobija materijal u obliku prašine ili pahuljasti RDF. Prečnik čvrstih čestica obično je oko 0.15 mm.

Drugačiji proces, poznat kao vlažni postupak, odvija se u mašini koja se na engleskom govornom području naziva. Hidropulper u stvari predstavlja veliki „vodeni“ mlin. U ovom procesu sirovi otpaci se doziraju u hidropulper gde sečiva koja se rotiraju velikom brzinom seku otpad u vodenoj emulziji. Veliki komadi se uklanjaju dok se preostala suspenzija upumpava u tečni ciklonski separator koji uklanja manje, teže materijale. Voda se izbacuje, a ostaje vlažni RDF, s sadržajem vlage 20 do 50%. Ovakav materijal se u zavisnosti od sadržaja vlage, može spaliti, ili koristiti zajedno sa ugljem za kosagorevanje.

Vlažna postupak ima nekoliko prednosti u odnosu na suvi. Prvo, kanalizacioni mulj (mulj koji se generiše u postrojenju za tretman otpadnih voda), može se mešati sa vlažnom kašom, pre odvodnjavanja. Mešavina koja se dobija se može sagorevati, kao metod kodlaganja. Drugo, kod ovog postupka ne postoji rizik od eksplozije usled spontanog paljenja. U suvom postupku, usitnjavanje je faza u koja je, u zavisnosti od finoće materijala, moguće da dođe do samopaljenja, a u uslovima nastanka eksplozivne smeše s vazduhom, i do eksplozije.

Treća prednost vlažnog procesa je u tome što postoji mogućnost ponovnog iskorišćenja nekih organskih vlakana. Iako je kvalitet vlakana nedovoljan da bi se ponovno koristila u proizvodnji recikliranih papirnih proizvoda, mogu da se primenjuju za druge namene. Na primer, kao osnovni materijal za ploče za građevine.

Nedostatak vlažnog postupka je u tome što su operativni troškovi veći nego za suvi. Dobijeni proizvodi su vlažni, te je neophodno da se osuše. Potrebna je sušara i ulaganje energije za sušenje.

## **7.5 PIROLIZA**

Tehnologija pirolize je oblik insineracije pri kojoj se na visokoj temperaturi obavlja hemijska dekompozicija organskog materijala u odsustvu kiseonika. Piroliza se obično odigrava pod pritiskom, na temperaturi iznad 430° C. U praksi, nije moguće da se postigne potpuno ostranjivanje kiseonika. Zbog toga dolazi do oksidacije, sagorevanja, dela materijala.

Tokom procesa pirolize organske čestice se transformišu u gasove, male količine tečnosti, i čvrste ostatke koji sadrže ugljenik i pepeo. Gasovi koji se ispuštaju, uglavnom se tretiraju u sekundarnoj jedinici za termičku oksidaciju. Oprema, kao što su elektrostatički taložnici, takođe se upotrebljava za uklanjanje čvrstih čestica.

Postoji nekoliko varijacija uređaja za sprovođenje pirolize: rotaciona peć, peć sa rotirajućom osnovom i peć sa fluidizovanim slojem. Uređaji su po konstrukciji slični insinatorima, ali se postupak odvija pri vrlo malim količinama vazduha.

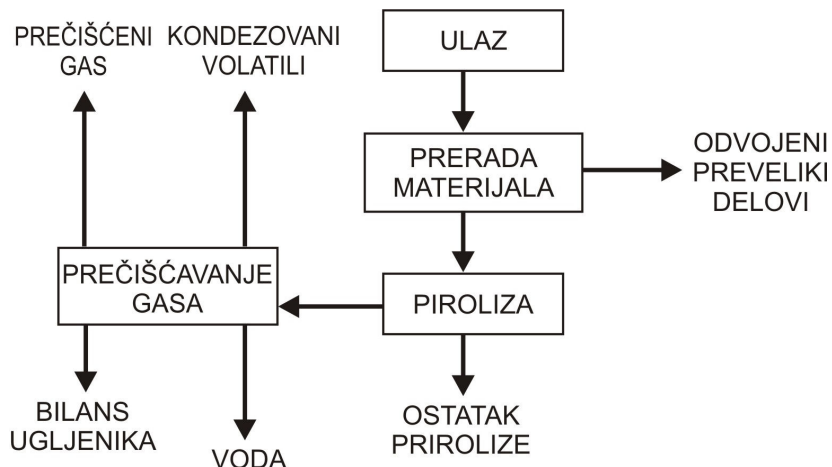
Rotaciona peć je obložena vatrostalnim materijalom, postavljena je pod određenim nagibom, a rotacioni cilindar ima ulogu grejne komore. Rotacione peći su često opremljene gorionikom na komori za dogorevanje, komorom za brzo hlađenje i sistemom za kontrolu zagađenja vazduha. Rotaciona peć ima ulogu komore za sagorevanje koja radi na temperaturi do 980° C. Gasovi iz insinatora moraju se tretirati sistemom za kontrolu zagađenja vazduha radi uklanjanja čvrstih čestica i neutralisanja i uklanjanja kiselih gasova (HCl, NO<sub>x</sub>, i SO<sub>x</sub>). Kućišta vrećastog filtra, venturi skruberi, i elektrostatički taložnici sa mokrim postupkom uklanjaju čvrste čestice; dok skruberi sa zbijenim slojem (*packed-bed*) i *spray driers* uklanjaju kisele gasove.

Protočni/ciklacioni fluidizovani sloj (CFB) koristi vazduh velike brzine za cirkulisanje i suspendovanje otpadnih čestica u toplotnoj petlji (*heating loop*). Radi na temperaturi do 430° C. CFB koristi koristi vazduh velike brzine za cirkulisanje i suspendovanje otpadnih čestica u okviru zatvorenog ciklusa sagorevanja. Radna temperatura je do 870° C. Eksperimentalno postrojenje, infracrveno, koristi elektrootporne grejne elemente ili indirektno zapaljane radiantne U- cevi za zagrevanje materijala prolazeći kroz komoru na pokretnoj traci. Radna temperatura je do 870° C. Otpad se dozira u primarnu komoru i izlaže infracrvenom zračenju (temperatura do 1010° C) koje se obezbeđuje uz pomoć štapova silicijum karbida iznad prenosne trake. Vazduh pod pritiskom ubacuje se duvaljkama na odabranim lokacijama duž trake radi kontrolisanja stepena oksidacije doziranog otpada.

Glavne primene procesa pirolize su za tretiranje i destrukciju poluisparljivih organskih



komponenti, goriva i pesticida u zemljištu. Proces se može primenjivati za tretiranje organskih komponenata iz otpada iz rafinerija, uglja i katrana, zemljišta zagađenog kreozotom, ugljovodonika, isparljivih organskih jedinjenja (VOCs). Mogućnosti pirolize su ograničene kada je u pitanju tretiranje opasnog otpada koji sadrži PCB, dioksine, i ostale organske zagađujuće materije.



Slika 14. Šematski prikaz procesa pirolize

Piroliza je perspektivna tehnologija u tretiranju organskih kontaminanata u zemljištima i uljevitim/naftnim muljevima. Hemijski kontaminanti za koje postoje podaci su PCB, dioksini, PAH-ovi, i mnoge druge organske zagađujuće materije. Piroliza nije efikasna u uništavanju ili fizičkom odvajanju neorganskih hemikalija iz zagađenog medijuma. Isparljivi metali mogu se uklanjati kao rezultat viših temperatura povezanih sa procesom, ali ipak ne dolazi do njihovog neutralisanja. Osnovni elementi procesa sistema pirolize prikazani su na slici 14. Tehnologija je po svoj prilici ekonomičnija kada su u pitanju manji učinci, kao što je tretiranje određenih vrsti zagađenih zemljišta. Međutim, kada su u pitanju primene za komunalni otpad, a u nekim slučajevima i industrijski, troškovi primene ove tehnologije su viši nego za druge.

## 7.6 PLAZMA PROCES

Insineracija komunalnog otpada smanjuje zapreminu otpada za oko 90%. Međutim, postoji i dodatni otpad koji nastaje usled prečišćavanja dimnih gasova koji su kontaminirani i zahtevaju tretman. Ovo uključuje dodatak kreča, kao i aktivnog uglja za apsorpciju dioksina, a sve je praćeno i sakupljanjem letećeg pepela. Oko 30% investicionih troškova kod konvencionalnog postrojenja za insineraciju odnosi se na sistema za prečišćavanje dimnih gasova. Ostaci tretmana gasa smatraju se opasnim otpadom. Razvijeni su alternativni sistemi tretmana, kao što je plazma proces (energija oslobođena električnim pražnjenjem u inertnoj atmosferi). Ovim procesom temperatura otpada dostiže 3-10.000° C, pretvarajući organski materijal u gas bogat vodonikom i inertni amorfnu ostatak. Gas je pogodan za dobijanje električne energije. Ovakav sistem je izuzetno skup i još se malo primenjuje.

### 7.6.1 Plazma ARC

Ovo je nova tehnologija koja pomoću termalne dekompozicije organskog otpada, proizvodi energiju. Osnovni deo uređaja je plazma reaktor u kojem su smešteni jedan ili više gorionika za pirolizu plazmom u luku. Električnim pražnjenjem u luk nastaju visoke temperature, 5.000 – 14.000° C. Na ovako visokoj temperaturi molekuli organske materije razlažu se na atome, a istovremeno dolazi do topljenja neorganskih materijala.

Otpadni materijal se direktno ubacuje u vakuumu u rezervoaru, zagreva se, a zatim prebacuje u peć gde se odigrava gasifikacija isparljivih supstanci. Dozira se u *plasma arc* generator, gde se zagreva električnim putem, a zatim prolazi kroz *plasma arc* gde se odvijaju opisani procesi. Gas koji izlazi nakon tretiranja skruberom uglavnom se sastoji od CO i H<sub>2</sub>. Tečnost koja se proizvodi je uglavnom metanol. Ovakvim postupkom u potpunosti se neutralizuju svi opasni materijali. Pošto u uređaju nema vazduha, nema ni emisije NO<sub>x</sub> i SO<sub>x</sub>.

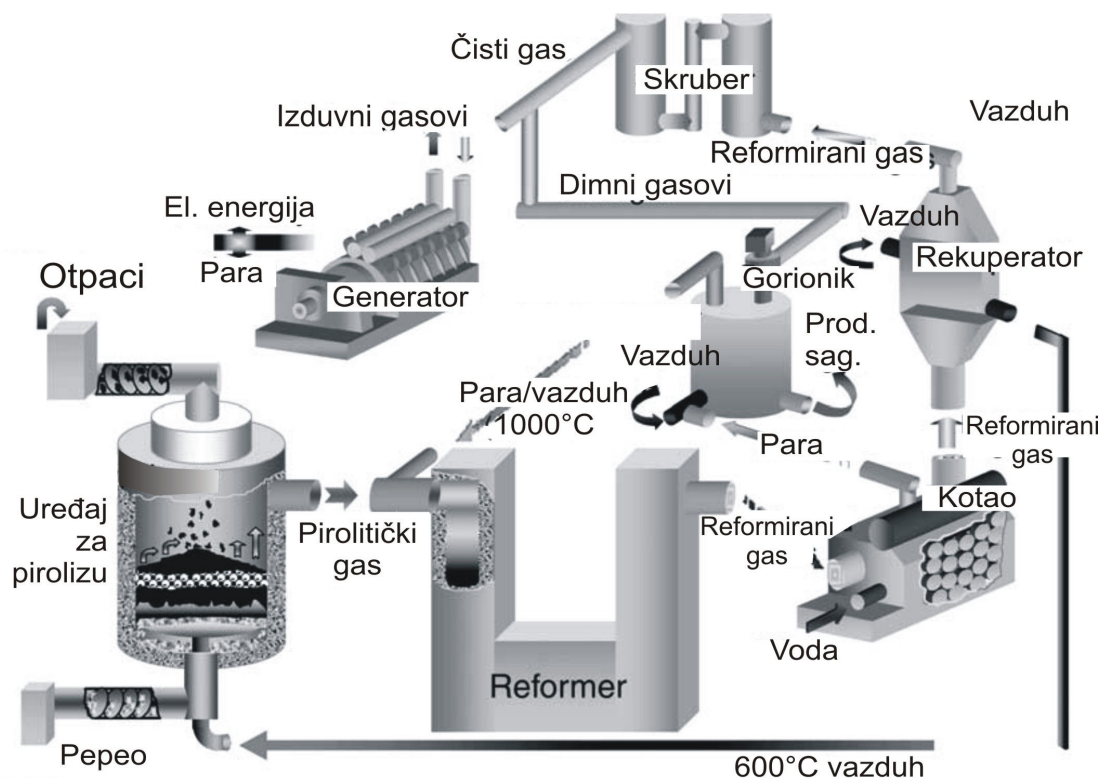
## **7.7 STAR MEET SISTEMI**

Transport otpada do mesta deponovanja iziskuje sve veće troškove. Takođe, usled sve strožih regulativa koje se odnose na zaštitu životne sredine, insineracija i odlaganje otpada postaju procesi koji iziskuju sve veće troškove. Jedan od efikasnih načina za iskorišćavanje čvrstog otpada predstavlja gasifikacija. Njome se dobija niskokalorični gas, koji može da se iskoristi za dobijanje električne i toplotne energije. Postoji veliki broj primera proizvodnje gasa od otpada, kao i njegove primene kao goriva.

Gasifikacija može da se sprovodi u relativno jednostavnim postrojenjima, malog kapaciteta, u praksi poznatih pod nazivom *STAR MEET*. Još jedna je prednost je u tome što postrojenje za gasifikaciju može da se locira u blizini nastaka otpada, čime se postižu pozitivni ekonomski efekti, a smanjen je i negativan uticaj na životnu sredinu. Gasifikacija se obavlja i u postrojenjima za pirolizu, s time što je podešavanjem radnih parametara najveća produkcija gasovite faze. Dobijeni gas se uz do-davavanje pregrejane pare i vazduha modifikuje, reformira. Nakon procesa reformacije se prečišćava, te se dobija niskokalorično gorivo koje može da se upotrebi i za pogon specijalnih dizel motora s dvojnim gorivom. To su takozvani gasni dizel motori, ili gasni motori sa samopaljenjem (na nemačkom *Zündstrahlmotor*, na engleskom *pilot injection gas engine*). Motori namenjeni za iskorišćenje gasa dobijenog pirolizom otpada posebno su prilagođeni tom niskokaloričnom gorivu.

Na slici 15. prikazano je tipično postrojenje takvog tipa. Čvrsti otpad dovodi se do uređaja za pirolizu sa fiksiranim slojem uz pomoć uređaja za kontinualno doziranje. Toplotna energija za pirolizu ovog goriva dobija sagorevanjem ostataka iz dna uređaja za pirolizu. Ostaci u obliku užarenog pepela se izvlače iz donjeg dela uređaja.

Gas sadrži vodonik, ugljenmonoksid, metan, azot, ugljendioksid kiseonik, lake ugljovodonike i nesagorele ugljovodonike –ter. U reformatoru se ter odvaja uz pomoć meša s pregrejanom parom, te zagreva na preko 800° C. Dolazi do pretvaranja nesagorelih ugljovodonika u ugljenmonoksid i vodonik. Ne dodaju se katalizatori, jer može da dođe do stvaranja nepovoljnij jedinjenja s kiselinama koje se nalaze u gasu. Kao rezultat dobija se gas niske toplotne moći, zbog visokog sadržaja azota, oko 4 MJ/Nm<sup>3</sup>.



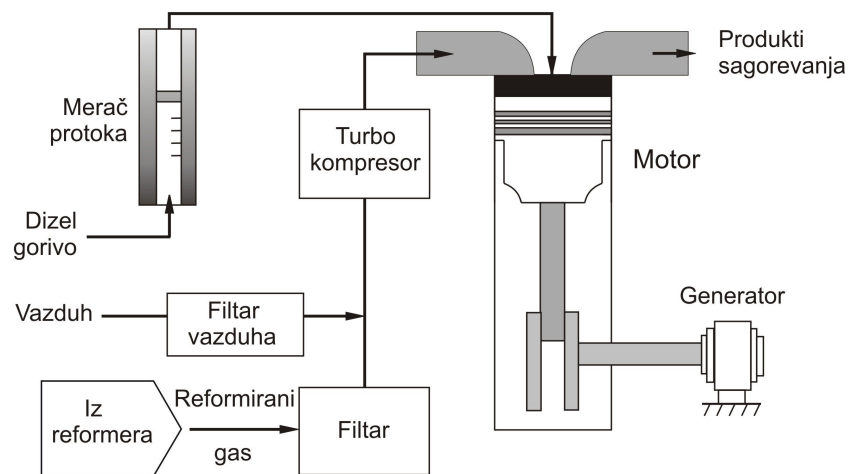
Slika 15. Šematski prikaz postrojenja STAR MEET

Proizvodnja pregrejane pare u kotlu i zagrevanje mešavine pare i vazduha ostvaruje se korišćenjem dela gasa kao goriva. Nečistoće iz reformiranog gasa, kao što su hlorovodonik, vodoniksulfid i druge, uklanjaju se u prečištaču –skruberu sa mokrim postupkom i/ili vrećastim filtrom, ili uređajem za adsorpciju nečistoća.

Leteći pepeo vraća se nazad u uređaj za pirolizu, dok se kondenzovana voda koja je dobijena iz vlage čvrstog otpada i iz pare koja se dovodi za reformiranje, tretira, te zatim ispušta. Na kraju se prečišćeni modifikovani gas komprimuje i koristi kao gorivo za gasni dizel motore.

### 7.7.1 Gasni dizel motori

Kao što je navedeno, za sagorevanje dobijenog gasa izuzetno niske toplotne moći razvijeni su specijalni gasni dizel motori. Takav motor šematski je prikazan na slici 16. Motor započinje s radom pogonjen dizel gorivom. Prethodno komprimovan gas postepeno se meša s usisanim vazduhom, do dostizanja mogućeg nivoa za ostvarenje stabilnog rada. Dizel gorivo se ubrizgava na uobičajeni način koji se primenjuje kod dizel motor, u trenutku bliskom dostizanju najveće sabijenosti smeše vazduha i gasa u unutrašnjosti kli-pa. Pri stabilnom radu motor koristi, u energetskom pogledu, 20-30% dizel goriva. Ostalo predstavlja gas dobijen pirolizom u STAR MEET postrojenju.



Slika 16. Šematski prikaz gasnog dizel motora

### 7.7.2 Različite veličine STAR MEET postrojenja

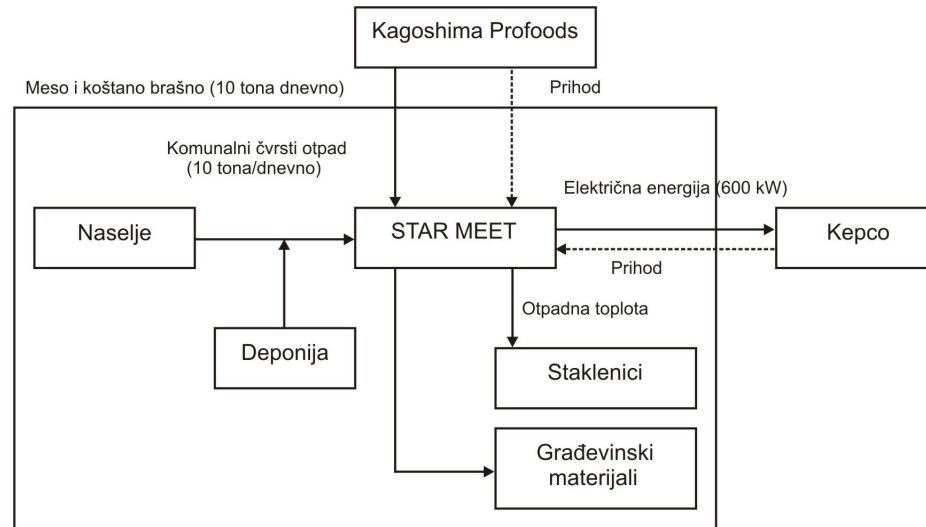
Postoji nekoliko različitih veličina STAR MEET postrojenja. Najmanje je *Micro STAR MEET*, čiji je učinak od 0,5 – 1 tona otpada dnevno, a električna snaga koja može da se ostvari je 20 – 40 kW. Pogodan je za tretman malog kapaciteta otpada u tržnim centrima, hotelima, aerodromima, i sličnim objektima (ustanovama). To je verovatno najmanje postrojenja za proizvodnju energije iz otpada na svetu. Postrojenje je potpuno automatizovano i za funkcionisanje postrojenja nije potreban nikakav dodatan izvor energije.

*Mini STAR MEET*, je postrojenje srednje veličine, čiji je učinak nekoliko tona otpada dnevno, a električna snaga 100 do 200 kW. Postrojenje je pogodno za male količine otpada iz fabrika, bolnica i drugih sličnih jedinca, kao i za tretiranje komunalnog čvrstog otpada u manjim opštinama i naseljima.

*Slagging STAR MEET* predstavlja postrojenje najvećih učinaka, čiji je kapacitet tretiranja otpada nekoliko desetina tona dnevno, a snaga dela za proizvodnju električne energije 1-2 MW. Ovakavo postrojenje pogodno je za tretiranje komunalnog čvrstog otpada u naseljima i gradovima srednje veličine.

### 7.7.3 Strana iskustva

STAR MEET postrojenja su u Japanu, Koreji i Kini, izazvala veliko interesovanje. Njihovi građani su protiv izgradnje velikih insineratora, zato što se komunalni čvrsti otpad mora transportovati sa velikih razdaljina, kao i zbog visokih troškova izgradnje i rada insineratora. Japanski grad Ichiki u Kagoshima, je instalirao postrojenje za proizvodnju energije, čiji je kapacitet tretmana otpada 20 tona/dnevno. Postrojenje se sastoji od gasifikatora za komunalni čvrsti otpad u kombinaciji sa dizel gorivom (snaga gasnog dizel motora je 150 kW). Šematki prikaz postrojenja prikazan je na slici 17.



Slika 17. Šematski prikaz IMEC sistema.

Grad Ichiki ima oko 7.000 stanovnika, i dnevno se u gradu generiše oko 5 tona komunalnog čvrstog otpada. Do pre nekoliko godina sav otpad koji je generisan u gradu je odlazio na deponiju (oko 50.000 m<sup>3</sup> komunalnog čvrstog otpada je deponovano od 1984). Postrojenje je postavljeno blizu deponije, što omogućava iskopavanje dela komunalnog čvrstog otpada koji je već deponovan, i mešanje sa tek novonastalim.

U gradu se nalazi ogromna fabrika za proizvodnju mesa i koštanog brašna. Zbog zabrinutosti u vezi bolesti „ludih krava“ zabranjena je upotreba mesa i koštanog brašna kao stočne hrane i na taj način su meso i koštano brašno postali problematičan otpad. Instalirani sistem dnevno prima oko 10 tona otpada od mesa i koštanog brašna iz fabrike, koji se meša sa 10 tona komunalnog čvrstog otpada, i generiše 900 kW električne energije. 300 kW od ukupne generisane količine iskorišćava se unutar sistema, a preostalih 600 kW prodaje se kompaniji za proizvodnju električne energije.

Ichiki planira da otpadnu toplotu motora upotrebljava za grejanje vode zimi a hlađenje leti. Nastala otpadna toplota može se koristiti u staklenicima za proizvodnju poljoprivrednih proizvoda. Ostaci u vidu istopljene šljake upotrebljavaju se kao građevinski materijal u Ichiki, čime se postiže kompletno iskorišćavanje otpada unutar grada.

Emisije azotovih oksida iz dizel motora su <200 ppm-a, a emisije ugljendioksida <100 ppm-a. Emisije dima su slične emisijama kada se samo laka goriva upotrebljavaju za rad ovih motora.

Investicioni troškovi postrojenja su oko 8 miliona \$. Profit se ostvaruje naplatom insineracije ostataka mesa i koštanog brašna i prodajom električne energije.

## 7.8 ANAEROBNA DIGESTIJA

Anaerobna digestija se već neko vreme smatra veoma važnom tehnologijom za tretman otpada i dobijanja energije. Istorijski gledano, primena je započela razvojem postrojenja za anaerobnu digestiju za tretman stajskog đubriva i mulja. Danas na tržištu najnovija postrojenja moraju biti u mogućnosti da koriste različite supstrate s promenljivim zapremninskim tokovima.

Potencijalni doprinos anaerobne digestije, predstavlja mogućnost smanjenje antropogenih emisija gasova koji izazivaju efekat staklene bašte. Tehnologija anaerobne digestije

može smanjiti nepoželjne i nekontrolisane emisije metana, iskorišćavanjem energetskog potencijala ovog gasa, uz redukovanje zapremine otpada koja se usmerava na deponiju.

### **7.8.1 Uloga tehnologije anaerobne digestije**

Anaerobna digestija predstavlja biohemijski proces pri kojem, u odsustvu kiseonika, bakterije razlažu organske materije, proizvodeći biogas.

Biogas se sastoji od 55-70% metana ( $\text{CH}_4$ ) i 30-45% ugljendioksida ( $\text{CO}_2$ ) i može se koristiti za proizvodnju energije spregom motor s unutrašnjim sagorevanje-generator. Toplotna moć bigasa je 20-25 MJ/Nm<sup>3</sup>. Primenjuje se i metanizacija gasa, kada se iz njega izdvaja ugljendioksid, te je po sastavu sličan prirodnom gasu. Tada može da se ubacuje u mrežu za distribuciju prirodnog gasa, ili da se koristi kao gorivo za motore s unutrašnjim sagorevanjem koji su za to prerađeni.

Prosečna proizvodnja metana po metričkoj toni tretiranog otpada (mulja, đubriva) kreće se između 50 i 90 Nm<sup>3</sup> po toni, dok je za komunalni čvrsti otpad nešto veća i iznosi 75 – 120 Nm<sup>3</sup> po toni otpada. Tečni ostatak fermentacije sa visokim sadržajem nutrijenata i frakcije vlakana, može da se koristiti za đubrenje u poljoprivredi.

Ova tehnologija je bila ranije fokusirana na tretman kanalizacionog mulja i poljoprivrednog đubriva. Danas su razvijena mnogo modernija postrojenja za obradu komunalnog čvrstog otpada, industrijskog čvrstog otpada, i industrijskih otpadnih voda. Problem mogu izazivati nečistoće, promenljivi sadržaj lipida, proteina, i ugljovodonika. Usled mogućih posledica zbog prisutnih nečistoća, moraju se preduzeti određeni koraci u vidu predtretmana, koji podrazumevaju redukovanje veličine čestica, i uklanjanje nečistoća, a koji su neophodni da bi se obezbedile stabilne performanse procesa digestije.

### **7.8.2 Supstrat kao ključni faktor**

Karakterizacija tipova otpada može se izvršiti na osnovu njihove koncentracije HPK. HPK se odnosi na ukupnu količinu potrebnog kiseonika za konvertovanje u ugljendioksid i vodu, i predstavlja meru organskog sadržaja otpada. Sistemi su tako konstruisani da mogu obrađivati susptrate sa malom koncentracijom HPK (<25g O<sub>2</sub>/litru sirovog materijala), na primer:

- anaerobni UASB reaktor,
- anaerobni EGSB reaktor i
- reaktor sa unutrašnjim protokom (IC).

CSTR anaerobni reaktor ili PFTR anaerobni reaktor koristi se za tretiranje supstrata sa visokom koncentracijom HPK i visokim sadržajem masti, lipida i čestica. Ovakvi fermentori rade sa visokim ulaznim zapreminskim opterećenjima (ulaznim zapreminskim protocima), u poređenju sa sistemima koji su razvijeni za male HPK koncentracije – sa ciljem garantovanja kompletne anaerobne digestije. Stopa ulaznog zapreminskog opterećenja HPK predstavlja dnevnu količinu organske materije, izraženu u dozi HPK/m<sup>3</sup> zapremine digestora dnevno ili u kg HPK/m<sup>3</sup>/d.

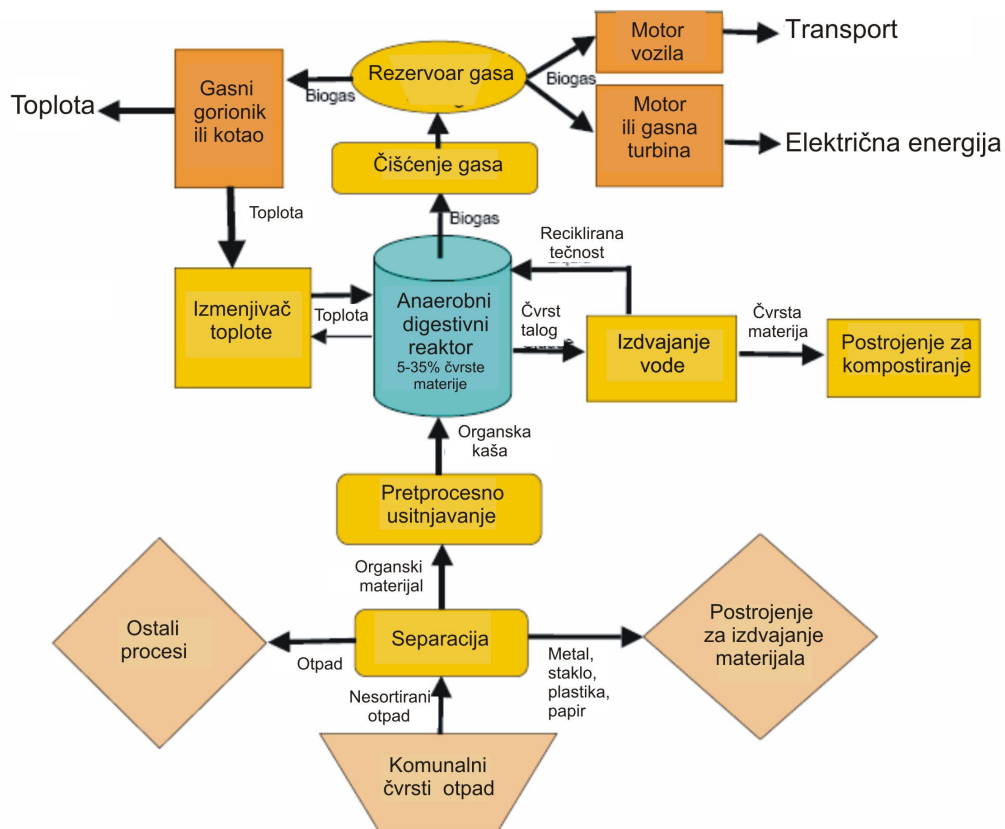
Jedan od glavnih ciljeva bio je razvoj tehnologije za tretman tokova koji imaju i veliku zapreminu i visoku koncentraciju supstrata.

Jedna austrijska kompanija razvila je takozvani hibridni reaktor sa visokim opterećenjem (*High Load Hybrid Reactor*) koji je projektovan za tretman velikih zapremina organskog otpada i tokova ostataka od biogoriva, koji podrazumevaju kompleksne supstrate. Tehnologija objedinjuje standardni sistem digestora (visoka sadržaj količine čvrstih materija, i sadržaj HPK u supstratu), sa UASB digestorom koji ima izuzetne performanse.

Kombinacija procesa, fermentora i tehnologija mešanja, omogućava obradu različitih vrsti organskih ostataka. Sa stopom punjenja (ulaznog zapreminskog opterećenja) od  $\geq 15$  kg HPK/m<sup>3</sup> fermentora/dnevno.

Prednosti koje proizvođači ističu u odnosu na tradicionalna biogas postrojenja su:

- malo hidrauličko vreme zadržavanja – zapremina fermentora ne mora biti velika,
- prevencija stvaranja pene i plutajućih slojeva – visoka stopa ulaznog punjenja (stopa zapreminskog opterećenja),
- intenzivni kontakt između supstrata i mikorganizama – visoka stopa degradacije i brza proizvodnja gasa,
- ne postroji potreba za dodavanjem hemikalija, i regulacijom pH – ušteda troškova,
- nema akumulacije taložnih sedimenata (peska) u sistemu – omogućene kontinualne operacije.



Slika 18. Šematski prikaz postupka anaerobne digestije

Ovakva tehnologija je prvi put instalirana u Italiji 2005 godine, i radi kontinualno već tri godine. Postrojenje se sastoji od dva fermentora zapremine 2.900 m<sup>3</sup> koji obrađuju oko 120.000 tona prethodno obrađenog organskog otpada godišnje. Ovim se dobija stopa ulaznog zapreminskog opterećenja (stopa punjenja) od 12 do 15 kg HPK/m<sup>3</sup>/d, odakle se proizvodi 1.250 Nm<sup>3</sup>/h biogasa. Biogas se koristi za pokretanje postrojenja za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije od 3,0 MWe (električne energije).

Obavljene studije od strane *Enbasys* kompanije obuhvataju 33 postrojenja za obradu komunalnog čvrstog otpada anaerobnom digestijom širom sveta, pokazala su da prosečna zapremina fermentora 6.220 m<sup>3</sup> konvertuje 54.900 tona komunalnog čvrstog otpada u biogas. Ovo je ekvivalentno iznosu od 9 tona godišnje po m<sup>3</sup> zapremine fermentora. Po-

strojenje u Italiji obrađuje 21 tonu prethodno tretiranog organskog otpada po m<sup>3</sup> zapremine fermentora, čime se postiže znatno veća efikasnost sistema (specifični protok otpada) nego kod konvencionalnih postrojenja.

Tehnologija hibridnog reaktora sa visokim opterećenjem (*High Load Hybrid Reactor*) predstavlja kulminaciju desetogodišnjeg iskustva, u projektovanju, inženjerstvu, izgradnji, radu i istraživanju u oblasti tehnologije anaerobne digestije.

### **7.8.3 Razvoj anaerobne digestije u Evropi**

U Evropi je postojao politički interes u promovisanju industrije koja povezuje tretman otpada sa obnovljivom energijom. U državama kao što su Italija (Zeleni sertifikati) ili Nemačka (Zakon o obnovljivoj energiji), danas postoji cilj da proizvođači ove tehnologije rade u okviru regulatornog okvira koji omogućava isplativost anaerobne digestije, usled visokih naknada za odlaganje otpada, i posebnim cenama koji se plaćaju za proizvodnju obnovljive energije. Konstantnim povećanjem zavisnosti Evrope od fosilnih goriva, upotreba biomase predstavlja jedan od ključnih načina za obezbeđivanje sigurnog snabdevanja održivom energijom u Evropi.

### **EVROPSKI POTENCIJAL DIGESTIJE ORGANSKOG OTPADA**

Trenutno se u Evropskoj uniji 4% od ukupnih energetske potreba proizvodi iz biomase, što je ekvivalentno količini od 69 miliona tona nafte (toe). Prema Akcionom Planu za Biomasa, Evropske komisije, ovaj iznos bi se trebao povećati na 150 toe, do 2010.

Povećanje ovih veličina može dovesti do:

- raznovrsnosti snabdevanja energijom u Evropskoj uniji,
- značajno smanjenje emisija gasova koji izazivaju efekat staklene bašte (209 miliona tona),
- direktno zapošljavanje 250 do 300.000 ljudi,
- potencijalno niža cena nafte kao rezultat manje potražnje.

Veći deo komunalnog čvrstog otpada (MSW) u Evropskoj uniji, trenutno se odlaže na deponiju (49%), zatim sledi insineracija (18%), pa recikliranje i kompostiranje (33%). U novim zemljama članicama, situacija se veoma brzo razvija, ali je ipak i dalje glavna destinacija komunalnog čvrstog otpada (MSW-a) deponija. Prema Evropskoj agenciji za zaštitu životne sredine (EEA), 30%-40% komunalnog čvrstog otpada koji se generiše širom Evrope može se koristiti za anaerobnu digestiju. U 2005, u Evropi (EU – 25) generisano je 120 miliona tona otpada koji se mogao tretirati anaerobnom digestijom i iz kojeg bi se moglo proizvesti oko 9 miliona m<sup>3</sup> biogasa, ili naftnog ekvivalenta od 4,6 miliona tona.

### **7.8.4 Perspektive**

Postoji veliki broj faktora koji će doprineti povećanom interesovanju za tehnologije kao što je anaerobna digestija. Neki od njih su:

- povećana potražnja za energijom u svetu, posebno u Kini i Indiji,
- rastuća cena energije, i veoma važna energetska zavisnost u mnogim zemljama,
- klimatske promene zahtevaju hitne reakcije i aktivnosti,
- 45% zemljišta u Evropi ima mali sadržaj organskih materija i smanjenu plodnost.

Najpraktičnije rešenje za zaštitu životne sredine predstavljaće dobijanje energije iz otpada, ne samo iz komunalnog čvrstog otpada, nego i iz ostataka iz industrije. Anaerobna digestija ima značajan potencijal za industrije sa organskim tokovima otpada, kao što je proizvodnja hrane, industrija tekstila i papira, farmaceutska industrija i proizvodnja bio-



goriva. Anaerobna digestija kombinuje nekoliko prednosti. Kao tehnologija se može smatrati CO<sub>2</sub> neutralnom, zato što nema dodavanja CO<sub>2</sub> u atmosferu. Hibridni reaktor sa visokim opterećenjem mogao bi biti ključ za razvoj potencijala anaerobne digestije, kao postupka upravljanja otpadom. Reaktor razlaže otpad proizvodeći biogas i đubrivo koje ima visok sadržaj hranljivih materija (azota, fosfora i kalijuma). Da bi se iskoristio potpuni potencijal otpada neophodno je da industrija upravljanja otpadom bude u mogućnosti da razvije tržište za sve nastale nuzproizvode.

## **7.9 DEPONIJSKI GAS**

### **7.9.1 Proces formiranja deponijskog gasa**

Najveći deo deponijskog gasa formira se bakterijskom razgradnjom, bakterija koje su prirodno prisutne u samom otpadu, kao i od strane bakterija prisutnih u zemljištu koje se koristi za prekrivanje deponije. S obzirom na to da komunalni otpad većim delom čini otpad organskog porekla, u koji se ubraja hrana, baštenski otpad, otpad sa ulica, tekstil i drvni i papirni proizvodi, bakterije prisutne u deponiji razgrađuju taj otpad. Deponijski gas takođe može biti proizveden i kada određene vrste otpada, odnosno jedinjenja nastala kao produkti razgradnje otpada, posebno organska jedinjenja, promene stanje iz tečnog ili čvrstog u gasovito. Ovaj proces je poznat kao volatilizacija. Nemetanska organska jedinjenja u deponijskom gasu, mogu biti rezultat volatilizacije određenih jedinjenja prisutnih u deponiji.

Na proces formiranja deponijskog gasa utiču brojni faktori: karakter otpada, kiseonik u deponiji, sadržaj vlage, temperatura i vreme kada je otpad deponovan.

**Karakter otpada.** Bakterijskim aktivnostima generiše se deponijski gas, rast količina generisanog gasa je povezan sa procentom organskog otpada u deponiji. Sa povećanjem procenta organskog otpada povećava se i količina generisanog gasa. Određene vrste organskog otpada sadrže velike količine hranjivih sastojaka za bakterije, natrijum, kalijum, kalcijum i magnezijum, što prouzrokuje veću aktivnost bakterija, a samim i tim i veću količinu generisanog gasa. Određene vrste otpada sadrže jedinjenja koja negativno utiču na aktivnost bakterija, uzrokujući smanjenje generisanja gasa. U slučaju bakterija koje proizvode metan štetno dejstvo predstavlja prisustvo soli u visokim koncentracijama.

**Kiseonik u deponiji.** Produkcija metana počinje kada se sav kiseonik potroši. Što je više kiseonika u deponiji, to aerobne bakterije duže razlažu otpad. Ako je otpad samo delimično prekriven slojem zemlje ili se frekventno meša, biće prisutno više kiseonika, tako da će aerobne bakterije živeti duže i duži period će proizvoditi ugljendioksid i vodu. Ako je otpad kompaktan, proizvodnja metana će početi ranije, odnosno čim anaerobne bakterije zamene aerobne bakterije. Anaerobne bakterije počinju proizvodnju tek kada aerobne bakterije potroše kiseonik, tako da bi bilo kakvo prisustvo kiseonika u deponiji dovelo do usporenja produkcije metana. Promene atmosferskog pritiska mogu takođe da utiču da se kiseonik iz okoline nađe u deponiji. Ta mogućnost postoji kod slojeva na manjim dubinama u kojima bi tada došlo do aerobne faze razgradnje otpada.

**Vlažnost.** Prisustvo određene količine vode u deponiji povećava produkciju gasa, jer vlaga podstiče razvoj bakterija i transport hranjivih sastojaka do svih delova deponije. Sadržaj vlage od 40% i više, dovodi do maksimalne produkcije gasa. Kompaktnost otpada utiče na smanjenje produkcije gasa jer je povećana gustina deponije i smanjena infiltracija vode u sve slojeve otpada. Proizvodnja gasa je veća u slučaju jakih padavina i ako su prisutni propusni pokrovni slojevi koji omogućavaju dovod dodatnih količina vode u deponiju.

**Temperatura.** Temperatura povećava bakterijsku aktivnost, što direktno ima za posledicu povećanje produkcije gasa. Sa druge strane, niske temperature inhibiraju bakterijsku aktivnost, tako da drastično pada ukoliko je temperatura ispod 10° C. Vremenske promene

imaju značajan uticaj na plitke deponije. Ovo je posledica toga što bakterije nisu izolovane u odnosu na temperaturne promene kao što je to slučaj sa dubokim deponijama gde debeli slojevi zemljišta pokrivaju otpad. U pokrivenoj deponiji se održava stabilna temperatura, što dovodi do povećanja produkcije gasa. Bakterijska aktivnost oslobađa toplotu, stabilišući temperaturu deponije između 25 i 45° C, ipak u nekim deponijama je registrovana pojava temperature i do 70° C. Više temperature stvaraju povoljne uslove za volatilizaciju i hemijske reakcije. Kao opšte pravilo se može uzeti da se emisije NMOC (uglјovodonika nemetanskog tipa) udvostruče na svakih 18° C.

**Starost otpada.** Otpad koji je kasnije deponovan će generisati više gasa od onog koji je na deponiji duže vreme. Deponije obično generišu značajne količine gasa između jedne i tri godine. Maksimumi generisanja gasa su u periodu od pet do sedam godina, nakon što je otpad odložen na deponiju. Nakon 20 godina po deponovanju, generisanja deponijskog gasa je minimalno i u tragovima, dok se manje količine gasa mogu generisati i posle pedeset godina. Različiti delovi deponije mogu biti u različitim fazama dekompozicije otpada, što zavisi od starosti otpada.

### **7.9.2 Procesi koji se odvijaju u deponiji**

Procesi koji doprinose formiranju deponijskog gasa su bakterijsko razgrađivanje, volatilizacija i hemijske reakcije. Najveći deo deponijskog gasa formira se bakterijskom razgradnjom. S obzirom na to da komunalni otpad većim delom čini otpad organskog porekla, u koji se ubraja hrana, baštenski otpad, otpad sa ulica, tekstil i drvni i papirni proizvodi, bakterije prisutne u deponiji razgrađuju taj otpad kroz četiri faze, a sastav gasa se menja tokom svake od faza.

Deponijski gas može biti proizveden i tako što jedinjenja nastala kao produkti razgradnje otpada, posebno organska jedinjenja, promene stanje iz tečnog ili čvrstog u gasovito. Ovaj proces poznat je kao volatilizacija. Nemetanska organska jedinjenja u deponijskom gasu mogu biti rezultat volatilizacije određenih jedinjenja prisutnih u deponiji.

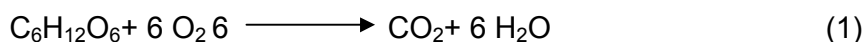
Deponijski gas, uključujući nemetanska organska jedinjenja, može biti proizveden reakcijama određenih jedinjenja prisutnih u otpadu. Na primer, ako hlorni izbeljivač i amonijak dođu međusobno u kontakt u deponiji tada se proizvodi amonijum hlorid (NH<sub>4</sub>Cl), gas koji nepovoljno utiče na odvijanje procesa u deponiji.

Sastav proizvedenog gasa se menja tokom svake od četiri faze razgradnje. Kako deponije obično prihvataju otpad u vremenskom periodu od 20 do 30 godina, istovremeno se delovi otpada nalaze u više faza. Stariji otpad u jednom delu deponije može biti u fazi različitoj od one u kojoj se nalazi otpad kasnije deponovan.

#### **Faza I - aerobna faza**

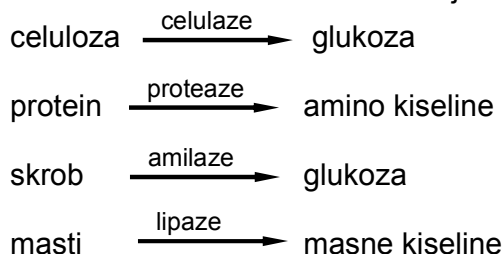
Tokom prve faze razgradnje, aerobne bakterije koriste kiseonik, pri čemu se raskidaju dugi molekularni lanci kompleksnih jedinjenja koja sačinjavaju organski otpad: uglјovodoniци, proteini i masti. Nuzproizvod ovog procesa je uglјendioksid. Na početku ove faze koncentracija azota je visoka (oko 20% kiseonika i 80% azota), ali opada kako se deponija „kreće“ kroz faze razgradnje otpada. Faza I odvija se dogod se raspoloživi kiseonik ne istroši. Prva faza može trajati danima ili mesecima, zavisno od toga koliko je kiseonika prisutno u trenutku kada je otpad odložen na deponiji, a nivoi kiseonika će varirati u zavisnosti od toga koliko je deponija kompaktna. Količina kiseonika može da se smanji sabijanjem otpada, gaženjem teškim vozilima, na primer, traktorima guseničarima.

Aerobna dekompozicija glukoze odvija se prema:



## Faza II - anaerobna faza, nemetanska

Ova faza razgradnje počinje kada se iskoristi sav kiseonik. Anaerobnim procesima, bakterije pretvaraju jedinjenja formirana procesima aerobnih bakterija u sirćetnu, mlečnu, mravlju i druge kiseline i alkohole kao što su metanol i etanol. Zbog ovih procesa, sredina deponije postaje kisela. Kako se kiseline mešaju sa vlagom prisutnom u deponiji, dolazi do rastvaranja nutrijenata za bakterije, tako da azot i fosfor postaju dostupni različitim vrstama bakterija. Gasoviti nuzproizvodi ovih procesa su ugljendioksid i vodonik. Međutim, ako kiseonik dospe u deponiju, mikrobiološki procesi će se vratiti u prvu fazu, fazu aerobne razgradnje. U ovoj fazi prvo se javlja hidroliza (ekstracelularni, enzimski proces) pri čemu se organske materije transformišu u komponente koje su rastvorljive u vodi. Ovaj proces zahteva značajno prisustvo vlage kao i fizički kontakt između mikroorganizama i otpada. Organski otpad razlaže se u enzimski-katalizovanim reakcijama na osnovne komponente:

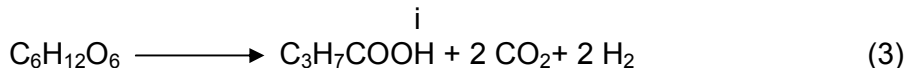
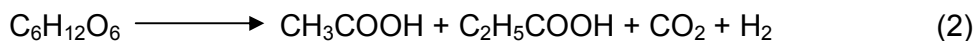


Gasovite komponente se ne generišu tokom faze hidrolize. Formirane šećere monosaharida i više organske kiseline, kroz različite metaboličke procese, transformišu se mikrobima, u jednostavnije organske kiseline, vodu, ugljendioksid, amonijak, i vodonik. Tokom ove faze, u kojoj se odigrava fermentacija kiselina, generiše se CO<sub>2</sub> neposredno nakon početka procesa. Prema Farquhar (1989), različita istraživanja pokazuju različit sastav gasova: 50-70% CO<sub>2</sub> posle 11 do 23 dana, ili čak 90% CO<sub>2</sub> posle 40 dana.

Sumarno ova faza se može prikazati sledećim reakcionim mehanizmima:

Ila. Hidroliza: Bez produkcije gasova

IIb. Anaerobna kisela fermentacija glukoze (proizode se gasovi CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>):



## Faza III - anaerobna, metanska, nestabilna

Ova faza razgradnje počinje kada određene vrste anaerobnih bakterija konzumiraju organske kiseline proizvedene u fazi II i počnu da formiraju acetate. Ovaj proces uzrokuje da sredina postaje kislo neutralna, pH približno 7, što odgovara bakterijama koje proizvode metan. Metanske i kiselinske bakterije imaju određenu vrstu simbiotske veze. Kiselinske bakterije proizvode jedinjenja kojima se hrane metanske bakterije. Metanske bakterije se hrane ugljen dioksidom i acetatima, čije je veliko prisustvo veoma toksično za kiselinske bakterije. Trajanje Faze III može početi nakon 180 dana od deponovanja otpada i trajati do 500. dana, (Ramaswamy, 1970; Beluche, 1968; Farquhar 1989).

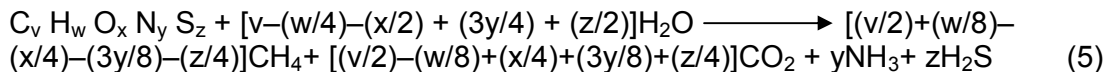
## Faza IV - anaerobna, metanska, stabilna

Počinje kada i sastav i produkcija deponijskog gasa postanu relativno konstantni. Deponijski gas tada sadrži oko 45-60 % metana, 40-60 % ugljen dioksida i 2-9 % ostalih gasova. Gas se proizvodi konstantno u četvrtoj fazi obično 20 godina, pri čemu se emitovanje gasa može nastaviti i posle 50 godina (Crawford i Smith 1985). Produkcija gasa može trajati duže, posebno, ako su prisutne veće količine organskog otpada.

Metanska enzimaska reakcija glukoze (proizvode se gasovi CO<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub>):



Opšta hemijska reakcija razgradnje za čvrsti otpad opšteg sastava je sledeća



### 7.9.3 Sastav deponijskog gasa

Postoji nekoliko različitih literaturnih izvora sastava deponijskog gasa, ali se oni razlikuju neznatno, prikazani su u tabeli 10. i 11.

Tabela 10. Sastav deponijskog gasa

| Komponenta                            | %        | Karakteristike   |
|---------------------------------------|----------|--|
| Metan                                 | 45-60    | Metan je gas bez boje i mirisa. Deponije su najveći izvori emisija metana koje je prouzrokovao čovek.  |
| Ugljen dioksid                        | 40-60    | CO <sub>2</sub> se nalazi u atmosferi u malim koncentracijama (0,02 %). Bezbojan je, bez mirisa i malo kiseo.  |
| Azot                                  | 2-5      | Azot reprezentuje 79 % atmosfere. Bez mirisa, ukusa i boje.  |
| Kiseonik                              | 0,1-1    | Kiseonik reprezentuje 21 % atmosfere. Bez mirisa, ukusa i boje.  |
| Amonijak                              | 0,1-1    | Amonijak je bezbojan gas sa oštrim mirisom.  |
| Nemetanska organska jedinjenja (NMOC) | 0,01-0,6 | NMOC-i su organska jedinjenja. Nalaze se u prirodi ili se mogu veštački sintetizovati. NMOC-a najčešće prisutna na deponiji su akrilo-nitriti, etil-benzen, heksan, metil-etil-keton, tetra-hlor-etilen, tolueni, tri-hlor-etilen, vinil-hloridi i ksilen. |
| Sulfidi                               | 0-1      | Sulfidi (vodonik sulfid, dimetil sulfid, merkaptani) su gasovi prisutni u prirodi i koji daju deponiji neprijatan miris pokvarenih jaja.   |
| Vodonik                               | 0-0,2    | Vodonik je gas bez mirisa i boje.  |
| Ugljen-monoksid                       | 0-0,2    | Ugljenmonoksid je gas bez mirisa i boje i gas koji je izuzetno toksičan  |

Izvor: Tchobanoglous, Theisen, and Vigil 1993; EPA 1995

Tabela 11. Sastav deponijskog gasa koji se koristi za projekte formiranja gorivih ćelija

| Komponenta                            | Procentualni udeo |               |
|---------------------------------------|-------------------|---------------|
|                                       | Opseg             | Prosečno      |
| Metan                                 | 35 – 60 %         | 50 %          |
| Ugljen dioksid                        | 35 – 55 %         | 45 %          |
| Azot                                  | 0 – 20 %          | 5 %           |
| Kiseonik                              | 0 – 2,5 %         | < 1 %         |
| Amonijak                              | nema podataka     | nema podataka |
| Nemetanska organska jedinjenja (NMOC) | 237 – 14.294 ppmv | 2.700 ppmv    |
| Sulfidi                               | 1 – 1.700 ppmv    | 21 ppmv       |
| Vodena para H <sub>2</sub> O          | 1 – 10 %          | nema podataka |
| Ugljen-monoksid                       | nema podataka     | nema podataka |

Izvor: IPCC (2001)

### 7.9.4 Postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa

Širom sveta postoji veliki broj postrojenja različitih tipova i veličina za iskorišćenje deponijskog gasa. Ekstrakcija deponijskog gasa i njegovo iskorišćenje u vidu energije, doprinose zaštiti životne sredine, redukcijom emisija gasova koje izazivaju efekat staklene bašte (metana i ugljendioksida). Rizik od eksplozije je manje više eliminisan.

Prvo postrojenje za iskorišćenje deponijskog gasa i upotrebu njegovog energetskog sadržaja instalirano je pre 30 godina. Danas u svetu postoji preko 1.150 takvih postrojenja.

Postrojenje za iskorišćavanje deponijskog gasa sastoji se od sistema za ekstrakciju i sistema za iskorišćavanje. Čitav sistem za iskorišćavanje deponijskog gasa može biti napravljen za različite tipove sistema ekstrakcije i sistema za iskorišćavanje. Na slici 18 i 22 može se videti širok spektar različitih aplikacija.

Sistem ekstrakcije se može sastojati od vertikalnih cevi perforiranih cevi, ili horizontalnih perforiranih cevi. Gas se crpe iz deponija uz pomoć pumpi ili kompresora, a zatim se sprovodi u proizvodni sistem. Najraširenija je upotreba deponijskog gasa kao goriva u gasnim motorima koji pogone generatore električne energije. Gas se može upotrebljavati i u gasnim kotlovima za proizvodnju vrele vode za potrebe grejanja ili za procesnu toplotu. Ukoliko se gas upotrebljava kotlu ili gasnom motoru, prečišćavanje gasa nije neophodno, osim uklanjanja čvrstih čestica. U nekim slučajevima gas se prečišćava do skoro čistog metana, nakon čega se može koristiti kao prirodni gas.

### **7.9.5 Ekstrakcija deponijskog gasa**

Ekstrakcija deponijskog gasa se najčešće odigrava uz pomoć vertikalno postavljenih plastičnih cevi. U velikom broju gradova horizontalne usisne cevi se ugrađuju odmah nakon odlaganja otpada na deponiju. Na ovaj način je lakše obavljati ekstrakciju odmah nakon početka njegove produkcije, a gas se može vaditi pre zatvaranja i pokrivanja deponije.

Deponije su nekada prekrivene nepropusnom membranom, čime se omogućava sakupljanje i iskorišćavanje nastalog gasa. Ovo predstavlja skupo rešenje, ali se ipak upotrebljava u nekim zemljama, SAD, Nemačka, Švedska i Švajcarska. Time se sprečava emisija gasa u atmosferu. Ovakvim rešenjem blokira se prodiranje vode, te se proizvodnja gasa nakon nekog vremena značajno smanjuje. Taj problem prevazilazi se ubacivanjem vode ispod prekrivača, folije.

Ekstrakcija gasa iz deponije obavlja se uz pomoć gasne pumpe ili kompresora koji pomoću pritiska preko prenosne cevi sprovode gas do postrojenja za korišćenje. Postoji nekoliko različitih načina za povezivanje pojedinačnih bušotina sa pumpom i sistemom za korišćenje. Najstariji, a verovatno i najzastupljeniji način je povezivanje bušotina s glavnom sakupljačkom cevi, koja je najčešće postavljena sredinom deponije. Cevi iz pojedinačnih bušotina povezane su tako da rastojanje bude najmanje. Drugo rašireno rešenje je postavljanje glavne cevi ivicom deponije.

Najveći problem je obezbeđenje ujednačenog kvantiteta i kvaliteta gasa. Drug problem predstavlja otkrivanje mesta curenja, jer je sistem cevovoda razgranat.

### **7.9.6 Iskorišćavanje deponijskog gasa**

U nekim slučajevima, da bi se sprečili negativni efekti na životnu sredinu, gas se spaljuje. Tako se gubi energija koja stoji na raspolaganju, a jedina korist je izbegavanje emisije štetnih komponenti.

Postoji nekoliko različitih tipova sistema za iskorišćavanje deponijskog gasa u energetske svrhe. Najubičajeniji način je upotreba deponijskog gasa kao goriva u gasnim motorima, koja pokreću generator i proizvode električnu energiju. U većini slučajeva se prodaje samo električna energija se prodaje. To je, na primer, slučaj u SAD, gde od 354 postrojenja 255 rada na taj način. U drugim slučajevima, što je rašireno u Evropi, koristi se i toplotna energija.

Drugi uobičajeni metod je upotreba gasa u gasnom kotlu za proizvodnju vrele vode ili pare, koja se može koristiti za grejanje prostorija ili kao procesna toplota. U ovom slučaju nije neophodno prečišćavanje gasa, osim uklanjanja čvrsti čestica, pa je postrojenje jevtinije.

Problemi mogu nastati usled tragova nekih komponenata u deponijskom gasu, na primer, hlora i fluora može degradirati ulje za podmazivanje u motoru, što može dovesti do ozbiljnih oštećenja. Kada su u pitanju i motori i kotlovi, takođe je važno izbeći kondenzaciju u izduvnom sistemu, jer je moguće pojavljivanje korozije. Silicijum u gasu takođe može izazvati probleme usled stvaranja naslaga na gornjem delu cilindra u motorima.

Ostale mogućnosti za korišćenje deponijskog gasa uključuju direktnu upotrebu, dovođenje na nivo kvaliteta prirodnog gasa, gorivo za vozila, upotreba u gorivim ćelijama, i isparavanje procednih voda. Neke od ovih upotreba su prikazane ispod. U tabeli 12. je prikazan broj različitih tipova sistema upotrebe deponijskog gasa u svetu.

Tabela 12. Različiti tipovi sistema iskorišćenja deponijskog gasa u svetu

| Tip  | Broj        |
|--|-------------|
| Gasni motori                               | 581         |
| Toplota                                    | 277         |
| Kogeneracija                               | 187         |
| Gasne turbine                              | 39          |
| Isparavanje procednih voda                 | 17          |
| Peći                                       | 14          |
| Dovođenje na nivo kvaliteta prirodnog gasa | 13          |
| Parne turbine                              | 11          |
| Kombinovani ciklus                         | 7           |
| Mikroturbine                               | 3           |
| Gorivo za vozila                           | 2           |
| Gorive ćelije                              | 1           |
| <b>Ukupno</b>                              | <b>1152</b> |

Ključna podatak koji se često uzima prilikom poređenja postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa je stepen ekstrakcije (u m<sup>3</sup>) deponijskog gasa po toni otpada godišnje. Ipak može biti veoma teško precizno odrediti ovaj stepen. Uobičajeno je da vlasnici postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa znaju godišnju produkciju deponijskog gasa, ali osim ako količina otpada nije izmerena i gas ekstrahovan iz čitavog tela deponije, teško je znati tačan iznos količine otpada. Stepem ekstrakcije dosta zavisi od starosti otpada; godišnja proizvodnja uglavnom dostiže maksimum nakon tri do osam godina. Produkcija deponijskog gasa zatim opada tokom godina. Ovo znači da deponije koje su zatvorene nekoliko godina pre nego što su izgrađena postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa, sadrže uglavnom stariji otpad i imaće nižu stopu ekstrakcije deponijskog gasa nego tek zatvorene deponije.

### 7.9.7 Proizvodnja energije

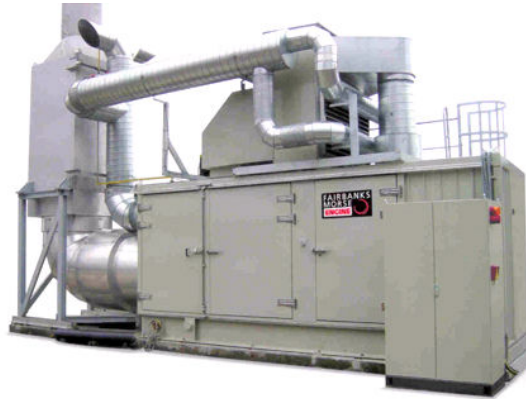
#### POSTROJENJA ZA KOGENERACIJU

Najpoznatija upotreba deponijskog gasa je u gasnim motorima koji pokreću električni generator i na taj način proizvode električnu energiju. Postrojenja uglavnom podrazumevaju gasne motore snage 350 i 1.200 kW. U mnogim zemljama u Evropi, izgradnja postrojenja za kogeneraciju je standardna praksa, koja takođe iskorišćavaju otpadnu

toplotu koja nastaje usled hlađenja vode i motornog ulja, te toplotu dimnih gasova. Električni stepen iskorišćenja je i do 37% a ukupni i do 87%.

Na postrojenjima snage preko 4 MW u nekim slučajevima koriste se gasne ili parne turbine. Najveće izgrađeno postrojenje ima parnu turbinu, a snaga mu je 45 MW. Poslednjih godina razvijene su takozvane gasne mikroturbine, snage od samo 30 kW.

Poslednjih godina, male gasne turbine (poznate kao mikroturbine) takođe se upotrebljavaju za proizvodnju električne energije od samo 30 kW. Načelno, porastom instalisane snage opadaju specifični investicioni troškovi.



*Slika 18. Postrojenje za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije (kogeneracija) korišćenjem deponijskog gasa kao goriva za motor s unutrašnjim sagorevanjem*

Za sagorevanje gasa koriste se oto i gasni dizel motori. Gasni oto motori imaju snage od 20 kW pa do 8 MW. Proizvode se serijski, jednostavne su konstrukcije, pa im je i cena niža. Gasni dizel motori, koji su već opisani, proizvode se za veće snage. Pri korišćenju deponijskog gasa koristi se 10 do 20% dizel goriva (u energetskom udelu).

### **KOTLOVSKO POSTROJENJE**

Iako je ovo jednostavan sistem, razlog zbog koga nije najzastupljenija opcija je to što je cena električne energije viša od cene toplotne. Drugi razlog je i to što električna energija može konstantno da se isporučuje u mrežu, dok se toplotna energija koristi prema potrebama.

### **DIREKTNA UPOTREBA GASA**

U Velikoj Britaniji i ostalim zemljama, neke ciglane u svojim pećima umesto prirodnog gasa, direktno upotrebljavaju deponijski gas. Druga mogućnost predstavlja upotrebu gasa u proizvodnji cementa.

### **DEPONIJSKI GAS KAO PRIRODNI GAS**

U nekim postrojenjima se vrši prečišćavanje deponijskog gasa na nivo kvaliteta prirodnog gasa, metanizacija. Kao posledica toga gas se može distribuirati preko distributivne mreže prirodnog gasa. Na ovaj način se štedi postrojenje za iskorišćavanje deponijskog gasa. Za uzvrat su neophodne velike investicije u postrojenja za prečišćavanje. U SAD-u postoji oko 10 ovakvih postrojenja, međutim samo 5 je ostalo u funkciji. U Holandiji postoje 4 ovakva postrojenja, s tim što moramo naglasiti da zahtevi koji se odnose na kvalitet gasa nisu tako strogi kao u SAD-u.

Pre isporuke prečišćenog deponijskog gasa mreži prirodnog gasa neophodno je da se gas oslobodi od čestica i tečnosti. Osim toga gas se mora osloboditi i neprijatnih mirisa.

Glavni koraci procesa prečišćavanja su izdvajanje metana i ugljendioksida. Za ove procese primenjuju se sledeće tehnike:

- hemijska absorpcija,
- adsorpcija pod pritiskom (*Pressure Swing Adsorpcija* PSA),
- membranska separacija.

Ovaj gas može da se koristi i za pogon vozila koja imaju motore prilagođene za korišćenje zemnog gasa.

### **ISPARAVANJE PROCEDNIH VODA**

Tretman procednih voda je jedan od brojnih problema zaštite životne sredine, kada je u pitanju funkcionisanje deponija. Na troškove projektovanja, gradnje i rada deponija značajno može uticati potreba za tretiranjem procednih voda. Procesne vode mogu se tretirati u konvencionalnim postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda. U nekim slučajevima procesne vode se recirkulišu kroz deponije, pri čemu se odigrava takozvano „samo-prečišćavanje“.

Druga mogućnost je upotreba deponijskog gasa kao goriva za isparavanje. Isparavanje procednih voda je jedna od najpraktičnijih direktnih upotreba deponijskog gasa kada su prisutni *off-site* odlaganje i tretman procednih voda. Isparavanje procednih voda smanjuje dugoročne troškove transporta i troškove vezane za nastale posledice. Osnova sistema isparavanja procednih voda je upotreba deponijskog gasa sakupljenog na određenoj lokaciji, kao energetski izvor za isparavanje vode i sagorevanje organskih komponenti u procednim vodama. Isparavanje procednih voda može se obavljati zajedno sa ostalim sistemima za iskorišćavanje deponijskog gasa, kao što je direktno sagorevanje ili gorive ćelije

Sistem isparavanje procesnih voda je tehnologija za koju je dokazano da pruža dugoročnu kontrolu regulisanja nuzprodukata deponije. U standardnom sistemu za isparavanje, isparljivi organski ugljenik i jedinjenja koja izazivaju neprijatne mirise, koja su prisutna u procesnim vodama nalaze se u ispusnoj pari procesa isparavanja, i termalno se tretiraju zatvorenim plamenom deponijskog gasa. Često se tok pare (ili ispusnog gasa) tretira pre ispuštanja u atmosferu, i na taj način se redukuju toksične emisije koje se emituju u atmosferu. Procesna isparavanja procesnih voda smanjuje im zapreminu otpada za više od 97%. Tragovi metala i soli ostaju zajedno sa ostacima, koji se konstantno uklanjaju iz donjeg dela sistema za isparavanje deponijskog gasa. Ovi tretirani neopasni ostatci mogu se recirkulisati kroz deponiju ili očvrnuti radi odlaganja na deponiju

### **GORIVE ĆELIJE**

Goriva ćelija je uređaj koji stvara električnu energiju direktno iz hemijske. U principu je vrlo slična bateriji, međutim goriva ćelija se nikada neće istrošiti sve dok se snabdeva sa kiseonikom i gorivom. Gorive ćelije su čak dva do tri puta efikasnije od motora sa unutrašnjim sagorevanjem u konverziji energije goriva u korisnu energiju, a na izlazu, daju jednosmernu električnu energiju koja se može koristiti u razne svrhe.

Deponijski gas, odnosno vodonik proizveden iz gasa, može se upotrebljavati i u gorivim ćelijama. Sistem je testiran u SAD-u, gde postoje postrojenja koja proizvode 25 kW i 250 kW. Investicioni troškovi su veliki, što znači da ovo još uvek ne predstavlja profitabilno rešenje.

Gorive ćelije su obećavajuća tehnologija za proizvodnju električne energije iz biogasa (deponijskog gasa). Primeni u Ova tehnologija je prošla demonstracionu fazu i u budućnosti se očekuje njena veća ekonomska kompetitivnost sa drugim tehnologijama.



Tabela 13. Broj, veličina i stepen ekstrakcija gasa u postrojenjima za iskorišćavanje deponijskog gasa u zemljama u svetu

| Zemlja           | Broj postrojenja | Proizvodnja energije (MW) | Količina otpada (u milionima tona) | Stepen ekstrakcije      |                               |
|------------------|------------------|---------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
|                  |                  |                           |                                    | m <sup>3</sup> LFG/satu | m <sup>3</sup> /tona/godišnje |
| Australija       | 18               | 76                        | 101                                | 43.657                  | 3,8                           |
| Austrija         | 15               | 22                        | 28                                 | 8.820                   | 2,8                           |
| Brazil           | 7                | 11                        | 12                                 | 4000                    | 2,9                           |
| Kanada           | 15               | 106                       | 120                                | 72.000                  | 5,3                           |
| Kina             | 4                | 4                         | 4                                  | 2.106                   | 4,7                           |
| Republika Češka  | 6                | 7                         | 8                                  | 2.700                   | 3,0                           |
| Danska           | 23               | 22                        | 20                                 | 5.913                   | 2,6                           |
| Finska           | 14               | 12                        | 20                                 | 6.500                   | 2,8                           |
| Francuska        | 26               | 30                        | 35                                 | 12.400                  | 3,1                           |
| Nemačka          | 182              | 270                       | 380                                | 78.500                  | 1,8                           |
| Grčka            | 1                | 13                        | 20                                 | 7.400                   | 3,2                           |
| Hong Kong        | 8                | 32                        | 28                                 | 14.620                  | 4,6                           |
| Italija          | 135              | 362                       | 240                                | 115.150                 | 4,2                           |
| Koreja           | 3                | 16                        | 14                                 | 7.000                   | 4,4                           |
| Litvanija        | 1                | 5                         | 5                                  | 2.850                   | 5,0                           |
| Meksiko          | 1                | 7                         | 7                                  | 3.800                   | 4,8                           |
| Holandija        | 47               | 62                        | 100                                | 26.575                  | 2,3                           |
| Norveška         | 30               | 28                        | 13                                 | 5.790                   | 3,9                           |
| Poljska          | 19               | 18                        | 15                                 | 5.000                   | 2,9                           |
| Portugalija      | 1                | 2                         | 2                                  | 900                     | 3,9                           |
| Južna Afrika     | 4                | 4                         | 4                                  | 1.600                   | 3,5                           |
| Španija          | 14               | 36                        | 51                                 | 20.700                  | 3,6                           |
| Švedska          | 61               | 55                        | 35                                 | 12.950                  | 3,2                           |
| Švajcarska       | 7                | 7                         | 8                                  | 2.988                   | 3,3                           |
| Tajvan           | 4                | 20                        | 20                                 | 10.972                  | 4,8                           |
| Turska           | 1                | 4                         | 8                                  | 2.200                   | 2,4                           |
| Velika Britanija | 151              | 320                       | 400                                | 180.000                 | 3,9                           |
| SAD              | 354              | 2.378                     | 2.850                              | 958.400                 | 2,9                           |
| <b>Ukupno</b>    | <b>1.152</b>     | <b>3.929</b>              | <b>4.548</b>                       | <b>1.615.545</b>        | <b>3,1<sup>b</sup></b>        |

<sup>a</sup> Izračunato: (Stepen ekstrakcije u m<sup>3</sup> LFG/satu x 24 časa x 365 dana) / (Količina otpada u milionima tona x 1,000,000)

<sup>b</sup> Prosek

### 7.9.8 Primeri dobre prakse u svetu

#### POSTROJENJE ZA ISKORIŠĆAVANJE DEPONIJSKOG GASA U PORTUGALU

Prvo postrojenje za proizvodnju električne energije od komunalnog otpada u Portugalu izgrađeno je na Seixal deponiji blizu Lisabona. Deponija je krenula sa radom 1995. s ćelijom A, koja je napunjena 1998, s 500.000 tona komunalnog čvrstog otpada. Do kraja 2004. ćelija B je napunjena s oko 1 milion tona. Punjenje se nastavilo u ćeliji C sa dodatnih 2,5 miliona tona. Postrojenje za iskorišćenje deponijskog gasa je krenulo sa radom u februaru 2004. i tada se obavljala ekstrakcija gasa samo iz A ćelije. Povezivanjem i ćelije B, postrojenje za iskorišćavanje deponijskog gasa imaće električnu snagu 1,7 MW. Električna snaga pri korišćenju potencijala ćelije A iznosila je oko 420 kW.

#### KOGENERATIVNO POSTROJENJE U DANSKOJ

Deponija u Ostdeponi je vlasništvo grupe deponija oko *Herning*. Deponija je započela sa radom 1980. godine i još uvek prima otpad, ali sada bez organskih materijala. Depono-

vano je oko 1.5 miliona tona otpada. Vlasnici su izgradili postrojenje za iskorišćavanje deponijskog gasa 1989. koje je nakon toga dva puta povećavano. Sistem ekstrakcije se sastoji od 40 vertikalnih cevi povezanih sa dve merne pumpe, i regulacionim modulima, odakle se gas upumpava u tri sistema za iskorišćavanje. Jedan je gasni motor koji se nalazi na deponiji, i koji samo proizvodi električnu energiju. Ostala dva su postrojenja za kogeneraciju koja se nalaze u dva obližnja seoska mesta, na približnoj udaljenosti od oko 5 km. Tri uređaja gasnih motora/generatorsa svaki električne snage 350 kW i dva uređaja u seoskim mestima s toplotnom snagom 535 kW koriste se u sistemu centralnog grejanja. U jednoj od toplotnih stanica deponijski gas se može koristiti kao gorivo za pomoćni kotao. Ugrađen je i kotao za vršna opterećenja, koji kao gorivo koristi mazut.

### **NAJVEĆE POSTROJENJE ZA ISKORIŠĆAVANJE DEPONIJSKOG GASA U DANSKOJ**

Najveće postrojenje za iskorišćavanje deponijskog gasa u Danskoj, izgrađeno je na Odense deponiji 1997. Opština Odense poseduje deponiju, ali je postrojenje za iskorišćavanje deponijskog gasa izgradila privatna kompanija u čijem je postrojenje vlasništvu i pod čijim okvirom radi. Deponija je krenula sa radom 1960. i, a zatvorena 1997, nakon primanja ukupne količine komunalnog čvrstog otpada od 6 miliona tona. Sistem ekstrakcije se sastoji od 160 vertikalnih bunara i mreže od preko 25 km gasnog cevovoda povezanih sa 4 mernih pumpi i regulacionih modula. Automatski sistem regulacije optimizuje ekstrakciju gasa. Gas se preko 4 km dugog gasovoda upumpava u postrojenje za kogeneraciju, koje se sastoji od tri uređaja gasnih motora/generatorsa. Električna snaga svakog je 900 kW, a toplotna i 1.300 kW. Pošto je deponija bila zatvorena kada se krenulo sa iskorišćenjem deponijskog gasa, produkcija gasa je opala, pa svi motori nisu više u upotrebi.

### **DEPONIJA BARJE U SLOVENIJI**

Iskorišćavanje deponijskog gasa za proizvodnju električne energije i redukciju emisija metana za gradske deponije u Ljubljani je ostvareno izgradnjom termoelektrane sa četiri motora koje pokreće deponijski gas. Smanjenje negativnog uticaja deponije na životnu sredinu ili smanjenje emisija metana je glavni cilj ovog projekta.

Deponija Barje se nalazi u blizini Ljubljane i njome upravlja javno preduzeća *Snaga*. Stari deo deponije ima površinu od 47,5 ha, dok je površina novog dela deponije 41,5 ha. Stari deo deponije je napunjen između 1964. i 1987. Novi deo sastoji se od pet zona, od kojih su prve tri napunjene 1987 i 2003.

Deponijski gas se sastoji od 50% metana, čija je toplotna moć oko 16 MJ/Nm<sup>3</sup> i pogodan je za proizvodnju električne energije u gasnim motorima. Prva dva gasna motora za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije, instalirana su 1995. a dva nova 2003. i 2004. Prva dva motora na deponijski gas koja su instalirana 1995. su snage 2 x 630 kW, a druga dva po 1050 kW. Proizvodnja električne energije u 2005 godini, je iznosila 20,5 GWh. Troškovi investicije motora na deponijski gas su 650.000 €.

Pouzdanе informacije o stanju na deponiji, i kvalitet deponijskog gasa predstavlja osnovu za uspešno izvođenje ovakvih projekata. Na ovaj način problemi zaštite životne sredine usled emisija metana iz otpada mogu se pretvoriti u profit.

Tabela 13. Prednosti i nedostaci različitih tehnologija

| PREDNOSTI  | NEDOSTATCI   |
|--|--|
| <p><b>Anaerobna digestija</b><br/>Mogućnost proizvodnje energije kao i kvalitetnog materijala za kondicioniranje zemljišta.<br/>Nije potrebno snabdevanje energijom kao kod aerobnog kompostiranja.<br/>Otvoreni sistem omogućava sakupljanje svih proizvedeni gasova radi njihove dalje upotrebe.<br/>Kontrola emisije GHG.<br/>Nema neprijatnih mirisa.<br/>Modularna konstrukcija postrojenja, i zatvoreni tretman zahteva manje neophodnog prostora.<br/>Postrojenja manjih kapaciteta su takođe izvodljiva.</p> | <p>Oslobođena toplota rezultuje manjom efikasnošću destrukcije patogenih organizama, nego u slučaju aerobnog kompostiranja.<br/>Nije pogodna za tretman otpada koji sadrži manje količine organskog materija.<br/>Zahteva izdvajanje otpada radi poboljšanja efikasnosti digestije.</p>  |
| <p><b>Iskorišćavanja deponijskog gasa</b><br/>Najjeftinija tehnologija<br/>Proizvedeni gas se može koristiti za proizvodnju energije, u raznim aplikacijama.<br/>Visoko kvalifikovano osoblje nije neophodno<br/>Sakupljanje i iskorišćavanje deponijskog gasa direktno utice na smanjenje staklene baste,</p>   | <p>Zemljište kao i podzemne vode mogu biti zagađene usled neadekvatnog sistema za tretman procednih voda.<br/>Potrebne za velikom površinom zemljišta<br/>Troškovi transporta otpada na udaljenim lokalitetima deponija mogu biti veliki<br/>Troškovi prečišćavanja gasa do nivoa prirodnog gasa mogu biti veliki, kao i troškovi tretmana procednih voda.<br/>Mogućnost pojave spontanog paljenja metana.</p>   |
| <p><b>Insineracija</b><br/>Najpogodnija je za visoko kalorični otpad, patološki otad, itd..<br/>Proizvodnja toplotne energije, koju je moguće direktno upotrebljavati, ili koristiti za proizvodnju energije<br/>Tehnologija koja proizvodi malo buke, i neprijatnih mirisa.<br/>Potrebna mala površina zemljišta<br/>Može biti locirana u okviru gradskih naselja, čime se redukuje troškovi tranporta otpada.</p>  | <p>Manje pogodna za otpad sa visokim sadržajem vlage, niskom kaloričnom vrednošću i otpad sa visokim sadržajem hlora.<br/>Višak vlage i inertnog sadržaja utiče na neto proizvodnju energije, moguća je potreba za dodavanjem pomoćnih goriva radi održavanja procesa sagorevanja.<br/>Problemi usled mogućeg prisustva toksičnih metala u pepelu, emisije čestica, SOx, NOx, jedinjenja hlora, od HCl do dioksina<br/>Visoki investicioni troškovi.</p> |
| <p><b>Piroliza</b><br/>Proizvodnja gasa i goriva koji se može koristiti u mnogobrojim aplikacijama.<br/>U poređenju sa insineracijom kontrola zagađenja atmosfere sprovodi se povoljnije u tehnoeekonomskom smislu.</p>  | <p>Neto proizvodnja energije može biti smanjena usled visokog prisustva vlage u otpadu.<br/>Visoka viskoznost pirolitičkog ulja, može dovesti do problema prilikom njegovog transporta i sagorevanja.</p>  |

Izvor: EPA

## **8.0 TEHNOLOGIJE PRIMENLJIVE U AP VOJVODINI I REPUBLICI SRBIJI**

*Waste-to-energy* projekti mogu biti održivi samo ako su ekonomski i tehnički izvodljivi. Ekonomija iskorišćenja otpada u vidu energije najviše zavisi od sastava i količine tokova otpada. Svaki oblik *waste-to-energy* iskorišćava određene komponente iz otpada, stoga će te komponente morati da budu prisutne u dovoljnim količinama u otpadu koji će biti tretirani. Količina otpada predstavlja još važniju stavku nego sastav. Bez dovoljnih količina otpada povrat investicionih troškova, kao i troškovi rada i postrojenja nemoguće je nadoknaditi.

Gorivo dobijeno iz otpada može se usitniti na čestice ujednačenih veličina, ili sabiti u brikete te druge vrste otpresaka. Obe forme olakšavaju rukovanje, transport i sagorevanje. RDF se često može sagorevati ili ko-sagorevati u postojećem postrojenju, sa drugim gorivom, kao što su drvo ili ugalj. Gorivo dobijeno iz otpada predstavlja koristan i jeftin aditiv, koji može redukovati cenu proizvodnje električne energije u mnogim aplikacijama. Zbog neujednačenog sastava komunalnog čvrstog otpada, njegova insineracija zahteva specijalno konstruisane rezervoare. Drugi problem predstavlja to što otpad može da sadrži otrovne materije i teške metale na nivou koji zahteva specijalan postupak i postrojenja za sagorevanje, ili primenu vrlo malog udela u ko-sagorevanju. Praktično, cena testiranja otpada u saglasnosti s pred standardom CEN/TS 15359 i u skladu s time izdavanja sertifikata, bila bi previsoka ukoliko ne bi mogla da se ostvari zadovoljavajuća homogenost otpada.

Može se vršiti insineracija manjih količina nesagorljivih materija, kao što su teški metali. Iako su metali inertni i ne odaju energiju prilikom spaljivanja, visoke temperature u pećima za komunalni čvrsti otpad prouzrokuju delimično isparavanje metala, čime dolazi do oslobađanja toksičnih isparenja i letećeg pepela. Sastav goriva dobijenog iz industrijskog otpada nije tako promenljiv kao sastav komunalnog čvrstog otpada; zbog toga u postrojenjima za sagorevanje goriva dobijenog iz otpada je potrebna znatno manja kontrola sagorevanja, nego u postrojenjima u kojima se vrši spaljivanje komunalnog čvrstog otpada.

Ovaj problem mogao bi da se prevaziđe prethodnom selekcijom otpada i odvajanjem nekih komponenti. Prvo se uklanjaju materijali, kao što su crni metali, staklo, krupan pesak, i ostali koji se ne mogu sagoreti. Preostali materijal imao bi veću homogenost i mogao bi da se koristi za ko-sagorevanje. Naravno, u tom slučaju su velika ulaganja u postrojenje za selekciju i obavljanje selekcije.

### **Piroliza**

Proces pirolize je visoko egzoterman proces (odaje toplotu). Proces transformiše otpad u gasove ili tečna goriva, koja krajnji korisnici mogu upotrebljavati u mnogobrojnim aplikacijama, uključujući i konvencionalne motore i kotlove. Gas koji nastaje procesom pirolize gorivo je za kotlove, ili se koristi na drugi način. Stopa ponovnog iskorišćenja u vidu energije je značajno veća nego kod konvencionalnih insineratora.

Nijedan od proizvoda koji nastaju procesom pirolize nema veliku vrednost, a investicioni i operativni troškovi su veoma visoki. Mogućnosti upotreba komunalnog čvrstog otpada kao goriva u sistemima za pirolizu su ograničene. Piroliza se uspešno koristi za proizvodnju energije iz drugih čvrstih homogenih goriva, ali za tretiranje tog otpada nije dalo ekonomski prihvatljive rezultate. Poseban problem predstavlja složeno upravljanje, tj. prilagođavanje parametara rada karakteristikama komunalnog čvrstog otpada.

Zbog svega navedenog postupak pirolize ne bi mogao da se preporuči za energetske valorizacije komunalnog čvrstog otpada u AP Vojvodini.

## **Anaerobna digestija**

Svrha anaerobnih digestora je iskorišćavanje gasa proizvedenog razlaganjem otpada, u postrojenjima za proizvodnju energije. Mišljenje je da anaerobna digestija predstavlja najefikasniji postupak za proizvodnju metana iz otpada. Otpad se nakon anaerobnog tretmana može tretirati aerobno, a zatim koristiti kao humus za poboljšanje kvaliteta zemljišta. Proces anaerobne digestije moguć je i kada je sadržaj vlage u komunalnom čvrstom otpadu i preko 60%.

Obezbeđivanje uklanjanja toksičnih supstanci pre nego što se otpad dozira u digestor je teško, a problem ostataka anaerobne digestije još uvek nije rešen. Anaerobna digestija je izvodljiva u kombinaciji sa digestijom kanalizacionog mulja, ili digestijom poljoprivrednog otpada. Dodavanje materijala kao što je komunalni čvrsti otpad može poboljšati proces digestije. Trenutni trend anaerobne digestije je ka gradnji postrojenja velikog kapaciteta.

Na osnovu navedenog, primena anaerobne digestije za energetske valorizaciju komunalnog čvrstog otpada ne bi mogla da se efikasno primenjuje u AP Vojvodini, uz ostvarenje dobrih ekonomskih pokazatelja.

Sagledavajući navedeno, od postupaka za energetske valorizaciju komunalnog čvrstog otpada, koji su već danas zreli za primenu u praksi, preostaju, insineracija i korišćenje deponijskog gasa, te će posebno biti razmotreni i obrazloženi u nastavku.

## **8.1 INSINERACIJA**

Troškovi izgradnje postrojenja za insineraciju, kao i operativni troškovi su visoki. Jedan od glavnih problema sprovođenja insineracije predstavlja negomogenost otpada. Sastav se tokom vremena neprekidno menja, te je teško da se ostvari ujednačen proces rada. Količine vlage i nesagorljivih materija u otpadu, su faktori koje je najteže prilagoditi procesu sagorevanja. Otpor javnosti se takođe ne može izbegnuti, i može predstavljati problem zbog zagađenja vazduha koje može da procesom insineracije. Ovo zagađenje se ne može u potpunosti izbeći čak i u najsofisticiranijim postrojenjima.

Specifični troškovi investicije, pa i rada, opadaju s porastom kapaciteta postrojenja. Za rad postrojenja potrebna je visokokvalifikovana i obučena radna snaga, za rad u tri smene. Stoga se ne preporučuje manja naselja. S druge strane, ukoliko postrojenje za insineraciju opslužuje veće područje, rastu troškovi transporta komunalnog čvrstog otpada do lokacije.

### **8.1.1 Ekonomija postrojenja za insineraciju**

Insineracija otpada uključuje visoke investicione troškove kao i visoke troškove rada i održavanja. Neto cena troškova tretmana po toni otpada tretiranog insineracijom je veća u poređenju sa drugim opcijama (obično deponijama).

U zavisnosti od stvarnih troškova (koji veoma zavise od veličine postrojenja), kao i prihoda od prodaje energije, neto troškovi tretmana po toni otpada su 25-100 \$ (1998.), s prosekom 50 \$. U isto vreme, prosečni troškovi odlaganja otpada na deponijama kreću u opsegu 10 - 40 \$ po toni.

Po preporukama koje je dala Svetska banka, ključni kriterijumi za korišćenje otpada kao goriva u insineratoru su:

- Prosečna donja toplotna moć otpada mora biti najmanje 6 MJ/kg, u svim sezonama. Prosečna donja toplotna moć na godišnjem nivou ne sme biti ispod 7 MJ/kg.

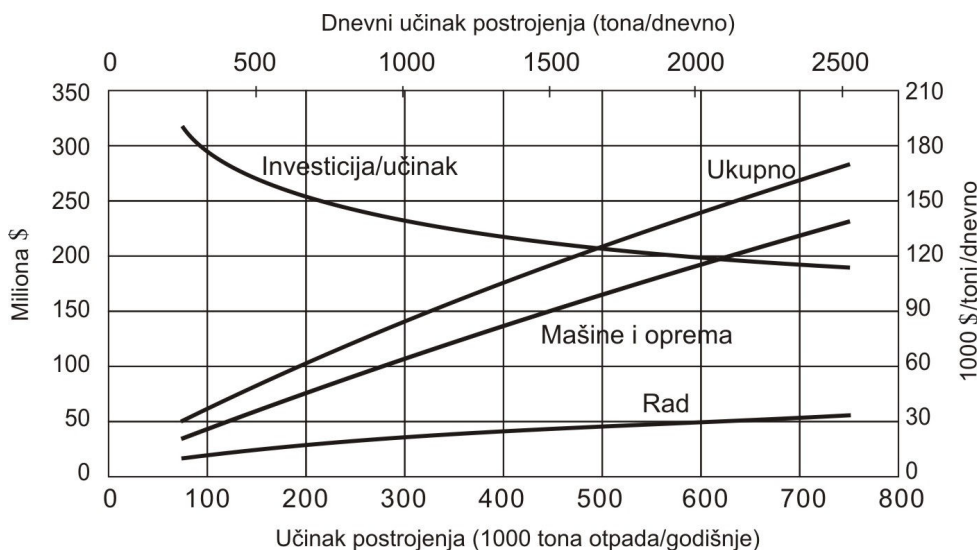
- Procena generisanja i sastava otpada, moraju biti ustanovljeni na osnovu ispitivanja otpada u oblastima sakupljanja za planirano postrojenje za insineraciju. Ovo se mora obavljati od strane iskusne i nezavisne institucije.
- Godišnje količina otpada za insineraciju ne sme biti manja od 50.000 tona, a nedeljne varijacije u snabdevanju postrojenja otpadom ne smeju biti veće od 20%.

Tehnologija insineracija otpada bez prethodnog sortiranja ili obrade predstavlja najrasprostranjeniju i ispitanu tehnologiju za insineraciju komunalnog čvrstog otpada.

### Investicioni troškovi

Realni investicioni troškovi postrojenja za insineraciju zavise od mnogobrojnih uticaja, posebno od veličine postrojenja (kapaciteta postrojenja), količine otpada koja se tretira u tonama godišnje i/ili dnevno, kao i od toplotne moći otpada i njene ujednačenosti.

Investicioni troškovi u funkciji godišnjeg (i dnevnog) kapaciteta tipičnog novog postrojenja za insineraciju prikazani su na slici 20. Za donju toplotnu moć otpada uzeta je vrednost 9 MJ/kg, koja usvojena kao osnova za projektovanje.

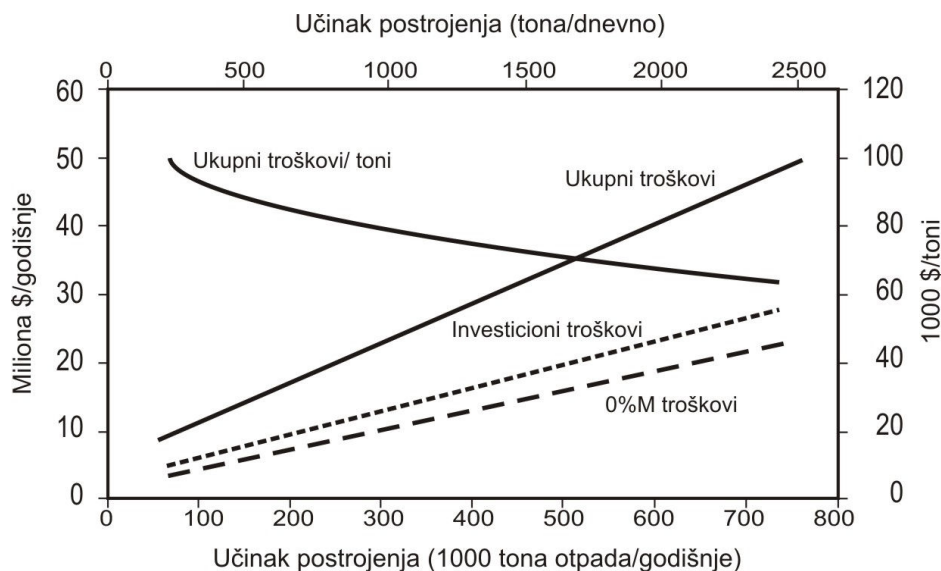


Slika 20. Investicioni troškovi

### Troškovi rada i održavanja

Troškovi rada i održavanja obuhvataju:

- fiksne troškove rada, u koje spadaju troškovi administracije i troškovi plata,
- varijabilne troškove rada (troškove hemikalija za čišćenje sistema dimnih gasova, troškove električne energije (ako je postrojenja opremljeno parnom turbinom ili setom turbina i generatora, postojeće i neto proizvodnja energije), cene vode i upravljanja otpadnim vodama, troškovi odlaganja ostataka,
- troškovi održavanja, koji obuhvataju održavanja opreme i objekata.



Slika 21. Troškovi insineracije na godišnjem nivou

### Proračun neto troškova tretmana

Neto troškovi tretmana mogu se izračunati na osnovu potencijalnih prihoda od prodaje energije. Prihodi od prodaje energije su zasnovani na donjoj toplotnoj moći otpada 9 MJ/kg. U slučajevima kada je donja toplotna moć otpada niže od 9 MJ/kg, prihodi od prodaje energije su niži, jer su viši specifični troškovi tretmana. Ako se pretpostavi da je količina otpada pogodna za tretman u postrojenju za insineraciju iznosi 0,25 tona po stanovniku (0,7 kg/stanovniku/dnevno), mogu se proceniti godišnji troškovi po stanovniku. U zavisnosti od veličine postrojenja ova vrednost varira 10-20 \$ po stanovniku/godišnje. Ova cena podrazumeva samo cenu tretmana i ne uključuje sakupljanje otpada, sisteme recikliranja i ostalo.

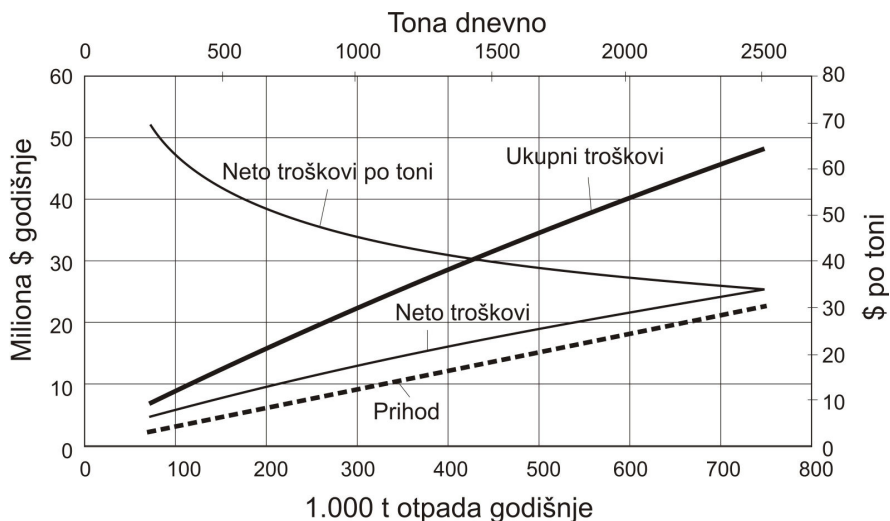
Kao primer, u tabeli 14, prikazani su neto troškovi tretmana insineratora komunalnog čvrstog otpada kapaciteta 300.000 tona to jest, oko 1.000 tona/dnevno.

Tabela 14. Primer proračuna neto troškova tretmana

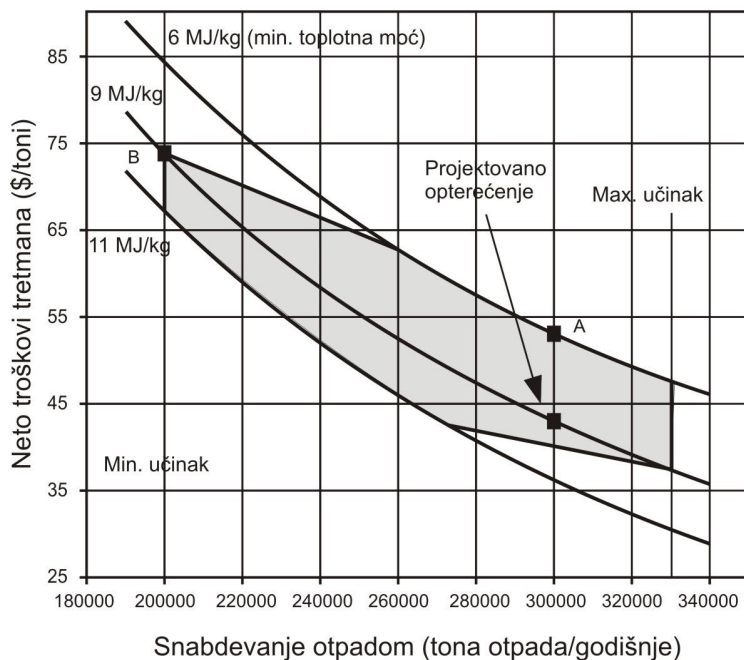
| <b>Preduslovi:</b>  |               |                      |                   |
|---|---------------|----------------------|-------------------|
| <b>Kapacitet</b>  | 300.000 t/god |                      |                   |
| <b>Output</b>   |               |                      |                   |
| - Pepeo sa dna  | 75.000 t/god  | 960 t/dnevno         | 40 t/h            |
| - APC ostatci   | 10.250 t/god  |                      |                   |
| - Energija za prodaju                                     | 265 GWh       |                      |                   |
| <b>Investicije</b>  |               | <b>145.0 miliona</b> |                   |
| <b>Godišnji kapitalni troškovi (6% p.a, godišnje)</b>     |               | 13,0 mil.            | 43 \$/toni        |
| - Administracija i plate zaposlenih                       | 3,0 mil.      |                      |                   |
| - Struja, voda, hemikalije                                | 2,0 mil.      |                      |                   |
| - Odlaganje residuala (100\$/toni)                        | 1,0 mil.      |                      |                   |
| - Odlaganja ili ponovna upotreba pepela sa dna (5\$/toni) | 0,4 mil.      |                      |                   |
| - Održavanje (mašine i ljudstvo)                          | 3,0 mil.      | 9,4 mil.             | 31 \$/toni        |
| <b>Ukupni godišnji troškovi</b>                           |               | <b>22,4 mil.</b>     | <b>74 \$/toni</b> |
| <b>Godišnji prihodi od prodaje energije (35 \$/MWh)</b>   |               | <b>9,3 mil.</b>      | <b>31 \$/ton</b>  |
| <b>Neto troškovi</b>                                      |               | <b>14,3 mil</b>      | <b>43 \$/toni</b> |

Izvor: Svetska banka

Kao rezultat analize dobija se da cena neto troškova tretmana iznosi 43 \$ po toni otpada. Međutim u slučaju da se ne mogu postiće određeni preduslovi, to jest ako su vrednost donje toplotne moći otpada, kao i snabdevanje otpada ispod predviđenih, to može značajno uticati na povišenje troškova tretmana, slika 22. U slučaju snabdevanja postrojenja otpadom od samo 200.000 tona/godišnje, neto troškovi rastu sa 43 na 75 \$ po toni. Ukoliko količina otpada koje se doprema u insinerator padne ispod 200.000 tona godišnje, ne može da se obezbedi kontinualan rad postrojenja. U slučaju da je donja toplotna moć otpada samo 6 MJ/kg (tačka B), doći će do povećanja neto troškova tretmana sa 43 do 53 \$ po toni.



**Slika 22. Troškovi neto tretmana**



**Slika 23. Osetljivost neto troškova tretmana**

Insineracija otpada zahteva velike investicione troškove kao i visoke troškove rada i održavanja. Zbog toga su jedinični troškovi otpada tretiranog u postrojenju za insineraciju



znatno veći u poređenju sa troškovima tretiranja otpada klasičnim metodama (sanitarne deponije, itd.). Na osnovu podataka i preporuka koje je dala Svetska banka izveden je zaključak da je cena tretiranja u insineratorima najmanje dva puta veća od cene odlaganja na sanitarnim deponijama. Rizik od finansijskog neuspeha je veliki, a razlozi za to su:

- visoki investicioni troškovi i neophodnost uvoza mašina i opreme,
- tehnička i tehnološka kompleksnost uslovljava angažovanost kvalifikovanog i iskusnog osoblja, dostupnost rezervnih delova,
- visoki zahtevi u pogledu kvaliteta, količine i sastava otpada,
- potreba za odgovarajućim institucionalnim okvirima,
- stabilnost cene i potrošnje energije.

Ono što je značajno za zemlje u razvoju je da pri izvođenju procena troškova i dobiti pri povećanom riziku, neophodno je da se uradi studija opravdanosti insineracije. Pri procenivanju troškova i dobiti treba obratiti pažnju na:

- razdaljinu i rute transporta otpada,
- potrebu za korišćenjem i rekultivacijom zemljišta,
- uticaj na turizam i razvoj grada,
- kratkoročni i dugoročni uticaj odlaganja otpada na životnu sredinu,
- mogućnosti transfera tehnologije i porasta nivoa obrazovanja i stručnosti zaposlenih,
- kapacitet lokalnog tržišta rada,
- održivost procesa proizvodnje energije iz otpada.

Ukoliko je procena troškova i dobiti negativna, onda je odlaganje otpada na sanitarne deponije ekonomski i u cilju očuvanja životne sredine najodrživije rešenje. Poboljšanje kvaliteta i kapaciteta postojećih sanitarnih deponija, predstavljaju bolje rešenje.

## **8.2 DEPONIJSKI GAS**

Kontrolisanje i upravljanje emisijama antropogenog porekla u koje se svrstavaju i emisije deponijskih gasova sa deponija komunalnog otpada ima danas veliki značaj. Metan i ugljendioksid čine glavne komponentu deponijskog gasa. Ugljendioksid je gas koji stvara efekat staklene, a uticaja metana je čak 23 puta veći. Korišćenje deponijskog gasa (*LFG*) kao energenta je jedan od metoda za upravljanje emisijama sa deponije.

Deponijski gas se uglavnom sastoji 50–60% metana, 40–50% ugljendioksida i ostalih gasovima u tragovima. Toplotna moć ovog gasa je približno dvostruko niža od toplotne moći prirodnog gasa. Udeo metana u gasu mora biti najmanje 35% da bi njegovo korišćenje kao energenta bilo isplativo.

Sakupljanjem metana sa deponije i njegova primena kao energenta redukuje se količina metana koje se oslobađaju u atmosferu. Deponije predstavljaju najveće antropogene izvore metana, oko 40% ukupnih emisija metana je poreklom sa deponija. Sakupljanje gasa redukuje neprijatne mirise, štetan uticaj deponije na životnu sredinu, moguće požare i može predstavljati izvor prihoda. Sakupljanje deponijskog gasa predstavlja jedan od najraširenijih oblika korišćenja otpada u energetske svrhe. Broj postrojenja za tu namenu značajno je povećan poslednjih godina. Tako, na primer, broj postrojenja za korišćenje deponijskog gasa se u SAD povećao s 110 1992, na 140 2005. U Kanadi s 9 u 1992, na 17 2005. Postupak korišćenja deponijskog gasa je značajno jednostavniji od drugih. To takođe, predstavlja ekonomski najpovoljniji način energetskog potencijala otpada, ukoliko su na raspolaganju dovoljne površine za deponije i ukoliko se procedne vode tretiraju na odgovarajući način.

### 8.2.1 Ekonomija iskorišćenja deponijskog gasa

Nivo investicija uglavnom zavisi od količine generisane energije kao i udaljenosti na kojoj se generisana energija može isporučiti. Kao što je već navedeno, sistem za iskorišćavanje deponijskog gasa sastoji se od dela za sakupljanje i dela za evakuaciju.

- **Sistem za sakupljanje deponijskog gasa** sastoji se od vertikalnih (koje se postavljaju nakon deponovanja otpada) ili horizontalnih bušotina (koje se postavljaju za vreme odlaganja otpada). Prosečni nivo investicija horizontalnih i vertikalnih bušotina je podjednak. Za deponiju prosečne dubine 10 metara, investicije sistema za sakupljanje gasa su 20.000-40.000 \$ po hektaru.
- **Sistem za evakuaciju deponijskog gasa** sastoji se od vakuumskih pumpi, opreme za kontrolu i upravljanje. Investicije zavise od sofisticiranosti sistema kontrole i upravljanja i zapremine deponijskog gasa koji će biti evakuisan. Investicije sistema za evakuaciju su 100 - 450 \$ po m<sup>3</sup> evakuisanog deponijskog gasa po satu. Za prosečnu deponiju dubine 10 metara, investicije neophodne za sistem za evakuaciju su 10.000-45.000 \$ po hektaru. Jednostavniji sistemi za evakuaciju, koji se primenjuju u zemljama u razvoju, košaju 10.000- 25.000 \$ po hektaru.

Gas se najčešće koristi kao gorivo za postrojenja koja proizvode električnu energiju. Cena uređaja je u granicama 850 i 1.250 \$ po kW<sub>e</sub>, a zavisi od savremenosti opreme. Specifična investicija opada s porastom snage, a smatra se da je oblast isplativoasti već od 250 do 500 kW<sub>e</sub>.

Prosečna cene investicije po kW<sub>e</sub> instalirane snage za celokupni sistema iskorišćavanja deponijskog gasa prikazane su u tabeli 15.

Tabela 15. Prosečni investicioni troškovi postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa po kW<sub>e</sub> instaliranog kapaciteta

| Komponenta            | Cena (\$/kWe)        |
|-----------------------|----------------------|
| Sistem sakupljanja    | 200 – 400            |
| Sistem za evakuaciju  | 200 – 300            |
| Sistem iskorišćavanja | 850 – 1.200          |
| Planiranje i dizajn   | 250 – 350            |
| <b>Ukupno</b>         | <b>1.550 – 2.250</b> |

Izvor: Svetska Banka

Na osnovu pregleda izvedenih rešenja trošak investicija je u dijapazonu 1.550 – 2.250 \$ po kW<sub>2</sub>.

#### Prihodi od proizvodnje deponijskog gasa

Prihod od iskorišćenja deponijskog gasa značajno zavisi od tipa energije koja se proizvodi. Cena po kojoj se električna energija prodaje nacionalnim mrežama razlikuje se između zemalja, ali se obično kreće 0,01-0,08 \$/kWh, sa prosekom od 0,04 \$/kWh.

Da bi u SAD-u i Velikoj Britaniji, iskorišćenje deponijskog gasa bilo izvodljivo subvencija, proizvedena električna energija se mora prodati po ceni od 0,03 \$/kWh, ili većoj. Za male deponije (kapaciteta manjeg od 500.000 tona), električna energija koja se proizvede mora biti prodana po ceni od 0,055 \$/kWh ili većoj.

Veliki broj zemalja ima direktne ili indirektno subvencije za obnovljive izvore energije, sa ciljem promovisanja proizvodnje energije sa redukovanim emisijama ugljen-dioksida. Subvencije prilikom prodaje električne energije iznose od 0,004 \$/kWh u SAD, do 0,04

\$/kWhe, na primer u Danskoj. U skladu sa Kjoto Protokolom, u mnogim zemljama je moguće dobiti karbon kredite izgradnjom postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa.

### Investicije

Investicije u postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa uglavnom zavise od dubine deponije (zapremina deponovanog otpada podeljena sa površinom deponije). Jedinični investicioni troškovi za deponiju veličine 10 ha, i 1 miliona tona otpada, iznosi 6,6- 8,5 \$ po toni otpada, u zavisnosti od lokalnih uslova. Sa investicijom u sistem za iskorišćavanje deponijskog gasa 1,4–2,8 \$ po toni otpada, investicije u sistem za iskorišćavanje deponijskog gasa predstavljaju 18-25% ukupnih investicionih troškova.

Ukupni investicioni troškovi, i troškovi rada izgradnje deponije bez sistema za iskorišćavanje deponijskog gasa iznosiće 10-15 \$ po toni deponovanog otpada. Uzevši u obzir povrat troškova od prodate energije, izgradnjom sistema za iskorišćavanje deponijskog gasa ukupni troškovi izgradnje deponije se mogu smanjiti na 8-13 \$ po toni, što predstavlja ukupno smanjenje troškova izgradnje deponije za 35-47%.

Tabela 16. Ekonomija sistema za iskorišćavanje deponijskog gasa

|  | \$               | \$/toni     |
|--|------------------|-------------|
| <b>Investicije</b>                                 |                  |             |
| - Sistem sakupljanja                               | 200.000          | 0,20        |
| - Pumpe, monitoring regulatori                     | 200.000          | 0,20        |
| - Sistem za iskorišćavanje, gasni motor            | 800.000          | 0,80        |
| - Planiranje, dizajn, upravljanje                  | 240.000          | 0,24        |
| - <b>Ukupne investicije</b>                        | <b>1,440.000</b> | <b>1,44</b> |
| <b>Troškovi rada i održavanja</b>                  |                  |             |
| - Godišnji troškovi rada i održavanja              | 140.000          | <b>0,14</b> |
| - Ukupni troškovi rada i održavanja                | 2,800.000        | <b>2,80</b> |
| <b>Dobici</b>                                      |                  |             |
| -Ukupni dobiti od prodate energije (0.055 \$/kWhe) | 7,150.000        | <b>7,15</b> |
| <b>Bilans prihoda</b>                              | <b>2,910.000</b> | <b>2,91</b> |

Izvor: Svetska banka

### Uticiji na životnu sredinu

Bilo koji vid sagorevanja deponijskog gasa redukuje emisije metana. Kontrolisano sagorevanje deponijskog gasa sa ciljem proizvodnje energije, dovede do smanjenja upotrebe fosilnih goriva, samim tim do umanjenog emitovanja emisija ugljenika, što predstavlja dodatni pozitivan efekat na životnu sredinu. Ukupni uticaj na životnu sredinu na globalnom nivou, mogu se izračunati na način koji je prikazan na u tabeli 16.

Iz proračuna se može videti da jedinični troškovi umanjenja iznose oko 4 \$ po toni umanjenog ugljenika. Ovi proračuni mogu biti od ključne važnosti *Globalnoj Environmental Facility* radi pružanja finansijske podrške za dodatne troškove ovakvih projekata.

Tabela 17. Jedinični troškovi za smanjenje ugljenika – Primer

| PARAMETAR   | JEDINICA                     | VREDNOST    |
|---|------------------------------|-------------|
| Ukupna količina otpada  | t                            | 550,000     |
| Ukupni potencijal produkcije LFG-a  | Nm <sup>3</sup>              | 110,000.000 |
| Ukupna količina CH <sub>4</sub> (50% od ukupne količine LFG-a)                        | Nm <sup>3</sup>              | 55,000.000  |
| Ukupna količina CH <sub>4</sub> oslobođenog u tonama (gustina 0,7 kg/m <sup>3</sup> ) | t                            | 38.500      |
| Ukupni ekvivalent CO <sub>2</sub> kao GHG   | t                            | 808.500     |
| Ekvivalent ukupnog ugljenika  | t                            | 220.500     |
| Ukupna potencijalna produkcija električne energije                                    | kWh <sub>e</sub>             | 181,500.000 |
| Predviđeni period generisanja CH <sub>4</sub>   | godina                       | 20          |
| Potrebna veličina generatora energije   | kW <sub>e</sub>              | 1.134       |
| Potrebne investicije  | \$/kW (e)                    | 1.700       |
| Ukupne investicije  | US\$                         | 1,928.000   |
| Interesna stopa investicija   | %                            | 5           |
| Troškovi rada i održavanja na godišnjem nivou (10% investicija)                       | \$/a                         | 192.000     |
| Cena električne energije za prodaju   | \$/kWh                       | 0,034       |
| Ukupni godišnji prihodi   | \$/a                         | 308.500     |
| Neto vrednost dodatnih troškova za period od 20 godina<br>Net Present Value (NPV)     | US\$                         | 504.848     |
| <b>NPV<sub>20</sub> jediničnih smanjenja troškova</b>                                 | <b>\$/toni<br/>ugljenika</b> | <b>3,98</b> |

Izvor: Svetska banka

## 9.0 ENERGETSKI POTENCIJAL DEPONIJSKOG GASA NA PODRUČJU AP VOJVODINE I REPUBLIKE SRBIJE

### 9.1 PROCENE KOLIČINE DEPONIJSKOG GASA

Postoje tri osnovne metode za procenu količine deponijskog gasa na konvecionalnim deponijama. Prve dve metode mogu se izvršiti sa minimalnim informacijama o određenom lokalitetu, za koji se vrši procena. Treća metoda nije razmatran u ovoj analizi zato što ona zahteva testiranje na deponiji (*test wells and pumping*).

**Prvi metod (EPA).** Predstavlja jednostavnu procenu, čime se pretpostavlja da je stopa generisanja deponijskog gasa  $0,0062434 \text{ m}^3/\text{kg}$  otpada komunalnog čvrstog otpada godišnje. Stvarna vrednost može varirati  $0,003122\text{-}0,009365 \text{ m}^3/\text{kg}$  komunalnog čvrstog otpada godišnje. Tipična produkcija deponijskog gasa iz komunalnog čvrstog otpada može se nastaviti 20-25 godina nakon inicijalnog odlaganja otpada. Prema tome, koristeći ovaj metod produkcija deponijskog gasa se može kretati  $0,0624\text{-}0,078 \text{ m}^3/\text{kg}$  odloženog komunalnog čvrstog otpada –niska produkcija, do  $0,187\text{-}0,234 \text{ m}^3/\text{kg}$  otpada odloženog komunalnog čvrstog otpada –visoka produkcija, sa prosekom  $0,125\text{-}0,156 \text{ m}^3/\text{kg}$  otpada.

**Drugi metod (US EPA).** To je model razlaganja prvog reda (*first order decay model*). Deponija može generisati gas i do 50 godina u zavisnosti od sastava komunalnog čvrstog otpada i vlage, iako tipična produkcija deponijskog gasa traje 20-25 godina. Izračunate vrednosti potencijala generisanja deponijskog gasa kreću se između  $0,21\text{-}0,24 \text{ m}^3/\text{kg}$  odloženog komunalnog čvrstog otpada, u zavisnosti od količine prisutne vlažnosti. Što je veći sadržaj vlage veći je potencijal generisanja deponijskog gasa.

Postoji još nekoliko različitih metoda procene kao i publikovanih podataka, koji se mogu koristiti za određivanje produkcije deponijskog gasa iz deponovanog komunalnog čvrstog otpada.

Tabela 18. Potencijal generisanja deponijskog gasa

| Izvor                            | Potencijal generisanja ( $\text{m}^3/\text{kg MSW}$ ) |               |            |
|----------------------------------|---|---------------|------------|
|                                  | Nizak nivo  | Prosečan nivo | Visok nivo |
| Teoretski maksimum               | –   | –             | 0,38       |
| EPA, Aproksimacija               | 0,06  | 0,14          | 0,23       |
| EPA, Metod razlaganja prvog reda | 0,21  | 0,23          | 0,24       |

Izvor: EPA

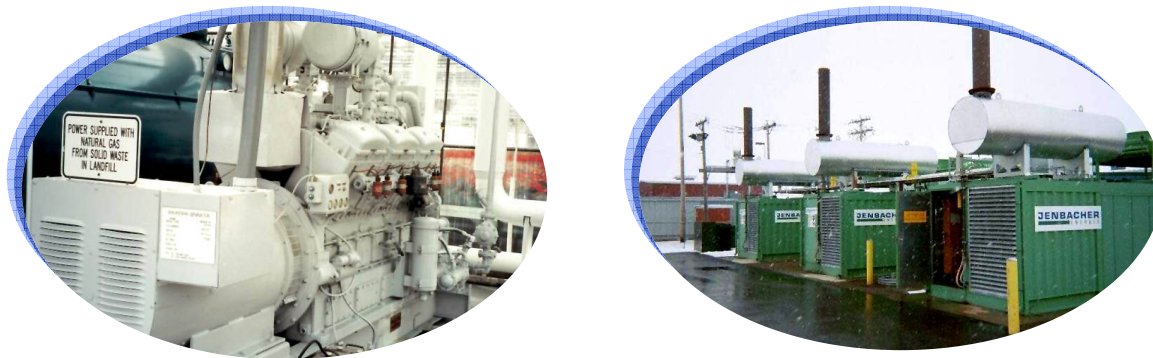
### 9.2 PRORAČUN ENERGETSKOG POTENCIJALA DEPONIJSKOG GASA

Cilj ove studije je odrediti iznos potencijalne količine električne energije dostupne iz komunalnog čvrstog otpada. Prvi korak je prikupljanje deponijskog gasa. Izvedba sistema sakupljanja kao i efikasnost iskorišćenja varira u zavisnosti od lokaliteta. Za ovu vrstu analize bitan faktor predstavlja i efikasnost sistema sakupljanja. Prema USEPA (*United States Environment Protection Agency*) efikasnost sistema za sakupljanje deponijskog gasa iznosi 50-90%, a najčešće, uz primenu dobre tehnologije 75-85%. Za ovu analizu usvojena je efikasnost sakupljanja od 80%. Toplotna moć deponijskog gasa varira u zavisnosti od izvora u granicama  $4,1\text{-}6,2 \text{ kWh}/\text{m}^3$ . Usvaja se  $4,7 \text{ kWh}/\text{m}^3$ . Sa efikasnošću sakupljanja 80%, toplotnom vrednosti od  $4,7 \text{ kWh}/\text{m}^3$  iz  $1 \text{ kg}$  komunalnog čvrstog otpada, trebalo bi se generisati  $0,18 \text{ m}^3$  deponijskog gasa ( $0,23 \text{ m}^3 \times 0,80=0,18 \text{ m}^3$ ) ili  $0,85 \text{ kWh}$  ( $0,14 \text{ m}^3 \times 4,7 \text{ kWh}/\text{m}^3$ ) tokom biološkog raspada komunalnog čvrstog otpada (20-25 godina). Vrednost teoretskog maksimuma iznosila bi  $0,3 \text{ m}^3$  deponijskog gasa/kg otpada ( $0,38 \text{ m}^3 \times 0,80=0,3 \text{ m}^3$ ), ili  $1,4 \text{ kWh}$  ( $0,3 \text{ m}^3 \times 4,7 \text{ kWh}/\text{m}^3=1,4 \text{ kWh}$ ), tokom biološkog raspada komunalnog čvrstog otpada.

### 9.2.1 Primer deponije u Novom Sadu

Ekonomičnost postavljanja sistema za korišćenje deponijskog gasa zavisi od više parametara, kao što su količina generisanog gasa, raspoloživost korisnika i potencijalni uticaji na životnu sredinu. U zavisnosti od količine generisanog deponijskog gasa, mogu se definisati različiti načini energetske iskorisćenja nastalog gasa. Ako postoje uslovi za ekonomski isplativo energetske iskorisćenje, onda se ono može sprovesti tehnologijama baziranim ili na sagorevanju, ili na direktnom korišćenju pojedinih gasova iz raspoloživih-generisanih gasova.

Tehnologije na bazi sagorevanja uključuju kotlove, procesne grejače, gasne turbine i motore sa unutrašnjim sagorevanjem. Turbine i motori unutrašnjeg sagorevanja mogu da sagorevaju generisani deponijski gas i da proizvode struju. Struja može biti korištena za pokrivanje energetske potrebe deponije ili se može predavati električnoj mreži.



Slika 22. Postrojenja za sagorevanje deponijskog gasa

Tehnologije iskorišćenja koje se ne baziraju na sagorevanju su takođe na raspolaganju ali nemaju široku primenu.

Gorive ćelije su obećavajuća tehnologija za proizvodnju struje iz biogasa (deponijskog gasa). Ova tehnologija je prošla demonstracionu fazu i u budućnosti se očekuje njena veća ekonomska kompetitivnost sa drugim tehnologijama.

Jedna od mogućnosti koja ne obuhvata sagorevanje deponijskog gasa na ili blizu lokaliteta nastajanja je i prečišćavanje gasova uklanjanjem ne-metanskih konstituenata, pri čemu se postiže proizvodnja gasa visoke toplotne moći koji se može prodavati kao prirodni gas. Takođe, postoji i mogućnost korišćenja komprimovanog gasa kao goriva za vozila.

### KONVERZIJA ENERGIJE

Korišćenje deponijskog gasa kao goriva za motore s unutrašnjim sagorevanjem je najrašireniji postupak njegove energetske valorizacije

Kada se protok gasa izražava u  $\text{m}^3/\text{dnevno}$ , energetske sadržaj se izražava u  $\text{kWh}/\text{m}^3$ , donja toplotna moć izražava se u  $\text{kWh}$ .

Koristeći podatke iz prethodnog poglavlja, ovo se može prikazati na sledeći način:

Ako usvojimo da je količina generisanja deponijskog gasa tokom njegovog biološkog raspada u periodu od 20 godina,  $0,23 \text{ m}^3/\text{kg}$  otpada, i računajući sa 80% efikasnošću sistema za sakupljanje, dobijamo da 1kg otpada generiše:

$$0,23 \text{ m}^3/\text{kg} \times 0,80 = 0,184 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ tokom 20 godina}$$

Iz ovoga sledi da jedna tona otpada tokom 20 godina generiše:

$$0,184 \text{ m}^3/\text{kg} \times 1000\text{kg} = 184 \text{ m}^3 \text{ deponijskog gasa}$$

Ako računamo sa količinom od 130.000 tona koja predstavlja sadašnji trend odlaganja otpada na deponiji u Novom Sadu, da od toga 10% predstavlja količinu otpada koja neće generisati deponijski gas, dobijamo da bi tokom 20 godina odlaganja otpada imali potencijal generisanja deponijskog gasa od:

$$184\text{m}^3 \times 130.000 \text{ t} \times 0,90 \times 20 \text{ god} = 430.560.000 \text{ m}^3 \text{ u periodu od 20 godina}$$

Ako bi se kontrolom kvaliteta gasa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem stavilo na raspolaganje 80% ove količine dobijamo količinu od

$$430.560.000 \text{ m}^3 \times 0,80 = 344.448.000 \text{ m}^3$$

u periodu od 20 godina, čiji energetski potencijal, ako računamo sa toplotnom vrednošću deponijskog gasa 4,66 kWh/m<sup>3</sup>, iznosi

$$344.448.000 \text{ m}^3 \times 4,66 \text{ kWh m}^3 = 1,605.127.680 \text{ kWh}$$

što predstavlja ukupni energetski potencijal deponovanog otpada u periodu od 20 godina.

Količina potencijalnog generisanja deponijskog gasa po 1h iznosi:

$$344.448.000 \text{ m}^3 / 20 \text{ god} / 365 \text{ dana} / 24\text{h} = 1.966 \text{ m}^3/\text{h} \text{ deponijskog gasa}$$

koji se može koristiti kao gorivo u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem. Računajući sa stepenom iskorišćenja motora od 0,40, i toplotnom vrednosti deponijskog gasa od 4,66 kWh/m<sup>3</sup> dobijamo da potencijalna snaga bi trebala iznositi

$$1.966 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,40 \times 4,66 \text{ kWh/m}^3 = 3.664,6 \text{ kW} = 3,6 \text{ MW}$$

Uzevši u obzir da procenjena količina otpada koja je odložena na deponiji u Novom Sadu iznosi oko 3.000.000 tona, možemo zaključiti da su i trenutni uslovi za sakupljanje i iskorišćenje deponijskog gasa realni, kao i da u budućnosti možemo očekivati i povećanje količina generisanja deponijskog gasa, usled ekonomskog rasta, to jest usled povećanja količina otpada koje će se odlagati na deponiji u Novom Sadu.

### **9.3 PERSPEKTIVE**

Evropskom Direktivom o deponijama, zahteva se od zemalja članica da redukuju količine biorazgradivog organskog otpada koji će se odlagati na deponijama u budućnosti. Čak i pored ovih uslova, potrebno će biti nekoliko godina – a za nove članice iz Istočne Evrope mnogo godina – pre nego što će opasti produkcija deponijskog gasa. S druge strane, ovo je već slučaj u Centralnoj i Severnoj Evropi. Deponovanje je i dalje najzastupljeniji način rukovanja otpadom u SAD-u, Kanadi i Austriji, a izgradnja postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa u ovim zemljama verovatno će nastaviti da se povećava.

Činjenica je da je razvoj standarda praćen povećanjem količine otpada. Ovo nagoveštava porast količina otpada u Istočnoj Evropi, Aziji i Južnoj Americi, i iskustvo ukazuje na to da će otpad gotovo sigurno biti odložen na deponijama. Unapređenje svesti o potrebi zaštite životne sredine u ovim zemljama, vodiće ka boljim i kontrolisanim deponijama u bu-

dućnosti, sa poboljšanim uslovima za produkciju gasa tokom faze anaerobne digestije. Ovo će omogućiti dobre uslove za izgradnju postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa, čiji će se broj povećati dramatično narednih godina. To će biti slučaj i u Srbiji.

Zahtevi u okviru Kjoto Protokola za smanjenje efekta staklene bašte takođe će uticati na razvoj postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa. Mnoga postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa trenutno su u pripremljivoj fazi ili u okviru Joint Implementation (JI) projects – kako ih nazivaju u Istočnoj Evropi – ili u okviru Mehanizma Čistog Razvoja (CDM) – kako se nazivaju u zemljama u razvoju ili u srednje industrijskim zemljama kao što su Azija i Južna Amerika, kao i u nekim afričkim zemljama.

Kada zemlje u razvoju izgrade postrojenje za iskorišćavanje deponijskog gasa, one dobijaju bolju i bezbedniju životnu sredinu u okolini deponije. Osim toga, dobija se energije iz energetskog izvora koji je CO<sub>2</sub> neutralan i koji omogućava smanjenu upotrebu fosilnih goriva, koja se, u najvećem broju slučajeva, uvoze. U isto vreme država može da sklopi dogovor sa nekom od razvijenih ili industrijskih zemalja, koja ima potrebe da smanji svoje emisije CO<sub>2</sub>, o plaćanju određenog iznosa, ekvivalentno svakoj toni redukovane emisije CO<sub>2</sub>, koja se redukuje spaljivanjem ekstrahovanog metana u postrojenjima za iskorišćavanje deponijskog gasa. Jedna tona metana, u pogledu efekta staklene bašte, ekvivalentna je količini od približno 23 tone CO<sub>2</sub>, i ovo može postrojenju za prečišćavanje deponijskog gasa doprineti ekstra prihode. Da bi ispunile svoje obaveze preuzete Kjoto protokolom o smanjenju emisije CO<sub>2</sub>, razvijene zemlje kupuju CO<sub>2</sub> kredite. Postrojenje za iskorišćenje deponijskog gasa često predstavlja relativno jevtino rešenje, u poređenju sa drugim rešenjima smanjenja emisije CO<sub>2</sub>.

Okolo 20% od ukupnog efekta staklene bašte je povezano sa emisijama metana, od čega 7–10% predstavljaju emisije sa deponija. Iako ovo rešenje neće spasiti svet, razvoj postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa predstavlja jednu od mogućnosti smanjenja debalansa CO<sub>2</sub>.



## 10.0 POTENCIJALNI PODSTICAJNI FONDOVI

Za finansiranje budućih demonstracionih i komercijalnih postrojenja na raspolaganju su brojne mogućnosti. Jedna od najznačajnijih je karbon kredit. Osim toga, postoje različiti podsticajni fondovi Evropske unije, namenjeni članicama, zemljama kandidatima, potencijalnim kandidatima pa i trećim zemljama, ukoliko je reč o proverenom doprinosu zaštiti životne sredine ili podsticaju razvoja. Takođe, na raspolaganju su i brojni nacionalni fondovi, kako za gradnju demonstracionih postrojenja, tako i ostalih.

### 10.1 KARBON KREDIT

Namena davanja karbon kredita je da se smanji emisija CO<sub>2</sub> u atmosferu, a time povećanje debalansa i uticaj na efekat staklene bašte. Karbon kredit je jedan od mehanizama za ostvarenje zahteva Kjoto protokola. Karbon kredit može da se odobri za više aktivnosti, a najčešće za one kojima se:

- smanjuje ili eliminiše emisija CO<sub>2</sub>, na primer, korišćenjem biomase ili vodotokova,
- deluje na očuvanje životne sredine i negativnog efekta GHG.

Najbolji način da se ispita mogućnost dobijanja Karbon kredita jeste da se o tome obavesti kod nacionalne institucije zadužena za ovu oblast. Druga mogućnost je da se kontaktira UNFCC- *United Nations Framework Convention Climate Change*.

#### **Ko ima pravo na Karbon kredit?**

Pravo na trgovinu Karbon kreditima imaju države sa liste "Annex I", koje ispunjavaju obaveze preuzete iz Kjoto protokola. Zemlja domaćin projekta, u okviru *Clean Development Mechanism*, može da bude svaka sa liste „non Annex I“, gde spada i Republika Srbija, ali pod uslovom da je postavila DNA (*Designated National Authorities*) Registrovanu nacionalnu instituciju.

Skupština Srbije je 24.9.2007. godine ratifikovala Kjoto protokol (*Službeni glasnik*, 88/07) i potpisala Sporazum o energetske zajednici evropskih zemalja jugoistočnog Balkana, u kojem se u 3. poglavlju, u zahtevima u pogledu zaštite životne okoline, jasno naglašava značaj Kjoto protokola i sugeriše potpisnicama da nađu način za što bržu primenu. U Srbiji postoji način da se privredni subjekti i pravna lica uključe, uz pomoć investitora, u tzv. projekte CDM (*Clean Development Mechanism* – Mehanizam čistog razvoja). Odobrenje za projekte CDM izdaje DNA zemlje domaćina, na osnovu nacionalnih procedura.

Nacionalni centar za sprovođenje mehanizma čistog razvoja u Srbiji je Ministarstvo za zaštitu životne sredine, koje trenutno radi na uspostavljanju DNA. DNA u Srbiji je u stvari zajedničko telo Ministarstva za zaštitu životne sredine i Ministarstva energetike i rudarstva, s tim, što je Ministarstvo za energetiku nosilac svih projekata. U toku je dopuna i izmena Zakona o energetici, a njega treba da usvoji Skupština Srbije. U okviru toga planira se Fond za razvoj za namensko usmeravanje sredstava. Između ostalog, predviđeno je finansiranje projekata za korišćenje biomase kao izvora energije za proizvodnju električne i toplotne energije, za kogeneraciju i smanjenje emisije metana iz biomase, kao izvora energije.

Postoje i projekti malih razmera (*small-scale-SSC projects*). Tri tipa ovakvih projekata, pri čemu se tip I odnosi na OIE, kod kojih će instalisana snaga biti manja od 15 MW<sub>e</sub> (ili manja od 45 MW<sub>t</sub>).

Obaveštenja o pripremi, registraciji i realizaciji projekata, formulari i ostale informacije mogu da se nađu na sajtu [www.carbonfinance.org](http://www.carbonfinance.org).

## 10.1 PODSTICAJNI FONDOVI EVROPSKE UNIJE

Evropska unija raspolaže brojnim fondovima za podsticanje ciljeva koji su zacrtani *Belim papirom* i pratećim direktivama. Neki od fondova namenjeni su za gradnju demonstracionih, a neki za komercijalna postrojenja. Većina fondova namenjena je subjektima iz zemalja članica, ali postoje i oni za druge zemlje. Za Srbiju bi, u slučaju da stekne status zemlje kandidata za članstvo, najznačajniji bili pretpristupni fondovi.

Pored fondova koji su namenjeni sufinansiranju investicije, postoje mnogi koji su namenjeni podsticanju istraživanja i razvoja, te tehnološkog unapređenja. Oni mogu da se koriste kao potpora za aktivnosti za pripremu i testiranje demonstracionih i pilot postrojenja za kogeneraciju biomase. Grupa fondova namenjena je za funkciju stručnog monitoringa sprovođenja zacrtane energetske politike i primene obnovljivih izvora energije.

### 10.1.1 Pretpristupni fondovi

Programi u periodu 2007-2013. su:

- **IPA** (Instrument za pretpristupnu pomoć) zameniće pretpristupne finansijske instrumente za period 2000-2006. PHARE, SAPARD i CARDS.
- **ENPI** (Instrument za evropsko susjedstvo i partnerstvo) zameniće programe za 2000-2006. MEDA, TACIS i CARDS.
- **Makrofinansijska pomoć –MFA** zajedno sa MMF-om i Svetskom bankom učestvuje u sprovođenju ekonomskih reformi. Sredstva se uplaćuju centralnoj banci zemlje primaoca, ali o njihovoj konačnoj nameni obično odlučuju vlasti u dogovoru sa MMF-om. Pomoć može da bude u vidu srednjoročnih i dugoročnih kredita, kao bespovratna pomoć ili kombinacija.

[www.nbs.co.yu](http://www.nbs.co.yu)

[http://europa.eu.int/comm/economy\\_finance/about/activities/activities\\_macrofinancialassistance\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/economy_finance/about/activities/activities_macrofinancialassistance_en.htm)

### IPA 2007-2013 – Instrument za pretpristupnu pomoć

Potreba za uprošćavanje sistema spoljnje pomoći, kao i za postizanje maksimalnih rezultata korišćenjem namenskih finansijskih sredstava, dovela je do toga da Evropska komisija predloži jednostavan okvir za pružanje spoljnje pomoći u budžetskom periodu 2007-2013. U tom smislu uspostavljen je novi instrument za pretpristupnu pomoć (*Instrument for Pre-Accession Assistance – IPA 2007-2013*), koji je namenjen pružanju podrške zemljama kandidatima umesto dosadašnjih CARDS, ISPA, SAPARD, PHARE.

Zemlje IPA su podeljene u dve kategorije:

- kandidati za članstvo u Evropsku uniju (Turska, Hrvatska, BJR Makedonija) i
- potencijalni kandidati Srbija, BiH, Crna Gora, Albanija.

Imajući u vidu da Srbija trenutno ima status potencijalnog kandidata i da se fondovima EU upravlja centralizovano, preko Evropske agencije za rekonstrukciju, Srbija od 2007. god. umesto finansijskog instrumenta CARDS koristi IPA i ima obavezu da u narednom periodu uspostavi decentralizovan sistem upravljanja fondovima.

Postoje ukupno pet komponenti IPA:

- pomoć tranziciji i izgradnji institucija,
- prekogranična saradnja,
- regionalni razvoj,
- razvoj ljudskih resursa,

– ruralni razvoj,  
od kojih Srbija koristi prve dve u okviru kojih je obuhvaćeno finansiranje projekata iz oblasti energetike i životne sredine, a ostale tri su sadržane kroz prve dve.

Finansijska sredstva iz programa pomoći EU isključivo se dodeljuju za unapred isplanirane i razrađene programe/projekte, na osnovu definisanih tenderskih procedura. Model projektnog ciklusa koji koristi Evropska komisija, sastoji se od pet faza: programiranje, identifikacija, formulacija, sprovođenje, evaluacija i revizija.

Bespovratna sredstva predstavljaju direktnu finansijsku donaciju iz budžeta Evropske zajednice koja se daju u nameri da se finansiraju aktivnosti i projekti subjekata, koji ostvaruju opšti evropski interes i realizuju politiku Evropske unije.

U Srbiji, Zakonom o ministarstvima (*Službeni glasnik*, 48/07) **Ministarstvo finansija** ovlašćeno je da usmerava sredstva na druga ministarstva i da raspisuje konkurse za njihovu dodelu.

### **INTERREG III B CARDSES, Susedski program**

Ovim programom Srbiji se daju sredstva za projekte koji se odnose na očuvanje životne sredine. Detalji su na sajtu Ministarstva finansija. Kontakt osoba Sanda Šimić – šef Odseka za upravljanje programima prekogranične i regionalne saradnje, tel 011/3612 203, fax 011/3612 230, [www.evropa.sr.gov.yu](http://www.evropa.sr.gov.yu).

### **Strukturni fondovi**

Na raspolaganju su brojne banke i fondovi koji su opredeljeni za finansiranje u oblasti korišćenja obnovljivih izvora energije i zaštite životne sredine:

- EBRD- Evropska banka za obnovu i razvoj (*European Bank for Reconstruction and Development*) [www.ebrd.com/about/index.htm](http://www.ebrd.com/about/index.htm)
- EDFI Evropska finansijska institucija za razvoj (*European Development Finance Institution*) [www.edfi.be](http://www.edfi.be)
- INTERREG (III) [http://europa.eu.int/comm/regional\\_policy/interreg3/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/regional_policy/interreg3/index_en.htm)
- LEADER+ [http://europa.eu.int/comm/agriculture/rur/leaderplus/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/agriculture/rur/leaderplus/index_en.htm)
- EIB – Evropska investiciona banka [www.eib.org](http://www.eib.org)
- EIF – Evropski investicioni fond [www.eif.org](http://www.eif.org)

## **10.2 FONDOVI EU ZA ISTRAŽIVANJE, RAZVOJ I PODRŠKU**

- Za podsticanje istraživanja i razvoja, ali i za podsticanje međunarodne saradnje i stvaranje evropskih mreža na raspolaganju su brojni fondovi:
- **FP7** Sedmi okvirni program za istraživanje i razvoj (*Seventh Framework Programme*) [www.cordis.lu](http://www.cordis.lu),
- **LIFE III** <http://europa.eu.int/comm/environment/life/home.htm>,
- **IEE** Inteligentna energija za Evropu (*Intelligent Energy for Europe*) [http://europa.eu.int/comm/energy/intelligent/index\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/energy/intelligent/index_en.html),
- **TEN** Transevropska mreža (Trans European Networks) [http://europa.eu.int/comm/ten/energy/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/ten/energy/index_en.htm),
- **Međunarodni Višegradski fond** (Poljska, Slovačka, Češka, Mađarska) [www.visegradfund.org](http://www.visegradfund.org),
- **EEA** Finansijski mehanizam za evropski ekonomski prostor [www.eeagrants.org/index.php](http://www.eeagrants.org/index.php).

Među njima je najznačajniji FP7, a u okviru sedam prioriternih oblasti obuhvaćene su i aktivnosti u vezi s obnovljivim izvorima energije i zaštite životne sredine. Srbija je uplatom

doprinosa za realizaciju FP7 omogućila da sve nacionalne institucije i preduzeća mogu da učestvuju na konkursima za finansiranje projekata. Na žalost, broj prijavljenih projekata ponekad i za više od dvadeset puta nadmašuje broj odobrenih.

### **EREC**

#### **European Renewable Energy Council – Renewable Energy House**

Belgium, B-1040 Bruxelles, Rue d'Arlon 63-65, tel. +32 2 400 10 20, fax +32 2 400 10 21, [www.eubia.org](http://www.eubia.org), [eubia@eubia.org](mailto:eubia@eubia.org).

Ova institucija razmatra sve projekte koji su interesantni u oblasti biomase i bioenergije, bez obzira na to da li dolaze iz zemlje članice ili ne. Informacije daje samo članovima EBIA. Treba popuniti pristupni formular preko e-mail-a. Sredstva su na nivou koji može da obezbedi izradu idejnih projekata i praćenje efekata rada demonstracionih

Aktivnosti su više usmerene ka popularizaciji primene OIE.

## **11.0. Zaključak**

Pravilno sakupljanje i tretiranje komunalnog čvrstog otpada predstavlja jedan od najvećih izazova današnjice. Ovaj problem ima veliki uticaj na životnu sredinu, te svaka nepravilnost pri sakupljanju i tretmanu može da ima velike negativne posledice. Jedna od najznačajnijih je emisija metana (sa deponija), koji ima 23 puta veći uticaj na stvaranje efekta staklene bašte od ugljendioksida.

Ovaj problem uočen je na svetskom i evropskom nivou te su preduzete brojne mere da se ukloni. Kjoto protokolom definiše se neophodnost smanjenje debalansa ugljendioksida i emisije metana, a Belom knjigom Evropske unije politika primene obnovljivih izvora energije. Treba napomenuti i rapidno smanjenje zaliha fosilnih goriva, koje je praćeno stalnim povećanjem njihovih cena.

Dakle, korišćenje komunalnog čvrstog otpada u energetske svrhe ima više pozitivnih efekata i predstavlja neminovnost u savremenim društvima. Tehnologije za energetske valorizaciju komunalnog čvrstog otpada neprekidno se razvijaju i unapređuju, s ciljem postizanja najpovoljnijih efekata po zajednicu i životnu sredinu.

Republika Srbija je takođe suočena sa problemima komunalnog čvrstog otpada. Mora da ih rešava zbog vlastitog interesa, ali i da bi ispunila međunarodne sporazume koje je prihvatila. Kada postane kandidat za članstvo u EU moraće da sprovodi sve aktivnosti definisane dokumentima Unije. U Srbiji ne postoje zakoni koji regulišu ovu oblast, te bi u narednom periodu trebalo da se donesu, odnosno prihvate oni koji su već važeći u Evropskoj uniji.

Količina i sastav otpada u Srbiji i AP Vojvodini detaljno je proučena, a zaključeno je da u potpunosti odgovara onome koji je na svetskom nivou definisan kao tipičan za zemlje razvoju, odnosno tranziciji. Karakteriše ga izuzetno velika količina biorazgradivog materijala, koji u Vojvodini dostiže udeo i do 65%. Ovakav otpad manje je povoljan za direktnu termičku konverziju, sagorevanje.

Organizacija prikupljanja i tretmana komunalnog čvrstog otpada, za sada, nije rešena na način koji bi omogućio povoljnu energetske valorizaciju. Nedostaje savremeni način separacije na mestu nastanka, pa i naknadnog razvrstavanja. Prvi korak bio bi da se ovaj problem prevaziđe i na taj način stvore uslovi za efikasnu primenu kao energenta.

U svetu se primenjuju sledeće tehnologije energetske valorizacije komunalnog čvrstog otpada:

- Insineracija, spaljivanje.
- Gasifikacija.
- Piroliza.
- STAR MEET sistem.
- Plazma.
- Anaerobna digestija.
- Korišćenje deponijskog gasa.

Za korišćenje energije komunalnog otpada postoji i mogućnost udruživanja sa projektima korišćenja energije iz otpada iz poljoprivredne proizvodnje ili kao alternativnog

goriva u cementarama. Za proveru ovakvih mogućnosti primene potrebno je da se urade posebne studije izvodljivosti, ali i da se izmeni način prikupljanja i tretmana otpada.

Navedeni postupci analizirani su s stanovišta primenljivosti na otpad koji nastaje u Srbiji i AP Vojvodini, s stanovišta nivoa upravljanja otpadom i ekonomskih pokazatelja. Na osnovu kompleksne ocene zaključeno je da je u ovom trenutku za AP Vojvodinu i Srbiju najpovoljnije korišćenje deponijskog gasa. Ovakav postupak može da se, pravilnim rešenjima, primeni na određenom broju od 578 identifikovanih deponija sa oko milion kubnih metara odloženog otpada na teritoriji AP Vojvodine.

Pojedinačne opštine nisu u mogućnosti da same pristupe projektima iskorišćenja energije iz komunalnog otpada, već moraju da se udružuju, slično regionalnom pristupu izgradnje deponija. Ovakvi projekti morali bi da budu pokrenuti, podržani i vođeni s nivoa Pokrajine. To bi predstavljalo organizovan pristup rešavanju problema.

Uslovi za primenu ostalih tehnologija će sa razvojem privrede AP Vojvodine, unapređenjem sistema upravljanja otpadom i pridruživanjem EU biti ostvareni.

Na primeru gradske deponije Novog Sada analizirana je mogućnost energetske valorizacije deponijskog gasa. Bazirano na ranije prikupljenim podacima o količini i energetskom potencijalu komunalnog čvrstog otpada i primene kogeneracije došlo se do procene potencijala. Dobijen je podatak o tome da je moguća izgradnja kogenerativnog postrojenja električne snage oko 3,5 MW. Navedena vrednost je orijentaciona, a trebalo bi da se proveru detaljnom analizom. Pretpostavlja se da rezultat takvog proračuna ne bi od ove vrednosti odstupao više 30%.

Na svetskom, a posebno evropskom, nivou postoje mnogi podsticajni fondovi namenjeni za realizaciju projekata koji doprinose zaštiti životne sredine. Rešavanje problema komunalnog čvrstog otpada, a posebno ukoliko se on koristi i u energetske svrhe, ima značajan prioritet. Zbog toga se svim potencijalnim investitorima predlaže da razmotre mogućnosti za finansijsku podršku.

Da bi se dobili pozitivni ekonomski pokazatelji za postrojenje koje bi kao gorivo koristilo deponijski gas neophodno je da se na nivou Srbije sprovede ono što je već definisano u zakonu, a to je takozvana „zelena“ električna energija.