



# Processing '23

36. Međunarodni kongres o procesnoj industriji

1. i 2. jun 2023, Centar za stručno usavršavanje, Šabac

## ZBORNİK RADOVA Proceedings



ElixirGroup

**ZBORNİK RADOVA**  
**pisanih za 36. Međunarodni kongres o procesnoj industriji**  
**PROCESING '23**

Centar za stručno usavršavanje, Šabac

**Izdavač**

Savez mašinskih i elektrotehničkih  
inženjera i tehničara Srbije (SMEITS)  
Društvo za procesnu tehniku  
Kneza Miloša 7a/II,  
11000 Beograd

**Predsednik Društva za procesnu tehniku  
pri SMEITS-u**

prof. dr Aleksandar Jovović, dipl. inž.

**Urednici**

Prof. dr Marko Obradović, dipl. inž.  
Prof. dr Miroslav Stanojević, dipl. inž.  
Prof. dr Aleksandar Jovović, dipl. inž.

**Tiraž**

50 primeraka

**CD umnožava**

Paragon, Beograd

**ISBN**

978-86-85535-15-4

**Godina izdavanja**

2023.



Društvo za procesnu tehniku  
pri SMEITS-u



Katedra za procesnu tehniku  
Mašinskog fakulteta u Beograd



Samit energetike Trebinje  
Trebinje

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

Održavanje 36. Procesinga finansijski je pomoglo  
Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog  
razvoja Republike Srbije



### Programski pokrovitelji

- MAŠINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU, BEOGRAD
- TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU, BEOGRAD
- FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA UNIVERZITETA U NOVOM SADU, NOVI SAD
- FAKULTET ORGANIZACIONIH NAUKA UNIVERZITETA U BEOGRADU, BEOGRAD

### Generalni pokrovitelj



Elixir Group  
Šabac

### 36. Processing se održava uz podršku



Institut za nuklearne nauke „Vinča“  
Beograd



Inženjerska komora Srbije  
Beograd

### Sponzori



Beograd



Beograd



Beograd



Subotica

## MEĐUNARODNI NAUČNI ODBOR

- Dr Nikolina Banjanin** *Univerzitet u Beogradu, Medicinski fakultet, Institut za higijenu sa medicinskom ekologijom, Beograd*
- Dr Maja Đolić** *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd*
- Dr Mirko Dobrnjac** *Mašinski fakultet Banja Luka, BiH*
- Dr Damir Đaković** *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
- Dr Srbislav Genić** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*
- Dr Zvonimir Guzović** *Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Hrvatska*
- Dr Gorica Ivaniš** *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd*
- Dr Jelena Janevski** *Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet, Niš*
- Dr Rade Karamarković** *Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo, Kraljevo*
- Dr Mirjana Kijevčanin** *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd*
- Dr Atanas Kočov** *Univerziteta Skopje, Mašinski fakultet, Severna Makedonija*
- Dr Dorin Lelea** *University Politehnica Timisoara, Rumunija*
- Dr Stefan Mandić-Rajčević** *University of Milan, Italija*
- Dr Ljiljana Medić-Pejić** *Universidad Politécnica de Madrid, Španija*
- Dr Sanda Midžić-Kurtagić** *Mašinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo, BiH*
- Dr Dobrica Milovanović** *Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac*
- Dr Biljana Miljković** *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
- Dr Srđan Nešić** *Ohio University, Russ College of Engineering and Technology, Ohio, SAD*
- Dr Branislava Nikolovski** *Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad*
- Dr Nataša Nord** *Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norveška*
- Dr Marko Obradović** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd (predsednik)*
- Dr Goran Orašanić** *Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Mašinski fakultet, Sarajevo, Bosna i Hercegovina*
- Dr Nataša Petrović** *Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Katedra za menadžment tehnologije, inovacija i održivog razvoja, Beograd*
- Dr Dejan Radić** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*
- Dr Ivona Radović** *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd*
- Dr Jelena Ruso** *Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Katedra za menadžment kvaliteta i standardizaciju, Beograd*
- Dr Niko Samec** *Univerzitet u Mariboru, Mašinski fakultet, Slovenija*
- Dr Anastasija Selaković** *Udruženje energetičara Subotica, Subotica*
- Dr Stojan Simić** *Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Mašinski fakultet, Sarajevo, Bosna i Hercegovina*
- Dr Dunja Sokolović** *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
- Dr Mirjana Stamenić** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*
- Dr Olivera Stamenković** *Univerzitet u Nišu, Tehnološki Fakultet, Leskovac*
- Dr Jasna Tolmač** *Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin*
- Dr Radoje Vujadinović** *Univerzitet Crne Gore, Mašinski fakultet, Crna Gora*
- Dr Igor Vušanović** *Univerzitet Crne Gore, Mašinski fakultet, Crna Gora*
- Dr Nikola Živković** *Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Laboratorija za termotehniku i energetiku, Beograd*
- Dr Milan Gojak** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*
- Dr Čedo Lalović** *Akademija strukovnih studija Šumadija – Odsek Aranđelovac*

## ORGANIZACIONI ODBOR

<b>Dr Miroslav Stanojević</b>	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd (predsednik)</i>
<b>Dr Nikola Karličić</b>	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd (potpredsednik)</i>
<b>Slavica Bogdanović</b>	<i>inženjer specijalista za zaštitu životne sredine, Elixir Zorka, Šabac</i>
<b>Dr Dušan Todorović</b>	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd</i>
<b>Dr Zoran Simić</b>	<i>Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd</i>
<b>Doc. dr Nemanja Milenković</b>	<i>Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd (Katedra za operaciona istraživanja i statistiku)</i>
<b>Dr Milica Karanac</b>	<i>Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd</i>
<b>Dr Marta Trninić</b>	<i>Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd – Odsek Beogradska politehnika</i>
<b>Branislav Todorović</b>	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd</i>
<b>Aleksandar Branković</b>	<i>SET Trebinje, Bosna i Hercegovina</i>

## POČASNI ODBOR

<b>Prof. dr Bratislav Blagojević</b>	<i>Predsednik SMEITS-a</i>
<b>Prof. dr Vladimir Popović</b>	<i>dekan Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu</i>
<b>Prof. dr Petar Uskoković</b>	<i>dekan Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu</i>
<b>Prof. dr Milan Martić</b>	<i>dekan Fakulteta organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu</i>
<b>Prof. dr Srđan Kolaković</b>	<i>dekan Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu</i>
<b>Prof. dr Svetlana Karić</b>	<i>Predsednik Akademije strukovnih studija Šabac</i>
<b>Prof. dr Martin Bogner</b>	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd</i>
<b>Prof. dr Snežana Pajović</b>	<i>Institut za nuklearne nauke "Vinča" – Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju – Univerzitet u Beogradu</i>
<b>Jovana Jovanović</b>	<i>ATS – Akreditaciono telo Srbije, Beograd</i>
<b>Mijodrag Martić</b>	<i>pomoćnik direktora za proizvodnju i tehnološki razvoj hemijske divizije, Elixir Group, Šabac</i>
<b>Aleksandar Branković</b>	<i>SET Trebinje</i>
<b>Veljko Todorović</b>	<i>Grundfos Srbija, Beograd</i>
<b>Dejan Dotlić</b>	<i>Kazantrade Solution, Beograd</i>
<b>Čaba Kern</b>	<i>Cim gas, Subotica</i>
<b>Nemanja Tubić</b>	<i>Wilo Beograd, Beograd</i>

## ORGANIZATOR

Savez mašinskih i elektrotehničkih  
inženjera i tehničara Srbije (SMEITS),  
**Društvo za procesnu tehniku**  
Kneza Miloša 7a/II, 11000 Beograd  
Tel. +381 (0) 11 3230-041, +381 (0) 11 3031-696,  
tel./faks +381 (0) 11 3231-372  
E-mail: office@smeits.rs  
web: www.smeits.rs

# ISKORIŠĆENJE POTENCIJALA DEPONIJSKOG GASA U SLUČAJU PARCIJALNOG ZATVARANJA DEPONIJE

## THE POTENTIAL OF LANDFILL GAS UTILIZATION FOR THE CASE OF PARTIAL CLOSURE OF THE SANITARY LANDFILL

Ana DAJIĆ\*, Marina MIHAJLOVIĆ, Milica SVETOZAREVIĆ  
Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu, Beograd

*Deponovanje otpada jedan je od elemenata integrisanog upravljanja otpadom. Valjano projektovanje bi, između ostalih elemenata, obavezno moralo da podrazumeva i prikupljanje deponijskog gasa. Deponijski gas (eng. Landfill gas – LFG) nastaje kao proizvod anaerobnog razlaganja biodegradabilnih komponenti ostataka komunalnog otpada na deponiji i prosečno sadrži 50-55% metana (CH<sub>4</sub>) i 45-50% ugljen-dioksida (CO<sub>2</sub>). Energetska vrednost deponijskog gasa kreće se u rasponu 46-30 MJ/m<sup>3</sup>. Pored energetske potencijala deponijski gas je veoma važan sa stanovišta zaštite životne sredine i važno je iskoristiti deponijski gas pre nego što se deponija potpuno zatvori. Rad govori o mogućnosti iskorišćenja potencijala deponijskog gasa pre njenog zatvaranja.*

*Ključne reči: otpad; deponija; iskorišćenje deponijskog gasa*

*Waste disposal is an important element of integrated waste management. It is a necessary step although it could significantly affect the environment and the goal is to do everything to protect it. Collection of landfill gas (LFG) should be included in proper landfill design. Landfill gas, as a product of the anaerobic decomposition of biodegradable components from municipal waste at the landfill, contains on average 50-55% methane (CH<sub>4</sub>) and 45-50% carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). The energy value of landfill gas ranges from 46 to 30 MJ/m<sup>3</sup>. The paper is about the possibility of utilizing the potential of landfill gas before its closure.*

*Key words: waste; landfill; landfill gas utilization systems*

### 1 Uvod

Kao proizvod mikrobiološke razgradnje otpada u aerobnim ili anaerobnim uslovima nastaje deponijski gas. Sastav deponijskog gasa, u čijem sastavu su procentualno najzastupljeniji ugljen-dioksid i metan, zavisi od faze razgradnje, sastava i starosti otpada, dubine deponije, sadržaja vlage, pH vrednosti, temperature, stepena sabijanja otpada, atmosferskog pritiska itd. Energetska vrednost deponijskog gasa kreće se u rasponu 16-30 MJ/m<sup>3</sup>. Osim energetske potencijala, deponijski gas je značajan i sa stanovišta zaštite životne sredine. Metan spada u grupu gasova sa efektom staklene bašte (eng. Greenhouse gases - GHG) i ima 21 put veći potencijal globalnog zagrevanja (eng. Global Warming Potential) od ugljen-dioksida.

U prvoj fazi, koja započinje odmah nakon odlaganja otpada, dolazi do aerobne razgradnje otpada na ugljen-dioksid i vodu, uz oslobađanje toplote. U ovoj fazi troši se kiseonik koji je prisutan u otpadu. Nakon nje, sledi nemenogena faza čiji proizvodi su kisela jedinjenja, vodonik i ugljen-dioksid. Treća faza je neravnotežna metanogena faza, u kojoj dolazi do opadanja proizvodnje ugljen-dioksida usled pomeranja reakcije dekompozicije otpada iz aerobnih u anaerobne uslove. Četvrta faza je ravnotežna metanogena faza i tokom nje nastaje 40-70% od ukupno nastale količine metana. U tipičnim uslovima, ova faza se uspostavlja već nakon druge godine od odlaganja otpada. Deponijski gas može se generisati unutar deponije tokom nekoliko desetina godina, a u nekim slučajevima i do sto godina od trenutka odlaganja otpada na deponiju [1].

Prikupljanje deponijskog gasa obično započinje nakon zatvaranja deponije. Sistem za prikupljanje deponijskog gasa može se sastojati od mreže vertikalnih i horizontalnih gasnih bunara (biotronova) koji imaju ulogu da usmere difuzne emisije deponijskog gasa u usmereno strujanje. Najčešći

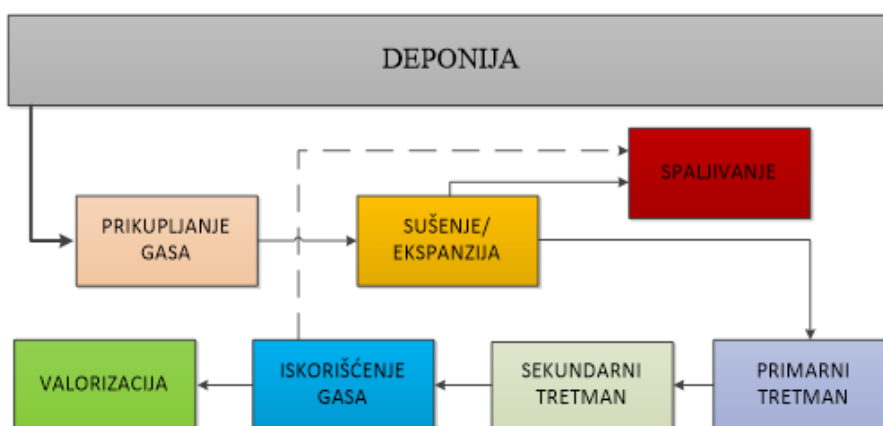
\* Corresponding author, e-mail: aveljasevic@tmf.bg.ac.rs

metod aktivnog prikupljanja je izdvajanje gasa kroz vertikalne perforirane cevi, što je najjednostavniji metod. Vertikalni bunari se obično postavljaju na međusobnom rastojanju 40-80 metara. U zavisnosti od dubine deponije, poležu se između 50-90% visine tela deponije, a najdalje do 30 metara dubine. Biotrnovi se nadograđuju kako raste visina deponije i projektuju se kao deo sistema za prikupljanje gasova. Biotrnovi se zatvaraju zaptivačima i priključuju na cevovodni sistem za prikupljanje gasa. Sistem za prikupljanje deponijskog gasa se potom prekriva ravnujućim slojem na čijem vrhu se postavlja ograničavajući zaptivni sloj [2].

Za procenu emisije deponijskih gasova korišćen je Microsoft Exel model LandGEM (eng. Landfill Gas Emissions Model) koji je razvila US EPA [3]. Ovaj model zasniva se na jednačini degradacije kojom se određuje stvorena masa metana u zavisnosti od kapaciteta stvaranje metana i mase odloženog otpada, vrste otpada, projekta deponije, konstante brzine stvaranja metana (k), potencijala stvaranja metana (LO) [4].

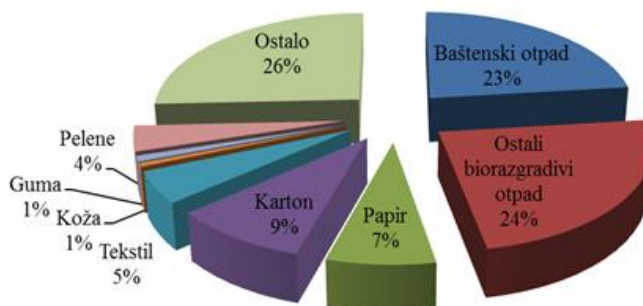
## 2 2 Eksperimentalni deo

Na slici 1 prikazan je primer kompleksnog sistema za iskorišćenje deponijskog gasa koji se sastoji iz sledećih podcelina: sistema za prikupljanje i spaljivanje, sistem za prečišćavanje i sistem za iskorišćenje.



Slika 1. Sistem za tretman deponijskog gasa

Dinamika punjanja deponije otvara mogućnost za valorizaciju gasa na deponiji u optimalnom vremenskom periodu u odnosu na starost deponije. Kapacitet hipotetičke deponije je dovoljan da isprati povećane količine otpada u godinama do 2026. Uzeto je u obzir da bi okolne opštine dodatno do zatvaranja mogle da odlože na deponiju ukupno 1046,5 t otpada. U ovom slučaju ispunjava se maksimalna teorijska zapremina deponije od 837.250 m<sup>3</sup> (800.000+ 37.200 m<sup>3</sup>), slika 4.



Slika 2. Morfološki sastav otpada na deponiji

### 3 Rezultati i diskusija

Procenjeno je da bi ovakvom dinamikom projektovana zapremina deponije bila ispunjena do kraja 2026. godine na sledeći način:

- Faza I – Novo odlagalište se od 2023. godine puni do 21 m visina deponije povećanim količinama, poštujući pravilo stabilnosti kosina deponije (3:1). Ovim principom ispunjava se 800.000 m<sup>2</sup>, a po ispunjenju date zapremine iznad novog odlagališta ono se fazno zatvara i pristupa se faznom iskorišćenju gasa. U nastavku otpad se dalje odlaže na starom odlagalištu kao što je opisano u Fazi II.
- Faza II – Na preostalu površinu starog odlagališta, površine 37.200 m<sup>3</sup>, dovoziće se nove količine otpada. Staro odlagalište raste ka novom odlagalištu do njegove pune visine. Nakon ispunjavanja ovog dela deponije pristupa se zatvaranju Faze II i priključenju na sistem za iskorišćenje deponijskog gasa.

Tabela 1 daje zbirni prikaz protoka deponijskog gasa koji je moguće iskoristiti.

*Tabela 1. Zbirni prikaz protoka deponijskog gasa koji je moguće iskoristiti*

Godina	Faza I	Faza II	Zbir
2025.	0	0	0
2026.	35633	0	35633
2027.	54235	0	54235
2028.	70235	29345	99579
2029.	86971	46760	133731
2030.	91516	66332	157849
2031.	47776	34628	82404
2032.	24941	18078	43019
2033.	13020	9437	22458
2034.	6797	4927	11724
2035.	3548	2572	6120
2036.	1852	1343	3195
2037.	967	701	1668
2038.	505	366	871
2039.	264	191	455
2040.	138	100	237

Nakon prestanka rada svake deponije, a kada su ispunjeni uslovi navedeni u dozvoli i projektu za zatvaranje deponije (ili jednog njenog dela), neophodno je propisno izvršiti njeno zatvaranje. Zatvaranje deponije se vrši formiranjem gornjeg prekrivnog zaštitnog sloja koji mora da zadovolji sledeće zahteve:

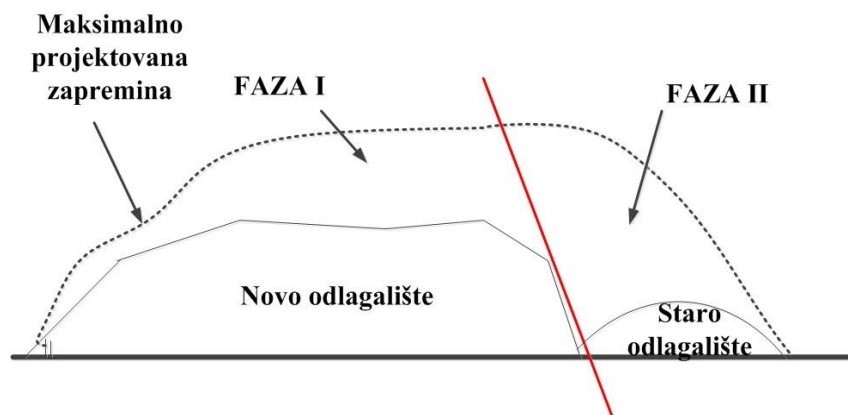
- • Sprečavanje dotoka padavinskih voda u telo deponije
- • Zaštita tela deponije od povećanja procednih voda.

Pri zatvaranju deponije potrebno je obezbediti nesmetano funkcionisanje sistema za degazaciju (sistem za kontrolisano i bezbedno sakupljanje deponijskog gasa), sve dok za tim postoji potreba, kao i kontrolu i monitoring deponije u skladu sa propisima.



Nakon završenog perioda eksploatacije deponija se zatvara za dalje odlaganje otpada formiranjem gornjeg, prekrivnog sloja koji mora da zadovolji tehničko-tehnološke uslove u skladu sa propisima Republike Srbije, tj. Uredbom o odlaganju otpada na deponije [5].

Predmetna deponija može se grubo podeliti na dve podceline: staro i novo odlagalište. Ukoliko se dalje odlaganje otpada bude odvijalo prema dinamici prikazanoj u tabeli 1, sa usvojenom gustinom otpada  $0,8 \text{ t/m}^3$ , može se očekivati dostizanje maksimalnog kapaciteta deponije za 10 godina. Ova procena bazirana je na pretpostavci da će deponija nastaviti da raste sve dok je moguće ispoštovati nagib 3:1, koji osigurava građevinsku stabilnost deponije.



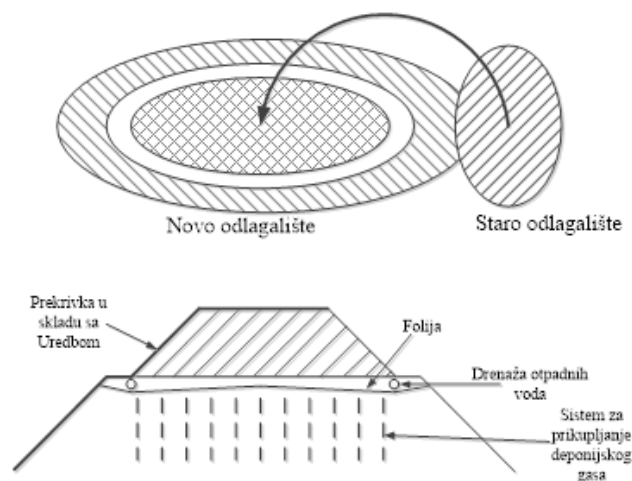
Slika 3. Finalno zatvaranje hipotetičke deponije

Faza I obuhvata postavljanje sistema za prikupljanje deponijskog gasa pre dostizanja punog kapaciteta novog odlagališta, dok se postavljanje prekrivnog sloja vrši nakon dostizanja punog kapaciteta.

Cilj je iskorišćenje deponijskog gasa pre dostizanja punog kapaciteta novog odlagališta. Preko otpada postavlja se najpre sloj odgovarajućeg inertnog materijala (na primer šljake), a zatim se postavlja sistem za iskorišćenje deponijskog gasa. Nakon postavljanja ovog sistema, kosine deponije se finalno zatvaraju, odnosno na njima se postavlja prekrivka u skladu sa Uredbom. Na zaravnjenom delu deponije, tj. vrhu deponije postavlja se folija i sistem za drenažu voda. Folija sprečava prodor atmosfreskih voda u postojeće telo deponije. Na ovaj način smanjuje se količina kiseonika u telu deponije, što omogućava anaerobne uslove koji pogoduju stvaranju metana na uštrb ugljen-dioksida. Na ovom ravnom delu nastavlja se odlaganje otpada do dostizanja punog kapaciteta (slika 5).

Faza I započinje prebacivanjem otpada sa starog na novo odlagalište. Kosine zarubljene piramide su u nagibu 1:3, što garantuje stabilnost. Ova zarubljena piramida čini „donji” deo rešenja konačnog zatvaranja deponije.

Gornji, završni prekrivni sloj bi trebalo da ima debljinu minimum 1,30 m (0,30 m šljunka za deponijski gas, 0,43 cm sabijenog inertnog materijala, 0,07 m vodonepropusne barijere, 0,50 humusne zemlje za rekultivaciju). Posle zatvaranja deponije i posle završene rekultivacije gornja kota zatvorenog tela deponije je 101,70 mm.



Slika 4. Faza I zatvaranja deponije

#### 4. Zaključak

Odlaganje komunalnog otpada predstavlja jedno od najvažnijih tema u oblasti zaštite životne sredine u Srbiji. Deponijski gas nastaje kao proizvod razgradnje biodegradabilnih komponenti ostataka komunalnog otpada na deponiji i sastoji se većinskim delom od metana i ugljen-dioksida. Prikupljanje deponijskog gasa, koji nastaje kao posledica odlaganja otpada, je jedan od elemenata važnog projektovanja deponija. Gas može biti iskorišćen za dobijanje električne energije ali se može i direktno isporučivati krajnjim potrošačima kao energent. Najčešće korišćeni sistemi za prikupljanje gasa sastoje se iz mreže vertikalnih ili horizontalnih gasnih bunara (biotrnova), ili iz njihove kombinacije. Izbor najbolje tehnologije za konkretan slučaj zavisi od nekoliko faktora a može se reći da je najvažniji parametar količina deponovanog otpada, jer od njega direktno zavisi količina nastalog deponijskog gasa.

Procena potencijala iskorišćenja deponijskog gasa na zamišljenoj deponiji izvršena je primenom softvera LandGem.

#### 5. Zahvalnica

Istraživanja u ovom radu izvršena su u okviru aktivnosti koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije pod ugovorima evidencioni brojevi 451-03-47/2023-01/200287 i 451-03-47/2023-01/200135.

#### 6. References

- [1] **Karanac, M., Mihajlović, M., Dajić, A., Stevanović, D., Jovanović, J., Jovanović, M.**, „Tehnološki elementi projektovanja deponija” 27.međunarodni kongres o procesnoj industriji Procesing ´14, 22- 24 septembar, 2014, Beograd Srbija, 978-86-81505-75-5, pp. 1-6
- [2] **Karanac, M., Mihajlović, M., Dajić, A., Stevanović, D., Jovanović, J., Jovanović, M.**, „Upravljanje deponijskim gasom” 27.međunarodni kongres o procesnoj industriji Procesing ´14, 22- 24 septembar, 2014, Beograd Srbija, 978-86-81505-75-5, pp. 1-6
- [3] \*\*\* Environment Protection Agency Ireland, Final Draft BAT Guidance Note on Best Available Techniques for the Waste Sector: Landfill Activities, December 2011 <http://www.epa.ie/pubs/advice/bat/BAT%20Landfill%20-%20Final%20Draft%20-%20December%202011.pdf> (mart2023.).
- [4] \*\*\* LFG Energy Project Development Handbook, Chapter 2: Landfill Gas Modeling (epa.gov) (mart2023.)
- [5] \*\*\* Uredba o odlaganju otpada na deponije („Sl. glasnik RS“, br. 92/2010 i 77/2021).