Sanacija odlagališta otpada s rekultivacijom

Stojak, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:272470

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA

JOSIP STOJAK

SANACIJA ODLAGALIŠTA OTPADA S REKULTIVACIJOM

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2016.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK

SANACIJA ODLAGALIŠTA OTPADA S REKULTIVACIJOM

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša
Predmet: Gospodarenje otpadom
Ispitno povjerenstvo: 1. izv.prof.dr.sc. Damir Barčić
2. prof.dr.sc. Željko Španjol
3. doc.dr.sc. Roman Rosavec
Student: Josip Stojak
JMBAG: 0195020584
Broj indeksa: 511/14
Datum odobrenja teme: 21. travnja 2016.
Datum predaje rada: 2. rujna 2016.
Datum obrane rada: 9. rujna 2016.

Zagreb, rujan, 2016.

Dokumentacijska kartica

Naslov	**Sanacija odlagališta otpada s rekultivacijom**
Title	Landfill remediation with recultivation
Autor	Josip Stojak
Adresa autora	Lastovska 34, 10000 Zagreb
Rad izrađen	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	izv.prof.dr.sc. Damir Barčić
Izradu rada pomogao	-
Godina objave	2016.
Obujam	44 stranice, 28 slika i 34 navoda literature
Ključne riječi	Odlagališta otpada, sanacija, rekultivacija, zaštita okoliša
Key words	Landfill, remediation, recultivation, environmental protection
Sažetak	Uređenje, sanacija i rekultivacija odlagališta komunalnog otpada jedna su od temeljnih obveza Republike Hrvatske u području zaštite okoliša. Proces zatvaranja mnogobrojnih odlagališta otpada započeo je u svim županijama. U nekim slučajevima on je u završnim fazama tehničke i biološke rekultivacije. Ovaj rad pruža detaljan uvid u faze procesa izgradnje sanitarnih te sanacije nesanitarnih odlagališta otpada. U radu se analiziraju metode i mogućnosti uspješnog završetka navedenog procesa radi sprječavanja negativnog utjecaja na sastavne dijelove okoliša i zdravlje ljudi. Cilj ovog diplomskog rada je ukazati na važnost procesa biološke rekultivacije kao održivog riješenja prilikom zatvaranja odlagališta otpada.

SADRŽAJ:

1. UVOD 1
2. GOSPODARENJE OTPADOM U REPUBLICI HRVATSKOJ 3
2.1. Osnovni statistički pokazatelji 4
2.2. Odlagališta otpada u Republici Hrvatskoj 6
2.3. Lokacije onečišćene otpadom u Republici Hrvatskoj 7
3. UTJECAJ ODLAGALIŠTA OTPADA NA OKOLIŠ 10
3.1. Procjedne vode 11
3.2. Zrak 12
3.3. Zdravlje ljudi 12
4. FAZE IZGRADNJE SANITARNIH ODLAGALIŠTA OTPADA 14
4.1. Izbor lokacije 15
4.2. Projektiranje i gradnja odlagališta 16
4.2.1. Istražni radovi 16
4.2.2. Gradnja odlagališta otpada 17
4.3. Upotreba odlagališta 26
4.4. Zatvaranje i briga o odlagalištu nakon zatvaranja 28
4.4.1. Rekultivacija 28
4.4.2. Monitoring 31
4.4.3. Konačna namjena lokacije 31
5. SANACIJA NESANITARNIH ODLAGALIŠTA OTPADA 33
5.1. *Ex-situ* metoda 33
5.2. *In-situ* metoda 35
6. PRIMJER IDEJNOG RJEŠENJA SANACIJE ODLAGALIŠTA *IN-SITU* METODOM S REKULTIVACIJOM – ODLAGALIŠTE OTPADA „JEROVEC“ - IVANEC 39
6.1. Osnovni podaci 39
6.2. Prijedlog sanacije odlagališta 39
6.3. Plan zatvaranja 41
6.3.1. Rekultivacija 42
6.3.2. Monitoring 43
7. ZAKLJUČAK 44
8. LITERATURA I

POPIS SLIKA:

Slika 1. Godišnje količine proizvedenog komunalnog otpada po stanovniku RH u razdoblju 1995. 2013. godine (izvor: MZOIP – Plan gospodarenja otpadom RH, 2016 prema AZO, 2013)
Slika 2. Udio postotaka oporabe/zbrinjavanja u 2013. godini prema prijavama obrađivača otpada (izvor: MZOIP – Plan gospodarenja otpadom RH, 2016 prema AZO, 2013)
Slika 3. Prikaz odlagališta otpada u RH prema statusu operativnosti u 2015. godini (izvor: MZOIP- Plan gospodarenja otpadom RH, 2016 prema AZO, 2015)
Slika 4. Tablica faza razgradnje otpada (izvor: Oreščanin, 2014 prema Ruk, 2012)
Slika 5. Shema poluzatvorenog odlagališta otpada (izvor: Građevinski fakultet, 2016)
Slika 6. Shema zatvorenog odlagališta otpada (izvor: Građevinski fakultet, 2016)
Slika 7. Elementi sanitarnog odlagališta otpada (izvor: Građevinski fakultet, 2016)
Slika 8. Temeljni zaštitni sustav sanitarnog odlagališta otpada (izvor: M. Hrnčić i N. Hrnčić, 2011)
Slika 9. Različiti tipovi i prikaz geomembrana na odlagalištu otpada (izvor: Geotekstili, 2016)
Slika 10. Netkani geotekstil i njegovo postavljanje na terenu (izvor: Geotekstili, 2016)
Slika 11. Geosintetički bentonitni tepisi (izvor: Građevinski fakultet, 2016)
Slika 12. Završni pokrovni sustav sanitarnog odlagališta otpada (izvor: M. Hrnčić i N. Hrnčić, 2011)
Slika 13. Sustav za pasivno otplinjavanje (izvor: Građevinski fakultet, 2016)
Slika 14. Sustav za aktivno otplinjavanje (izvor: Građevinski fakultet, 2016)
Slika 15. Površinski postupak odlaganja otpada (izvor: Građevinski fakultet, 2016)
Slika 16. Odlaganje otpada postupkom jarka (izvor: Građevinski fakultet, 2016)
Slika 17. Primjer izgrađene kazete na odlagalištu otpada Lovornik – Grad Ploče (izvor: Sirovina, 2016)
Slika 18. Ex-situ metoda: Iskop otpadnog materijala i premještaj na novu lokaciju (izvor: RGN, 2016)
Slika 19. Ex-situ metoda: Iskop otpadnog materijala i premještaj na novu lokaciju u neposrednoj blizini (izvor: RGN, 2016)
Slika 20. Ex-situ metoda: Iskop otpadnog materijala koji se zatim prerađuje i premješta na novu lokaciju (izvor: RGN, 2016)
Slika 21. In-situ metoda: Izgradnja pokrovnog sloja (izvor: RGN, 2016)

Slika 22. In-situ metoda: Izgradnja pokrovnog sloja s vertikalnom vododrživom barijerom (izvor: RGN, 2016)
Slika 23. In-situ metoda: Izgradnja pokrovnog sloja s kosom vododrživom barijerom (izvor: RGN, 2016)
Slika 24. In-situ metoda: Izgradnja pokrovnog sloja s vertikalnom vododrživom barijerom i sustavom za crpljenje podzemne vode (izvor: RGN, 2016)
Slika 25. In-situ metoda: Izgradnja pokrovnog sloja s horizontalnom vododrživom barijerom mlaznim injektiranjem (izvor: RGN, 2016)
Slika 26. In-situ metoda: Mlazno injektiranje cjelokupnog volumena otpada i zagađenog tla (izvor: RGN, 2016)
Slika 27. Prijedlog sanacije odlagališta (izvor: Studija ciljanog sadržaja o utjecaju na okoliš za sanaciju i nastavak odlaganja do zatvaranja odlagališta otpada „Jerovec“ – Ivanec (Dubravec), 2005)
Slika 28. Plan zatvaranja odlagališta (izvor: Studija ciljanog sadržaja o utjecaju na okoliš za sanaciju i nastavak odlaganja do zatvaranja odlagališta otpada „Jerovec“ – Ivanec (Dubravec), 2005)

1. UVOD

Gospodarenje otpadom jedan je od većih izazova s kojim se suočava suvremeno društvo u kojem je, prvenstveno zbog porasta broja ljudi i razvoja industrije, sve više otpada te se javlja potreba za adekvatnim sustavima upravljanja istim. U razvijenim zemljama o navedenom problemu promišlja se dulji niz godina, dok je u Republici Hrvatskoj taj proces ozbiljnije započeo 2005. godine donošenjem Strategije gospodarenja otpadom Republike Hrvatske (NN 130/05). Također, ulaskom u Europsku uniju 2013. godine Republika Hrvatska preuzela je obvezu daljnjeg razvijanja cjelovitog sustava gospodarenja otpadom sukladno europskim regulativama i smjernicama. Prvi korak u usklađivanju s pravnom stečevinom Europske unije bio je donošenje novog Zakona o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13) kojim je u hrvatsko zakonodavstvo, između ostalog, prenesena Direktiva 2008/98/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća o otpadu i ukidanju određenih direktiva (SL L 312, 22. 11. 2008.).

Uređenje, sanacija i rekultivacija odlagališta komunalnog otpada jedna su od temeljnih obveza Republike Hrvatske u području zaštite okoliša. Proces zatvaranja mnogobrojnih odlagališta otpada započeo je u svim županijama. U nekim slučajevima on je u završnim fazama tehničke i biološke rekultivacije. Stoga će se u radu analizirati metode i mogućnosti uspješnog završetka navedenog procesa radi sprječavanja negativnog utjecaja na sastavne dijelove okoliša i zdravlje ljudi.

U prvom dijelu rada prikazano je trenutno stanje vezano uz gospodarenje otpadom u našoj zemlji. Korištenjem pravnih propisa i strateških dokumenata iz navedenog područja objašnjeni su osnovni pojmovi i prikazani relevantni statistički podaci vezani uz otpad i gospodarenje istim. U ovom djelu je prikazana i podjela otpada prema mjestu nastanka i svojstvima kao i podjela odlagališta na temelju pravnog statusa i tehničke izvedbe (kvaliteta izgradnje). Problematika utjecaja odlagališta otpada na okoliš tema je drugog dijela rada te je u njemu detaljnije prikazan utjecaj navedenih na podzemne vode, zrak i zdravlje ljudi. U trećem dijelu detaljno su prikazane četiri faze izgradnje sanitarnih odlagališta otpada: izbor lokacije, projektiranje i gradnja odlagališta, upotreba odlagališta te zatvaranje i briga o odlagalištu nakon zatvaranja. Posebna pozornost posvećena je rekultivaciji odlagališta, a posebno dijelu koji se odnosi na biološku sanaciju, odnosno proces ozelenjavanja površine odlagališta otpada. Četvrti dio rada analizira štetne utjecaje nesanitarnih („divljih“) odlagališta otpada. Prikazane su dvije metode sanacije takvih odlagališta kojima se umanjuje njihov

štetan utjecaj na okoliš. U posljednjem dijelu rada, na primjeru odlagališta otpada „Jerovec“ - Ivanec, prikazano je idejno rješenje sanacije nesanitarnog odlagališta. Objašnjen je cjeloviti proces sanacije od odabrane metode do njene primjene, plana zatvaranja, rekultivacije (uključujući ozelenjavanje) i monitoringa.

2. GOSPODARENJE OTPADOM U REPUBLICI HRVATSKOJ

Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13) propisuje gospodarenje otpadom u Republici Hrvatskoj. „Navedenim Zakonom utvrđuju se mjere za sprječavanje ili smanjenje štetnog djelovanja otpada na ljudsko zdravlje i okoliš na način smanjenja količina otpada u nastanku i/ili proizvodnji te se uređuje gospodarenje otpadom bez uporabe rizičnih postupaka po ljudsko zdravlje i okoliš, uz korištenje vrijednih svojstava otpada“ (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode[1] - Otpad, 2016). Sukladno članku 4. stavku 1. alineji 35. Zakona o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13) „otpad je svaka tvar ili predmet koji posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti. Otpadom se smatra i svaki predmet i tvar čije su sakupljanje, prijevoz i obrada nužni u svrhu zaštite javnog interesa“. Na temelju članka 8. Zakona o otpadu (NN 178/04), koji je vrijedio do donošenja novog zakona, Hrvatski sabor je na sjednici 14. listopada 2005. donio Strategiju gospodarenja otpadom Republike Hrvatske (NN 130/05). Svrha Strategije bila je postavljanje okvira u kojem će Hrvatska smanjiti količinu otpada koji proizvodi, a održivo gospodariti otpadom koji je proizveden.

Sukladno navedenoj Strategiji (2005), sustav gospodarenja otpadom temelji se na konceptu I.V.O., odnosno izbjegavanju (smanjenje) nastanka otpada, vrjednovanju (oporaba) neizbježnog otpada te odlaganju (zbrinjavanje) ostatnog otpada. Izbjegavanjem (smanjenjem) nastanka otpada smanjuju se količina i opasna svojstva otpada pa samim time u iduću fazu gospodarenja otpadom odlazi manje ukupnog i opasnog otpada. Vrjednovanje (oporaba) neizbježnog otpada započinje odvojenim sakupljanjem različitih komponenti otpada (korisnih i opasnih), zatim se isti prevozi do mjesta iskorištavanja gdje će se iskoristiti materijalna i energetska svojstva otpada za proizvodnju sekundarnih sirovina i energije za ekonomsku i ekološku dobrobit. Završna faza odnosi se na odlaganje (zbrinjavanje) ostatnog otpada u kojoj se otpad odlaže na uređena kontrolirana odlagališta (sanirana postojeća ili nova); uključuje i sanaciju odlagališta.

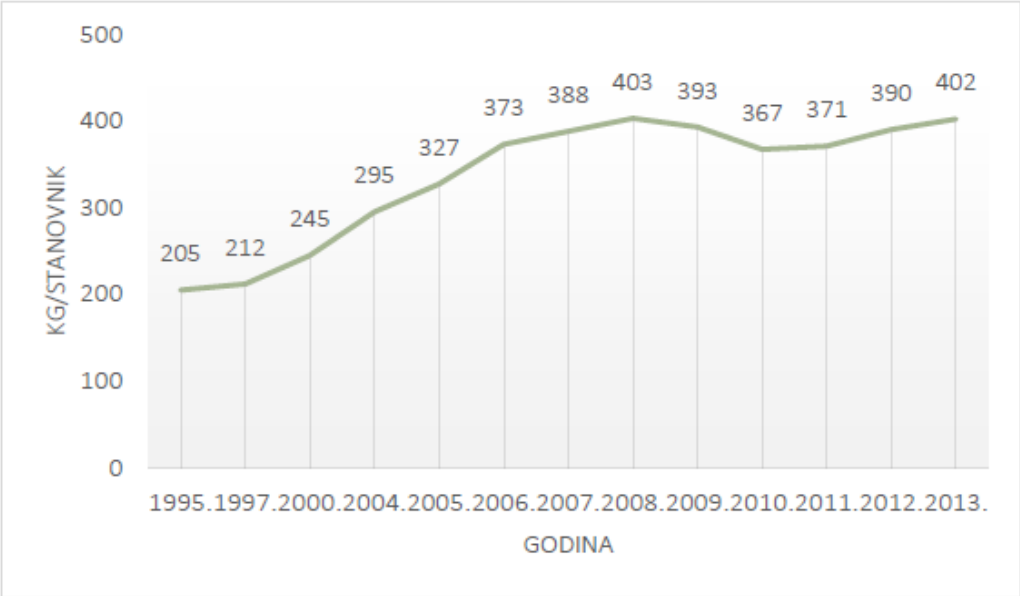
U okviru navedene Strategije (2005) otpad se dijeli s obzirom na mjesto nastanka i na svojstva koja posjeduje. Prema mjestu nastanka otpad dijelimo na komunalni i proizvodni otpad. Komunalni otpad jest otpad koji nastaje u kućanstvu te otpad koji je po prirodi i sastavu sličan otpadu iz kućanstva, osim proizvodnog otpada i otpada iz poljoprivrede i šumarstva (gotovo 50% težinskog udjela otpada na papir i organski otpad). Proizvodni otpad nastaje u proizvodnim procesima u gospodarstvu (proizvodnja kemikalija, proizvodnja hrane,

[1] U daljnjem tekstu: MZOIP

prerada nafte, obrada drva, građevinski otpad i slično.). Prema svojstvima otpad dijelimo na inertni i opasni otpad. Inertni otpad ne ugrožava okoliš jer sadrži malo tvari koje podliježu kemijskoj, fizikalnoj ili biološkoj razgradnji ili ih uopće ne sadržava. Opasni otpad sadrži tvari koje imaju jedno od sljedećih svojstava: eksplozivnost, reaktivnost, toksičnost, štetnost, nadražljivost, nagrizanje, mutagenost, kancerogenost, zapaljivost i slično. Ukoliko komunalni i proizvodni otpad imaju jedno od ovih svojstava tada se svrstavaju u opasni otpad.

2.1. Osnovni statistički pokazatelji

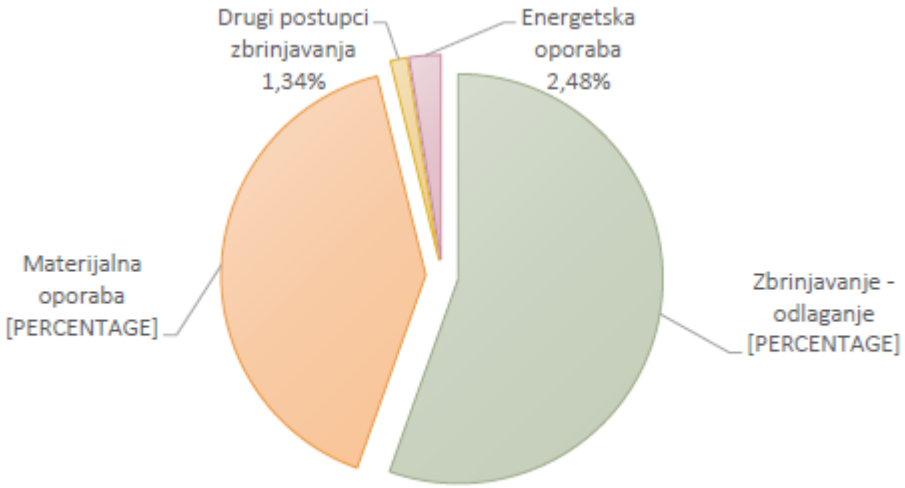
Rast količine proizvedenog komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj zaustavljen je 2008. godine, što se može pripisati gospodarskoj krizi. Međutim, od 2011. godine primjetan je blagi porast količine otpada promjenom metode izračuna tj., pribrajanja različitih vrsta komunalnog otpada iz uslužnih djelatnosti (otpadni papir, karton i ambalažni otpad). Agencija za zaštitu okoliša[2] iznijela je službene podatke za 2013. godinu prema kojima je ukupna količina proizvedenog komunalnog otpada iznosila 1 720 758 tona, od kojih je 76% činio miješani komunalni otpad što čini povećanje količine proizvedenog komunalnog otpada u iznosu od 4,6% u odnosu na 2011. godinu (MZOIP – Nacrt Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2015.-2021.[3], 2016 prema AZO, 2013).



Slika 1. Godišnje količine proizvedenog komunalnog otpada po stanovniku RH u razdoblju 1995.-2013. godine (izvor: MZOIP – Plan gospodarenja otpadom RH, 2016 prema AZO, 2013)

[2] U daljnjem tekstu: AZO
[3] U daljnjem tekstu: Plan gospodarenja otpadom RH

Prijavljeno je odlaganje 1 413 113 tona, odnosno 82% ukupne količine proizvedenog komunalnog otpada, što čini smanjenje za gotovo 12 % u odnosu na 2010 godinu. Na oporabu se odnosi 15 % otpada, a 3 % na otpad koji je privremeno uskladišten. U 2013. godini prijavljeno je 1 441 213 tona proizvodnog otpada od čega 1 377 848 tona neopasnog otpada. Velika većina neopasnog proizvodnog otpada u iznosu od 52% se odnosi na oporabu, 21% otpada je izvezeno iz Republike Hrvatske, 18 % se odnosi na zbrinjavanje, dok se ostatak od 9% privremeno skladišti. Količina od 63 365 tona opasnog proizvodnog otpada se gotovo u jednakoj mjeri oporabljuje, zbrinjava i izvozi iz Republike Hrvatske, dok se najmanji dio odnosi na privremeno uskladištene količine opasnog proizvodnog otpada. U konačnici dolazimo do iznosa od 3 445 549 tona proizvodnog i komunalnog otpada, od čega 250 000 tona uvezenog otpada, koji su obrađeni u 2013. godini prema podacima oporabitelja i zbrinjavatelja otpada. Od ukupne količine otpada najzastupljeniji prijavljeni način obrade otpada kojim se obradilo 55,5 % otpada je zbrinjavanje otpada odlaganjem, dok se 43 % ukupne količine otpada odnosi na njegovu oporabu (2,5%) (MZOIP – Plan gospodarenja otpadom RH, 2016 prema AZO, 2013).



Slika 2. Udio postotaka oporabe/zbrinjavanja u 2013. godini prema prijavama obrađivača otpada (izvor: MZOIP – Plan gospodarenja otpadom RH, 2016 prema AZO, 2013)

2.2. Odlagališta otpada u Republici Hrvatskoj

Sukladno članku 4. stavku 1. alineji 31. Zakona o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13) „odlagalište otpada je građevina namijenjena odlaganju otpada na površinu ili pod zemlju (podzemno odlagalište)“. Odlagališta otpada mogu se podijeliti u različite kategorije sukladno njihovu pravnom statusu, veličini i vrsti otpada koja se odlaže, stanju aktivnosti, načinu na koji odlagalište utječe na okoliš te razini opremljenosti. Barčić i Ivančić (2010 prema Schaller i Subašić, 2004; Fundurulja i Mužinić, 2004) aktivna odlagališta otpada na temelju pravnog statusa (koji uključuje posjedovanje lokacijske, građevinske i uporabne dozvole) razvrstavaju u pet kategorija: legalna, službena, odobrena, dogovorna i „divlja“ odlagališta.

Legalna uređena odlagališta otpada su građevine na kojima se trajno odlaže otpad, koje su sagrađene u skladu s važećim propisima, predviđene su prostorno-planskim dokumentima, mogu raditi samo uz odobrenje nadležnog tijela uz provedenu procjenu o utjecaju na okoliš te su za njih potrebne ishođene dozvole. Postoje tri različita tipa legalnih odlagališta otpada: uređena odlagališta koja posjeduju sve tri dozvole (potpuno legalizirana), odlagališta koja imaju barem jednu dozvolu i u procesu su ishođenja preostalih dozvola te odlagališta koja nemaju niti jednu dozvolu, ali je započeo postupak ishođenja lokacijske dozvole.

Službena odlagališta otpada su velika odlagališta na kojima komunalna poduzeća ili koncesionari organizirano i redovito dopremaju i odlažu komunalni otpad uz odobrenje nadležnog tijela lokalne uprave i samouprave. Nemaju niti jednu potrebnu dozvolu, ne postoji uređena građevina za odlaganje otpada te postoji samo djelomičan nadzor i djelomično se provode mjere zaštite okoliša. Ova kategorija odlagališta predviđena je dokumentima prostornog uređenja.

Odobrena odlagališta otpada nisu predviđena dokumentima prostornog uređenja i ne postoji uređena građevina za odlaganje otpada. Za njih je također potrebno odobrenje nadležnog tijela lokalne samouprave. Na ovaj tip odlagališta otpada odlažu manji koncesionari ili sami proizvođači otpada.

Dogovorna odlagališta na raspolaganju nemaju niti jednu od potrebnih dozvola, a djeluju uz znanje ili u dogovoru s nadležnim tijelima. Većinom su to manji neuređeni prostori gdje se povremeno otpad poravnava i prekriva inertnim otpadom. Ne postoji organizirani dovoz otpada službenih osoba.

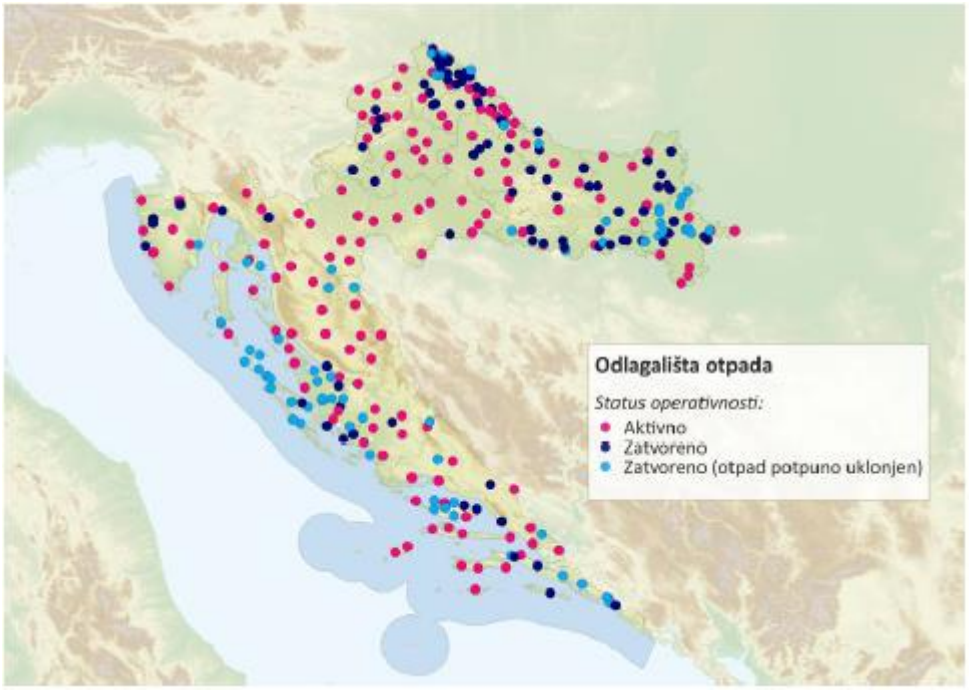
„Divlja“ odlagališta otpada odnose se na prostore koji nisu predviđeni za odlaganje otpada, a najčešće ih formiraju građani bez znanja nadležnih tijela. Na ovakvim odlagalištima ne postoje mjere zaštite i nadzora.

Nadalje, prema kvaliteti izgradnje, odlagališta otpada možemo podijeliti na sanitarna i nesanitarna odlagališta otpada. Sanitarna odlagališta otpada ne ugrožavaju okoliš, imaju svu potrebnu dokumentaciju, izvedena su prema važećim propisima i zakonima. U ovu kategoriju se ubrajaju i ispravno sanirana nesanitarna odlagališta otpada. Nesanitarna odlagališta otpada („smetlišta“) ugrožavaju okoliš, nemaju svu potrebnu dokumentaciju i nisu izvedena prema važećim propisima i zakonima. U ovu kategoriju ulaze sva neuređena („divlja“) odlagališta te odlagališta koja su započeta kao sanitarna, ali je u određenom trenutku došlo do problema i sada zahtijevaju sanaciju (Rudarsko-geološko-naftni fakultet[4] – Površinska odlagališta otpada, 2016).

2.3. Lokacije onečišćene otpadom u Republici Hrvatskoj

Lokacije onečišćene otpadom obuhvaćaju sve lokacije na kojima se nalaze određene količine obrađenog i/ili neobrađenog otpada i nisu usklađene prema odredbama važećih zakonskih propisa. Razlikuju se: postojeća odlagališta inertnog otpada gdje postojeće stanje nije usklađeno s odredbama nacionalnog i europskog zakonodavstva, „divlja odlagališta“ i lokacije visokog rizika onečišćene proizvodnim otpadom tzv. „crne točke“.

[4] U daljnjem tekstu: RGN



Slika 3. Prikaz odlagališta otpada u RH prema statusu operativnosti u 2015. godini (izvor: MZOIP-Plan gospodarenja otpadom RH, 2016 prema AZO, 2015)

Prema podacima AZO početkom 2015. godine evidentirano je ukupno 310 lokacija odlagališta otpada od kojih je aktivno bilo 140 odlagališta. Ostala odlagališta otpada ili su zatvorena ili su u postupku sanacije ili zatvaranja. Treba napomenuti da su trgovačka društva i javne ustanove zaduženi za upravljanje odlagalištima otpada uz sakupljanje i gospodarenje samim otpadom na području jedinica lokalne samouprave (MZOIP – Plan gospodarenja otpadom RH, 2016, prema AZO, 2015). „Divlja“ odlagališta otpada predstavljaju lokacije gdje fizičke ili pravne osobe odbacuju otpad često i nakon provedene sanacije što je rezultat nedosljednog provođenja zakonskih propisa. Usvajanjem Plana gospodarenja otpadom za razdoblje od 2007. do 2015. godine (NN 85/2007, 126/2010 i 31/2011) jedinice lokalne samouprave su uz pomoć Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost[5] provele su sanaciju nekoliko stotina lokacija na kojima je bio odbačen otpad. Međutim, najveći problem predstavljaju „crne točke“ koje predstavljaju opasnost za okoliš i ljudsko zdravlje, a nastale su neprimjerenim gospodarenjem proizvodnim otpadom. Takve lokacije se saniraju sredstvima FZOEU koji ujedno provodi i nadzor sanacije ovisno o vlasničkoj strukturi same lokacije. Prestankom odlaganja otpada od 31.12.2018. godine potrebno je preusmjeriti otpad sa nesaniranih odlagališta kako bi se provela sanacija i njihovo zatvaranje na opremljena i usklađena odlagališta sa većim kapacitetima. Ukoliko će nakon navedenog datuma postojeća

[5] U daljnjem tekstu: FZOEU

odlagališta neopasnog otpada biti sanirana i usklađena, sukladno nacionalnoj i europskoj regulativi, nastavit će sa daljnjim radom i prihvatom miješanog komunalnog otpada. Nakon toga, sa svojim radom kreće postrojenje za energetsku oporabu poslije kojeg se odlagališta zatvaraju ili će se na preostalim dijelovima odlagališta početi zbrinjavati inertni otpad. Također je potrebno sanirati i zatvoriti preostala odlagališta otpada koja ne ispunjavaju uvjete za nastavak rada prema propisu koji regulira načine i uvjete odlaganja otpada i rada odlagališta te čiji rad nije opravdan potrebama jedinice lokalne samouprave (MZOIP – Plan gospodarenja otpadom RH, 2016).

3. UTJECAJ ODLAGALIŠTA OTPADA NA OKOLIŠ

Otpad koji se odlaže na neuređena i nekontrolirana odlagališta otpada može imati veliki utjecaj na kakvoću zraka zbog emisije metana, ali i utjecaj na tlo i podzemne vode zbog teških metala u podzemnim vodama (Barčić i Ivančić 2010 prema Barčić i sur., 2005). Veliki utjecaj na okoliš ima i način odlaganja otpada na odlagališta. U većini slučajeva ogromne količine komunalnog otpada se odlažu na prepune deponije ili se nelegalno odlažu na divlja odlagališta. Kroz određeno vrijeme na odlagalištima otpada taj se otpad neutralizira, razgradi i mineralizira, a pritom se odvijaju brojni procesi razgradnje (kemijski, fizikalni i mikrobiološki) te se oslobađa vodena para, različiti plinovi i toplina. Intenzitet tih procesa ovisi o nekoliko čimbenika, a najvažniji su: sadržaj vlage, udio i vrsta organskih tvari, način odlaganja otpada, gradnja odlagališta te klimatski utjecaji (Barčić i Ivančić, 2010 prema Milanović, 1992). Ovisno o starosti odlagališta i sastavu eluata postoji pet faza razgradnje otpada od samog početka odlaganja pa do njegove stabilizacije: prva aerobna, fermentativna, acetogeneza, metanogeneza i druga aerobna faza (Slika 4.). Pojedini slojevi otpada mogu biti u različitim fazama razgradnje jer se otpad na pojedina polja odlaže mjesecima ili godinama (Oreščanin, 2014 prema Ruk, 2012).

Karakteristike faza	Faza razgradnje				
	1. aerobna	fermentativna	acetogeneza	metanogeneza	2. aerobna
Trajanje	dani/tjedni	tjedni	mjeseci	godine	neodređeno
Temperatura	vrlo visoka	visoka	srednja	srednja	okolišna
pH	blago kiselo	kiselo	vrlo kiselo	neutralno	neutralno
Tip procesa	aerobni	anaerobni	anaerobni	anaerobni	aerobni
Produkti razgradnje	CO_2	org. kiseline	acetat	metan	CO_2

Slika 4. Tablica faza razgradnje otpada (izvor: Oreščanin, 2014 prema Ruk, 2012)

U današnje vrijeme razvojem industrijalizacije i urbanizacije dolazi do sve većih problema sa sakupljanjem i zbrinjavanjem otpada. Otpad koji se odlaže na nekontrolirana i divlja odlagališta predstavlja najveću opasnost za zdravlje ljudi i čovjekov okoliš jer može uzrokovati zagađenja površinskih i podzemnih voda. Postoje izravne i neizravne opasnosti za čovjeka i okoliš. Izravne opasnosti uključuju širenja plinova i toksičnih tvari, bakterija, plijesni, virusa te opasnost od nastanka požara uslijed deponijskih plinova. Neizravne opasnosti su neugodni mirisi, prašina, pojava glodavaca, ptica i različitih kukaca. Zbog svega navedenog od izrazite je važnosti poznavati različite postupke koji nam omogućuju pravilno

planiranje, projektiranje, izgradnju i eksploataciju deponija uz kontrolu utjecaja na okoliš. Poznavanjem navedenih postupaka povećavamo sigurnost od negativnog utjecaja na okoliš. Prema tome, sva nekontrolirana i neuređena odlagališta otpada potrebno je najprije sanirati te kasnije napustiti ili nakon same sanacije omogućiti daljnje odlaganje otpada na takvom saniranom odlagalištu. Sve je izraženija tendencija stvaranja modela sanitarnog odlagališta otpada u kojem cilj nije samo stvoriti mjesto gdje će se otpad odlagati, nego i koristiti otpad kao sekundarnu sirovinu, čime bi se, uslijed recikliranja, tj. odvajanja otpada na mjestu njegova nastanka, stvorila i veća ekonomska korist. Prilikom izgradnje odlagališta otpada potrebno je provesti niz preventivnih mjera kako ne bi došlo do narušavanja prirodne ravnoteže u okolišu što se najviše odnosi na problematiku voda, a pritom se misli na zaštitu od štetnog djelovanja, odnosno zaštitu vode od zagađenja. Procjedne vode i stvaranje deponijskih plinova su osnovni problemi koji se pojavljuju na odlagalištima otpada (Barčić i Ivančić, 2010).

3.1. Procjedne vode

Procjedne vode su koloidne otopine smeđe do crne boje koje nastaju cirkulacijom oborinske vode kroz tijelo odlagališta i različitim biokemijskim procesima tijekom razgradnje otpada (Oreščanin, 2014 prema Oreščanin i sur., 2011). Imaju vrlo neugodan miris, visoke su vodljivosti sa više od 70 % udjela organske tvari, sadrže velike količine amonijaka i povišene vrijednosti teških metala. Sve navedeno nam ukazuje da su procjedne vode, zbog heterogenosti okoliša u kojem se nalaze te različitih biokemijskih procesa, medij u kojem se mogu nalaziti brojne tvari koje mogu imati štetan utjecaj na ljudsko zdravlje i okoliš (Oreščanin, 2014). Količina procjednih voda u odlagalištu ovisi o: karakteristikama odloženog otpada, prvenstveno primarni sadržaj vlage, makroklimatskim i mikroklimatskim osobinama lokacije, lokalnim hidrološkim i hidrogeološkim uvjetima terena, stupnju uređenja odlagališta te tehnologiji zbrinjavanja i manipulacije otpadom. Također, količina procjednih voda ovisi i o stupnju uređenosti i fazi korištenja odlagališta jer će o navedenom ovisiti koja će količina oborina ući u masu otpada (Oreščanin, 2014 prema Ruk, 2012).

Kako bi se provela zaštita od negativnog utjecaja procjednih voda potrebno je pročistiti filtrat prije nego se upusti u podzemne vode, a navedeno se može odvijati na dva načina. Filtrat se može upuštati u podzemne vode putem zona aeracije (prirodno pročišćavanje) ili se može upuštati u dublje hidrogeološke slojeve preko upojnih bunara (ukoliko postoje povoljni/zadovoljavajući uvjeti). Kod izgradnje odlagališta potrebno je voditi

računa da se ono locira na nepropusnu geološku podlogu kako ne bi došlo do zagađenja podzemnih voda. Ukoliko je podloga propusna, potrebno je izgraditi umjetnu zaštitu kako bi se spriječilo dotjecanje bočnih voda sa zonom deponiranja uz drenažni sustav koji bi prirodno pročišćavao filtrat preko zone aeracije (Barčić i Ivančić, 2010).

3.2. Zrak

Razgradnjom organskih tvari na odlagalištima otpada nastaje deponijski plin ili bioplin. Čimbenici koji utječu na količinu nastalih plinova u odlagalištu su: sastav otpada, temperatura, pH vrijednost i sadržaj vlage u tijelu odlagališta. Procesi truljenja i razgradnje otpada traju stotinama godina. U aerobnoj fazi razgradnje nastaju kisik (O_2), dušik (N_2) i najveće količina ugljikova dioksida (CO_2). U anaerobnim uvjetima nastaju najveće količine metana (CH_4), a nešto manje ugljikova dioksida. Razlika između ta dva plina je u tome što ugljikov dioksid pada na dno, topi se u vodi te povećava korozivnost i kiselost podzemnih voda, dok je metan plin bez boje i mirisa, slabo se otapa u vodi, a u koncentracijama od 5 do 15 % u kombinaciju sa zrakom stvara eksplozivnu kombinaciju. Dodatni problem nastajanja plinova je i širenje neugodnih mirisa koji su uzrokovani sumporovodicima (H_2S) te hlapivim organskim spojevima poput merkaptana. Sakupljanjem i spaljivanjem plinova miris se može neutralizirati. Izgradnja glinenih barijera i odzračnih okna predstavlja najčešću tehniku kontrole puteva plina.

Kako bi se izbjegle ekološke nesreće na odlagalištima otpada potrebno je provesti kontrolirano otplinjavanje. Ono se provodi ugrađivanjem okomitih šljunčanih kanala promjera 100 cm na međusobnoj udaljenosti od oko 40m. Zatim se betonske, izbušene cijevi postavljaju okomito u tijelo odlagališta i ispunjavaju batudom. Kada se oko cijevi otpad zapuni tada na se na njih nadodaju nove cijevi. Na taj način dobivamo ventilacijski kanal koji raste zajedno sa visinom odlagališta. Kada se zatvori odlagalište potrebno je u šljunčane kanale ugraditi perforiranu HDPE cijev promjera 100 nm (Barčić i Ivančić, 2010 prema Milanović, 1992).

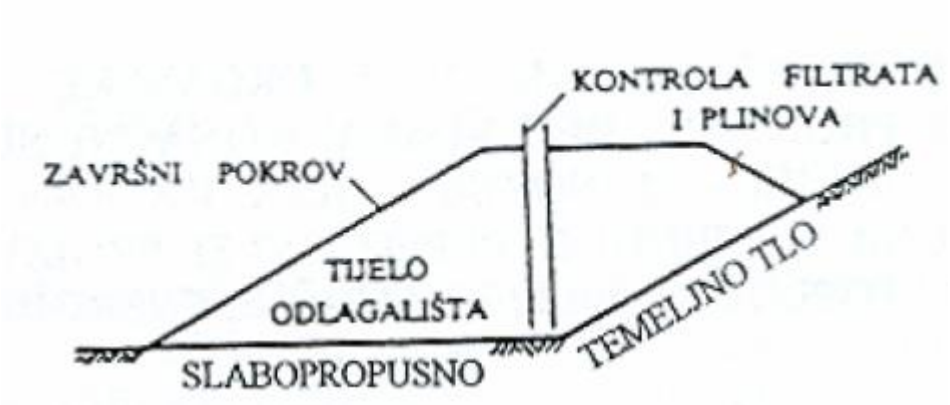
3.3. Zdravlje ljudi

Zdravlje ljudi je u izravnom odnosu sa okolišem. Otpad predstavlja veliku opasnost za zdravlje ljudi i životinja jer je onečišćen raznim toksinima, kemikalijama i mikroorganizmima. Čovjek može biti izložen izravnim kontaktom, neizravnim kontaktom te

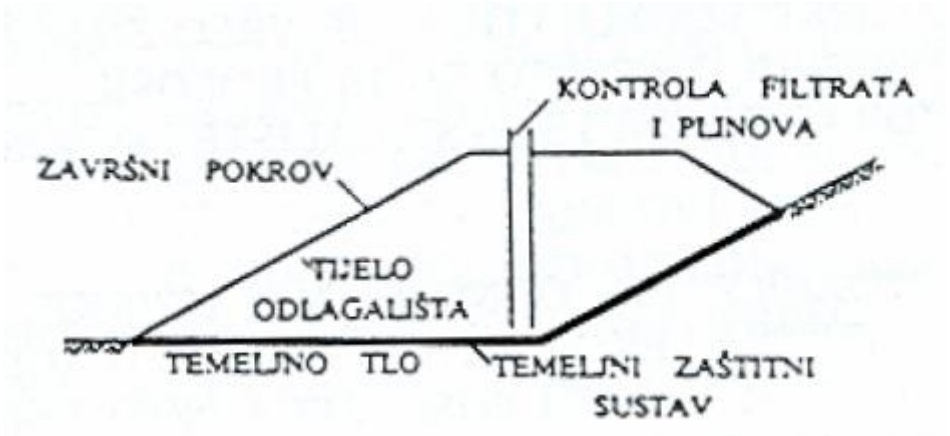
dišnim putovima. Jedan od većih problema nesanitarno odloženog otpada („divlja“ odlagališta) je njegova pristupačnost divljim i domaćim životinjama koje taj otpad razbacuju te prenose bolesti na druge životinje i ljude (Kalambura i Racz, 2015) .

4. FAZE IZGRADNJE SANITARNIH ODLAGALIŠTA OTPADA

Već je ranije navedeno da sanitarna odlagališta otpada ne ugrožavaju okoliš, a kako bi se to omogućilo potrebno je nadzirati proces odlaganja otpada. Sanitarna odlagališta predstavljaju objekte koji su opremljeni za trajno, kontrolirano, organizirano i sigurno odlaganje otpada. Razlikujemo dva pristupa u projektiranju i izvođenju sanitarnih odlagališta: poluzatvoreno (Slika 5.) i zatvoreno (Slika 6.) odlagalište otpada. Na poluzatvoreno odlagalište otpad se odlaže izravno na slabopropusne temeljne naslage koje imaju dovoljan kapacitet prigušenja tj, smanjenja koncentracije onečišćivala u tlu na prihvatljivu razinu. Ne izvodi se temeljni zaštitni sustav tj. brtveni sloj već se samo s gornje strane postavi završni pokrov.



Slika 5. Shema poluzatvorenog odlagališta otpada (izvor: Građevinski fakultet, 2016)



Slika 6. Shema zatvorenog odlagališta otpada (izvor: Građevinski fakultet, 2016)

Na zatvoreno odlagalište potrebno je ugraditi slabopropusni temeljni zaštitni sustav kako ne bi došlo do prodiranja procjedne vode u temeljno tlo, te završni pokrov. Ugradnja takvog sustava je obavezna ukoliko je riječ o odlagalištu za opasni otpad. Završni pokrov ima zadaću da po završetku odlaganja otpada spriječi prodor oborinskih voda u otpad odnosno kako bi omogućio njihovu odvodnju (Građevinski fakultet, 2016).

Prilikom izgradnje sanitarnog odlagališta komunalnog otpada potrebno je istaknuti najvažnije faze: (1) izbor lokacije, (2) projektiranje i gradnja odlagališta, (3) upotreba odlagališta, (4) zatvaranje i briga o odlagalištu nakon zatvaranja (Građevinski fakultet, 2016).

4.1. Izbor lokacije

Pri projektiranju novog sanitarnog odlagališta otpada prvi i najvažniji korak predstavlja odabir lokacije. Lokaciju je potrebno odabrati uz sudjelovanje stanovnika i korisnika prostora uz odlagalište. Treba težiti ravnoteži između ekonomskih, društvenih i ekoloških interesa na prostoru kako bi se ostvarili dugoročni ciljevi. Kako bi se izbor lokacije mogao provesti, vrlo je važno temeljito analizirati probleme vezane uz lokaciju, a za sve potencijalne lokacije potrebno je utvrditi međusobne razlike detaljnim istraživanjima i analizama. Zbog velikih troškova i dugotrajnosti taj se proces većinom ne provodi što rezultira sukobom između stanovništva i donositelja odluke pa se projekt često ne realizira. Takvi problemi se mogu riješiti pravilnom primjenom sustavske analize. Sustavskim pristupom primjenjujemo prihvatljivu metodu kojom se izabire *najbolja kompromisna lokacija* prema karakteristikama sustava, raspoloživim podacima, postavljenim kriterijima i ograničenjima. Metodologija izbora lokacija za sanitarno odlagalište predstavlja kombinaciju političko-ekonomskih i tehničko-tehnološko-ekoloških aktivnosti vezanih za prostor koji koriste stanovnici za koje se traži prikladno rješenje odlaganja otpada (Margeta i Prskalo, 2006).

Rad na izboru nove lokacije provodi se na terenu i u uredu, a odvija se u tri faze. U prvoj fazi potrebno je pronaći sve moguće makrolokacije, u drugoj slijedi razrada povoljnih lokacija, a u posljednjoj fazi se vrednuju lokacije i odabire se ona koja je najpovoljnija. Kod odabira lokacije važno je voditi računa o tome da ne dolazi do negativnog utjecaja na okoliš, a ukoliko se isti javljaju, moraju biti u granicama koje dozvoljavaju zakonski propisi. Potrebno je zadovoljiti glavne uvjete kao što su: zaštita površinskih i podzemnih voda, zaštita zraka,

zaštita tla, zaštita flore i faune, zaštita od buke i prašine te zaštita od požara. Prije projektiranja odlagališta izrađuje se studija utjecaja na okoliš koja nam daje uvid u postojeće stanje lokacije s pozitivnim i negativnim faktorima. Posebno treba obratiti pozornost na utjecaj rada odlagališta na okoliš (buka, prašina, štetočine), opasni otpad, utjecaj na površinske i podzemne vode, utjecaj na zagađenje zraka, estetske uvjete, iskorištavanje energije, sprječavanje pojave zaraze, zaštitu kod istovara otpada, iskorištavanje odlagališta nakon zatvaranja za rekreaciju te odgovornost organizacija za pravilan rad sanitarnog odlagališta. Razradom ovih elemenata dolazi se do rezultata koji nam omogućuju analizu pojedinih lokaliteta (Jahić i sur., 2000-2001).

Sukladno Prilogu I. Pravilnika o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 114/15) lokacija odlagališta otpada mora biti udaljena najmanje 500 m od naselja gdje stalno borave ljudi. Lokacija odlagališta otpada nije dozvoljena: (1) u zoni sanitarne zaštite izvorišta vode namijenjene za ljudsku potrošnju, (2) u utjecajnom području izvorišta voda namijenjenih za ljudsku potrošnju koje se stavljaju na tržište kao proizvod (prirodne izvorske i mineralne vode), (3) u području pod utjecajem poplava, ako lokacija nije zaštićena odgovarajućim vodnim građevinama za zaštitu od štetnog djelovanja vode, (4) u području s nejednakim geotehničkim svojstvima koji ugrožavaju odlagalište, ako takve opasnosti nije moguće spriječiti tehničkim mjerama, (5) u području ugroženom od klizišta, erozija i bujica, ako taj utjecaj nije moguće spriječiti tehničkim mjerama i (6) u blizini zone utjecaja na prirodnu ili kulturnu baštinu.

4.2. Projektiranje i gradnja odlagališta

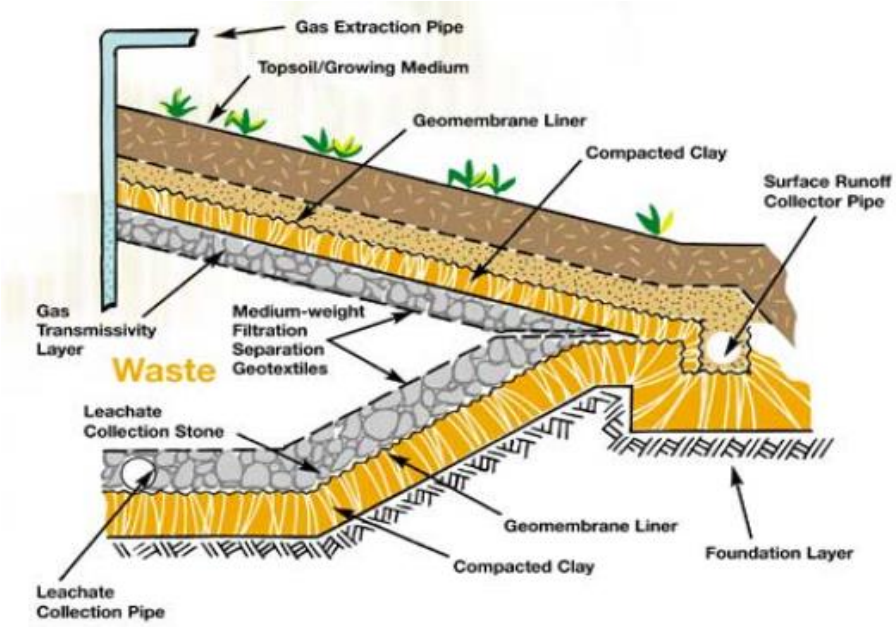
4.2.1. Istražni radovi

U današnje vrijeme razlikujemo pojmove aktivne i pasivne zaštite od štetnog djelovanja otpada u odlagalištima. Pasivna zaštita se izvodi temeljnim zaštitnim sustavom, pokrovnim sustavom i bočnim zaštitama. Za razliku od pasivne zaštite, pojam aktivne zaštite je složeniji, a odnosi se na ciljani i programirani utjecaj na uzroke stvaranja tekućina u otpadu raznim postupcima kojima se nastoji neutralizirati ili smanjiti toksičnost otpada. Odlagališta pasivne zaštite su češće u upotrebi, poglavito ona zatvorenog tipa. Prilikom projektiranja odlagališta važno je upoznati značajke temeljnog tla odlagališta i otpada što se ostvaruje geološkim, geotehničkim i hidrogeološkim istražnim radovima (Građevinski fakultet, 2016). Istražnim radovima na terenu dolazimo do podataka o tlu koji su nam potrebni kako bismo

utvrdili vrste tla na različitim dubinama, njihovo prostiranje te kako bismo ocijenili osobine tla. Detaljna istraživanja terena su vrlo skupa pa je zato potrebno pronaći uravnotežen odnos između opsega istraživanja i ekonomičnosti. Ispitivanja se mogu podijeliti u tri glavne skupine: prethodna ispitivanja, bušenje i vađenje uzoraka te mjerenje osobina tla *in-situ*. Prethodna ispitivanja obuhvaćaju pregled terena prikupljanjem i proučavanjem postojećih podataka. Najčešće se ti podaci odnose na geološke prilike, podzemne vode, geotehnički katastar, podatke o lokacijama susjednih područja te ostale informacije koje nam služe za uvid u stanje i probleme na određenoj lokaciji. Kako ne bi došlo do zagađenja podzemnih tokova te ukoliko želimo zaštititi odlagalište od poplavljivanja, vrlo je važno provesti mjerenja razine podzemne vode. Takva mjerenja se izvode pomoću piezometara, odnosno uređaja za promatranje razine ili tlaka podzemne vode kroz duži vremenski period. Nakon navedenih radnji slijedi bušenje tla i vađenje uzoraka koji se prosljeđuju u laboratorij na ispitivanje. Mjerenje osobina tla *in-situ* predstavlja posljednji korak istražnih radova. Ta ispitivanja nam otkrivaju osobine tla i nadopunjuju podatke o uzorcima koje smo dobili u laboratoriju (Nonveiller, 1979).

4.2.2. Gradnja odlagališta otpada

Glavni elementi sanitarnog odlagališta su: (1) temeljno tlo, (2) temeljni zaštitni sustav, (3) tijelo odlagališta, (4) završni pokrov i (5) sustav za otplinjavanje (Građevniski fakultet, 2016).



Slika 7. Elementi sanitarnog odlagališta otpada (izvor: Građevinski fakultet, 2016)

4.2.2.1. Temeljno tlo

Temeljno tlo (geološka podloga) mora imati veliku sposobnost zadržavanja tj. vodonepropusnosti kako bi se spriječila kontaminacija tla i podzemnih voda. U slučaju da je geološka podloga previše propusna, potrebno je pristupiti izradi umjetnih brtvenih slojeva kako bi ispunili uvjet vodonepropusnosti. Geološka podloga mora biti dovoljno stabilna kako ne bi došlo do slijeganja koje bi moglo oštetiti umjetni brtveni sloj. Dno odlagališta mora biti na najmanje 1 metar od najviše moguće razine podzemne vode (Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada, NN 114/15). Ukoliko je riječ o poluzatvorenom odlagalištu, tada slabopropusne temeljne naslage određene debljine imaju ulogu temeljnog zaštitnog sustava. Kod odlagališta otpada zatvorenog tipa temeljno tlo predstavlja podlogu na kojoj se gradi temeljni zaštitni sustav (Građevinski fakultet, 2016).

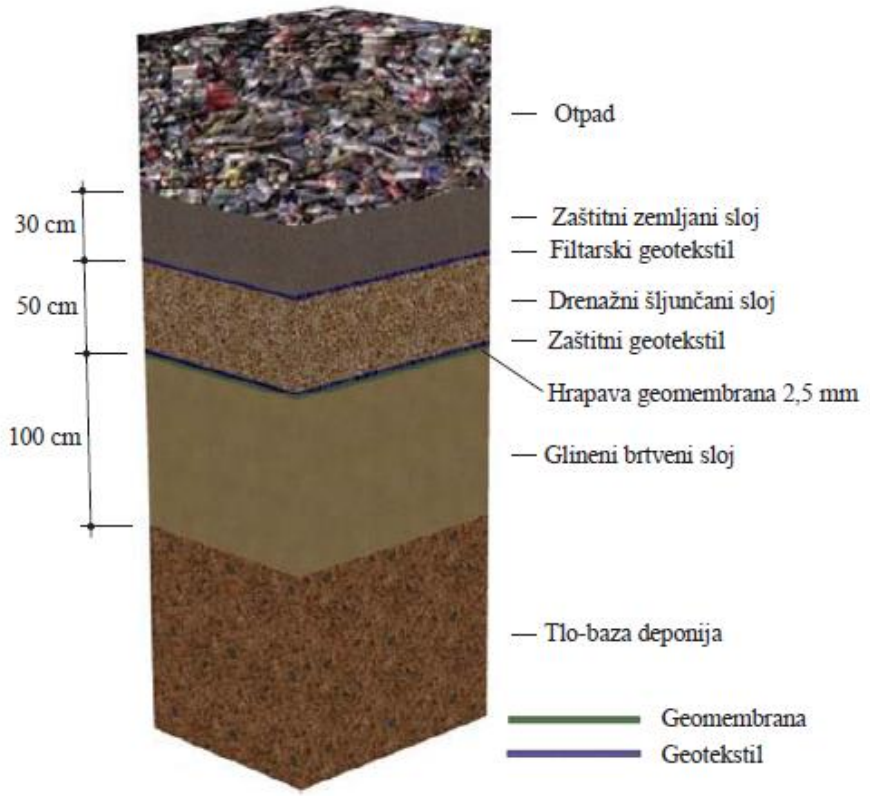
4.2.2.2. Temeljni zaštitni sustav

Temeljni zaštitni sustav postavlja se neposredno iznad geološke podloge. Njegova funkcija je sprječavanje nekontroliranog otjecanja filtrata iz otpada u temeljno tlo, odnosno podzemne vode. Dva osnovna elementa temeljnog zaštitnog sustava su temeljni brtveni sustav (brtveni slojevi) i drenažni sustav.

Temeljni brtveni sustav mora biti otporan na mehaničke, kemijske, hidrauličke i biološke utjecaje te dovoljno nepropustan kako bi ostvario svoju funkciju. Danas su u uporabi razni brtveni sustavi kao što su na primjer: glineni slojevi, složeni brtveni sustavi (kombinacija gline i geomembrana), geosintetički bentonitni tepisi, mineralni slojevi (obogaćeni glinom ili bentonitom), asfaltne barijere i slično. Međutim, osim što se brtveni slojevi mogu razlikovati po sastavu (mineralni ili umjetni), oni se mogu razlikovati i po broju i debljini sastavnih slojeva. Za izvedbu brtvenih slojeva najčešće se upotrebljava glineni materijal. Glina kao prirodni materijal ima vrlo dobra geotehnička, fizikalna i mehanička svojstva, dobro podnosi oštećenja i regenerira se, te je često povoljnija (jeftinija) u odnosu na druge materijale. Polaganjem geomembrane, tj. sintetičke folije debljine 2-3 milimetra na glineni sloj, izvodimo složene brtvene sustave. Na taj način se uz dvostruku zaštitu povećava nepropusnost brtvenog sloja. Geosintetički bentonitni tepisi sastoje se od tankog suhog sloja bentonitnog praha koji se nalaze između dva sloja geotekstila ili slojeva geotekstila i geomembrane.

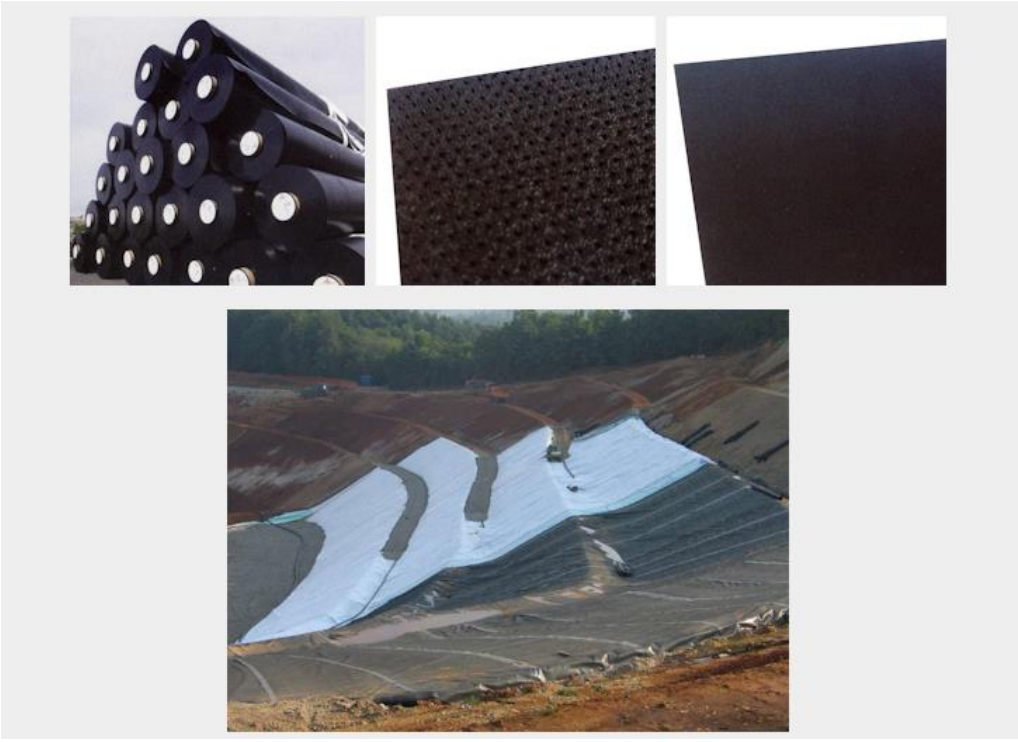
Drenažni sustav prikuplja i odvodi filtrat iz tijela odlagališta, a sastoji se od drenažnog sloja, filtarskog sloja te drenažnih cijevi. Prilikom izrade drenažnog sloja koriste se šljunak i krupni pijesak. Filtarski sloj procjeđuje filtrat iz tijela odlagališta prema drenažnom sloju. On ujedno i smanjuje mogućnost začepljenja drenažnog sloja jer sprječava prolazak sitnih čestica iz otpada u drenažni sloj. Najčešće se primjenjuju filtri od zrnatog materijala ili geosintetski filtri. U drenažni sloj polažu se drenažne cijevi u nagibu prema sabirnom mjestu te se oblažu filtarskim materijalom. Za dobar drenažni sustav najvažnije je da je dovoljno čvrst da izdrži opterećenja i naprezanja, da je otporan na agresivnu okolinu u kojoj se nalazi i da omogućuje kontrolu i održavanje nakon zatvaranja odlagališta (Građevinski fakultet, 2016). Također je važno napomenuti da temeljni zaštitni sustav osim nepropusnih slojeva sadrži i propusne slojeve. Pritom nepropusni slojevi sprječavaju prodor filtrata prema temeljnom tlu odnosno daljnjem protoku prema podzemnim vodama dok propusni slojevi imaju ulogu u prikupljanju i odvodnji filtrata.

U daljnjem tekstu prikazat će se detaljna izgradnja temeljnog zaštitnog sustava (Slika 8.) na odlagalištu otpada.



Slika 8. Temeljni zaštitni sustav sanitarnog odlagališta otpada (izvor: M. Hrnčić i N. Hrnčić, 2011)

Na temeljno tlo ugrađuje se i zbija zemljana ispuna koja predstavlja materijal za izgradnju obodnog nasipa. Kako bi se teren povisio na projektiranu razinu, zemljana ispuna se postavlja neposredno ispod glinenog brtvenog sloja. Ona se rasprostire u horizontalne slojeve jednake debljine koji se najčešće zbijaju vibracijskim valjcima na suhu gustoću u iznosu od najmanje 95% maksimalne suhe gustoće. Materijal koji se koristi mora biti neorganski, čvrst i trajan. Prije ugradnje glinenog brtvenog sloja potrebno je ispitati tlo koje mora zadovoljiti određene kriterije. Debljina sloja gline mora iznositi najmanje 1 metar kako bi se umanjila mogućnost prodiranja procjednih voda u podzemlje. Prije same ugradnje glinu je potrebno očistiti od raznih organskih i neorganskih materijala. Glineni brtveni sloj mora postići zadovoljavajuću razinu čvrstoće i zbijenosti te mora biti kompaktan bez ikakvih izbočenja i udubina. Nakon toga provodi se kontrola kvalitete materijala i izvedenih radova vizualno i laboratorijskim ispitivanjima. Na glineni brtveni sloj postavlja se hrapava geomembrana koja je napravljena od sintetičkog materijala, slabo je propusna i služi kao barijera za kontrolu migracije fluida. Prilikom izrade donjeg brtvenog sustava koristi se fleksibilna geomembrana, hrapava sa obje strane, debljine 2,5 milimetra. Zatim se prekriva zaštitnim geotekstilom i drenažnim materijalom za skupljanje procjednih voda. Prije postavljanja sloja zaštitnog geotekstila važno je provesti ispitivanje kontaktnog trenja između geomembrane i gline (M. Hrnčić i N. Hrnčić, 2011).



Slika 9. Različiti tipovi i prikaz geomembrana na odlagalištu otpada (izvor: Geotekstili, 2016)

Zaštitni geotekstil postavlja se na geomembranu i tako je zaštićuje od mehaničkih oštećenja koja se mogu pojaviti tijekom ugradnje drenažnih i filtarskih slojeva, odnosno odlaganja i zbijanja otpada. Geotekstil je netkani propusni proizvod od polimernog materijala u obliku mreže. Tijekom postavljanja geotekstila podloga mora biti glatka, bez brazdi i izbočina te u direktnom kontaktu s podlogom.



Slika 10. Netkani geotekstil i njegovo postavljanje na terenu (izvor: Geotekstili, 2016)

Završetkom temeljnog brtvenog sustava započinje ugradnja drenažnog sustava. Kao što je prije navedeno, drenažni sustav ima ulogu prikupljanja i odvođenja procjednih voda iz tijela odlagališta. Materijal koji se koristi u drenažnom sloju mora biti ekološki čist, čvrst i trajan. Ne preporuča se organski materijal, a najčešće se upotrebljava lomljeni kamen ili šljunak koji je zaobljena ili poluzaobljena oblika te je netopiv u vodi. Taj materijal se ugrađuje zajedno sa postavljanjem sabirnih cijevi, a na taj sloj se postavlja geotekstil. Filtracijski geotekstil je istog sastava kao i zaštitni geotekstil odnosno netkani propusni proizvod od polimernog materijala koji se koristio u brtvenom sloju i postavlja se na glatku podlogu bez izbočina i brazda. Preko drenažnog sloja i filtracijskog geotekstila nasipava se zaštitni zemljani sloj pjeskovita ili šljunkovita materijala. Zemljani sloj se ispituje laboratorijski i važno je da zadovolji određene kriterije glede granulometrijskog sastava, koeficijenta vodopropusnosti te kontaktne posmične čvrstoće. Što se tiče sustava cijevi u drenažnom sustavu, one moraju zadovoljiti određene kriterije. Posebno je važno da imaju veliku otpornost na kemijska, statička i termička opterećenja, te se upravo iz tog razloga cijeli sustav odvodnje procjednih voda (drenažne cijevi, revizijska okna) i dodatni prateći elementi izrađuju od sintetskih materijala, to jest od polietilena visoke gustoće (M. Hrnčić i N. Hrnčić, 2011).

4.2.2.3. Tijelo odlagališta

Otpad se postavlja na temeljni zaštitni sloj te se oblikuje tijelo odlagališta. Oblikovanje se izvodi odlaganjem otpada u slojevima, njegovim zbijanjem i svakodnevnim prekrivanjem. Zbijanjem otpada povećava se iskoristivost kapaciteta odlagališta tj. smanjuje volumen otpada (Građevinski fakultet, 2016). Svakodnevnim prekrivanjem smanjuje se intenzitet neugodnih mirisa, olakšava se pristup, estetski se bolje uklapa u okolinu, vjetar teže raznosi otpad te se smanjuje mogućnost prijenosa zaraznih bolesti i izbijanja požara (Kalambura i Racz, 2015). Kako se tijelo odlagališta konstantno oblikuje, može doći do pojave slijeganja što uzrokuje negativne učinke na rad odlagališta tijekom njegove uporabe te nakon zatvaranja. Negativni učinci se pojavljuju u obliku pukotina u brtvenom sloju, poremećaja rada drenažnog sustava te raznih geotehničkih problema stabilnosti i deformabilnosti. Kako bi se navedeni problemi smanjili na najmanju moguću mjeru važno je poznavati mehanička svojstva samog otpada (Građevinski fakultet, 2016).

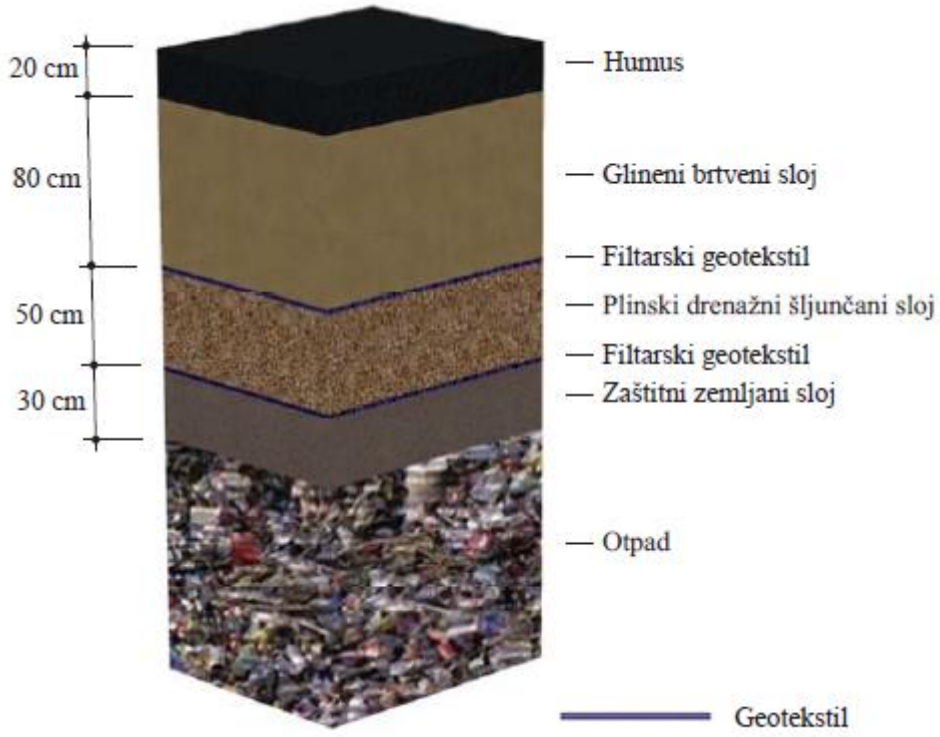
4.2.2.4. Završni pokrov

Završni pokrov iznad tijela odlagališta gradi se na sličan način kao i temeljni zaštitni sustav, a njegova uloga je sprječavanje prodora oborina u otpad. Pokrovni sloj vrlo je osjetljiv na slijeganje, a zbog slijeganja samog otpada koji se razgrađuje i komprimira te zbog slijeganja temeljnog tla zbog ukupne težine nadsloja odlagališta. Kao i temeljni zaštitni sustav, završni pokrov možemo podijeliti na pokrovni brtveni sustav (brtveni slojevi) i drenažni sustav. Svi već ranije navedeni detalji vezani uz temeljni brtveni sustav odnose se i na brtvene slojeve u završnom pokrovu. Jedina razlika odnosi se na gornje slojeve koji su u ovom slučaju izloženiji opasnostima od pojava pukotina i smrzavanja pa se u toj zoni češće koriste ranije spomenuti geosintetički bentonitni tepisi umjesto gline. Glina kao materijal je manje osjetljiva na diferencijalna slijeganja i ne podnosi oscilacije vlage u zraku poput bentonitnog tepiha. Iznad brtvenog sloja postavlja se drenažni sloj koji drenira vodu i onemogućava njezino prodiranje prema otpadu. Kod stvaranja bioplina potrebno je ugraditi još jedan sloj koji taj plin onda prikuplja te izdrenira pomoću posebnog sustava za otplinjavanje. (Građevinski fakultet, 2016)



Slika 11. Geosintetički bentonitni tepisi (izvor: Građevinski fakultet, 2016)

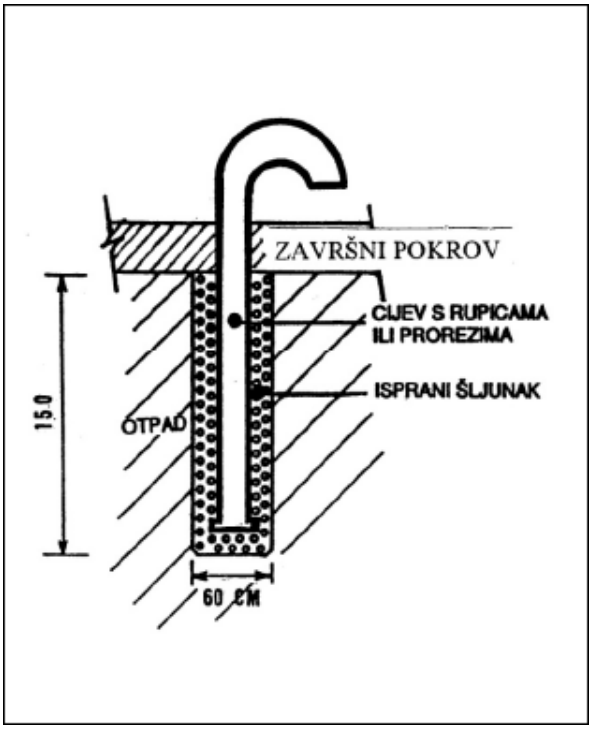
Prema M. Hrnčiću i N. Hrnčiću (2011) za izradu završnog pokrovnog sustava (Slika 12.) preporuča se postavljanje glinenog brtvenog sloja debljine do 30 cm u rastresitom stanju. Laboratorijskim ispitivanjima te kontrolnim ispitivanjima na terenu utvrđuje se kvaliteta i zbijenost gline ugrađene u svaki sloj donjeg i gornjeg brtvenog sloja. U plinskom drenažnom sloju koristi se čist, zdrav, nekohezijski šljunkoviti ili pjeskoviti materijal prikupljen sa čistog prirodnog izvora. Taj materijal mora zadovoljiti određene kriterije poput granulometrijskog sastava, koeficijenta vodopropusnosti, sadržaja karbonata i kontaktne posmične čvrstoće između dvaju geosintetika i geosintetika tla. Prihvatljiva debljina materijala je 50 milimetara te ga je potrebno ugraditi na takav način da ne dođe do stvaranja nabora i valova na geosinteticima. Na glineni brtveni sloj postavlja se humusni materijal i travnata vegetacija čime zaštićujemo površinu koja je izložena eroziji. Postavlja se aktivni humusni materijal u jednom sloju debljem od 10 centimetara. Na taj sloj sije se travnata vegetacija koja se odabire ovisno o vrsti i vlažnosti tla.



Slika 12. Završni pokrovni sustav sanitarnog odlagališta otpada (izvor: M. Hrnčić i N. Hrnčić, 2011)

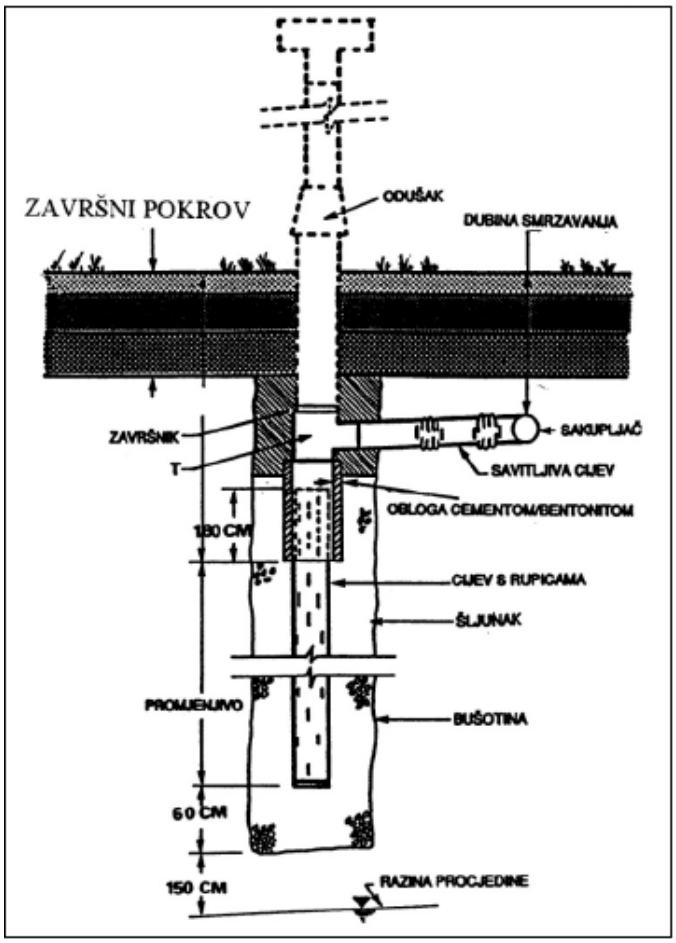
4.2.2.5. Sustav za otplinjavanje

Kao što je ranije navedeno, odlagališni plin nastaje procesom raspadanja organskog dijela otpada, a svojim štetnim djelovanjem može negativno utjecati na okoliš i zdravlje ljudi. Sukladno tome, vrlo važan element prilikom gradnje odlagališta otpada predstavlja sustav za otplinjavanje kojeg mora imati svako uređeno odlagalište otpada. Sustavom za otplinjavanje zaštićuje se ozonski sloj, onemogućava se efekt staklenika, a prikupljanjem odlagališnog plina možemo proizvoditi toplinsku i električnu energiju. Sustav se može izvesti na dva načina: kao sustav za aktivno otplinjavanje (Slika 14.) i kao sustav za pasivno otplinjavanje (Slika 13.). Kod pasivnih sustava postavljaju se drenirani plinski zdenci u tijelo odlagališta te se samim time smanjuje pretlak i plin lakše odlazi u atmosferu. Oni se pretežito ugrađuju na mala odlagališta otpada (do 40 000 m^3), odnosno na lokacije gdje se ne očekuje znatno širenje plinova. Ukoliko se na odlagalištu ne provodi proces otplinjavanja, tada se u tijelu odlagališta pojavljuje previsoki pretlak i odlagališni plin postupno migrira u okoliš. Nekontrolirane migracije odlagališnog plina mogu se smanjiti izgradnjom pasivnog sustava za otplinjavanje (Vujović i sur., 2014).



Slika 13. Sustav za pasivno otplinjavanje (izvor: Građevinski fakultet, 2016)

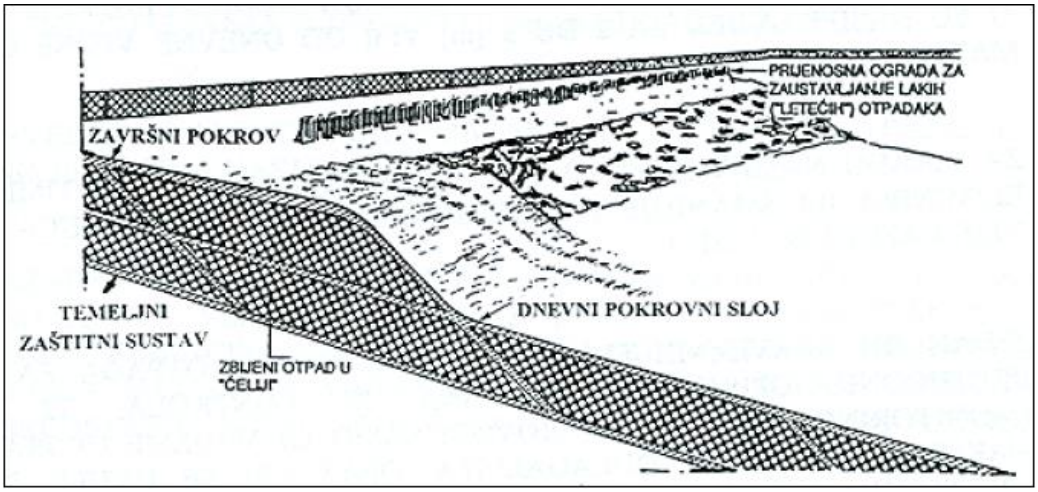
Aktivni sustavi za otplinjavanje su nešto složenijeg karaktera. Uz navedene plinske zdence izvode se plinovodi koji su povezani sa plinskim postrojenjem. U jednom takvom plinskom postrojenju iz plinovoda plinskih zdenaca puhalo odsisava plin koji se obrađuje na plinskoj baklji ili se može iskorištavati za proizvodnju električne energije. Takvi sustavi se koriste na odlagalištima sa većom količinom i opasnijim vrstama odlagališnih plinova (Vujović 2014 prema Samokovlija Dragičević 2010).



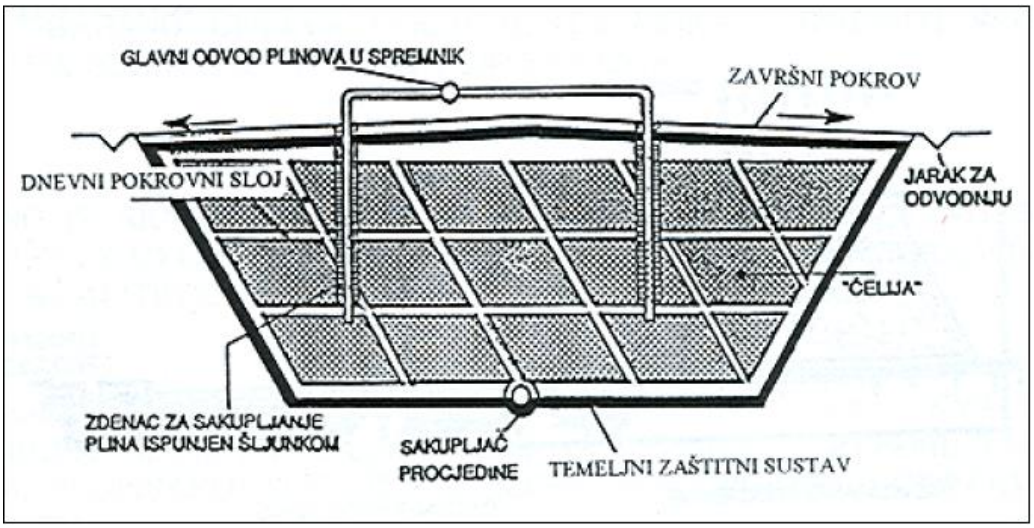
Slika 14. Sustav za aktivno otplinjavanje (izvor: Građevinski fakultet, 2016)

4.3. Upotreba odlagališta

Postupkom zbijanja otpada postižemo veću iskoristivost volumena odlagališta. Način na koji odlažemo otpad ovisiti će ponajprije o kapacitetu prostora za odlaganje otpada te uvjetima u tlu. Prema tome razlikujemo tri osnovna postupka odlaganja otpada: (1) površinski postupak – primjenjuje se kada nije moguće kopati jarak zbog blizine podzemne vode ili topografskih i morfoloških karakteristika lokacije (Slika 15.), (2) postupak jarka – primjenjuje se u slučaju preniske razine podzemne vode, a karakteristike terena omogućuju iskop jarka (Slika 16.), (3) postupak kazeta – potrebno je izgraditi zemljane nasipe od slabopropusnog materijala koji čine rubove kazeta te se time smanjuje procjeđivanje filtrata (Slika 17.). Za svaki navedeni postupak potrebno je provoditi monitoring (nadziranje) u vrijeme uporabe i nakon zatvaranja odlagališta (Građevinski fakultet, 2016).



Slika 15. Površinski postupak odlaganja otpada (izvor: Građevinski fakultet, 2016)



Slika 16. Odlaganje otpada postupkom jarka (izvor: Građevinski fakultet, 2016)



Slika 17. Primjer izgrađene kazete na odlagalištu otpada Lovornik – Grad Ploče (izvor: Sirovina, 2016)

4.4. Zatvaranje i briga o odlagalištu nakon zatvaranja

Prije samog zatvaranja odlagališta važno je pronaći i pripremiti iduću lokaciju na koju će se odvoziti otpad nakon što se na postojećoj lokaciji ispune svi kapaciteti za daljnje odlaganje otpada. Nakon što se na postojećoj lokaciji odlagališta popunio sav predviđeni volumen slijedi izvedba ranije opisanog završnog pokrova odnosno rekultivirajućeg sloja koji se potom ozelenjava. Time je proces konačnog zatvaranja odlagališta proveden. Međutim, aktivnosti na takvom zatvorenom odlagalištu ne prestaju. Potrebno je provoditi monitoring, odnosno praćenje i nadzor kritičnih faktora nakon zatvaranja koji uključuju: procjedne vode, otpadne plinove, slijeganja, stabilnosti kosina, erozije i ozelenjavanja. Nakon zatvaranja odlagališta važno je riješiti pitanje konačne namjene lokacije pri čemu treba voditi računa da se utjecaji na okoliš svedu na minimum, ali i da se novooblikovani prostor estetski uklapa u okolinu (RGN, 2016).

4.4.1. Rekultivacija

Odlagališta otpada sama po sebi smanjuju ekološke i estetske vrijednosti okoline u kojoj se nalaze te je izuzetno važno posvetiti više pažnje samoj problematici rekultiviranja površina odlagališta, što u Republici Hrvatskoj, nažalost, nije čest slučaj. „Krunski dio svake sanacije koji će označiti kvalitetu same sanacije je biološka rekultivacija čiji je cilj uklopiti prostor odlagališta u okoliš i dati mu određenu namjenu“ (Golubić, 2006:22). Postupak rekultivacije traje određeno vremensko razdoblje koje ovisi o karakteristikama izmijenjenog staništa i uvjetima za život koje je potrebno uskladiti sa konačnom namjenom tog prostora. Polazna točka u procesu rekultivacije je kvalitetno izgrađen i uređen pokrovni brtveni sloj te drenažni sustav. Završni pokrovni sustav sprječava prolazak oborinskih voda u tijelo odlagališta te prodor deponijskog plina u rekultivacijski sloj. Na taj način vegetacija se može neometano razvijati bez obzira na događanja u tijelu odlagališta.

Rekultiviranje površina odlagališta otpada je vrlo dugotrajan proces. S planiranjem mjera za rekultivaciju započinje se vrlo rano, odnosno puno prije nego li se zna kakvom vrstom materijala će se ona obavljati. Na taj nam se način pruža relativno dugo razdoblje za što veći uspjeh rekultiviranja te sam proces prilagodbe. Korištenje pojedinih metoda kultiviranja te odabir načina njihove primjene na određenoj lokaciji ovise o nekolicini važnih čimbenika: vrsti otpada, načinu sanacije odlagališta, površini degradacije, prirodnim i kulturnim vrijednostima te obilježjima krajolika. Važno je obratiti posebnu pozornost na

supstrat koji će se koristiti kao materijal za rekultivirajući sloj. Supstrat u sloju za rekultivaciju trajno opskrbljuje vodom, zrakom i hranjivim tvarima vegetaciju na površini odlagališta. Biljke sa svojom velikom sposobnošću prilagodbe na različite stanišne uvjete te biotske i abiotske čimbenike temelj su planskom pristupu ozelenjivanja degradiranih terena (Golubić, 2006).

Kako bi se odlagalište otpada što bolje uklopilo u krajolik, materijal za supstrat u rekultivirajućem sloju potrebno je uzeti iz bliže okolice odlagališta. Osnovni cilj takvog pristupa jest povećati mogućnost da se na duži vremenski period razvije zajednica biljaka koja je tipična za to podneblje. Preporuča se u blizini odlagališta izraditi deponij zemljišta koji bi poslužio kao odlagalište iskopanog tla s drugih gradilišta. Deponij zemljišta mora biti na pristupačnom i ocjeditom mjestu na koje bi se dovozilo tlo iz gornjeg sloja tla dubine od približno pola metra. Može se koristiti materijal u obliku biokomposta ili taložnog mulja jer su takvi materijali bogati organskim tvarima koje pogoduju razvoju biljnih zajednica (Golubić, 2006 prema Neumann, 2000).

Krajnji cilj ozelenjavanja degradiranih površina je podizanje najjačih biljnih zajednica, a do tog cilja dolazimo postupno jer nije moguće u kratkom vremenu podići visoku šumu. Tek će se kroz razdoblje od 10 do 20 godina moći izabrati vrste biljaka koje odgovaraju okolnoj šumskoj zajednici. Završetkom izrade sloja za rekultivaciju, na površini odlagališta kreće se u proces ozelenjavanja odnosno sjetve i sadnje biljaka. Najvažnije je prije svega uneseno tlo zaštititi i stabilizirati. Navedeno nam omogućuje sjetva različitih vrsta trava i djetelina koje brzo rastu, brzo se razmnožavaju te čine gusti nadzemni dio sa spletom korijenja koji vežu tlo. Također, takva kombinacija djetelina i trava povećava sposobnost melioracije tla. Najčešći rodovi djetelina i trava koje se pritom koriste su: *Plantago, Carex, Inula, Artemisia, Ononis, Nardus, Trifolium, Rumex.* Kod odabira vrsta treba težiti onim biljnim vrstama koje se mogu lakše prilagoditi kvaliteti tla i klimatskim prilikama te vrstama koje prirodno pridolaze na tom području. Djeteline obogaćuju tlo dušikom i otporne su na sušu, dok trave dobro podnose prekomjernu vlagu što ih čini vrlo dobrom kombinacijom. Zbog većih količina oborina te većeg efekta umnožavanja trava, sjetva se obavlja u jesen strojno ili ručno. Strojna sjetva je najbolja opcija, dok ručnoj sjetvi pristupamo ukoliko su u pitanju problemi sa nagibom terena. Idući korak prema podizanju visoke šume je sadnja drvenastih vrsta drveća i grmlja. Uz sjetvu trava i djetelina najbolje je kombinirati sadnju drveća i grmlja kako bi se tlo maksimalno zaštitilo od negativnih prirodnih utjecaja poput erozije. Preporuča se sadnja vrba kao pionirskih vrsta drveća koje pripremaju tlo i stvaraju preduvjete za rast i razvoj drugih biljnih zajednica. Vrbove reznice se uzimaju u vrijeme zimskog mirovanja (izvan vegetacijskog

razdoblja), sade se u tlo sa ukupno 2/3 dužine te im je potrebno mnogo svjetlosti. Svojim korijenskim sustavom one na sebe vežu čestice tla i na taj način sprječavaju erozijske procese. Vrbe su hidrofilne vrste te samim time podnose veće količine vode, usporavaju brzinu vode koja se spušta niz padinu (sprječava odronjavanje) te u velikoj mjeri zadržavaju oborine čime se povećava vlažnost tla. Također, svojim otpalim lišćem stvaraju humus te djeluju kao zaštita za mlade biljčice stvarajući sjenu i na taj ih način štite od naleta i udara vjetra. Koriste se slijedeće vrste vrba: *Salix caprea* L. (vrba iva), *Salix purpurea* L. (rakita), *Salix alba* L. (bijela vrba). Uz sve ranije navedene procese (sjetva djetelina i trava, sadnja vrbovih reznica) provodi se i dopunska gradnja kojom se popunjavaju prazni prostori na površini sjetvom sjemena ili sadnjom sadnica pionirskih vrsta drveća i grmlja. Time smo osigurali početnu vegetaciju koja će se kasnije tokom vremena nadopunjavati prirodnim putem. Sam način sadnje izvodi se u obliku poljskih živica ili se vrste sade u grupama, pri čemu treba voditi računa o zaštiti okoliša i uklapanju odlagališta u okolni krajolik. Izbor vrste drveća koju odabiremo za sadnju ponajviše ovisi o uvjetima tla na odlagalištu te klimatskim prilikama pojedinog područja. Unatoč intenzivnoj obradi tla, riječ je o prilično sirovim uvjetima (malo vlage) pa osjetljive vrste drveća poput smreke i bukve odumiru, ali to vrijedi samo za vrijeme prve sadnje. Treba voditi računa o tome da se sade autohtone vrste drveća, posebice one koje se svojim osobinama uklapaju u krajolik i mogu činiti potencijalnu vegetaciju. Strane (alohtone) vrste se odabiru u izuzetnim situacijama; ako svojim karakteristikama mogu poboljšati kvalitetu tla te ukoliko imaju iznimne hortikulturne vrijednosti. Ukoliko postoji težnja za stvaranjem što prirodnije vegetacije, površina odlagališta može biti prepuštena prirodnom slijedu biljaka, što bi uzrokovalo oblikovanje sastava vegetacije prema biljkama donesenim zajedno s tlom i sjemenom iz okoline. U našem području, kada se biljne zajednice prepuste same sebi, dolazi do stvaranja šumovite formacije, a većinom su to bjelogorične šume mješovitog karaktera. Prilikom odabira vrsta drveća i grmlja za biološku rekultivaciju prednost treba dati pionirskim (brzorastućim) vrstama poput: johe, trepetljike, i vrbe. Odabir vrsta izvodi se prema okolnoj šumskoj zajednici što povećava uspjeh sadnje te se manje narušava estetika krajolika. Prilikom podizanja pionirskih vrsta drveća potrebno je ispuniti ekološki profil tla kako bi obavile svoju funkciju poboljšanja stanišnih uvjeta. Nakon toga gradi se trajna šuma, tj. pionirske vrste ustupljuju svoje mjesto vrjednijim vrstama drveća. Tendencija mora biti stvaranje trajne mješovite šume koja bolje koristi proizvodni potencijal staništa te ima veću opću produktivnost. Podignutu vegetaciju je važno njegovati, odnosno potrebno je utjecati na strukturu vegetacije, kvalitetu, stabilnost, prirast i slično te se ista ne smije prepustiti sama sebi (Golubić, 2006).

4.4.2. Monitoring

„Na saniranim površinama potrebno je uspostaviti efikasni i stručni monitoring kako bi se izbjegle nepredviđene situacije ili da bi se spriječila ponovna degradacija već saniranog prostora“ (Golubić, 2006:29). Više je elemenata koje je potrebno opažati prilikom monitoringa nakon zatvaranja odlagališta, međutim, ističu se tri najvažnija: utjecaj onečišćenja na podzemnu vodu, praćenje slijeganja te produkcija odlagališnih fluida. Utjecaj raznih onečišćenja na kvalitetu podzemne vode možemo otkriti pomoću uzorkovanja te statističkih metoda. Uzorkovanje je potrebno izvoditi statističkim metodama koje imaju veliku vjerojatnost otkrivanja onečišćenja u podzemnoj vodi. Ispitivanja se provode pomoću piezometara u gornjem i donjem toku podzemne vode te oko odlagališta. Prisutnost štetnih tvari u silaznom toku podzemnih voda, kojih u dolaznom toku nema, označava problem u brtvenom sustavu odlagališta. Slijeganje pretežito nastaje prilikom razgradnje organskih tvari u tijelu odlagališta. Može doći do stvaranja pukotina u završnom pokrovu te se na taj način omogućuje prodor oborinske vode i odlagališnih plinova u tijelo odlagališta. Kako bi se spriječilo preveliko slijeganje otpadnog materijala, važno je provesti kvalitetne preventivne mjere poput: dobro pripremljenog temeljnog tla, kvalitetne izgradnje temeljnog sustava slojeva, dobre ugradnje materijala otpada te smanjenja biorazgradivog otpada na najmanju moguću mjeru. Ugradnjom repera[6] u tijelo odlagališta i mjerenjem njihova pomaka provodi se monitoring slijeganja. Reperi se najčešće postavljaju 30-ak metara jedan od drugoga, po površini odlagališta i po kosinama. Mjerenja se izvode svakih par mjeseci ili rjeđe, ovisno o karakteristikama odlagališta, ali i vrsti otpada. Nadzorom razine filtrata možemo otkriti te pravovremeno reagirati ukoliko dođe do porasta njegove količine. Povećanje razine filtrata može ugroziti zaštitne sustave tj. može doći do začepljenja drenažnih sustava. Važno je mjeriti provodljivost kako bi se otkrilo dolazi li do procjeđivanja filtrata kroz geomembranu, što se najčešće izvodi pomoću lizimetra (RGN, 2016).

4.4.3. Konačna namjena lokacije

Nakon zatvaranja odlagališta otpada poželjno je površini odlagališta odrediti svrhu, a često su sadržaji koji se ostvaraju na tom prostoru unaprijed isplanirani. Navedeno mogu biti igrališta, parkovi, skladišta, parkirališta, skladišta pa čak i uzletne staze za manje avione

[6] Reperi predstavljaju referentne točke s obzirom na koje se provodi mjerenje neke veličine (Hrvatska enciklopedija, 2016).

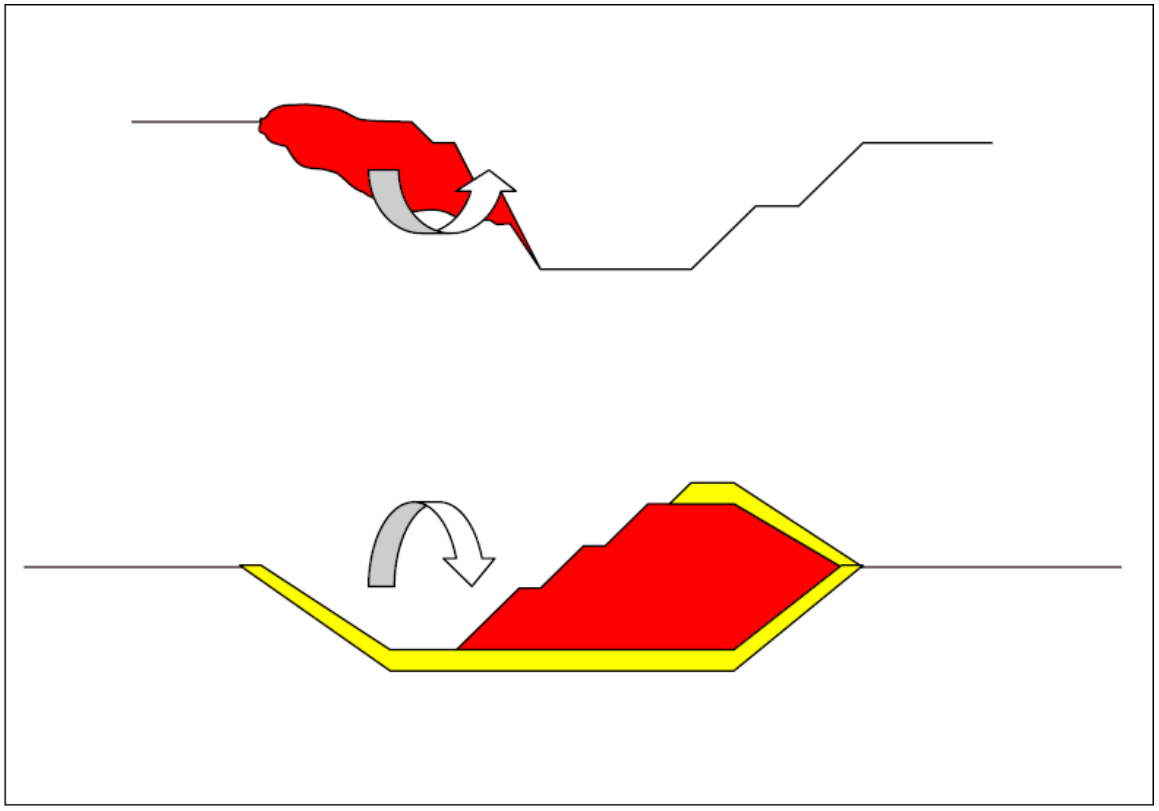
(Građevinski fakultet, 2016). Također, kao što je već ranije navedeno, na takvoj površini konačni cilj može biti i podizanje trajne mješovite šume sa visokom proizvodnošću. Prije svega trebalo bi provesti ispitivanja koja će ukazati postoji li opasnost od slijeganja uslijed opterećenja površine izgradnjom objekata te isplati li se uopće graditi na takvoj lokaciji znajući da bi to moglo izazvati eventualno zagađenje okoliša te štetno utjecati na zdravlje i živote ljudi.

5. SANACIJA NESANITARNIH ODLAGALIŠTA OTPADA

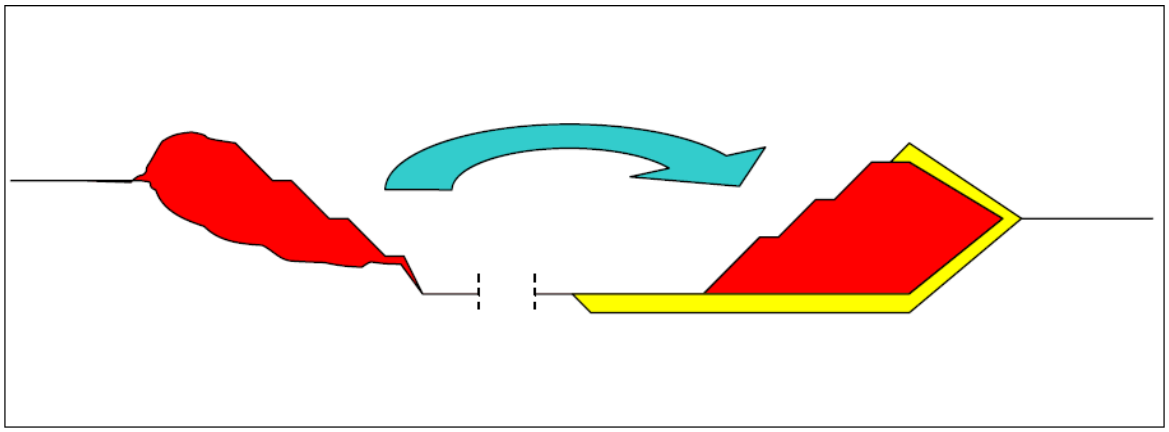
U kategoriju nesanitarnih odlagališta otpada ulaze sva neuređena („divlja“) odlagališta te odlagališta koja su započeta kao sanitarna, ali stjecajem okolnosti je došlo do problema i sada zahtijevaju sanaciju (RGN, 2016). Nesanitarna odlagališta svojim otpadom negativno utječu na okoliš i prirodne resurse, zbog čega je važno provesti postupke sanacije kako bi se ti negativni utjecaji smanjili. Dakle, cilj je u čitavom razdoblju trajanja odlagališta otpada dovesti odlagališta otpada u stanje prihvatljivo za okoliš, što podrazumijeva smanjenje štetnih utjecaja na okoliš, osobito onečišćenja površinskih i podzemnih voda, tla i zraka, uključujući efekt stakleničkih plinova, kao i smanjenje rizika za ljudsko zdravlje do kojih može doći uslijed odlaganja otpada i vijeka trajanja odlagališta otpada. Postojeća odlagališta otpada mogu se sanirati *ex-situ* ili *in-situ* metodom. Kod *ex-situ* metode kompletan otpadni materijal se prebacuje na neko drugo uređeno odlagalište otpada, dok kod *in-situ* metode sav otpad ostaje unutar granica odlagališta otpada (FZOEU, 2016). Odabir metode za sanaciju ovisi o nekoliko čimbenika: mogućnosti izvođenja sanacija *in-situ* (koja ovisi o: volumenu materijala, karakteristikama tla, slojevima ispod otpada, blizini objekata i vrsti onečišćenja tla), financijskim sredstvima (*ex-situ* metoda je u pravilu skuplja), postojanju potrebe za obaveznim uklanjanjem otpada te metodi koja nam stoji na raspolaganju. Tijekom izvođenja bilo koje od navedenih metoda vrlo je važno provesti sve potrebne mjere zaštite okoliša i radnika koji će raditi na lokaciji takvog nesanitarnog odlagališta (RGN, 2016).

5.1. *Ex-situ* metoda

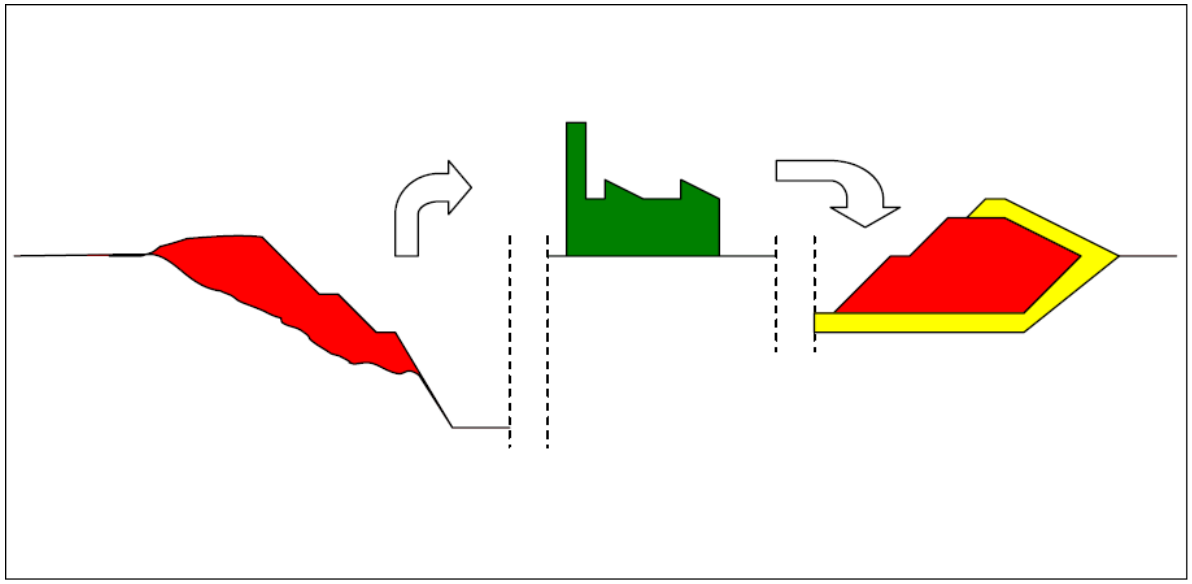
Kod sanacije odlagališta ex-situ metodom kompletni otpadni materijal i tlo koje je zagađeno sa filtratom se premještaju na novu, uređenu lokaciju. Na postojećoj lokaciji potrebno je izgraditi sanitarno odlagalište otpada na način koji je već ranije opisan u radu. Postoje 3 načina izvođenja *ex-situ* metode: iskop otpada i zagađenog tla te njihov premještaj na novu lokaciju gdje se sanitarno odlažu, iskop otpada i zagađenog tla te njihov premještaj na prethodno pripremljenu lokaciju u neposrednoj blizini, iskop otpadnog materijala koji se zatim prerađuje, a ostatak se odvozi na drugu lokaciju ili prethodno pripremljenu lokaciju u neposrednoj blizini (Slika 18. – 20.).



Slika 18. Ex-situ metoda: Iskop otpadnog materijala i premještaj na novu lokaciju (izvor: RGN, 2016)



Slika 19. Ex-situ metoda: Iskop otpadnog materijala i premještaj na novu lokaciju u neposrednoj blizini (izvor: RGN, 2016)

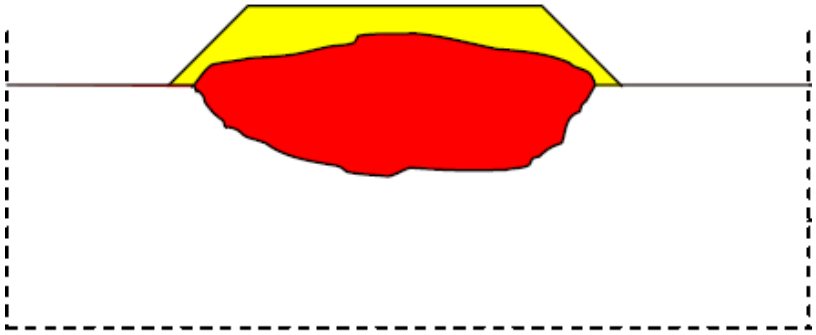


Slika 20. Ex-situ metoda: Iskop otpadnog materijala koji se zatim prerađuje i premješta na novu lokaciju (izvor: RGN, 2016)

Prednosti ove metode su: prerada otpada, moguće potpuno čišćenje lokacije od zagađenja, poznati sastav i količina odloženog materijala, kvaliteta izrade zaštitnih slojeva, prethodna obrada otpada (činimo ga inertnijim), postojanje mogućnosti odlaganja novog otpada uz stari otpad na istu lokaciju. Kao nedostaci ove metode ističu se: visoka cijena, opasnost od onečišćenja okoliša, problemi vezani za sigurnost i zdravlje ljudi, potreba za traženjem i uređivanjem nove lokacije te stvaranje dodatnih količina filtrata (RGN, 2016).

5.2. *In-situ* metoda

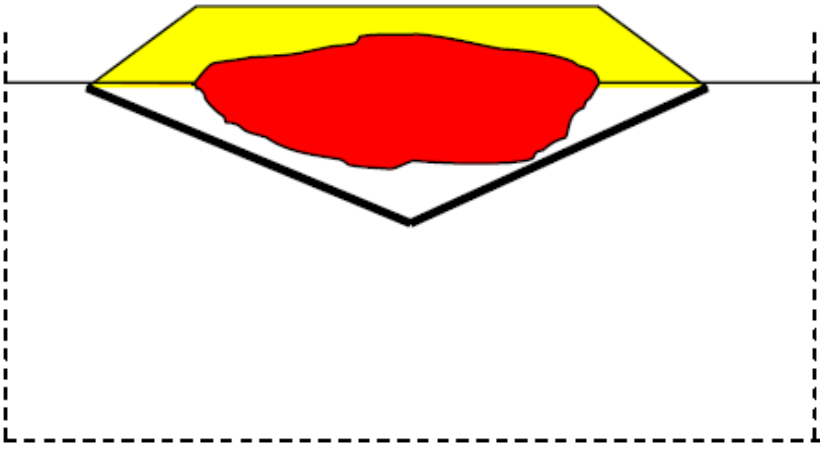
Kod sanacije odlagališta *in-situ* metodom otpadni materijal i zagađeno tlo se fizički ne premještaju nego ostaju na istoj lokaciji. Sav otpadni materijal i tlo zagađeno filtratom potrebno je hermetički zatvoriti te na taj način ih izolirati od okoline. Kod izvođenja sanacije važno je postići jednake uvjete kao kod sanitarnih odlagališta. Metode *in-situ* sanacije odlagališta se mogu izvoditi na šest načina: (1) izgradnja pokrovnog sloja, (2) izgradnja pokrovnog sloja s vertikalnom vododrživom barijerom, (3) izgradnja pokrovnog sloja s kosom vododrživom barijerom, (4) izgradnja pokrovnog sloja s vertikalnom vododrživom barijerom i sustavom za crpljenje podzemne vode, (5) izgradnja pokrovnog sloja s horizontalnom vododrživom barijerom mlaznim injektiranjem, (6) mlazno injektiranje cjelokupnog volumena otpada i zagađenog tla (Slika 21. – 26.).



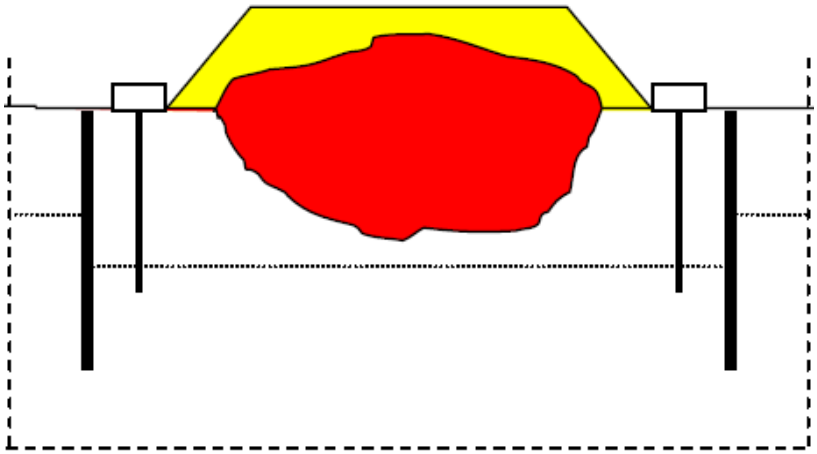
Slika 21. In-situ metoda: Izgradnja pokrovnog sloja (izvor: RGN, 2016)



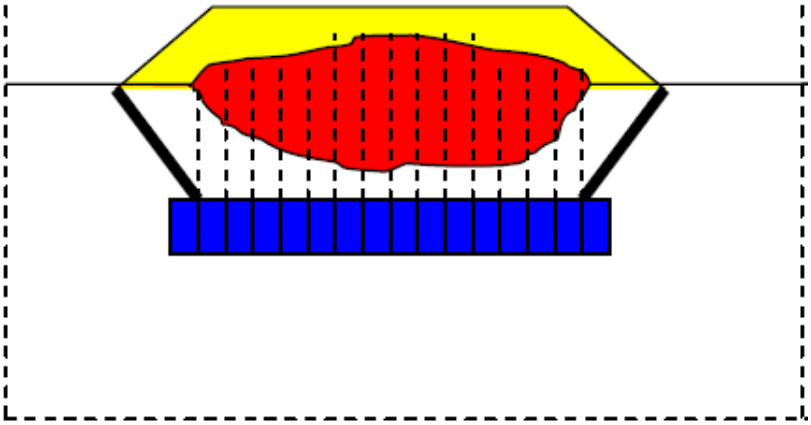
Slika 22. In-situ metoda: Izgradnja pokrovnog sloja s vertikalnom vododrživom barijerom (izvor: RGN, 2016)



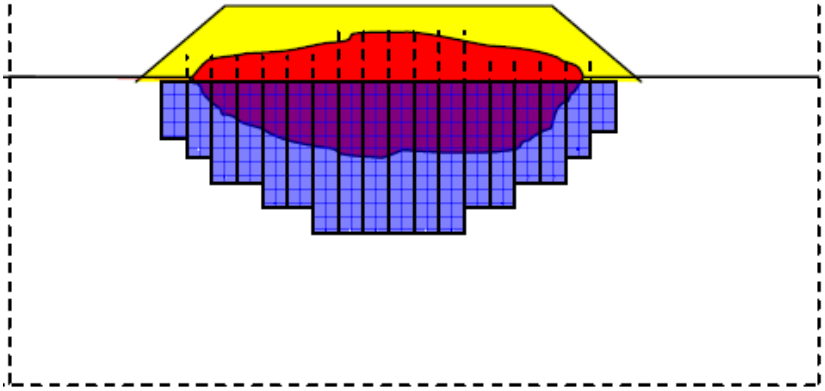
Slika 23. In-situ metoda: Izgradnja pokrovnog sloja s kosom vododrživom barijerom (izvor: RGN, 2016)



Slika 24. In-situ metoda: Izgradnja pokrovnog sloja s vertikalnom vododrživom barijerom i sustavom za crpljenje podzemne vode (izvor: RGN, 2016)



Slika 25. In-situ metoda: Izgradnja pokrovnog sloja s horizontalnom vododrživom barijerom mlaznim injektiranjem (izvor: RGN, 2016)



Slika 26. In-situ metoda: Mlazno injektiranje cjelokupnog volumena otpada i zagađenog tla (izvor: RGN, 2016)

Istaknute prednosti *in-situ* metode uključuju: manje troškove od *ex-situ* metode, izostanak onečišćenja okoliša prilikom transporta (jer nema fizičkog premještanja otpada), odlaganje otpada na istoj lokaciji do potpune sanacije odlagališta. *In-situ* metode sadrže i neke nedostatke poput upitne kvalitete temeljnih brtvenih slojeva, upitne naknadne upotrebe lokacije, a pojedine metode se smatraju problematičnima jer ponekad nisu izvedene kao trajno rješenje (RGN, 2016).

6. PRIMJER IDEJNOG RJEŠENJA SANACIJE ODLAGALIŠTA *IN-SITU* METODOM S REKULTIVACIJOM – ODLAGALIŠTE OTPADA „JEROVEC“ - IVANEC

6.1. Osnovni podaci

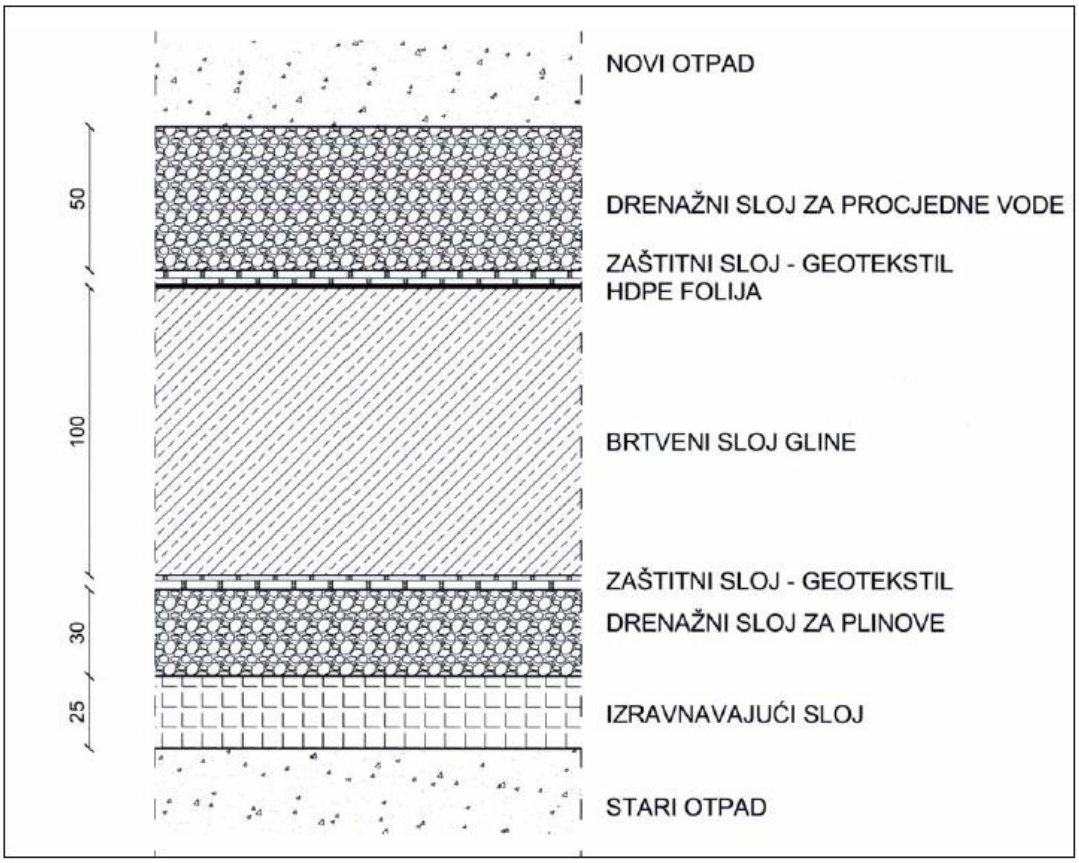
Odlagalište „Jerovec“ se nalazi 800 metara sjeverno od naselja Jerovec i oko 1,2 kilometara jugoistočno od naselja Dubraveca te se rasprostire na 10 hektara površine. Ono se nalazi u napuštenim eksploatacijskim kopovima (ležištima kremenog pijeska), a odlaganje otpada je tamo započelo 1989. godine. Otpad je odlagan na većim površinama u slojevima od oko 1 metar koji su zatim prekrivani slojem jalovine debljine oko 30 centimetara. Ukupna količina otpada 2004. godine iznosila je oko 4 tone te se predviđa da bi ta količina otpada do 2025. godine mogla iznositi 160 000 tona (Idejni projekt sanacije odlagališta s nastavkom odlaganja i planom zatvaranja na lokaciji „Jerovec“ – Ivanec, 2005). Tolike količine otpada odložene na gore navedeni način predstavljaju veliku opasnost onečišćenja okoliša te negativnog utjecaja na zdravlje ljudi. Upravo se iz tog razloga krenulo s izradom idejnog rješenja sanacije odlagališta „Jerovec“ u kojem je detaljno opisan prijedlog sanacije te konačni plan zatvaranja odlagališta.

6.2. Prijedlog sanacije odlagališta

Prije početka izvedbe radova na sanaciji odlagališta vrlo je važno provesti istražne radove, geodetska mjerenja te fizikalno-kemijska ispitivanja kako bi se što bolje upoznalo sa značajkama tla, otpada te podzemnih voda. Ranije je navedeno da se sanacija nesanitarnih odlagališta otpada (poput odlagališta „Jerovec“) može izvoditi *in-situ* ili *ex-situ* metodom. U ovome slučaju odabrana je sanacija *in-situ* metodom, dakle na postojećoj lokaciji i bez prethodnog uklanjanja otpadnog materijala i zagađenog tla. Odlagalište se prekriva sa brtvenim slojem koji sprječava onečišćenje tla i podzemnih voda. Redoslijed radnji sanacije prikazat će se u nastavku.

Kao prvi korak sanacije navodi se skupljanje razbacanog otpada koji je potrebno presložiti, nakon čega slijedi deratizacija i dezinsekcija kao mjere za suzbijanje štetnih glodavaca i kukaca na samom odlagalištu. Paralelno s time oko tijela odlagališta gradi se obodni kanal čija je zadaća skupljanje oborinskih slijevnih voda te nasip na gornjem rubu

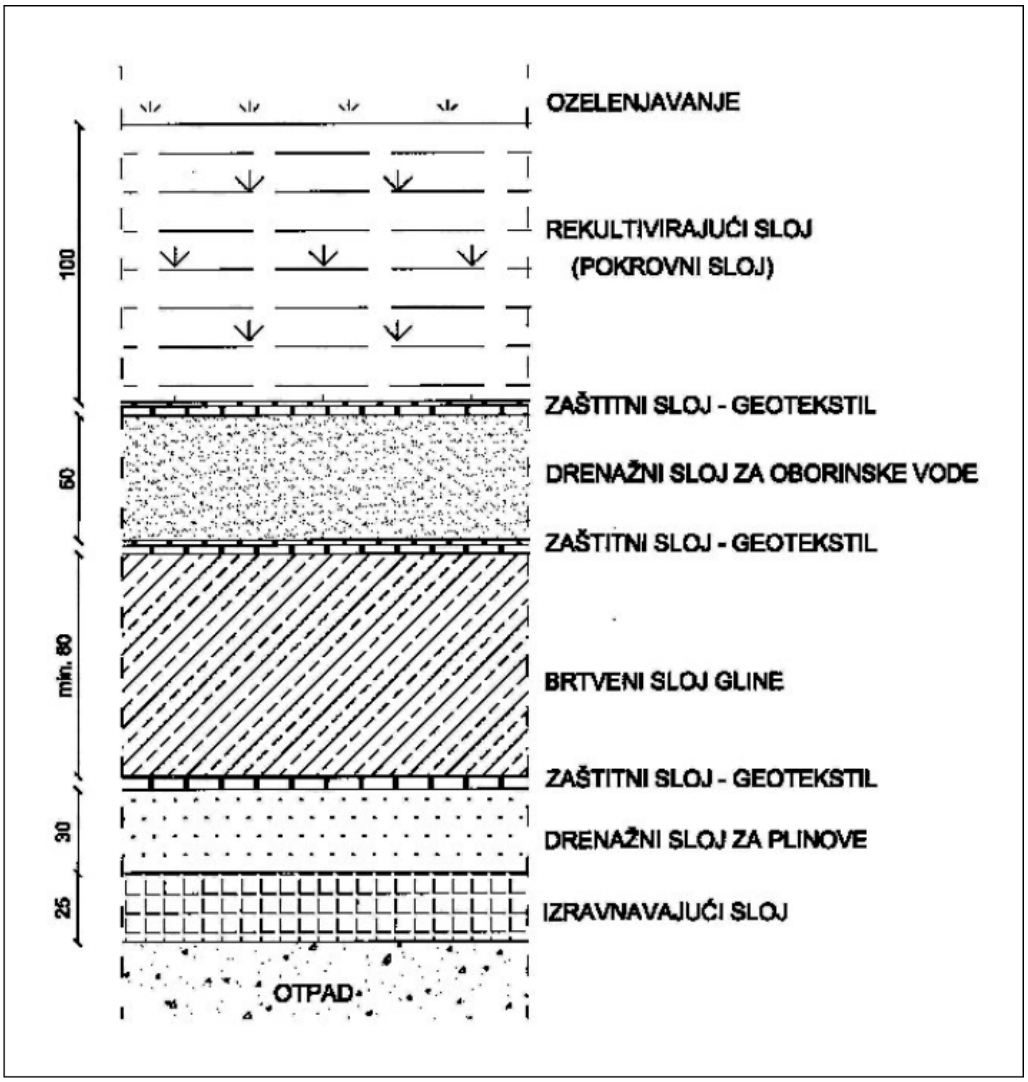
odlagališta. Presloženi otpad se zatim izravnava i prekriva drenažnim materijalom (šljunkom ili batudom) kako bi se omogućilo otplinjavanje odlagališnih plinova te spriječio ulazak glodavaca u otpad. Potom dolazi brtveni glineni sloj debljine 1 metar iznad kojeg se redom postavljaju HDPE folija, geotekstil, drenažne cijevi te drenažni sloj debljine 50 centimetara. Također, na najnižoj koti terena potrebno je izgraditi sabirni bazen za sakupljanje procjednih voda s odlagališta. Prije zatvaranja odlagališta važno je pripremiti materijal za rekultiviranje i ozelenjavanje odlagališta. Odlagalište se zatvara ozelenjavanjem rekultivirajućeg sloja, nakon čega slijedi monitoring (nadzor) zatvorenog odlagališta te periodičko održavanje odlagališta (Idejni projekt sanacije odlagališta s nastavkom odlaganja i planom zatvaranja na lokaciji „Jerovec“ – Ivanec, 2005).



Slika 27. Prijedlog sanacije odlagališta (izvor: Studija ciljanog sadržaja o utjecaju na okoliš za sanaciju i nastavak odlaganja do zatvaranja odlagališta otpada „Jerovec“ – Ivanec (Dubravec), 2005)

6.3. Plan zatvaranja

Zatvaranju odlagališta se pristupa nakon prestanka odlaganja otpada na lokaciji. Prilikom zatvaranja odlagališta važno je štetne utjecaje na okoliš svesti na najmanju moguću mjeru i to na takav način da se lokacija estetski uklapa u okolinu. Na odloženom otpadu se provodi zbijanje kako bi se smanjio njegov volumen. U idućem koraku gornju plohu odlagališta je potrebno izravnati, a zatim se na taj sloj postavlja završni pokrovni sloj koji se rekultivira. Završni pokrov uključuje sloj prekrivnog materijala, plinski drenažni sloj (batuda i šljunak), geotekstil, glineni brtveni sloj (min. 50 cm) ili bentonitni tepih, drenažni sloj za vodu (min. 50 cm), rekultivirajući sloj (min. 100 cm), ozelenjavanje (trava, nisko raslinje, drveća).



Slika 28. Plan zatvaranja odlagališta (izvor: Studija ciljanog sadržaja o utjecaju na okoliš za sanaciju i nastavak odlaganja do zatvaranja odlagališta otpada „Jerovec" – Ivanec (Dubravec), 2005)

Uz navedene radnje, potrebno je izgraditi otvorene kanale i akumulacijske bazene za kontrolu površinskih voda odlagališta kako ne bi došlo do erozije, oštećenja u pokrovnom materijalu te do uništenja vegetacije. Kod izrade kanala treba težiti širim kanalima sa manjom dubinom vode uz odgovarajući protok bez taloženja. Inflitriranjem oborinskih i vanjskih voda u tijelo odlagališta nastaju procjedne vode čija količina ovisi debljini, propusnosti i nagibu pokrovnog materijala te biljnom pokrovu. Prema tome, prilikom izrade završnog pokrovnog sloja nužno je pripaziti na njegovu debljinu, hranjivost i vlažnost, kako bi se omogućio pravilan rast i razvoj vegetacije koja smanjuje posljedice erozije i procjeđivanja, a također onemogućuje i prodiranje životinja kroz rekultivirajući sloj (Idejni projekt sanacije odlagališta s nastavkom odlaganja i planom zatvaranja na lokaciji „Jerovec“ – Ivanec, 2005)

6.3.1. Rekultivacija

Rekultivacija započinje postavljanjem sloja za rekultivaciju debljine 100 centimetara na drenažni sloj. U navedeni sloj može se ugraditi zreli kompost koji poboljšava kvalitetu pokrovnog materijala jer ga obogaćuje vlagom i hranjivim tvarima ili se može postaviti građevinski otpad koji onda znatno umanjuje troškove rekultivacije. Rekultivacijski sloj je potrebno što prije ozeleniti kako bi se izbjegla pojava problema erozije i potočića tijekom oborina. Erozijska snaga vode može se dodatno smanjiti i sadnjom drveća između prethodno postavljenog kamenja te iskopavanjem zatravljenih rigola okomito na tok vode. „Ozelenjavanje predstavlja jedan od najvažnijih faktora u zatvaranju svakog saniranja ili zatvaranja odlagališta. Ono je prilično skupo, predstavlja dobru investiciju u odnosu na javnost, a obavlja se iz estetskih razloga, ali i radi sprječavanja erozije zbog površinskog otjecanja oborina te radi smanjenja količina procjednih voda“ (Idejni projekt sanacije odlagališta s nastavkom odlaganja i planom zatvaranja na lokaciji „Jerovec“ – Ivanec, 2005:39). Kao što se ranije spominjalo, i u ovom slučaju biološku rekultivacija započinje sijanjem trava ili djetelina kako bi se tlo što bolje pripremilo za sadnju drvenastih vrsta drveća i grmlja. Preporuča se odabir onih vrsta koje imaju manju potrebu za održavanjem (orezivanjem). U konačnici, na zatvorenoj površini odlagališta planira se podići šuma kao konačna namjena tog prostora. Prema tome, nakon sadnje djetelina i trava, obavlja se sjetva i sadnja pionirskih vrsta drveća i grmlja kako bi se u određenom vremenskom periodu uspostavili što bolji uvjeti za pojavu gospodarski vrjednijih vrsta (poput hrasta).

6.3.2. Monitoring

Nadzor odlagališta nužno je provoditi tijekom radova na sanaciji te nakon zatvaranja i konačne prenamjene prostora. Monitoring je potrebno provoditi najmanje 20 godina nakon zatvaranja kako bi se spriječili problemi vezani uz oštećenje odlagališta (brtveni slojevi, drenažni sustav) te onečišćenje okoliša. Na zatvorenom odlagalištu prate se sljedeći parametri: meteorološki podaci (oborine, temperature, vjetrovi), kvaliteta podzemne vode (pomoću dvije bušotine; na mjestu otjecanja i na mjestu dotjecanja vode), procjedne vode (fizikalno-kemijske karakteristike te dinamika nastajanja) i emisija plinova. Također je potrebna i stalna kontrola sastava i količine otpada na odlagalištu te eluata za tehnološki otpad (Idejni projekt sanacije odlagališta s nastavkom odlaganja i planom zatvaranja na lokaciji „Jerovec“ – Ivanec, 2005).

7. ZAKLJUČAK

U Republici Hrvatskoj trenutno postoji nekoliko različitih projekata koji se bave problematikom gospodarenja otpadom što pokazuje interes struke vezan uz navedenu tematiku. Potrebno je osigurati adekvatnu podršku državnih institucija koje su nadležne za područje gospodarenja otpadom, pri čemu se prvenstveno misli na Ministarstvo zaštite okoliša i prirode (u daljnjem tekstu: MZOIP) koje bi trebalo poticati sustavno i cjelovito gospodarenje otpadom. Također je potrebno izraditi i usvojiti strateške dokumente iz kojih će biti jasno vidljiv plan gospodarenja otpadom u sljedećih nekoliko godina kako bi se mogla provesti evaluacija napretka u području gospodarenja otpadom. U lipnju 2016. na internetskim stranicama MZOIP-a objavljen je nacrt Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2016. – 2022. koji još uvijek nije usvojen od strane Vlade RH, a njegovo usvajanje od izuzetne je važnosti jer sadrži smjernice i rokove za sve procese koji su povezani uz gospodarenje otpadom. Osim toga, u gospodarenju otpadom potrebno je proučavati pozitivne primjere iz razvijenijih zemalja te poticati suradnju kako bi se olakšala primjena u našoj zemlji.

Dodatno, trenutno je u projektima koji se bave izgradnjom i sanacijom odlagališta premala važnost pridana procesu rekultivacije i biološke sanacije, kao njenom bitnom dijelu, što je razumljivo jer su u projekte najčešće uključeni stručnjaci iz područja građevinarstva kojima navedeni postupak nije dovoljno poznat. Kako bi se smanjila erozija tla, pridonijelo estetici krajolika prilagodbom saniranog odlagališta postojećoj okolini te podigle kvalitetne sastojine gospodarskih vrijednih vrsta drveća (ukoliko je krajnji cilj sanacije podizanje visoke šume), važno je uključiti stručnjake iz područja šumarstva i urbanog šumarstva u procese rekultivacije i biološke sanacije, to jest odabir odgovarajućih biljnih vrsta, jer posjeduju potrebno znanje iz područja poput pedologije, dendrologije i krajobrazne ekologije. Dakle, prilikom izrade projekata vezanih uz gospodarenje otpadom potrebno je poticati suradnju znanstvenika iz različitih područja jer je proces sanacije odlagališta dugotrajan i kompleksan te je potrebno znanje i iskustvo različitih profila stručnjaka.

Na kraju, potrebno je i saslušati mišljenje šire javnosti, a pogotovo građana koji stanuju u neposrednoj blizini odlagališta otpada kako bi se ono što bolje prilagodilo potrebama društva i zajednice, a u cilju postizanja cjelovite i svrsishodne sanacije odlagališta.

8. LITERATURA

1. Barčić, D., Španjol, Ž., Vujanić, V., Rosavec, R. (2005), Problematika zaštite voda i mora u Republici Hrvatskoj, Šumarski list, 129 (11-12): 611-622, Zagreb.
2. Barčić, D., Ivančić V. (2010), Utjecaj odlagališta otpada Prudinec/Jakuševec na onečišćenje okoliša. Šumarski list br. 7 – 8 / 2010, Zagreb.
3. Fundurulja, D., Mužinić, M. (2004), Stanje odlagališta otpada u Republici Hrvatskoj (srpanj, 2004. godine). U: Milanović, Z. (ur.), VIII Međunarodni simpozij gospodarenja otpadom, Gospodarstvo i okoliš d.o.o., 47-59, Zagreb.
4. Golubić, S. (2006), Perspektive i mogućnosti odlaganja otpada na području Međimurske županije na primjeru odlagališta „Totovec“. Šumarski list, br. 1 – 2, CXXX (2006), Zagreb.
5. Hrnčić, M., Hrnčić, V. (2011), Prilog izgradnji brtvenih sustava na odlagalištu otpada. Tehnički glasnik, Vol. 5 No. 2 Prosinac 2011, Koprivnica.
6. Jahić, M., Fundurulja, D., Orašanin, R., Novak Mujanović, S. (2000-2001), Tehnički paramteri izbora lokacije za sanitarni deponij (odlagalište otpada) – sadašnji projekt u Puli. Naš Krš XX-XXI, 33-34, Sarajevo.
7. Kalambura, S., Racz, A. (2015), Održivo gospodarenje otpadom. Zdravstveno veleučilište, Zagreb.
8. Margeta, J., Prskalo, G.(2006), Izbor lokacije za sanitarno odlagalište. Građevinar, 58 (2006) 12, 997-1008, Zagreb
9. Milanović, Z. (1992), Deponij – trajno odlaganje otpada, JP „Zbrinjavanje gradskog otpada“, 199 str., Zagreb.
10. Neumann, U. (2000), Njemačka iskustva s rekultiviranjem deponijskih površina. Gospodarstvo i okoliš, br. 44, 256-261, Zagreb.
11. Nonveiller, E. (1979), Mehanika tla i temeljenje građevina. Školska knjiga, Zagreb.
12. Oreščanin, V., Ruk, D., Kollar, R., Lovrenčić Mikelić I., Nad, K., Mikulić, N. (2011), A Combined Treatment of Landfill Leachate Using Calcium Oxide, Ferric Chloride and Clinoptilolite. Journal of Environmental Science and Health, Part A. Toxic / Hazardous Substances and Environmental Engineering, 46 (3), 323-328.
13. Oreščanin, V. (2014), Procjedne vode odlagališta otpada – kemijski sastav, toksični učinci i metode pročišćavanja. Hrvatske vode, 22(2014), 87/1-12, Zagreb.

14. Ruk, D. (2012), Kemijska i genotoksična svojstva procjednih voda prije i nakon obrade mikrovalovima i elektrokemijskim metodama. Doktorska disertacija, PMF, Zagreb, 101 str.
15. Samokovlija Dragičević. J. (2010), Uvjeti za gradnju odlagališta otpada. Građevinar 62:345-351, Zagreb.
16. Schaller, A., Subašić, D. (2004), Odlaganje i stanje odlagališta otpada u Republici Hrvatskoj – pokazatelji brige lokalne zajednice za okoliš. U: Milanović, Z. (ur.), VIII. Međunarodni simpozij gospodarenja otpadom, Gospodarstvo i okoliš d.o.o., 19-32, Zagreb.
17. Vujović, D., Čalopek, M., Novosel, M., Anić Vučinić, A, (2014), Sastav odlagališnog plina na odlagalištu otpada Prudinec / Jakuševec. Inženjerstvo okoliša (2014) Vol. 1 No. 1., Zagreb.
18. Plan gospodarenja otpadom za razdoblje od 2007. do 2015. godine (Narodne Novine 85/2007, 126/2010 i 31/2011).
19. Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (Narodne Novine 114/15).
20. Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske (Narodne Novine 130/05).
21. Zakon o održivom gospodarenju otpadom (Narodne Novine 94/13).
22. Zakon o otpadu (Narodne Novine 178/04)
23. AZO – Agencija za zaštitu okoliša (2016). http://www.azo.hr
24. Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost (2016) Odlagališta otpada i sanacije. http://www.fzoeu.hr/hr/gospodarenje_otpadom/odlagalista_otpada_i_sanacije/, pristupljeno: 9. srpnja, 2016.
25. Geotekstili (2016) Prospekt geosintetici http://www.geotekstili.com/pdf/Prospekt_geosintetici.pdf, pristupljeno: 1. srpnja, 2016.
26. Građevinski fakultet (2016) Zaštita okoliša. http://www.grad.unizg.hr/predmet/zasoko, pristupljeno 17. lipnja, 2016.
27. Hrvatska Enciklopedija (2016) Reper http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=52488, pristupljeno: 13. srpnja, 2016.
28. Idejni projekt sanacije odlagališta s nastavkom odlaganja i planom zatvaranja na lokaciji „Jerovec“ – Ivanec (2005) Zagreb www.**ivanec**.hr/download/199, pristupljeno: 25. lipnja, 2016.

29. MZOIP – Ministarstvo zaštite okoliša i prirode (2016) Otpad. http://www.mzoip.hr/hr/otpad/otpadxx.html, pristupljeno: 13. srpnja, 2016.
30. MZOIP (2016) Nacrt Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2015.-2021. http://www.mzoip.hr/hr/ministarstvo/vijesti/u-ministarstvu-zastite-okolisa-i-prirode-predstavljen-nacrt-plana-gospodarenja-otpada-za-2015-2021.html, pristupljeno: 16. svibnja, 2016.
31. MZOIP (2016) Nacrt Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2016.-2022. http://www.mzoip.hr/hr/ministarstvo/vijesti/nacrt-plana-gospodarenja-otpadom-rh-u-javnoj-raspravi.html, pristupljeno: 15. srpnja, 2016.
32. RGN – Rudarsko-geološko-naftni fakultet (2016) Površinska odlagališta otpada. http://rgn.hr/~pkvasnic/pkvasnicka_nast.html, pristupljeno: 14. lipnja, 2016.
33. Sirovina (2016) Referentna lista http://www.sirovina.com/referentna-lista/, pristupljeno: 20. srpnja, 2016.
34. Studija ciljanog sadržaja o utjecaju na okoliš za sanaciju i nastavak odlaganja do zatvaranja odlagališta otpada „Jerovec“ – Ivanec (Dubravec) (2005) Zagreb www.**ivanec**.hr/download/201, pristupljeno: 25. lipnja, 2016.