

Mogući utjecaj procjednih voda odlagališta Piškornica na podzemnu vodu

Cikuš, Patricia

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:425253>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

**MOGUĆI UTJECAJ PROCJEDNIH VODA
ODLAGALIŠTA PIŠKORNICA NA PODZEMNU VODU**

**POSSIBLE IMPACT OF THE PIŠKORNICA LANDFILL
LEACHATE ON THE GROUNDWATER**

SEMINARSKI RAD

Patricia Cikuš

Preddiplomski studij Znanosti o okolišu

(Undergraduate Study of Environmental Science)

Mentor: doc. dr. sc. Kristina Pikelj

Zagreb, 2019.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. ODLAGALIŠTE OTPADA „PIŠKORNICA“.....	3
2.1. Smještaj odlagališta otpada „Piškornica“.....	5
2.2. Povijest i sanacija dijela odlagališta „Piškornica“.....	5
3. KARAKTERISTIKE POVRŠINE OKO ODLAGALIŠTA.....	8
3.1. Geografska obilježja.....	8
3.2. Geološke značajke.....	8
3.3. Hidrogeološke karakteristike.....	11
4. PROCJEDNE VODE.....	14
4.1. Procjedne vode odlagališta „Piškornica“.....	14
4.2. Sastav procjednih voda u lagunama.....	15
5. Utjecaj procjedne vode na podzemnu vodu.....	17
6. Zaključak.....	20
7. Literatura.....	21
8. Sažetak.....	26
9. Summary.....	26

1. UVOD

Porast broja stanovnika uvjetovao je sve veće potrebe stanovništva za osnovnim životnim resursima, kao što su čista voda za piće, hrana, čisti zrak i čista životna okolina. Moderno doba obilježeno je i korištenjem jednokratne plastike, brzom modom, ovisnošću o tehnologiji i užurbanim načinom života općenito, a sve to znači i sve veće stvaranje otpada koji se gomila i potrebno ga je odlagati i zbrinuti, ako se već ne može ponovno iskoristiti ili reciklirati. U Hrvatskoj je, prema Hrvatskoj agenciji za okoliš i prirodu, u sastavu komunalnog otpada najviše kuhinjskog (30,9%), zatim papira i kartona (23,2%) te naposljetku plastike (22,9%) (HAOP, 2015). Ostatak čine guma, staklo, metal, drvo itd. Biorazgradivi otpad čine upravo kuhinjski otpad te papir i karton, a u manjim postocima i vrtni otpad te tekstil, odnosno odjeća.

U Republici Hrvatskoj se posljednjih tridesetak godina bilježi porast količine komunalnog otpada, što je očekivano s obzirom na poslijeratni porast broja stanovnika. Nedostaju točniji podaci o počecima gospodarenja otpadom na prijelazu iz jednog tisućljeća u drugo. Glavni problem bio je nedostatak odgovarajućih strateških dokumenata, koji su itekako potrebni za sustavno i plansko odvajanje i sakupljanje svih vrsta otpada, kao i nepoštivanje tad postojećih propisa. Tek 2005. godine usvojena je Strategija gospodarenja otpadom, prva takve vrste u Hrvatskoj, iz koje proizlazi Plan gospodarenja otpadom koji je tih godina još uvijek bio u fazi izrade. Od 2005. do 2008. napravljen je značajan pomak u smislu zakonodavstva i provedbe istog sukladno s europskim regulativama i direktivama. U potpunosti je strateško-planska dokumentacija na nacionalnoj i regionalnoj razini. Osim toga, počelo je i osvješćivanje i edukacija građana o važnosti recikliranja, razvrstavanja i planiranog odvajanja otpada. Uveden je sustav gospodarenja ambalažnim otpadom. Usprkos tome i dalje je bilježen porast količine komunalnog otpada. Tek od 2008. do 2012. zabilježen je manji postotak odloženog komunalnog otpada na odlagalištima u odnosu na prethodno razdoblje. Uz prethodno uvedeni sustav gospodarenja ambalažnim otpadom, uvedeno je i odvojeno sakupljanje posebnih kategorija otpada, primjerice elektroničkog otpada i baterija (HAOP, 2007-2017). Godine 2014. objavljeno je da će u Hrvatskoj biti izgrađeno trinaest centara za gospodarenje otpadom, a Marišćina i Kaštijun započeli su s radom iste godine (URL 1). Većina centara još nije realizirana, iako se radi na prikupljanju potrebnih dozvola i studija utjecaja na okoliš. Do 2020. godine Hrvatska mora odvojeno sakupljati 50% papira, stakla, metala i plastike (URL 2). Novi Plan gospodarenja otpadom donesen je 2017. godine, a odnosi se na razdoblje od 2017. do 2022. godine (URL 3). Na lokaciji Piškornica na području općine Koprivnički Ivanec planira

se izgradnja Regionalnog centra za gospodarenje otpadom (RCGO) sjeverozapadne Hrvatske u skladu sa Strategijom gospodarenja otpadom RH i Planom gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2007. do 2015. godine (MZOPUG, 2011).

Odlagalište Piškornica smješteno je u Koprivničkom Ivancu i na samu površinu odlagališta organizirano je prikupljanje komunalnog i industrijskog otpada od 1982. godine, pri čemu je otpad odlagan na tlo bez odgovarajuće nepropusne podloge do 2005. godine, kada je započela sanacija jednog dijela odlagališta (Ruk i sur., 2018). Količina odloženog komunalnog otpada na odlagalište u 2017. godini bila je 78 449 t, a 27,5% od te količine je miješani komunalni otpad. Osim komunalnog otpada, odlažu se i ostale vrste otpada, primjerice industrijski, i to drvoprerađivački, tekstilni, građevinski i sl. (HAOP, 2018) Budući da se deponij tamo nalazi već desetljećima, kao i na svakom odlagalištu otpada, pojavili su se mnogi problemi s prikupljanjem i obradom istog te predstavljaju opasnost za okoliš, ako se ne nađu odgovarajuća rješenja. Jedan od glavnih problema je sakupljanje i obrada procjednih voda koje su iznimno opasne za kako za podzemne vode, tako i za površinske vode, tlo i prostor oko odlagališta ukoliko se adekvatno ne saniraju. Mogući utjecaj procjednih voda odlagališta Piškornica tema je ovog seminarskog rada.

Podzemne vode obuhvaćaju svu vodu u podzemlju, ona je bitan dio hidrološkog ciklusa kruženja vode u prirodi, a najšire poimanje podzemne vode odnosi se na vodu u sva tri agregatna stanja ispod površine kopna (Riđanović, 1989). U kompleksnom ciklusu kruženja vode u prirodi – hidrogeološkom ciklusu – voda ulazi kao oborina u kopneni dio ciklusa, zatim se evaporacijom dio vraća u atmosferu, a ostatak prodire u podzemlje. Taj dio koji prodire dublje prolazi prozračnom zonom (vadozna zona), dolazi do vodnog lica te u freatskoj zoni postaje voda temeljnica. Stijena koja drži vodu i ima je dovoljno za eksploataciju naziva se akvifer ili vodonosnik (Montgomery, 2000). Podzemne vode mogu biti onečišćene ili zagađene i to predstavlja problem za njenu eksploataciju i korištenje u bilo kakve svrhe. Razlika između površinskog i podzemnog zagađenja akvifera i podzemne vode je ta da podzemno zagađenje nije moguće vidjeti golim okom, ponekad se teško otkrije, a takvu vodu je u konačnici puno teže sanirati u odnosu na površinsku vodu. Izvori zagađenja podzemne vode mogu biti točkasti i difuzni, u točkaste svrstavamo lokalizirani izvor poput odlagališta otpada, a u difuzne herbicide, pesticide i nutrijente koji se koriste u poljoprivredi, kao i septičke jame, a postoje i još stotine drugih mogućih izvora zagađenja. Voda kroz podzemlje putuje jako sporo pa tako i zagađivala (Deming, 2002), naročito u aluvijalnim terenima kao što je prostor oko Piškornice.

2. ODLAGALIŠTE OTPADA „PIŠKORNICA“

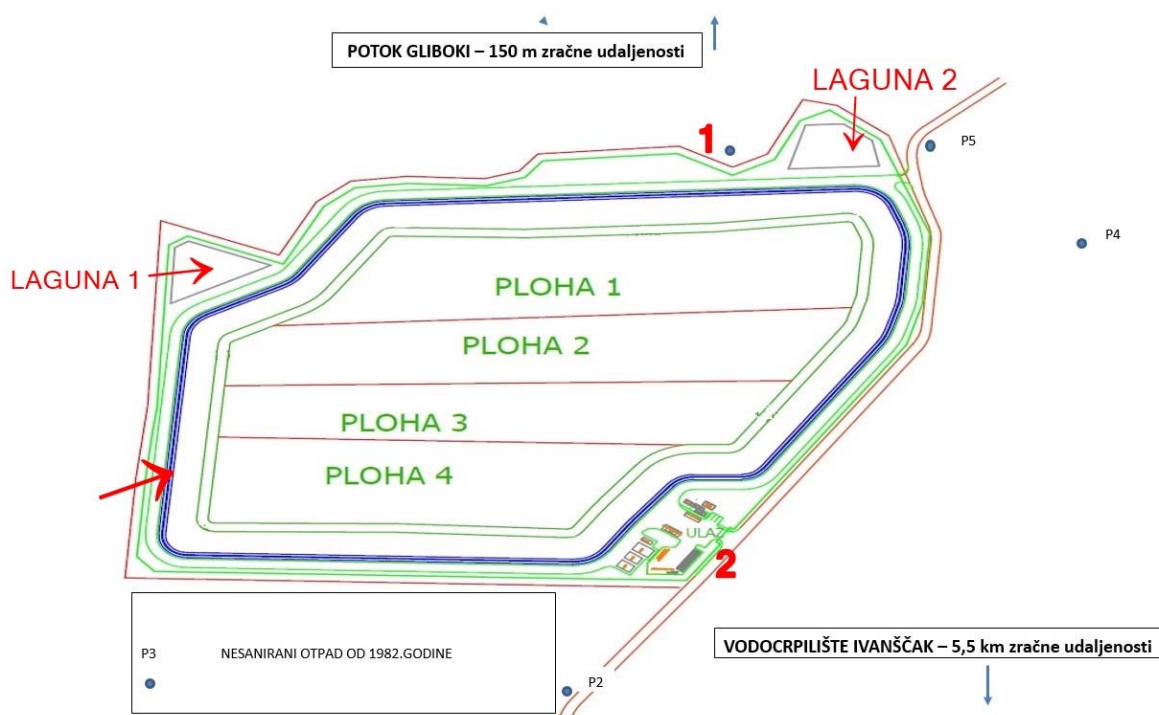
Samim odlagalištem otpada upravlja tvrtka Piškornica d.o.o. – regionalni centar za gospodarenje otpadom sjeverozapadne Hrvatske i u vlasništvu je Koprivničko-križevačke županije, Krapinsko-zagorske županije, Međimurske županije, Varaždinske županije i Općine Koprivnički Ivanec. Osnovana je u cilju realizacije projekta Regionalnog centra za gospodarenje otpadom sjeverozapadne Hrvatske (URL 4). Iste županije će na toj lokaciji zbrinjavati otpad, a planirano vrijeme u kojem će se on odlagati je 30 godina, na površini od 43,6 ha, a godišnji kapacitet obrađenog otpada kretat će se između 150 tisuća do 230 tisuća tona. Izgradnja će se provesti u deset faza (MZOPUG, 2011). Na slici 1 prikazana je satelitska snimka odlagališta.



Slika 1. Izgled odlagališta otpada „Piškornica“ prema Geoportal, DGU, 2015.

Na slici 2 prikazana je skica odlagališta i budućeg Regionalnog centra za gospodarenje otpadom. Procjedne vode skupljaju se u lagune 1 i 2 i potom se recirkuliraju na tijelo

odlagališta. Brojkom 1 označeno je mjesto u kojem se u okno skupljaju oborinske vode i potom ispuštaju u potok Gliboki. Plohe od 1 do 4 služe za odlaganje otpada, a trenutno se on odlaže samo na plohi 4. Brojkom 2 označena je ulazno-izlazna zona za vaganje i prihvatanje otpada, a strelicom kanal za oborinske vode koje ne dolaze u kontakt s otpadom. Oznake od P2 do P5 označavaju mjesta pijezometara izgrađenih 1991. koji se koriste za kontrolu kvalitete podzemnih voda, prvih desetak godina od postavljanja korišteni su povremeno, a kasnije se kontinuirano provodi uzorkovanje podzemne vode za provjeru kvalitete. Postoji nekoliko problema vezanih uz pijezometre. Građeni su od pocinčanih cijevi i uski su (5 cm) što otežava uzorkovanje na način da se prije uzimanja uzorka izbacili višestruki volumen pijezometra te to dovodi relevantnost uzorkovanja u pitanje, kao i sve analize podzemne vode na količinu željeza i cinka prije 2000. godine, jer se ne može sa sigurnošću potvrditi poštivanje ovih uvjeta (Ruk i sur., 2018). Južnije od odlagališta se trenutno još uvijek nalazi nesanimirani otpad od 1982. godine.



Slika 2. Skica odlagališta i budućeg Regionalnog centra za gospodarenje otpadom „Piškornica“ (Preuzeto s prezentacije za web Tematske sjednice Županijske skupštine, URL

2.1. Smještaj odlagališta otpada „Piškornica“

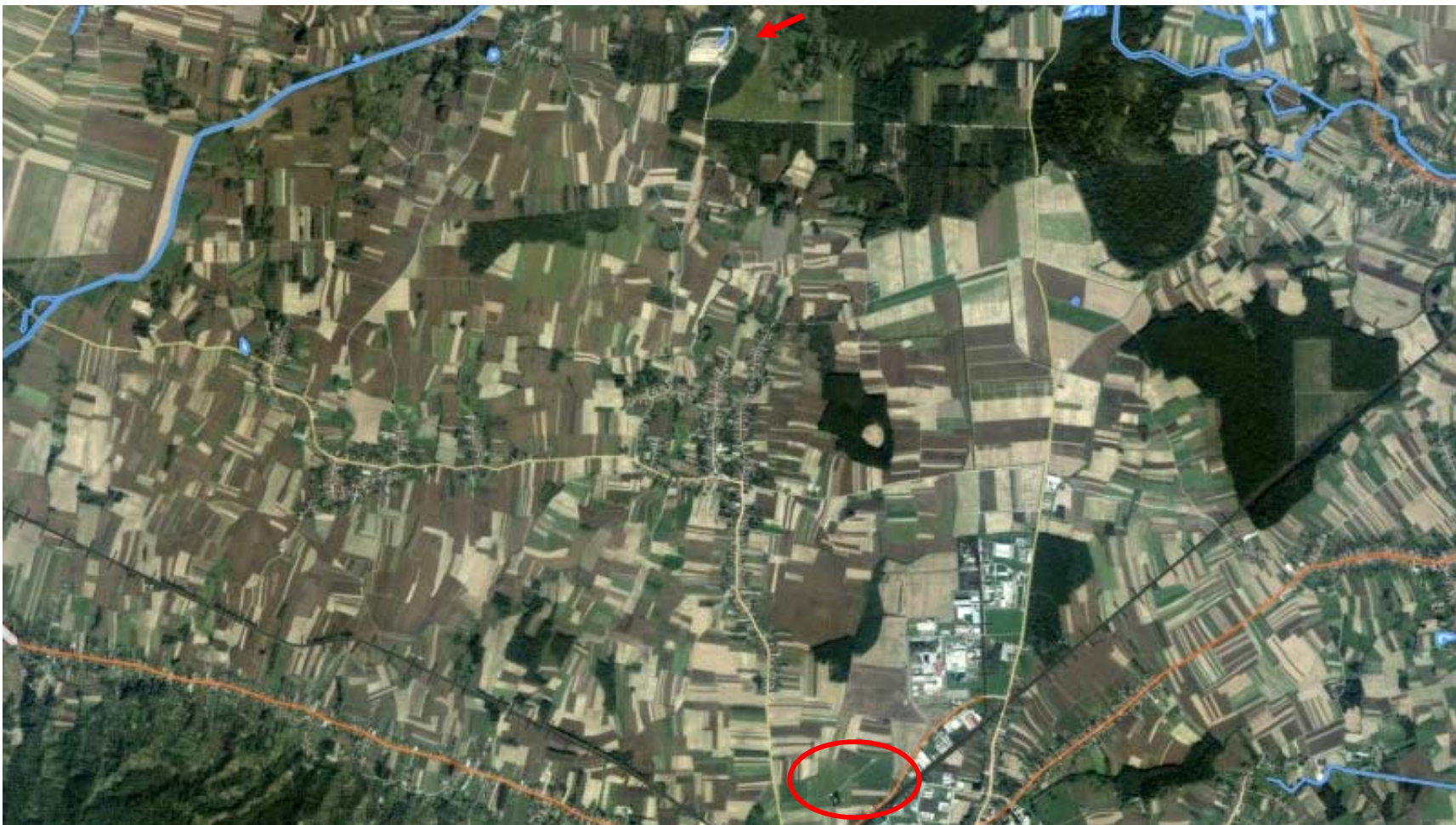
Rješenjem o okolišnoj dozvoli od 23. veljače 2016. propisano je obavljanje djelatnosti odlaganja otpada na površini od 6,7 ha (MZOE, (2017)) Odlagalište je smješteno u blizini sela Pustakovec (udaljeno oko 1 kilometar zračne udaljenosti) i grada Koprivnice (udaljeno oko 9 kilometara), u općini Koprivnički Ivanec. Sjeverno od odlagališta teče potok Gliboki udaljen dvjestotinjak metara. Do mjesta Legrad u blizini Drave zračna udaljenost iznosi oko 8 kilometara. Mali lokalitet od svega 1 ha označen kao zoološki spomenik prirode Zovje, odnosno jedno od posljednjih staništa dviju vrsta danjih leptira plavaca nalazi se na udaljenosti većoj od 2 km (MZOP, 2015). Od vodocrpilišta Ivanščak (južnije od odlagališta „Piškornica“) udaljenost iznosi približno 6 kilometara zračne linije, a odlagalište se nalazi izvan granica vodozaštitnog područja. Odnos udaljenosti spomenutih lokaliteta od odlagališta prikazan je na slici 3. Na vodocrpilištu Ivanščak zahvaćaju se podzemne vode iz otvorenog vodonosnika formiranog u kvartarnim nanosima šljunka i pijeska (Brletić, 2017).

2.2. Povijest i sanacija dijela odlagališta „Piškornica“

Zbog potrebe za prihvatljivijim načinom zbrinjavanja otpada, 1991. godine doneseno je idejno rješenje kojim bi se otpad odlagao po principu sanitarnog deponija, a 2001. godine prihvaćena je studija utjecaja na okoliš te je izrađeno i „Idejno rješenje odlagališta otpada I. kategorije na lokaciji Piškornica – Koprivnica“ (IPZ Uni projekt MCF, Zagreb, navedeno u Ruk i sur. (2018)). Građevinska i lokacijska dozvola za sanaciju i konačno uređenje odlagališta izdane su tijekom 2004. godine. Sve do 2005. godine otpad je odlagan na samo tlo, bez zaštitnih slojeva i odgovarajućih sustava za prikupljanje i obradu otpadnih i odvodnju oborinskih voda (Oreščanin i sur., 2012; Ruk i sur., 2018). Iste godine započela je sanacija odlagališta. Prije početka sanacije izgrađeno je 5 pijeziometara kojima bi se pratila kvaliteta podzemnih voda na odlagalištu otpada. Prvi su pijeziometri izgrađeni 1991. i od tada se koriste za praćenje kvalitete podzemnih voda u skladu s aktualnom zakonskom regulativom.



Slika 3.a. Smještaj odlagališta otpada „Piškornica“. Crvena strelica označava odlagalište, žuta udaljenost do sela Pustakovec, a narančasta do mjesta Legrad na Dravi. Zelena strelica označava udaljenost do zoološkog spomenika prirode Zovje. Vodotok sjeverno od odlagališta je potok Gliboki (Geoportal, DGU, 2015).



Slika 3.b. Vodocrpilište Ivanščak, južnije od odlagališta u blizini Koprivnice, označeno crvenom elipsom (Geoportal, DGU, 2015).

Od 1982. do 2005. na odlagalištu se nalazilo oko 320 tisuća m³ deponiranog otpada. Sanacijom je većina (oko tri četvrtine) odloženog otpada prebačena na novouređene, izolirane plohe, pa je time u većoj mjeri spriječen daljnji štetni utjecaj na okoliš. Ostatak otpada koji se nalazi jugozapadno od odlagališta još uvijek nije saniran i nalazi se u direktnom kontaktu s tlom, a time i podzemnim vodama. Količina tog otpada procijenjena je na više od 100 tisuća m³, a sastoji se od miješanog komunalnog i industrijskog otpada te industrijskih muljeva. Nakon čišćenja izgrađen je obodni nasip i navezen početni sloj gline. Temeljni brtveni sloj izgrađen je od dobro nabijene gline, čiji koeficijent propusnosti mora biti $k=10^{-9}$ m/s, a debljina sloja mora biti najmanje 1 metar. Na sloj gline postavila se HDPE folija debljine 2 milimetra, zatim zaštitni geotekstil debljine 50 centimetara. Drenažni sloj šljunka postavljen je sljedeći i on služi za odvodnju procjednih voda. U sloju drenažnog šljunka nalaze se i drenažne cijevi. Na kraju je postavljen geotekstil (300 g/m²) i na njega se konačno odlaže otpad (Ruk i sur., 2018; MZOP, 2016.).

3. Karakteristike površine oko odlagališta „Piškornica“

3.1. Geografska obilježja

Područje oko odlagališta pripada rubnom dijelu Dravske depresije i nalazi se na legradskom pragu koji odvaja Dravsku od Murske depresije. Prema podjeli na osnovne krajobrazne jedinice, lokacija odlagališta nalazi se na području nizinskih područja sjeverne Hrvatske, a obuhvaća ravničarski prostor u riječnim dolinama Save i Drave. Taj se prostor uglavnom koristi za poljoprivredu te je podvrgnut vodno-tehničkim zahvatima s manjim izdvojenim šumskim i poplavnim područjima (Šeparović i sur., 2016). Mali dio površine zauzimaju urbana područja, koja su, poput poljoprivrednih, opterećena raznovrsnim zagađivalima (Nakić i sur., 2016). Područje u kojem se nalazi odlagalište pripada umjerenoj klimi s dosta padalina koje doprinose stvaranju procjednih voda.

3.2. Geološke značajke

Šire područje oko odlagališta otpada „Piškornica“ obuhvaćeno je, kronostratigrafski gledano, najmlađim naslagama, a pripadaju kenozojskoj eri, periodima neogena i kvartara. Geološka karta (Slika 4.) detaljno prikazuje karakteristike područja oko odlagališta. Na površini uglavnom ima gline, praha, pijeska i šljunka.

Područje oko odlagališta pripada zapadnom dijelu Dravskog bazena, koji se nalazi u dodirnom prostoru između centralnog i južnog dijela Panonskog bazena. Dravski se bazen prostire u smjeru ZSZ-IJI do SZ-JI, između Koprivnice i Vukovara. U zapadnom dijelu ima širinu 15-18 kilometara. Ključna je strukturna jedinica u obuhvaćenom području. Strukturno gledano nalazi se između zona Dravskog rasjeda i rasjeda Meczek-Villany-Baranja. Granicu na zapadu predstavljaju uzdignute strukture Legrad i Nagykanizsa. Taloženje naslaga, njihove debljine i deformacije pokazatelji su tektonske aktivnosti (Duić i Urumović, 2007).

Najstarije naslage šireg područja pripadaju periodu neogena, dobu miocena i epohi gornjeg ponta (M_2^7). Ekstenzija prostora izražena je u donjem i srednjem miocenu, a u gornjem je izražena akumulacija naslaga (Duić i Urumović, 2007). Početkom pontata nastavljen je sedimentacija u jako oslađenom bazenu, u kaspibrakičnoj sredini (slanosti 5-10 ‰). Debljina pontskih naslaga varira od 600 do 800 m na površini (Kruk i sur., 2014). Neznatne količine naslaga gornjeg pontata nalaze se istočno i južno od grada Koprivnice, a jugoistočno i južno od Koprivničkog Ivanca. To su naslage pijesaka i siltnih lapora.

Kvartarne naslage zahvaćaju najveći dio okolnog područja. Pleistocenske naslage čine aluvij IV. dravske terase: krupni šljunci i pijesci, zatim les: pjeskoviti i glinoviti siltovi te lesoidni sedimenti: pijesci, siltovi i gline. To su tvorevine riječno-jezerskog, jezersko-barskog i eolskog tipa sedimentacije. Krupni šljunci i pijesci koje je rijeka Drava prvim „nasipavanjem“ nanijela u Podravinu izgradili su četvrtu dravsku terasu. Valutice šljunka su poluzaobljene do dobro zaobljene, a pijesci krupnozrnati do sitnozrnati slabo do srednje sortirani (Kruk i sur., 2014). Na karti (Slika 4.) te naslage mjestimično nalazimo na obroncima oko Jagnjedovca, južnije od odlagališta i grada Koprivnice. Krajem pliocena započinje kompresija prostora, a tijekom cijelog kvartara ističe se aktivna zona Dravskog rasjeda (Duić i Urumović, 2007).

Naslage lesa diskordantno naliježu na starije naslage IV. dravske terase. Les je sitnozrnati, pelitno-klastični sediment koji su sjeverni vjetrovi nosili tijekom glacijala. On je zbog toga porozan, nevezan i neuslojen sediment. Les je za vrijeme toplih razdoblja (interglacijala i interstadijala) bio izložen kemijskom trošenju te su tako nastali slojevi crveno-smeđe gline. Lesoidni sedimenti prekrivaju treću dravsku terasu, koja se prostire od Kuzminca preko Peteranca, Hlebina i Molvi do Kloštra. Povremeno je bila preplavljivana, pa su na njoj osim kopnenih, postojali i uvjeti za jezersko-barsku sedimentaciju. U periodima tople i vlažne klime stvarana su jezera u kojima su se taložili siltni pijesci i glinovito-pjeskoviti siltovi. Povlačenjem tekućica zaostale su močvare u kojima se taložio glinoviti materijal s proslojcima

treseta. Za vrijeme suhe i hladne klime postojali su kopneni uvjeti sedimentacije. U to vrijeme taložili su se eolski sedimenti, les i siltovi te srednjezrnati eolski pijesci koji su dravskog podrijetla i povremeno taloženi na treću terasu. Na naslagama lesoidnih sedimenata nalazi se odlagalište Piškornica, a u užem području prisutne su i najmlađe, holocenske naslage (Kruk i sur., 2014).

Naslage holocena čine aluviji II. i I. dravske terase, aluvij mrtvaja, aluvijalno-proluvijalni sedimenti, eolski i barski sedimenti. Sastavljene su pretežno od šljunaka i pijesaka te siltova i gline. Pijesci i šljunci II. i I. dravske terase taloženi su nakon lesoidnih, glinovito-pjeskovitih siltova i nakon što je Drava izdubila novo korito. Početkom holocena započelo je naglo topljenje leda u Alpama te se uz to razdoblje veže transport pijesaka i šljunaka II. i I. dravske terase. Tijekom otapanja leda u Alpama Drava je imala puno vode i time veliku snagu za transport velikih količina morenskog materijala, koji je putem postupno separirala i zaobljivala. Prva dravska terasa nalazi se između II. terase i poplavnog područja, odnosno korita rijeke Drave. To je erozijsko-akumulacijska terasa koja je dijelom razorena recentnim djelovanjem Drave. Izgrađena je od sitnozrnatih i srednjezrnatih pijesaka, šljunkovitih pijesaka i pjeskovitih šljunaka (Kruk i sur., 2014).

Aluvij mrtvaja čine pijesci, siltovi i gline zaostali nakon odvajanja mrtvaje od matičnog toka rijeke Drave i nalaze se uglavnom samo na II. i/ili I. dravskoj terasi. Rijeka ih još uvijek transportira i preoblikuje, što znači da su recentni. Aluvijalno-proluvijalne naslage većim dijelom nalazimo oko potoka Koprivnice, a leže na trećoj dravskoj terasi preko lesoidnih, glinovito-pjeskovitih siltova. Eolski pijesci nalaze se na obroncima Bilogore i oko potoka Koprivnice te Glibokog. Primarno su bili fluvijalni sediment rijeke Drave, a kasnije su pretaloženi u današnje područje koje zauzimaju snažnim sjeveroistočnim vjetrovima. Barski sedimenti leže na sedimentima III. i II. dravske terase, a veće količine nalaze se oko Pustakovca, Peteranca, potoka Glibokog i potoka Koprivnice te mjestimice oko Koprivničkih Bregi. Nastali su taloženjem u lokalnim depresijama, a sastoje se od glina, siltoznih glina i glinovito-pjeskovitih siltova (Kruk i sur., 2014).

Dravski rasjed ima veliku važnost u obuhvaćenom prostoru. Regionalnog je pružanja, dijeli centralni od južnog dijela Panonskog bazena. Aktivnošću rasjeda u razdoblju ekstenzije, prostor se počinje širiti prema SI i tako započinje stvaranje Dravskog bazena. Bazen okružuju pojedine strukturne jedinice, a stalni tektonski pokreti uvjetovali su njihovo uzdizanje. Dravski rasjed predstavljen je zonom paralelnih rasjeda. Ocrti rasjeda na površini i u seizmičkim profilima pokazuju da se radi o reversnim rasjedima najčešće strmog nagiba. Na njihovu

recentnu tektonsku aktivnost ukazuju činjenice da dopiru do površine i odražavaju se u obliku terasnih odsjeka, odsječenih obronaka i koljeničastih anomalija rijeka te sijeku najmlađe kvartarne naslage.

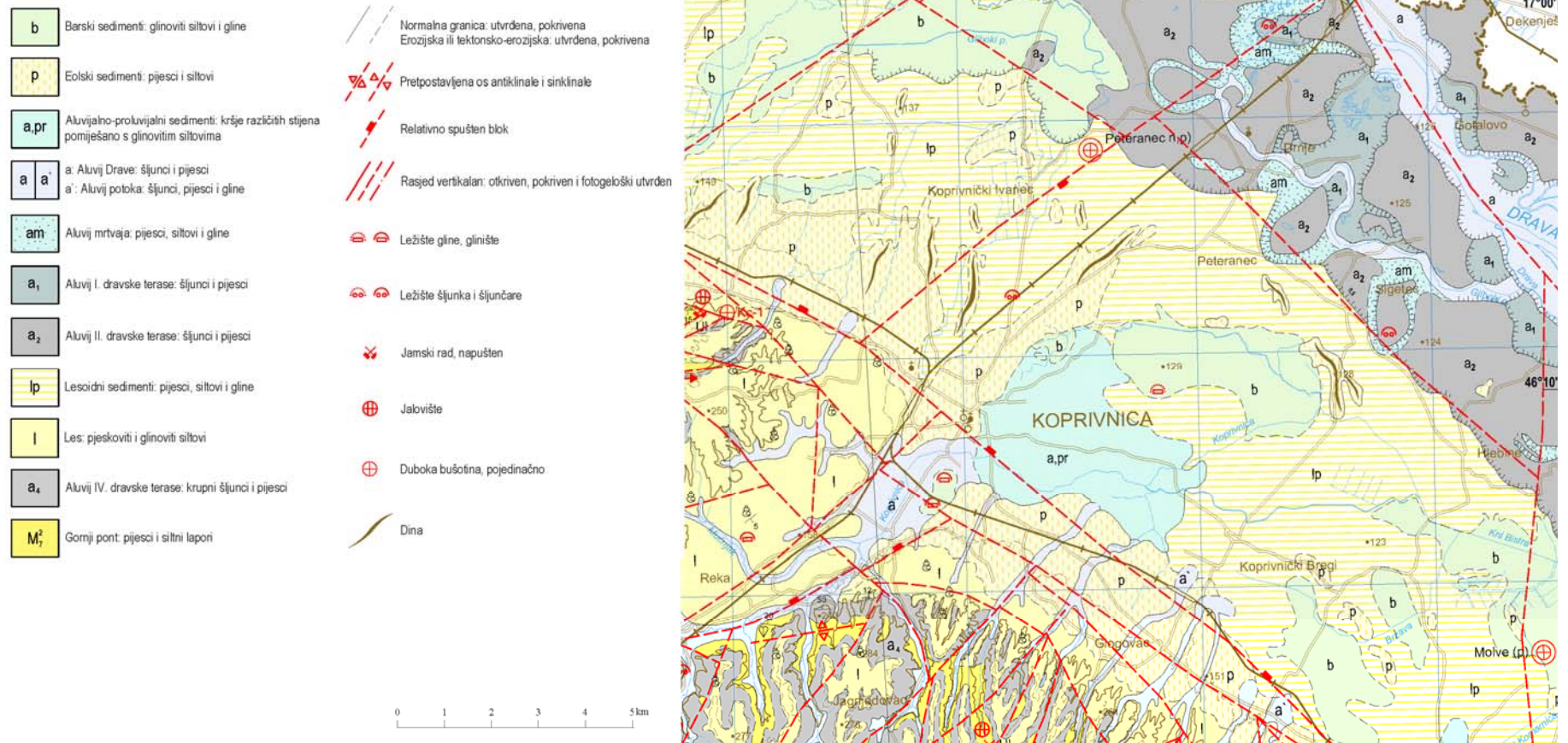
Postoji niz uzdignutih i spuštenih lokalnih struktura unutar Dravskog bazena, a oni su posljedica kompresije prostora. Rasjedi se pružaju duž pojedinih nizova struktura. Skokovi su najčešće izdvojene donje plohe kvartarnih naslaga, a u prostorima relativno veće kompresije ili pomaka struktura postoje i veći skokovi. Važno je i spomenuti spajanje pojedinih rasjeda na površinu, a vjerojatno i u dubini (Duić i Urumović, 2007).

3.3. Hidrogeološke karakteristike

Budući da se odlagalište otpada nalazi na području protezanja cjeline podzemnih voda (CPV) Legrad – Slatina, a najznačajnija karakteristika te cjeline je dravski aluvijalni vodonosnik, i temeljem Odluke o određivanju osjetljivih područja (NN, br. 81/10, 141/15) nalazi se na prostori sliva osjetljivog područja, stoga ono predstavlja opasnost od zagađenja podzemne vode. Vodonosnici pojedinih područja u Republici Hrvatskoj su, s obzirom na hidrogeološke značajke, svrstani u okviru inicijalne karakterizacije, u kategorije primarnih, sekundarnih i neproduktivnih vodonosnika. Kvartarni vodonosnik doline rijeke Drave visokih hidrauličkih svojstava svrstan je u primarne vodonosnike te se iz njega odvija glavina javne vodoopskrbe, a kvartarni vodonosnik u slivu rijeke Drave nižih hidrauličkih svojstava koji se koriste za vodoopskrbu svrstan je u sekundarne vodonosnike (Nakić i sur., 2016).

Šljunkovito-pjeskovite naslage istaložene u području Dravskog bazena predstavljaju vodonosnik sa značajnom količinom podzemne vode. Naslage unutar te strukturne jedinice su debele i sitne do krupnozrnate te formiraju spomenuti dravski vodonosnik. Cijeli profil kvartarnih naslaga sastoji se od izmjene polupropusnih sitnozrnatih naslaga – pijeska, praha i gline, s proslojcima treseta i propusnih slojeva krupnozrnatih materijala – šljunaka i pijesaka (Brkić i sur., 2014). U podini vodonosnika, na dubini od oko 40 metara, nalazi se siltozni prah u kojem se pojavljuje treset i ispod kojega dolazi do izmjene praha, gline, siltoznog pijeska s lećama i proslojcima treseta. Iznad te granice dolazi oko 30 metara debeli slijed krupnoklastičnih naslaga s tragovima oksidacije, u njima prevladavaju žućkastosmeđi i sivosmeđi šljunci i pjeskoviti šljunci. Do dubine od oko 5 do 10 metara nalazi se žućkasto do žućkastosmeđi prah i prašinate gline koji su mjestimično pjeskoviti te ovaj sloj predstavlja polupropusni pokrivač vodonosnih šljunaka (Šeparović i sur., 2016).

Površinu terena na kojem se nalazi odlagalište čini sloj prašinsto-glinovitog materijala sa humusom debljine oko 50 centimetara. Zatim slijedi sloj glinovito-prašinstog materijala žutosmeđe boje debljine od 20 centimetara do 130 centimetara, a postupno prelazi u sloj svijetlosmeđe gline debljine od 2 do 4 metra. Ovi slojevi čine relativno slabije propusni krovinski pokrivač. Ispod gline je sivi sitnozrnati pijesak debljine od 2 do 3 metra. Na dubini od 6 do 7 metara ispod površine nalazi se sloj srednjezrnatog do krupnozrnatog šljunka procijenjene debljine 50 do 60 metara, a njegovu podinu čine glinovito-laporovite naslage. Ovi slojevi čine dobro propusnu cjelinu vodonosnika (Šeparović i sur., 2016). Smjer gibanja podzemne vode je od sjeverozapada prema jugoistoku (Urumović i sur., 1996 navedeno u Duić i Urumović, 2007). Razina podzemne vode je visoka, ovisno o godišnjem dobu i morfologiji površine terena, kreće se od 0,5 do 3,7 metara ispod površine (Šeparović i sur., 2016 i 2019).



Slika 4. Geološke karakteristike područja na kojem se nalazi odlagalište „Piškornica“ (Šimunić i sur., 2013).

4. Procjedne vode

Procjedne vode, zbog kompleksnosti svog sastava te dokazanog toksičnog učinka, predstavljaju značajnu opasnost, kako za okoliš, tako i za ljudsko zdravlje. Karakteristike procjednih voda čine složeni organski, anorganski i mikrobiološki sastav i mala biorazgradivost, što uvelike utječe na odabir metode ili kombinacije metoda obrade, da bi se zadovoljili kriteriji za ispust u okoliš. To su koloidne otopine, crne do smeđe boje. Nastaju cirkulacijom oborinske vode kroz tijelo odlagališta otpada biokemijskim procesima tijekom razgradnje otpada (Oreščanin, 2014).

4.1. Procjedne vode odlagališta „Piškornica“

Na odlagalištu Piškornica, odnosno budućem Regionalnom centru za gospodarenje otpadom (RCGO) sjeverozapadne Hrvatske, procjedne vode moraju se obraditi na način kako je opisan u rješenjima nadležnih ministarstava. Prema rješenju Ministarstva zaštite okoliša i prirode o okolišnoj dozvoli iz 2016., procjedne vode iz odlagališta skupljaju se u vodonepropusnim sabirnim bazenima iz kojih se zatim odvoze u sustav javne odvodnje grada Koprivnice. Međutim, Vouk (2017) napominje u svojoj analizi da je u Studiji utjecaja na okoliš odlagališta otpada za sanaciju postojećeg stanja s nastavkom odlaganja do zatvaranja na lokaciji Piškornica u Koprivnici (2000), koju je proveo IPZ Uniprojekt MCF d.o.o., navedeno da se procjedne vode recirkuliraju na tijelo odlagališta, a samo u iznimnom slučaju, kad zbog prevelike količine oborina nastanu velike količine procjednih voda te se ne mogu recirkulirati na tijelo odlagališta, one odvoze na uređaj za pročišćavanje. U istoj analizi može se pročitati da su bazeni za procjedne vode betonski armirani i da se iz njih voda može ili recirkulirati na površinu odlagališta ili prelijevati u dvije lagune, iz kojih nema preljeva, a mogućnost preljeva je samo u slučaju zapunjenosti laguna ukoliko bi se procjedne vode prelijevale preko ruba. Takva situacija je spriječena ugradnjom automatskog sustava s plovcima koji aktiviraju crpke za potiskivanje procjedne vode iz laguna na tijelo odlagališta kad nivo u laguni dosegne 50 centimetara od gornjeg ruba. Ukoliko je ovaj sustav ispravan i ukoliko su bazeni vodonepropusni zajedno s cjevovodima i spremnikom, nema opasnosti od prelijevanja procjednih voda. U Tablici 1. navedene su granične vrijednosti emisija u sustav javne odvodnje, određene prema posebnom propisu – Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN, br. 80/13, 43/14, 27/15, 3/16). Prema istom pravilniku, određeno je da se procjedne vode skupljene u lagune i koje se ispuštaju u sustav javne odvodnje analiziraju četiri puta

godišnje (svaka tri mjeseca) točno određenim metodama za svaki od pokazatelja. Uz sve pokazatelje navedene u tablici ispod, Pravilnik o načinu i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN, br. 114/15) navodi da u praćenje stanja okoliša ulaze i parametri kao što su električna vodljivost i razina podzemnih voda. Mjesta uzorkovanja uključuju piježometre (P2-P5), razina podzemne vode mjeri se svakih šest mjeseci, odnosno dva puta godišnje.

Tablica 1. Granične vrijednosti emisija u sustav javne odvodnje. Preuzeto iz MZOP, 2016.

R. BR.	POKAZATELJI	GVE
1.	temperatura	40
2.	pH	6,5-9,5
3.	suspendirane tvari	*
4.	BPK ₅	*
5.	KPK	*
6.	ukupna ulja i masti	100 mg/l
7.	ukupni ugljikovodici	30 mg/l
8.	adsorbilni organski halogeni (AOX)	0,5 mg/l
9.	lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	1,0 mg/l
10.	fenoli	10,0 mg/l
11.	nitriti	10 mg/l
12.	ukupni dušik	*
13.	ukupni fosfor	*
14.	arsen	0,1 mg/l
15.	bakar	0,5 mg/l
16.	barij	5 mg/l
17.	cink	2 mg/l
18.	kadmij	0,1 mg/l
19.	ukupni krom	0,5 mg/l
20.	krom (VI)	0,1 mg/l
21.	mangan	4 mg/l
22.	nikal	0,5 mg/l
23.	olovo	0,5 mg/l
24.	selen	0,1 mg/l
25.	željezo	10 mg/l
26.	živa	0,01 mg/l

* GVE određuje operater sustava javne odvodnje

4.2. Sastav procjednih voda u lagunama

Sukladno Okolišnoj dozvoli, u ožujku i lipnju 2017. godine, Zavod za javno zdravstvo Koprivničko-križevačke županije (Služba za zdravstvenu ekologiju), u suradnji sa Zavodom za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije (Zdravstveno-ekološki odjel, Odsjek za kontrolu

voda za piće i voda u prirodi), proveo je ispitivanje kakvoće procjednih voda s odlagališta. Rezultati analize nalaze se ispod u Tablici 2.

Tablica 2. Analiza procjednih voda iz lagune K1a, preuzeto i prilagođeno iz Vouk, 2017.

Pokazatelj kakvoće vode	Jedinica mjere	Vrijednost	
		Vrijeme uzorkovanja	
		28.3.2017.	12.6.2017.
temperatura	°C	9,3	15,6
pH	pH jedinica	8,11	7,96
nitriti	mg/l	<0,03	<0,03
fenoli	mg/l	0,12	0,14
ukupni dušik	mg/l	130,9	211,8
ukupni fosfor	mg/l	1,68	3,9
BPK ₅	mg/l	250	1000
KPK	mg/l	1595	1976
suspendirana tvar	mg/l	97	427
željezo	mg/l	8,45	9,07
mangan	mg/l	<0,01	<0,01
olovo	mg/l	<0,01	<0,01
cink	mg/l	0,33	0,97
bakar	mg/l	0,08	0,36
krom	mg/l	<0,01	0,05
nikal	mg/l	0,02	<0,01
kadmij	mg/l	<0,001	<0,001
živa	mg/l	0,001	0,001
arsen	mg/l	0,046	0,036
ukupna ulja i masti	mg/l	0,06	0,17
AOX	mg/l	0,08	0,11
benzen	mg/l	<0,002	<0,002
toluen	mg/l	<0,002	0,002
ksilen (-p, -m)	mg/l	<0,002	<0,002
ksilen (-o)	mg/l	<0,001	<0,001
etilbenzen	mg/l	<0,002	0,0023
ukupni aromatski ugljikovodici	mg/l	<0,002	0,0043

Sastav, odnosno vrijednosti pokazatelja u obje lagune variraju ovisno o godišnjem dobu. Većina pokazatelja imala je veće koncentracije u toplije doba godine (lipanj i rujan), a neki (nitriti, amonijak, floridi) u hladnije doba godine (ožujak) (Oreščanin i sur., 2012).

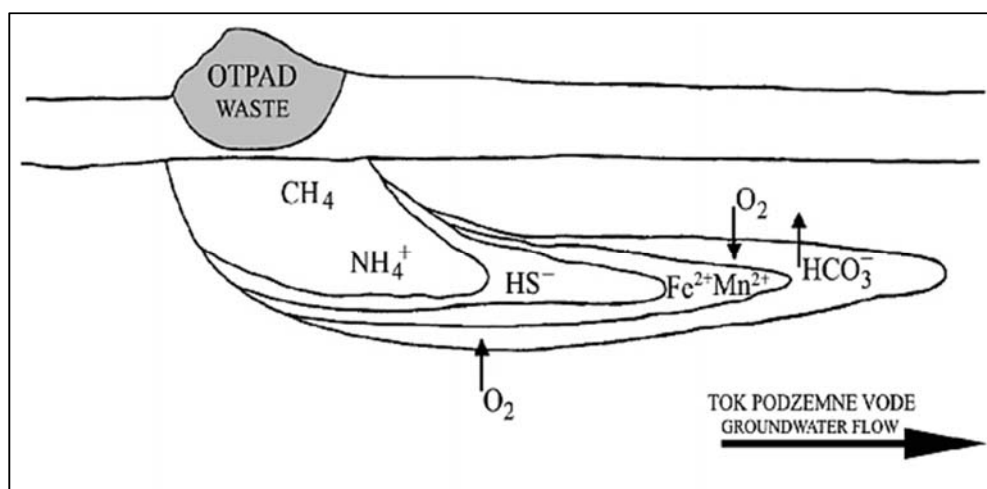
5. Utjecaj procjedne vode na podzemnu vodu

Podzemna voda nalazi se u porama stijena, odnosno u ovom slučaju u porama između šljunka i pijeska koji su porozni nevezani sediment. Gotovo sve stijene i sedimenti imaju izraženu propusnost, ali i sposobnost uskladištenja i otpuštanja vode. Takve se stijene nazivaju akviferi (vodonosnici), a prema Freeze i Cherry (1979), kako je navedeno u Deming (2000), to su „zasićene i propusne geološke tvorevine koje mogu transportirati značajne količine vode pod uobičajenim hidrološkim gradijentima“, a postoje zatvoreni i otvoreni vodonosnici: zatvoreni je smješten između dva akvitarada (skup stijena slabije propusnosti), a otvoreni vodonosnik je s gornje strane ograničen vodnim licem (Freeze i Cherry, 1979). Propusnost je mjera za kapacitet poroznog medija koji mu omogućuje kretanje tekućine kroz pore. Podzemna voda važan je resurs kako za javnu vodoopskrbu stanovništva, tako i za brojne industrije. Potencijalni je mehanizam za transport zagađivala i onečišćujućih tvari. Također, aluvijalnim terenom, kakav je ispod i u širem području oko odlagališta, zagađivala sporo prolaze jer čestice prolaze kroz pukotine stijena te se vrijeme do prodiranja zagađivala u akvifer značajno produljuje, a detekcija onečišćenja ili zagađenja može biti otežana, čak na prvi pogled voda može izgledati nezagađeno i neonečišćeno (Deming, 2000; Montgomery, 2000).

S obzirom na položaj odlagališta otpada, rizik od zagađenja podzemne vode, ali i površinske vode je velik. Prvenstveno je povećan rizik od zagađenja zbog same geološke podloge na kojoj se nalazi odlagalište, kao i činjenica da je u blizini crpilište Ivanščak koje opskrbljuje veliki dio okolnih naselja, bez obzira što se odlagalište nalazi izvan III zone sanitarne zaštite crpilišta Ivanščak (Šeparović i sur., 2019). Vodonosnik ispod odlagališta otpada je šljunkovito-pjeskoviti sa krupnozrnatim do srednjezrnatim naslagama. Sadrži velike količine kvalitetne podzemne vode koja se crpi u svrhu javne vodoopskrbe. Razina podzemne vode je visoka i ovisi o klimatskim prilikama, a kako odlagalište otpada nema temeljni brtveni sloj, rizik prodiranja procjednih voda u tlo i podzemne vode znatno je povišen. Smjer toka podzemne vode je ujedno i smjer kretanja zagađenja.

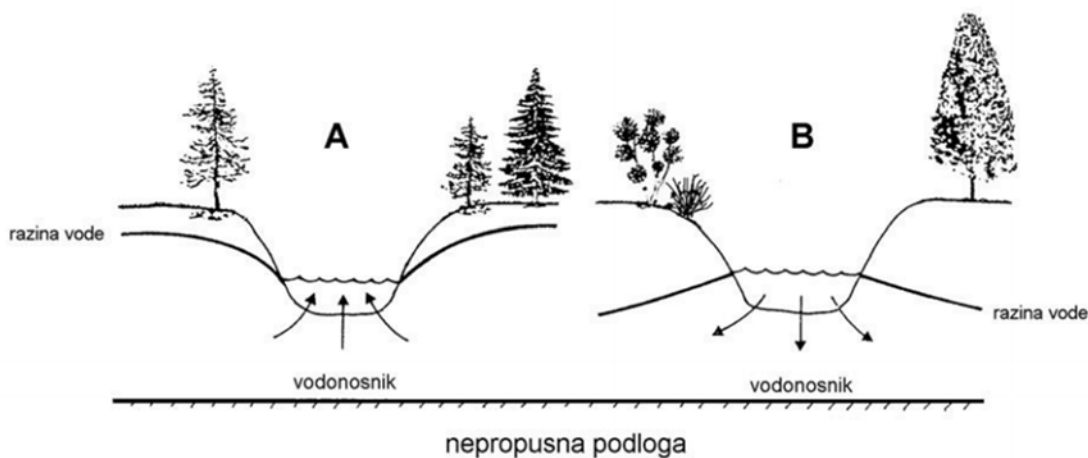
Uzevši u obzir vrstu terena na kojem se odlagalište nalazi, vrste otpada koje se tamo odlažu i postupanje s otpadnim vodama odlagališta, može se pretpostaviti da je u nekom periodu došlo do slučajnog prelijevanja procjedne vode na nezaštićeno tlo oko ili na samom odlagalištu. U tom slučaju, može proći neko vrijeme, obično dug period, prije nego se detektira onečišćenje podzemne vode.

Raspadanje organskog otpada, a i različite kemikalije iz odlagališta otpada stvaraju razne organske spojeve, te se formiraju oksidacijsko-redukcijske zone s različitim kemijskim sastavom (Appelo i Postma, 1994 navedeno u Nakić i sur., 2007). U istom radu opisane su zone onečišćenja ispod odlagališta Jakuševac, što se može dogoditi i ispod odlagališta Piškornica, jer je geološka podloga vrlo slična onoj na kojoj je smješteno odlagalište Jakuševac, a omogućava veliku vertikalnu i horizontalnu pokretljivost zagađenja. Naime, gledano odozgo prema dolje, ispod tijela odlagališta Jakuševac je zona geneze metana (CH_4) i amonijevog iona (NH_4^+), zatim zona redukcije sulfata, nakon koje slijedi zona redukcije ferri iona Fe(III) , pa zona redukcije nitrata i Mn(IV) i na kraju oksidna zona. Shematski prikaz zona prikazan je na slici 5. Sumporovodik je jedan od produkata anaerobne razgradnje organske materije. On vrlo brzo migrira u područje vodonosnika s većom koncentracijom kisika i brzo oksidira u ione sulfata. Usred miješanja procjednih tvari i podzemne vode, otopljeni kisik i nitrati najprije će se potrošiti na razgradnju organske materije. Zbog velike i ekstremne potrošnje kisika i povećane kiselosti podzemne vode ispod tijela odlagališta, nastaje okruženje povoljno za pojavu raznih metalnih i organo-metalnih spojeva. U reduktivnoj zoni otapaju se Fe-Mn oksidi i hidroksidi iz sedimenata pa dolazi do oslobađanja velikih količina željeza, mangana i drugih adsorpcijski vezanih metala, a dolazi i do redukcije sulfata i nastajanja sulfida (Appelo i Postma, navedeno u Nakić i sur., 2007). Zagađenjem organskim spojevima nastaju stabilni organo-metalni kompleksi koji omogućavaju prijenos teških metala na velike udaljenosti, bez mogućnosti izdvajanja istih iz vodene otopine.



Slika 5. Shematski prikaz geokemijskih zona ispod i nizvodno od odlagališta otpada (Nakić, Prce i Posavec, 2007 prema Appelo i Postma, 1994)

Količina i intenzitet infiltracije procjednih voda u vodonosnik ovisi u najvećoj mjeri o količini oborina (Barčić i Ivančić, 2010). Promjene u razini podzemne vode mogu doći zbog velikih oborina te se vodostaj rijeke Drave povećava i količina vode je veća nego što okolna podloga može podnijeti, stoga se višak procjeđuje u akvifer. Shema je prikazana na slici 6. U tom slučaju manja je kontaminacija procjednim vodama zbog većeg razrjeđenja. Ako pak dođe do velike suše, vodostaj rijeke Drave je nizak, podzemne vode tad prihranjuju rijeku Dravu. Usljed suše podzemna voda se uzdiže kroz vodonosnik te natapa gornje slojeve podloge. U tom je slučaju moguća veća kontaminacija podzemne vode, jer je količina vode u akviferu manja. “Oblak“ zagađenja koji nastane prodiranjem procjednih voda u tlo, ovisno o propusnosti vodonosnika i dinamici podzemnih voda, može imati različitu brzinu i smjer kretanja (Masoner i Cozzarelli, 2015). Oblik koji poprima zagađenje nastaje širenjem procjednih voda raspršivanjem ili razrjeđivanjem, a to su neki od važnijih procesa kojim se može procijeniti rizik i intenzitet zagađenja. Prirodni procesi razrjeđenja doprinose smanjenju toksičnosti, kretanju, koncentraciji i masi zagađivala u zemlji i podzemnoj vodi (Bjerg i sur., 2011).



Slika 6. Niži vodostaj rijeke ili jezera (Slučaj A) ili viši vodostaj rijeke ili jezera (Slučaj B).
(Brkić i sur., 2016)

Zagađenje tla, površinskih i podzemnih voda preko procjednih voda, čiji je sastav definiran svim biokemijskim procesima na odlagalištu, izgledom i strukturom odlagališta te debljinom tijela odlagališta, može izravno i neizravno omogućiti organskim i anorganskim zagađivalima ulazak u hranidbeni lanac i ugroziti zdravlje ljudi i okoliša. Primjerice, teški

metali su iznimno štetni za okoliš i ljudsko zdravlje zbog svoje reaktivnosti i toksičnosti čak i u malim koncentracijama, mogu doprijeti do podzemne vode, akumulirati se u hranidbenom lancu i uzrokovati nepovratne promjene u tijelu (Dervišević i sur., 2016).

6. Zaključak

Izgradnja RCGO „Piškornica“ na mjestu gdje se već desetljećima odlaže otpad u punom je jeku i planirano trajanje mu je 30 godina. Lokacija za izgradnju nije povoljna zbog aluvijalnog sastava podloge i kvalitetne podzemne vode u vodonosnom sloju ispod odlagališta koja je ugrožena potencijalnim prelijevanjem procjedne vode na tlo oko i ispod tijela odlagališta. U blizini je vodocrpilište Ivanščak, ali se odlagalište nalazi izvan III zone sanitarne zaštite, međutim, ako dođe do prelijevanja procjedne vode i zakašnjele reakcije nadležnih osoba i institucija, pitanje je vremena kad će se „oblak“ zagađenja proširiti unutar te zone. Pozitivan aspekt je to da se kroz takvu vrstu sedimenta i na takvoj podlozi „oblak“ zagađenja razrjeđuje i raspršuje s udaljavanjem od izvora zagađenja, dakle u slučaju da su velike količine oborina uvjetovale prihranjivanje vodonosnika, a ako je suša, tada je količina vode u vodonosniku manja i time je kontaminacija podzemne vode veća. Čišćenje same podzemne vode gotovo je nemoguće, osim ako se na crpilištu voda koju crpimo iz vodonosnika kompletno pročisti od svih mogućih zagađivala koja se nalaze u procjednoj vodi. Nadalje, svako se zagađenje i onečišćenje, bilo podzemnih, bilo površinskih voda, tla i drugih sastavnica okoliša uvijek može spriječiti, prvenstveno pridržavanjem pravilnika, zakona i direktiva koji uvjetuju rad samog RCGO-a. Naravno, u to sve ulazi i održavanje svih sustava funkcionalnima i popravcima u slučaju kvara, redovitim analizama površinskih, podzemnih i procjednih voda i ostalih parametara te pravovremenim reagiranjem ukoliko postoji i mala naznaka o mogućem zagađenju.

7. Literatura

- Appelo, C.A.J., Postma, D. (1994): *Geochemistry, groundwater and pollution*. Balkema, 536 pp, Rotterdam.
- Barčić, D., Ivančić, V. (2010): Utjecaj odlagališta otpada Prudinec/Jakuševac na onečišćenje okoliša/Impact of the Prudinec/Jakuševac Landfill on Environment Pollution. *Šumarski list* 134, br. 7–8, 347-358. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/57986>
- Bjerg, P. L., Tuxen, N., Ask Reitzel, L., Albrechten, L. J., Kjeldsen, P. (2011): Natural Attenuation Processes in Landfill Leachate Plumes at Three Danish Sites. *Groundwater* 49(5), str. 688-705. Preuzeto s: https://www.researchgate.net/publication/26769308_Natural_Attenuation_Processes_in_Landfill_Leachate_Plumes_at_Three_Danish_Sites
- Brkić, Ž., Larva, O., Marković, T. (2016): *Ocjena stanja podzemnih voda na područjima koja su u direktnoj vezi s površinskim vodama i kopnenim ekosustavima ovisnim o podzemnim vodama*. Zagreb: Hrvatski geološki institut, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju. Preuzeto s: <https://bit.ly/2ZyZxg5>
- Brletić, F. (2017): *Kemizam podzemnih voda crpilišta Ivanščak u Koprivnici*. Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet. Preuzeto s: <https://repozitorij.rgn.unizg.hr/islandora/object/rgn%3A570>
- Deming D., (2002): „Introduction to Hidrogeology“, prvo izdanje, SAD: McGraw-Hill Higher Education.
- Dervišević, I., Đokić, J., Elezović, N., Milentijević, G., Čosović, V., Dervišević, A. (2016): The Impact of Leachate on the Quality of Surface and Groundwater and Proposal of Measures for Pollution Remediation. *Journal of Environmental Protection*, 7, 745-759. Preuzeto s: https://www.researchgate.net/publication/301594648_The_Impact_of_Leachate_on_the_Quality_of_Surface_and_Groundwater_and_Proposal_of_Measures_for_Pollution_Remediation
- Duić, Z., Urumović, K. (2007): Utjecaj strukture legradskog praga na hidrogeološke značajke u području Koprivnice/Influence of Legrad Threshold Structure on Hydrogeological Characteristics in Koprivnica Area. U: Malvić, T., ur. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, Zagreb: Denona d.o.o. str. 1-10. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/18123>

- Freeze, R. A., Cherry, J. A. (1979): „Groundwater“, USA: Prentice-Hall. Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP), (2005-2008) Izvješće o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj, 2005.-2008.: Gospodarenje otpadom, str. 156-157. Preuzeto s: <http://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/otpad-i-registri-oneciscavanja/gospodarenje-otpadom/izvjesca>
- Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP), (2007) Izvješće o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj, 2007.: Otpad, str. 188-189. Preuzeto s: <http://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/otpad-i-registri-oneciscavanja/gospodarenje-otpadom/izvjesca>
- Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP), (2014) Izvješće o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj: Gospodarenje otpadom i tokovi materijala, 107-111. Preuzeto s: <http://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/otpad-i-registri-oneciscavanja/gospodarenje-otpadom/izvjesca>
- Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP), (2015) Projekt: Izrada jedinstvene metodologije za analize sastava komunalnog otpada, određivanje prosječnog sastava komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj i projekcija količina komunalnog otpada, Zagreb. Preuzeto s: <https://www.hgk.hr/documents/pgo-prezentacija-hgk-burza-otpada-2520185aeb13c483058.pdf>
- Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP), (2018). Izvješće o komunalnom otpadu za 2017. godinu, Zagreb. Preuzeto s: <https://bit.ly/34efNBv>
- IPZ Uniprojekt, (2000) *Studija utjecaja na okoliš odlagališta otpada za sanaciju postojećeg stanja s nastavkom odlaganja do zatvaranja na lokaciji Piškornica u Koprivnici*, "Komunalac" d.o.o.
- Kruk, B., Dedić, Ž., Hećimović, I., Kruk, Lj., Kolbah, S., Škrlec, M., Crnogaj, S., Kovačević Galović, E., (2014) *Rudarsko-geološka studija Koprivničko-križevačke županije*. Zagreb: Hrvatski geološki institut, Zavod za mineralne sirovine. Preuzeto s: <https://www.bib.irb.hr/928129>
- Masoner, J. R., Cozzarelli, I. M. (2015): Spatial and Temporal Migration of a Landfill Leachate Plume in Alluvium. *Water Air and Soil Pollution* 226:18, 1-15. Preuzeto s: <https://www.researchgate.net/publication/272401074>

- Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (MZOE), (2017): Uprava za procjenu utjecaja na okoliš i održivo gospodarenje otpadom, *Rješenje o okolišnoj dozvoli odlagališta otpada „Piškornica“ – mišljenje*. KLASA: 351-03/17-04/1551, URBROJ: 517-06-2-2-1-17-2, Zagreb. Preuzeto s: <http://www.piskornica-sanacijsko-odlagaliste.hr/dokumenti.asp?id=4&n=6>
- Ministarstvo zaštite okoliša i prirode (MZOP), (2015): *Rješenje o prihvatljivosti za ekološku mrežu planiranog zahvata RCGO Sjeverozapadne Hrvatske – Piškornica*. KLASA: UP/I 612-07/15-60/134, URBROJ: 517-07-1-1-2-15-5, Zagreb. Preuzeto s: <http://www.rcgo-piskornica.hr/dokumenti.asp?n=6>
- Ministarstvo zaštite okoliša i prirode (MZOP), (2016): *Rješenje o okolišnoj dozvoli*. KLASA: UP/I 351-03/14-02/47, URBROJ: 517-06-2-2-1-16-56, Zagreb. Preuzeto s: <https://kckzz.hr/wp-content/uploads/2017/10/Rje%C5%A1enje-o-okoli%C5%A1noj-dozvoli.pdf>
- Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva (MZOPUG), (2011): *Rješenje o prihvatljivosti zahvata za okoliš*. KLASA: UP/I 351-03/09-02/103, URBROJ: 531-14-3-11-23, Zagreb. Preuzeto s: <http://www.rcgo-piskornica.hr/dokumenti.asp?n=6>
- Montgomery C., (2000): „Environmental Geology“, peto izdanje, SAD: McGraw-Hill Higher Education.
- Nakić, Z., Bačani, A., Parlov, J., Duić, Ž., Perković, D., Kovač, Z., Tumara, D., Mijatović, I. (2016): Studija „Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području panonskog dijela Hrvatske“, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet. Preuzeto s: <https://bit.ly/2MP4SsQ>
- Nakić, Z. Prce, M. Posavec, K. (2007): Utjecaj odlagališta otpada Jakuševac-Prudinec na kakvoću podzemne vode/Influence of the Jakuševac-Prudinec Waste Disposal Site on Groundwater Quality. U: Malvić, T., ur. *Rudarsko-geološki-naftni zbornik*, Zagreb: Denona d.o.o. str. 35-45. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/19291>
- Oreščanin, V., Kollar, R., Ruk, D., Nad, K. (2012): Characterization and electrochemical treatment of landfill leachate. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 47:3, 462-469.
- Oreščanin, V. (2014): Procjedne vode odlagališta otpada – kemijski sastav, toksični učinci i metode pročišćavanja/Landfill leachates - chemical composition, toxic impacts and

treatment methods. *Hrvatske vode* 22(2014) 87, 1-12. Preuzeto s: <https://www.voda.hr/hr/procjedne-vode-odlagalista-otpada-kemijski-sastav-toksicni-ucinci-metode-prociscavanja>

Ridanović, J., (1989): „Hidrogeografija“, Zagreb: Školska knjiga.

Ruk, D., Nemčić-Jurec, J., Horvat, I., Martinaga, N., Gres, M. (2018): *Izveštaj radne skupine za odlagalište otpada Piškornica o monitoringu površinskih i podzemnih voda*, Koprivnica. Preuzeto s: <http://www.rcgo-piskornica.hr/dokumenti.asp?n=6>

Šeparović, M., Habdija Žigman, V., Varga, Ž., Barbić, I., Strmecky, T., Lovinčić Milovanović, V., Relić, M., Perović, Z. (2016): *Elaborat zaštite okoliša u postupku procjene o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš: Regionalni centar za gospodarenje otpadom Sjeverozapadne Hrvatske – Piškornica, Koprivnički Ivanec – Izmjena zahvata tehnološkog procesa MBO obrade i elemenata ulazno-izlazne zone*, Zagreb: Maxicon d.o.o. Preuzeto s: <https://bit.ly/2LiPeCO>

Šeparović, M., Habdija Žigman, V., Varga Ž., Barbić, I., Strmecky, T., Lovinčić Milovanović, V., Relić, M., Perović, Z. (2019): *Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš: Regionalni centar za gospodarenje otpadom Sjeverozapadne Hrvatske – Piškornica, Koprivnički Ivanec – Izmjena zahvata izgradnje RCGO*, Zagreb: Maxicon d.o.o. Preuzeto s: <https://bit.ly/2LiPeCO>

Šimunić, A., Hećimović, I., Avanić, R. (2013): *Osnovna geološka karta Republike Hrvatske, list L33-70 Koprivnica, M 1:100 000*. Institut za Geološka istraživanja, Zavod za geologiju, Zagreb 1990. Izdanje Hrvatskog geološkog instituta 2013.

Vouk, D., (2017) *Analiza i interpretacija rezultata izvješća o ispitivanju površinski, podzemnih, procjednih (otpadnih) i oborinskih voda na odlagalištu Piškornica za ožujak i lipanj 2017. godine*, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet. Preuzeto s: http://www.piskornica-sanacijsko-odlagaliste.hr/default_vijest.asp?sid=7597

URL 1: <https://mzoe.gov.hr/vijesti/u-hrvatskoj-ce-se-izgraditi-13-centara-za-gospodarenje-otpadom-4100/4100> , posjećeno 8. kolovoza 2019.

URL 2: <https://mzoe.gov.hr/arhiva/vijesti-87/plan-gospodarenja-otpadom-omogucit-ce-da-gradjani-vise-recikliraju-i-da-se-sprijeci-znacajan-rast-cijena-odvoza-otpada/674>, posjećeno 8. kolovoza 2019.

URL 3: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_01_3_120.html, posjećeno 8. kolovoza 2019.

URL 4: „Piškornica S.O. – prezentacija“, Prezentacija za web - tematska sjednica Županijske skupštine, 2018, <http://www.piskornica-sanacijsko-odlagaliste.hr/>, posjećeno 30. lipnja 2019.

8. Sažetak

Odlagališta otpada u novije vrijeme čine nužno zlo. Potreba za njima sve je veća budući da se povećava stanovništvo na Zemlji, a time i količina otpada koji se gomila. Odlagalište „Piškornica“ budući je Regionalni centar za gospodarenje otpadom, njegova je svrha određena direktivama i pravilnicima Europske unije i zakonima Republike Hrvatske. Ovaj završni rad uzima u obzir položaj odlagališta, količinu otpada koji se odlaže i količinu nastalih procjednih voda te njihovu obradu, kao i mogući utjecaj procjednih voda na podzemnu vodu ukoliko dođe do njihova prelijevanja. Geološka podloga i hidrogeološke značajke pokazuju da je područje vodonosnika ugroženo odlagalištem otpada, jer se radi o riječnom aluviju i naslagama pijeska i šljunka koji čine dobar vodonosnik s kvalitetnom podzemnom vodom koja se koristi u vodoopskrbi velikog područja oko grada Koprivnice. Stoga, ukoliko dođe do zagađenja podzemne vode, gotovo svi stanovnici grada i okolnih naselja ugroženi su, jer je vodonosnik ispod odlagališta otpada najveći izvor pitke vode za velik dio stanovništva grada i okolice. Sastav procjednih voda je kompleksan, raznolik i štetan te odražava raznovrsnost otpada koji se odlaže. Kolika je zapravo toksičnost i štetnost procjednih voda za okoliš i ljude nije teško zaključiti s obzirom na njen sastav, boju i miris. Zagađenje podzemne vode može se spriječiti odgovarajućim i savjesnim zbrinjavanjem otpada i procjednih voda i pravovremenim reagiranjem, ako i dođe do njenog izlivanja u okoliš, što se može postići pridržavanjem pravilnika i direktiva Europske unije, a time i zakona Republike Hrvatske.

9. Summary

Landfills have lately been a necessary evil. The need for them grows as the population on the Earth increases, but also as the amount of waste produced increases. The Piškornica landfill is the future Regional Waste Management Centre, and its purpose is determined by EU directives and regulations, and laws of the Republic of Croatia. This thesis takes into account the location of the landfill, as well the amount of waste deposited and leachate generated, its treatment, and the possible impact of leachate on groundwater in case of overflows. The geological and hydrogeological features indicate that the aquifer area is endangered by the landfill as river alluvium and sand and gravel deposits form a good aquifer with quality groundwater used in the water supply of a large area around the town of Koprivnica. The composition of the leachate is complex, diverse and harmful, and it reflects the diversity of waste. The toxicity and harmfulness of leachate to the environment and humans is not difficult to deduce given its composition, color and odor. Therefore, if groundwater pollution occurs,

almost all residents of the town and surrounding settlements are at risk because the aquifer below the landfill is the largest source of drinking water for majority of the town and the surrounding population. Groundwater pollution can be prevented by proper and conscientious disposal of waste and leachate, also a timely response in case of leakage occurrence, which can be achieved by complying with the regulations and directives of the European Union, and thus the laws of the Republic of Croatia.