

# Geološki i hidrogeološki aspekti istraživanja utjecaja odlagališta otpada na okoliš

---

**Skuhala, Blanka**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

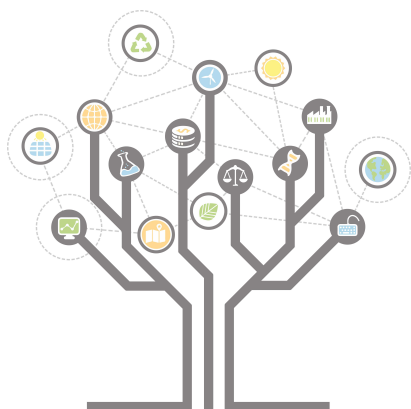
**2018**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:025571>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-19**



*Repository / Repozitorij:*

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



# Geološki i hidrogeološki aspekti istraživanja utjecaja odlagališta otpada na okoliš

---

**Skuhala, Blanka**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:025571>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2020-10-27**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOHINIČKI FAKULTET

BLANKA SKUHALA

GEOLOŠKI I HIDROGEOLOŠKI ASPEKTI ISTRAŽIVANJA UTJECAJA  
ODLAGIŠTA OTPADA NA OKOLIŠ

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

GEOLOŠKI I HIDROGEOLOŠKI ASPEKTI ISTRAŽIVANJA UTJECAJA  
ODLAGALIŠTA OTPADA NA OKOLIŠ

KANDIDAT:

BLANKA SKUHALA

MENTOR:

dr.sc. SANJA KAPELJ

VARAŽDIN, 2018.



Sveučilište u Zagrebu  
Geotehnički fakultet



## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnica: BLANKA SKUHALA

Matični broj: 2301 - 2013./2014.

### NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

GEOLOŠKI I HIDROGEOLOŠKI ASPEKTI ISTRAŽIVANJA UTJECAJA  
ODLAGALIŠTA OTPADA NA OKOLIŠ

Rad treba sadržati:

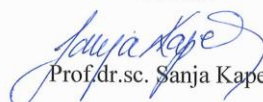
1. Uvod
2. Teoretske osnove utjecaja
3. Tehnike i metode motrenja utjecaja odlagališta na okoliš
4. Potencijalne emisije u vodu i tlo
5. Zakonska regulativa o motrenju utjecaja odlagališta otpada
6. Rasprava
7. Zaključak

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

Zadatak zadan: 12.07.2018.

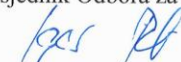
Rok predaje: 06.09.2018.

Mentor:

  
Prof. dr. sc. Sanja Kapelj



Predsjednik Odbora za nastavu:

  
Izv. prof. dr. sc. Igor Petrović

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

**Geološki i hidrogeološki aspekti istraživanja utjecaja odlagališta otpada na okoliš**

---

( naslov završnog rada )

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **prof. dr. sc. Sanje Kapelj**.

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

U Varaždinu, 6.3.2018.

BLANKA SKUHALA

( IME I PREZIME )

Skuhala Blanka

( Vlastoručni potpis )

# GEOLOŠKI I HIDROGEOLOŠKI ASPEKTI ISTRAŽIVANJA UTJECAJA ODLAGALIŠTA OTPADA NA OKOLIŠ

Ime i prezime: Blanka Skuhala

## SAŽETAK:

Ovaj rad se bavi istraživanjem utjecaja odlaganja otpada na tlo i vodu, koje uz zrak predstavljaju osnovne sastavnice okoliša. Dugogodišnja nebriga oko odlaganja otpada rezultirala je brojnim neadekvatnim odlagalištima koja emitiraju niz štetnih tvari u okoliš. Najveći rizik po okoliš na odlagalištima predstavljaju procjedne vode koje zbog svojeg složenog sastava te dokazanog toksičnog učinka predstavljaju prijetnju kako za sastavnice okoliša tako i za ljudsko zdravlje. U drugom poglavlju rada opisani su geološki i hidrogeološki čimbenici okoliša čije razmatranje od strane stručnjaka prilikom izgradnje odlagališta je nužno da bi se spriječio negativan utjecaj na okoliš. U trećem poglavlju su opisane tehnike i metode praćenja stanja tla i vode pomoću kojih se može utvrditi prisutnost, sastav i koncentracija onečišćujućih tvari koje potječu s odlagališta otpada. U radu se također nalazi pregled potencijalnih emisija u tlo i vodu od strane odlagališta inertnog, neopasnog i opasnog otpada, te zakonska regulativa vezana uz monitoring tla i vode na odlagalištu te uz sprječavanje i smanjenje negativnog utjecaja na te sastavnice. U šestom poglavlju nalazi se moj osobni osvrt na potencijalne nedostatke i prednosti zakonske regulative vezane uz zaštitu tla i vode na odlagalištima u RH i provođenju iste.

Ključne riječi: odlagalište otpada, tlo, voda, geološki čimbenici, hidrogeološki čimbenici, procjedna voda, onečišćujuće tvari

# Sadržaj

<b>1. Uvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Teoretske osnove utjecaja .....</b>	<b>3</b>
2.1. Geološki čimbenici .....	3
2.2. Hidrogeološki čimbenici .....	4
<b>3. Tehnike i metode motrenja utjecaja odlagališta na okoliš.....</b>	<b>6</b>
3.1. Monitoring tla .....	6
3.2. Monitoring vode.....	8
<b>4. Potencijalne emisije u vodu i tlo .....</b>	<b>12</b>
4.1. Odlagalište inertnog otpada.....	12
4.2. Odlagalište neopasnog otpada.....	12
4.3. Odlagalište opasnog otpada.....	13
<b>5. Zakonska regulativa o motrenju utjecaja odlagališta otpada .....</b>	<b>13</b>
<b>6. Rasprava .....</b>	<b>21</b>
<b>7. Zaključak .....</b>	<b>23</b>
<b>8. Literatura .....</b>	<b>24</b>
<b>9. Popis slika .....</b>	<b>26</b>
<b>10. Popis tablica.....</b>	<b>27</b>



## 1. Uvod

Gospodarenje otpadom u svijetu provodi se prema određenim pravilima koja definiraju vrste otpada i načine na koje se te vrste mogu zbrinuti, obraditi ili oporabiti, pritom ističući odlaganje otpada kao najmanje poželjnom metodom zbrinjavanja otpada. U prošlosti kada ljudska civilizacija nije bila razvijena u tolikoj mjeri kao danas, količine otpada su bile neznatne i njegovo odlaganje na odlagališta bila je optimalno rješenje gospodarenja otpadom. Kako na tržištu broj proizvoda raste iz dana u dan, tako nastaju sve veće količine otpada koji se uglavnom i dalje gomila na odlagalištima otpada. Dolazimo do zaključka da su odlagališta otpada, od jednog jednostavnog i prihvatljivog rješenja u prošlosti, danas postala glavni problem gospodarenja otpadom. Odlagališta koja su se koristila u prošlosti i koja se ne pridržavaju minimuma tehničkih zahtjeva koji su danas propisani Direktivom o odlagalištima, posebno su zabrinjavajuća.[1](Slika 1.)

Neosporiva je činjenica da su okolišni problem uzrokovani odlagalištima otpada brojni. Negativan utjecaj može se svrstati u tri osnovne skupine: utjecaj na zrak, utjecaj na tlo i utjecaj na vodu. Iako su tlo, voda i zrak kao tri osnovne sastavnice biosfere jednako važne za opstanak života na Zemlji, tlu se od početka nije posvećivala jednaka pozornost kao vodi i zraku. Za razliku od vode i zraka, istraživanju različitih štetnih utjecaja na tlo se prilazi mnogo kasnije tj. tek kad su se u većoj mjeri počeli pojavljivati problemi vezani za onečišćenje produktivnih tala kao posljedica ljudske djelatnosti. Sve tri vrste utjecaja u konačnici ugrožavaju zdravlje i opstanak živog svijeta na Zemlji. Cilj ovog rada je osvrnuti se na utjecaj koji odlagališta otpada imaju na tlo i vodu. Na odlagalište otpada mogu dospjeti različite onečišćujuće tvari koje se tamo akumuliraju i miješaju tijekom vremena te dopiju u tlo i vode. Najveća prijetnja za tlo i vodu uzrokovana odlagalištem otpada je zasigurno procjedna voda. Procjedna voda je tekućina koja je procjeđuje kroz odložen otpad. Razlikuje se u sastavu ovisno o dobi odlagališta i vrsti odloženog otpada i obično sadrži otopljen i suspendirani materijal.[2]

Jednom kad voda dođe u dodir sa krutim otpadom koji se raspada, ona postaje kontaminirana. Uvjeti unutar odlagališta variraju od aerobnih do anaerobnih i tako se omogućavaju različite kemijske reakcije. Neki od izraženijih parametara procjedne vode su visoki KPK, BPK, visoke koncentracije amonijaka, klora, natrija, kalija, itd. Amonijak je zagađivalo koje se može koristiti kao pokazatelj onečišćenja, osobito u površinskim vodama. Procjedne vode iz odlagališta otpada za neopasni otpad često sadrže složene organske spojeve, klorirane ugljikovodike i metale, u koncentracijama koje predstavljaju prijetnju podzemnim i površinskim vodama.[3]

Ispravno projektirana odlagališta, kao ona što su izgrađena na geološki nepropusnim materijalima ili ona u kojima se koriste umjetni nepropusni materijali kao što su geomembrane, mogu ublažiti rizik od negativnog utjecaja procjednih voda. Danas u Hrvatskoj, kao članici EU, postoji niz zakonskih regulative kojima se nastoji spriječiti ili smanjiti negativan utjecaj odlagališta otpada na okoliš. Prilikom projektiranja odlagališta obavezno je koristiti obloge ako otpad koji se odlaže nije inertan, a većina toksičnih materijala koji predstavljaju veliki rizik po okoliš, više se ne odlažu na odlagalište već obrađuju drugačijim metodama.



Slika 1. Neuređeno odlagalište otpada

## 2. Teoretske osnove utjecaja

### 2.1. Geološki čimbenici

Za sigurno odlaganje otpada veoma je važna identifikacija geološke podloge kao i poznavanje svih njenih značajki. Geološki čimbenici koji se razmatraju prilikom istraživanja utjecaja odlagališta otpada na okoliš su: geološka građa terena, tektonika, morfologija, seizmičnost terena itd. Dobivene geološke informacije bitno je povezati sa svojstvom otpada i sa dinamičnim sustavom podzemnog tečenja. Što se tiče litologije terena namijenjenog za odlaganje otpada poželjne su vodonepropusne stijene ili koherentno vodonepropusno tlo kao što su gline. Zemljani materijali s malom propusnošću kao što je glina usporiti će kretanje procjedne vode i također će značajno smanjiti sadržaj otopljenih tvari. Odlagališta izgrađena u stijenama niske propusnosti stoga su pogodna za prirodno zadržavanje procjedne vode, a propuštanje ispod površine tih odlagališta biti će minimalno. Međutim, oko ruba odlagališta izgrađenih na takvim materijalima mogu se javiti izvori i mjesta difuznog procjeđivanja. Sa sedimentima s visokim sadržajem gline također je teško raditi, a ako se koriste za pokrivanje odlagališta mogu ispucati za vrijeme suhog razdoblja i tako stvoriti otvore za izlazak odlagališnih plinova i ulaz kiše te površinske vode u samo odlagalište. Sedimenti s velikom propusnosti kao što su šljunak, pijesak i određene raspucane čvrste stijene (magnatske i metamorfne stijene, sedimentne stijene poput pješčenjaka, konglomerata, vapnenaca i dolomita itd.) dopuštaju procjeđivanje značajnih količina procjedne vode i tada je u podzemnim vodama veća koncentracija otopljenih tvari.

[4]

Zbog potencijalnog procjeđivanja ispod odlagališta otpada, podloga koja sadrži diskontinuitete i pukotine te općenito porozna sredina, nije poželjna. Važnu ulogu prilikom procjenjivanja utjecaja odlagališta na okoliš također ima i topografija, odnosno sam oblik reljefa. Povoljne lokacije su visoravni, doline i blagi nagibi. Veći nagib donosi i veći rizik od erozije tla. U obzir se također moraju uzeti tektonski aktivna mjesta. Ona su povezana s geološkim događajima poput potresa i stvaranja topoloških oblika kao što su planine i vulkani što može značajno utjecati na odlagalište otpada izgrađenom na takvoj lokaciji. U

tim područjima izražena je i seizmička aktivnost koja je bitan čimbenik prilikom istraživanja utjecaja odlagališta otpada na okoliš.

## **2.2. Hidrogeološki čimbenici**

Hidrogeološki čimbenici kontroliraju kretanje vode ispod temelja odlagališta i utječu na stvaranje i koncentraciju procjeda, zbijanje odlagališta i vrijeme potrebno da se odlagalište kemijski i biološki stabilizira. Hidrogeologija terena također kontrolira pojavu i migracije otopljenje tvari koja se prenosi podzemnom vodom. Neka odlagališta neće imati značajan utjecaj na podzemne i površinske vode, dok ih druga mogu ozbiljno degradirati. Hidrogeološko okruženje odlagališta otpada mora biti poznato i odlagalište se mora ispravno dizajnirati kako ne bi došlo do negativnom učinka kojeg je teško sanirati. Neki od glavnih hidrogeoloških čimbenika koji se razmatraju prilikom projektiranja odlagališta otpada su:

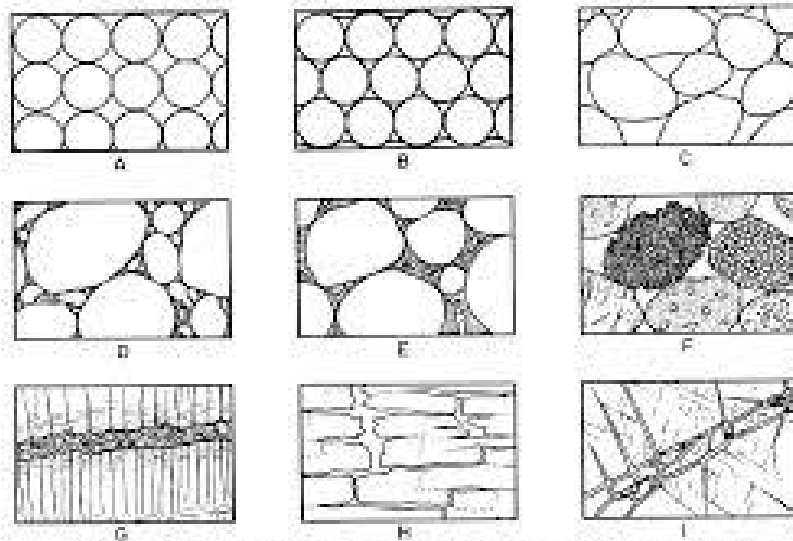
- položaj odlagališta u sustavu protoka podzemnih voda
- položaj gornje granice saturirane zone i položaj vodnog lica
- sastav okolnih stijena i geoloških struktura koji utječu na sposobnost prijenosa i retardaciju i/ili akumulaciju otopljenih tvari
- klimatske (meteorološke, hidrološke, vegetacijske) značajke područja

Kada se odlagalište nalazi u blizini zone prihranjivanja ili napajanja podzemne vode u nekom vodonosniku, gdje je gradijent podzemne vode silazni, može doći do prodiranja otopljene tvari u temeljni vodonosnik. Mala je vjerojatnost da će se otopljene tvari razgraditi prije nego što dođu do vodonosnika. Otopljene tvari koje potječu od odlagališta smještenog u području uzlaznog podzemnog toka ili u područjima arteških vodonosnika vjerojatno neće dospjeti u podzemni vodonosnik. Ako su vodonosnici smješteni na većoj dubini i/ili prekriveni debljim slojem slabije propusnih naslaga moguće je da će otopljene

tvari dospjeti u njih, ali će se u određenoj mjeri razgraditi putujući kroz tlo i pokrov vodonosnika.

Ako je temelj odlagališta iskopan tako da seže unutar saturirane zone ostvaruje se direktan kontakt sa podzemnom vodom što nikako nije poželjno. U sušnim klimatskim uvjetima infiltracija na površini odlagališta je niska i nema značajne procjedne vode kada se otpad nalazi iznad zone zasićenja, međutim pogrešno je tvrditi da je nema uopće. Područja koja u prosjeku primaju samo nekoliko centimetara kiše godišnje imaju kratke vremenske periode u kojima padne velika količina kiše i tada se generiraju značajne količine procjedne vode. Infiltracija oborina kroz površinu odlagališta i proizvodnja procjedne vode karakteristično je za vlažne klimatske uvjete, čak i ako temelj odlagališta iznad gornje granice zone zasićenja. Odlagališta otpada izgrađena na propusnim tlima i stijenama mogu uzrokovati ozbiljno onečišćenje podzemnih voda stoga je odlaganje otpada na mjestima koja ne prodiru do vodnog lica neophodna mjera opreza.[4]

Što se tiče same građe vodonosnika u Hrvatskoj razlikujemo dva osnovna tipa prema vrsti poroznosti.(Slika 2.) Za nizinsko područje Hrvatske karakteristična je primarna ili međuzrnska poroznost pa se vodonosnici tog područja nazivaju međuzrnskim ili intergranularnim vodonosnicima. Takvi vodonosnici sporo reaguju na prihranjivanje intenzivnim oborinama pa će i procjeđivanje ispod odlagališta izgrađenog na takvom terenu biti sporije. Obilježje krških vodonosnika je sekundarna poroznost, pukotinska ili kavernožno-pukotinska, koja je nastala nakon formiranja stijene tektonskim silama. Ako je stijena topljivija npr. vapnenac javlja se pukotinsko-disolucijska ili pukotinsko-kavernožna poroznost. Šupljine kao što su prsline, pukotine i rasjedi karakteristične su za krš imaju bitnu ulogu u procesu dreniranja podzemne vode. Brže reaguju na intenzivne oborine stoga procjedna voda sa odlagališta izgrađenog na takvom terenu se lakše vertikalno i lateralno u smjeru toka procjeđuje u podzemne vodonosnike.[5]



Tipovi poroznosti; A - F - likovni poroznosti u granularnim naslagama (A i B - utjecaj položaja zrnala, C - utjecaj oblika i veličine zrnala, D - utjecaj granularno-zrnatog sastava i rasporeda zrna različite veličine, E - utjecaj orijentacije međuzrnastih prostora i F - poroznosti zrnala, G - porozna zona između dijelova lina, H - poroznost u vapnencima zbog korozivnog proširivanja primarnih šupljina, I - pukotinska poroznost masivnih stijena (pre Kubiškyja i dr.).

Slika 2. Vrste poroznosti

### 3. Tehnike i metode motrenja utjecaja odlagališta na okoliš

#### 3.1. Monitoring tla

U Hrvatskoj se monitoring tla provodi putem praćenja graničnih vrijednosti pojedinih onečišćujućih tvari propisanih Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednih područja od onečišćenja.[6]

Uzorkovanje se provodi na nasumičnim mjestima na samom odlagalištu u dogovoru s geologom. Prikladna metoda za odabir dubine uzorkovanja je definiranje temelja odlagališta. Uzorci bi trebali sezati do dubine ispod temelja jer je tamo najveća koncentracija onečišćujućih tvari. Minimalna dubina koju treba pratiti kod tla je 30 cm ispod temelja. S obzirom da se tlo, odnosno sediment rijetko sastoji od glatkih i vodoravnih slojeva, nego su uglavnom valoviti, kosi i prekinuti diskontinuitetima, poželjno je uzimati

uzorke s različitih dubina. Dodatne dubine uzorkovanja primjenjuju se također kada su analitički rezultati neuvjerljivi ili upitni. Sastojci otpada mogu se polako kretati kroz profil tla zbog razloga kao što su: nedostatak vlage u tlu da se procijede kroz sustav, niska hidraulička vodljivost sloja tla ili sedimenta te niska mobilnost sastojaka u odnosu na vodu u tlu. Praćenjem jezgre tla ili sedimenta mogu se promatrati ti učinci. Što se tiče odabira broja uzoraka on ovisi o statističkoj analizi. Pozadinske vrijednosti za praćenje jezgre tla trebaju biti uspostavljene za prikupljanje najmanje osam slučajno odabranih uzoraka jezgri za svaku seriju tla. Susjedni uzorci mogu se složiti u paru pa će se tako dobiti četiri kompozitna uzoraka za analizu na temelju kojih se izračunava aritmetička sredina i varijanca opasnih sastojaka. Važno je voditi točne zapise o mjestima s kojih su uzeti uzorci tla, čak i kada se građa promatranog područja smatra jednoličnom i homogenom. Na odlagalištu je velika je vjerojatnost pojave tzv. "vruće točke " odnosno mjesta povećane lokalizirane migracije onečišćujućih tvari. Kada vrijednosti pojedinog uzorkovanja značajno odstupa od ostalih, tada treba ponovno uzorkovati sumnjive lokacije kako bi se utvrdilo postoji li stvaran problem iako područje kao cjelina ne pokazuje značajnu migraciju onečišćenja. Što se tiče opreme za uzimanje uzoraka, kod malih uzoraka koji se uzimaju ručno koriste se svrdla, a za veće uzorke koriste se sonde. Sonde su poželjna metoda uzorkovanja jer lako dopiru do željene dubine i postižu minimalnu poremećenost uzorka.[7](Slika 3.)

Geokemijsko istraživanje tala uključuje:

- određivanje pH tla, volumne gustoće i granulometrijske analize,
- mineraloške analize tla,
- kemijske analize glavnih elemenata i elemenata u tragovima,
- analize organskog ugljika i dušika,
- analize poliaromatskih ugljikovodika u tlima.

Onečišćujuće tvari koje se najčešće razmatraju prilikom motrenja tla su teški metali (npr. Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb i Zn), potencijalno toksični esencijalni elementi i organske

onečišćujuće tvari (pesticidi, ugljikovodici, organska otpala i ostale industrijske kemikalije, nusproizvodi izgaranja i industrijskih procesa, itd.).



Slika 3. Alati za uzorkovanje tla

### **3.2. Monitoring vode**

Monitoring voda na odlagalištu sastoji se od praćenja stanja površinske i podzemne vode, procjednih voda te uz to treba pratiti i meteorološke i hidrološke uvjete.

#### ***Površinske vode***

Direktiva o odlagalištima zahtijeva da se površinske vode (potoci, rijeke, kanali, jezera, močvare itd.) koje se nalaze u blizini odlagališta otpada prate na reprezentativnim mjestima.[1]



Svrha programa praćenja stanja površinske vode je provjeriti količinu i kvalitetu površine vode te otkrivanje nepovoljnih utjecaja na okoliš koji proizlazi iz odlagališta. Onečišćenje režima površinskih voda u blizini odlagališta može nastati zbog namjernog ispuštanja (npr. ispuštanje tretiranih procjednih voda) ili nenamjernog ispuštanja (npr. bijeg procjednih voda). Izrada programa nadzora nad površinskim vodama mora biti specifična za lokaciju i u obzir se moraju uzeti čimbenici kao što su priroda sustava odvodnje, razina vode, karakteristike toka i međusobni odnosi podzemnih/površinskih voda.

Prilikom ocjenjivanja pogodnih mjesta za točke nadzora treba poštivati sljedeće smjernice:

- za tekuća vodna tijela, kao što su npr. rijeke i potoci, praćenje se mora provesti na minimalno dva mjesta, uzvodno i nizvodno od odlagališta,
- za vode stajačice (npr. jezera) treba postaviti najmanje dvije točke nadzora koje trebaju biti u području koje je reprezentativno za cijelo vodno tijelo,
- odvod vode s odlagališta treba pratiti prije ispuštanja u površinske vode,
- dostupnost mjesta za monitoring i sigurnost osoblja pri uzorkovanju,
- treba uzeti u obzir mjerenja i način uzorkovanja koji će se koristiti na svakoj lokaciji,
- treba izbjeći točke drugih izvora i puteva onečišćenja.

Za praćenje postojećeg stanja površinskih voda, svaka točka nadzora mora se pratiti kvartalno najmanje jednu godinu prije početka aktivnosti. Učestalost monitoringa tijekom rada odlagališta specifična za pojedina mjesta mora biti definirana zakonskom regulativom. Kemijske analize bitne su za identifikaciju mogućih onečišćenja i određivanje njihove koncentracije, međutim paralelno treba provoditi i biološke procjene kakvoće površinskih voda. Kod odlagališta koje se nalazi u blizini estuarija potrebno je uzimati uzorke sedimenta s dna jer oni mogu poslužiti kao osjetljivo sredstvo identificiranja utjecaja na površinske vode u slučaju kontaminacije metalima.[8]

### ***Podzemne vode***

Učinkovitost programa praćenja stanja podzemnih voda na odlagalištu temelji se na dobrom razumijevanju hidrogeoloških uvjeta područja te adekvatnom odabiru lokacije i

izgradnjom opažačkih bušotina.(Slika 4.) Opažačke bušotine mora biti postavljene na odgovarajućim mjestima i dubinama kako bi:

- dale reprezentativne uzorke podzemnih voda uz gradijent mjesta odlagališta
- dale reprezentativne uzorke podzemnih voda niz gradijent mjesta odlagališta
- omogućile mjerenje razine podzemne vode i tlaka,
- osigurale podatke o smjeru protoka podzemne vode.[3]

U praksi stvarni broj i lokacije bušotina određuju specifični faktori lokacije kao što su: sama lokacija odlagališta, heterogenost i propusnost vodonosnika, izbijanje podzemne vode na površinu, brzine protoka podzemne vode, očekivani sastav procjednih voda, blizina potencijalnih vanjskih utjecaja zagađenja, zahtjevi za licencom, sigurnost osoblja pri uzorkovanju, itd. Za određivanje osnovne kakvoće podzemne vode svaku nadzornu točku treba pratiti kvartalno, najmanje godinu dana prije operativne faze. Praćenje stanja nakon što odlagalište biva izgrađeno i stavljeno u funkciju provodi se jednom u šest mjeseci te ako se vrijednosti mjerenih parametara ne promijene, u nastavku rada odlagališta mjerenja tih parametara mogu su izvoditi jednom godišnje.

### ***Procjedne vode***

Program praćenja procjednih voda provodi se kako bi mogli dobiti informacije:

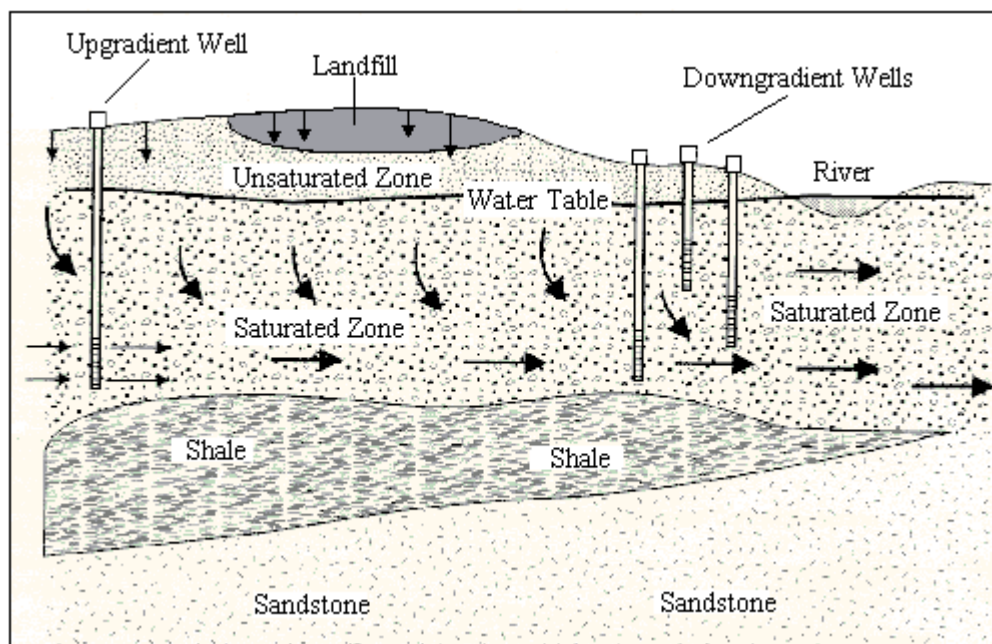
- jesu li sustavi upravljanja procjednim vodama učinkoviti,
- o napretku razgradnje otpada koji se odlaže,
- mogućem utjecaju na podzemne i površinske vode.

Direktiva o odlagalištima zahtijeva da se uzorkovanje i mjerenje procjedne vode (volumen i sastav) mora obaviti zasebno u svakoj točki gdje se procjedna voda ispušta s mjesta odlaganja. Svaka jedinica odlagališta mora biti tretirana zasebno u svrhu određivanja broja i lokacija točaka nadziranja procjednih voda.[1]

Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 87/10) potrebno je pratiti koncentracije suspendiranih tvari, ukupna ulja i masti i mineralnih ulja.[9]

Mjerenje je potrebno provoditi 2 puta godišnje.

Praćenje meteoroloških i hidroloških parametara također ima veoma važnu ulogu u procjeni utjecaja odlagališta na vode, te ih treba pratiti na odlagalištu tj. na najbližoj meteorološkoj postaji. Potrebno je vršiti dnevna mjerenja količine oborina, temperature zraka, brzine i smjera vjetrova, vlage zraka i isparavanja.



Slika 4. Monitoring vode na odlagalištu

## **4. Potencijalne emisije u vodu i tlo**

### **4.1. Odlagalište inertnog otpada**

Potencijalne emisije u vodu (uključujući podzemnu) s odlagališta inertnog otpada uključuju:

- suspendirane tvari
- otjecanje tijekom izgradnje
- otjecanje tijekom rada
- goriva/ulja, itd.
- otjecanja nakon završetka izgradnje odlagališta.

### **4.2. Odlagalište neopasnog otpada**

Potencijalne emisije u vodu (uključujući podzemnu vodu) s odlagališta neopasnoga otpada uključuju:

- procjedne vode – neobrađene
- procjedne vode - obrađene
- obrađene procjedne vode u sustav odvodnje
- suspendirane tvari
- slijevanje tijekom izgradnje
- slijevanje tijekom rada
- odlagališni plin – rastopljeni metan
- odlagališni plin – kondenzat od sakupljanja

- efluent (npr. metal, organski spojevi, potreba kisika, amonijakalni dušik, sulfat)
- goriva/ulja, itd.
- biološki organizmi /patogeni (obično beznačajni)
- slijevanje nakon završetka izgradnje odlagališta.

### **4.3. Odlagalište opasnog otpada**

Potencijalne emisije u vodu i upute za tehnike uklanjanja/nadzora bit će istovjetne onima za gore napomenuta odlagališta neopasnog otpada međutim povezanost i vrsta procjednih voda može biti opasna [10].

## **5. Zakonska regulativa o motrenju utjecaja odlagališta otpada**

Potencijalno onečišćenje površinskih i podzemnih voda na području odlagališta otpada najizraženije je uslijed izlijevanja procjednih voda (obrađenih i neobrađenih) u okoliš. Kako bi se spriječili negativni utjecaji na okoliš potrebno je primijeniti najbolje raspoložive tehnike tijekom izrade projektne dokumentacije te provoditi mjere zaštite i praćenja stanja tijekom izgradnje, korištenja i nakon sanacije odlagališta otpada, sve sukladno zakonskim propisima. Prema Prilogu I., Direktive vijeća (EU) 2018/851 o izmjeni direktive 2008/98/EZ o otpadu, propisani su opći uvjeti koje odlagalište mora zadovoljavati kako bi se spriječilo onečišćenje okoliša.[1]

Prema navedenoj Direktivi, odlagalište treba biti smješteno i projektirano tako da zadovolji potrebne uvjete za sprečavanje onečišćenja podzemnih ili površinskih voda, te osigura učinkovit sakupljanje procjednih voda što se postiže kombinacijom geološke barijere i donjeg brtvenog sloja za vrijeme aktivnog korištenja te kombinacijom geološke barijere i

površinskog brtvenog sloja po prestanku odlaganja. IPPC direktiva (Integrated Pollution, Prevention and Control, Direktiva 2008/1/EC) primjenjuje objedinjene uvjete zaštite okoliša radi sprječavanja emisija na sastavnice okoliša, a odnosi se na sve zahvate za koje je potrebno ishoditi okolišnu dozvolu (Uredba o okolišnoj dozvoli (NN 8/14 i 5/18) što se odnosi i na odlagališta.[11][12]

Značajka IPPC direktive je da se dozvole temelje na primjeni najboljih raspoloživih tehnika koje su utvrđene Zakonom o zaštiti okoliša.[13]

Najbolje raspoložive tehnike (NRT), kod odlagališta otpada, uključuju sve tehnike, uključujući tehnologiju, planiranje, izgradnju, održavanje, rad i zatvaranje pogona, koje su primjenjive u praksi pod prihvatljivim tehničkim i ekonomskim uvjetima te su najučinkovitije u postizanju najvišeg stupnja zaštite okoliša. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike izdalo je smjernice o određivanju NRT-a za odlagališta u kojima se definirane tehnike upravljanja i nadzora a odnose se na smanjivanje emisija procjednih i oborinskih voda s odlagališta koje bi mogle uzrokovati značajno onečišćenje podzemnih ili površinskih voda. U navedenim smjernicama definirani su i uvjeti za pročišćavanje i ispuštanje otpadnih voda s odlagališta koje se moraju pročistiti adekvatnim stupnjem pročišćavanja na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda prije ispuštanja u sustav javne odvodnje ili recipijent (podzemne vode).

Uz ishođenje okolišne dozvole za rad ili sanaciju odlagališta otpada potrebno je provesti postupak procjene utjecaj na okoliš ili ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš, sukladno Uredbi o procjeni utjecaja zahvata na okoliš.[14]

U sklopu navedenih postupaka izrađuje se dokument (Studija o utjecaju na okoliš ili Elaborat zaštite okoliša) u kojem se detaljno sagledava i analizira utjecaj odlagališta na površinska i podzemna vodna tijela u odnosu na njihove karakteristike (kakvoća i količinsko stanje) i stanje okoliša uzimajući u obzir Plan upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021, osjetljivost područja prema Prilogu II., Odluke o određivanju osjetljivih područja (NN br. 81/10, 141/15), blizinu zona sanitarne zaštite/crpilišta sukladno Registru zaštićenih područja-područja posebne zaštite voda, te mogućnost plavljenja područja prema kartama opasnosti od poplava.[15][16][17]

Na temelju procjene utjecaja na vode, propisuju se mjere zaštite i program praćenja stanja koje čine sastavni dio glavnog projekta i kao takve se moraju poštivati.

Problem onečišćenja okoliša od odlagališta otpada reguliran je zakonskim propisima od izrade projektne dokumentacije kroz postupke dobivanja okolišnih dozvola i dozvola prihvatljivosti zahvata za okoliš te na kraju sanacije odlagališta i provedbe mjera praćenja stanja okoliša. Mjere zaštite okoliša i praćenje stanja okoliša dužan je obavljati vlasnik odlagališta dok je osiguravanje pridržavanja propisanih mjera dužno pratiti Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Uprava za inspeksijske poslove (UIP), Sektor inspekcije zaštite okoliša (SIZO).

Pridržavanjem svih zakonskih propisa u smislu ishoda dozvola i rješenja za rad ili sanaciju odlagališta te kasnije mjera praćenja stanja, osigurana je i zaštita površinskih i podzemnih voda.

Kontrola utjecaja za vrijeme aktivnog korištenja odlagališta definirana je člankom 20., općih odredba Pravilnika o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada.[18]

Prema članku kontrola koja se provodi uključuje:

- mjerenja meteoroloških parametara,
- mjerenja emisija odlagališnog plina;
- mjerenja emisija procjedne vode i oborinske vode s površine odlagališta,
- mjerenje parametara onečišćenja podzemne vode opasnim tvarima, ako se nalazi u području utjecaja odlagališta,
- mjerenje stanja površinske vode ako je prisutna na lokaciji odlagališta,
- kontrolu stabilnosti tijela odlagališta.

Kontrola emisija tvari u procjedne i površinske vode te kontrola oborinske vode na odlagalištu opisani su u PRILOGU IV Pravilnika o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagalište otpada.[18]

Potrebna ispitivanja i analize moraju obavljati ovlaštene laboratorije prema posebnim propisima. Odlagatelj je dužan bez odgode obavijestiti nadležnu inspekciju o svim štetnim utjecajima na okoliš koji se otkriju postupcima kontrole i prekoračenju graničnih vrijednosti iz Priloga IV. ovoga Pravilnika. Odlagatelj je dužan poštivati odluku inspekcije o korektivnim mjerama koje mora poduzeti na vlastiti trošak te jednom godišnje nadležnom tijelu koje mu je izdalo dozvolu mora dostaviti rezultate kontrole.

U DODATKU 3. propisane su granične i dodatne granične vrijednosti parametara eluata otpada kao kriteriji za odlaganje otpada na odlagalište inertnog otpada.[18]



Tablica 1. Granične vrijednosti parametara eluata otpada

Parametar	Izražen kao	Jedinica	Granična vrijednost parametra eluata ****T/K = 10 l/kg
Arsen	As	mg/kg suhe tvari	0,5
Barij	Ba	mg/kg suhe tvari	20
Kadmij	Cd	mg/kg suhe tvari	0,04
Ukupni krom	Cr	mg/kg suhe tvari	0,5
Bakar	Cu	mg/kg suhe tvari	2
Živa	Hg	mg/kg suhe tvari	0,01
Molibden	Mo	mg/kg suhe tvari	0,5
Nikal	Ni	mg/kg suhe tvari	0,4
Olovo	Pb	mg/kg suhe tvari	0,5
Antimon	Sb	mg/kg suhe tvari	0,06
Selen	Se	mg/kg suhe tvari	0,1
Cink	Zn	mg/kg suhe tvari	4
Kloridi	Cl	mg/kg suhe tvari	800
Fluoridi	F	mg/kg suhe tvari	10
Sulfati	SO <sub>3</sub>	mg/kg suhe tvari	1000*
Fenolni indeks		mg/kg suhe tvari	1
Otopljeni	C	mg/kg suhe tvari	500
Ukupne	-	mg/kg suhe tvari	4000

Tablica 2. Dodatne granične vrijednosti parametara eluata otpada

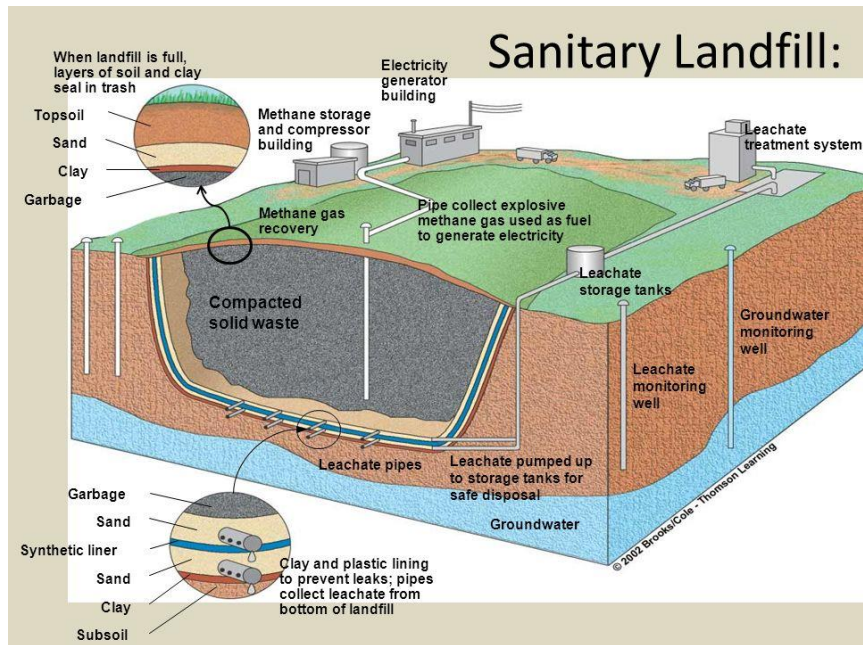
Parametar	Izražen kao	Jedinica	Granična vrijednost parametra onečišćenja mg/kg
Ukupni organski ugljik – TOC	C	% mase s.t.	30.000*
BTX (benzen, toluen, etilbenzen i ksileni)	–	mg/kg suhe tvari	6
PCB – poliklorirani bifenili		mg/kg suhe tvari	1
Mineralna ulja		mg/kg suhe tvari	500
PAH – policiklični aromatski ugljikovodici		mg/kg suhe tvari	10

Uvjeti za utvrđivanje zone sanitarne zaštite izvorišta su navedeni u "Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada".[18]  
Lokacija odlagališta otpada nije dozvoljena:

- u zoni sanitarne zaštite izvorišta vode namijenjene za ljudsku potrošnju sukladno posebnom propisu kojim se uređuju uvjeti za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta,
- u utjecajnom području izvorišta voda namijenjenih za ljudsku potrošnju koje se stavljaju na tržište kao proizvod (prirodne izvorske i mineralne vode),

- u području koje je pod utjecajem poplava, ako lokacija nije zaštićena odgovarajućim vodnim građevinama za zaštitu od štetnog djelovanja voda,
- u području s nejednakim geotehničkim svojstvima na površini i ispod površine tla, koji ugrožavaju odlagalište, ako takve opasnosti nije moguće spriječiti tehničkim mjerama,
- u području ugroženom od klizišta, erozija i bujica, ako taj utjecaj nije moguće spriječiti tehničkim mjerama,
- u području gdje su najviše moguće razine podzemnih voda, uzimajući u obzir moguća slijeganja tla, manje od jedan metar ispod temeljnog tla odlagališta, ako tehničkim mjerama nije moguće spriječiti prodor onečišćenja iz odlagališta u podzemne vode.

Pojam onečišćenja tla i drugi pojmovi vezani za onečišćenje tla, kao što su štetne tvari i granične vrijednosti za pojedine tipove tla prema mehaničkom sastavu, prvi puta su u RH definirani u Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja.[6] S obzirom da se tlo ne koristi samo u poljoprivredi već i u drugim ljudskim djelatnostima, potrebna je jedna opća definicija koja će obuhvatiti sve djelatnosti u kojima dolazi do onečišćenja tla. Razvijene zemlje u svijetu s razvojem zakonske regulative vezane uz odlagališta otpada paralelno razvijaju i regulativu vezanu uz onečišćenje tla jer je problematika zagađenog tla vezana uz odlaganje otpada izravna prijetnja čovjeku.



Slika 5. Sanitarno odlagalište otpada

## 6. Rasprava

Hrvatska ulaskom u EU 2013. godine svoju zakonsku regulativu sprječavanja i praćenja negativnih utjecaja po okoliš prilagođava Direktivama Europske unije. S obzirom da su gospodarenje otpadom i sama zaštita okoliša još uvijek relativno nove discipline u RH, vjerojatno će proći mnogo vremena prije nego što budu dovedene na adekvatnu razinu.

Prema mojem mišljenju zakoni koji se odnose na zaštitu negativnih utjecaja po pitanju voda su brojni i dobro koncipirani, međutim do problema dolazi kod provođenja istih. Da bi se spriječilo onečišćenje podzemnih i površinskih voda utjecajem odlagališta, najvažnija stavka je odabrati dobru lokaciju. To se postiže detaljnim istraživanjem hidrogeoloških značajki koje se odnose na slivno područje u kojem se lokacija nalazi: vrste, heterogenost i propusnost vodonosnika; položaj vodnog lica; načine širenja onečišćenja u vodotoku s obzirom na advekciju i difuziju, itd. Većina odlagališta na našim prostorima su stara i izgrađena prije nego što je na snagu stupila zakonska regulativa EU. Nekada se otpad odlagao na mjesta gdje neće smetati i gdje ima dovoljno prostora za tu svrhu, a o mogućem zagađenju okoliša se nije vodilo računa. Shodno tome za takva odlagališta nisu se provodili postupci procjene utjecaja na okoliš niti takva odlagališta raspolažu neophodnim dozvolama i sada predstavljaju veliki rizik po okoliš. Potrebno je provesti sanaciju istih, ali na primjeru odlagališta neopasnog komunalnog otpada "Brezje" grada Varaždina možemo vidjeti sporost i neadekvatnost sustava po pitanju provođenja zakona. Spomenuto odlagalište izgrađeno je uz minimalne mjere sprječavanja negativnog utjecaja po okoliš te prema fizikalno-kemijskim i mikrobiološkim pokazateljima podzemna voda ispitivana na lokaciji ne odgovara zahtjevima. S obzirom na blizinu lokalnog vodocrpilišta, osim rizika po okoliš, u pitanje dolazi i rizik po zdravlje stanovništva tog područja. Bez obzira na situaciju sanacija odlagališta u Varaždinu, kao i brojnih drugih u RH, nije pokrenuta te je na temelju toga moguće zaključiti koliko su nadležne službe i provođenje zakona na našim prostorima spori. Kao manu zakonske regulative vezane uz zaštitu okoliša također bi istaknula nedostatak nadzora inspekcija i novčanih kazni. Kada bi se tim mjerama intenzivnije nametnulo striktno provođenje propisa RH bi se zasigurno približila standardima razvijenijih zemalja. Pri provođenju zakonske regulative po pitanju mjera

zaštite i monitoringa podzemnih voda od procjeđivanja sa odlagališta kao potencijalni problem može se javiti i nedostatak financija. U tom slučaju predviđeni projekat potrebno je tijekom provođenja usklađivati za financijskim mogućnostima pazeći pritom da se ne naruši kvaliteta provođenja samog projekta. To bi značilo da ako su za ispitivanje podzemne vode na odlagalištu predviđeno npr. osam istraživačkih bušotina, a novac kojim se raspolaze nije dostatan za svih osam, potrebno je izvesti manji broj bušotina i kvalitativno prilagoditi polazno ispitivanje novonastaloj situaciji. Iako su zakoni i propisi vezani uz monitoring voda s gledišta onečišćenja generalno dobro osmišljeni kao potencijalni nedostatak istaknula bih premali broj ograničavajućih koncentracija onečišćujućih tvari. Odlaganje otpada koji nastaje ljudskom djelatnošću sadrži širok spektar onečišćujućih tvari i svaka od njih trebala bi biti pokrivena maksimalnom dozvoljenom koncentracijom. Smatram da bi ispitivanja podzemnih voda na pojedinim lokacijama odlagališta trebala individualni pristup s obzirom na hidrogeološku situaciju odnosno, nema potrebe da se na svim odlagalištima ispituju koncentracije svih postojećih onečišćivala. Kod odlagališta izgrađenih na krškom području gdje procjedna voda brzo dospije u podzemne vode zasigurno je potrebno ustanoviti koncentraciju većeg broja onečišćujućih tvari nego kod međuzrnskih vodonosnika gdje se s vremenom dosta tvari razgradi, transformira ili na putu do podzemnih voda.

S obzirom da se utjecaji na tlo u RH prate samo s aspekta poljoprivrede prema Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja, smatram da je u budućnosti prijeko potrebno definirati onečišćenje tla jednom općom definicijom koja bi obuhvatila sva tla i sve čovjekove djelatnosti u kojima se ono koristi.[6]

Pojedine zemlje članice EU propisale su granične vrijednosti onečišćujućih tvari u tlu prema njihovoj namjeni (npr. područje za stanovanje, dječja igrališta, parkovi i rekreacijska područja, područja za industrijske i komercijalne svrhe) međutim u RH će vjerojatno proći još mnogo vremena prije nego postignemo takvu zavidnu razinu monitoringa tla. S obzirom da je praćenje onečišćujućih tvari u vodama na lokaciji odlagališta otpada dobro pokriveno zakonskom regulativom krajnje je neprihvatljivo da se utjecajima na tlo ne pridaje jednaka pažnja.

## **7. Zaključak**

Utjecaji koje odlagalište otpada mogu imati na okoliš s geoloških i hidrogeoloških aspekata su brojni. Da bismo sačuvali tlo i vodu, kao osnovne sastavnice okoliša, od negativnog utjecaja odlaganja otpada osnovni preduvjet je izgradnja odlagališta na odgovarajućoj lokaciji. Kako bi se odlagalište izgradilo na mjestu najmanje moguće štete po okoliš i ljudsko zdravlje potreban je niz stručnjaka koji dobro poznaju i razumiju sve geološke i hidrogeološke čimbenike. Sanacija postojećih odlagališta, čiji negativan utjecaj na okoliš je utvrđen, trebala bi biti na vrhu primarnih ciljeva gospodarenja otpadom. Zakonska regulativa i provođenje iste od strane odgovornih službi također je neophodna kako bi sustav zaštite okoliša bio adekvatan. Suvremeni trend zbrinjavanja otpada koji se provodi u većini razvijenih zemalja te se temelji na smanjivanju količine otpada, ponovnoj upotrebi bez obrade, obnavljanju i recikliranju i bezdeponijskom konceptu zbrinjavanja kao konačnom cilju zasigurno će rasteretiti okoliš barem od negativnih utjecaja odlagališta.

## 8. Literatura

- [1] Direktiva (EU) 2018/850 Europskog parlamenta i Vijeća od 30. svibnja 2018. o izmjeni Direktive 1999/31/EZ o odlagalištima otpada
- [2] <https://leachate.co.uk/main/what-is-leachate/> Datum pristupa 30.08.2018.
- [3] <https://www.epa.ie/pubs/advice/waste/waste/EPA%20Landfill%20Monitoring.pdf>  
Datum pristupa 30.08.2018.
- [4]  
<https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/78964/hydrogeologiccon51hugh.pdf?sequence=1> Datum pristupa 30.08.2018
- [6] Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 9/2014)
- [7] <https://www.epa.ie/pubs/advice/waste/waste/EPA%20Landfill%20Monitoring.pdf>  
Datum pristupa 30.08.2018.
- [8] Z.Nakić, (2010): Geologija okoliša, (I.dio)
- [9] Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 87/10)
- [10] [http://www.mzoip.hr/doc/odlagalista\\_\\_1.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/odlagalista__1.pdf) Datum pristupa 30.08.2018.
- [11] Integrated Pollution, Prevention and Control, Direktiva (2008/1/EC)
- [12] Uredba o okolišnoj dozvoli (NN 8/14 i 5/18)
- [13] Zakon o zaštiti okoliša (NN br. 80/13, 153/13, 78/15, 12/18)
- [14] Uredba o procjeni utjecaja zahvata na okoliš (NN 61/14 i 3/17)
- [15] [http://www.voda.hr/sites/default/files/plan\\_upravljanja\\_vodnim\\_podrucjima\\_2016.\\_-2021.pdf](http://www.voda.hr/sites/default/files/plan_upravljanja_vodnim_podrucjima_2016._-2021.pdf) Datum pristupa 04.09.2018.
- [16] Odluke o određivanju osjetljivih područja (NN br. 81/10, 141/15)



[17] <http://korp.voda.hr/> Datum pristupa 04.09.2018.

[18] Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (nn br. 114/15)

## **9. Popis slika**

Slika 1. Neuređeno odlagalište otpada

Slika 2. Vrste poroznosti

Slika 3. Alati za uzorkovanje tla

Slika 4. Monitoring vode na odlagalištu

Slika 5. Sanitarno odlagalište otpada

## **10. Popis tablica**

Tablica 1. Granične vrijednosti parametara eluata otpada

Tablica 2. Dodatne granične vrijednosti parametara eluata otpada