

Nenad Janjić, prof. dr, Branko Savić, prof. dr, Božo Ilić prof. dr
Visoka tehnička škola strukovnih studija
Novi Sad, Republika Srbija
Email: bozoilic66@gmail.com

KORIŠĆENJE KOMUNALNOG ČVRSTOG OTPADA U PROCESU PROIZVODNJE HRANE

Sažetak rada: Cilj rada: Cilj ovog rada jeste da se prikažu neki od mogućih načina korišćenja komunalnog čvrstog otpada u procesu proizvodnje hrane, prednosti ali i neka ograničenja vezana za korišćenje komunalnog čvrstog otpada u procesu proizvodnje hrane. **Metode rada:** Tokom izrade ovog rada korišćene su različite naučne metode, kao što su metoda analize (analize rezultata višegodišnjeg laboratorijskog i terenskog rada), metoda sinteze, metoda deskripcije, statistička metoda za obradu podataka itd. **Rezultati:** Rezultati istraživanja naučno stručne literature su pokazali da se različit komunalni čvrsti otpad može na različite načine koristiti u procesu proizvodnje hrane. **Zaključak:** Na osnovu rezultata istraživanja može se zaključiti da se korišćenjem komunalnog čvrstog otpada u procesu proizvodnje hrane, kao i u druge svrhe mogu postići pozitivni efekti, kao što je: bezbedna i po ekonomskim pokazateljima povoljna mogućnost tretiranja otpada koji bi inače predstavljao značajne probleme; smanjenje emisije CO₂ jer može dovesti do smanjenja korišćenja fosilnih goriva; smanjenje energetske zavisnosti od uvoza; izbegavanje emisije metana sa deponija itd. **Ključne reči:** Komunalni čvrsti otpad, proizvodnja hrane, gas, energija, đubrivo za poljoprivredu.

Rad

Pod komunalnim čvrstim otpadom obično se podrazumeva čvrsti otpadni materijal iz domaćinstava i komunalnih objekata, industrijskih postrojenja, turističkih i trgovačkih objekata, otpad sa javnih površina (parkova, građevinski i drugi otpaci od rušenja), kao i poljoprivredni otpadni materijal nastao usled različitih poljoprivrednih aktivnosti u prigradskim sredinama.

Smanjenje zaliha fosilnih goriva (uglja, nafte i prirodnog gasa) je evidentno. Takođe, poslednjih decenija društvo je postalo svesno negativnih posledica pojačanog efekta staklene bašte GHG (Greenhouse Gases), koga uzrokuje emisija CO₂ i drugih gasova. Rešenje ovih problema se vidi u smanjenju potrošnje fosilnih goriva, što se može ostvariti većim korišćenjem obnovljivih izvora energije i energije komunalnog čvrstog otpada, kao i poboljšanjem energetske efikasnosti.

Znači, korišćenje energije komunalnog čvrstog otpada se podstiče sa ciljem smanjenja potrošnje fosilnih goriva, kao i smanjenja emisije gasova koji izazivaju efekat staklene bašte.

Korišćenje energije komunalnog čvrstog otpada u procesu proizvodnje hrane i u druge svrhe ima više pozitivnih efekata i predstavlja neminovnost u savremenim društvima. Tehnologije korišćenja energije komunalnog čvrstog otpada neprekidno se razvijaju i unapređuju, s ciljem postizanja najpovoljnijih efekata po zajednicu i životnu sredinu.

Projekti korišćenja energije komunalnog otpada mogu biti održivi samo ako su ekonomski i tehnički opravdani. Ekonomičnost korišćenja energije otpada najviše zavisi od sastava i količine otpada. Svaki ovakav projekt podrazumeva korišćenje određenih komponenti otpada, zbog toga te komponente moraju biti prisutne u dovoljnim količinama u otpadu čija se energija planira da koristi. Količina otpada predstavlja još važniju stavku nego sastav. Bez dovoljnih količina otpada povratak investicionih troškova, kao i troškove rada i održavanja nemoguće je nadoknaditi.

Pravilno sakupljanje i odlaganje (ili tretiranje) komunalnog čvrstog otpada predstavlja jedan od najvećih izazova današnjice. Ovaj problem ima veliki uticaj na životnu sredinu, te

svaka nepravilnost pri sakupljanju i odlaganju (ili tretmanu) može da ima velike negativne posledice. Jedna od najznačajnijih je emisija metana (sa deponija), koji ima 23 puta veći uticaj na pojačanje efekta staklene bašte od ugljen-dioksida.

Sistem sakupljanja komunalnog čvrstog otpada obuhvata svako domaćinstvo u gradu. Svrha sakupljanja komunalnog čvrstog otpada je uklanjanje otpada iz dvorišta i sa ulica gradova. Sakupljanjem otpada poboljšava se higijenu u gradovima i sprečava širenje bolesti i zaraza.

Pod pojmom sakupljanje otpada podrazumeva se uklanjanje otpada sa mesta nastanka i njegov transport do mesta odlaganja (deponije), ili mesta njegove obrade (postrojenja za tretman otpada).

Energija se iz organske frakcije otpada, kako biorazgradive tako i ne biorazgradive, može pretvoriti u druge povoljnije oblike energije na dva osnovna načina:

- termohemijskom konverzijom i
- biohemijska konverzijom.

Svaka od navedenih tehnologija pretvaranja energije komunalnog čvrstog otpada u druge oblike energije zahteva različite količine ulaznih sirovina, emituje različite količine ugljen-dioksida, ima različite produkte i različite je efikasnosti. Koja će se tehnologija pretvaranja energije komunalnog otpada u druge oblike energije izabrati zavisi od brojnih faktora, uključujući i lokalne metode sakupljanja, obrađivanja i odlaganja komunalnog čvrstog otpada, kao i lokalnih propisa vezanih za životnu sredinu.

Termohemijska konverzija otpada predstavlja termičku dekompoziciju organske materije, a kao rezultat dobija se toplotna energija ili gorivo, gasovito, tečno ili čvrsto. Procesi termohemijske konverzije su pogodni kada je reč o tretmanu otpada koji sadrži visok udeo organskih materija koji nisu biorazgradivi, a sadržaj vlage je relativno nizak.

Najznačajniji postupci termohemijske konverzije otpada su:

- insineracija
- piroliza
- gasifikacija i
- plazma proces.

Ovi postupci se razlikuju u načinu tretmana otpada i iskorišćenja dobijene energije, insineracija direktno oslobađa energiju iz otpada, dok piroliza i gasifikacija stvaraju sekundarne proizvode (gas, tečni ili čvrsti) od kojih se kasnije može dobiti energija.

Insineracija (spaljivanje) komunalnog čvrstog otpada predstavlja proces kontrolisanog sagorevanja (spaljivanja) otpada, radi dobijanja toplotne energije i smanjenja zapremine otpada tj. transformisanja otpada u sastojke koji su manje opasni, manje kabasti i koje je lakše kontrolisati. Spaljivanjem otpada oslobađa se toplotna energija koja se pretvara u druge oblike energije kao što su: električna energija, topli vazduh, topla voda i para, koje se mogu koristiti u prehrambenoj industriji..

Piroliza otpada je delimična oksidacija tokom koje se postepeno povećava temperatura što rezultira stvaranjem piroliznog gasa.

Gasifikacija otpada je proces koji se odvija na visokoj temperaturi sa dodatnim zagrevanjem otpada, kao rezultat dobijaju se gasovi visoke kalorijske vrednosti (ugljen-monoksid, vodonik i metan). Gasifikacija i piroliza su napredne tehnologije za korišćenje energije otpada, i još uvek nisu u potpunosti razvijene za komercijalnu upotrebu, za razliku od insineracije.

Plasma proces nastaje kada se komunalni čvrsti otpad zagreva na visokoj temperaturi od 3.000 do 10.000°C. Energija se oslobađa električnim pražnjenjem u inertnoj atmosferi. Ovim putem se organski otpad konvertuje u gas bogat vodonikom, a neorganski otpad u inertne staklene ostatke.

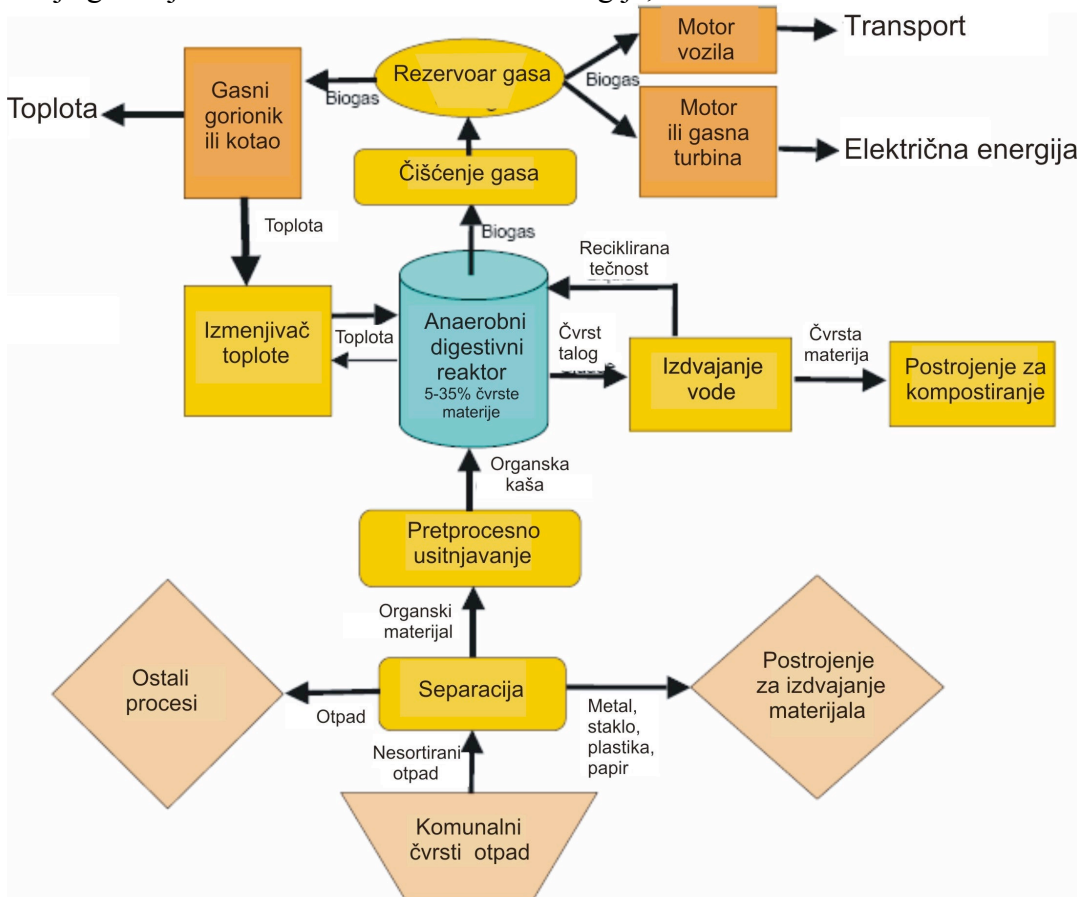
Biohemijska konverzija otpada se zasniva na enzimatskoj dekompoziciji organskih

materija pomoću mikroorganizama, a kao rezultat dobija se metan. Biološki tretman otpada podrazumeva kompostiranje, anaerobnu digestiju i kominaciju. Ostaci nakon biološkog tretmana mogu biti u tečnom ili čvrstom stanju, a u zavisnosti od njihovog kvaliteta, oni se dalje obrađuju, deponuju ili koriste kao đubrivo.

Kompostiranje predstavlja biološku razgradnju biootpada u prisustvu vazduha, pri čemu nastaju ugljen dioksid, voda, toplota i kao konačni proizvod kompost - humus (lat. *compostium* - đubrivo od biljnog otpada i zemlje). Kompostiranje je prirodan proces proizvodnje humusa od organskog otpada nastalog u kuhinji i dvorištu. Kompost hrani biljke, osigurava prozračnost zemljišta, zadržava vodu, pogoduje rastu korenitog bilja. Može se koristiti u: voćnjacima, povrtnjacima, rasadnicima, parkovima, zelenim površinama, poljoprivrednim, stočarskim i šumarskim domaćinstvima, prehrambenoj industriji, ugostiteljstvu, trgovinama, školama, dečjim vrtićima, stambenim i drugim objektima.

Kominacija je metoda koja se zasniva na usitnjavanju smeća na posebnim uređajima - mlinovima, a potom se ispušta sa vodom u kanalizacioni sistem, međutim ovako samleven otpad može biti toksičan za vodene biocenozе.

Anaerobna digestija otpada je biološka razgradnja organskog otpada u odsustvu kiseonika (u anaerobnoj sredini), pri čemu se stvaraju gasovi metan i ugljen dioksid. Metan predstavlja gas koji se može koristiti kao izvor energije, slika 1.



Slika 1. Šematski prikaz postupka anaerobne digestije opada

Na deponijama komunalnog otpada nastaje deponijski gas kao posledica njegovog anaerobnog raspadanja, a koristan efekat takve anaerobne fermentacije je povećanje degradacije organskih materijala i redukovanje zapremine otpada. 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. Ova tehnologija je bila ranije fokusirana na tretman kanalizacionog mulja i poljoprivrednog đubriva. Danas na tržištu najnovija postrojenja moraju biti u mogućnosti da koriste različite supstrate s promenljivim zapreminskim tokovima.

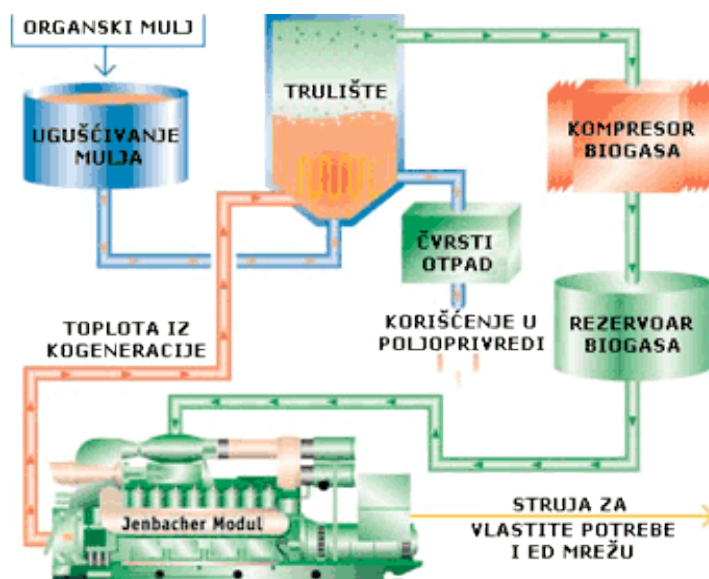
Potencijalni doprinos anaerobne digestije, predstavlja mogućnost smanjenja antropogenih emisija gasova koji izazivaju efekat staklene bašte. Tehnologija anaerobne digestije može smanjiti nepoželjne i nekontrolisane emisije metana, korišćenjem energetskog potencijala ovog gasa, uz redukovanje zapremine otpada koja se usmerava na deponiju.

Biogas se sastoji od 55-70% metana CH_4 i 30-45% ugljendioksida i može se koristiti za proizvodnju energije spregom motor s unutrašnjim sagorevanjem-generator. Toplotna moć bigasa je 20-25 MJ/Nm^3 . 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. Ovaj gas se može koristiti između ostalog i u prehrambenoj industriji.

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

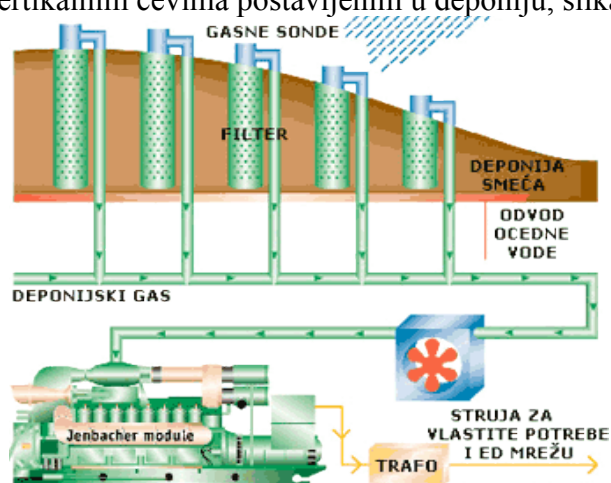
Proizvodnja gasa u postrojenjima za prečišćavanje kanalizacionih voda i otpadnih voda iz prehrambene i drvno-prerađivačke industrije koje ne sadrže opasne materije. - U uređajima za prečišćavanje otpadnih voda sa anaerobnom stabilizacijom mulja nastaje gas, koji predstavlja vrlo interesantan izvor energije. Efikasnost produkcije gasa obezbeđuje se održavanjem temperature (oko 35°C), pH vrednosti, mešanjem i odstranjivanjem kiseonika i toksičnih materija. U anaerobnim reaktorima (digestorima) nastaje gas kao mešavina gorivih i negorivih gasova prosečnog sastava: metan 55-75%, ugljen-dioksid 25-45% (u zapreminskim %), i ostalih gasova, kao što su vodonik, kiseonik, ugljen-monoksid, azot, vodonik-sulfid, amonijak i vodena para.

Gasni digestori koriste biorazgradljive materije, od kojih se dobijaju dva korisna proizvoda: gas i fermentisano biođubrivo vrhunskog kvaliteta, slika 2. Gas prečišćen do nivoa čistoće za gasovod naziva se obnovljivi prirodni gas i moguće ga je koristiti u svakoj primeni u kojoj se inače koristi zemni gas. To uključuje distribuciju takvog gasa putem gasovoda, proizvodnju električne energije, grejanje, zagrevanje vode i upotrebu u raznim tehnološkim procesima, kao što su između ostalog i različiti tehnološki procesi u prehrambenoj industriji. Kompresovan, gas može da se koristi i kao pogonsko gorivo za vozila, kao što je između ostalog i poljoprivredna mehanizacija.



Slika 2. Proizvodnja gasa u postrojenjima za prečišćavanje kanizacionih voda i otpadnih voda iz prehrambene i drveno-prerađivačke industrije koje ne sadrže opasne materije

Gradski čvrsti otpad sadrži značajan deo organskih materija koje generišu različite gasovite produkte u uslovima kada je otpad odložen, zbijen i pokriven na deponijama. Korišćenje deponijskog gasa kao goriva u gasnim motorima za istovremenu proizvodnju električne i toplotne energije (u postrojenjima za kogeneraciju), koje se između ostalog mogu koristiti u prehrambenoj industriji. Jedno rešenje je postavljanje glavne cevi ivicom deponije i njeno povezivanje sa vertikalnim cevima postavljenim u deponiju, slika 3.



Slika 3. Postrojenje za sakupljanje (ekstrakciju) i korišćenje deponijskog gasa kao goriva u gasnom motoru

LITERATURA

1. Ilić, B., Adamović, Ž., Kenjić, Z., Blaženović, R.: Obnovljivi izvori energije i energetska efikasnost, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2013.
2. Brkić, M, Alimpić, M, Đukić, Đ: Neke mogućnosti korišćenja nekonvencionalnih izvora energije u poljoprivredi i prehrambenoj industriji.
3. Vujić G., Ubavin D., Stanisavljačić N., Batinić B.: Upravljanje otpadom u zemljama u razvoju, Novi Sad: FTN Izdavaštvo, 2012.

4. Mihajlović, V.: Model upravljanja otpadom zasnovan na principima smanjenja negativnog uticaja na životnu sredinu i ekonomske održivosti, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, 2015.
5. DEFRA Mechanical Biological Treatment of Municipal Solid Waste, Department for Environment, Food & Rural Affairs, United Kingdom, Department of Earth and Environmental Engineering, Foundation School of Engineering, 2013. Preuzeto sa <http://www.defra.gov.uk/publications/> Pristup 11.03.2014.

Nenad Janjic, Branko Savic, Bozo Ilic

Use of communal solid waste in the food processing process

Summary: The aim: The aim of this paper is to present some of the possible ways of using municipal solid waste in the process of food production, advantages, but also some restrictions related to the use of municipal solid waste in the process of food production. **The methods:** During the development of this work various scientific methods were used, such as the method of analysis (analysis of results of many years laboratory and field work), synthesis method, description method, statistical method for data processing, etc. **Results:** The results of the research of scientifically-expert literature have shown that different municipal solid waste can be used in various ways in the process of food production. **Conclusion:** Based on the results of the research it can be concluded that the use of municipal solid waste in the food production process, as well as for other purposes, can have positive effects, such as: safe and economical indicators favorable waste treatment that would otherwise pose significant problems; Reducing CO₂ emissions as it can lead to a reduction in the use of fossil fuels; Reducing energy dependence on imports; Avoidance of methane emissions from landfills, etc. **Keywords:** Municipal Solid Waste, Food Production, Gas, Energy, Fertilizer for Agriculture