

**XI međunarodni simpozij  
GOSPODARENJE OTPADOM – ZAGREB 2010.  
25. i 26.11.2010. Zagreb (Hrvatska)**

---

MBO TEHNOLOGIJE ZA OBRADU OTPADA – STUDIJA SLUČAJA MEŽDRE-VLAŠKI DO

Autori: Maja Maretić Tiro, dipl.ing.grad.  
Mr.Sc. Maja Čolović Daul, dipl.fiz.  
Goran Krstović, dipl.ing.maš.  
MBA Fethi Silajdžić, dipl.ing.maš.  
Verner Huseljić, dipl.ing.tehn.

Institucija: Enova d.o.o. Sarajevo

Adresa: Franca Lehara bb, 71 000 Sarajevo

Država: Bosna i Hercegovina

E-mail: [maja.maretic-tiro@enova.ba](mailto:maja.maretic-tiro@enova.ba)

Telefon: 033/561-990

## 1 UVOD

Kada se govori o tehnologijama obrade otpada prvenstveno se misli na pojam Mehaničko-biološke obrade otpada (MBO)<sup>1</sup>, koja podrazumijeva širok spektar tehnologija za primjenu mehaničkih, fizikalnih, termičkih, kemijskih ili bioloških procesa za tretman otpada. Rezultat uspješne primjene ovih tehnologija je prvenstveno smanjenje količine biorazgradivog materijala koji će se odlagati na deponije, a što je jedan od osnovnih zahtjeva EU direktiva iz ove oblasti.

MBO tehnologija, sastavljena iz dva odvojena tretmana, mehaničkog i biološkog, nudi rješenja za vrlo važne segmente održivosti integralnog sustava upravljanja otpadom. Najbolji rezultati postižu se kod:

- Povećanja povrata iskoristivog otpada;
- Proizvodnje komposta;
- Proizvodnja biostabiliziranog materijala pogodnog za odlaganje na deponije

---

<sup>1</sup> eng. *Mecanical-Biological Treatment (MBT)*

- Proizvodnja bioplina ili topline za proizvodnju energije
- Proizvodnja visokokvalitetnog goriva iz otpada<sup>2</sup>

Različita primjena MBO sistema uvjetuje njihovu tehničku konfiguraciju, a time i raznolikost tehničkih rješenja koja su trenutno u primjeni. Najčešće primjenjivani tipovi MBO sustava su sljedeći:

- A. MBO sustavi sa primarnom proizvodnjom goriva iz otpada (GIO)
- B. MBO postrojenja sa primarnom proizvodnjom komposta
- C. MBO sustavi za stabilizaciju otpada

U nekim zemljama u Europi, MBO je najpoželjnija opcija tretmana otpada, dok se kod drugih akcent daje primarno na termičku obradu otpada. Za razliku od trenutne prakse zbrinjavanja komunalnog otpada u Bosni i Hercegovini, koja podrazumijeva isključivo odlaganje miješanog komunalnog otpada na nesantarna odlagališta, tehnologije obrade otpada nude rješenja za efikasno postizanje ciljeva definiranih procesom strateškog planiranja sektora upravljanja otpadom na području FBiH.

U cilju izrade prijedloga najprikladnijih tehnologija za sanaciju odlagališta otpada Meždre – Vlaški Do (regija Bihać, Bosna i Hercegovina) i zbrinjavanja novopristiglih količina komunalnog otpada provedeno je niz aktivnosti koje su rezultirale prijedlozima tehničkih rješenja.

Projektna lokacija Meždre – Vlaški Do nalazi se na rubnim dijelovima područja općina Cazin i Bosanska Krupa, u rajonu podnožja brda Velika Gomila, na udaljenosti od oko 2 km od kanjona rijeke Une. Na staroj lokaciji odlagališta otpada «Meždre» se u prošlosti otpad odlagao na nesantaran način, u i oko prirodne depresije. S odlaganjem se prestalo 2006. godine kada je otvorena nova privremena lokacija za odlaganje otpada na kojoj je predviđeno odlaganje do konačne izgradnje sanitarne deponije. U ovom radu opisana je metodologija odabira najprikladnijih tehnologija za smanjenje novopristiglih količina otpada na novu deponiju „Meždre-Vlaški Do“.

## 2 METODOLOGIJA

Metodologija odabira najadekvatnije tehnologije za smanjenje novopristignih količina obuhvaćala je pet glavnih faza: (i) Analizu postojeće situacije upravljanja otpadom na predmetnom području, (ii) Procjenu sastava otpada, (iii) Analizu trenutno raspoloživih metodologija u svijetu i regiji, relevantnih

---

<sup>2</sup> eng. *Refuse Derived Fuel (RDF)*

za pružanje traženih usluga/radova, (iv) Određivanje kriterija za ocjenu i rangiranje relevantnih metodologija i (v) Ocjenjivanje i rangiranje najprikladnijih metodologija.

## 2.1 ANALIZA POSTOJEĆE SITUACIJE UPRAVLJANJA OTPADOM NA PREDMETNOM PODRUČJU

Prikupljeni i analizirani su svi podaci iz raspoložive dokumentacije (dosadašnje studije, tehnički ili okolišni elaborati i sl.) koji se tiču upravljanja otpadom na predmetnom području uključujući trenutne načine tretmana i zbrinjavanja otpada, raspoložive kapacitete komunalnih poduzeća, te količine otpada koje se trenutno prikupljaju i odlažu.

## 2.2 PROCJENA SASTAVA OTPADA

Nakon obilaska i geodetskog snimanja koordinata lokacije, u cilju određivanja ulaznih parametara relevantnih za izbor najprikladnijih tehnologija, dodatno je provjerena aktualnost dostupnih podataka o sastavu otpada na području općina Cazin, Bosanska Krupa i Bužim, prikupljeni putem anketiranja komunalnih poduzeća. Koristeći dosadašnje podatke o otpadu kao polaznu osnovu, prikupljeni su dodatni podaci od relevantnih subjekata, te je, uzimajući u obzir praktična iskustva na drugim lokacijama u zemlji i okruženju, procijenjen sastav otpada na predmetnom području. Postojeći sastav otpada prikazan je u donjoj tabeli.

**Tabela 1:** Procijenjeni sastav otpada koji se dovozi na odlagalište

Vrsta otpadnog materijala	Procjena sastava otpada - prosjek [% vol.]
Otpadno povrće i drugi biorazgradivi otpad od hrane	13 (10-16)
Otpadni papir	27,5 (20-35)
Otpadni metali	4 (2-6)
Otpadno staklo	11 (10-12)
Otpadni tekstil	5 (0-10)
Otpadna plastika i Guma	16 (14-20)
Otpadno drvo	10
OSTATAK DO 100% (povremeno otpadna tkiva iz primarne prerade živ. kože uz upotrebu NaCl, različiti anorganski otpad)	13,5

## 2.3 ANALIZA TRENUTNO RASPOLOŽIVIH METODOLOGIJA U SVIJETU I REGIJI, RELEVANTNIH ZA PRUŽANJE TRAŽENIH USLUGA/RADOVA

Na osnovu razmatranja dostupnih dosadašnjih međunarodnih izvještaja o primjeni različitih metoda mehaničko-biološke obrade otpada, te u konsultacijama sa relevantnim institucijama i drugim subjektima sa iskustvom u ovoj oblasti, pripremljena je šira lista tehnologija, u regionalnom i međunarodnom okviru komercijalno raspoloživih tehnologija za tretman/zbrinjavanje novopristiglih količina komunalnog otpada na lokalitetu Mezdre-Vlaški Do. Od velikog broja operatora pogona i vlasnika tehnologija u Europi, projektni tim se u daljem razmatranju fokusirao na sljedeću početnu listu od 40 subjekata:

- AEZ GmbH, Ingenried
- ASA (Arbeitsgemeinschaft stoffspezifische Abfallbehandlung e.V.), Enningloh
- Biodegma, Ludwigsburg
- Burgstaller, Haag am Hausruck
- Ecodeco, Gussago
- Envicare, Graz
- Faber-Ambra, Alzey
- Fisia Babcock Environment GmbH, Gummersbach
- Fritz Schaefer GmbH, Neunkirchen Siegerland
- GICOM BV, Biddinghulzen
- Haase Anlagenbau, Neumuenster
- Herhof, Dublin / njemačko zastupništvo HELECTOR Germany GmbH, Solms-Niederbiel Hessen Herhof Trockenstabilitat Anlage GmbH&Co.KG, Solms-Niederbiel
- Huber Haeusle GesmbH&Co KG, Lustenau
- Ingenieurbuero Kuegler /Terrachem GmbH, Essen
- ISKA, Ettlingen
- Komptech GmbH, Frohnleiten, Komptech Warwick
- Linde-KCA-Dresden GmbH, Linz
- MBS Anlage Westerwald GmbH&Co.KG, Rennerod
- MDU Ges.mbh/ Biopuster, Friesach
- Nehlsen, Bremen
- Niedersachsen MBS Osnabrueck/Herhof
- NRW MBA Neuss, Neuss
- OWS, Gent
- Porr, Innsbruck
- Rheinland-Pfalz MBT Trier Mertersdorf
- Ros Roca, Esslingen
- Rumen, Lahti
- SBI-Friesland, Leeuwarden
- SRS, Rathcairn
- Sutco, Bergisch Gladbach
- Technisch Bureau MTM BV, Sittard
- Thoeni, Telfs
- T-Plus GmbH, Heilbronn
- UEG Umwelt- und Entsorgungstechnik AG, Neuseiersberg
- VKW, Bregenz
- WEAG - Wetterauer Entsorgungsanlagen GmbH, Friedberg
- Weser Engineering GmbH, Bad Oeynhausien
- ZAK, Ringsheim

Svim subjektima je dostavljen upitnik koji odražava dio kriterija za preliminarnu evaluaciju tehnologija. Na osnovu odziva na upitnik (odgovorilo je ukupno 10 subjekata) i informacija prikupljenih iz drugih izvora, u daljem koraku provedena je eliminacija, odnosno isključivanje iz daljeg razmatranja dijela tehnologija i to:

- u slučaju da subjekt nije odgovorio na upit/upitnik zbog nezainteresiranosti, nedostupnosti ili prestanka aktivnog operativnog djelovanja,
- u slučaju negativnog odgovora (nezainteresiranost, neprikladnost tehnologije ili dr.),
- u slučaju djelomičnog dostavljanja traženih podataka (nedostatne ili nepotpune informacije na osnovu kojih nije bilo moguće provesti adekvatnu analizu), te
- u slučaju previsoke tehničke kompleksnosti i pratećih investicionih i drugih troškova tehnologije koji su neprimjereni danim uvjetima na projektnom području.

Nakon analize dobivenih podataka, izvršena je diskvalifikacija tehnologija za koje se već u ovom stadiju utvrdilo da izlaze iz okvira predviđenih tehno-ekonomskim zahtjevima Projekta, dok su preostale tehnologije dalje razmotrene putem intenzivne terenske provjere relevantnih pogona. U užem izboru su konačno ostale sljedeće tehnologije koje podrazumijevaju jednostavna, ali inovativna rješenja, a koje za date uvjete ima smisla dalje razmatrati:

- **Biodegma postupak** (Biodegma, Njemačka)
- **Diagenetska inertizacija/imobilizacija** (H. Burgstaller Ges.mbH, Austrija)
- **EuRec<sup>®</sup> tehnologija MBO** (EuRec Technology Sales & Distribution GmbH, Njemačka)
- **Faber-Ambra<sup>®</sup>** (Wilhelm Faber GmbH, Njemačka)
- **Hydrostab<sup>®</sup>/Terrostab<sup>®</sup> tehnologija** (Ingenieurbuero Kügler/Terrachem Essen GmbH, Njemačka)

## 2.4 ODREĐIVANJE KRITERIJA ZA OCJENU I RANGIRANJE RELEVANTNIH

### METODOLOGIJA

Prilikom određivanja kriterija za evaluaciju i rangiranje razmatranih metodologija u obzir su uzete metode sa dokazima/referencama o uspješnoj primjeni na drugim lokacijama na kojima je do sada

obrađeno najmanje 40.000 tona komunalnog otpada, tehnička prikladnost, okolišna prihvatljivost, indikativna procjena troškova primjene tehnologije na predmetnom području, stručne ocjene naučno-istraživačkih ustanova, certifikati, i sl. kojim se potvrđuje efikasnost, te sigurnosni i ostali specifični zahtjevi.

**Tabela 2:** Kriteriji vrjednovanja

<b>Vrsta kriterija</b>	<b>Skala</b>
<b>Tehnički</b>	
T1: Potrebni prostor	1-20
T2: Potrebni resursi	1-5
T3: Potrebni objekti i prateća infrastruktura	1-5
T4: Potrebno vrijeme za instalaciju/fazu izgradnje do efektivnog početka rada	1-5
T5: Min. ulazna količina otpada	1-20
T6: Max. dnevni kapacitet	1-10
T7: Ograničenja primjene tehnologije	1-10
T8: Trajanje ciklusa obrade	1-10
T9: Potreba analize sastava ulaznog otpada	1-5
T10: Potrebe drugih vidova monitoringa	1-5
T11: Način i frekvencija održavanja	1-5
T12: Mobilnost pogona ili njegovih dijelova	1-5
T13: Ukupne količine otpada do sada uspješno obrađene danom tehnologijom	1-5
T14: Lokacije dosadašnje uspješne primjene tehnologije (naročito u Europi)	1-5
<b>Ekonomski</b>	
E: Investicijski i operativni troškovi (Indikativni ukupni trošak)	1-20
<b>Okolišni</b>	
O1: Smanjenje emisije plinova iz obrađenog otpada (kvantificirano prema rezultatima dosadašnjih ispitivanja)	1-20
O2: Smanjenje volumena otpada	1-20
<b>Sigurnosni</b>	
S1: Osjetljivost prema vanjskim utjecajima	1-5
S2: Opasnost po radnike / Posebni rizici i mjere zaštite na radu	1-5

Gornja tabela daje prikaz relevantnih kriterija vrjednovanja, te skale ocjena koje su primijenjene za svaki kriterij. U slučaju nedostatka podataka, za ocjenu prema pojedinom kriteriju dodijeljena je srednja vrijednost odabranog opsega skale, kako bi se osiguralo da taj kriterij ne prevagne ka gornjem ili donjem dijelu skale. Opseg skala određivan je prema utjecajima pojedine tehnologije na zdravlje

ljudi, pri čemu se vodilo računa da ti kriteriji uvijek imaju veći prioritet u odnosu na utjecaje na druge receptore i medije.

### 3 SAŽETI PRIKAZ PRELIMINARNO ODABRANIH TEHNOLOGIJA

#### 3.1 BIODEGMA POSTUPAK – KOMPOSTIRANJE U OTVORENIM TRAPEZOIDNIM KOLONAMA

Ova metodologija spada u grupu bioloških načina obrade komunalnog otpada, pri čemu se podrazumijeva da se „M“ dio predobrade otpada već na neki način osigurava prije tretmana. Ovakav način obrade otpada spada u grupu kompostiranja u otvorenim trapezoidnim kolonama, gdje se u jednoj fazi biološke razgradnje kolone prekrivaju polupropusnom membranom izrađenom od specijalnih vlakana prema Gore HeapCover™ tehnologiji.

Tehnologija podrazumijeva da se pripremljen ulazni materijal dovozi u postrojenje za tretman otpada u otvorenim trapezoidnim kolonama. Pomoću buldožera se formiraju kolone i trenutačno bivaju prekrivene polupropusnom membranom, osiguravajuću povoljne uvjete za biorazgradnju otpada koji se tretira. Ovaj proces traje 3-4 tjedna. Nakon tog perioda, a ukoliko je potrebna daljnja stabilizacija materijala za konačno odlaganje, kolone se otkrivaju i nastupa period dozrijevanja koji može trajati još neka 3-4 tjedna.

Potrebni objekti, uređaji i prateća infrastruktura:

- Postrojenje za predtretman otpada
- Buldožer za formiranje trapezoidnih kolona
- Polupropusna membrana Gore HeapCover™ tehnologija
- Sustav za dovođenje zraka
- Dodatni kapaciteti za transport materijala
- Betonirana površina za dozrijevanje

Najznačajnija izgrađena postrojenja sa primijenjenom tehnologijom su:

- MBO postrojenje u Biberachu: 245.000 tona u 7 godina
- MBO postrojenje u Pöbnecku: 425.000 tona u 5 godina

- MBO postrojenje Neumünster: 500.000 tona od lipnja 2005. god.

### 3.2 BURGSTALLER – DIAGENETSKA INERTIZACIJA/IMOBILIZACIJA

Ova metoda podrazumijeva usitnjavanje ulaznog miješanog komunalnog otpada, izdvajanje iskoristivih sekundarnih sirovina, vanjsko dozrijevanje preostale mase otpada u aerobnim uvjetima uz povremeno prevrtanje u periodu od 4 tjedna, te konačno miješanje preostalog otpada sa mineralnim muljem iz eksploatacije kamena ili glinom odgovarajuće vlažnosti, a po potrebi i dodatnim sastojcima kojima se postiže maksimalna inertizacija u zavisnosti od sastava ulaznog otpada, odnosno trajna stabilizacija otpada.

Potrebni objekti, uređaji i prateća infrastruktura:

- Uređaj za usitnjavanje otpada
- Sito za prosijavanje
- Miješalica
- Zgrtač/bager
- Jednostavna šatorska konstrukcija za zaštitu uređaja i dijela otpada u fazi aerobnog dozrijevanja
- Betonirana površina za dozrijevanje
- Reciklažno dvorište i vaga (potrebno i kod drugih tehnologija)

Ovako dobivena smjesa se može ugrađivati u tijelo klasične sanitarne deponije uz praktičnu eliminaciju potrebe zbrinjavanja procjednih voda i deponijskog plina, ali i odlagati direktno na tlo bez tehničke neophodnosti dodatnih mjera zaštite tla i zraka od emisija u tlo ili zrak. Također, može se primijeniti kao donji ili gornji nepropusni - zaptivni sloj za postojeće deponije, pa je podesna i za radove sanacije.

U Austriji je do sada ovom metodom obrađeno preko 150.000 t otpada na lokacijama deponija Hehenberg, Steinthal, Erzberg, Grubhof i drugdje. Okolišna prihvatljivost ove tehnologije, dokumentirana je tehničkim izvještajima objavljenim od strane neovisnih naučnoistraživačkih institucija, dijelom i u okviru projekta EU-LIFE.

### 3.3 EUREC<sup>®</sup> – MBO SA KOMPOSTIRANJEM U TRAPEZOIDNIM KOLONAMA

Ova tehnologija je zasnovana na kombinaciji usitnjavanja i separacije u okviru mehaničke, te dozrijevanja i stabilizacije u okviru 3-4-mjesečne faze biološke aerobne obrade otpada u trapezoidnim kolonama (windrows). EuRec<sup>®</sup> postupak aerobne biološke obrade uz primjenu cijevi za prozračivanje otpada je patentiran.

Potrebni objekti, uređaji i prateća infrastruktura:

- Rezač (shredder)
- Magnetna stanica
- Patentirani separator sa diskovima
- Bager
- Kompresor za aeraciju otpada u biološkoj fazi
- Akcelerator procesa biološkog dozrijevanja otpada sa kompresorom
- Priključak na mrežu snabdijevanja električnom energijom

EuRec<sup>®</sup> tehnologija do sada je uspješno primijenjena Njemačkoj, Austriji, Italiji, Francuskoj, Španjolskoj, Rusiji i Kini.

### 3.4 FABER - AMBRA<sup>®</sup> - AEROBNA MEHANIČKO-BIOLOŠKA STABILIZACIJA

Faber-Ambra<sup>®</sup> tehnologija je aerobna mehaničko-biološka stabilizacija, odnosno inertizacija miješanog komunalnog otpada. Faza mehaničke obrade podrazumijeva usitnjavanje i homogenizaciju ulaznog materijala u posebnom, mobilnom rotacionom bubnju, te prosijavanje uz izdvajanje materijala iskoristivih kao sekundarne sirovine ili za reciklažu. U fazi aerobne biološke obrade mehanički pripremljeni otpad se u periodu od 9-12 mjeseci (zavisno od ciljnih parametara emisija iz obrađenog otpada) drži na otvorenom u horizontalnim trapezoidnim kolonama (windrows), pri čemu je otpad odložen na standardne drvene palete i prekriven dostupnim materijalom iz okruženja koji ima funkciju bio-filtra, npr. prikladnom frakcijom otpadnog drveta. U toku biološke faze, na procesnoj temperaturi >60°C se postiže uništavanje bakterija u masi otpada.

Potrebni objekti, uređaji i prateća infrastruktura:

- 2 mobilna rotaciona bubnja za mehaničku obradu (homogenizatori) na kamionu (životni vijek do 20.000 h ili 5-7 godina)
- 2 zgrtača/utovarivača
- Diesel generator električne energije
- Pumpna stanica i prskalice za vodu
- Betonska površina 100 m<sup>2</sup>
- Perforirane drenažne cijevi
- Sustav prihvata procesne vode na podlozi dijela za biološku obradu (1,5 ha)
- Reciklažno dvorište i vaga (potrebno i kod drugih tehnologija)

Faber-Ambra<sup>®</sup> sustav obrade otpada je patentiran i do sada primijenjen u pilot projektima na lokacijama Phitsanulok/Tajland, Sao Sebastiao/Brazil, Rio de Janeiro/Brazil, Atlacomulco/Meksiko, dijelom u suradnji sa GTZ. U ovim projektima je do sada obrađeno više od 140.000 t komunalnog otpada. Okolišna prihvatljivost ove tehnologije je dokumentirana izvještajima i ocjenama od strane GTZ i neovisnih naučno-tehničkih institucija.

### 3.5 HYDROSTAB<sup>®</sup>/TERROSTAB<sup>®</sup> TEHNOLOGIJA

Prema ovoj tehnologiji, usitnjeni i pedsortirani miješani komunalni otpad (uz izdvajanje frakcije sekundarnih sirovina) miješanjem sa lokalno dostupnim mineralnim supstratima (npr. pjeskovita glina ili zemljište sa udjelom gline do 10%, prašina ili mljeveni kamen, otpadni pepeo/šljaka od sagorijevanja uglja, otpadni muljevi iz postrojenja za obradu otpadnih voda) i vodenim staklom kao vezivom, postiže se imobilizacija i stabilizacija otpada, pri čemu je rezultirajuća smjesa vodonepropusna i postojana na mehanička naprezanja u tlu.

Potrebni objekti, uređaji i prateća infrastruktura:

- Silosi za skladištenje mineralne komponente i vodenog stakla
- Miješalica
- Zgrtač/bager

- Valjak za kompaktiranje
- Dodatno: uređaj za usitnjavanje otpada, sito za prosijavanje, reciklažno dvorište i vaga (potrebno i kod drugih tehnologija), sa pratećim betoniranim površinama.

Autor tehnologije/vlasnik patenta kao moguću alternativnu varijantu za manje količine ulaznog otpada navodi mogućnost upotrebe:

- Silosa/kontejnera za vodeno staklo
- Zgrtača/bagera u kombinaciji ili bez poljoprivredne mehanizacije za direktno miješanje materijala *in situ* (na mjestu odlaganja)<sup>3</sup>

Ovako dobivena smjesa se može ugrađivati u tijelo klasične sanitarne deponije uz praktičnu eliminaciju potrebe zbrinjavanja procjednih voda i deponijskog plina, ali i odlagati direktno na tlo bez tehničke neophodnosti dodatnih mjera zaštite tla i zraka od emisija u tlo ili zrak. Također se može primijeniti kao donji ili gornji nepropusni - zaptivni sloj za postojeće deponije, pa je podesna i za radove sanacije, pri čemu je prednost ovog materijala sposobnost samoprilagođavanja, odnosno samozaptivanja eventualno nastalih pukotina pri slijeganju tla i sl. (kod primjene HDPE folije, ali i čiste gline – u slučaju prekomjernog isušivanja - moguća je pojava trajnih pukotina koje se moraju sanirati).

Dokumentirana je uspješna primjena ove patentirane metode za zaptivanje deponija u Njemačkoj (deponije Hubbelrath/Düsseldorf, Rheinfeld, Horster, Henkel-Langefeld, Langefeld-Immigrath, Castrop-Rauxel, Ratingen, Eyllerberg, Moers-Hulsdonk, Bochum-Kornharpen, Pohlsche Heide), Nizozemskoj (deponije Eindhoven, De Wirde, Drenthe, Vlageheide), Belgiji (deponija Antwerpen), Luksemburgu (Belval-Quest – Plateu su St.Esprit, Belval-Quest – Mondercange) i Francuskoj (deponija Bruay sur l'Escaut – Valenciennes). Okolišna prihvatljivost je temeljito ispitana u laboratorijskim uvjetima, za što postoje i tehnički izvještaji neovisnih naučnoistraživačkih institucija.

---

<sup>3</sup> Napomena: tehničkom dokumentacijom potrebno dokazati da se postiže jednak ili zadovoljavajući kvalitetu/nepropusnost smjese otpada i dodataka

#### 4 EVALUACIJA I RANGIRANJE NAJPRIKLADNIJIH TEHNOLOGIJA

Na temelju svih dobivenih podataka iz literature, provedenih upitnika, te terenskog obilaska relevantnih tehnologija, izvršena je ocjena i rangiranje najprikladnijih tehnologija, pri čemu su ocjene primjenjivosti tehnologija prema kriterijima vrednovanja, date na osnovu postojećih uvjeta deponije (raspoloživi prostor, postojeća infrastruktura i sl.).

Za svaki kriterij i svaku tehnologiju određena je ocjena u okviru zadate skale. Prilikom konačnog određivanja vrijednosti, okolišni utjecaj, odnosno utjecaj na zdravlje ljudi, je uzet kao najznačajniji, i takav da daje mjeru/težinu svim drugim vrijednostima dodijeljenim pojedinim kriterijima. Tim su i različiti kriteriji i njihovi udjeli u određivanju, zajedno evaluirani.

Evaluacija tehnologija određena je prema sljedećoj formuli:

$$Ukupna\ ocjena = \left( \sum_{i=1}^n Oi \right) * \left( \sum_{j=1}^m Tj + E + \sum_{k=1}^l Sk \right), \quad n = 2, m = 14, l = 2$$

Konačan rezultat rangiranja prikazan je u sljedećoj tabeli (Tabela 3).

**Tabela 3:** Evaluacija tehnologija

Kriteriji vrjednovanja	Ocjena primjenjivosti tehnologije				
	Biodegma postupak – Kompostiranje u otvorenim trapezoidnim kolonama*	Burgstaller – Diagenetska inertizacija/ imobilizacija	EuRec® – MBO sa kompostiranjem u trapezoidnim kolonama	Faber-Ambra® - Anaerobna mehaničko-biološka stabilizacija	Hydrostab®/ Terrostab® tehnologija
<b>Tehnički kriteriji</b>					
T1: Potrebni prostor	12	10	8	8	10
T2: Potrebni resursi	5	4	2	3	3
T3: Potrebni objekti i prateća infrastruktura	3	3	1	3	4
T4: Potrebno vrijeme za instalaciju/fazu izgradnje do efektivnog početka rada	5	5	2	5	5
T5: Min. ulazna količina otpada	7	8	13	13	15
T6: Max. dnevni kapacitet	10	7	5*	7	10
T7: Ograničenja primjene tehnologije	10	10	7	7	4
T8: Trajanje ciklusa obrade	10	10	6	2	5*
T9: Potreba analize sastava ulaznog otpada	5	5	5	5	4
T10: Potrebe drugih vidova monitoringa	5	5	3	4	3
T11: Način i frekvencija održavanja	2	5	5	5	5
T12: Mobilnost pogona ili njegovih dijelova	2	5	3	5	5
T13: Ukupne količine otpada do sada uspješno obrađene danom tehnologijom	5	4	2,5*	3	2,5*
T14: Lokacije dosadašnje uspješne primjene tehnologije (naročito u Europi)	5	4	4	2	5
<b>Ekonomski kriteriji</b>					
E: Investicijski i operativni troškovi (Indikativni ukupni trošak)	14	8	10	10	10
<b>Okolišni kriteriji</b>					
O1: Smanjenje emisije plinova iz obrađenog otpada (kvantificirano prema rezultatima dosadašnjih ispitivanja)	10	18	12	14	14
O2: Smanjenje volumena otpada	7	10*	10*	15	10*
<b>Sigurnosni kriteriji</b>					
S1: Osjetljivost prema vanjskim utjecajima	5	4	3	2	1
S2: Opasnost po radnike / Posebni rizici i mjere zaštite na radu	2,5*	5	5	5	5
<b>Ukupna ocjena</b>	<b>1827,5</b>	<b>2856</b>	<b>1859</b>	<b>2581</b>	<b>2316</b>

\* Nisu dobiveni relevantni podaci

## 5 ZAKLJUČCI

U okviru ovog rada razmotren i širi koncept tehnologija za mehaničko-biološku obradu novopristiglih količina otpada. Dat je pregled tehnologija obrade otpada sa njihovim konceptualnim elementima. Mehaničko-biološka obrada (MBO) je okvirni termin koji označava tehnologije za obradu, prvenstveno komunalnog otpada, koji obuhvaća širok spektar konfiguracija za primjenu u različitim situacijama. Tehnologije od interesa za primjenu na projektnom lokalitetu predstavljaju jednostavniji oblik MBO sustava, podrazumijevajući određeni nivo mehaničkog predtretmana, kao i određene načine mehaničko-biološke stabilizacije otpadnog materijala za deponiranje.

Stručni tim je u okviru Projekta, proveo ocjenu i izradio užu listu sa prijedlogom pet najprikladnijih tehnologija u skladu sa usvojenim kriterijima ocjene i rangiranja. Sve navedene tehnologije su u najvećoj mjeri su primjenjive za dane uvjete, pri čemu svaka od tehnologija pored niza pozitivnih značajki ima i određene lošije strane.

U cilju evaluacije i rangiranja naprikladnije tehnologije za dati slučaj Meždre – Vlački Do, razvijena je procedura multikriterijske analize (definirani su kriteriji, opseg ocjena za svaki od njih i definirana je formula proračuna). Kriterij koji je odabran kao ključni je utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi. Rezultati analize definirali su tehnologiju *Burgstaller – Diagenetska inertizacija/ imobilizacija* kao najadekvatniju. Ista je predložena naručiocu Projekta – Regionalna deponija „US REG-DEP“ d.o.o. Bihać.

## POPIS LITERATURE

1. Bosna-S d.o.o. Sarajevo: Prijedlog sanacije i zbrinjavanja otpada za odlagalište Meždre-Vlaški Do, Sarajevo, Ožujak, 2009.
2. Pickford S. MAPAC FINAL DRAFT procedure - Part IIA: Procedural Guidance PG01, dostupno na [http://www.iwight.com/living\\_here/environment/environmental\\_health/images/appendix4.PDF](http://www.iwight.com/living_here/environment/environmental_health/images/appendix4.PDF)
3. Hung M.L., Ma H., Yang W.F.: A novel sustainable decision making model for municipal solid waste management, *Waste Management* 27 (2007) 209–219
4. Vego G., Kučar-Dragičević S., Koprivanac N.: Application of multi-criteria decision-making on strategic municipal solid waste management in Dalmatia, Croatia, *Waste Management* 28 (2008) 2192–2201
5. Hokkanen J., Salminen P. Choosing a solid waste management system using multicriteria decision analysis, *European Journal of Operational Research* 98 (1997) 19-36