



KRMIVA[®]

VAŽNOST I OBEVEZE REPUBLIKE HRVATSKE U USPOSTAVI MJERA SPRJEČAVANJA I SMANJENJA NASTANKA OTPADA OD HRANE

THE IMPORTANCE AND OBLIGATIONS OF THE REPUBLIC OF CROATIA IN TERMS OF ESTABLISHING MEASURES FOR THE PREVENTION AND REDUCTION OF FOOD WASTE

Sanja Kalambura, S. Černi, Nives Jovičić

Pregledni znanstveni članak – Review scientific paper
Primljeno – Received: 17. prosinac – December 2014

SAŽETAK

Biootpad se prema direktivama EU i zakonskim propisima Republike Hrvatske defini- ra kao biološki razgradiv otpad iz vrtova i parkova, hrana i kuhinjski otpad iz kućanstava, restorana, ugostiteljskih i maloprodajnih objekata uključujući i slični otpad iz proizvodnje prehrambenih proizvoda. Iako se pojam biootpada miješa s pojmom biorazgradivog otpa- da, oni se bitno razlikuju. Naime, biorazgradivi otpad obuhvaća šire područje te uključuje i razne druge vrste biološki razgradivoga otpada kao što je otpad iz šumarstva, otpadna gno- jiva, papir, karton, tekstil i sl. Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13) propi- suje ograničenja u vezi odlaganja biorazgradivoga komunalnoga otpada na odlagališta, pa tako i otpada od hrane, a Pravilnikom o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 117/07, 111/11, 17/13) zabranjen je prihvrat ko- munalnoga otpada na odlagalište ukoliko mu masa biorazgradive komponente premašuje 35% od ukupne mase. Definirane su i obveze odvojenoga sakupljanja biootpada s ciljem njegovog kompostiranja, anaerobne digestije ili energetske uporabe uvođenjem Pravilnika o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada (NN 117/14) kojim su otvorene mogućnosti u pogledu gospodarenja ovom posebnom kategorijom otpada sukladno najmodernijim teh- nološkim i najnovijim zakonskim tekovinama EU. Smanjenje nastanka otpada od hrane za- uzima značajno mjesto i u programima europskih institucija. Prema dokumentu Europske komisije *The Roadmap to a Resource Efficient Europe do 2020. godine* odlaganje otpada od hrane na razini EU trebalo bi biti smanjeno za polovicu. Rad donosi analizu pripremljenosti i rezultata koje je Republika Hrvatska ostvarila ili mora ostvariti u narednom periodu te pre- gled mogućnosti obrade otpada od hrane.

Ključne riječi: otpad od hrane, biootpad, zakonodavstvo, obrada

UVOD

Otpad nastaje kao posljedica svih naših aktivno- sti, a neprimjereno postupanje s otpadom značajno ugrožava ljudsko zdravlje i ekosustave, te predstavlja gubitak resursa poput sirovina i energije. Koliki će biti taj utjecaj ovisi o količini i svojstvima otpada te načinu na koji se njime gospodari. Nacionalnom strategijom zaštite okoliša i Nacionalnim planom

djelovanja na okoliš, utvrđeno je da je neodgovara- juće gospodarenje otpadom najveći problem zaštite okoliša u Republici Hrvatskoj. Posljednjih godina u razvijenim europskim zemljama nastajanje otpada je u blagom porastu.

U 2013. godini prema izvješću Eurostata u ve- čini europskih zemalja proizveden je 481 kg/otpa- da/stanovniku, dok je u Republici Hrvatskoj količi-

Doc. dr. sc. Sanja Kalambura, Nives Jovičić struč. spec. ing., Veleučilište Velika Gorica, Zagrebačka cesta 5, Velika Gorica, Srđan Černi dipl. ing. strojarstva - Ekologija Černi d.o.o., Zagreb



na otpada po stanovniku još uvijek manja i iznosi 402 kg/stanovniku ili 1,1 kg po danu. Prema podacima Agencije za zaštitu okoliša u 2013. godini, što su ujedno najnoviji podaci iz ožujka 2015. godine, proizvedeno je 1 720 758 tona komunalnog otpada od čega je miješanog komunalnog otpada (ključni broj 20 03 01) 76%, odnosno 1 299 577 tona. Iako se bilježi porast količina odvojeno skupljenih kategorija otpada, ono što je postignuto daleko je od ciljeva propisanih strateškim i planskim dokumentima gospodarenja otpadom. Gospodarenje otpadom složen je zadatak koji zahtijeva dobre organizacijske sposobnosti i suradnju brojnih sudionika u privatnom i javnom sektoru. Odlaganjem neobrađenog otpada Republika Hrvatska zakapa vrijedne sirovine i resurse te zadužuje buduće generacije koje će morati financirati njihovo saniranje. Tradicionalni linearni sustav u kojem se koriste resursi i na kraju odbacuju vrijedne sirovine kroz otpad nisu učinkovito rješenje. U Republici Hrvatskoj je tijekom 2013. godine ukupno odloženo 1 413 113 tona komunalnog otpada na 141 službeno odlagalište (AZO, 2013.). Toj broju potrebno je pridodati i velik broj divljih odlagališta koji prema podacima Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost dosežu i brojku od preko 1000 lokacija (AZO, 2013.). Velik izazov je uspostava rješenja odvojenog sakupljanja biorazgradivog otpada u koji se ubraja i otpad nastao u postupku pripreme hrane ili bio otpad.

Otpad od hrane ili gubici koji nastaju u pripremi hrane mogu se promatrati u cjelokupnom lancu proizvodnje, transporta, skladištenja i konačne upotrebe kod krajnjeg potrošača. Budući da su prirodni resursi - tlo, energija i voda ograničeni potrebno je pristupiti rješavanju ovog problema na način da se uzme u obzir zaštita prirodnih resursa te energetska potencijal biorazgradivog otpada. Kada se uzme u obzir upotreba agrotehničkih mjera, eutrofikacija, erozija tla, gubici organske mase kao i smanjenje bioraznolikosti od velikog je značenja smanjiti količinu hrane koja postaje otpad (Pretty, 2005.). Između 20% i 30% utjecaja na okoliš u Svijetu dolazi upravo od hrane koja se odbacuje (Tukker i sur., 2006.). Smanjenje nastajanja otpada od hrane nije samo okolišni problem. Treba ga sagledati u širem kontekstu današnje ekonomske situacije i sigurnosti opskrbe hranom. Posebno je to značajno za zemlje u razvoju. Učinkovite mjere za smanjenje nastanka otpada od hrane mogu pridonijeti smanjenju cijene hrane koja bi tada mogla postati dostupna i onima

koji s njom oskudijevaju (Gustavsson i sur., 2011.). Prema Lundqvistu i sur. (2008.), 1 400 kcal/stanovniku hrane se gubi u Svijetu svaki dan. U Evropi se taj gubitak procjenjuje na 280 kg/stanovniku/godišnje (Gustavsson i sur., 2011.).

Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (FAO) procjenjuje da svake godine trećina hrane koja je namijenjena za prehranu ljudi propadne, a da se istovremeno utroši za njenu proizvodnju 25% cjelokupne naseljene površine i 70% zalih pitke vode, proizvede 30% stakleničkih plinova te iskrči do 80% šuma (FAO, 2014.).

Cilj rada je ukazati na problematiku stvaranja otpada od hrane u Republici Hrvatskoj te analizirati pripremljenost i postignute rezultata koje je Republika Hrvatska ostvarila ili mora ostvariti u pogledu obrade otpada od hrane.

DEFINICIJE I ZAKONODAVNI OKVIR

Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13) propisuje ograničenja u svezi odlaganja biorazgradivoga komunalnoga otpada na odlagališta, pa tako i otpada od hrane, a Pravilnikom o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 117/07, 111/11, 17/13) zabranjen je prihvata komunalnoga otpada na odlagalište ukoliko mu masa biorazgradive komponente premašuje 35% od ukupne mase. Definirane su i obveze odvojenoga sakupljanja biootpada s ciljem njegovog kompostiranja, anaerobne digestije ili energetske uporabe uvođenjem Pravilnika o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada (NN 117/14) kojim su otvorene mogućnosti u pogledu gospodarenja ovom posebnom kategorijom otpada sukladno najmodernijim tehnološkim dostignućima i najnovijim zakonskim tekovinama EU.

Gospodarenje otpadom temelji se na uvažavanju načela zaštite okoliša propisanih zakonom kojim se uređuje zaštita okoliša i pravnom stečevinom Europske unije, načelima međunarodnog prava zaštite okoliša te znanstvenih spoznaja, najbolje svjetske prakse i pravila struke. Posebno se ističe načelo „onečišćivač plaća“ koji obvezuje sve one koji su proizvođači otpada na podmirivanje troškova mjera gospodarenja otpadom. Vrlo važno je i načelo „blizine“ koje definira obradu otpada u najbližoj odgovarajućoj građevini ili uređaju u odnosu na mjesto

nastanka otpada, uzimajući u obzir gospodarsku učinkovitost i prihvatljivost za okoliš. Načelo „samodostatnosti“ određuje da se gospodarenje otpadom mora obavljati na samodostatan način pri čemu je potrebno omogućiti neovisno ostvarivanje propisanih ciljeva na razini države, a uzimajući pri tom u obzir zemljopisne okolnosti ili potrebu za posebnim građevinama za posebne kategorije otpada. Načelo „sljedivosti“ vrlo je važno jer definira utvrđivanje porijekla otpada s obzirom na proizvod, ambalažu i proizvođača proizvoda koji postaje otpad, posjed otpada i njegovu obradu. U cilju sprječavanja nastanka otpada definiran je red prvenstva gdje se na prvom mjestu nalazi sprječavanje nastanka otpada, zatim slijedi priprema za ponovnu uporabu, recikliranje, te drugi postupci obrade kao što je energetska obrada te zbrinjavanje otpada.

Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13) između ostalog biorazgradivi otpad definira kao otpad koji nastaje u kućanstvima i otpad koji je po prirodi i sastavu sličan otpadu iz kućanstava. U pravilu je to papir, karton, biootpad, tekstil i drvo.

Biootpad uključuje biološki razgradiv otpad iz vrtova i parkova, hranu i kuhinjski otpad iz kućanstava, restorana, ugostiteljskih i maloprodajnih objekata i sličan otpad iz proizvodnje prehrambenih proizvoda, kategorizirano na sljedeći način:

- 20 01 08 biorazgradivi otpad iz kuhinja i kantina
- 20 01 25 jestiva ulja i masti
- 20 02 01 biorazgradivi otpad i
- 20 03 02 otpad s tržnica.

U literaturi se otpad od hrane i gubici definiraju na različite načine. U ovom radu će se koristiti sveobuhvatna definicija biootpada bez da se posebno naglašava od čega se sastoji.

Prema Agenciji za zaštitu okoliša s obzirom na mogućnost sprječavanja nastanka otpada od hrane dijelimo ga na:

- otpad čije se nastajanje može izbjeći odnosno otpad koji je jestiv, a odbačen (kruh, jabuka, meso i sl.)
- otpad koji ima veliki potencijal za izbjegavanje njegovog nastanka ili hrana koju netko konzumira, a netko ne (krušne mrvice, ljuska od krumpira, ljuska od jabuka ili nekog drugog voća i sl.) i

- otpad čije nastajanje nije moguće izbjeći (kosti, ljuske jaja, vrećice od čaja i sl.)

Na sličan način definiranje otpada od hrane dano je i kod Quested i Johansona iz 2009. godine. Gustavsson i sur. (2011.) definiraju otpad od hrane kao gubitak hrane koji nastaje na kraju prehrambenog lanca i usko ga povezuju s neodgovornim ponašanjem pojedinaca.

Važno je napomenuti i značaj prehrambenog lanca koji zapravo predstavlja primarnu proizvodnju, ljude i aktivnosti povezane s procesom od proizvodnje do potrošnje, a koji se sastoje od rukovanja i skladištenja sirovina, prerade, distribucije i na kraju potrošnje.

CILJEVI U SMISLU SMANJENJA UTJECAJA OTPADA OD HRANE

Prema dokumentu Europske komisije *The Roadmap to a Resource Efficient Europe* proizvodnja hrane i pića u zemljama EU uzrokuje 17% izravnih emisija stakleničkih plinova i 28% potrošnje materijalnih resursa. Izgubi se godišnje 90 milijuna tona hrane, što je oko 180 kg/osobi.

Stoga su postavljeni ciljevi do 2020. godine čiji je zadatak stvoriti održivu proizvodnju hrane koja će za 20% smanjiti upotrebu resursa, a količinu otpada od hrane za polovicu, odnosno svesti je na 90 kg/osobi.

Republika Hrvatska kao zemlja članica prilagodila je djelomično zakonodavni okvir navedenim ciljevima te je Zakonom o održivom gospodarenju otpadom propisana odredba kojom se nastoji spriječiti negativan utjecaj na okoliš odlaganjem biorazgradivog otpada. Naime, definirano je smanjenje količine biorazgradivog otpada koji se odlaže s 95% na 55%, do 2025. godine.

Ujedno se člankom 24. Zakona o održivom gospodarenju otpadom posebno ističe i najviša dopuštena masa biorazgradivog otpada koji se odlaže u odnosu na masu biorazgradivog komunalnog otpada proizvedenog u 1997. godini a koja iznosi:

- 75% ili 567 131 tona do 31.12.2013.
- 50% ili 378 088 tona do 31.12.2016.
- 35% ili 264 661 tona do 31.12.2020.

Iz zacrtanih ciljeva je vidljivo da masa odloženog biorazgradivog otpada ne bi smjela prijeći 378 088 tona do konca 2016. godine. Imajući u vidu činjenicu da je prema podacima Agencije za zaštitu okoliša količina odloženog biorazgradivog otpada u 2013. godini iznosila 870 434 tone postavlja se pitanje realizacije zacrtanih ciljeva. Jedno je sigurno, cilj za 2013. godinu od 567 131 tone odloženog biorazgradivog otpada nije postignut.

POTROŠNJA HRANE I PIĆA TE KATEGORIJE OTPADA OD HRANE U REPUBLICI HRVATSKOJ

Prema podacima Državnog zavoda za statistiku koji su trenutno dostupni, a odnose se na razdoblje 2011. godine količina prehrambenih proizvoda i pića utrošenih u hrvatskim kućanstvima prikazana je u Tablici 1.

Prema podacima Ankete o potrošnji kućanstava, u 2011. po članu kućanstva prosječno je utrošeno 75,7 l mlijeka, 68,5 kg kruha i peciva, 39,2 kg krumpira, 9,0 kg tjestenine, 18,8 kg mesa peradi, 16,5 kg svinjetine, 10,0 kg govedine, 6,8 kg ribe, 18,9 kg plodovitog povrća, 14,3 kg jabuka, 12,1 kg južnog voća te 153 komada jaja što ukupno čini 289,80 kg po kućanstvu.

Prema istom izvješću u 2011. najveći udio u izdacima jednog kućanstva (dvoje roditelja i djece) čini izdatak za hranu i bezalkoholna pića, čak 31,7%, dok su izdaci za stanovanje i potrošnju energenata, 15,7%.

Uredbom o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada definiraju se četiri kategorije otpada od hrane: biorazgradivi otpad iz kuhinja i kantina, jestiva ulja i masti, biorazgradivi otpad i otpad s tržnica. U naravi je to puno šira lista proizvoda koja se povezuje s prosječnom potrošačkom košaricom u Republici Hrvatskoj.

Recikliranje otpada je u porastu no i dalje otpad od hrane završava na odlagalištima gdje njegovom razgradnjom nastaje metan. Razvijene zemlje prednjače u količini odbačene hrane. Tako se procjenjuje da u Sjevernoj Americi 30% voća i povrća nikada ni ne dođe do kupca već se odbacuje zbog lošijeg izgleda. U Velikoj Britaniji se baca trećina kupljene hrane, u Švedskoj četvrtina. Republika Hrvatska nema točne podatke o tome koliko se baci hrane

godišnje, no procjenjuje se da je ta količina oko 400.000 tona, što je u prosjeku 4 milijarde kuna.

ENERGETSKI POTENCIJAL BIORAZGRADIVOG OTPADA I ANAEROBNA OBRADA

Biorazgradiva komponenta otpada predstavlja velik energetski potencijal. U Republici Hrvatskoj je u 2013. godini ukupno proizvedeno 1 103 593 tona biorazgradivog otpada, od čega je upućeno na obradu 171 691 tona (AZO, 2015.). Svega je 8 kompostana koje su obradile 29 366 tona biootpada. Odvojeno sakupljanje biootpada (klj.br. 20 01 08, 20 01 25, 20 02 01, 20 03 02) provodi se u 91 gradu/općini (AZO, 2015.).

Biorazgradivi otpad iz komunalnog otpada trenutno se u glavnini ne obrađuje u bioplinskim postrojenjima, no to zasigurno predstavlja u budućnosti vrlo veliki potencijal. Proizvodnja bioplina se može odvijati u zasebnim bioplinskim postrojenjima ili kroz bioreaktorska odlagališta. Prema Schnaideru i suradnicima potencijal bioplina je 45 GWh godišnje u 2015. godini sve do 61 GWh godišnje u 2030. godini uz pretpostavku da je proizvodnja bioplina 60 m³/toni biorazgradivog otpada s udjelom metana 70%. Ako se tome pridoda biorazgradiva komponenta otpada iz životinjskog gnoja teoretski je moguće proizvesti približno 9 PJ električne i toplinske energije. Velik resurs predstavlja ostatak iz poljoprivredne te prehrambene industrije čiji zajednički potencijal je još najmanje 4 PJ električne i toplinske energije. U Republici Hrvatskoj je izgrađeno devet elektrana na bioplin ukupne instalirane snage 8,135 MW, a predviđa se izgradnja još trideset osam ukupne snage 42,377 MW koje imaju prethodnu elektroenergetsku suglasnost dok je optimalan broj bioplinskih postrojenja sukladno elaboratu priključka na elektroenergetski sustav pedeset pet, instalirane snage 77,732 MW.

ODLAGANJE OTPADA OD HRANE

Biološko raspadanje, odnosno truljenje na odlagalištima otpada uzrokovano je sposobnošću djelovanja mikroorganizama: kvasaca, gljivica i bakterija u aerobnim ili anaerobnim uvjetima. Raspon uvjeta u kojima mikroorganizmi mogu preživjeti vrlo je širok (tablica 2) iako se oni ne mogu u cijelosti primijeniti na procese razgradnje u odlagalištima.

Tablica 1. Prosjek količine prehrambenih proizvoda i pića utrošenih u kućanstvima RH za 2011. godinu

Prehrambeni proizvodi	Mjerna jedinica	Utrošene količine
Riža	kg	4,7
Brašno	kg	20,7
Kruh i pecivo	kg	68,5
Ostali pekarski proizvodi	kg	5,4
Kolači i biskviti	kg	2,4
Tjestenina	kg	9,0
Govedina, teletina	kg	10,0
Svinjetina	kg	16,5
Meso peradi	kg	18,8
Janjetina, ovčetina, jaretina	kg	(0,8)
Suhomesnati proizvodi, salame i paštete	kg	15,4
Morska i slatkovodna riba	kg	6,8
Plodovi mora	kg	(0,6)
Konzervirana i prerađena riba	kg	0,8
Mlijeko	l	75,7
Mliječni proizvodi	l	16,0
Sirevi svih vrsta	kg	7,3
Jaja	komad	153
Maslac	kg	0,6
Margarin	kg	1,9
Maslinovo ulje	l	(1,4)
Ostala jestiva ulja	l	11,8
Ostale životinjske masti	kg	1,2
Južno voće	kg	12,1
Banane	kg	8,4
Jabuke	kg	14,3
Kruške	kg	1,5
Koštuničavo voće	kg	4,6
Bobičasto voće	kg	(2,9)
Ostalo voće	kg	(5,3)
Sušeno voće i jestive sjemenke	kg	1,4
Lisnato povrće	kg	10,0
Zeljasto povrće	kg	9,5
Plodovito povrće	kg	18,9
Korjenasto povrće	kg	14,1
Suho povrće	kg	3,6
Konzervirano i prerađeno povrće	kg	6,8
Krumpir	kg	39,2
Šećer	kg	10,8
Džem, marmelade, kompoti	kg	1,7
Med	kg	1,1
Čokolada	kg	1,7
Sladoled	l	2,3
Ocat	l	1,9
Sol	kg	3,6
Začini	kg	1,5
Umaci (senf, majoneza, kečap)	kg	2,4
Kava	kg	3,6
Čaj	kg	0,3
Kakao	kg	0,4
Mineralna ili izvorska voda	l	26,3
Osvježavajuća gazirana pića	l	10,2
Voćni sokovi i sokovi od povrća	l	15,4
Sirupi za pripremu napitaka	l	3,5
Koncentrati za pripremu napitaka	kg	0,7
Žestoka alkoholna pića	l	(0,6)
Vino	l	10,1
Pivo	l	16,3

Vrijednosti navedene u zagradi odnose se na manje preciznu procjenu.

Tablica 2. Uvjeti preživljavanja mikroorganizama u odlagalištima otpada

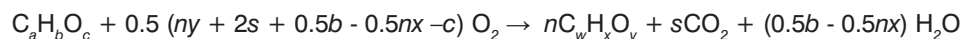
Temperatura	-8°C – +110°C
Udio soli	0 – 30% NaCl
pH	1.0 - 12
Udio kisika	0 – 30%
Tlak	0 – 115 MPa
Svjetlost	tama – jaka sunčeva svjetlost

Mikroorganizmi mogu preživjeti skoro sve vrste uvjeta u kojima se nađu, od vrelih izvora do polarnih uvjeta, kao i velike promjene tlaka, no svakako je voda jedan bitan čimbenik njihovog razvoja. Gljivice će više prevladavati u suhim uvjetima, bakterije za razliku od gljivica zahtijevaju više vlage. Temperatura i koncentracija kisika utječu na njihov razvoj te ih sukladno navedenim uvjetima dijelimo na:

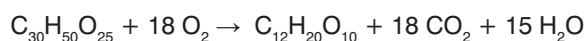
- Psihrofilne mikroorganizme: najbolje se razvijaju na temperaturi između 0 – 20°C
- Mezofilne organizme: razvijaju se na temperaturi između 2 – 40°C
- Termofilne organizme: preko 40°C do približno 70°C.

Organski otpad na odlagalištima je heterogenog sastava, od lako razgradljivih tvari iz kućnog otpada, kao što su škrob i proteini, pa sve do lignina u drvetu koji se teško razgradiv. Najprije se na odlagalištu razgrađuju: škrob, proteini, masnoće, te određena količina celuloze. U tom procesu stvara se velika količina energije koja u unutrašnjosti odlagališta može podići temperaturu i do 60 – 70°C. Opasnost navedenog procesa je što u tom trenutku umjesto mikrobioloških reakcija počinju dominirati kemijske reakcije budući da je većina bakterija termolabilna. Takvi kemijski procesi utječu na ostale vrste otpada u odlagalištima poput polimera i zapravo se pokreće čitav niz reakcija razgradnje. Faze u procesu razgradnje otpada sastoje se od mezo-termofilne faze, faze hlađenja i faze sazrijevanja te su usko vezane uz razvoj temperature i prisutnost aerobnih i anaerobnih bakterija (slika 1.).

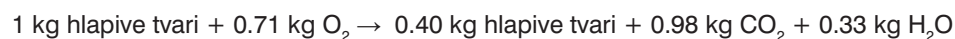
Stehiometrijski se razgradnja biorazgradivog otpada u odlagalištima može prikazati sljedećom jednačinom:



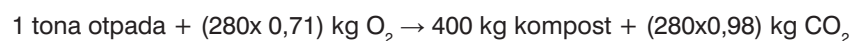
Uzimajući u obzir da je $C_{30}H_{50}O_{25}$ empirijska strukturna formula koja predstavlja hlapive tvari u komunalnom otpadu, te uz pretpostavku da je 60 % gubitak sadržan u vodi i $n=1$ kemijska jednačina slijedi:



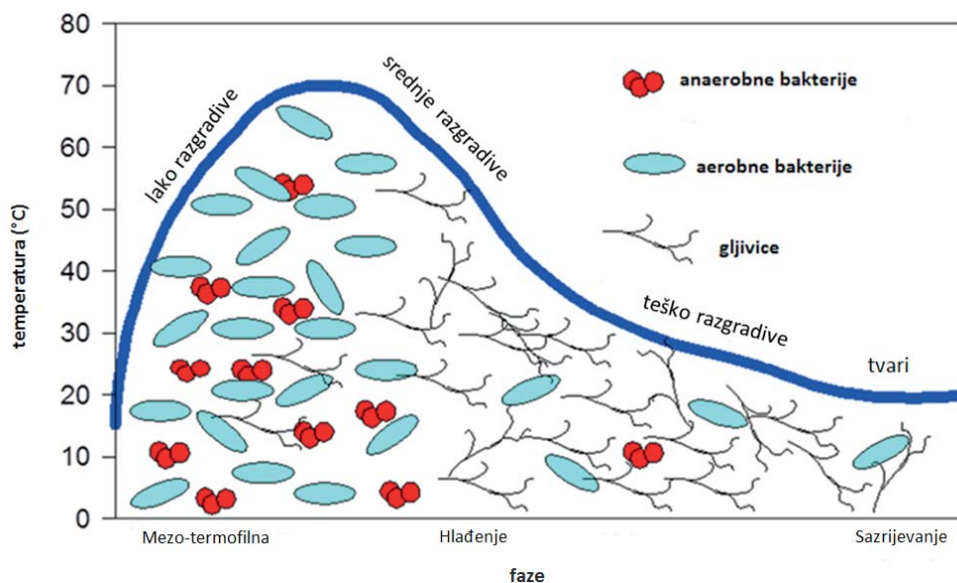
odnosno



To u kontekstu obrade otpada znači da 1 tona otpada koja u pravilu sadrži 280 kg hlapivih tvari (izračunato na osnovi teorijske bilance mase gdje 1 tona otpada sadrži 600 kg vode, 280 kg hlapivih tvari i 120 kg ne hlapivih tvari) u procesu razgradnje u odlagalištima aerobnim putem stvori 274 kg CO_2 .

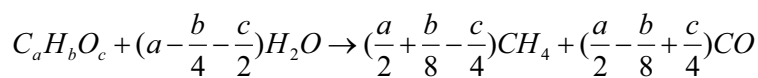


Pri čemu je $198,8 \text{ kg } O_2 = 662,7 \text{ m}^3$ količini zraka!



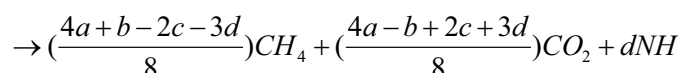
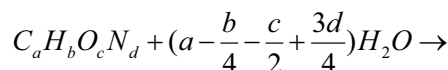
Slika 1. Faze u procesu razgradnje otpada

No, ono što je bitno je činjenica da na odlagalištima više dominiraju anaerobni mikroorganizmi koji u procesu fermentacije razgrađuju šećer i aminokiseline u hlapljive masne kiseline, alkohol, dušik i ugljikov dioksid. Za vrijeme procesa fermentacije nastaju metan, ugljikov dioksid i voda koji svoju maksimalnu koncentraciju dosežu u kiseloj anaerobnoj fazi. Bakterije koje proizvode metan dijele se u pravilu u dvije grupe ovisno o tome koju podlogu koriste za pretvorbu u metan. Od ukupno proizvedene količine metana u odlagalištu, 70% je rezultat konverzije octenih kiselina. Druge tvari koje mogu biti konvertirane u metan, a nisu od velike važnosti za proizvodnju metana su mravlja kiselina i metanol. Proizvodnja metana počinje za vrijeme kisele anaerobne faze, ali ne prije nego što je većina organskih tvari pretvorena u hlapljive masne kiseline, octene kiseline, ugljikov dioksid i dušik s obzirom da je proizvodnja plina širokog opsega. U ovoj se fazi koncentracija hlapljivih masnih kiselina smanjuje, što znači da se razina pH povećava na 6-7, što je optimalno za proizvodnju metana. Ovu fazu obilježavaju stabilni uvjeti: koncentracija metana je 50-60%, udio hlapljivih masnih kiselina i vodika je slab, pH iznosi 6-8 i koncentracija ugljikovog dioksida je stabilna. Stehiometrijski odnos proizvodnje metana definiran je Buswell-ovom formulom:



$$B = \frac{22,4 \left(\frac{a}{2} + \frac{b}{8} - \frac{c}{4}\right) NICH_4}{12a + b + 16c \quad gVS}$$

$$p_{CH_4} = \frac{4a + b - 2c}{8a}$$



$$B = \frac{22,4 \left(\frac{4a + b - 2c - 3d}{8}\right) NICH_4}{12a + b + 16c + 14d} \frac{g}{gVS}$$

$$p_{CH_4} = \frac{4a + b - 2c - 3d}{8a}$$

Stoga je teoretski potencijal proizvodnje bioplina u odlagalištima otpada za šećere 415 Nm³/toni hlapive tvari, glukozu 373 Nm³/toni hlapive tvari, celulozu 415 Nm³/toni hlapive tvari, masti 1014 Nm³/toni hlapive tvari te za proteine 496 Nm³/toni hlapive tvari.

Bakterije koje proizvode metan osjetljive su na promjene pH. Ako je proizvodnja metana spriječena, tijekom nakupljanja octene kiseline i vodika, pH će naglo pasti. Povećani tlak vodika sprečava konverziju hlapljivih masnih kiselina u octene kiseline putem octenih bakterija. Rezultat toga je gomilanje hlapljivih masnih kiselina i još veći pad razine pH. Od svih bakterija koje se nalaze u odlagalištima, bakterije koje proizvode metan najosjetljivije su na razinu pH. Zbog toga faza proizvodnje metana lako može biti poremećena. Osjetljivi odnosi između različitih grupa mikroorganizama čine optimalni režim u svim fazama na terenu teškim za postići što je jedan od razloga zašto proizvodnja metana u odlagalištu iznosi samo 10%.

ZAKLJUČAK

Republika Hrvatska nije ostvarila zacrtane ciljeve u pogledu smanjivanja odlaganja biorazgradivog otpada do 2014. godine. U pogledu vođenja evidencije količina otpadne hrane nema pouzdanih

podataka iako se u znanstveno-stručnim krugovima pojavljuje brojka od 400 000 tona godišnje. Vrlo je skromna količina biootpada koja se obrađuje u kompostanama (29 366 tona), dok za proizvodnju bioplina iz biootpada nema pouzdanih podataka. Temeljem svega navedenog, upotrebom teorijskih modela izračuna vrijednosti proizvedenog metana ili ugljikovog dioksida iz biorazgradivog otpada dolazi se do zaključka kako je postojeće neodgovorno ponašanje u pogledu zbrinjavanja ove vrste otpada dovelo do stvaranja, u 2013. Godini, najmanje 255 341 tone CO₂ pod pretpostavkom razgradnje u odlagalištima otpada. Ako se tome pridoda činjenica da proces razgradnje otpada u odlagalištima traje više godina i da se otpad akumulira zbog izostanka primarnog odvajanja, ovaj utjecaj na okoliš je značajno veći i u narednim godinama će samo rasti.

LITERATURA

1. Agencija za zaštitu okoliša (2014.): Sprječavanje nastanka otpada od hrane.
2. Agencija za zaštitu okoliša (2015.): Izvješće o komunalnom otpadu za 2013.
3. Beretta, C., Stoessel, F., Baier, U., Hellweg, S. (2013.): Quantifying food losses and the potential for reduction in Switzerland, *Waste management*, 764-773.

4. Communication COM (2011.) 571: The Roadmap to a Resource Efficient Europe
5. Državni zavod za statistiku (2015.): Izvješće o provedenoj anketi o potrošnji u domaćinstvima RH za 2011. Godinu
6. Europski parlament, Road map to a Resource Efficient Europe COM (2011.)571.
7. FAO (2013.): Food waste footprint- Impacts on natural resources, 978-92-5-107752-8
8. Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk (2011.): Global Food Losses and Food Waste; Extent, Causes and Prevention, Swedish Institute for Food and Biotechnology, Gothenburg.
9. Kalambura S. (2006.): Strategija gospodarenja otpadom i uloga Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 57, 267-274, Zagreb.
10. Lundqvist, J., de Fraiture, C., Modeln, D. (2008.): Saving Water: From Field to Fork. Curbing Losses and Wastages in the Food Chain, SIWI Policy Brief.
11. Matešić M., Kalambura S., Bačun D. (2014.): Development of the Competitive Business in the Context of Environmental Legislation in Croatia, Collegium antropologicum, 38, 1; 347-354.
12. Narodne novine: Zakon o održivom gospodarenju otpadom, NN 94/13
13. Narodne novine: Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 117/07, 111/11, 17/13)
14. Narodne novine: Pravilnika o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada (NN 117/14)
15. Pretty, J.N. (2005.): Farm costs and food miles: an assessment of the full cost of the UK weekly food basket, Food Policy 30, 1-19.
16. Rolph Schneider D., Bogdan Ž. (2009.): Analysis of a sustainable system for energy recovery from municipal waste in Croatia, Proceedings of the 5th Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water and environment Systems, Dubrovnik.
17. Quested, T, Johnson, H. (2009.): Household Food and Drink Waste in the UK: A Report
18. Containing Quantification of the Amount and Types of Household Food and Drink Waste in the UK, WRAP, Banbury.
19. Tukker, A., Gjalte, H., Jeroen, G., Reinout, H. de Koning, A. (2006.): Environmental Impact Products. Leiden University, Netherlands.

ABSTRACT

Bio waste is defined as biodegradable waste from gardens and parks, food and kitchen waste from households, restaurants, catering and retail facilities including similar waste from the manufacture of food products according to EU Directives and Croatian legislation. Although the term of bio waste is mixed with the term of biodegradable waste, they are significantly different. The biodegradable waste covers a wider area and includes other various types of waste such as waste from forestry, manure, paper, cardboard, textiles and etc. The Law on Sustainable Waste Management (OG 94/13) prescribes restrictions on disposal of biodegradable municipal waste to landfill, including food waste. By the Ordinance on the methods and conditions of waste disposal, categories and operational requirements for waste landfills (OG 117/07, 111/11, 17/13) it is forbidden to accept the waste at the landfill if biodegradable component weight exceeds 35% of the total weight. Ordinance on by-products and the withdrawing the status of waste (OG 117/14) defines obligations on separate bio waste collection with the aim of composting, anaerobic digestion and energy recovery, providing opportunities of managing this special waste category according to most modern technology and latest EU acquis. Reduction of waste food generation has a significant place in the programs of the European institutions. According to the Roadmap for a resource-efficient Europe by 2020 food waste disposal should be reduced by half at the EU level. The paper analyzes the preparedness and the results that Croatia has made or must achieve in the next period, and it also gives an overview of the possibilities of food waste treatment.

Keywords: food waste, biowaste, legislation, treatment