

# Građenje i održavanje podsustava na odlagalištu otpada Jakuševac

---

Videc, Zlatko

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:851398>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-06**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

**Završni rad br. 248/GR/2015**

**Građenje i održavanje podsustava na odlagalištu otpada  
Jakuševac**

**ZLATKO VIDEĆ, 5227/601**

Varaždin, srpanj 2016. godine



# Sveučilište Sjever

**Odjel za Graditeljstvo**

**Završni rad br. 248/GR/2015**

## **Građenje i održavanje podsustava na odlagalištu otpada Jakuševac**

**Student**

ZLATKO VIDEĆ, 5227/601

**Mentor**

dr.sc. Lovorka Gotal Dmitrović

Varaždin, srpanj 2016. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Zlatko Videc	MATIČNI BROJ	5227/601
DATUM	2.11.2015.	KOLEGIJ	Gospodarenje otpadom
NASLOV RADA	Građenje i održavanje podsustava na odlagalištu otpada Jakuševac		
MENTOR	dr.sc.Lovorka Gotal Dmitrović	ZVANJE	predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. izv.prof.dr.sc. Božo Soldo - predsjednik povjerenstva		
	2. Nikola Hrnčić, pred. - član povjerenstva		
	3. dr.sc. Lovorka Gotal Dmitrović, pred. - član povjerenstva		
	4. Matija Orešković, pred. - zamjenik predsjednika povjerenstva		
	5. Željko Kos, pred. - zamjenski član povjerenstva		

## Zadatak završnog rada

BROJ	248/GR/2015
OPIS	<p>Završnim radom prikazati način izgradnje, ali i održavanja sustava za prikupljanje i odvodnju procjednih voda, kao i sustava za otpinjanje tijela odlagališta.</p> <p>Završni rad mora sadržavati način postavljanja temeljnog brtvenog sustava koji uključuje uklanjanje postojećeg otpada, postavljanje temeljnog brtvenog sustava i izgradnju međunasipa te izgradnju gornjih brtvenih slojeva (ugradnja brtvenih slojeva na otpad).</p> <p>Posebnu pažnju posvetiti opisu sustava prikupljanja i odvodnje procjednih voda iz tijela deponije s naglaskom na način ugradnje perforiranih cijevi na temeljni brtveni sustav, šahtova procjednih voda, kompenzacijskih bazena i kolektorskih cijevi između šahtova procjednih voda. Radi smanjenja količina procjednih voda potrebno je kvalitetno izvesti sustav prikupljanja i odvodnje neonečišćenih oborinskih voda, te na taj način spriječiti miješanje oborinskih i procjednih voda.</p> <p>Posebni dio u završnom radu posvetiti načinu otpinjanja tijela odlagališta kao i sustavu prikupljanja i iskorištavanja odlagališnih plinova.</p> <p>Na kraju opisati načine održavanja svih navedenih podsustava.</p>

ZADATAK JURUČEN

11.07.2016.



## **Predgovor**

Odluka o otvaranju smetlišta Jakuševac-Prudinec donesena je 1964. godine, kada je izgradnjom nasipa za obranu od poplava rijeke Save trajno zaštićena njena desna obala. Tada je ta lokacija bila na samom rubu grada. Smetlište je aktivno od 1965 godine, kada je započelo nekontrolirano odlaganje svih vrsta otpada u rukavce Save i jame nastale eksploatacijom šljunka.

Zbog stalnog pogoršavanja stanja u vodoopskrbi Grada cjelovito rješavanje problema odlaganja otpada na smetlištu Jakuševac-Prudinec još više dobiva na značaju. Naime, kako su gradska crpilišta na lijevoj obali Save zbog industrijskog onečišćenja postupno bila sve nepovoljnija ili potpuno izvan uporabe, postajalo je sve zanimljivije područje Črnkovec na desnoj obali Save, koje je od odlagališta Jakuševac-Prudinec udaljeno samo 3 km nizvodno. To područje je 1981. godine prepoznato u okviru Vodoprivredne osnove grada Zagreba kao rezervno crpilište. Od 1986. do 1988. godine na smetlištu su vršena prva sveobuhvatna istraživanja, kako bi se utvrdio utjecaj odloženog otpada na okoliš, posebice na podzemne vode. Sanacija odlagališta započela je 1996.g. a do tada se odlaganje provodilo neplanski bez zaštitnih mjera zagađenja vode i zraka.

Od djetinjstva nisam razumio kako ljudi nekontrolirano bacaju otpad u okoliš. Nažalost, ljudi to rade i danas na svoju i štetu ostalih. Odabir ove teme usko je vezan za posao koji radim, a to je sanacija odlagališta. Nadam se da ću odabirom teme i detaljnijeg prikaza sanacije odlagališta motivirati druge studente da shvate važnost sanacije postojećih i „divljih“ odlagališta otpada i zaštite okoliša.

## **Sažetak**

U završnom radu je prikazan način izgradnje podsustava na odlagalištu otpada Jakuševac. Opisan je način kako se gradi donji i gornji brtveni sloj, odvodnja procjednih voda iz tijela odlagališta i odvodnja oborinskih voda. Procjedne vode se ne smiju miješati s oborinskim vodama. Uz sustav odvodnje procjednih voda, također je obrađena izgradnja sustava otplinjavanja tijela odlagališta kao jedan od najvažnijih podsustava na odlagalištu.

ključne riječi: procjedne vode ,odlagalište, otplinjavanje

## **ABSTRACT**

The final paper presents a method of building subsystems to landfill Jakuševac. It is described how to build lower and upper sealing layer, drainage of leachate from the landfill and drainage of rainwater. Leachate can not be mixed with rain water. With the drainage system of the leachate, will also handle the construction of the landfill gas extraction system as one of the most important subsystems in the landfill.

Keywords: leachate, landfill, degassing

## Popis korištenih kratica

**PEHD (HDPE)** PolyEthyleneHighDensity.  
Polietilen visoke gustoće

**LLDPE** LinearLowDensityPolyEthylene  
Linearni polietilen niske gustoće

**PVC** PoliVinilKlorid

**PP-Rs-el** PolyPropylenRandomcopolymerisat schwerent flammbar,elektrisch leitfähig  
Elektro provodljivi propilen

**GCL** GeosyntheticClayLiner  
Geosintetski glineni brtveni sloj

**mTEO** maliTermoEnergetskiObjekt

**SDR** StandardDimensionRatio  
Omjer nominalnog promjera cijevi i nominalne debljine stijenke cijevi

**UV** UltraViolet

**AB** ArmiranoBetonska

# Sadržaj

1.	Uvod.....	7
2.	Sanacija postojećeg odlagališta.....	8
2.1.1.	Zaštitni brtveni sloj od gline.....	10
2.1.2.	Geomembrana.....	11
2.1.3.	Sustav za detekciju propuštanja.....	11
2.2.	Gornji brtveni sloj.....	12
2.2.1.	Komponente završnog pokrova.....	12
2.3.	Sustav za skupljanje i odvođenje oborinskih voda.....	15
2.3.1.	Drenažni rovovi u sustavu zaštite od smrzavanja.....	16
2.3.2.	Odzračnici drenažnih rovova.....	16
2.3.3.	Šahtovi za sakupljanje oborinskih voda.....	16
2.3.4.	Uljevne građevine u korugirane odvodne cijevi.....	16
2.3.5.	Naborane polietilenske cijevi promjera 250 mm.....	17
2.3.6.	Naborane polietilenske cijevi promjera 750 mm.....	17
2.3.7.	Slapišta i disipatori energije.....	17
2.4.	Sustav za skupljanje i odvodnju procjednih voda.....	18
2.4.1.	Sustav dreniranja procjednih voda.....	18
2.4.2.	Sustav za odvodnju procjedne vode.....	19
2.4.3.	Kompenzacijski bazeni (sjever i jug).....	19
2.4.4.	Šahtovi procjednih voda.....	19
2.5.	Otplinjavanje odlagališta i plinska mreža do plinske stanice.....	20
2.5.1.	Sustav plinskih zdenaca na odlagalištu.....	20
2.5.2.	Izvedba trajnih (vertikalnih) plinskih zdenaca.....	20
2.5.3.	Spoj gornjeg brtvenog sustava s plinskim zdencem.....	21
2.5.4.	Zaštita plinskih linija koje se polažu u zaštitni sloj protiv smrzavanja.....	22
2.5.5.	Šahtovi s ventilima plinskih linija.....	22
2.5.6.	Hvatači kondenzata, odzračnici plinodrenažnog sloja.....	23
2.5.7.	Sabirni plinski cjevovodi (plinski kolektori).....	23
2.5.8.	Privremeno otplinjavanje.....	23
2.6.	Obodni nasip.....	24
2.7.	Međunasip (Zečji nasip).....	25
2.7.1.	Izvedba međunasipa.....	25
2.7.2.	Vraćanje slojeve u prvobitno stanje.....	26
2.7.3.	Privremena kontrola površinskih voda.....	26
2.8.	Kanali.....	26
2.8.1.	Obodni kanal.....	26
2.8.2.	Kanal uz sjevernu ogradu.....	27
3.	Detekcija oštećenja geomembrane.....	28
4.	Održavanje podsustava na odlagalištu.....	29
4.1.	Sustav za sakupljanje i odvođenje oborinskih voda.....	29
4.1.1.	Drenažni rovovi u sustavu zaštite od smrzavanja.....	29



4.1.2.	<i>Odzračnici drenažnih rovova</i> .....	30
4.1.3.	<i>Drenažni kanali za prikupljanje i odvođenje oborinskih voda na obodu krovnog dijela</i> .....	30
4.1.4.	<i>Šahtovi za sakupljanje oborinskih voda</i> .....	30
4.1.5.	<i>Berme na pokosu</i> .....	31
4.1.6.	<i>Uljevne građevine u korugirane odvodne cijevi</i> .....	31
4.2.	<b>Sustav sakupljanja i odvodnje procjednih voda</b> .....	32
4.2.1.	<i>Čišćenje cijevi za prikupljanje procjedne vode</i> .....	32
4.2.2.	<i>Održavanje i upravljanje kolektorskim cjevovodom procjednih voda</i> .....	32
4.2.3.	<i>Snimanje sustava za prikupljanje procjedne vode</i> .....	33
4.2.4.	<i>Održavanje sabirnih šahtova odvodnje procjednih voda</i> .....	33
4.2.5.	<i>Održavanje kompenzacijskih bazena</i> .....	35
4.2.6.	<i>Održavanje adaptiranog prepumpnog šahta za crpljenje oborinskih voda nakupljenih na sjevernom dijelu plohe 6</i> .....	36
4.3.	<b>Održavanje plinske mreže na tijelu odlagališta</b> .....	36
4.3.1.	<i>Održavanje glava plinskih zdenaca</i> .....	36
4.3.2.	<i>Prohodnost plinskih zdenaca</i> .....	36
4.3.3.	<i>Monitoring razine vode u izvedenim plinskim zdencima</i> .....	37
4.3.4.	<i>Održavanje odvajača kondenzata tip 1, tip 2 i tip 3</i> .....	38
4.3.5.	<i>Održavanje šahtova u kojima se nalaze ventili plinskih linija</i> .....	38
4.3.6.	<i>Održavanje sabirnog okna prije ulaska u plinsku stanicu</i> .....	38
4.3.7.	<i>Održavanje padova plinskih linijskih kolektora</i> .....	39
5.	<b>Zaključak</b> .....	40
6.	<b>Literatura</b> .....	42

## 1. Uvod

Jakuševac je najveće odlagalište u Hrvatskoj, i među najvećima je u ovom dijelu Europe. Nalazi se na desnoj obali rijeke Save i udaljeno je oko 5 km zračne linije od središta Zagreba. Od najbližih kuća prigradskog naselja Jakuševac udaljeno je približno 400 m. Na njemu se otpad nekontrolirano odlaže od 1965.g. i površina odlagališta do 1995.g. povećala se na 80 ha, s otprilike 4,5 milijuna m<sup>3</sup> odloženog otpada svih vrsta.

Prosječna visina odlaganja prelazila je 10 m. Najznačajnija odlika ovog odlagališta do početka devedesetih godina bilo je potpuno nekontrolirano odlaganje i nedostatak bilo kakvog koncepta njegova uređivanja i zatvaranja. Najvažniji utjecaj ovog odlagališta na okoliš odnosi se na podzemne vode, budući da je otpad u izravnom kontaktu s bogatim vodonosnim slojevima, a Zagreb u okolišu ima ili planira izgradnju značajnih crpnih kapaciteta vode za ljudsku potrošnju.

Pilot-projekt sanacije započeo je na površini od približno 10 ha ovog odlagališta, s rješenjem preslagivanja otpada na uređenu podlogu od kompozitnih slabo propusnih materijala. Cijena ovih radova iznosila je više od 80 mil. kn, a radovi su financirani iz gradskog proračuna. Za nastavak sanacije i njegovo uređivanje u sanitarno odlagalište, veličine oko 50 ha i kapaciteta za prihvatanje novog otpada do 2009.g., ishođen je zajam Europske banke za obnovu i razvoj u vrijednosti oko 100 mil. eura. Dijelom je već uveden ili se priprema sustav za smanjivanje količina i vremena raspada otpada (izdvajanje korisnog otpada, reciklaža biootpada i građevinskog otpada, termička obrada opasnog otpada) koji će se odlagati na odlagalištu.

## 2. Sanacija postojećeg odlagališta

Gradsko poglavarstvo je početkom 1991.g. pokrenulo izradu idejnog rješenja uređenja i zatvaranja smetlišta Jakuševac-Prudinec. Nakon analiza različitih varijantnih rješenja, odabrana je varijanta sanacije na način da se postojeći otpad uklanja (Slika 2.1) i privremeno odlaže na drugom mjestu (na postojećoj lokaciji) dok se nije uredilo slabo propusno dno (temeljni brtveni sustav) na koje će se kasnije ugrađivati prethodno uklonjen otpad. Radi jednostavnosti i što lakšeg usklađivanja spomenutih operacija, odlagalište podijeljeno je u plohe (1 - 6) (vidi prilog), te se po plohami i provodila sanacija.



*Slika 2.1 Uklanjanje postojećeg otpada*

(<http://www.gin.hr/project.aspx?id=72&RedirectUrl=/hr/projekti/infrastruktura&Naslov=landfill-jakusevec&itemId=82>, 2016.)

Sa sanacijskim radovima odlagališta započelo se 1996.g. kada je sanirana ploha 1. Uz spomenuti brtveni sustav, odabrano rješenje sadrži još i neke druge dijelove s kojima opisan način izvedbe uređenog dna tek zajedno čini cjelinu rješavanja sigurnog načina odlaganja otpada na budućem uređenom sanitarnom odlagalištu komunalnog otpada. To su:

- 1) sustav prikupljanja, odvodnje i obrade onečišćenih procjednih voda iz tijela deponije prije njihovog ispuštanja u recipijent, odnosno u sustav javne odvodnje,
- 2) sustav prikupljanja, odvodnje i ispuštanja oborinskih voda uređenog dijela tijela odlagališta Jakuševac-Prudinec u recipijent,

- 3) sustav prikupljanja i odvođenja odlagališnog plina na mali termoenergetski objekt (mTEO) u cilju energetske iskorisćenja plina ili spaljivanja na bakljama,
- 4) sigurnosni sustavi (kontrola dovoza različitih vrsta otpada, kontrola pristupa, interventni crpni sustav i postaja za monitoring kakvoće zraka i sl.)

Cjelokupni radovi podijeljeni su u dvije vremenski i prostorno odvojene faze. U prvoj fazi (fazi sanacije) postojeći stari otpad je prebačen na uređenu, brtvenu (slabopropusnu) podlogu, koja sprječava tečenje procjednih voda iz otpada u podzemlje. Sav stari otpad je premješten u plohe 1 do 5. Sa starim otpadom istovremeno se odlagao i novi otpad koji kontinuirano pristiže na odlagalište. Cjelokupna sanacija dovršena je 2003.g. kada je ugrađen sav stari otpad na izgrađen brtveni sustav i sustav odvodnje procjedne vode na ploham 1 do 5 (vidi prilog) . Tijekom sanacije se novo pristigli otpad ugrađivao na plohe 2 do 5 (vidi prilog) .

Druga faza podrazumijeva period nakon premještanja cjelokupnog starog otpada na izgrađene brtvene sustave, odnosno radove ugradnje novog otpada nakon završetka sanacije. U toj fazi se deponira samo novi otpad koji pristiže na odlagalište. Radovi u drugoj fazi ograničeni su na ugradnju novog otpada na plohe 5, 5D (dodataka plohe 5) i plohe 6 (vidi prilog) s nastavkom odlaganja na novouređene plohe, te prekrivanje odloženog otpada završnim prekrivnim sustavom nakon formiranja geometrije tijela odlagališta definiranog projektom. Dinamika realizacije navedenih radova prilagođena je stvarnoj situaciji na terenu a koja ovisi o brzini popunjavanja odlagališta novim otpadom. Godišnja količina otpada koji se odloži na odlagalište iznose približno 450.000 m<sup>3</sup>.

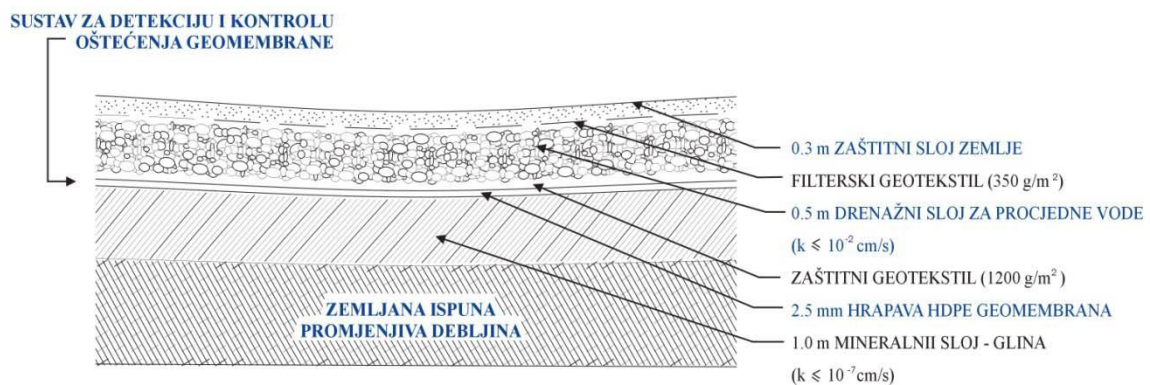
## **2.1. Temeljni brtveni sustav**

Temeljni brtveni sustav (Slika 2.2) za radne plohe od 2 do 6 (vidi prilog) izveden je kao složena cjelina koja se sastoji od 2,5 mm debele, fleksibilne geomembrane od polietilena visoke gustoće (HDPE) koja je poduprta zaštitnim glinenim slojem niske propusnosti. Ta dva brtvena elementa osiguravaju zaštitu podzemne vode na način da se smanji mogućnost prodiranja procjednih voda do temeljnog sloja i vodonosnika.

Geomembrane od HDPE-a se često koriste u industriji odlaganja otpada zbog njihove čvrstoće, trajnosti i kemijske otpornosti na velik broj supstanci koje se obično nalaze na odlagalištima otpada. Na geomembranu ugrađen je sustav za detekciju propuštanja kako bi se moglo utvrditi da li membrana pušta nakon instaliranja. (Slika 2.3)



Slika 2.2 Postavljanje temeljnog brtvenog sustava na odlagalištu Jakuševac  
([http://www.mzoip.hr/doc/tehnicko-tehnolosko\\_rjesenje\\_55.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/tehnicko-tehnolosko_rjesenje_55.pdf),2016.)



Slika 2.3 Presjek slojeva temeljnog brtvljenja (<http://documents.tips/download/link/tehnicki-opis-i-graficki-prilozi-i-diover0> ,2016.)

### 2.1.1. Zaštitni brtveni sloj od gline

Brtveni sloj od gline koji ima hidrauličnu provodljivost od  $1 \times 10^{-7}$  ili manje cm/s, izveden je tako da pokrije temelje i lateralne stranice ploha od 2 do 6 (vidi prilog). Debljina sloja gline iznosi jedan metar (4 x 0,25 m) za lateralne stijene svake plohe i na dnu plohe, osim na malim površinama gdje izlaze cijevi za sakupljanje procjedne vode.

Na područjima gdje izlaze cijevi za skupljanje procjedne vode debljina glinenog brtvenog sloja varira od 1 m do 0,5m na unutrašnjoj nožici obodnog nasipa. Variranjem debljine brtvenog sloja održavat će se razina barem jedan metar iznad buduće najviše očekivane visine podzemne vode od 107 m.n.m. i osigurat će se dodatni prostor.

Kako bi se osigurala sigurna zaštita podzemnih voda i na mjestima gdje je brtveni sloj od gline tanji, na tim mjestima će se postaviti drugi zaštitni brtveni sloj od geomembrane debljine 1 mm, a koji će se instalirati ispod dijela glinenog brtvenog sloja koji ima debljinu manju od 1 m.

U tlocrtu područje gdje je glineni brtveni sloj tanji od 1m, on ima trokutasti oblik i dugačak je oko 50 m (okomito na obodni nasip) s bazom od 40 m (u nožici obodnog nasipa).

### 2.1.2. Geomembrana

Za postavljanje geomembrane (Slika 2.3) korištena je 2,5 mm debela hrapava geomembrana od polietilena visoke gustoće. Ona je postavljena iznad brtvenog sloja od gline na dno radne plohe i uz pokose na dnu plohe. Na geomembranu je postavljen netkan zaštitni geotekstil veće mase po m<sup>2</sup> radi zaštite tijekom postavljanja slojeva za sustav za sakupljanje procjednih voda.



Slika 2.4 Postavljanje geomembrane (<http://his.hr>, 2016.)

### 2.1.3. Sustav za detekciju propuštanja

Nakon postavljanja geomembrane sustavom za otkrivanje propuštanja, koji se postavi ispod sloja HDPE geomembrane, ispituje se integritet geomembrane. Ovim sustavom se, prije početka odlaganja otpada, utvrđuje da li ima nekih propuštanja na brtvenom sustavu.

Sustav za detekciju oštećenja geomembrane je skup kablova, mjernih i napajajućih elektroda, i mjernih ormara čija je funkcija pronalazak mjesta oštećenja geomembrane. Mjerne elektrode se postavljaju prema planu polaganja prije polaganja HDPE geomembrane debljine 2,5 mm, a napajajuće elektrode se postavljaju iznad zaštitnog geotekstila tipa 1.000 g/m<sup>2</sup>.

Električna struja upušta kroz napajajuće elektrode stavljene preko membrane, te se pad električnog potencijala očitava na mjernim elektrodama. Anomalije u električnom polju pokazuju oštećenja geomembrane

## **2.2. Gornji brtveni sloj**

Gornji brtveni sloj i gotova prekrivka su trajni zaštitni slojevi koji se ugrađuju preko ispunjenih dijelova tijela odlagališta kada ugrađeni otpad dostigne projektirane gabarite. Projekt gornjih brtvenih slojeva i gotove prekrivke predviđa 3 glavne funkcije:

- 1) da se umanju izbijanje odlagališnog plina (a time i neugodnih mirisa) iz tijela odlagališta i njegova emisija u atmosferu.
- 2) da se spriječi direktan kontakt (ptica i drugih životinja) sa otpadom,
- 3) da se ograniči dugoročna infiltracija oborina u tijelo deponije i na taj način se minimalizira nastajanje procjednih voda.

Radovi na izvedbi gornjeg brtvenog sloja i gotove prekrivke imaju za cilj utjecati na djelovanja površinskih voda na stvaranje erozije (koja umanjuje dugoročnu funkcionalnost gornjih površinskih slojeva i poskupljuje održavanje pokosa i obodnog kanala). Sustav upravljanja površinskim vodama treba uklanjati oborinske vode sa završnog pokrova bez pretjerane erozije tla i smanjiti količinu vode koja će se infiltrirati kroz pokrovni sustav.

Sustav treba imati sljedeće funkcije:

- 1) sakupljanje i odvod površinskih voda s površine odlagališta na relativno kratkim udaljenostima,
- 2) drenažni putevi (kanali i berme) i drenažni uređaji (odvodne cijevi niz padinu i disipatori energije) koji na učinkovit način odvođe površinske vode i odgovarajućom brzinom, tako da ograniče pretjeranu eroziju i ispiranje površine. Sustav je projektiran tako da se površinska voda odvodi kroz stalne odvodne kanale do postojećeg retencijskog jezera koji se nalazi istočno od plohe 1

### **2.2.1. Komponente završnog pokrova**

Tijelo odlagališta ima dva različita sustava završnog prekrivanja, prvi sustav je za bočne pokose a druga za krovni dio tijela odlagališta. Krovni dio tijela je projektiran sa slojem od linearne polietilenske geomembrane niske gustoće (LLDPE) debljine 1 mm dok pokosi nisu.

Kompozitna prekrivka odabrana je za krovni dio tijela odlagališta kako bi se smanjila infiltracija u području gdje je nagib površine od samo 5%. Oba sustava se sastoje od sljedećih komponenti; humusni sloj, sloj zaštite od smrzavanja, gornji geosintetski dren za vodu (za oborinske vode), geosintetski glineni brtveni sloj (GCL), geosintetski sloj za otplinjavanje i

međuprekrivni sloj. Konfiguracije prekrivke za krovni dio i bočne pokose, počevši od gornjeg sloja nadalje, su sljedeće:

Krovni dio prekrivke (pokos od 5% ):

1. Humusni sloj debljine 0,15 m
2. Sloj zaštite od smrzavanja debljine 0,65 m
3. Geosintetski dren za vodu
4. Linearna polietilenska geomembrana niske gustoće debljine 1 mm
5. Geosintetski glineni brtveni sloj, GCL
6. Geosintetski sloj za otplinjavanje
7. Međupokrov 0,30 m

Bočni pokosi prekrivke (2.85H:1V):

- Humusni sloj debljine 0,15 m
- Sloj zaštite od smrzavanja debljine 0,85m
- Geosintetski dren za vodu
- Geosintetski glineni brtveni sloj, GCL
- Geosintetski sloj za otplinjavanje
- Međupokrov 0,30 m

#### **Međupokrov (međuprekrivni sloj)**

Međupokrov se izvodi na produljenoj prekrivci debljine 30 cm a neposredno prije polaganja geosintetskog sloja za otplinjavanje. Debljina međuprekrivnog sloja je 30 cm.

Granulometrija međuprekrivnog sloja treba biti takova da je 85 % zrna jednakog ili većeg promjera od 0.05 mm. Propusnost međuprekrivnog sloja mora biti  $\geq 1 \times 10^{-4}$  cm/s.

U međuprekrivnom sloju ne smije biti oštih predmeta (armature, komada stijanja, stakla i sl.) koji bi mogli oštetiti ostale gornje brtvene slojeve (prvenstveno LLDPE geomembranu).

#### **Geosintetski sloj za otplinjavanje**

Geosintetski sloj za otplinjavanje izvodi se direktno iznad međupokrova. Geosintetski sloj za otplinjavanje sastoji se od jezgre od polietilena (PE) ili polipropilena (PP) na koju se termičkim procesom s gornje i donje strane spajaju dva netkana geotekstila. Geosintetski sloj za otplinjavanje ima minimalnu transmisivnost od  $8 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/sek.



### **Geosintetski glineni brtveni sloj (GCL)**

Geosintetski glineni brtveni sloj (GCL) izvodi se iznad geosintetskog sloja za otplinjavanje. Ugrađuje se na krovnom dijelu i bočnim pokosima. Geosintetski glineni brtveni sloj je hidraulička barijera koja se sastoji od zrnate prirodne natrijeve bentonitne gline umetnute između dva geotekstila učvršćene tkanjem ili šivanjem. Propusnost geosintetskog glinenog brtvenog sloja je maksimalno  $5 \times 10^{-9}$  cm/s.

### **Geomembrana od linearnog polietilena niske gustoće (LLDPE)**

Brtveni sloj koji se sastoji od 1 mm, glatkog, linearnog polietilena niske gustoće (LLDPE) treba se izvesti iznad geosintetskog glinenog brtvenog sloja (GCL) na krovnom dijelu prekrivke (5% nagiba). Geomembrana LLDPE se ne ugrađuje na pokosima tijela odlagališta nagiba 1V:2.85H. Ovaj vrlo slabo propusan sloj ima osnovnu funkciju u sprječavanju prodiranja oborinskih voda u odložen otpad te sprječava prodiranje odlagališnog plina u geosintetski dren za vodu.

### **Geosintetski dren za vodu**

Na krovnom dijelu prekrivke, geosintetski dren za vodu izvest će se direktno preko linearne polietilenske geomembrane niske gustoće (LLDPE) debljine 1 mm, a koja je položena na geosintetski glineni brtveni sloj (GCL). Na bočnim pokosima geosintetski dren za vodu se izvodi direktno iznad geosintetskog glinenog brtvenog sloja (GCL).

Geosintetski dren za vodu sastoji se od jezgre od polietilena (PE) ili polipropilena (PP) na koju se termičkim procesom s gornje i donje strane spajaju dva netkana geotekstila. Geosintetski dren za vodu ima minimalnu debljinu 7 mm i minimalnu transmisivnost od  $8 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s.

Ovaj sloj mora ukloniti vodu koja se infiltrira kroz gornji sloj zaštite od smrzavanja i humusni sloj za vrijeme i nakon prekrivanja odlagališta, te spriječiti tečenje pod tlakom u tom sloju. Drenažni sloj morao bi infiltrirati vodu duž površine donjeg ležećeg prekrivnog sloja do drena smještenog u zaštitnim bermama i nožici pokosa prekrivnog sustava.

### **Sloj zaštite od smrzavanja**

Sloj zaštite od smrzavanja/humusni sloj treba se izvesti odmah iznad geosintetskog drena za vodu. Sloj zaštite od smrzavanja je projektiran u debljini od 0,65 m na krovnom dijelu prekrivke i 0,85 m na bočnim pokosima.

Ovaj sloj će se sastojati od zemlje s terena pročišćene od korijenja stabala, panjeva, komada kamena i ostalih štetnih predmeta. Propusnost ovog sloja je oko  $3,3 \times 10^{-5}$  cm/s. Sloj zaštite od smrzavanja namijenjen je da zaštiti donje ležeće slojeve od prodiranja korijenja i smrzavanja.

### **Humusni sloj**

Humusni će se sloj izvesti iznad sloja zaštite od smrzavanja u debljini od 0,15 m. Humusni sloj namijenjen je da pospješi rast trave čija je funkcija zaštita od erozije.

### **Zatravljenje (završni vegetacijski pokrov)**

Vegetacija na završnom pokrovu je bitni element koji sprečava eroziju. Dobro zasađena vegetacija poboljšava i evapotranspiraciju vlage iz tla gornjeg brtvenog sloja.

Kada se trava uhvati za humusni sloj važno ju je stalno održavati košnjom. Košnja vegetacije je potrebna da bi se umanjili rizici od požara.

Predviđeno je da se završni prekrivni sustav kao i vanjski pokosi obodnog nasipa zatravne. Ekološko funkcionalni učinci zatravljenja su krajobrazno uređenje, biotehnoška rekultivacija, konzervacija i stabilizacija površinskog sloja tla vezanjem tla, eliminacija vjetro - vodo erozivnih procesa, saniranje neuralgičnih mjesta reljefa, popravljjanje vodoodrživosti, smanjena evaporacija, podizanje kapaciteta za sorpciju i izmjenu tvari, popravljjanje fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava tla u smislu pripreme staništa za kulture daljnjih faza rekultivacije.

## **2.3. Sustav za skupljanje i odvođenje oborinskih voda**

Na plohama 1 – 4 (vidi prilog) (do plinske linije L) je izveden sustav za prikupljanje i odvođenje oborinskih voda s površine odlagališta do obodnog kanala. Sustav upravljanja površinskim vodama je projektiran tako da prikuplja i odvodi oborinsku vodu sa završnog pokrova na način da se umanja erozija izvedenih dijelova tijela odlagališta te da se umanja infiltriracija oborinske vode kroz izvedeni brtveni sustav. Sustav za sakupljanje i odvodnju površinskih voda s površine krovnog dijela odlagališta ima sljedeće elemente:

- drenažni rovovi u sustavu zaštite od smrzavanja,
- odzračnici drenažnih rovova,
- drenažni kanali,
- šahtovi za sakupljanje oborinskih voda,
- berme,
- uljevne građevine u korugirane odvodne cijevi,
- korugirane odvodne cijevi (položene niz padinu),
- slapišta i disipatori energije.

Sustav je projektiran tako da se površinska voda odvodi kroz stalne odvodne kanale do retencijskog jezera koji se nalazi istočno od plohe 1.

### **2.3.1. Drenažni rovovi u sustavu zaštite od smrzavanja**

Na geosintetski drenažni sloj za vodu treba postaviti filtarski geotekstil površinske mase 400 g/m<sup>2</sup> (minimalne širine 205 cm) i perforiranu PEHD cijev promjera 200 mm. Perforiranu cijev se treba zasuti s drenažnim šljunkom tako da šljunak formira tijelo prizme koji u poprečnom presjeku izgleda kao trapez.

Širina zasipa mora u osnovici (donjoj bazi) biti širine 80 cm, visine 30 cm, bočnih stranica nagiba V:H =1:1 i širine u gornjoj bazi 20 cm. Filtarskim geotekstilom mora omotati prizmu tako da se na gornjoj bazi stranice geotekstila preklapaju.

Nakon postavljanja geotekstila, na geotekstil treba ručnim alatom postaviti sloj zaštite od smrzavanja kako bi se rov zaštitio od oštećenja prilikom manipulacije i ugradnje sloja protiv smrzavanja.

### **2.3.2. Odzračnici drenažnih rovova**

Na krovnom dijelu tijela odlagališta (iznad temeljnog sloja plohe ) (vidi prilog) na poziciji drenažnog rova DR\_J1 i između DR\_J1 i DR\_J2 (naziv odzračnika DR\_J1/2) nalaze se odzračnici drenažnog rova koji je izveden u sloju zaštite od smrzavanja. Odzračnici DR\_J1 i DR\_J1/2 su izvedeni u cilju odzračivanja drenažnog rova i cijevi, budući da je u navedenom rovu i drenažnoj cijevi kao i u šahtu DR\_J2 u prethodnom razdoblju detektiran odlagališni plin (metan).

### **2.3.3. Šahtovi za sakupljanje oborinskih voda**

Na krovnom dijelu tijela odlagališta nalazi se 10 šahtova za odvodnju oborinskih voda promjera 1.200 mm. Šahtovi su locirani na mjestima križanja ili promjene smjera trase ukopanih drenažnih rovova (s cijevima) odvodnje. Svi šahtovi oborinskih voda na krovnom dijelu odlagališta, na svojim poklopcima imaju izveden odzračnik.

### **2.3.4. Uljevne građevine u korugirane odvodne cijevi**

Na mjestima križanja bermi i naboranih polietilenskih cijevi izvedene su građevine u korugirane odvodne cijevi. Uljevne građevine su elementi sustava površinske odvodnje izvedeni od zavarene PEHD pločevine debljine 1 cm.

### **2.3.5. Naborane polietilenske cijevi promjera 250 mm**

Naborane polietilenske cijevi dizajnirane su tako da odvede sakupljenu površinsku vodu sakupljenu sa krovnog dijela odlagališta koja se sakuplja šahtu promjera 1.200 mm i odvodi je do križanja s najvišom (gornjom) bermom koja se nalaze na pokosu tijela odlagališta. Naborane polietilenske cijevi promjera 250 mm je izrađena od plastike s glatkim unutrašnjom stijenkama.

### **2.3.6. Naborane polietilenske cijevi promjera 750 mm**

Naborane polietilenske cijevi dizajnirane su tako da odvede sakupljenu površinsku vodu sa bermi do obodnih kanala koji se nalaze uz vanjski rub bodnih nasipa. Cijevi niz bočne stranice tijela odlagališta imaju promjer 750 milimetara, izrađene su od plastike s glatkim unutrašnjim stijenkama. Cijevima ce se površinske vode odvoditi do slapišta i disipatora energije do rip-rapa koji treba izvesti na izlazu iz cijevi.

### **2.3.7. Slapišta i disipatori energije**

Na krajnjem nizvodnom dijelu korugirane polietilenske cijevi promjera 750 mm na samom izljevu u obodni kanal potrebno je izvesti i ugraditi slapište u obliku proširenja polietilenske cijevi i ugraditi kameni materijal za disipaciju energije (tzv. rip rap materijal). Slapišta su izvedena od PEHD plastike s glatkim unutrašnjim stijenkama debljine 1 cm, a disipator energije od lomljenog kamena (rip-rapa).

## 2.4. Sustav za skupljanje i odvodnju procjednih voda

Sustav sakupljanja procjednih voda sastoji se od dvije glavne komponente :

- 1) sustava za dreniranje procjedne vode unutar ploha tijela odlagališta (ploha 1 do 6)
- 2) sustava za odvodnju procjedne vode kojim se ona odvodi iz ploha 1 do 6 do sabirnih bazena (vidi prilog).

### 2.4.1. Sustav dreniranja procjednih voda

Sustav dreniranja procjednih voda sastoji se od perforiranih (koje su ugrađene u drenažnom sloju) i punih cijevi (Slika 2.4) (ugrađene u obodnom nasipu) za prihvatanje procjednih voda. S pojedinih kaseti, na kojima još nije započela ugradnja otpada, oborinske vode se istim sustavom odvede u oborinski kanal.

Procjedne vode gravitacijski otječu iz pojedinih ploha do šahtova procjednih voda koji se nalaze uz vanjsku nožicu obodnog nasipa. Perforirane cijevi drenaže imaju promjer 300/250 mm i ukupna dužina drenažnih cijevi na plohi 1 iznosi približno 1.800 m.

Na plohi 2, drenažne cijevi su promjera 200/175 mm. Od plohe 3 do uključivo plohe 5, drenažne cijevi su vanjskog promjera 160/143 mm. Kroz nasip plohe 5D (sjever i jug) je položena puna PEHD cijev promjera 160/143 mm dužine 50 m, dok je u drenažnom sloju položena perforirana drenažna cijev promjera 200/175 mm.

Ploha 6 je u cijelosti izvedena s cijevima promjera 200/175 mm. Ukupna dužina drenažnih cijevi (uključivo i pune cijevi kroz nasip) na plohama 1 do 6 iznosi 6.531 m.



Slika 2.5 Radovi na izvedbi sustava odvodnje procjednih voda (<http://his.hr>, 2016.)

## **2.4.2. Sustav za odvodnju procjedne vode**

Sustav za odvodnju procjedne vode se sastoji od šahtova, kompenzacijskih bazena i kolektorskih cijevi kojima procjedna voda dovodi do sabirnih bazena. Od šahtova ploha 6 do 2, procjedne vode se preko kolektorskih cijevi i kompenzacijskih bazena (prepumpnog šahta) koji se nalazi na sjevernom i južnom spoju ploha 2 i 1 i preko kolektora plohe 1 odvede u sabirne bazene (SB) sjever i jug (vidi prilog) .

Na plohi 1 nalazi se 17 šahtova od cega 10 služe za prihvat procjednih voda. Na plohama 2 do 6 je izvedeno 22 šahta procjednih voda. Od šahtova procjednih voda kroz tijelo nasipa prolaze pune PEHD cijevi dužine približno 50 m, te se tada mijenja tip cijevi u perforirane. Spojne kolektorske cijevi su vanjskog promjera 300 mm. Ukupna dužina cijevi sjevernog obodnog kolektora iznosi 1.383 m, a južnog 1.524 m.

## **2.4.3. Kompenzacijski bazeni (sjever i jug)**

Na spoju ploha 1 i 2 (vidi prilog) na sjevernoj i južnoj strani tijela odlagališta, nalaze se kompenzacijski bazeni (prepumpni šahtovi) koji procjednu vodu koja dolazi iz kolektora ploha 6 do 2 prepumpavaju na višu kotu u kolektorske cijevi plohe 1, od kuda procjedna voda gravitacijski dalje teče prema sabirnim bazenima sjever i jug. Tlocrtna dimenzija kompenzacijskog bazena je  $1,8 \times 6$  m, dubina iznosi 2,2 m.

## **2.4.4. Šahtovi procjednih voda**

U svim šahtovima procjednih voda nalaze se sifoni i kinete kolektorske cijevi. Šahtovi procjednih voda na plohama 3 do 6 (18 šahtova) osim sifona imaju i ventile za ručno zatvaranje čime se može spriječiti dotok procjednih voda u šaht.

Na plohi 1 na mjestu ulaska kolektorskih cijevi u sabirne bazene u tri šahta se nalaze križni ventili. Svi šahtovi procjednih voda imaju dvostruke vanjske stijenke. Dvostruke stijenke kolektorskih cijevi i dvostruke stijenke šahtova omogućuju provedbu kontrole vodonepropusnosti.

## 2.5. Otplinjavanje odlagališta i plinska mreža do plinske stanice

### 2.5.1. Sustav plinskih zdenaca na odlagalištu

Odlagalište otpada Jakuševac otplinjava se preko trajnih i privremenih plinskih zdenaca aktivnim sustavom otplinjavanja, putem mreže plinovoda kojom se prikupljeni plin dovodi do plinske stanice odnosno malog termoenegretskog objekta (mTEO). Dio sustava za otplinjavanje je i sustav za manipuliranje kondenzatom.

Kolektorski (linijski) cjevovodi koji povezuju plinske glave se polažu u zaštitni sloj od smrzavanja te se potom vežu u kruni južnog obodnog nasipa s kolektorskim cjevovodom koji provodi odlagališni plin do plinske stanice odnosno malog termoenergetskog postrojenja (mTEO) za obradu i iskorištavanje plina

### 2.5.2. Izvedba trajnih (vertikalnih) plinskih zdenaca

Trajni vertikalni plinski zdenci se izvode tek po dosizanju visinskih gabarita i padova krovnog dijela i bočnih pokosa tijela odlagališta. Bušenje (Slika 2.5) odnosno iskop se provodi sa zaštitnim kolonama po čitavoj dubini bušenih zdenaca.

Filteri plinskih zdenaca: slotirane PVC cijevi promjera 160 mm postavljene u filtarske ispune uglavnom od šljunka, minimalnog promjera bušotine od 1200 mm. Vertikalne cijevi plinskih zdenaca: PVC cijevi čvrstih stijenki bez ispupčenja, promjera 160 mm koje se od slotirane cijevi filtra pružaju do gornjeg nivoa (spoja s plinskom glavom, završne kape cijevi).



Slika 2.6 Bušenje plinskih zdenaca (Videc, Z. 2015.)

Materijali od kojih se sastoji plinski zdenac:

1) Filtarska ispuna od krupnog šljunka 32-64 mm: Eruptivni, prani filtarski kamen bez karbonata postavljen oko vertikalne slotirane cijevi filtra.

2) Filtarski sloj od sitnog šljunka: Filtarski sloj šljunka postavljen između krupnog šljunka koji okružuje slotiranu cijev filtra i bentonitnog brtvenog sloja.

3) Glineni brtveni čep: glinoviti materijal u skladu s propisanim tehničkim uvjetima koja se postavlja od vrha glinenog brtvenog čepa do nivoa od 0.5 m ispod razine konačne kote terena oko zdenca.

4) Cementno-bentonitni čep

Cementno-bentonitni brtveni sloj: smjesa od čistog bentonitnog praha pomiješanog s cementom koja se postavlja od vrha glinenog brtvenog čepa do nivoa od 0.5 m ispod razine konačne kote terena oko zdenca. Cementno bentonitni čep se izvodi tako da težinski omjer bentonit/cement bude 0.15/1 te da se u mješavinu dodaje dovoljno vode kako bi se omogućilo miješanje i ugradnja.

Montaža glava plinskih zdenaca se mora provesti pažljivo uz poštivanje svih propisanih mjera zaštite na radu i zaštite od požara i eksplozije. Po montaži glave na vrh zdenca, odmah se ugrađuje cementno-bentonitni čep, a ostatak materijala iz iskopa se vraća u iskop uz zbijanje ručnim nabijačima. Prijanjanje cementno-bentonitnog čepa uz glavu zdenca te spriječavanje razlijevanja bentonitne smjese, treba osigurati odgovarajućim kalupima.

5) Montaža plinske glave na vertikalnu cijev plinskog zdenca

Plinske glave služe za regulaciju i praćenje stanja (monitoring) odlagališnog plina u sustavu aktivnog otplinjavanja. Plinske glave se postavljaju na vrh već izvedenih odušnika. Postavljanje plinskih glava na odušnike zahtijeva pažljiv postupak u kojemu posebnu pozornost treba pokloniti mjerama zaštite na radu i mjerama zaštite od požara i eksplozije.

### **2.5.3. Spoj gornjeg brtvenog sustava s plinskim zdencom**

Oko plinskih zdenaca potreban je dodatan oprez i ručna ugradnja svih slojeva brtvenog sustava kako ne bi došlo do eventualnog oštećenja vertikalno položenih PVC i PEHD cijevi. Slojevi geosintetskih materijala iz prekrivnog brtvenog sloja se polažu uz vertikalno položenu PVC i PEHD cijev, a preklop mora biti minimalno 20 cm. Dimenzije geosintetskih materijala koji se polažu u cilju spajanja gornjih brtvenih slojeva s postojećim brtvenim slojevima iznose približno 550 x 550 cm.



Preklop položenog materijala u prekrivnom brtvenom sustavu i novog materijala mora biti minimalno 60 cm. Na sintetski dren za plin se polaže geosintetski glineni tepih (GCL), koji je potrebno položiti neposredno uz montiranu glavu.

Neposredno uz montiranu glavu izvodi se zavareni "ovratnik" od PE100 pločevine debljine 1 cm i minimalne širine vijenca od 10 cm. Potom se na ovratnik ekstruderski zavari LLDPE geomembrana debljine 1,00 mm. Funkcija zavarene geomembrane je maksimalno moguće prijanjanje uz plinski zdenac čime će se ograničiti emisija odlagališnog plina uz glavu plinskog zdenca.

Novo položena LLDPE geomembrana se ekstruderski zavaruje na postojeću geomembranu i na PEHD ovratnik. Preklopi geomembrane moraju biti minimalno 60 cm. Svi zavari geomembrane se ispituju nekom od uobičajenih nerazornih metoda (visokofrekventne struje, vakuum, zračni pritisak, itd.) Na položenu LLDPE geomembranu se još polaže dren za vodu s preklopom od 60 cm preko starog materijala i 20 cm uz glavu plinskog zdenca.

Nakon izvođenja svih prekrivnih slojeva, a prije montaže plinske glave, potrebno je ponovno ispitati prohodnost zdenaca i razinu procjedne vode. Nakon toga pristupa se montaži plinske glave, uz iskop zaštitnog zemljanog sloja, u svrhu montaže priključne cijevi prosječne duljine 3,00 m.

#### **2.5.4. Zaštita plinskih linija koje se polažu u zaštitni sloj protiv smrzavanja**

Na mjestu prolaska servisne prometnice preko plinskih kolektorskih cijevi potrebno je izvesti odgovarajuću zaštitu kako bi se spriječilo nejednoliko slijeganje i eventualno oštećenje kolektorske cijevi uslijed prometa. Predviđeno je izvođenje zaštite pomoću AB kolničke ploče u podlozi koje se nalazi cementom stabilizirani kameni materijal te mehanički zbijeni, nevezani kameni materijal. U osi AB ploče, s donje strane radi se oslabljenje AB konstrukcije s ciljem kontroliranja mjesta nastanka pukotine uslijed skupljanja betona. Oslabljenje je potrebno izvesti širine cca 1 cm a dubine/visine do armature donje zone.

#### **2.5.5. Šahtovi s ventilima plinskih linija**

Šaht s ventilom plinske linije trajnog i privremenog otplinjavanja ima visinu od približno 1,3 m. Prije ugradnje šahta mora se geodetski izmjeriti kotu priključnog linijskog cjevovoda i okolnog tla tako da, nakon izvedbe zaštite protiv smrzavanja, šaht barem za 0,5 m bude izvan razine okolnog uređenog tla. Poklopac šahta mora imati izveden odzračnik od natkrivenih perforacija (rupa) na površini poklopca, kako bi se osiguralo odzračivanje i u isto vrijeme spriječilo gomilanje vlage u šahtu.

### **2.5.6. Hvatači kondenzata, odzračnici plinodrenažnog sloja**

Svi hvatači kondenzata moraju biti izvedeni od specijalnog elektrovodljivog PEHD materijala (koji provodi statički elektricitet). Svi hvatači kondenzata moraju biti ugrađeni u drenažni sloj šljunka

Svi odzračnici plinodrenažnog sloja moraju biti izvedeni od specijalnog elektrovodljivog PEHD materijala koji provodi statički elektricitet.

### **2.5.7. Sabirni plinski cjevovodi (plinski kolektori)**

Kolektorski (linijski) cjevovodi koji povezuju plinske glave se polažu u zaštitni sloj od smrzavanja te se potom vežu u kruni južnog obodnog nasipa s kolektorskim cjevovodom koji provodi odlagališni plin do plinske stanice odnosno malog termoenergetskog postrojenja (mTEO) za obradu i iskorištavanje plina.

U kruni južnog obodnog nasipa, izvedena su 4 komada (promjera 160 mm) i 1 komad (promjera 400 mm) sabirnih plinskih cjevovoda. Sabirni plinski cjevovodi promjera 160 mm služe za prikupljanje odlagališnog plina ploha 1 i 2 (zajednički kolektor), 3, 4 i 5. Plinski kolektor plohe 6 promjera 400 mm je položen u krunu nasipa s početkom u profilu 14 i trenutno nije u funkciji budući da nije izveden niti jedan plinski zdenac na plohi 6.

### **2.5.8. Privremeno otplinjavanje**

U cilju što racionalnijeg iskorištenja odlagališnog plina, smanjenja širenja neugodnih mirisa, zaštite zdravlja, kao i zaštite okoliša od utjecaja stakleničkih plinova, izvodi se sustav privremenog otplinjavanja izvedbom horizontalnih plinskih drenova u dvije razine.

Sustava privremenog otplinjavanja se izvodi s horizontalnim plino-drenažnim cjevovodima, smještenim poprečno na smjer pružanja tijela odlagališta. Cjevovod i rov privremenog otplinjavanja mora imati uzdužni pad od 8% i razvodi se od najviše točke cjevovoda smještene unutar tijela odlagališta prema PEHD šahtovima. Predviđa se izvedba dva reda linija za privremeno otplinjavanje i to prvi red s šahtovima smještenim nešto iznad visinske kote obodnog nasipa približne visinske kote 120 m.n.m. i drugi red visinske kote 135 m.n.m.

Promjer PP-H100 privremene plinske linije ugrađene u tijelu odlagališta mora biti vanjske dimenzije 200 mm i debljine stijenke 18,2 mm (SDR11). Privremene plinske linije moraju biti

perforirane po središnjem rasponu (dijelu) smještenom u tijelu odlagališta, kojim zahvaćaju deponijski plin, dok krajnji dijelovi linije moraju biti izvedeni od punih cijevi.

Na punom dijelu cjevovoda mora biti izveden glineni čep kojim će se spriječiti oslobađanje odlagališnog plina i eventualne procjedne vode uz cijev privremenog otplinjavanja. Dionica pune cijevi u dužini od minimalno 4 m mora biti od UV stabiliziranog, elektrovodljivog PP-Rs- el materijala (SDR11).

Perforacije moraju biti izvedene po poprečnom presjeku, u obliku bušenih perforacija promjera 1 cm na svakih 45° mjereno od središnje osi plinske cijevi (8 perforacija po presjeku). U uzdužnom smjeru se perforacije izvode na svakih 5 cm cijevi.

Po izgradnji rova za privremeno otplinjavanje (1,5 × 1 m), rov se oblaže filtarskim geotekstilom, na način da nakon zapunjavanja rova materijalom šljunka, geotekstil obavije cjelokupnu drenažu uključivo njegov površinski dio. Nakon polaganju cijevi na šljunčanu posteljicu (debljine 30 cm) koja je ugrađena u rovu na geotekstil, rov se zasipava do ukupne visine 1 m oblim šljunkom granulacije od 4 do 64 mm.

Važno je napomenuti kako je potrebno pažljivo zasipavanje šljunkom da ne bi došlo do eventualnog oštećenja cijevi koje bi moglo rezultirati njenim diskontinuitetom i smanjenom izdašnošću. Nakon ugradnje šljunčanog zasipa, rov se obavlja geotekstilom, i na površinski položen geotekstil se postavlja otpad iz iskopa kako ne bi došlo do oštećenja ili razmatanja geotekstila tijekom kasnije ugradnje otpada.

Glava plinskog zdenca za privremeno otplinjavanje se izvodi na kraju linije privremenog otplinjavanja. Na krajevima plinske linije ugrađena je demontažna ploča (flanža) s X komadom, čijom se demontažom omogućava inspekcija (CCTV kamerom) i održavanje privremene plinske linije (ispiranjem). Glava privremenog plinskog zdenca je sklop za kontrolu protoka deponijskog plina i monitoring. Glava privremenog plinskog zdenca mora biti izvedena od elektrovodljivog HDPE-el materijala Ventil za regulaciju protoka postavljen je u linijski šaht privremenog otplinjavanja.

## **2.6. Obodni nasip**

Obodni nasip je izveden oko svih ploha odlagališta (plohe 1 do 6). Visina obodnog nasipa je od 9 do 10 m, i u kruni ima širinu od 6 m. Pokos sa vanjske strane nasipa (gledano s tijela odlagališta) ima pad 1V:2.5H, dok s unutrašnje strane nasip ima pad od 1V:3H. Obodni nasip ima osnovnu mehaničku funkciju osiguranja stabilnosti tijela odlagališta.

Sa sjeverne strane kasete 6/1 i plohe 5D (vidi prilog), u obodnom nasipu je formirana prilazna rampa koja se koristi kako bi kamioni koji dovoze otpad mogli pristupiti mjestu odlaganja.

## 2.7. Međunasip (Zečji nasip)

Međunasip (zečji nasip) (Slika 2.6) je građevina koja se izvodi na zaštitnom sloju sustava za sakupljanje procjedne vode unutar pojedinih kaseti. Međunasipom se procjedne vode jedne plohe na kojoj se ugrađuje otpad, separiraju od druge izvedene plohe na koju se nije odlagao i na kojoj se trenutno ne odlaže otpad.

Plohe na kojima se ne odlaže otpad moraju imati odvojenu odvodnju oborinskih voda od ploha na kojima se odlaže otpad, kod kojih se procjedne vode odводе u sustav procjednih voda. Međunasipi (zečji nasipi) su izvedeni između ploha odlagališta određenih projektom. Nožica pokosa tijela otpada mora biti udaljena minimalno 10 m od osi krune međunasipa.



*Slika 2.7 Izgradnja međunasipa (Videc,Z. 2015.)*

### 2.7.1. Izvedba međunasipa

Prije same izvedbe, uklanjanja se zaštitni sloj, slojevi: filtarskog geotekstila (tipa  $400 \text{ g/m}^2$ ), drenažnog sloja, zaštitnog geotekstila (tipa  $1000 \text{ g/m}^2$ ). Sve slojeve treba ukloniti pažljivo kako ne bi došlo do oštećenja hrapave PEHD geomembrane (debljine 2,5 mm). Nakon uklanjanja donjeg brtvenog sloja do geomembrane slijedi čišćenje i pripremu podloge za linijski zavar glatke HDPE geomembrane debljine 1 mm i hrapave PEHD geomembrane debljine 2,5 mm.

Geomembrana se osigurava na način da se uz nožicu međunasipa ugradi sloj zemlje dimenzija  $0,5 \times 0,5 \text{ m}$  duž cijele dužine zečjeg nasipa.

## **2.7.2. Vraćanje slojeve u prvobitno stanje**

Nakon polaganja glatke PEHD geomembrane od 1 mm i osiguranja od pomicanja geomembrane sa zemljom, uklonjeni slojevi zaštitnog geotekstila (tipa 1000 g/m<sup>2</sup>), drenažnog sloja, filtarskog geotekstila (tipa 400 g/m<sup>2</sup>) i zaštitnog sloja moraju se vratiti u projektno stanje.

## **2.7.3. Privremena kontrola površinskih voda**

Oborine koje dolaze u kontakt s otpadnim materijalom trebalo bi se ograničiti unutar odlagališta obodnim nasipom kao i međunasipima (zečjim nasipima) koji se nalaze između pojedinih ploha i formiraju kasete ploha. Ploha 6 se sastoji od 3 kasete i to kasete 6/1 (istočna), 6/2 (središnja) i 6/3 (zapadna).

Oborinska voda treba se sakupljati odvojeno i odvoditi u sustav za odvodnju oborinskih voda (obodni kanal). Prije početka ugradnje otpada u kaseti 6/1, adaptiran je sustav odvodnje tako da se oborinske vode kasete 6/2 i 6/3 prebacuju u sustav oborinskih voda a procjedna voda iz kasete 6/1 da se pripoji sustavu odvodnje procjednih voda. Neposredno prije početka odlaganja otpada na kasete 6/2 i 6/3 treba spojiti odvodnju tih ploha na sustav procjednih voda.

## **2.8. Kanali**

Pod pojmom kanali podrazumijeva se otvoreni sustav prikupljanja i provođenja oborinskih i drugih površinskih voda na prostoru odlagališta. Svi kanali su na prostoru odlagališta izvedeni u potpunosti. Na odlagalištu se nalazi obodni kanal uz obodni nasip odlagališta te kanal uz sjevernu ogradu.

### **2.8.1. Obodni kanal**

Obodni kanali su izvedeni uz vanjsku nožicu obodnog nasipa oko svih ploha odlagališta (plohe 1 do 6). Dužina otvorenog dijela obodnog kanala iznosi 2800 m. Obodni kanali tijela Odlagališta moraju biti tako održavani da omogućuju nesmetano protjecanje oborinskih voda a u skladu s postojećom projektom dokumentacijom.

Obodni kanali sa sjeverne strane projektiran je tako da slijedi rub obodnog nasipa oko odlagališta. Tim kanalom se odvođe oborinske vode s cijelog sjevernog dijela odlagališta kao i oborinske vode s područja između odlagališta i nasipa rijeke Save. U taj kanal se slijevaju

oborinske vode s područja zapadno od odlagališta gdje se nalazi ulaz i druge operativne zgrade i parkiralište.

Južni kanal projektiran je tako da ide uz obodni nasip odlagališta i slijedi trasu asfaltne ceste koja se nalazi uz zapadni i južni dio odlagališta. Južni kanal odvodi oborinske vode sa zapadne i južne strane odlagališta, kao i vodu s obodne prilazne ceste.

Kanali na sjevernoj i zapadno/južnoj strani imaju isti profil. Kanali su duboki 1,4 metra sa 2,5H:1V stranicama i 0,15 % uzdužnim nagibom. Maksimalni protok sjevernog kanala procijenjen je na 4,5 m<sup>3</sup>/s. a južnog kanala 3,2 m<sup>3</sup>/s.

### **2.8.2. Kanal uz sjevernu ogradu**

Uz sjevernu ogradu odlagališta (Sajmišna cesta) na dijelu platoa biokompostane je izveden kanal koji prikuplja oborinsku vodu sa prometnice i odvodi je prema retencijskom jezeru. Dužina predmetnog kanala je 1.050,00 m a širina zelenog pojasa koji je potrebno održavati iznosi 7,5 m.

### **3. Detekcija oštećenja geomembrane**

Sustav za detekciju oštećenja geomembrane je položen na svim izvedenim plohama odlagališta. Ispitivanje sustava detekcije oštećenja geomembrane po plohi neposredno prije početka odlaganja otpada na pojedinu plohu. Predviđa se jedno ispitivanje kasete 6/1, 6/2 i 6/3.

Mjesto oštećenja geomembrane je moguće pronaći obzirom da sustav za detekciju oštećenja geomembrane koristi izolacijska svojstva geomembrane. Mjerne elektrode se postavljaju prema planu polaganja prije polaganja HDPE geomembrane debljine 2,5 mm, a napajajuće elektrode se postavljaju iznad zaštitnog geotekstila tipa 1.000 g/m<sup>2</sup>.

Električna struja upušta kroz napajajuće elektrode stavljene preko membrane, te se pad električnog potencijala očitava na mjernim elektrodama. Anomalije u električnom polju pokazuju oštećenja geomembrane. Sustav se sastoji od niza mjernih i napajajućih elektroda smještenih ispod i iznad membrane.

Elektrode su spojene preko kablova do mjernog ormara koja se nalazi na obodnom nasipu. Svaka kasete ima svoj mjerni ormar. Na plohi 6 ima ukupno 6 mjernih ormara (sjeverni i južni po kaseti).

## **4. Održavanje podsustava na odlagalištu**

### **4.1. Sustav za sakupljanje i odvođenje oborinskih voda**

Cilj održavanja sustava odvodnje oborinskih voda je osigurati nesmetano protjecanje oborinske vode s površine tijela odlagališta do obodnog kanala. Drenažne i kolektorske cijevi, šahtovi i uljevne građevine moraju biti cisti i protočni, slapišta i disipatori energije moraju biti postojani i pravovremeno obnavljani.

Održavanje dijelova sustava odvodnje može se provoditi po elementima:

1. drenažni rovovi u sustavu zaštite od smrzavanja,
2. odzračnici drenažnih rovova,
3. drenažni kanali,
4. šahtovi za sakupljanje oborinskih voda,
5. berme,
6. uljevne građevine u korugirane odvodne cijevi,
7. korugirane odvodne cijevi (položene niz padinu),
8. slapišta i disipatori energije.

Svaka 3 mjeseca provodi se mjerenje koncentracije metana volumnim postocima u i oko sljedećih elemenata plinskog sustava:

1. uz sve i unutar svih izvedenih šahtova oborinskih voda,
2. uz sve i unutar odzračnika drenažnih rovova

#### **4.1.1. Drenažni rovovi u sustavu zaštite od smrzavanja**

U slučaju potrebe, potrebno je osigurati ispiranje (čišćenje) womom 400 m' promjera 200 mm drenažnih rovova u sustavu zaštite od smrzavanja kao i 400 m' snimanja rova CCTV (Closed-circuit television) kamerom. Oprema za snimanje sustava oborinskih voda mora biti u Ex izvedbi. Snimanje mora biti izvršeno samohodnom kamerom sa širokokutnim objektivom i izvorom svjetlosti. Neposredno prije snimanja cijevi drenažnih rovova kamerom, treba provesti čišćenje cijevi čistilicom (womom) radnog doseg od minimalno 200 m'.



#### **4.1.2. Odzračnici drenažnih rovova**

Radovi na održavanju odzračnika drenažnih rovova:

1. Vizualna provjera stanja na mogućnost fizičkog oštećenja stijenki odzračnika, oznaka opasnosti, oznaka upozorenja, naziva odzračnika i stanju urednosti (1 x mjesečno),

2. Provjera prisutnosti (koncentracije) metana CH<sub>4</sub> volumnim postocima (%) u odzračniku i neposrednoj okolini odzračnika, (4 x godišnje). U slučaju evidentiranja pojave CH<sub>4</sub> provjeru koncentracije treba provoditi češće i to minimalno (1 x mjesečno). Prvo mjerenje koncentracije provodi se u roku od 1 mjesec od početka radova.

3. U slučaju oštećenja stijenki odzračnika, oznaka opasnosti, oznaka upozorenja, naziva odzračnika, mora se izvršiti popravak ili zamjenu. Predvidiva kompletna zamjena oznaka opasnosti i upozorenja i oznaka naziva odzračnika 1 x 2. g.

Radovi na održavanju vegetacijskog pokrova odlagališta u okolini odzračnika drenažnih rovova izvode se ručno.

#### **4.1.3. Drenažni kanali za prikupljanje i odvođenje oborinskih voda na obodu krovnog dijela**

U slučaju potrebe, potrebno je osigurati ispiranje (čišćenje) womom 200 m' cijevi promjera 250 mm drenažnih kanala za prikupljanje i odvođenje oborinskih voda na obodu krovnog dijela kao i 200 m' snimanja drenažnih cijevi CCTV (Closed-circuit television) kamerom. Oprema za snimanje cijevi drenažnog kanala oborinskih voda mora biti u Ex izvedbi.

Snimanje mora biti izvršeno samohodnom kamerom sa širokokutnim objektivom i izvorom svjetlosti. Neposredno prije snimanja cijevi drenažnog kanala kamerom, potrebno je provesti čišćenje cijevi čistilicom radnog dosega od minimalno 200 m'.

#### **4.1.4. Šahtovi za sakupljanje oborinskih voda**

Radovi na održavanju šahtova odvodnje oborinskih voda:

1. Vizualna provjera stanja na mogućnost fizičkog oštećenja stijenki šahta, poklopca šahta, odzračnika, oznaka opasnosti, oznaka upozorenja, naziva šahta, stanju taloga, stanju urednosti (1 x mjesečno),

2. Provjera prisutnosti (koncentracije) metana CH<sub>4</sub> volumnim postocima (%) u šahtu i neposrednoj okolini šahta, (4 x godišnje). U slučaju evidentiranja pojave CH<sub>4</sub> provjeru

koncentracije treba provoditi češće i to minimalno (1 x mjesečno). Prvo mjerenje koncentracije metana mora se provesti u roku od mjesec od početka radova.

3. Pregled i uvid u stanje razine vode u šahtu, eventualnog zadržavanja ili stanja protjecanja vode (1 x mjesečno),

4. Održavanje šahtova oborinskih voda čišćenjem iz nutra i izvana. (2× godišnje). Prije čišćenja i za vrijeme čišćenja mora se pridržavati svih mjera zaštite na radu, zaštite od požara i eksplozije.

5. U slučaju oštećenja stijeni šahta, poklopca šahta, odzračnika, oznaka opasnosti, oznaka upozorenja, naziva šahta potrebno izvršiti popravak ili zamjenu. Predvidiva kompletna zamjena oznaka opasnosti i upozorenja i oznaka naziva šahtova 1× 2. god., te zamjena 50 % poklopaca šahtova do kraja ugovorenih radova.

#### **4.1.5. Berme na pokosu**

Na bermama po pokosu izvode se radovi košnje. Po potrebi vrši se čišćenje bermi od „letećeg otpada“ (otpad kojeg nosi vjetar). Osim košnje i sakupljanja letećeg otpada po bermama nisu predviđene druge mjere održavanja bermi.

#### **4.1.6. Uljevne građevine u korugirane odvodne cijevi**

Po potrebi vrši se čišćenje uljevnih građevina od „letećeg otpada“ (otpad kojeg nosi vjetar). Osim košnje i sakupljanja letećeg otpada po uljevnim građevinama nisu predviđene druge mjere održavanja bermi.

Za dolje navedene komponente sustava površinske odvodnje oborinskih voda nisu predviđene mjere održavanja:

1. Naborane polietilenske cijevi promjera 250 mm
2. Naborane polietilenske cijevi promjera 750 mm
3. Slapišta i disipatori energije

## **4.2. Sustav sakupljanja i odvodnje procjednih voda**

Cilj održavanja sustava procjednih voda je osigurati nesmetano protjecanje procjedne vode od pojedinih drenažnih ploha do sabirnih bazena. Drenažne i kolektorske cijevi moraju biti čiste i protočne, pumpe u kompenzacijskim bazenima moraju funkcionirati. Šahtovi, kinete i sifoni moraju biti čisti a svi ventili moraju funkcionirati.

### **4.2.1. Čišćenje cijevi za prikupljanje procjedne vode**

Učestalost čišćenja cijevi za prikupljanje procjedne vode na plohi 1 je minimalno jedan puta godišnje ( $1 \times$  godišnje). Predviđena dužina čišćenja plohe 1 iznosi  $10 \times 200 \text{ m} = 2.000 \text{ m}$ .

Učestalost čišćenja drenažnih cijevi (perforiranih i punih) na ploham 2 do 6 je minimalno dva puta godišnje ( $2 \times$  godišnje) i to za vrijeme smanjenih dotoka i sniženih razina u sustavu procjednih voda. Predviđena dužina čišćenja ploha 2 do 6 iznosi  $21 \times 200 \text{ m} + 1 \text{ (JB-6)} 51 \text{ m} = 4.251 \text{ m}$ . Oprema za čišćenje sustava procjednih voda mora biti u Ex izvedbi.

Za izvedene radove čišćenja izrađuje se izvještaj o izvršenim radovima i zapažanjima tijekom čišćenja (dotok, dužina ulaska voda u drenažu, ocjenu ispravnosti i izvještaj o nedostacima na ventilima i sifonima, urednosti šahtova, urednost i vodonepropusnost kompenzacijskih bazena i ispravnost pumpi u kompenzacijskim bazenima).

Nakon čišćenja i snimanja svi sifoni, ventili i poklopci šahtova moraju se vratiti u stanje uporabivosti. Neposredno prije snimanja sustava procjednih voda kamerom, potrebno je provesti čišćenje cijevi za prikupljanje procjednih voda uređajem radnog dosega od minimalno 200 m.

### **4.2.2. Održavanje i upravljanje kolektorskim cjevovodom procjednih voda**

Kolektorske cijevi procjednih voda su elementi sustava odvodnje procjednih voda koji se nalaze na obodu tijela odlagališta te provode sakupljenu procjednu vodu između šahtova procjednih voda i kompenzacijskih bazena. Neposredno prije snimanja provodi se čišćenje svih kolektorskih cijevi ukupne dužine 2.907 m. Kolektorske cijevi su izvedene s dvostrukom stijenkom (vanjskog promjera 400 mm i 300 mm).

Zadaci upravljanje i održavanja:

1. Womom očistiti sustav kolektorskog cjevovoda 1 puta godišnje
2. Izraditi izvještaj koji mora sadržavati situaciju odlagališta s naznačenim očišćenim dionicama, mjestima na kojima su uočena odstupanja i slično.

3. Provesti periodičko ispitivanje vodonepropusnosti kolektorskih cijevi od ovlaštene institucije sukladno normi Polaganje i ispitivanje kanalizacijskih cjevovoda i kanala HRN EN 1610. Prvo ispitivanje se provodi u roku od 60 dana od uvođenja u posao. Ispitivanje treba provesti ovlaštena institucije.

#### **4.2.3. Snimanje sustava za prikupljanje procjedne vode**

Potrebno je napraviti kontrolu čišćenja i funkcionalnosti sustava za prikupljanje procjedne vode CCTV (Closed-circuit television) kamerom. Oprema za snimanje sustava procjednih voda mora biti u Ex izvedbi. Snimanje mora biti izvršeno samohodnom kamerom sa širokokutnim objektivom i izvorom svjetlosti. Snimanje i izvještaj moraju biti usklađeni s normom HRN EN 13508- 1:2006.

Izvještaj mora sadržavati situaciju odlagališta s naznačenim snimljenim i očišćenim dionicama, fotografijama kritičnih dionica, mjestima na kojima su uočene anomalije, talog, suženja poprečnog presjeka, kontra padovi, puknuća i slično. U sklopu snimanja, Potrebno je dati i prikaz uzdužnih padova cijevi sustava za prikupljanje procjednih voda, te izraditi i dostaviti Nadzornom inženjeru detaljan izvještaj o provedenim radovima.

Ploha 1

Neposredno nakon čišćenja izvodi se kontrola čišćenja i funkcionalnosti. Snimanje se provodi jedan puta godišnje.

Plohe 2 do 6

Neposredno nakon čišćenja izvodi se kontrola čišćenja i funkcionalnosti. Snimanje se provodi dva puta godišnje.

#### **4.2.4. Održavanje sabirnih šahtova odvodnje procjednih voda**

Sabirni šahtovi procjednih voda su elementi sustava odvodnje procjednih voda koji se nalaze na obodu tijela odlagališta te provode sakupljenu procjednu vodu u sabirne (kolektorske) cijevi. Šahtovi odvodnje su izvedeni na lomovima i križanjima trasa sustava odvodnje procjednih voda. Poklopci šahtova su izvedeni s odzračnikom.

Zadaci održavanja šahtova odvodnje procjednih voda:

1) Provjera prisutnosti (koncentracije) metana CH<sub>4</sub> volumnim postocima (%) u šahtu i neposrednoj okolini šahta (1 x mjesečno). U slučaju detekcije CH<sub>4</sub>, IZVODAC je dužan izvijestiti o mjestu izbijanja metana u šahtu (hvatač kondenzat tipa 3, sifon, priključna

kolektorska cijev i sl.). U slučaju evidentiranja pojave CH<sub>4</sub> provjeru koncentracije treba provoditi češće i to minimalno (1 x tjedno)

2) Održavanje šahtova procjednih voda čišćenjem. (1×mjesečno).

3) Pregled razine vode u posudi u kojoj se nalazi sifonski priključak drenažnog cjevovoda i po potrebi dolijevanje vode u posudu (1× mjesečno). Prije eventualnog ulaska u šaht provesti mjere propisane u sigurnosnim mjerama ulaska u šahtove procjednih voda.

4) Svaka tri mjeseca izvršiti pokretanje ručice ventila do potpunog otvaranja i zatvaranja te izvijestiti o stanju (4× godišnje). Prvo pokretanje ručice izvršava se u mjesecu u kojem je uveden u posao.

5) Šahtovi procjednih voda imaju dvostruke stijenke što omogućuje kontrolu vodonepropusnosti koja se provodi vizualnim pregledom u intervalima od svaka 3 mjeseca (4× godišnje). Prvo ispitivanje vodonepropusnosti ručice izvršava se u mjesecu u kojem je uveden u posao.

6) Minimalno dva puta godišnje ispire se unutrašnjost šahtova na kojima se vrši snimanje vodom, očistiti sifon ukloniti talog s dna okna / kinete, (u sklopu radova čišćenja sustava prikupljanja i odvodnje procjednih voda a prije snimanja kamerom). Potrebno je sanirati nedostatke i izvijestiti o svim eventualnim uočenim nedostacima u šahtu kao na primjer eventualni nedostatak vijaka, "X" komada, "T" komada. Sve nedostajuće vijke treba zamijeniti s inox vijcima. (2× godišnje). Nakon čišćenja i snimanja vratiti sve sifone, ventile i poklopce u stanje uporabivosti.

7) Potrebno je održavati znakove upozorenja i opasnosti na i ispred šahtova procjednih voda čišćenjem (1 x mjesečno). (predvidiva kompletna zamjena znakova upozorenja 1× 3. god.). Održavati nalijepljene oznake (nazive) na šahovima procjednih voda u skladu s projektima. Predvidiva kompletna zamjena oznaka 1× 2. god.

8) Popravak i/ili zamjenu neispravnih sifona i ventila u šahtovima procjednih voda. Predvidiva kompletna zamjena sifona i ventila 1× 2. god.

9) Provedba periodičkog ispitivanje vodonepropusnosti, strukturalne stabilnosti i funkcionalnosti šahtova procjednih voda od ovlaštene institucije provoditi sukladno normi Polaganje i ispitivanje kanalizacijskih cjevovoda i kanala HRN EN 1610. Prvo ispitivanje provodi u roku od 60 dana od uvođenja u posao. Rezultati ispitivanja dostavljaju se Nadzornom inženjeru u dvije kopije, voditi evidenciju provedenih ispitivanja, dužan je izvještavati o datumu isteka periodičkog ispitivanja, organizirati ispitivanja prije isteka roka važenja prethodnog ispitivanja, kao i čuvanja dokaza o provedenom Ispitivanju (Uvjerenje o vodonepropusnosti, strukturalnoj stabilnosti i funkcionalnosti). (1× godišnje)

10) U sklopu Mjesečnog izvještaja dostaviti Izvještaj o stanju šahtova odvodnje procjednih voda s komentarima i prijedlozima mjera. U izvještaju treba biti navedeno; Sumarna zapažanja tjednih pregleda, koncentraciji metana CH<sub>4</sub> u volumnim postocima (%) u šahtu i neposrednoj okolici šahta, čistoći šahtova, stanje ručice ventila (s planom sljedećeg pokretanja ručice), rezultat mjerenja vodonepropusnosti s planom sljedećeg ispitivanja, plan provedbe snimanja i čišćenja sustava odvodnje procjednih voda, stanje znakova upozorenja i oznaka na šahtovima, plan periodičkog ispitivanja vodonepropusnosti, strukturalne stabilnosti i funkcionalnosti s rezultatima provedenih ispitivanja.

#### **4.2.5. Održavanje kompenzacijskih bazena**

Kompenzacijski bazen (prepumpni šahtovi) se nalazi na sjevernom i južnom spoju ploha 2 (vidi prilog) i 1. Osnovna funkcija kompenzacijskih bazena je sakupljanje i podizanje procjedne vode koja dotiče iz ploha 6 do plohe 2 na višu kotu plohe 1 od kuda procjedna voda gravitacijski otiče prema sabirnim bazenima sjever i jug. Kompenzacijski bazeni procjednih voda održavaju se na sljedeći način:

1. Tjedno izvršiti vizualni pregled stanja kompenzacijskih bazena, stanju funkcioniranja pumpi, stanju stijenki bazena i poklopca bazena. Tjedno izvijestiti Nadzornog inženjera o stanju pumpi, brzini protjecanja, eventualnom usporu, razini procjedne vode u bazenu, stanju taloga, stanju urednosti, stanju poklopca (1× tjedno).

2. Ručno uklanjanje nakupljenog otpada (leteći otpad i slično) iz kompenzacijskog provodi se po potrebi.

3. Ispravnost električnih i strojarских komponenti ugrađenih pumpi (u Ex izvedbi) kontrolira se jedan puta godišnje po ovlaštenoj tvrtci. (1× godišnje).

4. Čišćenje taložnice i unutrašnjosti kompenzacijskih bazena od nataloženog mulja mlazom vode i usisavanje slivničarem po potrebi. Predvidiv angažman je šest puta godišnje. (6× godišnje).

5. Provedba periodičkog ispitivanje vodonepropusnosti, strukturalne stabilnosti i funkcionalnosti kompenzacijskih (prepumpnih) bazena od ovlaštene institucije koje se provodi prema normi Polaganje i ispitivanje kanalizacijskih cjevovoda i kanala HRN EN 1610. Prvo ispitivanje provodi u roku od 60 dana od uvođenja u posao. Rezultati ispitivanja dostavljaju se Nadzornom inženjeru u dvije kopije, voditi evidenciju provedenih ispitivanja, dužan je izvještavati o datumu isteka periodičkog ispitivanja, organizirati ispitivanja prije isteka roka važenja prethodnog ispitivanja, kao i čuvanja dokaza o provedenom Ispitivanju (Uvjerenje o vodonepropusnosti, strukturalnoj stabilnosti i funkcionalnosti). (1× godišnje)

6. U sklopu Mjesečnog izvještaja dostaviti Izvještaj o stanju o stanju šahtova odvodnje procjednih voda s komentarima i prijedlozima mjera, koncentraciji metana CH<sub>4</sub> u volumnim postocima (%) u šahtu i neposrednoj okolini šahta, razini vode i slično.

#### **4.2.6. Održavanje adaptiranog prepumpnog šahta za crpljenje oborinskih voda nakupljenih na sjevernom dijelu plohe 6**

Održavanje adaptiranog prepumpnog šahta za crpljenje oborinskih voda mora biti po svemu isto kao i za šahtove procjednih voda osim što se još predviđa i crpljenje nataloženog mulja iz dna precrpnog šahta 4 × godišnje. Provodi se čišćenje taložnice u prepumpnom šahtu od nataloženog mulja mlazom vode i usisavanje slivničarem po potrebi. Predvidiv angažman je 4×godišnje.

### **4.3. Održavanje plinske mreže na tijelu odlagališta**

#### **4.3.1. Održavanje glava plinskih zdenaca**

Plinski zdenci izvedeni su u tijelu otpada, pri čemu su krajevi zdenca vidljivi iznad razine pokrovnog brtvenog sloja zatvoreni trajnim PEHD plinskim glavama. Mjerenjem se evidentira da li je došlo do propuštanja, odnosno da li je potrebno popraviti brtveni sustav u okolini plinskog zdenca. Radovi na održavanju vegetacijskog pokrova odlagališta u okolini plinskih sonde moraju se izvoditi krajnje pažljivo (ručno).

#### **4.3.2. Prohodnost plinskih zdenaca**

Neprohodnost izvedenih plinskih zdenaca predstavlja jedan od razloga slabijeg funkcioniranja aktivnog sustava otplinjavanja na odlagalištu. Provode se mjerenja prohodnosti svih izvedenih plinskih zdenaca svakih 6 mjeseci. Prohodnost plinskog zdenca provodi se s probom (sondom) promjera 5 cm i dužine 70 cm.

### 4.3.3. Monitoring razine vode u izvedenim plinskim zdencima

Kao sastavni dio održavanja odlagališta je predviđeno redovito provođenje crpljenja i monitoringa razine procjedne vode unutar zdenaca plinskog sustava na svim plohama s izvedenim sustavom otplinjavanja. Prema odabranom kriteriju s crpljenjem vode iz zdenaca se mora započeti kada procjedna voda ispuni 35% dubine izvedenog zdenca.

Budući da visoka razina vode predstavlja jedan od glavnih razloga slabijeg funkcioniranja aktivnog sustava otplinjavanja na odlagalištu (smanjenja efektivna dubina zdenca i smanjen radijus utjecaja zdenca), potrebno ju je crpiti i kontrolirati dinamikom i načinom opisanim u pod točkom Monitoring razine procjedne vode u plinskom zdencima. procjedne vode opisano ovom dokumentacijom, smatra se radom redovnog održavanja odlagališta.

Ukoliko se prilikom mjerenja utvrdi da je razina procjedne vode u plinskom zdencu određene linije veća od 35% dubine zdenca, potrebno je pristupiti crpljenju procjedne vode iz svih zdenaca koji imaju razinu procjedne vode veću od 35% u dotičnoj liniji. Crpljenje procjedne vode se predviđa provoditi s pneumatskim pumpama.

Nakon završetka crpljenja procjedne vode iz pojedine linije (potrebno je potpuno isprazniti plinske zdence), dinamika mjerenja razine vode u zdencima linije je sljedeća:

#### Faza 1

Svaka 4 dana; ukupno 4 mjerenja. Prvim mjerenjem smatra se mjerenje razine procjedne vode 4 dana nakon završetka crpljenja procjedne vode iz pojedine linije.

#### Faza 2

Ukoliko se tijekom razdoblja Faze 1 ne zabilježi razina procjedne vode u zdencu veća od 35% dubine zdenca, učestalost mjerenja razina procjedne vode se mijenja te je predviđeno provođenje mjerenja jednom u tjedan dana; ukupno 4 mjerenja.

#### Faza 3

Ukoliko se tijekom prethodnog razdoblja ne zabilježi razina procjedne vode u zdencu veća od 35% dubine zdenca, učestalost mjerenja razina procjedne vode se mijenja te je predviđeno provođenje mjerenja jednom u mjesec dana; tijekom 1 godine.

#### Faza 4

Ukoliko se tijekom prethodnog razdoblja ne zabilježi razina procjedne vode u zdencu veća od 35% dubine zdenca, učestalost mjerenja razina procjedne vode se mijenja te je predviđeno provođenje mjerenja 4 puta godišnje (svaka 3 mjeseca) tijekom razdoblja korištenja plinskog sustava.

U slučaju da se tijekom bilo koje od navedenih faza zabilježi razina procjedne vode veća od 35% dubine zdenca, potrebno je pristupiti crpljenju procjedne vode iz svih zdenaca u dotičnoj



liniji. Nakon završetka crpljenja procjedne vode iz pojedine linije (potrebno je potpuno isprazniti plinske zdence) nastavlja se s praćenjem razine procjedne vode u plinskim zdencima te linije i to od Faze tijekom koje je zabilježena razina procjedne vode veća od 35% dubine zdenca.

#### **4.3.4. Održavanje odvajača kondenzata tip 1, tip 2 i tip 3**

Odvajač kondenzata je dio plinske instalacije koji ima funkciju odvajanja kondenzat iz odlagališnog plina koji se nalazi u plinskoj instalaciji. Hvatač kondenzata tipa 1 se izvodi sa jednom dolaznom plinskom cijevi, s "U" cijevi i jednom ispusnom cijevi koja ispušta višak kondenzata u tijelo odlagališta, montira se najčešće na kraju plinske linije. Tip 2 se izvodi s jednom dolaznom, s "U" cijevi, jednom odlaznom plinskom cijevi i jednom ispusnom cijevi za kondenzat.

Tip 2 se montira najčešće na plinsku liniju na mjestima ulegnuća, ili prolaza linije prema npr.: ventilskom oknu ( na spoju plinske linije i glavnog kolektora).

Tip 3 se izvodi nekoliko dolaznih i isto toliko odlaznih plinskih cijevi, montira se samo u slučajevima kada zbog nedostatka prostora nije moguće ugraditi tip 2 na svaku liniju posebno. Tip 3 se montira najčešće na konkavnim prijelomima plinske linije (na mjestima ulegnuća).

#### **4.3.5. Održavanje šahtova u kojima se nalaze ventili plinskih linija**

Šaht s ventilom plinske linije je dio plinske instalacije koji ima funkciju reguliranja otvorenosti pojedine linije u slučaju radova izgradnje, održavanja i upravljanja na pojedinoj liniji. U šahtovima sa ventilima plinskih linija nalaze se mjerni priključci za mjerenje tlaka i sastava plina pojedinih plinskih linija.

#### **4.3.6. Održavanje sabirnog okna prije ulaska u plinsku stanicu**

Sabirno okno prije ulazu u ograđeni prostor plinske stanice je dio plinske instalacije koji ima funkciju odvajanja i sakupljanja kondenzata iz odlagališnog plina koji se nalazi u plinskoj instalaciji. Razina kondenzata u oknu smije doseći maksimalno do vrha preljeva kondenzata.

Kad razina kondenzata dosegne vrh okna, vrši se crpljenje kondenzata koji se pušta u sustav procjednih voda.

#### **4.3.7. Održavanje padova plinskih linijskih kolektora**

Sanacijski radovi obuhvaćaju jedno mjerenje (tijekom trajanja ugovora) uzdužnog pada cijevi (hidraulički profilometar ili CCTV inspekcija s mjeračem nagiba) na linijskim kolektorima G, H, I i J (između plinskih glava zdenaca oznake 2 i 5). U zavisnosti od rezultata mjerenja profila kolektora, ugradit će se dodatni hvatači kondenzata (Tip II) na mjestima konkavnih prijeloma. Radovi na konkavnim prijelomima plinskih linijskih kolektora moraju se obavljati koordinirano sa eventualnim ostalim sanacijskim radovima.

## 5. Zaključak

U ovom završnom radu obradio sam način izgradnje te održavanja pojedinih sustava na najvećem odlagalištu otpada u ovom dijelu Europe, odlagalištu Jakuševac. U prvom dijelu završnog rada opisana je sanacija postojećeg otpada. Postojeći otpad se morao prebaciti na uređenu slabopropusnu podlogu i ponovo vraćati na temeljnu nepropusnu podlogu.

Izgrađen je temeljni brtveni sustav koji se sastoji od sloja gline, geomembrane i sustava za detekciju nepropusnosti geomembrane. Na taj sloj se planski dovozi otpad. Za odvajanje ploha na temeljnom sloju grade se međunasipi koji sprečavaju miješanje procjedne vode i oborinske vode na plohamo koje ne prihvaćaju otpad. Postizanjem projektnih visina počinje se izvoditi plinska mreža i zdenci za otplinjavanje gornji brtveni sloj.

Gornji brtveni sloj se sastoji od geosintetskog sloja za otplinjavanje, geosintetskog glinenog brtvenog sloja, geomembrane od linearnog polietilena niske gustoće, geosintetskog drena za vodu, sloja zaštite od smrzavanja, humusnog sloja i završnog vegetacijskog pokrova. Na pokosima se ne ugrađuje LLDPE geomembrana.

Iznad temeljnog (donjeg) brtvenog sloja izgrađen je sustav drenažnih cijevi za sakupljanje procjedne vode koja u ulazi u šahtove procjednih voda koji se nalaze oko tijela odlagališta. Šahtovi su međusobno povezani cijevima a procjedna voda se odvodi prema sabirnim bazenima i pročistaču procjednih voda.

Na pokosima i krovnom dijelu odlagališta nalazi se sustav oborinske odvodnje kojeg čine: drenažni rovovi u sustavu zaštite od smrzavanja, odzračnici drenažnih rovova, drenažni kanali, šahtovi za sakupljanje oborinskih voda, berme, uljevne građevine u korugirane odvodne cijevi, korugirane odvodne cijevi (položene niz padinu), slapišta i disipatori energije.

Sustav otplinjavanja nalazi se na krovnom dijelu i na pokosu tijela odlagališta a sastoji se od plinskih zdenaca, linija otplinjavanja, hvatača kondenzata, šahtova sa ventilima plinskih linija, odzračnika plinodrenažnog sloja i sabirnog plinskog cjevovoda. Svaki navedeni sustav je potrebno održavati.

Sanacijom odlagališta i kvalitetnim zbrinjavanjem novog otpada smanjili smo pojavu neugodnih mirisa, spriječili miješanje procjedne i podzemne vode, te iskoristili plin za proizvodnju električne energije.

# Sveučilište Sjever



## IZJAVA O AUTORSTVU I SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, ZLATKO VIDEĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom GRABOVJE I ODRŽAVANJE POSUSTAJA NA OBLAGALIŠTU OPIŠAN U ZAKUŠEVC (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

ZLATKO VIDEĆ V. V.  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, ZLATKO VIDEĆ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom GRABOVJE I ODRŽAVANJE POSUSTAJA NA OBLAGALIŠTU OPIŠAN U ZAKUŠEVC (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

ZLATKO VIDEĆ V. V.  
(vlastoručni potpis)

## 6. Literatura

- [1] Herceg, N: Okoliš i održivi razvoj, Synopsis, Zagreb, 2013.
- [2] Fundurulja, D. Mužinić, M. Pletikapić, Z., Odlagališta komunalnog otpada na području Hrvatske, Građevinar 52 (2000), 12, pp. 727-734
- [3] Predavanja iz kolegija Zaštite okoliša
- [4] Predavanja iz kolegija Gospodarenje otpadom
  
- [5] URL-1: <http://documents.tips/download/link/tehnicki-opis-i-graficki-prilozi-i-diover0> , dostupno 20.03.2016.
- [6] URL-2: [http://www.mzoip.hr/doc/tehnicko-tehnolosko\\_rjesenje\\_55.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/tehnicko-tehnolosko_rjesenje_55.pdf) ,dostupno 20.03.2016.
- [7] URL-3: [http://www.mzoip.hr/doc/tehnicko-tehnolosko\\_rjesenje\\_13.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/tehnicko-tehnolosko_rjesenje_13.pdf) , dostupno 20.03.2016.
- [8] URL-4: <http://docslide.net/download/link/14-e-predav-geot-u-zastiti-okolisa-01/> , dostupno 20.03.2016.

## Popis slika

Slika 2.1 Uklanjanje postojećeg otpada, Izvor:

<http://www.gin.hr/project.aspx?id=72&RedirectUrl=/hr/projekti/infrastruktura&Naslov=landfill-jakusevec&itemId=82> dostupno 20.03.2016.

Slika 2.2 Postavljanje temeljnog brtvenog sustava na odlagalištu Jakuševac, Izvor: :

[http://www.mzoip.hr/doc/tehnicko-tehnolosko\\_rjesenje\\_55.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/tehnicko-tehnolosko_rjesenje_55.pdf) dostupno 20.03.2016.

Slika 2.3 Presjek slojeva temeljnog brtvljenja, Izvor:

<http://documents.tips/download/link/tehnicki-opis-i-graficki-prilozi-i-diover0> dostupno 20.03.2016.

Slika 2.4 Postavljanje geomembrane, Izvor: <http://his.hr> dostupno 20.03.2016.

Slika 2.5 Radovi na izvedbi sustava odvodnje procjednih voda, Izvor: <http://his.hr> dostupno 20.03.2016.

Slika 2.6 Bušenje plinskih zdenaca, Izvor: vlastiti

Slika 2.7 Izgradnja međunasipa, Izvor: vlastiti

## **Prilozi**

Odlagalište Jakuševac - plohe

