

# Analiza emisija u zrak s odlagališta otpada "Totovec"

---

Gogić, Danira

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:460696>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-25**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

DANIRA GOGIĆ

**ANALIZA EMISIJA U ZRAKU S ODLAGALIŠTA OTPADA „TOTOVEC“**

DIPLOMSKI RAD

VARAŽDIN, 2020.

Sazivam članove ispitnog povjerenstva  
za \_\_\_\_\_ u \_\_\_\_\_ sa  
Obranu ovog rada kandidat će izvršiti i pred  
ispitnim povjerenstvom u Varaždinu  
Varaždin, \_\_\_\_\_

Predsjednik  
ispitnog povjerenstva:

*izr. prof. dr. sc. Igor Petrović*

**Članovi povjerenstva**

- 1) *izr. prof. dr. sc. Ivan Kovač*
- 2) *doc. dr. sc. Ivana Grčić*
- 3) *Dr. sc. Viktor Peur, r.pod.*

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA EMISIJA U ZRAKU S ODLAGALIŠTA OTPADA „TOTOVEC“**

KANDIDAT:  
DANIRA GOGIĆ

*Danira Gogić*

MENTOR:  
izv. prof. dr. sc. IVAN KOVAČ

VARAŽDIN, 2020.



Sveučilište u Zagrebu  
Geotehnički fakultet



## ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnica: DANIRA GOGIĆ  
Matični broj: 234 - 2018./2019.  
Smjer: UPRAVLJANJE OKOLIŠEM

### NASLOV DIPLOMSKOG RADA:

ANALIZA EMISIJA U ZRAK S ODLAGALIŠTA OTPADA „TOTOVEC“

Rad treba sadržati: 1. Uvod  
2. Odlagalište neopasnog otpada „Totovec“  
3. Odlagališni plinovi  
4. Analiza emisija u zraku na odlagalištu otpada „Totovec“  
5. Zaključak  
6. Literatura  
7. Popis slika  
8. Popis tablica  
9. Popis grafova

Pristupnica je dužna predati mentoru jedan uvezen primjerak diplomskog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade diplomskog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 10.03.2020.

Rok predaje: 07.09.2020.

Mentor:

Izv.prof.dr.sc. Ivan Kovač



Predsjednik Odbora za nastavu:

Izv.prof.dr.sc. Igor Petrović

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad pod naslovom:

**Analiza emisija u zraku s odlagališta otpada „Totovec“**

---

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Ivana Kovača.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 1.9.2020.

**DANIRA GOGIĆ**

---

(Ime i prezime)

*Danira Gogić*

---

(Vlastoručni potpis)

**IZJAVA MENTORA O POSTOTKU SLIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA S VEĆ  
OBJAVLJENIM RADOVIMA**

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad pod naslovom:

**Analiza emisija u zraku s odlagališta otpada „Totovec“**

---

pregledan anti-plagijat programskim paketom PlagScan te da postotak sličnosti cjelovitog završnog rada, s već objavljenim radovima, ne prelazi 20%, kao i da pojedinačni postotak sličnosti završnog rada sa svakom literaturnom referencom pojedinačno ne prelazi 5%.

U Varaždinu, 1.9.2020.

**Izv. prof. dr. sc. Ivan Kovač**

---

(Mentor)

*Ivan Kovač*

---

(Vlastoručni potpis)

## **SAŽETAK**

**Ime i prezime:** Danira Gogić

**Naslov rada:** Analiza emisija u zrak s odlagališta otpada „Totovec“ (Analysis of emissions in air from the „Totovec“ landfill site)

### **SAŽETAK:**

Odlaganje otpada na odlagalište otpada još uvijek se koristi kao jedan od glavnih načina za zbrinjavanje otpada. Kod svakog odlagališta javljaju se velike količine odlagališnih plinova od kojih su najznačajniji metan i ugljikov dioksid. Ti plinovi se ubrajaju u značajne stakleničke plinove i kao takvi moraju se spriječiti da izlaze u atmosferu. Upravo zbog toga, svako odlagalište otpada mora imati adekvatan i pravilno postavljen sustav za sakupljanje i kontrolu odlagališnih plinova tj. sustav za otplinjavanje. Stvaranje plinova na odlagalištu otpada ovisi o nekoliko čimbenika, a to su: sastav, veličina i starost otpada, sadržaj vlage u otpadu, pH i temperatura. Osim metana i ugljikova dioksida odlagališni plinovi koji se još mogu javiti su kisik, vodik, sumporovodik, ugljikov monoksid, dušik. U ovom radu nalazi se opis odlagališta neopasnog otpada „Totovec“ u Međimurskoj županiji i prikaza rezultata analize emisije u zraku u razdoblju od 2005. – 2017. godine. Mjerenje koncentracije određenih odlagališnih plinova provele su tvrtke H – PROJEKT d. o. o. i ANT d. o. o. – laboratorij za analitiku i toksikologiju.

**Ključne riječi:** odlagalište otpada, odlagalište otpada „Totovec“, odlagališni plinovi, emisije



## **ABSTRACT**

**Name and surname:** Danira Gogić

**Title:** Analysis of emissions in air from the „Totovec“ landfill site

### **ABSTRACT:**

Disposing waste at a landfill site is still used as one of the main forms of waste disposal. Large amounts of landfill gases occur at each landfill, the most important of which are methane and carbon dioxide. These gases are considered main greenhouse gases and as such must be prevented from entering the atmosphere. It is precisely for this reason that every landfill must have an adequate and properly set up system for the collection and control of landfill gases, i.e. a degassing system. The generation of gases at a landfill site depends on several factors, namely: the structure, size and age of the waste, the moisture content in the waste, pH and temperature. Other than methane and carbon dioxide, landfill gases that may also occur are oxygen, hydrogen, hydrogen sulfide, carbon monoxide and nitrogen. This paper presents a description of the non-hazardous waste landfill "Totovec" in Međimurje and a presentation of the results of air emissions analysis in the period from 2005 to 2017. The measurement of the concentration of certain landfill gases was performed by the companies H - PROJEKT d.o.o. And ANT d.o.o. – the laboratory for analytics and toxicology.

**Keywords:** landfill site, "Totovec" landfill site, landfill gasses, emissions

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. ODLAGALIŠTE NEOPASNOG OTPADA „TOTOVEC“ .....	3
2.1. OPIS ODLAGALIŠTA .....	3
2.2. DIJELOVI ODLAGALIŠTA.....	4
2.2.1. ULAZNO – IZLAZNA ZONA.....	5
2.2.2. PLOHE ZA ODLAGANJE OTPADA .....	6
2.2.3. BRTVENI SUSTAVI.....	7
2.3. VRSTE OTPADA .....	11
3. ODLAGALIŠNI PLINOVİ.....	14
3.1. SASTAV ODLAGALIŠNOG PLINA.....	14
3.2. ČIMBENICI ZASLUŽNI ZA NASTANAK ODLAGALIŠNOG PLINA .....	16
4. ANALIZA EMISIJA U ZRAKU NA ODLAGALIŠTU OTPADA „TOTOVEC“ .....	17
4.1. H – PROJEKT d. o. o.....	17
4.2. ANT d. o. o.....	18
4.3. ANALIZA PLINOVA.....	20
4.3.1. ANALIZA PLINOVA NA ODLAGALIŠTU NEOPASNOGA OTPADA „TOTOVEC“ PO KVARTALIMA.....	20
4.3.2. ANALIZA PLINOVA NA ODLAGALIŠTU NEOPASNOG OTPADA „TOTOVEC“ PO GODINAMA .....	27
5. ZAKLJUČAK.....	34
6. LITERATURA .....	35
7. POPIS SLIKA.....	39
8. POPIS TABLICA .....	40
9. POPIS GRAFOVA.....	41

## 1. UVOD

Razvojem industrije, tehnologije i naglim povećanjem stanovništva javljaju se i sve veće količine otpada. Svaki takav otpad potrebno je na adekvatan način zbrinuti. Odlaganje otpada na odlagališta otpada još uvijek se ubraja u jedan od glavnih načina za zbrinjavanje otpada. Odlagališta otpada predstavljaju veliki problem za okoliš i zdravlje ljudi jer veliki broj odlagališta nije izgrađen na pravilan način te postoji velik broj takozvanih divljih odlagališta.

Da bi odlagalište funkcioniralo bez prevelikog utjecaja na okoliš i ljude potrebno je voditi računa o vrsti i sastavu otpada koji je predviđen da se odlaže na određeno odlagalište. Osim toga, važno je da se vrši redovita kontrola štetnih utjecaja. Jedan od načina je da se kontroliraju odlagališni plinovi. S obzirom na to da svaki plin ovisi o sastavu, vrsti i starosti otpada, temperaturi, pH vrijednosti, sadržaju vlage, a njegova se količina i sastav mijenjaju u vremenu, potrebno je da svako odlagalište osigura adekvatan sustav za otplinjavanje. Sustav za otplinjavanje podrazumijeva kontrolirano prikupljanje i odvodnju plinova do sustava da ne bi došlo do nekontroliranih emisija plinova iz tijela odlagališta. Odlagališni plin potrebno je redovito sakupljati da bi se osigurala sigurnost i smanjio negativnog utjecaja na okoliš i zdravlje ljudi.

Odlagalište za neopasni otpad „Totovec“ u vlasništvu GKP ČAKOM d. o. o. nalazi se u Međimurskoj županiji, u blizini naselja Totovec i udaljeno je od grada Čakovca oko 5 km. Omogućava odlaganje neopasnog komunalnog i proizvodnog otpada te građevinskog otpada. Otpad se odlaže od 1974. godine, kada se otpad odlagao na polje šljunka, pa sve do danas.

Mjerenja koncentracije odlagališnog plina na odlagalištu „Totovec“ započelo je 2004. godine, a traje još i danas.

U ovom radu prikazana je analiza mjerenja koncentracije odlagališnog plina u razdoblju od 2005. – 2017. godine. Uzeto je u obzir da je u razdoblju od 2005. – 2012. provedena sanacija odlagališta. Mjerenja su provodile tvrtke H – PROJEKT d. o. o. i ANT d. o. o.

## **2. ODLAGALIŠTE NEOPASNOG OTPADA „TOTOVEC“**

### **2.1. OPIS ODLAGALIŠTA**

Odlagalište neopasnog otpada „Totovec“ nalazi se u Međimurskoj županiji, 5 km od grada Čakovca. Odlagalište se ne nalazi u urbaniziranom području, a najbliže naseljeno područje je naselje Totovec od kojeg je odlagalište udaljeno oko 600 m. U blizini se nalaze poljoprivredne površine i nema značajnih šumskih površina, ali odlagalište nije u vodo – zaštitnom području. Odlagalište je dobro povezano sa gradom Čakovcem i okolnim mjestima te prilaz odlagalištu omogućuje asfaltirana javna cesta [1].

Otpad se počeo odlagati 1974. godine, a na početku se taj otpad odlagao nekontrolirano na napušteno polje šljunka, a 2012. godine, nakon sanacije, odlagalište se smatra usklađenim odlagalištem otpada (usklađeno odlagalište otpada je ono odlagalište na koje se odlaže prethodno obrađeni otpad [19]). Odlagalište omogućuje odlaganje neopasnog komunalnog i proizvodnog otpada te građevinskog otpada [1]. Pod pojmom neopasni otpad podrazumijeva se vrsta otpada koja nema niti jedno od opasnih svojstava koja su navedena u Zakonu o održivom gospodarenju otpadom NN 94/13 u Dodatku III. [20].

Danas je kapacitet odlagališta oko 500 000 tona neopasnog otpada i zauzima površinu od 46 000 m<sup>2</sup>, a na njemu se odlaže neopasni otpad prikupljen s područja Grada Čakovca i većine naselja u županiji [1]. Tijekom 2018. godine odloženo je 20 826 tona, a 2019. godine 24 696 tona otpada. S obzirom na dosad odloženi otpad, preostali kapacitet odlagališta je 55 500 tona [2].

2015. godine izgrađeno je reciklažno dvorište za građevinski otpad, koje je već 2016. godine prenamijenjeno u kompostirnicu. Time je stečena mogućnost obavljanja djelatnosti kompostiranja biološki razgradivog otpada koji se odvojeno sakuplja [4].

Sanacija odlagališta otpada „Totovec“ započela je 2004. godine i trajala je do 2012. godine. Sanacija je temeljena na Projektu sanacije koji je osnovan na temelju Studije o utjecaju na okoliš. Sanacija je obuhvaćala izgradnju brtvenih slojeva (temeljni i pokrovni), sustava za prikupljanje oborinskih i procjednih voda, otplinjavanja, ulazno – izlazne zone, reciklažnog dvorište te izgradnju potrebne infrastrukture [3].

## **2.2. DIJELOVI ODLAGALIŠTA**

Dijelovi odlagališta otpada „Totovec“ su:

- Ulazno – izlazna zona;
- Plohe za odlaganje otpada;
- Brtveni sustavi;
- Sustav za prikupljanje i obradu procjednih voda;
- Sustav za odvodnju oborinskih voda;
- Sabirne jame fekalnih voda;
- Sustav za otplinjavanje;
- Obodne ceste;
- Hidrantske mreže;
- Reciklažno dvorište;
- Kompostana za biorazgradivi otpad;
- Prostor za nove tehnologije [5].

Na slici 1. prikazano je odlagalište otpada „Totovec“.



Slika 1. Odlagalište neopasnog otpada „Totovec“ [6]

### 2.2.1. ULAZNO – IZLAZNA ZONA

Ulazno – izlazna zona je dio odlagališta koji se nalazi na sjeveru odlagališta i zauzima otprilike 1700 m<sup>2</sup> površine. Predstavlja asfaltiranu prometno – manipulativnu površinu koja ima poprečne i uzdužne padove kako bi se oborinske vode pomoću gravitacije mogle odvoditi u sustav za odvodnju voda. Ulazno – izlazna zona sadrži: smještaj za rad zaposlenika koji uključuje sanitarni čvor i odvodnju oborinskih voda, objekte za prihvata i otpust vozila, vagu za vozila, plato za pranje kotača, dvije betonske garaže sa spremištima, mjesta za priključak infrastrukturnog, elektroopskrbnog i vodoopskrbnog sustava. Nadalje, u ovu zonu ulazi se kroz ogradu sa kliznim vratima visine 250 cm, a ogradu i odlagališni prostor odvaja protupožarni pojas koji ima širinu veću od 4 m. Osim toga, ulazno – izlazna zona ima prostor u kojoj se privremeno skladišti proizvodni otpad koji se daje na uporabu i/ili zbrinjavanje ovlaštenoj osobi [3].

Na slici 2. nalazi se prikaz ulazno – izlazne zone na kojoj se nalazi smještaj za radnike i mjesto za prihvat vozila..



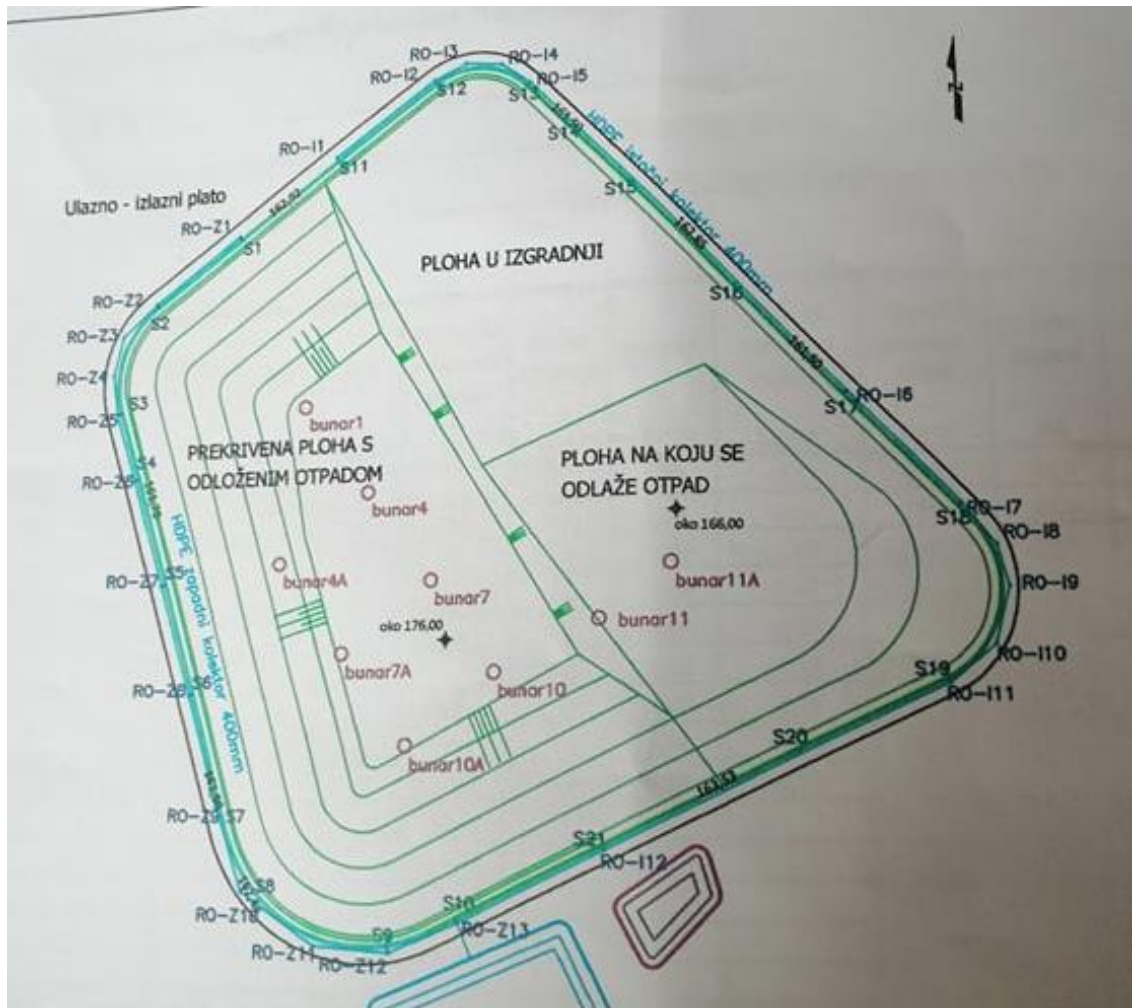
Slika 2. Ulazno – izlazna zona [12]

### **2.2.2. PLOHE ZA ODLAGANJE OTPADA**

Plohe za odlaganje otpada još se nazivaju i odlagališni prostor. To je mjesto koje se nalazi južno od ulaza na odlagalište i zauzima oko 46 000 m<sup>2</sup> površine. Odlagališni prostor se sastoji od četiri plohe, a definiran je iskopom otpada koji se odlagao u razdoblju od 1994. do 2004. godine.

Slika 3. Prikazuje plohe za odlaganje otpada.





Slika 3. Plohe za odlaganje otpada

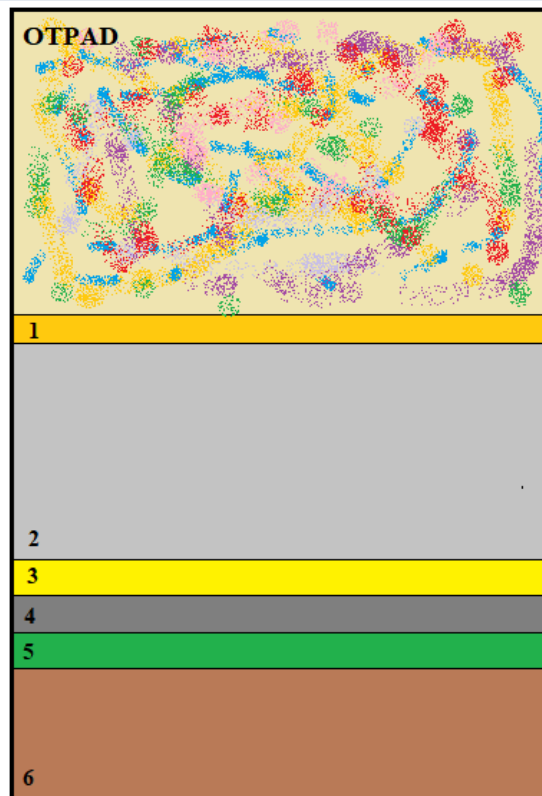
### 2.2.3. BRTVENI SUSTAVI

#### Temeljni brtveni sustav

Sanacija odlagalište uključivala je postavljanje temeljnog brtvenog sloja koji je projektiran da osigura potrebnu stabilizaciju tijela odlagališta otpada. Brtveni sustav mora osigurati vodonepropusnost donjih i bočnih strana odlagališnog prostora i omogućiti odvodnju procjednih voda koje dolaze iz tijela odlagališta u sustav za prikupljanje procjednih voda. Temeljni brtveni sloj sastoji se od sljedećih elemenata:

- Zemljani sloj (6) – je sloj visine 25 cm, a ugrađuje se na donje i bočne strane odlagališnog prostora da bi se osigurala zadovoljavajuća posmična čvrstoća i zaštita geosintetičkog glinenog tepiha;
- Geosintetički glineni tepih (5) – je sloj koji osigurava vodonepropusnot, a maksimalna vrijednost iznosi  $5 \times 10^{-9}$  m/s;
- HDPE geomembrana (4) – je geomembrana od polietilena visoke gustoće koja je hrapava s oba dvije strane i visine je svega 2,5 mm te se postavlja na glineni tepih. Kao i glineni tepih, osigurava vodonepropusnost, maksimalne vrijednosti  $5 \times 10^{-9}$  m/s;
- Zaštitni geotekstil (3) – to je zaštitni sloj koji se postavlja na geomembranu s ciljem da se geomembrana zaštiti od mehaničkog oštećenja;
- Drenažni šljunak (2) – sloj visine 50 cm, postavljen na geotekstil s ciljem da se procjedna voda što prije dovede do sustava za odvodnju;
- Filterski geotekstil (1) – sloj koji se postavlja na šljunak s ciljem da se filtriraju krupne čestice u otpadu koji se može doći do drenažnog šljunka [3].

Nakon postavljanja ovih šest slojeva može se krenuti sa odlaganjem otpada. Na slici 4. prikazan je presjek temeljnog brtvenog sloja odlagališta otpada „Totovec“.



Slika 4. Presjek temeljnog brtvenog sloja odlagališta otpada „Totovec“.

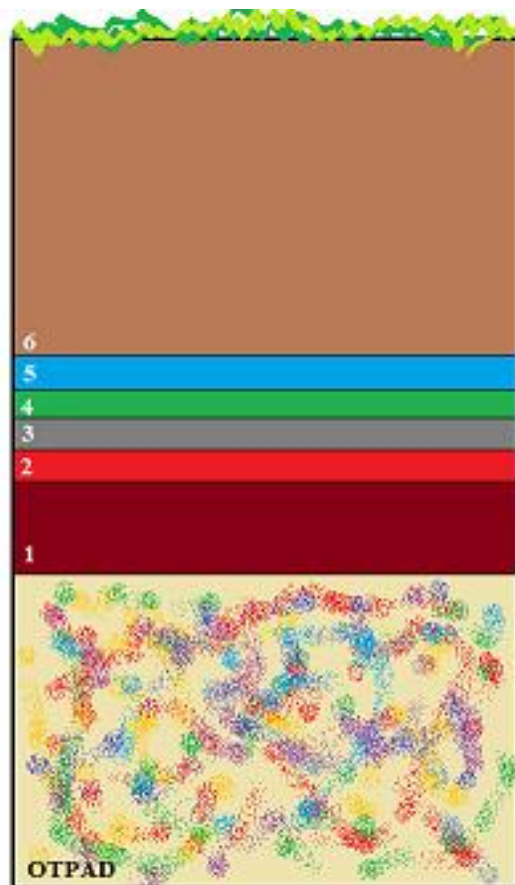
### **Pokrovni brtveni sustav**

Na ispunjeni odlagališni prostor potrebno je postaviti pokrovni brtveni sustav kako bi se spriječilo infiltriranje oborinskih voda u tijelo odlagališta, a ujedno se tako nastajanje procjednih voda svodi na minimum i kontrolira se emisija plinova u okoliš. Pokrovni brtveni sustav odlagališta otpada „Totovec“ sadrži sljedeće slojeve:

- Zemljani sloj (1) – je sloj koji mora biti dobro izravanan, minimalne debljine 30 cm, postavlja se u pokos i krovnu površinu otpada. Cilj postavljanja ovog sloja je da se osigura posmična čvrstoća geosintetskog kompozitnog drena za plin te da se on zaštiti od mehaničkog oštećenja;
- Geosintetski kompozitni dren za plin (2) – postavlja se u pokos i krovnu površinu s ciljem da se sakupe odlagališni plinovi i usmjere prema sustavu za otplinjavanje;

- Geosintetski glineni tepih (3) – postavlja se na geosintetski kompozitni dren s ciljem da se osigura vodonepropusnost prostora za odlaganje otpada;
- LDPE geomembrana (4) – je geomembrana od polietilena niske gustoće koja se postavlja na glineni tepih i visine je do 1 mm. Postavlja se da bi se osigurala vodonepropusnost i izlazak plinova iz tijela odlagališta;
- Geosintetski kompozitni dren za vodu (5) – sloj koji se postavlja s ciljem da se sakupljaju oborinske vode i odvede do sustava za sakupljanje;
- Rekultivacijski sloj (6) – sloj od 100 cm koji se postavlja s ciljem da se zaštite geosintetici od utjecaja temperature i mehaničkih oštećenja. Osim toga osigurava ozelenjivanje pokosa i krovina čime se smanjuje erozija i poboljšava evapotranspiracija [3].

Na slici 5. nalazi se presjek pokrovnog brtvenog sloja odlagališta otpada „Totovec“.



Slika 5. Presjek pokrovnog brtvenog sloja odlagališta otpada „Totovec“

### 2.3. VRSTE OTPADA

Kao što je već navedeno, odlagalište za neopasni otpad „Totovec“ omogućava odlaganje neopasnog komunalnog i proizvodnog otpada te građevinskog otpada. U tablici 1. navedeni su ključni brojevi otpada, naziv otpada te količina pojedine vrste otpada koja je u 2019. godini stigla na odlagalište.

Tablica 1. Ključni brojevi i količine otpada na odlagalištu otpada „Totovec“ [7]

<b>Ključni broj otpada</b>	<b>Naziv otpada</b>	<b>Preuzeto u 2019. godini [t]</b>
02 01 01	muljevi od pranja i čišćenja	5,12
02 01 99	otpada koji nije specificiran na drugi način	2,72
02 02 04	muljevi od obrade efluenata na mjestu njihova nastanka	63,86
02 03 01	muljevi od pranja, čišćenja, guljenja, centrifugiranja i separacije	11,16
02 03 04	materijali neprikladni za potrošnju i preradu	68,36
03 01 05	piljevina, strugotine, otpaci od rezanja drva, drvo, iverica i furnir, koji nisu navedeni pod 03 04 04*	3,74
04 01 99	otpada koji nije specificiran na drugi način	497,14
04 02 09	otpada od mješovitih materijala (impregnirani tekstil, elastomeri, plastomeri)	23,04
04 02 22	otpada od prerađenih tekstilnih vlakna	44,72
04 02 99	otpada koji nije specificiran na drugi način	3,75
06 03 14	krute soli i otopine koje nisu navedene pod 06 03 11* i 06 03 13*	2,82
08 02 01	otpadni prahovi za prevlake	1,30
08 03 18	otpadni tiskarski toneri koji nisu navedeni pod 08 03 17*	1,44

08 04 10	otpadna ljepila i sredstva za brtvljenje, koja nisu navedena pod 08 04 09*	5,08
10 01 03	lebdeći pepeo od izgaranja treseta i neobrađenog drveta	12,62
10 01 15	pepeo sa rešetke ložišta, talog i prašina iz kotla od suspaljivanja, koji nisu navedeni pod 10 01 14*	4,90
10 02 02	neprerađena šljaka	326,74
10 02 99	otpad koji nije specificiran na drugi način	2,75
10 09 03	šljaka iz visoke peći	6,70
10 09 08	korištene ljevačke jezgre i kalupi, koji nisu navedeni pod 10 09 07*	2329,90
10 09 99	otpad koji nije specificiran na drugi način	753,89
10 11 05	čestice i prašina	0,76
10 11 14	mulj od poliranja i brušenja stakla koji nije naveden pod 10 11 13*	10,84
11 01 10	muljevi i filtarski kotači, koji nisu navedeni pod 11 01 09*	0,42
12 01 02	prašina i čestice koje sadrže željezo	511,12
12 01 05	strugotine plastike	1,51
12 01 21	istrošena brusna tijela i brusni materijali, koji nisu navedeni pod 12 01 20*	2,92
15 01 02	plastična ambalaža	893,63
15 01 03	drvena ambalaža	9,02
15 01 04	metalna ambalaža	0,10
15 01 07	staklena ambalaža	0,89
16 01 03	otpadne gume	4,74
16 01 19	plastika	5,13
16 01 20	staklo	0,02
17 01 01	beton	9,42
17 01 03	crijep/pločice i keramika	0,96

17 01 07	mješavine betona, cigle, crijepa/pločica i keramike koje nisu navedene pod 17 01 06*	4165,70
17 05 04	zemlja i kamenje koji nisu navedeni pod 17 05 03*	494,40
17 06 04	izolacijski materijali koji nisu navedeni pod 17 06 01* i 17 06 03*	162,92
17 06 05*	građevinski materijali koji sadrže azbest	13,12
17 08 02	građevinski materijali na bazi gipsa koji nisu navedeni pod 17 08 01*	145,58
17 09 04	miješani građevinski otpad i otpad od rušenja objekata, koji nije naveden pod 17 09 01*, 17 09 02* i 17 09 03*	10,44
19 08 01	ostaci na sitima i grabljama	114,71
19 08 02	otpad iz pjeskolova	105,93
20 01 01	papir i karton	15,06
20 01 02	staklo	4,60
20 01 08	biorazgradivi otpad iz kuhinja i kantina	19,88
20 01 11	tekstil	134,05
20 01 28	boje, tinte, ljepila i smole, koje nisu navedene pod 20 01 27*	0,89
20 01 38	Drvo koje nije navedeno pod 20 01 37*	5,45
20 01 39	plastika	80,16
20 01 99	ostali sastojci komunalnog otpada koji nisu specificirani na drugi način	77,34
20 02 01	biorazgradivi otpad	3358,74
20 03 01	miješani komunalni otpad	11930,43
20 03 03	ostaci od čišćenja ulica	100,88
20 03 07	glomazni otpad	1533,52
20 03 99	komunalni otpad koji nije specificiran na drugi način	53,78

### 3. ODLAGALIŠNI PLINOVİ

Pod pojmom odlagališni plinovi podrazumijevaju se svi plinovi koji su nastali na odlagalištu otpada, a proizvodi ih otpad odložen na odlagalištu. Sakupljene plinove najbolje je upotrijebiti za dobivanje energije, ali ako je to nemoguće, potrebno ih je na odlagalištu spaliti ili spriječiti njihove emisije u okoliš nekim od postupaka koju mogu zamijeniti spaljivanje [8]. Odlagališni plin čini smjesa plinova (metan, ugljikov dioksid, kisik, sumporovodik, vodik, ugljikov monoksid, dušik), bezbojan je i neugodnog mirisa [9].

Kod provođenja kontrole ispuštanja odlagališnih plinova u zrak treba provoditi mjerenje koncentracije u zraku, a to podrazumijeva mjerenje  $\text{CH}_4$  (metan),  $\text{CO}_2$  (ugljikov dioksid) i  $\text{O}_2$  (kisik) svaki mjesec za vrijeme rada odlagališta i svakih šest mjeseci nakon što je odlagalište zatvoreno. Mjerenja  $\text{H}_2\text{S}$  (sumporovodik) i  $\text{H}_2$  (vodik) ovise o sastavu otpada koji se nalazi na odlagalištu te ukoliko je to zadano određenim pravilnicima. Mjerenje mora biti provedeno na reprezentativnome uzorku i na odabranim točkama odlagališta. Ukoliko se pokaže da su rezultati mjerenja jednaki između uzastopna dva mjerenja, vrijeme mjerenje se može produžiti, ali novo mjerenje mora biti izvedeno unutar šest mjeseci [8].

Sastav i količina odlagališnog plina ovise o vrsti otpada, gustoći otpada, starosti otpada, klimatskim uvjetima, temperaturi, vlažnosti i slično, a mijenja se s vremenom [4].

#### 3.1. SASTAV ODLAGALIŠNOG PLINA

Kao što je već spomenuto, sastav odlagališnog plina čine metan –  $\text{CH}_4$ , ugljikov dioksid –  $\text{CO}_2$ , kisik –  $\text{O}_2$ , sumporovodik –  $\text{H}_2\text{S}$ , vodik –  $\text{H}_2$ , a mogu se javiti i ugljikov monoksid –  $\text{CO}$  te dušik –  $\text{N}_2$ .



**Metan** je neotrovan plin, bez boje i mirisa koji je lakši od zraka i slabo se topi u vodi [10]. Stvara se i zadržava u gornjem sloju otpada. Može se zapaliti na temperaturi od oko 6500 °C. Metan je opasan iz razloga što je u koncentracijama između 5 i 15 % eksplozivan [4].

**Ugljikov dioksid** je plin teži od zraka te je bez mirisa i boje, a u vodi je lako topiv [11]. Iz razloga što je teži od zraka, ugljikov dioksid se zadržava u nižim slojevima odlagališta, odnosno pri dnu. Nije poseban problem na odlagalištu jer nema mogućnost gorenja [4].

**Sumporovodik** teži je od zraka i lako se prepoznaje jer ima jako neugodan miris. Otrovan je, zapaljiv pri temperaturi od 2700 °C i eksplozivan u koncentracijama između 4,3 i 45,5 % [4].

**Vodik** je najlakši i najrašireniji kemijski element, lakši od zraka i zapaljiv pri temperaturi od 5600 °C, a eksplozivan u koncentraciji od 4 – 75,6 % [4].

**Ugljikov monoksid** je plin koji je lakši od zraka, zapaljiv pri temperaturi od 6050 °C, eksplozivan u koncentracijama između 12.5 i 75 %, te se ne pojavljuje često na odlagalištima otpada [4].

**Dušik** je također lakši od zraka i ne može se zapaliti i nije eksplozivan. Na odlagalištu se pojavljuje u koncentracijama do 80 %, a dolazi do smanjenje njegove koncentracije kada je pH organskog dijela otpada koji se razgrađuje u kiselom [4].

Kao najznačajniji odlagališni plinovi javljaju se metan i ugljikov dioksid, a koliko će plina nastati najviše ovisi o sadržaju organskim komponentama otpada [4].

### 3.2. ČIMBENICI ZASLUŽNI ZA NASTANAK ODLAGALIŠNOG PLINA

Nastanak odlagališnih plinova ovisi o sljedećim čimbenicima:

Sastav otpada – stvaranje odlagališnog plina biti će brže ako se otpad sastoji od organskih frakcija koje su lakše. Na primjer, otpad koji ima visoki postotak hrane dovesti će do bržeg stvaranja plinova, dok će kod razgradivih materijali koji nisu inertni (npr. veliki komadi napravljeni od drveta) dovesti do sporog stvaranja plinova jer su takvi materijali sporo razgradivi;

Sadržaj vlage – zajedno sa sastavom otpada predstavlja najznačajniji faktor koji pridonosi stvaranju plinova. Vлага i plinovi u proporcionalnom su odnosu, a to znači da će se više i brže stvarati plinovi ukoliko je vlaga koju sadrži otpad veća;

Veličina čestica otpada – ukoliko je otpad usitnjen, brža je razgradnja pa je samim time i brže stvaranje plinova, a ukoliko je otpad krupniji, sporija je razgradnja i stvaranje plinova;

Starost otpada

pH – ukoliko se pH nalazi u optimalnom rasponu (6,7 – 7,5) onda je stvaranje plinova brže;

Temperatura – utječe na vrstu bakterija koje se nalaze u otpadu pa samim time i na stvaranje plinova. Temperatura okoline većinom ne utječe na dublje dijelove tijela odlagališta. Ukoliko se stvaraju visoke temperature u tijelu odlagališta one su rezultat biološke aktivnosti;

Ostali faktori uključuju sadržaj hranjivih tvari, bakterija, gustoću nastalog odlagališnog plina, smanjenje oksidacije, dimenzije i način funkcioniranja odlagališta te načine na koje se otpad obrađuje [4].

#### **4. ANALIZA EMISIJA U ZRAKU NA ODLAGALIŠTU OTPADA „TOTOVEC“**

Prema Zakonu o zaštiti okoliša pojam emisije u okoliš podrazumijeva ispuštanje tvari ili smjesa u more, vodu, zrak i tlo, a nastaje kao rezultat ljudske aktivnosti. To podrazumijeva tvari u obliku tekućina, plinova, čvrste tvari, radioaktivne tvari, genetski modificirane organizme, ispuštanje topline, buke, vibracije, svjetlosti te je mogući i mikrobiološki utjecaj [13].

Mjerenje koncentracije odlagališnog plina na odlagalištu neopasnog otpada „Totovec“ provodile su tvrtke H – PROJEKT d. o. o. i ANT d. o. o. (laboratorij za analitiku i toksikologiju). Mjerenja su se počela provoditi od 2004. godine i traju još i danas. Za 2004. godinu rezultate je prikazala tvrtka ANT d. o. o., za razdoblje od 2005. – 2013. godine mjerenja provodi tvrtka H – PROJEKT d. o. o., a od 2014. pa sve do danas ponovno tvrtka ANT d. o. o.

Pod pojmom koncentracija podrazumijeva se omjer broja, mase ili volumena nekog sastojka i volumena smjese. Koncentracija može biti masena, množinska i volumna. Kod ispitivanja/mjerenja odlagališnih plinova uzima se masena koncentracija [14].

##### **4.1. H – PROJEKT d. o. o.**

H – PROJEKT d. o. o. je tvrtka koja obuhvaća područja zaštite okoliša, prometa i gradnje. Djelatnosti kojima se bavi su: projektiranje i nadzor, zaštita okoliša i gospodarenje otpadom, tehnička pomoć kod korištenja EU fondova te druge inženjerske usluge [14]. Kod zaštite okoliša najčešće djelatnosti kojima se bavi tvrtka H – PROJEKT su izrada planova za gospodarenje otpadom i sanaciju nelegalnih odlagališta otpada te elaborati zaštite okoliša i elaborati koji opisuju uklanjanje štete koja može nastati u okolišu. A kod gospodarenja otpadom bave se izradom projekata za građevine poput odlagališta otpada, pretovarnih stanica,

reciklažnih dvorišta, skladišta za otpad i postrojenja u kojima se vrši obrada otpada [15].

Na odlagalištu otpada „Totovec“ tvrtka H – PROJEKT d. o. o. provodila je mjerenja masene koncentracije odlagališnih plinova u razdoblju od 2005. – 2013. Mjerenja su se provodila pomoću mjernog uređaja GA 2000 – ANSYCO (slika 6). Na početku, 2005. godine, mjerenja su se provodila na granici iskopa otpada, a kasnije su se vršila i na mjernim bunarima za otplinjavanje. Na bunarima se postavlja mjerna sonda na vrh drenažne cijevi koja je bila postavljena centralno u bunar. Vrh drenažne cijevi postavlja se 2,5 m od vrha otpada. Nakon što se sve propisano postavljeno, uključuje se pompa pomoću koje se uzima uzorak [16].



Slika 6. Instrument za mjerenje plinova – GA 2000 – ANSYCO [16]

#### **4.2. ANT d. o. o.**

Tvrtka ANT d.o.o. ima puni naziv ANT – Laboratorij za analitiku i toksikologiju d. o. o.. Tvrtka se bavi poslovima zaštite okoliša te izradom dokumenata za

gospodarenje otpadom, ispitivanje plinova, zraka i azbesta i zaštitom na radu. Neki od najvažnijih projekata koje provode su elaborati za zaštitu okoliša, npr. Elaborat zaštite okoliša o procjeni utjecaja zahvata na okoliš, elaborat za EU sredstva, elaborat o gospodarenju otpadom. Osim toga, još se bave ispitivanjem koncentracija odlagališnih plinova, azbestnih vlakana u atmosferi i krutom uzorku, ispitivanjem kemijskih i bioloških čimbenika koji mogu nanijeti štetu u radnom okolišu te osposobljavanjem za zaštitu na radu [17].

Na odlagalištu otpada „Totovec“ tvrtka provodi analizu koncentracija odlagališnih plinova u razdoblju od 2014. godine nadalje. Mjerenja su se provodila pomoću uređaja MULTIWARN II. Mjerenja su se provodila na bunarima za otplinjavanje, a promjer bunara je oko 0,15 m. Mjerilo se na dubini od 1 – 1,5 m od otvora bunara [18].

### 4.3. ANALIZA PLINOVA

Analiza plinova na odlagalištu neopasnog otpada „Totovec“ napravljena je po kvartalima i godinama. Odlagališni plinovi koju su se mjerili u razdoblju od 2005. godine do 2017. godine, te njihove koncentracije u kojima može doći do eksplozije navedeni su u tablici 2.

Tablica 2. Odlagališni plinovi i njihove koncentracije eksplozivnosti na odlagalištu „Totovec“ [4]

Plin	Koncentracija (%)
Metan	5 – 15
Ugljikov dioksid	Nije goriv
Kisik	Nije goriv, ali podržava gorenje
Sumporovodik	4,3 – 45,5
Vodik	4 – 75,6
Ugljikov monoksid	12,5 – 17,5
Dušik	Nije goriv i ne podržava gorenje

#### 4.3.1. ANALIZA PLINOVA NA ODLAGALIŠTU NEOPASNOGA OTPADA „TOTOVEC“ PO KVARTALIMA

Prva godina mjerenja odlagališnih plinova bila je 2005. U tablici 3. prikazani su podaci za tu godinu. H – Projekt d. o. o. započeo je mjerenja plinova na odlagalištu otpada „Totovec“. Sve podatke do 2014. godine napravila je ova tvrtka.

Tablica 3. Srednje vrijednosti mjerenja za 2005. godinu

Kvartal	Srednja vrijednost mjerenja					
	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [%]	H <sub>2</sub> [%]	CO [%]
1.	0,30	2,34	14,75	0,50	0,00	0,50
2.	0,16	1,28	16,28	0,20	0,00	0,20
3.	0,20	1,56	14,90	0,40	0,00	0,40
4.	0,42	1,44	17,36	1,00	0,00	0,20

Iz tablice se može vidjeti da su svi podaci mjerenja u 2005. godini u granicama koje zadovoljavaju propisane vrijednosti.

Tablica 4. prikazuje podatke za 2006. godinu u kojoj su sve vrijednosti u propisanim granicama.

Tablica 4. Srednje vrijednosti mjerenja za 2006. godinu

Kvartal	Srednja vrijednost mjerenja					
	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [%]	H <sub>2</sub> [%]	CO [%]
1.	0,12	2,00	15,92	2,80	0,00	0,80
2.	0,48	0,64	18,14	1,20	0,00	0,60
3.	2,20	2,30	17,53	0,50	0,00	3,75
4.	1,54	1,96	17,86	0,20	0,00	0,60

Podaci odlagališnih plinova za 2007. godinu prikazani su u tablici 5.

Tablica 5. Srednje vrijednosti mjerenja za 2007. godinu

Kvartal	Srednja vrijednost mjerenja					
	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [%]	H <sub>2</sub> [%]	CO [%]
1.	2,55	1,88	19,12	0,00	0,00	0,00
2.	3,32	1,95	17,97	0,00	0,00	0,00
3.	9,90	7,60	15,45	0,00	0,00	1,00
4.	5,11	3,94	15,66	0,71	0,00	0,00

Tablica 5. pokazuje da su vrijednosti metana u trećem i četvrtom kvartalu dosta povišene i postojala je mogućnost da dođe do zapaljenja jer je metan eksplozivan u koncentracijama od 5 do 15 %.

Tablica 6. prikazuje srednje vrijednosti podataka za 2008. godinu, a iz tablice se vidi da su svi podaci u granicama. Podaci za prvi kvartal ove godine nisu bili dostupni na odlagalištu otpada „Totovec“

Tablica 6. Srednje vrijednosti mjerenja za 2008. godinu

Kvartal	Srednja vrijednost mjerenja					
	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [%]	H <sub>2</sub> [%]	CO [%]
1.	Nedostaju podaci					
2.	2,23	1,30	17,93	0,00	0,00	0,00
3.	1,73	1,30	17,93	0,00	0,00	0,00
4.	3,50	1,97	17,20	0,00	0,00	0,00

Tablica 7. prikazuje podatke za 2009. godinu. Iz tablice se vidi da su i ove godine vrijednosti metana u trećem i četvrtom kvartalu puno veće i javlja se opasnost eksplozije na odlagalištu.



Tablica 7. Srednje vrijednosti mjerenja za 2009. godinu

Kvartal	Srednja vrijednost mjerenja					
	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [%]	H <sub>2</sub> [%]	CO [%]
1.	1,1	1,06	17,92	0,00	0,00	0,00
2.	2,06	1,64	17,63	0,00	0,00	0,14
3.	11,11	7,76	13,94	0,14	0,00	0,86
4.	12,06	8,03	13,2	0,00	0,00	1,14

U tablici 8. prikazani su podaci srednjih mjerenja odlagališnog plina za 2010. godinu. Podaci za četvrti kvartal nisu bili dostupni. Svi izmjereni podaci u dobrim su graničnim vrijednostima osim metana. Metan je u vrijednostima u kojima je eksplozivan i može doći do zapaljenja.

Tablica 8. Srednje vrijednosti mjerenja za 2010. godinu

Kvartal	Srednja vrijednost mjerenja					
	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [%]	H <sub>2</sub> [%]	CO [%]
1.	6,42	4,28	16,12	0,00	0,00	0,17
2.	12,33	8,57	13,23	0,00	0,00	0,14
3.	7,27	5,96	18,04	0,00	0,00	0,29
4.	Nedostaju podaci					

Tablica 9. prikazuje podatke za 2011. godinu. U ovoj godini nije bilo mjerenja vodika, ali se umjesto njega mjerio dušik. Dušik se na odlagalištu nalazi u koncentraciji od oko 80 % i nije posebno opasan jer nije eksplozivan.

Tablica 9. Srednje vrijednosti mjerenja za 2011. godinu

Kvartal	Srednja vrijednost mjerenja					
	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [%]	CO [%]	N <sub>2</sub> [%]
1.	5,30	4,12	17,59	0,00	0,00	72,99
2.	4,96	3,71	17,84	0,89	0,00	73,49
3.	5,49	4,57	17,04	1,11	0,00	72,54
4.	5,16	4,50	17,21	0,33	1,22	73,13

Iz tablice se vidi da je koncentracija metana u prvom, trećem i četvrtom kvartalu u granici u kojoj je metan eksplozivan (5 – 15 %).

Tablica 10. prikazuje podatke za 2012. godinu. U ovoj godini završena je sanacija odlagališta. Kao i u 2011. godini, ne mjeri se vodik već dušik. Koncentracije metana su u prihvatljivim granicama u prvom, drugom i četvrtom kvartalu, a u trećem su malo povišene.

Tablica 10. Srednje vrijednosti mjerenja za 2012. godinu

Kvartal	Srednja vrijednost mjerenja					
	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [%]	CO [%]	N <sub>2</sub> [%]
1.	4,40	4,82	18,09	0,00	0,00	64,91
2.	4,47	3,37	18,04	0,00	0,00	74,22
3.	7,84	6,68	16,37	0,00	0,00	69,81
4.	3,79	3,50	18,23	0,00	0,00	74,48

U tablici 11. prikazani su podaci za 2013. godinu. To je prva godina nakon sanacije u kojoj su svi podaci u vrijednostima koje ne izazivaju eksplozivnost.

Tablica 11. Srednje vrijednosti mjerenja za 2013. godinu

Kvartal	Srednja vrijednost mjerenja					
	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [%]	CO [%]	N <sub>2</sub> [%]
1.	2,70	2,02	18,68	0,00	0,00	76,70
2.	3,59	2,79	17,57	0,33	0,00	76,06
3.	2,64	2,28	21,74	0,00	0,00	73,33
4.	1,71	1,51	20,57	0,00	4,11	76,21

Tablica 12. daje podatke mjerenja odlagališnih plinova za 2014. godinu. Od ove godine mjerenje je provodila tvrtka ANT d. o. o.. Nije se provodilo mjerenje dušika i ugljikova monoksida. Sva mjerenje su u prihvatljivim graničnim vrijednostima i ne predstavljaju opasnost za odlagalište.

Tablica 12. Srednje vrijednosti mjerenja za 2014. godinu

Kvartal	Srednja vrijednost mjerenja				
	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [%]	H <sub>2</sub> [%]
1.	0,40	0,86	19,82	0,08	0,00
2.	0,73	1,13	19,66	0,08	0,00
3.	0,62	0,74	20,37	0,16	0,00
4.	0,72	1,08	19,18	0,00	0,00

U tablicu 13. uneseni su podaci srednjih vrijednosti mjerenja za 2015. godinu. U 2015. godini došlo je do povišenja vrijednosti vodika. U drugom i četvrtom kvartalu te vrijednosti su prešle granicu i bile u vrijednostima u kojima je vodik zapaljiv (4 – 75,6 %). Ostale vrijednosti ne prelaze dopuštene koncentracije.

Tablica 13. Srednje vrijednosti mjerenja za 2015. godinu

Kvartal	Srednja vrijednost mjerenja				
	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [%]	H <sub>2</sub> [%]
1.	0,31	0,43	20,69	0,00	0,00
2.	1,59	1,65	20,24	0,00	7,79
3.	0,57	1,03	20,57	0,00	1,96
4.	2,08	2,72	19,74	0,17	20,3

Tablica 14. daje podatke mjerenja plinova u 2016. godini i sve su vrijednosti u dopuštenim granicama.

Tablica 14. Srednje vrijednosti mjerenja za 2016. godinu

Kvartal	Srednja vrijednost mjerenja				
	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [%]	H <sub>2</sub> [%]
1.	0,15	0,27	20,65	0,00	0,00
2.	0,82	0,80	20,43	0,02	0,00
3.	0,95	1,00	20,81	0,00	0,00
4.	0,80	0,79	20,45	0,00	0,00

U tablicu 15. uneseni su podaci za 2017. godinu i sve su vrijednosti u dopuštenim koncentracijama te nema opasnosti za odlagalište otpada „Totovec“.

Tablica 15. Srednje vrijednosti mjerenja za 2017. godinu

Kvartal	Srednja vrijednost mjerenja				
	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [%]	H <sub>2</sub> [%]
1.	0,93	1,56	19,72	0,00	0,00
2.	0,44	0,62	20,49	0,00	0,00
3.	0,26	0,54	20,48	0,00	0,00
4.	0,26	0,54	20,48	0,00	0,00

Iz podataka koji su uneseni u tablice od 3. – 15. vidi se da su vrijednosti odlagališnih plinova bile u relativno prihvatljivim granicama. Metan je u razdoblju od 2007. – 2012. godine predstavljao opasnost za odlagalište, ali je nakon sanacije odlagališta vraćen u prihvatljive vrijednosti. Nadalje, u 2015. godini bile su povišene koncentracije vodika, ali je i to ubrzo riješeno.

Podaci za razdoblje od 2018. – 2020. nisu dostupni.

#### **4.3.2. ANALIZA PLINOVA NA ODLAGALIŠTU NEOPASNOG OTPADA „TOTOVEC“ PO GODINAMA**

Mjerenja odlagališnih plinova koja su provedena u razdoblju od 2005. – 2017. godine prikazane su u tablici 16. U razdoblju od 2010. – 2013. godine nije se provodilo mjerenje vodika, ali se mjerio dušik. Ugljikov monoksid mjerio se do 2013. godine.

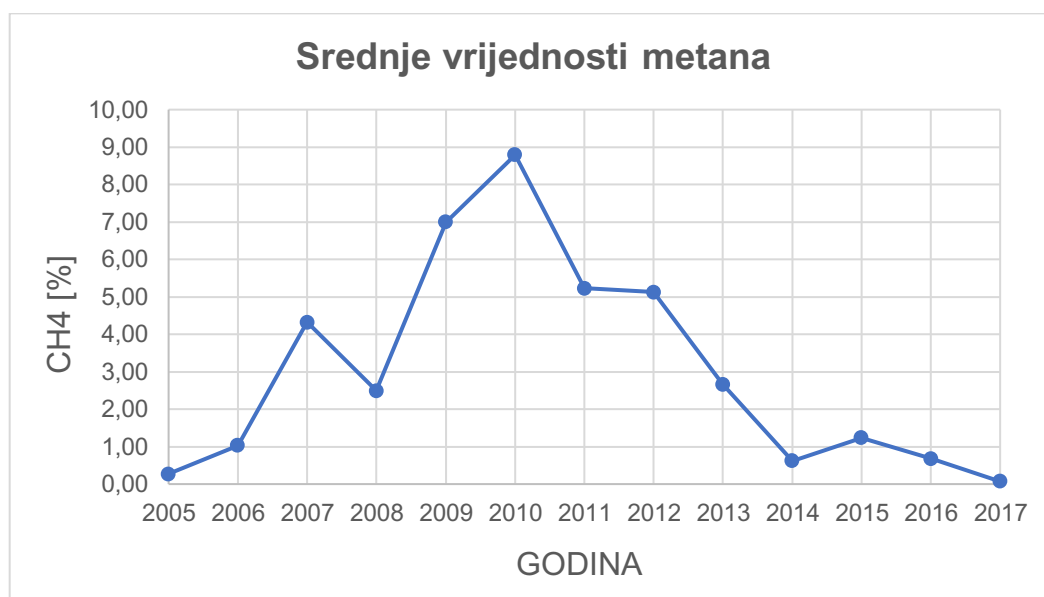
Tablica 16. Prikaz podataka mjerenja odlagališnih plinova na odlagalištu „Totovec“ u razdoblju od 2005. – 2017. godine

Godina	Srednja vrijednost mjerenja						
	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [%]	H <sub>2</sub> [%]	CO [%]	N <sub>2</sub> [%]
2005.	0,27	1,63	15,88	0,53	0,00	0,32	
2006.	1,03	1,69	17,35	1,21	0,00	1,32	
2007.	4,32	3,13	17,00	0,24	0,00	0,10	
2008.	2,49	1,52	17,66	0,00	0,00	0,00	
2009.	7,00	4,90	15,50	0,04	0,00	0,58	
2010.	8,79	6,37	15,78	0,00		0,20	68,73
2011.	5,23	4,23	17,51	0,58		0,31	73,04
2012.	5,13	4,59	17,68	0,00		0,00	70,86
2013.	2,66	2,15	19,64	0,08		1,03	75,58
2014.	0,62	0,95	19,76	0,08	0,00		
2015.	1,24	1,46	20,31	0,07	7,51		
2016.	0,68	0,71	20,58	0,01	0,00		
2017.	0,07	0,92	20,23	0,00	0,00		

Iz tablice 16. može se vidjeti da su vrijednosti metana u razdoblju od 2009. do 2012. godine prešle granicu i bile u koncentraciji u kojoj je metan eksplozivan (5 – 15 %). Za 2009. godinu to je iznosilo 7,00 %, za 2010. 8,79 %, za 2011. godinu 5,23 % i za 2012. godinu 5,13 %. Nakon 2012. godine i obavljene sanacije odlagališta vrijednosti metana vratile su se u prihvatljive koncentracije. Nadalje, vrijednost vodika je u 2015. godini prešla granicu (4 – 75,6 %) i iznosila 7,51 %. Sve ostale vrijednosti drugih izmjerenih plinova bile su u prihvatljivoj granici i nisu predstavljale opasnost za odlagalište.

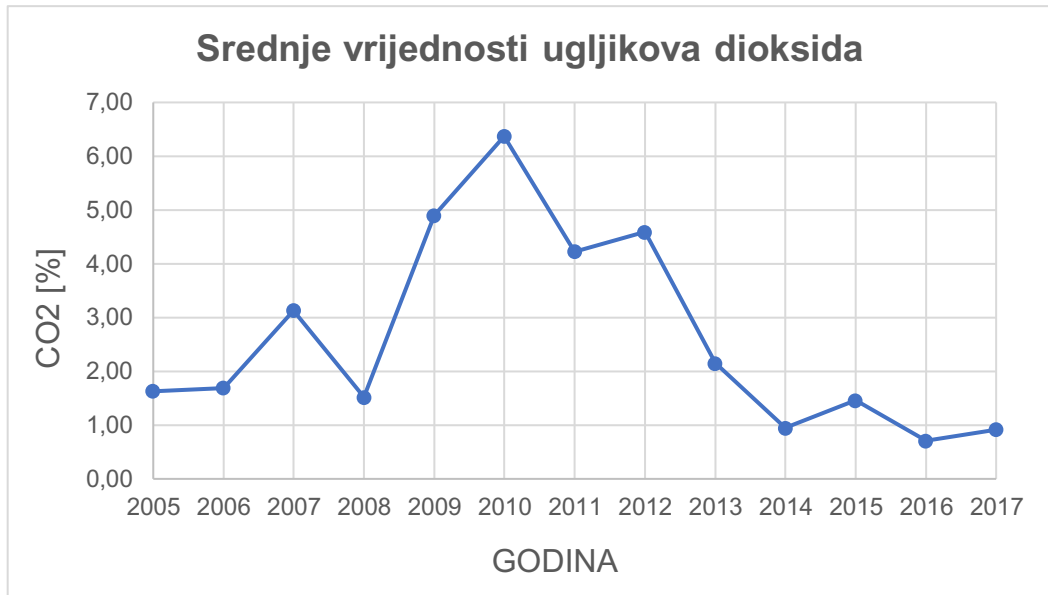
Na slijedećim grafovima se nalaze srednje vrijednosti odlagališnih plinova izmjerene na odlagalištu otpada „Totovec“. Vrijednosti su mjerenje u razdoblju od 2005. – 2017. godine.

Graf 1. prikazuje srednje vrijednosti metana. Iz grafa se može vidjeti da se vrijednost metana u razdoblju od 2005. godine do 2010. godine povećala, a nadalje vrijednosti padaju. U razdoblju od 2010. – 2012. vrijednosti su pale, ali je metan i dalje bio u granicama u kojima je eksplozivan. Nakon 2012. godine i izvršene sanacije odlagališta vrijednosti metana naglo su pale i u prihvatljivim su granicama.



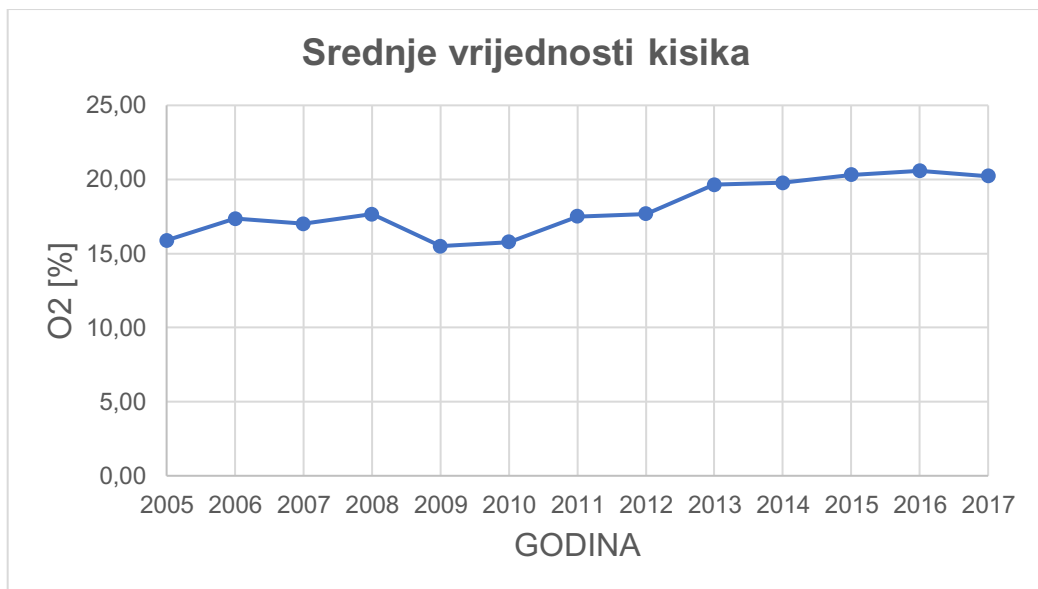
Graf 1. Srednje vrijednosti metana

Na grafu 2. prikazane su srednje vrijednosti ugljikova dioksida. Vrijednosti do 2010. godine rastu, a zatim se smanjuju do 2017. godine. Nakon sanacija, 2012. godine, dogodio se nagli pad CO<sub>2</sub>.



Graf 2. Srednje vrijednosti ugljikova dioksida

Graf 3. prikazuje vrijednost kisika u razdoblju od 2005. – 2017. godine. Iz grafa je vidljivo da se vrijednosti kisika kreću u rasponu od 15 do 21 %.



Graf 3. Srednje vrijednosti kisika

Na grafu 4. prikazane su srednje vrijednosti sumporovodika. Iz grafa se vidi da vrijednosti ne prelaze 1,50 %. S obzirom da je ispod granice u kojoj može doći



do eksplozije (4,3 – 45,5), sumporovodik nije predstavljao problem za odlagalište otpada „Totovec“. Najveća koncentracija bila je 2006. godine (1,21 %).



Graf 4. Srednje vrijednosti za sumporovodika

Na grafu 5. nalaze se srednje vrijednosti za vodik. Vodik se u razdoblju od 2010. – 2013. nije mjerio. Najveća vrijednost bila je 2015. godine (7,51 %), a za ostalih godina nije bilo prisutnosti vodika na odlagalištu otpada „Totovec“.



Graf 5. Srednje vrijednosti vodika

Srednje vrijednosti ugljikova monoksida prikazane su na grafu 6. Iz grafa se može vidjeti da vrijednost CO ne prelazi 1,20 %, a u 2008. i 2012. godini nije bilo prisutnosti CO na odlagalištu. Nakon 2013. godine više se nije provodilo mjerenje CO.



Graf 6. Srednje vrijednosti ugljikova monoksida

Na odlagalištu otpada „Totovec“ najmanje se provodilo mjerenje dušika ( $N_2$ ). Dušik se mjerio u razdoblju od 2010. – 2013. godine. S obzirom da dušik nije goriv i ne podržava gorenje nije se javljala potreba za provjerom njegovih koncentracija. Najčešće se pojavljuje u koncentraciji do 80 %, a to se može vidjeti iz grafa 7.



Graf 7. Srednje vrijednosti dušika

## 5. ZAKLJUČAK

Odlagalište za neopasni otpad „Totovec“ najveće je odlagalište otpada u Međimurskoj županiji. Prihvaća otpad s cijelog područja Međimurja i kapacitet odlagališta je oko 500 000 tona. Otpad se odlaže od 1974. godine. U početku rada odlagao se na polje šljunka, a sad je napravljeno odlagalište otpada prema svim propisima i pravilima, a otpad se odlaže na njega još i danas. Odlagalište omogućuje odlaganje neopasnog komunalnog i proizvodnog otpada te građevinskog otpada.

Koncentracije odlagališnog plina počele su se mjeriti od 2004. godine. Mjerenje su radile razne tvrtke specijalizirane za to, a mjerenje se provodi još i danas. Sanacija odlagališta je završena 2012. godine.

U ovom radu, napravljena je analiza emisija odlagališnog plina na odlagalištu neopasnog otpada „Totovec“ čije je mjerenje provedeno u razdoblju od 2005. – 2017. godine. Mjerenja su provodile tvrtka H – PROJEKT d. o. o. (od 2005. – 2013. godine) i ANT d. o. o. (od 2014. – 2017. godine). Odlagališni plinovi koji su se mjere tijekom godina su slijedeći: metan – CH<sub>4</sub>, ugljikov dioksid – CO<sub>2</sub>, kisik – O<sub>2</sub>, sumporovodik – H<sub>2</sub>S, vodik – H<sub>2</sub>, ugljikov monoksid – CO te dušik – N<sub>2</sub>.

Nakon analize vidi se da je koncentracija metana za 2009. godinu iznosila 7,00 %, za 2010. 8,79 %, za 2011. godinu 5,23 % i za 2012. godinu 5,13 %. S obzirom da je metan u koncentraciji od 5 – 15 % eksplozivan, ove su koncentracije bile opasne za odlagalište i trebalo ih je sanirati, a nakon sanacije 2012. godine koncentracije metana se vraćaju u prihvatljive granice i ne predstavljaju više problem. Nakon sanacije sve su vrijednosti bile u redu do 2015. godine kada je došlo do povišenja koncentracije vodika koja je iznosila 7,51 %, a vodik je eksplozivan u koncentraciji od 4 – 75,6 %, ali i to je ubrzo riješeno pa su sve vrijednosti danas u redu i nema opasnosti za odlagalište.

## 6. LITERATURA

[1] ECOINA, 2018., Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš izmijenjenog odlagalište otpada „Totovec“ zbog izgradnje plohe za odlaganje azbestnog otpada na k.č. 483/2, 484/1, 511, k.o. Totovec, Međimurska županija, Zagreb, Dostupno na: „  
[https://mzoe.gov.hr/UserDocsImages/ARHIVA%20DOKUMENATA/ARHIVA%20---%20OPUO/elaborat\\_zastite\\_okolisa\\_419.pdf](https://mzoe.gov.hr/UserDocsImages/ARHIVA%20DOKUMENATA/ARHIVA%20---%20OPUO/elaborat_zastite_okolisa_419.pdf)“, Datum pristupa: 17.3.2020.

[2] Gradsko vijeće Grada Čakovca, 2020., Izvješće o izvršenju Programa gradnje građevina za gospodarenje komunalnim otpadom Grada Čakovca za 2019, Dostupno na: „  
[https://www.cakovec.hr/dokumenti/sjednice/2020/gv/gv16/nakon/gv16\\_11a.pdf](https://www.cakovec.hr/dokumenti/sjednice/2020/gv/gv16/nakon/gv16_11a.pdf)“, Datum pristupa: 17.3.2020.

[3] Kanoti Danko, 2016., Zbrinjavanje otpada na odlagalištu Totovec, Završni rad, Međimursko veleučilište u Čakovcu, Čakovec, Dostupno na: „  
<https://repozitorij.mev.hr/islandora/object/mev%3A495>“, Datum pristupa: 17.3.2020.

[4] Kurta Lucija, 2018. Mjerenje odlagališnih plinova, Završni rad, Geotehnički fakultet u Varaždinu, Varaždin, Dostupno na: „  
<https://repozitorij.gfv.unizg.hr/islandora/object/gfv%3A346>“, Datum pristupa: 17.3.2020.

[5] GKP ČAKOM d. o. o., 2020., Izvješće o požaru na odlagalištu otpada „Totovec“, Dostupno na: „  
[https://www.cakovec.hr/dokumenti/sjednice/2020/gk/gk13/gk13\\_1.pdf](https://www.cakovec.hr/dokumenti/sjednice/2020/gk/gk13/gk13_1.pdf)“, Datum pristupa: 18.3.2020.

[6] Google maps, Dostupno na: „  
<https://www.google.com/maps/@46.3464294,16.4500207,1224m/data=!3m1!1e3?hl=hr>“, Datum pristupa: 18.3.2020.

[7] GKP ČAKOM d.o.o., 2020., Oporaba/zbrinjavanje otpada, Podaci za 2019. godinu, Čakovec, Dostupno na odlagalištu „Totovec“, isprintano od strane gospodina Toplek Branka iz baze ROO, Datum pristupa: 18.3.2020.

[8] Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2015., Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada, Narodne novine 114/2015., Dostupno na: „  
[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_10\\_114\\_2184.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_10_114_2184.html)“, Datum pristupa: 20.3.2020.

[9] General Multilingual Environmental Thesaurus (GEMET), 2020., Odlagališni plin, Dostupno na: „  
<https://www.eionet.europa.eu/gemet/hr/concept/4625>“, Datum pristupa: 20.3.2020.

[10] Hrvatska enciklopedija, Metan, Dostupno na: „  
<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=40379>“, Datum pristupa: 20.3.2020.

[11] Hrvatska enciklopedija, Ugljikov dioksid, Dostupno na: „  
<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=63000>“, Datum pristupa: 20.3.2020.

[12] H – PROJEKT d. o. o., 2008., Mjerenje masene koncentracije odlagališnih plinova na odlagalištu otpada Totovec pokraj Čakovca tijekom drugog kvartala 2008. godine, Dostupno: na odlagalištu otpada Totovec, Datum pristupa: 24.3.2020.

[13] Zakon.hr, 2020., Zakon o zaštiti okoliša, pročišćeni tekst zakona NN 80/13, 153/13, 78/15, 12/18, 118/18, Dostupno na: „ <https://www.zakon.hr/z/194/Zakon-o-za%C5%A1titi-okoli%C5%A1a> “, Datum pristupa: 28.3.2020.

[14] Hrvatska enciklopedija, Masena koncentracija, Dostupno na: „ <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=32707> “, Datum pristupa: 10.3.2020.

[15] H – PROJEKT D. O. O., Dostupno na: „<https://h-projekt.hr/#top>“, Datum pristupa: 10.3.2020.

[16] H – projekt d. o. o., Izvješće, Mjerenje masene koncentracije odlagališnih plinova na odlagalištu otpada Totovec pokraj Čakovca tijekom drugog kvartala 2006. godine, Zagreb, 2006., Datum pristupa: 10.3. 2020.

[17] ANT d. o. o., Laboratorij za analitiku i toksikologiju, Dostupno na: „ <https://www.ant.hr/index.html> “, Datum pristupa: 10.3.2020.

[18] ANT d. o. o., Izvješće br. 214001 – A o analizama koncentracija odlagališnog plina na odlagalištu „Totovec“, 2014., Zagreb, Datum pristupa: 10.3.2020.

[19] Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitosti, Reagiranje v. d. direktora Fonda dr. sc. Ljubomira Majdandžića vezanog za Zaključak splitskog Gradskog poglavarstva, 2017., Dostupno na: „ [https://www.fzoeu.hr/hr/novosti/reagiranje\\_vd\\_direktora\\_fonda\\_dr\\_sc\\_ljubomira\\_majdanzica\\_vezano\\_za\\_zakljucak\\_splitskog\\_gradskog\\_poglavarstva/](https://www.fzoeu.hr/hr/novosti/reagiranje_vd_direktora_fonda_dr_sc_ljubomira_majdanzica_vezano_za_zakljucak_splitskog_gradskog_poglavarstva/) “, Datum pristupa: 3.8.2020.

[20] Zagrebački holdin, Podružnica Čistoća, Pojmovnik, 2020., Dostupno na: „  
<https://www.cistoca.hr/gospodarenje-otpadom-8/edukacija-1513/pojmovnik-1534/1534>“, Datum pristupa: 3.8.2020.



## 7. POPIS SLIKA

Slika 1. Odlagalište za neopasni otpad „Totovec“

Slika 2. Ulazno – izlazna zona

Slika 3. Plohe za odlaganje otpada

Slika 4. Presjek temeljnog brtvenog sloja odlagališta otpada „Totovec“

Slika 5. Presjek pokrovnog brtvenog sloja odlagališta otpada „Totovec“

Slika 6. Instrument za mjerenje plinova – GA 2000 – ANSYCO

## 8. POPIS TABLICA

Tablica 1. Ključni brojevi i količine otpada na odlagalištu otpada „Totovec“

Tablica 2. Odlagališni plinovi i njihove koncentracije eksplozivnosti na odlagalištu „Totovec“

Tablica 3. Srednje vrijednosti mjerenja za 2005. godinu

Tablica 4. Srednje vrijednosti mjerenja za 2006. godinu

Tablica 5. Srednje vrijednosti mjerenja za 2007. godinu

Tablica 6. Srednje vrijednosti mjerenja za 2008. godinu

Tablica 7. Srednje vrijednosti mjerenja za 2009. godinu

Tablica 8. Srednje vrijednosti mjerenja za 2010. godinu

Tablica 9. Srednje vrijednosti mjerenja za 2011. godinu

Tablica 10. Srednje vrijednosti mjerenja za 2012. godinu

Tablica 11. Srednje vrijednosti mjerenja za 2013. godinu

Tablica 12. Srednje vrijednosti mjerenja za 2014. godinu

Tablica 13. Srednje vrijednosti mjerenja za 2015. godinu

Tablica 14. Srednje vrijednosti mjerenja za 2016. godinu

Tablica 15. Srednje vrijednosti mjerenja za 2017. godinu

Tablica 16. Prikaz podataka mjerenja odlagališnih plinova na odlagalištu „Totovec“ u razdoblju od 2005. – 2017. godine

## 9. POPIS GRAFOVA

Graf 1. Srednje vrijednosti metana

Graf 2. Srednje vrijednosti ugljikova dioksida

Graf 3. Srednje vrijednosti kisika

Graf 4. Srednje vrijednosti sumporovodika

Graf 5. Srednje vrijednosti vodika

Graf 6. Srednje vrijednosti ugljikova monoksida

Graf 7. Srednje vrijednosti dušika