

SVEU ILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO-MATEMATI KI FAKULTET

BIOLOŠKI ODSJEK

**UTJECAJ OTPADNOG ELUATA NA OKOLIŠ**  
**IMPACT OF LANDFILL LEACHATE ON THE**  
**ENVIRONMENT**

Završni seminarski rad

Eda Puntari

Preddiplomski studij Znanosti o okolišu

(Undergraduate Study of Environmental sciences)

Mentor: doc.dr.sc. Sandra Radi Brkanac

Zagreb, srpanj 2012.

## SADRŽAJ:

1. UVOD .....	3
2. GEOLOŠKI ASPEKT ODLAGALIŠTA OTPADA .....	4
2.1 <i>Odre ene topografske, hidrološke i geološke karakteristike povoljne za     minimiziranje utjecaja odlagališta na okoliš:.....</i>	4
2.2 <i>Preporu eni sustav upravljanja otpadom.....</i>	5
3. ANALIZA UZORAKA S ODLAGALIŠTA OTPADA.....	6
4. ZAKLJU AK .....	8
5. SAŽETAK.....	9
6. SUMMARY .....	10
7. LITERATURA.....	11

## 1. UVOD

Prema Zakonu o otpadu Republike Hrvatske (Narodne novine 178/2004., 111/2006., 110/2007., 60/2008.) otpad su stvari i predmeti koje je pravna ili fizička osoba odbacila ili, odložila, namjerava ili mora odložiti. Prema mjestu nastanka i načinu odlaganja najčešće se razlikuju komunalni ili gradski, industrijski ili tehnološki, te bolnički ili patogeni otpad. Prema utjecaju na okoliš razlikujemo inertni i opasni (toksični, upaljivi, korozivni, eksplozivni, radioaktivni....) otpad (1).

Pristup odlaganju otpada prije svega ovisi o socioekonomskom stupnju razvoja, razini industrijalizacije, ali i o veličini naselja i gustoći naseljenosti. Ljudi u manjim, ruralnim područjima još uvijek značajnije ne osjećaju problem otpada, te ga iskorištavaju u najvećoj mjeri. Sasvim je drugačija situacija u visokorazvijenim društvima, a posebno u gusto naseljenim velikim gradovima, gdje potreba za svakodnevnim zbrinjavanjem tisuća tona krutog otpada predstavlja i to veliki problem gradskim vlastima. Težina (masa) krutih otpadaka dnevno kreće se od prosječno jednog pa do nekoliko kilograma po osobi, ali varira jednako kao i volumen otpada, što je u direktnoj vezi sa „ranim“ razvrstavanjem i prikupljanjem korisnih komponenti otpada. U razvijenim zemljama posao s otpadom danas je postao dobro isplativa djelatnost.

Otpad je problem suvremene civilizacije i središnji problem zaštite okoliša. Otpad nije samo „gomila“ neiskoristivih stvari i ne mora nužno postati smeće, jer je smeće proizvod neprimjerenog ljudskog ponašanja s vlastitim otpadom, pa je danas sve prisutnija tendencija da se već u kućanstvima smeće razvrstava na komponente koje se mogu ponovno upotrijebiti: staklo, papir, metal, plastiku itd.

Uz to što otpad predstavlja svojevrsni „lokalni“ problem svake zajednice, ukupni otpad na planeti predstavlja i globalan problem. Uz ostale plinove, u otpadu se razvijaju stakleni i drugi plinovi poput ugljikovog dioksida i metana, a godinama su bili odlagani sprejevi i raznoliki rashladni uređaji i njihovi dijelovi iz kojih su nekontrolirano bili otpušteni klorofluorouglikovodici-freoni koji izazivaju „stanjenje“ ozonskog sloja u visokim slojevima atmosfere. Osim toga, u većini ili manjoj mjeri prisutno je širom svijeta nekontrolirano i neprimjereno odlaganje raznih vrsta otpada, uključujući i opasnog (2).

## 2. GEOLOŠKI ASPEKT ODLAGALIŠTA OTPADA

Određivanje optimalne lokacije s minimalni utjecajem na okoliš (posebno na podzemne vode) prvenstveno je u domeni geologije. Lokacija odlagališta otpada bi trebala biti: dostupna prijevozu (niti predaleko ni preblizu grada), s mogućnošću u korištenja nakon zatvaranja odlagališta (park, rekreacijska zona), s dovoljnom količinom tla za dnevno prekrivanje, dovoljno velika lokacija za prihvatanje otpada u predviđenom roku (period ne kraći od 20 godina), predviđen eventualno prostor za "tvornicu za preradu otpada" (razvrstavanje).

U odlagalištu otpada važne su mikrobiološke reakcije, ali postoje i fizičke, kemijske i biološke procese koji se odvijaju u odlagalištu. U nizu reakcija nastaju bioplina i procjedna voda. Prva reakcija je aerobna, a nastavak anaeroban (počinje acetatnom fazom, a nastavlja se s metanogenom fazom). Sastav bioplina i procjedne vode mijenja se s vremenom. U početku se razvija više plina koji se sav razvije u 5-10 godina. Procjedne vode se stvaraju do 100 godina. U procjednoj vodi najopasnija su specifična organska zagađivača, klorirani ugljikovodici, a od anorganskih arsen, kadmij, olovo, živa, krom, nikal...

Uređeno odlagalište komunalnog otpada, s geološke pozicije, mora zadovoljiti slijedeće elemente:

1. Mora imati vodonepropusnu podlogu (i bokove). Sloj gline i/ili plastične folije, asfalta, bitumena i sl.,
2. Treba imati sustav drenaže i sakupljanja procjedne vode (eluat/filtrat) s njenim naknadnim pročišćavanjem ili rasprskavanjem po odlagalištu (radi isparavanja vode),
3. slojevito slaganje + kompaktiranje (dnevno prekrivanje),
4. zaštitni pokrov i zelenilo (otplinjavanje),
5. sustav praćenja/monitoringa kvalitete podzemne vode i kvalitete odvodne vode.

### 2.1. Određene topografske, hidrološke i geološke karakteristike povoljne za minimiziranje utjecaja odlagališta na okoliš:

- a) Topografija: potreban je što manji nagib terena kako ne bi došlo do neželjene erozije. Povoljne su visoravni, blage padine, eventualno doline, a o odabiru lokacije ovisi i dubina do podzemne vode.
- b) Geologija (litologija): traže se što nepropusnije stijene. Prema mogućnosti u vodonepropusnim terenu (gline, škriljci...).

- c) Hidrologija: potrebna je što niža razina podzemne vode, sa što manjim oscilacijom. Vodopoplavno područje nikako nije pogodno za lokaciju budućeg odlagališta. Isto tako je važno da se podzemne vode ne koriste za vodoopskrbu! Potreba izrade piezometara<sup>1</sup> u okolini odlagališta minimalno 6 m dublje od dna odlagališta, radi prene promjena razine podzemne vode.

## **2.2. Preporučeni sustav upravljanja otpadom**

- a) Izbjegavanje stvaranja otpada i/ili smanjivanje stvaranja otpada (ponovna upotreba, smanjivanje ambalaže, edukacija, tarifna politika),
- b) Odvojeno sakupljanje i recikliranje materijala,
- c) Obrada otpada (mehanička, biološka, fizikalno-kemijska) i eventualno korištenje energije (spaljivanje, korištenje bioplina, piroliza),
- d) „Nova moda od 2003“ – *baliranje otpada*,
- e) Sigurno odlaganje (1).

---

<sup>1</sup> Piezometar - hidrogeološka bušotina izvedena na takav način da nivo vode u njoj odgovara nivou podzemne vode u njejoj okolini i služi za mjerenje udaljenosti od fiksne točke njegove konstrukcije do nivoa vode. Po potrebi služi i za mjerenje temperature vode i uzimanje uzoraka vode za analizu njezine kvalitete.

### 3. ANALIZA UZORAKA S ODLAGALIŠTA OTPADA

Problem procjednih voda i njihov utjecaj na okoliš, te u konačnici i na općekolovsko zdravlje, ispitan je širom svijeta i o tome je objavljen velik niz radova i studija (3-5).

Primjerice, otpadni eluat sa 22 općinska komunalna odlagališta u južnoj Poljskoj kategoriziran je prema procjeni kemijskih, mikrobioloških i ekotoksikoloških parametara (3). Kemijska analiza se je prvenstveno fokusirala na identifikaciju prioriternih opasnih supstanci. Istraživanje je pokazalo, da je samo 5 toksičnih supstanci (Cd, Hg, heksaklorbutadien, pentaklorbenzen, PAH-policiklički aromatski ugljikovodici) detektirano u eluatima. Testirane supstance su izostajale ili su bile prisutne u vrlo malim koncentracijama. Jedino su policiklički aromatski ugljikovodici bili prisutni u svim uzorcima u koncentraciji od 0,057 do 77,2  $\mu\text{gL}^{-1}$ .

Otpadne vode su bile kontaminirane sa bakterijama, uključujući i aerobne, psihofilne i mezofilne bakterije, koliformne i fekalne koliformne, i bakterije koje proizvode spore, uključujući i *Clostridium perfringens*, te gljive s filamentima. Iz analize pojedinih skupina mikroorganizama (indikator onečišćenja okoliša patogenim ili oportunističkim patogenim organizmima) može se zaključiti da su otpadne vode predstavljaju zdravstveni i epidemiološki rizik.

U ekotoksikološkom dijelu studije, osnova testova sastojala se od 5 bioloških testova, odnosno primjenjeni su Microtox, Spirotox, Rotoxkit F<sup>TM</sup>, Thamnotoxkit F<sup>TM</sup> i Daphtoxkit F<sup>TM</sup> magna testovi. Uzorci su klasificirani kao toksični u 13,6%, visoko toksični u 54,6% i vrlo visoko toksični u 31,8% slučajeva. Spirotox test je bio najosjetljiviji korišten biotest. Ovi uzorci definitivno bi se mogli smatrati ozbiljno opasnim i izrazito toksičnim za faunu i mikrofloru.

Između kemijskih parametara i toksičnih vrijednosti nije pronađena nikakva korelacija. Toksičnost uzoraka otpadnih voda ne mogu se objasniti s niskom razinom prioriternih zagađivača. Čini se da druge vrste ksenobiotika prisutnih u uzorcima na subakutnim razinama daju visok ukupni toksični učinak. Kemijski, ekotoksikološki i mikrobiološki parametri otpadnih voda trebali bi se analizirati zajedno kako bi se procijenio rizik za okoliš koju predstavljaju odlagališta (3).

U drugoj studiji, istraživao je utjecaj procjednih voda iz glavnog odlagališta u sjevernom Jordanu, El-Akader, na podzemne vode. Procjenjivani su razni fizikalni i kemijski parametri. Od fizikalnih parametara to je uključilo: pH, ukupnu tvrdoću, električnu vodljivost te ukupno otopljenih krutih tvari. Od kemijskih parametara uključeni su bili glavni kationi: Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup>

i  $K^+$ , glavni anioni  $HCO_3^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$  i  $SO_4^{2-}$ , glavni ioni  $PO_4^{3-}$  te teški metali, Pb, Fe, Mn, Cd, i Zn. Odlagalište El-Akader prosječno prima volumen od 2305 m<sup>3</sup> po danu, i gotovo 217 tankera s kapacitetom od 11 m<sup>3</sup> otpada koji ispuštaju svoje hrpe na El-Akader. Ukupna dnevna količina otpada koja je bačena procijenjena je na oko 400 tona na dan. Područje od skoro 6 km od odlagališta bilo je pokriveno. Rezultati su pokazali da eluati s odlagališta predstavljaju ozbiljnu prijetnju lokalnih vodonosnika (4).

U Ljubljani su provedena istraživanja, čiji je cilj bio uvođenje fitotoksičnosti (phytotoxicity) testa kao dodatka tradicionalnim testovima toksičnosti i fizikalno-kemijskih svojstava procjednih voda odlagališta, kao i za procjenu učinkovitosti različitih metoda pročišćavanja. Fitotoksični testovi su relevantni alat za procjenu utjecaja onečišćujućih tvari na primarne proizvođače u ekosustavima. U ispitivanju inhibicije rasta primjećene su dvije biljke *Sinapis alba* i *Lepidium sativum* kao predstavnici terestričkog ekosustava i ispitivanje inhibicije rasta pomoću vodene biljke *Lemna minor*. Istraživani eluat imao je negativan utjecaj na testiranje biljke. Otpadne vode rezultiraju povećanjem inhibicije rasta korijena. Najosjetljiviji organizam bila je vodena leća *Lemna minor*. Eluati su znatno zagađeni, te su bili tretirani i biološkim procesima kao i kemijskom metodom. Biološko pročišćavanje pokazalo je nisku učinkovitost, vjerojatno zbog prirode uzorka koji je bio slabo biorazgradivo te je smatraju neprimjerenom metodom pročišćavanja. Fenton oksidacija također nije bila uspješna, pa je potrebno uzeti u obzir neke druge metode. Fizikalno-kemijski parametri i fitotoksični testovi ravnopravno procjenjuju učinkovitost. Ova studija je pokazala da je fitotoksični test jednostavan, brz i prikladan sredstvo za procjenu učinkovitosti različitih načina obrade (5).

#### 4. ZAKLJUČAK

Procjedne vode sada su prepoznate kao jedan od najvećih problema povezanih s radom odlagališta. Taj tekući otpad uzrokuje znatne probleme kontaminacije u kontaktu s tlom, podzemnom ili površinskom vodom. Studije pokazuju da rizik zagađenja okoliša koju predstavljaju odlagališta otpada treba biti ocijenjen od strane integriranog kemijskog, mikrobiološkog i ekotoksikološkog praćenja programa. Još uvijek ograničene baze podataka i hitna potreba za više informacija o prioritetnim opasnim tvarima iz popisa od 33 prioritetnih tvari uključene u Uredbi o prioritetnim tvarima (Directive on Priority Substances) prisutnih u eluatu, kako s obzirom na njihov identitet i koncentraciju. Korištenje organizama iz različitih trofičkih razina u testovima toksičnosti pomaže u razjašnjavanju procjene otpadnih voda na okoliš u vodenim ekosustavima. Eluat može biti i potencijalni izvor sanitarne opasnosti za tla, površinske i podzemne vode. Utvrđeno je da je eluat jako kontaminiran s bakterijama i u manjoj mjeri s nitastim gljivama. Psihofilne bakterije se priznaju kao najboljih pokazatelja onečišćenja vode s organskim spojevima. U želji da se sprijege ili smanje ekološke i javno zdravljene štete, bitna je kontrola mikrobiološke kvalitete eluata. Isto tako mikrobiološki parametri se ne smiju zanemariti, te treba utvrditi vrste mikroorganizama i granice koncentracije. Ukupni podaci o različitim vrstama zagađenja u eluatu su potrebni za procjenu opasnosti i rizika odlagališta.



## 5. SAŽETAK

Odlagališta otpada su neizbježna posljedica nacionalne ekonomije, a totalno recikliranje krutog (vrstog) otpada nije moguće. Količina i kvaliteta krutog otpada koji se odlaže u prvom redu ovisi o ekonomskom i kulturnom stupnju razvoja društva. Strategije odlaganja otpada određene su politikom, dok su iz primijenjenog načina odlaganja otpada svjesno ili nesvjesno prikrivena etička, socijalna i ekonomska načela društva. Strategija odlaganja otpada presudno utječe na cjelokupni sustav postupanja s otpadom. Što je odlagalište bolje definirano s aspekta geokemijskih granica u uvjetima u prostoru i vremenu, potrebna je bolja obrada otpada koji se odlaže. Tako visokorazvijene zemlje imaju koncept integralnog zbrinjavanja otpada i zakonske propise za izgradnju sanitarnih deponija i za sanaciju postojećih. Procjedne vode sada su prepoznate kao jedan od najvećih problema povezanih s radom odlagališta. Taj tekući otpad uzrokuje znatne probleme zagađenja u kontaktu s tlom, podzemnom ili površinskom vodom. Studija pokazuje da rizik zagađenja okoliša koju predstavljaju odlagališta otpada treba biti ocijenjen od strane integriranog kemijskog, mikrobiološkog i ekotoksikološkog praćenja programa. Konačni je cilj zaštita ljudskog zdravlja, ali i okoliša, a o inženjerima, znanju i iskustvu ovisi izbor načina i tehnika kojima se cilj nastoji postići.

## **6. SUMMARY**

Landfills are an inevitable consequence of the national economy, and the total recycling of rigid (solid) waste is not possible. Quantity and quality of solid waste disposed in the first place depends on the degree of economic and cultural development of society. Strategy for waste disposal are determined by the politics, while behind the applied methods of waste disposal, consciously or unconsciously concealed ethical, social and economic principles of society. Waste management strategy is crucial to the overall system of waste management. What a dump better defined in terms of geochemical boundary conditions in space and time, needed a better treatment of waste deposited. Thus, developed countries have the concept of integrated waste management and legislation for the construction of sanitary landfill and rehabilitation of existing ones. Leachate is now recognized as one of the biggest problems associated with landfill operations. The liquid waste is causing significant pollution problems in contact with the soil, groundwater or surface water. The study shows that environmental risk posed by waste disposal should be evaluated by an integrated chemical, microbiological and ecotoxicological monitoring programs. The ultimate goal is to protect human health and the environment, about engineers, knowledge and experience dependent selection methods and techniques that are trying to achieve a goal.

## 7. LITERATURA

- (1) Jurašić M. Otpad i odlagališta otpada. Dostupno na:  
<http://geol.pmf.hr/~mjuracic/predavanja/Geol.zastite.okolisa/07.Odlagalista.otpada.pdf>  
preuzeto: 30.06.2012.
- (2) Puntarić D, Capak K. Gospodarenje otpadom i zdravlje, U: Puntarić D, Miškulin M, Bošnjak J, i sur. Zdravstvena ekologija. Zagreb: Medicinska naklada, 2012.
- (3) Matejczyk M, Plaza GA, Nalec-Jawecki G, Ulfig K, Markowska-Szcupak A.  
Estimation of the environmental risk posed by using chemical, microbiological and ecotoxicological testing of leachates. *Chemosphere* 2011;82:1017-23.
- (4) Abu-Rukah Y, Al-Kofahi O. The assessment of the effect of landfill leachate on ground-water quality-a case study. El-Akader landfill site-north Jordan. *Journal of Arid Environments* 2001;49:615-30
- (5) Kaliterna G, Zagorac-Končanin J, Žgajnar Gotvajn A. Changes in phytotoxicity of landfill leachate due to different treatment methods. *Water days 2011 Symposium, Portorož, 19<sup>th</sup>-20<sup>th</sup> October 2011*