

**NASLOV: OSVRT NA KONCEPTE MBO I BIOLOŠKOG REAKTORA ZA
ODLAGALIŠTE OTPADA**

AUTOR: DANJELA SKOKO

INSTITUCIJA: HAAS INŽINJERING d.o.o. Đurđevac

KOAUTORI: prof.dr.sc. MENSUR MULABDIĆ, dipl.ing.građ.; DANKO
FUNDURULJA, dipl.ing. građ.

SAŽETAK

Mehaničko biološka obrada komunalnog otpada predstavlja skup različitih postupaka obrade otpada s mogućnošću proizvodnje produkata za daljnje iskorištavanje vrijednih svojstava otpada uz različite načine odlaganja ostatka. Postoji niz različitih vrsta obrada čije prednosti i mane su prikazane u radu.

KLJUČNE RIJEČI: mehaničko biološka obrada, biorektorsko odlagalište

SUMMARY

Mechanical-biological treatment of municipal solid waste is a process of stabilization of biodegradable waste fraction with recyclable component and secondary fuel production. Such a waste management system would be gradually established and it depends on many factors. Systematically monitored waste composition and amount according to seasonal, spatial, demographical parameters, as well as legislative regulations, assures good results in decision-making process of a MBT set up.

KEY WORDS: mechanical-biological treatment, bioreactor, landfill

1. UVOD

Mehaničko-biološka obrada otpada (MBO) temelji se na mehaničkoj pripremi ulazne količine otpada i biološkoj obradi biorazgradivog dijela komunalnog otpada. Biorazgradiva komponenta komunalnog otpada vrlo je reaktivna i predstavlja najveći problem koji se rješava u kontroliranim uvjetima i u relativno kratkom vremenu, uz smanjenje mase otpada koju je potrebno zbrinuti. Ovisno o načinu obrade ulaznog otpada, određen je i način odlaganja sa ili bez dodatnog iskorištavanja energije.

Kao osnovni ulazni parametri za odabir tehnologije obrade komunalnog otpada, potrebno je poznavati obuhvatnost organiziranim odvozom, raspodjelu količina otpada tijekom godine, učinkovitost izdvojenog skupljanja otpada i naročito sastav otpada.

Europska direktiva o otpadu 2008/98/EC postavila je osnovne zadatke u zbrinjavanju otpada: sprječavanje nastajanja otpada, ponovna uporaba (operacija kojom se proizvod ili komponente koje nisu otpad, ponovno rabe s istom svrhom (povratne boce)), recikliranje (znači bilo koju operaciju obnavljanja iz koje iz otpada nastaje proizvod izvorne ili druge namjene), ostalo obnavljanje (energetsko iskorištavanje i sl.) (sve operacije koje rezultiraju uporabom otpada u korisne svrhe zamjenom drugih materijala, ili se otpad priprema da ispuni funkciju zamjene u postrojenju), odlaganje. Direktiva također zahtijeva smanjenje količine biorazgradivog otpada, a obrada mora ispuniti visoke zahtjeve ekološke zaštite okoliša. Također se traži izdvojeno skupljanje najmanje papira, plastike, metala i stakla, koji do 2020. godine mora dostići 50% težinskog udjela u otpadu.

2. OSNOVNI KONCEPTI MBO

Uvođenjem obrade otpada (MBO metode) se zadovoljava Direktiva EU-a o otpadu. Razvijen je veliki broj varijanti MBO postrojenja s velikim razlikama u tehničkoj opremljenosti i uvjetima rada (1). Ovaj proces se zasniva na konceptu kombiniranja mehaničke(M) i biološke(B) obrade(O) otpada kako bi se postigli sljedeći ciljevi:

- maksimiziranje količine obnovljivih sirovina (staklo, metal, plastika, papir, i dr.);
- proizvodnja komposta i obrađenog materijala sličnih kompostu (engl. CLO);
- proizvodnja krutog goriva iz otpada (eng. RDF);
- proizvodnja bio-stabiliziranog materijala za odlaganje;
- proizvodnja bioplina za proizvodnju toplinske i/ili električne energije;
- proizvodnja visoko kvalitetnog krutog goriva definiranih svojstava (engl. SRF).

SLIKA 1

Glavni ciljevi mehaničke obrade otpada su slijedeći: priprema otpada za postupak biološke obrade; uklanjanje neprikladnih komponenti iz ulaznog netretiranog otpada; povećavanje količine obnovljivih sirovina izdvojenih iz otpada (odvajanje materijala za ponovnu uporabu, kao što su staklo, metal, plastika, papir); rafiniranje izlaznih produkata.

I. Priprema otpada - Otpad se prvo priprema, tako da se uklone opasne tvari (baterije, lijekovi, boje i fluorescentne žarulje i dr.) i glomazni otpad, a koji bi u daljnjem procesu mogli stvarati probleme. Ovom predobradom dobija se usitnjen i homogeniziran otpad, koji je pogodan za daljnji proces dobivanja goriva iz otpada (GIO), odvajanje materijala za recikliranje ili biološku obradu, ovisno o izabranoj MBO tehnologiji.

II. Odvajanje otpada – također se koristi mehanička separacija za dobivanje različitih frakcija iz miješanog komunalnog otpada. Ista može biti prije ili poslije biološke obrade (sl. 1.) ovisno o krajnjem cilju obrade: proizvodnja komposta, proizvodnja bioplina, proizvodnja goriva iz otpada (GIO), odlaganje. Prilikom mehaničkog odvajanja iskorištavaju se fizikalna svojstva komponenata otpada: oblik, gustoća, težina, magnetizam i električna vodljivost, boja i sl.. Odvajanjem otpada dobijaju se različiti materijali pogodni za recikliranje (papir, metal, plastika, staklo).

U tablici 1. dan je sažetak različitih opcija odvajanja materijala iz miješanog otpada

(Izvor: <http://www.defra.gov.uk/environment/waste/residual/newtech/documents/mbt.pdf>)

	Tehnika separacije (odvajanja)	Rastavna svojstva	Ciljani materijali	Ključni problemi
--	--------------------------------	-------------------	--------------------	------------------

1	Okrećuća rotacijska sita	Veličina	Velik-papir, plastika Mali-organska, staklo, sitni	Zračno držanja i čišćenje
2	Ručna separacija	Vizualno ispitivanje	Plastika, zagađivači, preveliki otpad	Uloge etike, zdravlje i sigurnost
3	Magnetska separacija	Magnetska svojstva	Željezni metali	Dokazane tehnike
4	Eddy Current separacija	Električna provodljivost	Obojeni metali	Dokazane tehnike
5	Tehnologija mokre separacije	Gustoća	Pluta - Plastika, organski Tone - kamenje, staklo	Proizvodi mokar otpad
6	Zračna Klasifikacija	Težina	Lagana - plastika, papir Teška - kamenje, staklo	Pročišćavanje zraka
7	Balistička separacija	Gustoća i elastičnost	Lagana - plastika, papir Teška - kamenje, staklo	Stopa propusnosti
8	Optička separacija	Difrakcija	Posebni plastični polimeri	Stopa propusnosti

Biološka obrada slijedi prije ili poslije mehaničke obrade ovisno o krajnjem cilju. U nekim procesima sav komunalni otpad biološki se tretira da se dobije stabilizirani i homogeniziran ostatak, koji ide na odlagalište (sl. 1.). Biološkom obradom nastoji se u što većoj mjeri razgraditi organska komponenta otpada. Osnovni razlog leži u tome, što se njenim odlaganjem unutar odlagališta stvara metan (CH₄), koji je staklenički plin i samim tim izaziva opterećenje okoliša. Procesi biološke razgradnje organske komponente otpada obično se dijele na aerobne (uz nazočnost kisika) i anaerobne (bez nazočnosti kisika). Biološki procesi koji se koriste su: aerobno bio-sušenje, aerobno zatvoreno kompostiranje, anaerobna digestija.

Tržište izlaznih proizvoda kod MBO postrojenja ima vrlo važnu ulogu. U mnogim zemljama tržište nije dovoljno razvijeno što ima neželjene posljedice. Primjer Italije, koja ima dugu tradiciju MBO-a različitih koncepcija, gdje se pojavio višak RDF-a na tržištu (ucjena korisnika alternativnih goriva po principu ogrjevne vrijednosti) (11).

Kod izgradnje MBO postrojenja važna je fleksibilnost u stupnju i vrsti odvajanja materijala.

Sirovina za recikliranje - osnovna funkcija mehaničke obrade je izdvajanje sirovina, koje se mogu reciklirati. Kvaliteta tako dobivenih materijala je manja nego ako se odvojeno skupljaju

pa imaju i nižu tržišnu vrijednost. Najvažniji materijali koji se odvajaju unutar mehaničkih procesa obrade su staklo, tekstil, plastika i metal.

Kompost poznat ka CLO (compost-like outputs) - velik broj MBO procesa kao izlazni produkt ima kompost. Primjena komposta dobivenog iz miješanog komunalnog otpada je upitna jer se dobije kompost lošije kvalitete u odnosu na kompost dobiven iz odvojeno prikupljenog biološkog otpada. Problem leži u prisutnosti nečistoća ili teških metala, koji se u njemu mogu naći, što bitno ograničava njegovu širu uporabu i tržišnu vrijednost.

Proizvodnja bioplina - za proizvodnju bioplina koriste se MBO postrojenja koja za biološku obradu koriste anaerobnu digestiju (AD). Bioplin je mješavina metana, ugljičnog dioksida i ostalih nusproduktnih plinova, a nastaje kao izlazni produkt procesa anaerobne digestije (AD). Bioplin koji se dobiva u digestatorima se pročišćava da bi se mogao koristiti u energetske svrhe, što povećava troškove opreme potrebne za nadogradnju. Bioplin se upotrebljava kao gorivo u toplanama ili u generatorima za proizvodnju električne energije.

Proizvodnja goriva iz otpada

Od svih poznatih MBO procesa za proizvodnju GIO-a (gorivo iz otpada) najčešće se koristi proces bio-sušenja, koji daje gorivo poznato pod nazivom SRF (solid recovered fuel). Gorivo niže kvalitete, proizvedeno ostalim tehnologijama obično se dobiva iz krupnijeg otpada, koji se uklanja iz materijala prije ulaska u fazu biološke obrade i naziva se RDF (refuse derived fuel). Zato ova frakcija osim što ima bitno manju kalorijsku vrijednost, nije potpuno bio-stabilizirana i ako mora biti odložena, predstavlja značajnu razinu udjela za odlaganje. Tržišno gledano, RDF/SRF niže kvalitete (vlažan i ispod 15 MJ/kg), puno je teže plasirati na tržište. Proizvodnja SRF iz neopasnog otpada je rastuća industrija u Europi i koristiti se kao: gorivo za energane, cementne peći, za druge izvore energije (npr. industrijski kotlovi, peći za spaljivanje otpada), za uređaje za posebne namijene, zajedno s ugljenom u elektranama, u naprednoj toplinskoj tehnologiji (piroliza i rasplinjavanje) (3).

MBO tehnologija, koja se razvila u Njemačkoj, proširila se i na ostale europske zemlje Austriju, Italiju, Švicarsku, Francusku, Veliku Britaniju i brzo se širi na druge europske zemlje. U Europi je instalirano više od 70 MBO postrojenja, od kojih čak više od 40 radi u Njemačkoj. Primjenjuje se i u drugim zemljama izvan Europe. Neki od objekata nisu komercijalni, a neki su pilot i demonstracijska postrojenja.

Osnovni tipovi tipovi biopostrojenja su:

MBO proces s proizvodnjom komposta - temelji se na mehaničkoj predobradi otpada tijekom koje se provodi separacija otpada u cilju proizvodnje tržišno interesantnih proizvoda uz biološku obradu kompostiranjem. Kompostiranje se reaktorski može izvesti na više načina. Osnovni stupanj biološke obrade provodi na bazi tunelskog kompostiranja. Ovaj tip postrojenja posjeduje određenu fleksibilnosti, moguće je obradu podešavati s obzirom na trenutne zahtjeve tržišta. Na području Europe izgrađeno je više ovakvih MBO postrojenja.(5)

Prednosti : proces ima visoku zastupljenost na tržištu, visoko povjerenje kupaca: veliki broj narudžbi za nova postrojenja

Nedostaci: postrojenja mogu biti vrlo kompleksna što rezultira visokim inicijalnim troškovima, proces je potrošač energije

MBO proces s bio-sušenjem (aerobni) - proizvodnja SRF-a - radi na principu aerobnog bio-sušenja otpada, odvodi vodu iz otpada na temelju biološke aktivnosti (bio-stabilizacije). 'Suhi' materijal se zatim provodi kroz cijeli niz separacijskih procesa da bi se na kraju dobio SRF koji se koristi kao sekundarno gorivo u cementnim pećima.(5)

Prednosti: veliki broj komercijalnih postrojenja, relativno jednostavan sustav, korištenje SRFa za energetske svrhe

Nedostaci: izlaz nije u potpunosti bio-stabiliziran; ako SRF nije iskorišten, proces je potrošač energije; tržišna nesigurnost, vezano uz održivost proizvodnje i plasmana SRF

MBO proces s anaerobnom digestijom –AD - postoje različite vrste anaerobnog MBO procesa koji se dijele s obzirom na: način vođenja procesa: šaržne i kontinuirane; na broj reaktora:

jedno-stupanjske i više-stupanjske; udio tvari u reakcijskoj smjesi: „suhi“ AD-procesi i „mokri“ AD-procesi; temperaturno područje vođenje: mezofilni i termofilni

MBO proces s anaerobnom digestijom –(suha jedno-stupanjska) - postoje različite konfiguracije anaerobnog MBO procesa, koje se baziraju na suhoj, termofilnoj anaerobnoj razgradnji, kao osnovnom biološkom postupku obrade komunalnog otpada.(5)

Prednosti: veliki broj komercijalnih postrojenja, dobro poznata tehnologija, postrojenje može proizvoditi energiju iz bio-plina, veliki broj već testiranih konfiguracija

Nedostaci: početna investicija

MBO proces s anaerobnom digestijom –(mokra jedno-stupanjska) - proces se bazira na anaerobnoj razgradnji otpada, pri čemu se tretira mokra organska frakcija ulaznog otpada u cilju proizvodnje bioplina. Izlazni materijali koji kao nusprodukti nastaju ovim procesom su različiti reciklabilni materijali i RDF.(5)

Prednosti: veliki broj komercijalnih postrojenja, postrojenje proizvodi energiju upotrebom bioplina

Nedostaci: proces zahtjeva korištenje velikih količina vode, kompleksnost procesa

Prilikom planiranja i izgradnje MBO postrojenja treba voditi računa o nizu faktora, a važni su: izbor tehnologije, količine i sastav otpada, prateća infrastruktura, površine potrebne za izgradnju MBO postrojenja. Kapaciteti MBO postrojenja koja se koriste u Europi kreću se u rasponu od 10,000 t/god.(4) pa preko 200,000 t/god. Tablica 2. pokazuje površine za pojedina MBO postrojenja ovisno o količini otpada koji se obrađuje.

Tablica 2: Procjene površine za MBO postrojenje

	Veličina	Površina objekta	Ukupna površina
MBO postrojenje A ^b	50,000 t/god	3,000 m ²	
MBO postrojenje B ^c	75,000 t/god.	5,500 m ²	15,000 m ²
MBO postrojenje C ^c			0,36 m ² /t
MBO postrojenje D ^a	140,000 t/god.	9,000 m ²	
MBO postrojenje E ^a	180,000 t/god.		35,500 m ²

^a Izvor: Review of Residual Waste Treatment Options, 2003, AiIE

^b Izvor: Planning for Waste Management facilities, ODPM, 2004

^c Izvor: Waste Technology Data Centre, 2004

(Izvor: DERFA (2007): Mechanical Biological Treatment of Municipal Solid Waste, www.defra.gov.uk/environment/waste/residual/newtech/.../mbt.pdf)

Kako postoji veliki broj varijanti MBO postrojenja s velikim razlikama u izvedbi tako su i troškovi izgradnje i održavanja različiti, a ovise o složenosti tehnologije, stupnju mehanizacije i upotrebi automatizacije. Troškovi prikazani u tablici 3. temelje se na europskim primjerima.

Tablica 3: Tipične cijene MBO za aerobni i anaerobni proces

Kapacitet	Aerobni proces		AD proces	
	Kapitalni troškovi kn/t/god.	Operativni troškovi kn/t	Kapitalni troškovi kn/t/god.	Operativni troškovi kn/t
<50,000	600-1280	Iznad 1200	1360-3570	195
>50,000	240-1910	170-590	910-2360	136-590

(Izvor: Waste Technology Data Centre 2007 and Juniper Consultancy Services (2005) Mechanical Biological Treatment: A Guide for Decision Makers Processes, Policies and Markets)

3. BIOREAKTORSKO ODLAGALIŠTE OTPADA - KONCEPT

Za odlaganje ostatka nakon obrade u MBO potrebno je izgraditi odlagalište otpada. Isto se izvodi u skladu s zakonskom regulativom što se tiče brtvenih slojeva. Razlika se javlja jedino kod bioreaktorakog odlagališta. Ova tehnologija temelji se na ubrzanoj razgradnji biorazgradljivog otpada. Odlagališta odlikuje ubrzani proces razgradnje otpada i efikasna kontrola nastalih plinova putem dodavanja tekućine u otpad.

Glavne prednosti ove tehnologije su: kontrola i upravljanje biološkom razgradnjom otpada (umjesto 30-50 godina raspada može se isti dogoditi za 5-10 godina), porast količine plina i proizvodnje energije (brži i efikasniji zahvat plina), smanjenje stakleničkih plinova, ubrzanje stabiliziranja otpada, smanjenje perioda obveza nakon zatvaranja, ušteda u prostoru – oslobađa se 15-30% prostora za novi otpad.

Razvijeni su različiti pristupi bioreaktorskim odlagalištima u USA i u Europi (koji se međusobno razlikuju u kvaliteti odloženog otpada). Na mnogim takvim odlagalištima širom

svijeta još uvijek se provode mjerenja u svrhu istraživanja uvjeta projektiranja, izvedbe i efikasnosti tih građevina, pa zbog nesistematiziranih i neistraženih aspekata danas ne postoje općevažne upute za izgradnju ovakvih odlagališta.

Ova tehnologija zahtijeva rješavanje tehnike unosa tekućine u tijelo odlagališta (odloženi otpad), što se može izvesti horizontalnim ili vertikalnim drenovima (cijevima). Unos tekućine u tijelo odlagališta kroz cjevovode ograničen je na uski prostor oko cijevi (otpad nije propustan), pa se zahtijeva relativno veliki broj cijevi i kontrola rada sustava.

Bioreaktorska odlagališta (BRO) mogu funkcionirati u aerobnoj i anaerobnoj atmosferi. U oba slučaja mora se voditi računa da se kontroliraju ulazni i izlazni parametri. Ulazni parametri su: dodatak vode, tj. stupanj povećanja vlažnosti (sa uobičajenih 20% na 45-60%), dodatak zraka (o ovim elementima ovisi dimenzioniranje sustava i tehnička rješenja). Izlazni (kontrolni) parametri: proizvodnja procjednih voda i njegov sastav i karakter, proizvodnja plina i njegov sastav i karakter, podaci o vlažnosti, temperaturi, tlaku vode nad nepropusnim temeljnim sustavom, porinim tlakovima u odlagalištu, totalnim tlakovima, podaci o slijeganju.

Neki stručnjaci tvrde da je ova tehnologija bacila "u sjenu" potencijal kompostiranja koji je neopravdano zanemaren ([*Bill Sheehan and Jim McNelly, BioCycle, January, 2003 - Vol. 44, No. 1; Pg. 60-63*]) a da nije riješio probleme zagađenja okoliša (nego ih odgodio).

Sa tehničko-tehnološkog stajališta BRO zahtijevaju pomno planiranje plinskog sustava jer se u uvjetima velikih deformacija i njihovog brzog razvoja moraju obavljati česte i značajne prilagodbe sustava da bi funkcionirao.

Tehničko rješenje mora osigurati umjereni porast temperature procjednih voda, što se može dokumentirati i kontrolirati jedino primjerenim mjerenjem temperature ili se skupljim tehničkim rješenjem (npr. dvostruki temeljni brtveni sustav) može osigurati dugoročno funkcioniranje sekundarnog sustava.

SLIKA 2

Očigledno da suvremenija i naprednija izvedba odlagališta otpada zahtijeva više tehnologije i više dokaza o načinu funkcioniranja procesa u njemu, za što su potrebna odgovarajuća mjerenja i mjere za osiguranje prihvatljivih uvjeta.

3. ZAKLJUČAK

Pri izboru određene MBO tehnologije treba obratiti pozornost na višestruke prednosti, a osnovno je smanjenje volumena otpada koji dolazi na odlagalište. Smanjuje se potreba za prostorom odlagališta; iskustva iz razvijenih europskih država pokazuje da se MBO-om može smanjiti potreba za volumenom odlagališta od 40 do čak 60% (3), a emisija odlagališnog plina 80-90% (9). Ostale prednosti su da se smanjenje slijeganje odlagališta i unutarnja temperatura odlagališta. Odlaganje otpada usklađeno je s zakonskom regulativom jer se smanjuje reaktivnosti odloženog otpada. Omogućena je modularnost pogona – mogu se proširiti ili smanjiti ovisno o volumenu dotoka otpada.

Osnovne mane MBOa su da veliki pogoni (preko 100,000 t/god.) prikupljaju otpad s velikog područja te su u kontradikciji s principom blizine i racionalnosti korištenja resursa. Time se pojačava cestovni transport koji izaziva prekomjerno habanje prometnica i zagađenje zraka kamionskim transportom; (ovo je mana bilo kojeg centralnog pogona)

Pri proizvodnji RDFa mora se osigurati plasman, gorivo ima manju kalorijsku vrijednost. Ovi pogoni dugoročnim ugovorima vežu ruke lokalnim vlastima. Takvi ugovori obično zahtijevaju određenu količinu (tonažu) otpada koja će zasigurno ugroziti napore uložene u recikliranje. Ovi pogoni imaju i veće operativne troškove u odnosu na druge metode zbrinjavanja otpada. Izlaskom otpada iz MBO nije u potpunosti završen proces obrade.

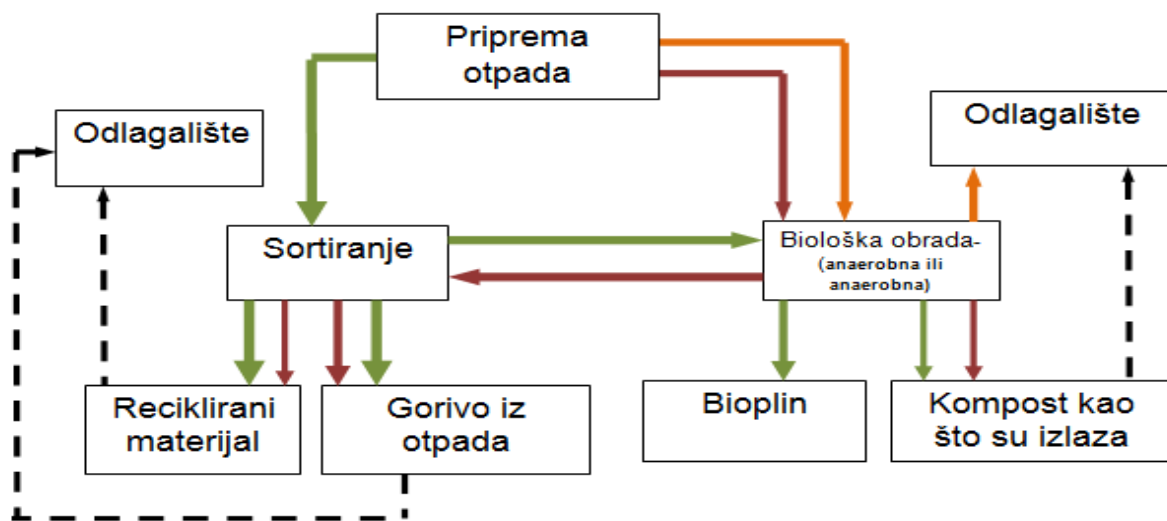
Još veće poteškoće javljaju se kod bioreaktorskih odlagališta u zoni mehaničke stabilnosti građevine: drastično povećanje vlažnosti otpada pretvara ga u materijal koji se ponaša sasvim drugačije od neovlaženog otpada, stvarajući od njega masu male čvrstoće i velike deformabilnosti, što predstavlja sasvim nove izazove za inženjerska rješenja (stabilnost pokosa, djelovanje potresa, deformacije tijela odlagališta). Ubrzani raspad otpada zahtijeva i

dovoljne količine vode za vlaženje, što često nije moguće osigurati. Povećana i jača reakcija otpada u povećanoj vlažnosti povećava temperaturu u njemu, pa se zagrijava i procjedna voda (procjeđuje se do brtvenog sloja, kojeg gotovo standardno čine geosintetici – geomembrana i često geodren). Posljednja znanstvena istraživanja pokazuju da se povećanje temperature može očekivati godinama nakon izvedbe odlagališta i da temperature redovito prelaze 30°C nakon 7,5-10 godina. Efekt povećanih temperatura odražava se na veću propusnost i difuzni koeficijent za zagađenje za gotovo dvostruku vrijednost pri višim temperaturama (iznad 35°C). Osim toga, vijek trajanja geomembrane, glineno geosintetičke barijere (GCL) i geosintetičkih drenova se smanjuje s povećanjem temperature.

LITERATURA

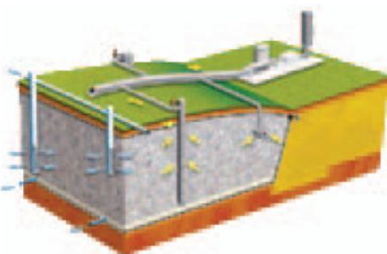
1. Milanović, Z (2020) : Mehaničko –biološka obrada otpada, *Gospodarstvo i okoliš*, No 54, pp 38-46
2. Milanović, Z., Radović, S., Vučić, V. (2002) : Priručnik, *Otpad nije smeće*, Izdavač: *Gospodarstvo i okoliš*, Zagreb ;pp 99-101
3. DERFA (2007): *Mechanical Biological Treatment of Municipal Solid Waste –* www.defra.gov.uk/environment/waste/residual/newtech/.../mbt.pdf
4. Ognjen Nikolić, O., Bagić, D. (2005): Osvrt na skup pod nazivom „INTERNATIONAL SYMPOSIUM MBT 2005“Hannover; *Gospodarstvo i okoliš* (2005), No 77, pp 762-766
5. HIDROPLAN d.o.o.(2007): I. Relić, D. Pašović, J. Čoza, M. Horvatić, M. Panjičko, : *Elaborat za odabir tehnološkog rješenja MBO otpada na ŽCGO "Kaštjun" u Puli*, pp 46-54,http://www.zeleni-forum.org/bin/view/MojaPUO/PrimjedbeSUO_Kastijun
6. Juniper Consultancy Services (2005): *Mechanical Biological Treatment: A Guide for Decision Makers Processes, Policies and Markets* , <http://www.biowastetreatment.com/page11/files/JuniperMBTreport.pdf>
7. Chea, E. (2007): *Anaerobic digestion of municipal solid waste in thermophilic continuous operation; A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Environmental Engineering and Management Asian Institute of Technology School of Environment, Resource and Development Thailand May* ,pp 8-68, <http://www.faculty.ait.ac.th/visu/Data/AIT-Thesis/Master%20Thesis%20final/chea%20combined.pdf>
8. Gar, A., Smith, r., Hill, d., Simms, N, Pollard, S. (2007): *Wastes as Co-Fuels - The Policy Framework for Solid Recovered Fuel (SRF) in Europe, with UK Implications; Environ. Sci. Technol. , No. 41, 4868-4874* <http://pubs.acs.org/doi/pdfplus/10.1021/es062163e>
9. Economopolus, A.P.(2009): *Technoeconomic aspects of alternative municipal solid wastes treatment methods, Waste Management (2009), pp 2-9,* <http://www.enveng.tuc.gr/Downloads/Eco/Technoeconomic2009.pdf>
10. Heermann, C. (2002) : *MBT – applicability to household wast, Warmer Bulletin, September*, pp 4-6
11. *Associates in Industrial Ecology (AiIE)*, November 2003, *Review of residual waste treatment technologies: Report prepared on behalf of Kingston upon Hull City Council, UK*, pp. 85-92
12. *Planning for Waste Management facilities, A Research Study, Office of the Deputy Prime Minister (ODPM) , (2004)* <http://www.communities.gov.uk/documents/planningandbuilding/pdf/148385.pdf>
13. *Waste Technology Data Centre, (2004), www.environment-agency.gov.uk/wtd*
14. *EKOPLUS d.o.o.: Procjena utjecaja na okoliš,Sažeti izvještaj o provedenom postupku procjene utjecaja na okoliš-ŽCGO Marišćina, ,pp 24-42* http://www.ekoplus.hr/pdf/Mariscina_EIAES_Final_hr.pdf
15. *EPA/625/R-01/012, EPA Report (2002): State of the Practice for Bioreactor Landfills,Workshop on Bioreactor Landfills Arlington, Virginia , September 6-7, 2000, January 2002*
16. *Reinhart, D.R, McCreanor, P.T, Townsend, T (2002) : The boreactor landfill: its status and future, Waste menagement & Research, No 20, pp 172-186*
17. *Rowe, R.K. (2005): Long-term performance of contaminant barrier systems, Geotechnique 55, No.9, pp 631-678*
18. *EPA (2008.): Modern landfills, A far cry fom the past , National Solid Wastes Management Association (NSWMA),*
19. *Krishna, R.R. (2006): Geotechnical aspects of bioreactor landfills, IGC, 14-16.12. Chennai, India*

20. Genona, G., Brizio, e. (2008) : Perspectives and limits for cement kilns as a destination for RDF , Waste Management 28,pp 2375–2385
http://www.groundwork.org.za/Cement/Genon_WM_08_Perspectives_limits_cement_kilns_destinations_for_RDF.pdf
21. UK Trade & Investment(2008): Energy From Waste, A guide to opportunities in the UK,
<http://www.ukenergyexcellence.com/export/sites/ee/common/documents/pdfs/EnergyFromWaste.pdf>

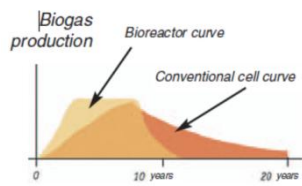


Slika 1. Prikazuje potencijalne opcija Mehaničko biološke obrade otpada (prema DERFA (2007) : Mechanical Biological Treatment of Municipal Solid Waste)

- Razvrstavanje prije biološke obrade
- Biološka obrada prije sortiranja npr. biodrying
- Pred-tretman pred odlagalištu otpada
- - -> Tržišni neuspjeh/odbijanje



shema bioreaktorske ćelije (prema Research & Development,



vremenski učinak bioreaktora (prema Research & Development, No.

2, April 2005.)

SLIKA 2 – bioreaktorsko odlagalište s proizvodnjom plina