

Prof.dr.sc. Mensur Mulabdić, dig  
Prof.dr.sc. Neho Saša Kovačević, dig

Zagreb, 15.02.2008.

## **ODLAGALIŠTE KOMUNALNOG OTPADA JAKUŠEVEC**

### **MIŠLJENJE O STANJU ODLAGALIŠTA**

#### 1. Opis provedenih aktivnosti

ZGOS d.o.o. je naručio analizu stanja odlagališta Jakuševac kojem se u posljednje vrijeme pripisuju moguće opasnosti od incidenata kao posljedica nakupljenog plina u odlagalištu koji se ne uspijeva zahvatiti sustavom za otplinjavanje. Ovaj dokument sadrži analizu stanja odlagališta Jakuševac i upozorava na mjere i aktivnosti koje bi trebalo poduzeti za rješavanje uočenih problema.

Za potrebe izrade ovog dokumenta korišteni su slijedeći izvori:

- Glavni projekt , knjiga 01/05
- Glavni projekt , knjiga 03/05
- Glavni projekt , knjiga 03/05
- Izvješća o aktivnostima i stanju odlagališta:
  - o Izvanredni izvještaj o prijedlogu rješavanja prioritetnih pitanja na odlagalištu, studeni 2007., Investinženjering d.o.o. Zagreb
  - o Dopis – VIADUKT d.d., o stanju radova, studeni 2007.
  - o Izvanredni izvještaj o općem stanju projekta, listopad 2007., Investinženjering d.o.o. Zagreb
  - o Mišljenje o razini procjedne vode, IGH d.d. Zavod za ekološki inženjering, prosinac 2007.
  - o IPZ Uniprojekt MCF – Tehnologija rada na odlagalištu Prudinec, Jakuševac, ožujak 2006.
  - o Sanacija odlagališta Jakuševac – Program prve faze istražnih radova za sanaciju sustava otplinjavanja, IGH d.d. Zavod za ekološki inženjering, siječanj 2008.
  - o Nacrti sustava odplinjavanja, materijali dostavljeni od IGH d.d. Zavod za ekološki inženjering, za potrebe izrade ovog dokumenta
  - o Dokumenti u svezi revizije proračuna stabilnosti za 1. fazu, 1998., arhiv ZGOS
  - o Vukelić A., Zelić, K.B., Drnjević, B. (2003.) : Landslide at Jakusevec landfill, Proceedings EUROGEO 3, March 2004, Munich, Germany, pp 87-92
  - o Izvještaj o pregledu sustava otplinjavanja s mjerenjima vode u plinskim zdencima na deponiji "Prudinec" Jakuševac, HIS d.o.o, srpanj 2007

- Izvještaj o pregledu sustava odvodnje procjednih voda na deponiji "Prudinec" Jakuševac, HIS d.o.o., kolovoz 2007.
- Izvještaj o pokusnom crpljenju procjednih voda u zdencima na odlagalištu "Prudinec" Jakuševac, HIS d.o.o., kolovoz 2007.
- Izvještaj o mjerenju nivoa vode u zdencima nakon bušenja na liniji G i H na odlagalištu "Prudinec" Jakuševac, HIS d.o.o., rujan 2007.
- Završni izvještaj o mjerenju nivoa vode u zdencima nakon bušenja na liniji G i H na odlagalištu "Prudinec" Jakuševac, HIS d.o.o., listopad 2007.
- Zapisnik o ispitivanju deponijskog plina, Zagrebačka plinara Zagreb, izvj. 14/2007, svibanj 2007.
- Zapisnik o ispitivanju deponijskog plina, Zagrebačka plinara Zagreb, izvj. 15/2007, svibanj 2007.

## 2. Projektna dokumentacija

Autor ovog dokumenta nije upoznat sa izvedbenim projektom niti je imao uvid u izvještaj o reviziji odlagališta otpada. Za ovakav objekt predviđena je revizija i glavnog i izvedbenog projekta. Prema izjavi glavnog projektanta revizija je obavljena i odnosila se na stabilnost pokosa i sustav odvodnje procjedne vode.

## 3. Mehanička stabilnost

Mehanička nestabilnost pokosa odlagališta pojavila se 2002. kroz lokalno klizište na južnoj strani plohe 3, kada se klizanje dogodilo kroz zonu temeljnog brtvenog sloja uz nasip i zbog čega je dio otpada i brvenog sloja pomaknut na krunu nasipa kao «bubreg», na ograničenoj duljini nasipa.

Taj dio je saniran, ali je tijekom ispitivanja okolnosti klizanja i bušenja istražnih zdenaca ustanovljeno da zdenac br. 3 ima 11,5 m procjedne vode iznad temeljnog sustava, i da procjedna voda u drugim zdencima nije u vezi s vodom u zdencu 3. Ta činjenica je već tada ukazala da postoje značajne količine procjedne vode u obliku odvojenih leća po visini i tlocrtu odlagališta, što nije dobro niti za stabilnost pokosa i tijela odlagališta niti za odplinjavanje otpada.

Danas se ne uočava nestabilnost pokosa. Mjerenja slijeganja pokazala su da je slijeganje krune odlagališta otpada 4-6 m. Međutim, to slijeganje se ne vidi na zdencima za plin, koji ne strše, nego su također pretrpili slijeganje i vjerojatno se savili i lokalno izdrosbili u tijelu odlagališta otpada visokom 40-45 m.

Na plohi broj 4, kao mjera sanacije nakon prodora procjedne vode kroz geomembranu, što je otkriveno sustavom za detekciju procjeđivanja geomembrane, izvedena je

nepropusna zona na visini oko 7m iznad temeljnog brtvenog sloja. To je imalo za posljedicu prekid u zahvatu plina po dubini, što se moglo odraziti na povećanu pojavu plina u sloju za prikupljanje plina u pokrovnom brtvenom sustavu.

#### 4. Funkcionalna stabilnost

Dva problema izazivaju zabrinutost glede funkcionalnosti odlagališta Jakuševac : odvodnja procjedne vode i otplinjavanje.

Odvodnja procjedne vode prati se kontrolom količine filtrata koji se pojavi u odvodnim kanalima. Smatra se da količina koja se pojavljuje u odvodnim sustavima odgovara očekivanoj količini sukladno izračunima iz projekta.

Međutim, zaostala voda u otpadu, zarobljena između slabo propusnih proslojaka, pravi problem i u odvodnji plina – zdenci za aktivno otplinjavanje su u dobrom dijelu zapunjeni vodom i to onemogućava očekivani zahvat plina u sustavu za otplinjavanje.

Plin se vjerojatno gomila u tijelu odlagališta, a pojavljuje se i u sustavu odvodnje procjedne vode.

U nastavku obrađuje se svaki problem odvojeno.

##### Pojava vode u odlagalištu

Odvodnja procjedne vode osnovni je zadatak sustava za odvodnju unutar odlagališta. Prema nekim izvješćima problem je otežano dotjecanje procjedne vode do sustava za njenu odvodnju.

Jedan razlog za takvu situaciju pripisuje se postojanju slabo propusnog sloja tla iznad drenažnog sloja a ispod otpada. Taj sloj , zbog nedovoljne propusnosti, ne dozvoljava brzo dreniranje u drenažni sloj, nego usporava taj proces. Njegova slaba propusnost posljedica je dva faktora: slabe propusnosti tla koje se koristi za pokrivanje drenaže i slabe propusnosti otpada (koja je posljedica postignute veće gustoće zbijanjem starog otpada koji je odlagan često u toj zoni).

Drugi razlog je vezan za činjenicu da se u odlagalištu nalaze brojne leće sa zarobljenom procjednom vodom , što je dokazano mjerenjima u zdencima za otplinjavanje koji su uglavnom jako ispunjeni vodom. Osim toga, srpljenje vode iz tih zdenaca ne smanjuje , najčešće, nivo vode u susjednim zdencima, što ukazuje na slabu prostornu povezanost leća procjedne vode.

Voda je u leće došla na više načina : (1) najveće količine došle su putem padavina, kada se nije uspjelo u dnevnom odlaganju osigurati otjecanje vode u sustave odvodnje, pri čemu je tome pogodio i način odlaganja da se držala otvorenom kontaktna ploha završene kazete sa novom kazetom, pa je kroz takav pokos voda otjecala u susjednu završenu

kazetu, (2) prenosom starog otpada koji je bio dosta vlažan i (3) pojavom filtrata iz odloženog otpada.

Ta voda je zarobljena u lećama i slabo otječe, što znači da formira porne tlakove u otpadu i time umanjuje čvrstoću otpada što može utjecati na stabilnost odlagališta. Ujedno, ta voda pravi prevelike tlakove u zoni drenažnog sustava, pa ako je negdje nastala pukotina ili rupa u brtvenim slojevima to izaziva pojačane gradijente tečenja i time povećava opasnost za zagađenje podzemlja.

Moguće rješenje za evakuaciju prikupljene procjedne vode iz leća svodi se na dvije varijante: a) crpljenje vode iz zdenaca, uzastopno, dugotrajno, za što se mogu koristiti postojeći zdenci i novi koji se planiraju izvesti radi veće efikasnosti postupka; te b) spajanje zdenaca sa drenažnim slojem dodatnim bušenjem kroz plinske zdence.

Probno crpljenje zdenaca već je obavljano i zaključeno je da, gotovo u pravilu, crpljenje iz jednog zdenca ne utiče na smanjenje vode u susjednim zdencima. To znači da treba računati sa uzastopnim crpljenjem iz svih zdenaca u kojima je značajno visoka voda.

Pojava vode u zdencima posljedica je dreniranja vode iz susjednih leća, koje su prisutne po čitavoj visini zdenca, ali vjerojatno nepovezane vertikalno. Radi se o značajnim količinama vode koje prihranjuju zdenac što djeluje kao dren. Okolni otpad je dovoljno nepropustan da voda iz zdenca vrlo slabo otječe u svoju okolinu pa se zadržava u zdencu. Obavljenim crpljenjima konstatirano je da se nakon što se voda iscrpi iz zdenca u roku 24h voda pojavi ponovo u istoj visini kao što je bila prije crpljenja.

Većina zdenaca ima vodu visoku do 2/3 visine zdenca, što je izrazito nepovoljno za odlagalište otpada. Mjerenja pokazuju da nema bitnih promjena u visini vode u zdencima lipnja 2006 do srpnja 2007 (unutar nekoliko metara, ali i u povećanju i u smanjenju).

U izvještaju HIS d.o.o. od srpnja 2007. stoji: «Ono što je moguće zaključiti detaljnijim promatranjem nivoa vode u zdencima je da se u odnosu na mjerenja iz 3. mjeseca kada je nivo vode u deponiji bio najviši na plohi 2, lagano širi po cijelom deponiju prema ploham 1 i 3, pronalazi puteve i mjesta rasterećenja i svojom masom prelazi na susjedne plohe, a također teži i izbijanju izvan tijela deponije».

Mjerenjima iz 2006. (HIS d.o.o., izvješće iz kolovoza 2007.) utvrđeno je na plohi II da se u sustav odvodnje dnevno prikuplja oko 170 – 270 l/sat procjedne tekućine, što se smatra malim u odnosu na očekivane količine za deponiju ovakve veličine.

Nedvojbeno se nameće zaključak:

u odlagalištu otpada postoje značajne količine zarobljene procjedne vode u relativno nepovezanim lećama i lagunama, koje zapunjavaju zdence za otplinjavanje i time onemogućuju planirani zahvat plinoodvodnje, te dodatno povećavaju porne tlakove u otpadu u tijelu odlagališta i zoni oko pokosa (izravno od tlaka tekućine i posredno od pojave povećanog tlaka u plinovima koji se ne uspijevaju izdrenirati, što može imati

posljedice na stabilnost pokosa deponije); takvu situaciju, bez odgađanja i čekanja na bilo kakve analize i tumačenja treba riješiti kontroliranim ispumpavanjem vode iz zdenaca koji postoje i novim bušotinama koje se u tu svrhu mogu izvesti. Izvedene dodatne bušotine u linijama H i G pokazale su efikasnost u evakuaciji vode i boljem zahvatu plina (izvještaj HIS d.o.o., rujan 2007.)

Na temelju dosadašnjeg iskustva na izgradnji odlagališta Prudinec može se zaključiti da primijenjena tehnologija odlaganja otpada, nažalost, ostavlja mogućnost vodi da migrira nekontrolirano i nepoželjno u završene zone i/ili zaprljana odlazi u sustav odvodnje površinske vode, što nije dopušteno. Sugerira se projektantu da promijeni način deponiranja otpada tako da se manje plohe zapunjavaju kao manje kazete i da se koristi neki sustav zaštite od procjeđivanja (dnevni prekriv ili folije) kako bi se izbjeglo negativno iskustvo iz dosadašnjeg rada. Također se sugerira dodatna izvedba zdenaca za otplinjavanje na plohama 4 i 5 kojima bi se otplinjavao odloženi otpada. Zdenca treba spojiti sa drenažni sustavom radi dreniranja vode koja će se u njima nakupiti. Tehnologiju i tehnička rješenja ovih zahvata treba ponuditi projektant.

#### Sustav odplinjavanja

Sustav odplinjavanja dimnezioniran je za prikupljanje oko 60 m<sup>3</sup> plina u minuti (52 zdenca). Postoje mjerenja i pokazatelji koji upućuju na značajne poteškoće u zahatu plina, jer se zdenci zapunjeni vodom ne mogu koristiti efikasno za odplinjavanje, a plin se stvara i povećava tlakove u tijelu odlagališta, pa i izbija na nepredviđenim mjestima (okna za odvodni sustav, a prema izvješću HIS d.o.o. iz 2007. «*Obilaskom deponije zamijetna povećana prisutnost plina u plohama posebice u plohi IV i V što je uz karakterističan miris i vizualno vidljivo po izbijanju plina u lagunama koje se stvaraju po deponiji na otvorenim i neotplinjenim plohama*»). Prema glavnom projektu najveće količine plina očekuju se u 2008. Zato se sada trebaju poduzeti konačne mjere da se sustav osposobi za prihvat plina i da se pojača kontrola sustava i njegovo održavanje.

Zdenci su projektirani kao osnovni dio aktivnog sustava za otplinjavanje, ali je njihova efikasnost u zahvatu plina znatno umanjena zbog prisustva vode u njima, čime je spriječen planirani zahvat plina i njegova evakuacija do površinskog cjevovoda.

Problem zdenaca je višestruk: (1) zdenci su i mehanički oštećeni, jer je konstatirano da su neki od njih neprohodni, a što je sukladno i činjenici da su se slijegali zajedno s odlagalištem (ukupno slijeganje 4-6 m), pa se očekuje da su savijani, prekidani i gnječeni; (2) zdenci su izdignuti iznad drenažnog sloja i oslonjeni na slabo propusne slojeve ispod sebe pa ne mogu ispustiti prikupljenu vodu i time osloboditi prostor za prikupljanje plina, (3) stalno punjenje vodom iz okolnih laguna i leća dugotrajno onesposobljuje zdenca za efikasan zahvat plina.

Postoje nalazi da je plinovod pri površini djelimično oštećen a i velika slijeganja su mogla doprinijeti različitim oštećenjima, te prisutnost vode u otpadu pri vrhu odlagališta koja curenju u okoliš izaziva diferencijalna slijeganja i nepogodne okolnosti za cjevovod.

Zaključuje se da se hitno trebaju poduzeti praktične mjere koje su vezane i za evakuaciju vode, a to je pražnjenje vode iz zdenaca, kontrola i plinovoda i spojeva, te možda i izvedba vanjskog privremenog cjevovoda za brzo otplinjavanje dok se ne osposobi postavljeni sustav i osigura njegova trajna furedna funkcija.

Sugerira se dodatna izvedba zdenaca za otplinjavanje na plohama 4 i 5 kojima bi se otplinjavao odloženi otpada. Zdenca treba spojiti sa drenažnim sustavom radi dreniranja vode koja će se u njima nakupiti, a neće moći otjecati jer se na dnu ploha odlagao stari otpad koji je formirao slabo propusne zone koje se moraju probiti radi ocjeđivanja vode. Tehnologiju i tehnička rješenja ovih zahvata treba ponuditi projektant.

## 5. Interventne mjere

Predlaže se da se poduzmu hitne mjere bez odlaganja, kojima će se popraviti stanje u odlagalištu otpada a to su:

- crpljenje vode iz zdenaca, uzastopno i po potrebi dugo, dok se ne smanji značajno dotok vode iz zarobljenih leća i laguna
- izvedba novih bušotina kojima će se poboljšati zahvat crpljenja vode
- eventualno dodavanje privremenog vanjskog sustava za otplinjavanje, dok se ne osigura postojeći sustav
- kontrola i servisiranje svih kritičnih točaka sustava
- opažanje efikasnosti poduzetih mjera putem mjerenja slijeganja, pomaka, nivoa vode u odlagalištu i u sustavu odvodnje, mjerenjem količine procjedne vode po plohama kontrolom stanja na pokosima

Nakon što se konstatira da su poduzete mjere crpljenja vode ostvarle potreban učinak i kada se umire slijeganja od tog procesa dovršit će se potrebne radnje na plinovodima.

## 6. Dodatni istražni radovi

Dodatnim istražnim radovima koje predložio projektant namjerava se utvrditi stanje u sustavu za zahvat plina i pojava i rasprostranjenost leća vode u odlagalištu.

Predlaže se da se predviđeni pokus CPTU (statička penetracija sa mjerenjem pornog tlaka) iskoristi za mjerenje tlaka vode (filtrata) u tijelu odlagališta. To se može postići tako da se penetracija sonde zaustavlja svakih npr. 1,0 m i čeka umirenje izmjenog pornog tlaka. Iz prikaza takvog tlaka po dubini odlagališta može se zaključivati o postojanju leća s tekućinom i njihovoj veličini. Tome treba prilagoditi raspored i broj takvih ispitivanja.

Treba upozoriti da se može dogoditi da se u pokusu CPTU ne uspije penetrirati do željene dubine, ili da se čak onemogućiti penetracija usljed otpora u tijelu odlagališta koji se može pojaviti ako se pogodi tvrdi veći odloženi predmet, ili tvrda zona starog otpada.

Potrebno je alternativno planirati geofizičke metode kojima će se prostorno opisati pojava leća sa tekućinom i time omogućiti uvid u stvarno stanje odloženog otpada.

## 7. Zaključak

Na temelju stečenih saznanja i analize raspoloživih podataka zaključuje se:

- odlagalište otpada Prudinec ima neuobičajeno veliku količinu vode u svom tijelu, nastalu zbog poteškoća sa njenim dreniranjem u temeljni drenažni sustav
- procjedna voda zarobljena je u lećama i lagunama, relativno nepovezanim, ali koje imaju značajan volumen jer uzastopno prihranjuju zdence i pune ih do velikih visina
- zdenca za otplinjavanje su ispunjeni vodom; u gotovo svim zdenacima nivo vode je vrlo visok, tako da se prosječno 2/3 visine zdenca nalazi pod vodom
- zbog takve situacije nije moguće otplinjavanje zdenacima u mjeri u kojoj je to planirano
- nemogućnost otplinjavanja uzrokuje povećanje količine plina u odlagalištu i povećanje tlakova od plina koji mogu biti uzrok i mehaničkih nestabilnosti u odlagalištu otpada, zajedno sa tlakovima od zarobljene vode
- bez ikakvih dodatnih istražnih radova poduzeti korektivne interventne aktivnosti
- potrebno je hitno poduzeti aktivnosti kojima će se isprazniti voda iz zdenaca, pospješiti prikupljanje plina i time dovesti odlagalište u sigurnu fazu potrebnih kontrola, servisa i obnove plinske mreže – to prvenstveno znači crpljenje vode iz zdenaca u postojećem stanju, a tek naknadno, eventualno, izvoditi spajanje bušotina sa drenažnim slojem u temeljnom brtvenom sustavu
- za potrebe crpljenja vode iz zdenaca treba izvesti i dodatne bušotine radi bržeg i efikasnijeg utklanjanja vode iz odlagalište
- nakon obavljenog crpljenja i dokazanog bitnog povećanja u zahvatu plina može se konačno dotjerivati sustav plinovodnih instalacija
- predlaže se projektantu da promijeni način deponiranja otpada tako da se manje plohe zapunjavaju kao manje kazete i da se koristi neki sustav zaštite od procjeđivanja (dnevni prekriv ili folije) kako bi se izbjeglo negativno iskustvo iz dosadašnjeg rada.
- predlaže se izvedba dodatnih zdenaca za otplinjavanje na plohama 4 i 5 kojima bi se otplinjavao odloženi otpada; zdenca treba spojiti sa drenažnim sustavom radi dreniranja vode koja će se u njima nakupiti, a neće moći otjecati jer se na dnu ploha odlagao stari otpad koji je formirao slabo propusne zone koje se moraju probiti radi ocjeđivanja vode; tehnologiju i tehnička rješenja ovih zahvata treba ponuditi projektant
- moguće je da treba predvidjeti i neovisni privremeni vanjski sustav cjevovoda za zahvat plina tijekom crpljenja vode i zahvata plina, dok se ne umire deformacije koje će time nastati a koje bi mogle oštetiti postojeći sustav zahvata plina u pokrovnom sustavu
- planirane dodatne istražne radove revidirati i osigurati postizanje željenih ciljeva i informacija kroz vrstu, raspored i način provedbe tih istraživanja

- pojačati aktivnosti servisne i tehničke službe za održavanje sustava u odlagalištu otpada  
*«generalno je potreban servis glava plinskih zdenaca, te po potrebi izmjena samih glava; najkritičnije su linije C, G i H kod kojih je potrebno izmještanje i prilagođavanje cjelokupnih linija, te izravnavanje plinskih zdenaca i sondi, te dodavanje kondenznih lonaca na kritičnim mjestima linije C». (izvještaj HIS d.o.o., 2007)*
- osmisliti i provesti dodatna opažanja i mjerenja na objektu tijekom provedbe ovih radnji i ubuduće, radi osiguranja podataka za realnu procjenu stanja u odlagalištu otpada