

**UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

Danica Laković, BApp zaštite životne sredine

**PROCJENA MOGUĆNOSTI KOMPOSTIRANJA BIORAZGRADIVOG OTPADA
NA TERITORIJI GLAVNOG GRADA PODGORICA**

MASTER RAD

Podgorica, decembar 2023. godine

**UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

Danica Laković, BApp zaštite životne sredine

**PROCJENA MOGUĆNOSTI KOMPOSTIRANJA BIORAZGRADIVOG
OTPADA NA TERITORIJI GLAVNOG GRADA PODGORICA**

MASTER RAD

Podgorica, decembar 2023. godine

PODACI I INFORMACIJE O MAGISTRANDU

Ime i prezime: Danica Laković
Datum i mjesto rođenja: 20.10.1998. godine, Podgorica
Institucija: Univerzitet Crne Gore - Podgorica
Osnovne studije: 2020. godine

INFORMACIJE O MASTER RADU:

Naziv studija: Zaštita životne sredine
Naziv rada: Procjena mogućnosti primjene kompostiranja biorazgradivog otpada na teritoriji
Glavnog grada Podgorica
Fakultet: Metalurško-tehnološki fakultet

UDK, OCJENA I ODBRANA MASTER RADA

UDK:
Datum prijave rada: 3.6.2022.
Datum prihvatanja teme: 23.6.2022.
Mentor: Prof. dr Jelena Šćepanović, vanredni profesor

Komisija za ocjenu rada:

Prof. dr Biljana Damjanović Vratnica MTF, predsjednik
Prof. dr Jelena Šćepanović, MTF, mentor
Prof. dr Svetlana Perović, PMF, član

Komisija za odbranu rada:

Prof. dr Biljana Damjanović Vratnica MTF, predsjednik
Prof. dr Jelena Šćepanović, MTF, mentor
Prof. dr Svetlana Perović, PMF, član

Lektor: Autolektura

Datum odbrane: 28.12.2023.

IZVOD

Dobro upravljanje otpadom predstavlja osnovni preduslov za očuvanje životne sredine kao i maksimalno iskorišćenje resursa. Samim tim, otpad prevashodno treba tretirati kao resurs čiji potencijal treba na najbolji način upotrijebiti. Kako na teritoriji Glavnog grada Podgorica, ne postoji rješenje za tretman biorazgradivog otpada, neophodno je izanalizirati da li postoji potencijal za izgradnju kompostane u cilju tretmana biootpada.

Dostupnost i primjena modernih tehnologija od ključne su važnosti za tretiranje otpada iz domaćinstava čime bi se ostvarili brojni benefiti. Reciklaža otpada umnogome doprinosi poboljšanju stanja životne sredine i smanjuje količinu trajno deponovanog otpada.

Cilj ovoga istraživanja predstavlja mogućnost iskorišćenja biorazgradivog otpada putem procesa kompostiranja, kao jedne od najstarijih metoda reciklaže.

U Podgorici, kao i u mnogim drugim gradovima širom svijeta, problem upravljanja biorazgradivim otpadom postaje sve značajniji kako grad raste i urbanizuje se. Organizovano kompostiranje može biti jedno od održivih rješenja za smanjenje količine organskog otpada koji se odlaže na deponije, smanjenje emisija gasova staklene bašte i proizvodnju visokokvalitetnog komposta koji se može koristiti za poboljšanje kvaliteta zemljišta.

Jedan od ključnih aspekata ovog istraživanja je identifikacija potencijalnih lokacija za kompostanu u gradu, uzimajući u obzir geografske, ekološke i socijalne faktore. Takođe, razmotreni su logistički i tehnički aspekti formiranja kompostane, uključujući potrebnu opremu, procese i ljudske resurse kao i mikrobiološke uslove neophodne za pospješivanje procesa kompostiranja u odnosu na temperaturne intervale u Podgorici.

Kroz ovaj master rad i anketu sprovedenu u tom kontekstu dobijeni su rezultati koji ukazuju na potrebu za izgradnjom kompostane u Podgorici, i pružena je osnova za razvoj konkretnih planova i strategija za implementaciju ovog održivog sistema upravljanja biorazgradivim otpadom.

Na temelju sastava otpada sa teritorije Opštine Podgorice, koji je dobijen prikupljanjem i analizom podataka u cilju izrade predmetnog rada, procjenjuje se da ukupna količina biorazgradivog otpada koja je podložna procesu kompostiranja iznosi cca 32 000 tona. Ovaj podatak ukazuje na značajan potencijal za primjenu kompostiranja u Glavnom gradu. S obzirom na rast stanovništva i ubranu urbanizaciju, izgradnja kompostane postaje ključna mjera za rješavanje izazova vezanih uz odlaganje biorazgradivog otpada u budućnosti.

Sprovedenom anketom „**Kompostiranje u Podgorici: Stanje i Perspektive**“ ukazano je na neophodnosti podizanja svijesti javnosti o značaju procesa kompostiranja, odnosno značaju uključivanja stanovništva u postupak implementacije istog.

Kroz poglavlja ovog master rada, detaljnije je istražen svaki od gore navedenih aspekata kao i parametri procesa kompostiranja kako bi se postigli ciljevi istraživanja i razvile konkretnije preporuke i zaključci.

Ključne riječi: *biorazgradivi otpad, kompostiranje, upravljanje otpadom, reciklaža, životna sredina.*

ABSTRACT

Effective waste management is a fundamental prerequisite for environmental preservation and optimal resource utilization. Therefore, waste should be primarily treated as a resource whose potential needs to be maximally exploited. As there is currently no solution for the treatment of biodegradable waste in the territory of the Capital City Podgorica, it is essential to analyze whether there is potential for the construction of a composting facility for biowaste treatment. The availability and application of modern technologies are crucial for treating household waste, leading to numerous benefits. Waste recycling significantly contributes to improving environmental conditions and reducing the amount of permanently deposited waste. The aim of this research is to explore the possibility of utilizing biodegradable waste through the composting process, one of the oldest recycling methods. In Podgorica, as in many other cities worldwide, the issue of managing biodegradable waste becomes increasingly significant as the city grows and urbanizes. Effective composting represents a sustainable approach to diminish the accumulation of organic waste in landfills, mitigate greenhouse gas emissions, and generate premium-quality compost for improving soil health. One of the key aspects of this research is identifying potential locations for a composting facility in the city, considering geographical, ecological, and social factors. Logistic and technical aspects of establishing the composting facility, including necessary equipment, processes, human resources, and microbiological conditions required to enhance the composting process concerning temperature intervals in Podgorica, were also considered. Through this master's thesis and the conducted survey in this context, results have been obtained indicating the need for building a composting facility in Podgorica. It provides the foundation for developing concrete plans and strategies for implementing this sustainable biodegradable waste management system. Based on the waste composition from the territory of the Municipality of Podgorica, obtained through data collection and analysis for this thesis, it is estimated that the total amount of biodegradable waste suitable for composting is approximately 32,000 tons. This data highlights a significant potential for composting in the Capital City. Given the population growth and rapid urbanization, the construction of a composting facility becomes a key measure to address challenges related to biodegradable waste disposal in the future. The conducted survey "Composting in Podgorica: Current State and Perspectives" emphasized the necessity of raising public awareness about the importance of the composting process and involving the population in its implementation. Throughout the chapters of this master's thesis, each of the above-mentioned aspects and composting process parameters have been explored in detail to achieve the research goals and develop more concrete recommendations and conclusions.

Keywords: biodegradable waste, composting, waste management, recycling, environment.

IZJAVA O AUTORSTVU

Kandidat: Laković Danica

Na osnovu člana 22 Zakona o akademskom integritetu, ja, dolje potpisani/potpisana

IZJAVLJUJEM

pod punom krivičnom i materijalnom odgovornošću da je master rad pod nazivom

**„ PROCJENA MOGUĆNOSTI KOMPOSTIRANJA BIORAZGRADIVOG
OTPADA NA TERITORIJI GLAVNOG GRADA PODGORICA“**

rezultat sopstvenog istraživačkog rada, da nijesam kršio/kršila autorska prava i koristio/koristila intelektualnu svojinu drugih lica i da je navedeni rad moje originalno djelo.

U Podgorici,

Potpis studenta

SADRŽAJ

Izvod	4
Abstract	6
Popis slika	9
Popis tabela	10
Uvod	11
1. Proces kompostiranja	12
1.1. Parametri koji utiču na proces kompostiranja.....	13
1.2. Mikroorganizmi u procesu kompostiranja.....	17
2. Moderne tehnologije kompostiranja	19
2.1. Zone postrojenja tretmana kompostiranja	26
3. Posljedice neadekvatnog odlaganja biorazgradivog otpada	28
4. Pregled trenutnog stanja upravljanja biorazgradivim otpadom i legislativa u Crnoj Gori	29
5. Metodologija ispitivanja	34
5.1. Prikaz trenutnog količinskog stanja otpada na lokalitetu Deponije „Livade“	34
5.2. Morfološki sastav otpada sa teritorije Glavnog grada Podgorica	37
5.3. Kompatibilnost temperature u Crnoj Gori za pospješivanje procesa kompostiranja ...	39
5.4. Model sakupljanja biorazgradivog otpada na teritoriji Glavnog grada Podgorica	41
5.5. Procjena uslova i pogodnosti izgradnje kompostane u Podgorici.....	44
5.6. Opravdanosti primjene procesa kompostiranja metodom naslage/gomile – okretanje (eng. Window/pile composting – turning).....	45
5.7. Predlog lokacije za izgradnju kompostane sa prikazom objekta	47
5.7.1. Elementi planirane kompostane u Podgorici	50
5.8. Rezultati ankete “Kompostiranje- stanje i perspektive”	52
Zaključci	56
Literatura	57
Prilog	59

Popis slika

Slika 1.1 Šematski prikaz procesa kompostiranja	13
Slika 1.2 Šematski prikaz razgradnje organskog materijala	18
Slika 2.1. Kompostiranje metodom naslage/gomile – okretanje.....	21
Slika 2.2. Kompostiranje u vrsti sa aktivnom aeracijom	22
Slika 2.3. Kompostiranje u vrsti, sa pasivnom aeracijom	23
Slika 2.4. Rezervoar za kompostiranje	24
Slika 2.5. Gliste u procesu kompostiranja	25
Slika 2.6. Prijemni prostor u kompostani Kavač	26
Slika 2.7. Prostor za kompostiranje u kompostani Kavač	27
Slika 2.8. Prostor za sazrijevanje i privremeno skladištenje komposta u kompostani Kavač	28
Slika 4.1. Reciklažno dvorište	31
Slika 4.2. Transportna ulazna traka	32
Slika 4.3. Sekundarna sortirna kabina	33
Slika 4.4. Presovani materijal – bale	33
Slika 5.1. Grafički prikaz količine deponovanog biljnog otpada na godišnjem nivou za period 2015. – 2022. godina.....	34
Slika 5.2. Dijagramski prikaz morfološkog sastava otpada.....	36
Slika 5.3. Temperatura vazduha	39
Slika 5.4. Raspodjela percentila količine padavina	40
Slika 5.5. Raspodjela percentila temperature vazduha	40
Slika 5.6. Raspodjela percentila količine padavina	41
Slika 5.7. Tretiranje biorazgradivog otpada do gotovog proizvoda	42
Slika 5.8. Predlog lokacije „Kompostana Podgorica“	48
Slika 5.9. Udaljenost Kompostane Podgorica od naseljenih područja	49
Slika 5.10. Skica Kompostane Podgorica	51
Slika 5.11. Grafički prikaz stečenog obrazovanja ispitanika	52
Slika 5.12. Grafički prikaz vrsta otpada koju ispitanici smatraju pogodnim za kompostiranje.	53
Slika 5.13. Grafički prikaz o spremnosti za selekciju otpada u kućnim uslovima.....	55

Popis tabela

Tabela 1.1. Uticaj veličine čestica na proces kompostiranja	14
Tabela 1.2. Uticaj vlage na proces kompostiranja	15
Tabela 1.3. Uticaj temperature na proces kompostiranja	16
Tabela 1.4. Uticaj aeracije na proces kompostiranja	17
Tabela 2.1. Usporedna procjena kompostiranja In – vessel systems	24
Tabela 5.1. Količina biljnog otpada odlaganog na odlagalištu za biljni otpad, Deponija Livade (kg).....	34
Tabela 5.2. Ukupna količina KO odlaganog na Deponiji Livade (kg).....	35
Tabela 5.3. Morfološki sastav otpada sa prostora Opštine Podgorica	37
Tabela 5.4. Maseni udio biorazgradivog otpada po kategoriji stanovanja	38

UVOD

U savremenom društvu, izazovi vezani za očuvanje životne sredine i održivi razvoj postaju sve urgentniji i kompleksniji. Jedan od ključnih problema je efikasno upravljanje otpadom, posebno onim koji je biorazgradiv. Upravljanje biorazgradivim otpadom predstavlja osnovni preduslov za očuvanje prirodne ravnoteže i maksimalno iskorišćenje resursa. Ovaj otpad, umjesto da se percipira kao teret, može biti ključni resurs za obnovljive procese u cilju unaprjeđenja životne sredine.

Pojam biootpad koji se pominje u Okvirnoj Direktivi o otpadu uključuje isključivo otpad iz bašte i parkova, otpad od hrane iz domaćinstava, restorana, ugostiteljskih i maloprodajnih objekata, kao i sličan biootpad koji se generiše u okviru procesa prerade hrane.^[1]

Neadekvatno postupanje sa biorazgradivim otpadom može da utiče na pojavu štetnih posljedica po životnu sredinu, kao što su zagađenje zemljišta, površinskih i podzemnih voda, ambijentalnog vazduha i na pojavu požara, a samim tim i indirektno odnosno direktno na zdravlje ljudi.

U kontekstu zaštite životne sredine, važno je naglasiti da pravo na čistu i zdravu životnu sredinu predstavlja osnovno ljudsko pravo. Države koje se deklariraju kao ekološki osviještene imaju odgovornost osigurati visokokvalitetnu životnu sredinu za svoje građane. Ovaj rad je posvećen analizi problema upravljanja biorazgradivim otpadom i istraživanju potencijala za njegovu efikasnu obradu kroz proces kompostiranja.

1. PROCES KOMPOSTIRANJA

Kompostiranje je proces koji je veoma važan u upravljanju otpadom zbog mogućnosti dobijanja vrijednog proizvoda. ^[2] Često se navodi da je kompostiranje kao proizvodnja vina, gdje je potrebno uskladiti, tj. uravnotežiti niz međusobno uzajamno povezanih faktora.

Proces kompostiranja je biološka dekompozicija organskih sastojaka u kontrolisanim aerobnim uslovima u stabilan proizvod sličan humusu, može se odvijati spontano ili u kontrolisanim uslovima.^[3]

Materijali koji se mogu podvrgnuti procesu kompostiranja predstavljaju sve one proizvode koji su organskog porijekla čiju razgradnju potpomažu mikroorganizmi (bakterije, aktinomicete, gljive, protozoe itd.). Iako je ovaj vid razgradnje otpada poznat od davnina, danas se najčešće primjenjuje kompostiranje u kontrolisanim uslovima, u cilju bržeg odvijanja kao i poboljšanja kvaliteta dobijenog konačnog proizvoda.

Kompostiranje zapravo predstavlja najstariji vid reciklaže biorazgradivog otpada koji se u koraku sa vremenom i razvojem tehnologija poboljšao.

Osnovni preduslovi za obavljanje procesa kompostiranja je obezbjeđenje potrebne količine $O_{2(g)}$ i $H_2O_{(t)}$, kao i prisustvo mikroorganizama koji vrše razgradnju materija, a nalaze se u materijalu za kompostiranje, vazduhu i vodi. Proces kompostiranja obuhvata oslobađanje $CO_{2(g)}$ i $H_2O_{(g)}$ i toplote pri čemu nastaje kompost, jednačina (1.1):



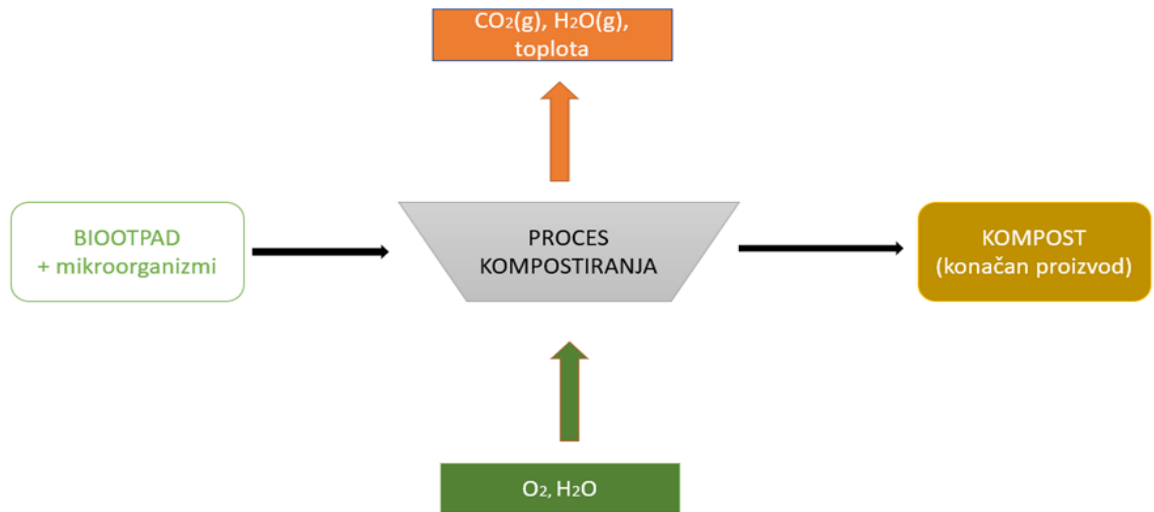
Proces kompostiranja se može podijeliti u četiri glavne faze čija klasifikacija je izvršena u skladu sa temperaturnim varijacijama: ^[4]

- vruća faza (Mesophilic Phase);
- faza očvršćavanja (Thermophilic and Hygienization Phase);
- faza hlađenja (Mesophilic Phase II);
- faza sazrijevanja (Maturarion Phase).

Vruća, odnosno prva mezofilna faza se odnosi na mikroorganizme koji opstaju na temperaturama od 25-45°C, u toku koje dolazi do fizičke razgradnje otpada. Period trajanja se odnosi na period 2-8 dana, pri čemu dolazi do postepenog povećavanja temperature i prelaska na drugu fazu. Period termofilne faze varira od nekoliko dana do nekoliko mjeseci, pri čemu se na visokim temperaturama složene organske materije razlažu na prostije. Metodom aeracije održava se temperatura do 65°C. Opadanjem temperature komposta počinje takozvana faza hlađenja. U ovoj fazi, gljivice imaju veoma bitnu ulogu, jer prerađuju sve one materije koje nijesu preradili mikroorganizmi u prethodnoj fazi. Faza sazrijevanja ima najduži period trajanja koji može da iznosi i do desetak mjeseci od završetka faze hlađenja, koja podrazumijeva

potpuno odumiranje mikroorganizama izloženih mikrobiološkoj konkurenciji. Kraj ove faze podrazumijeva okončanje mikrobiološke aktivnosti.

Kompostiranje se šematski može prikazati na sljedeći način, (slika 1.1):



Slika 1.1. Šematski prikaz procesa kompostiranja

1.1. Parametri koji utiču na proces kompostiranja

Kako se kompostiranje odvija u kontrolisanim uslovima pod stalnim praćenjem, potrebno je dobro poznavati parametre i kontrolisati njihove vrijednosti. Postoji niz faktora koji učestvuju u odvijanju procesa kompostiranja na kvalitetan i pravilan način.

Brzina dobijanja konačnog proizvoda zavisi od nekoliko uzajamno povezanih parametara i to: izvora hrane, disperznosti čestica, vlažnosti, čvrstine strukture, aeracije, miješanja, pH i veličine gomile. [5]

Optimizacija procesa kompostiranja zavisi od sljedećih parametara:

- a) odnos C/N u supstratu;
- b) veličina čestica;
- c) vlažnost;
- d) aeracija;
- e) temperatura;
- f) pH vrijednost.

– Odnos C/N u supstratu

Odnos ugljenika i ostalih hranljivih materija organskog otpada predstavlja kritičan parametar u procesu kompostiranja, imajući u vidu da je za proces kompostiranja ključno djelovanje mikroorganizama kojima je potreban upravo ugljenik za obezbjeđivanje energijom. Pored ugljenika veoma je važno i snadbijevanje azotom prevashodno za ćelijske proteine. Odnos C:N od 25-35:1 se generalno smatra optimalnim. Ukoliko ta vrijednost iznosi ispod 25, može dovesti do gubitka azota iz komposta putem isparavanja amonijaka. Vrijednosti preko 35 dovodi do imobilizacije dostupnog azota u kompostu, usporavajući sam proces razlaganja. ^[6]

– Veličina čestica

Mikrobna aktivnost uslovljena je veličinom čestica. Čestice manjih dimenzija doprinose povećanju specifične površine, što omogućava lakši pristup podlozi. Idealna veličina „matičnog“ materijala za kompostiranje iznosi od 5 do 20 cm, pri čemu njegova početna gustina iznosi od 150 do 250 kg/m³, koja se povećava napredovanjem procesa kompostiranja na vrijednost od 600 do 700 kg/m³. U tabeli 1.1, prikazan je uticaj veličine čestica na proces kompostiranja. ^[4]

Tabela 1.1. Uticaj veličine čestica na proces kompostiranja

Veličina čestica	Mogući problemi		Rješenje
>30 cm	Negativan uticaj na aeraciju.	Materijali većih dimenzija dovode do formiranja kanala, smanjujući temperaturu i usporavajući proces.	Smanjivanje dimenzija čestica na 10-20 cm.
5-30 cm Idealna veličina			
<5 cm	Zbijanje	Čestice manjih dimenzija formiraju pore, koje se pune vodom što dovodi do zbijanja materijala i ograničenog protoka vazduha.	Homogenizovanje čestica.

– Vlažnost

Sadržaj vlage je veoma važan za kompostiranje i može predstavljati ograničavajući faktor ukoliko se ne prati. Povećana vlažnost ometa dostupnost kiseonika, dok u suprotnom dolazi do otežane difuzije rastvorljivih molekula kao i mikrobne aktivnosti što će prouzrokovati usporavanje procesa kompostiranja. Sadržaj vlage u intervalu od 45 do 60%, se uzima kao optimalno dobra vrijednost za proces kompostiranja. U tabeli 1.2, prikazan je uticaj vlage na proces kompostiranja. ^[4]

Tabela 1.2. Uticaj vlage na proces kompostiranja

Procenat vlage	Mogući problemi		Rješenje
<45%	Nedovoljno vlage	Može prouzrokovati zaustavljanje procesa kompostiranja usljed nedostatka vode za mikroorganizme.	Regulisati vlagu dodatkom vode ili svježeg materijala sa većim sadržajem vode (voće, biljni otpad, trava i drugi).
45-60 % Idealni sadržaj vlage			
>60%	Nedovoljno kiseonika	Može doći do formiranja zone anaerobnih uslova.	Dodati materijal sa povećanim udjelom ugljenika kao što je piljevina, slama ili suvo lišće.

– pH vrijednost

Optimalna pH vrijednost za većinu bakterija i aktinomiceta iznosi 6,5-8.^[7] Ova vrijednost, takođe, se poklapa i sa konačnom pH vrijednosti zrelog komposta. U početnoj fazi kompostiranja, pH se smanjuje tokom vremena usljed razgradnje lako razgradivih organskih materija od kojih se formiraju organske kiseline. U termofilnoj fazi se produkuje amonijak, usljed razgradnje amina, što uzrokuje povećanje pH vrijednosti komposta. Tokom faze hlađenja dolazi do ponovnog opadanja date vrijednosti usljed smanjene aktivnosti mikroorganizama, dok u završnoj fazi sazrijevanja, pH vrijednost se stabilizuje i dostiže neutralnost.

– Temperatura

Temperatura kompostne mase naglo raste iznad ambijentalne usljed mikrobioloških aktivnosti. Kompostiranje je egzotermni proces usljed kog se proizvodi velika količina energije, od čega približno 45% mikroorganizmi koriste za sintezu ATP-a, dok se preostala energija gubi u obliku toplote u masi komposta.^[7] Najaktivnija mikrobna aktivnost je u prvoj, mezofilnoj fazi na temperaturi 35-45°C. Do snižavanja temperature kompostne gomile dolazi na kraju druge mezofilne faze usljed smanjenja mikrobne aktivnosti. U tabeli 1.3, prikazan je uticaj temperature na proces kompostiranja. ^[4]

Tabela 1.3. Uticaj temperature na proces kompostiranja

Temperatura	Mogući problemi		Rješenje
Niska temperatura <35°C		Smanjena metabolička aktivnost mikroorganizama, temperatura opada.	Regulisati vlagu dodatkom vode ili svježeg materijala sa većim sadržajem vode (voće, biljni otpad, trava i drugi).
	Nedostatak materijala	Nedostatak materijala ili neadekvatan oblik gomile kako bi se postigla odgovarajuća temperatura.	Dodatak materijala u gomili za kompostiranje.
	Deficit N	Mikroorganizmima nedostaje potreban N za proizvodnju proteina i enzima, usporavanje njihove aktivnosti.	Dodatak materijala sa visokim sadržajem N, kao što je stajnjak.
Visoka temperatura >70°C	Nedovoljno ventilacije	Temperatura je previsoka i razgradnja je inhibirana usljed neaktivnosti mikroorganizama i njihovog odumiranja.	Dodatkom materijala poput drveta, suve trave i tako dalje.

– Aeracija

Kiseonik je prijeko potreban za mikroorganizme koji vrše razgradnju organskih materija. Iako je vrijednost kiseonika na početku procesa kompostiranja na zadovoljavajućem nivou, čime bi se izbjeglo stvaranje anaerobnih uslova tokom procesa kompostiranja, potrebno je u kontinuitetu vršiti snadbijevanje kiseonikom. Aeracija gomile se vrši miješanjem ili prinudnom aeracijom uduvavanjem vazduha. Optimalan sadržaj kiseonika za aktivnost mikroorganizama mora biti veći od 10%. Tokom termofilne faze, sadržaj kiseonika je najveći, dok opada u fazi sazrijevanja usljed usporavanja mikrobiološke aktivnosti i oslobađanja ugljen-dioksida. U tabeli 1.4, prikazan je uticaj aeracije na proces kompostiranja. ^[4]

Tabela 1.4. Uticaj aeracije na proces kompostiranja

Procenat aeracije	Mogući problemi	Rješenje
<10%	Niska aeracija Nedovoljno isparavanje dovodi do stvaranja prekomjerne vlage i anaerobnog okruženje.	Usitnjavanje materijala kako bi se sanirale pore, samim tim i aeracija.
>10%	Visoka aeracija Stopiranje procesa razlaganja usljed nedostatka vode.	Vlagu sanirati dodavanjem vode ili materijala koji sarži veću količinu vode.

1.2. Mikroorganizmi u procesu kompostiranja

Proces kompostiranja predstavlja složeni uzajamni odnos između organskog otpada, mikroorganizama, vlage i kiseonika. Ovaj proces se zasniva na aktivnosti zajednice različitih grupa mikro- i makroorganizama:^[5]

- mikroorganizmi - bakterije, gljive, aktinomicete, kvasci, alge i virusi;
- mikrofauna - protozoe;
- makrofungi - više gljiva;
- makrofauna - krpelji, crvi, mravi, termiti, pauci, gundelji, stonoge i drugi.

Prilikom kompostiranja, to jeste razlaganja materijala organskog porijekla dolazi do kontinualnog variranja broja kao i vrsta mikroorganizama.

Ostaci hrane i baštenski otpad predstavljaju glavne komponente organskog otpada u komunalnom otpadu. Razlaganje komunalnog otpada na deponije uzrokuje nastajanje gasova staklene bašte. Štaviše, baštenski otpad obično sagorijeva na otvorenom u predgrađu ili ruralnim djelovima, pa kao posljedica toga nastaju različita toksična jedinjenja. Zbog toga organski otpad treba odvojiti od komunalnog otpada i pravilno tretirati. Kućno kompostiranje može predstavljati primjer održive alternative za upravljanje organskim otpadom, dok se proizvedeni kompost može dodati zemljištu radi poboljšanja njegovih karakteristika. Kompostiranje u kanti predstavlja pogodniju opciju za tretman kompostiranja, jer pomaže da kompostna gomila zadrži toplotu i vlagu. Glavne mikrobiološke komponente komposta su bakterije i gljive. Mikroorganizmi potrebni za kompostiranje se nalaze u kompostnoj sirovini, koja može održavati aktivnu mikrobnu populaciju tokom kompostiranja.^[8]

Uloga ovih mikroorganizama u procesu kompostiranja je višestruka. Prije svega, esencijalne bakterije pomažu u odstranjivanju mrtvih materija tako što ih svode na održivo tlo prepuno vrijednih materijala i minerala. Bakterije, takođe, proizvode i vitalne hranljive materije, i kao takve se koriste kao dopuna za ispunjavanje različitih zahtjeva. Moderni napredak u medicini i nauci razvio je oprezan stav prema

bakterijama i prijetnjama koje one predstavljaju. Sve dok su prisutni ostali konkurentski i štetni mikroorganizmi, oni djeluju kao „štit“ prije svega biljkama. Neki mikroorganizmi ubijaju smrtonosne bakterije koje uzrokuju širenje bolesti, prije svega među usjevima.

Mezofilne bakterije su karakteristične za početak procesa kompostiranja sve dok temperatura ne pređe vrijednost od 40°C, kada sa djelovanjem počinju termofilne bakterije. Povećavanjem temperature mikrobna aktivnost opada i mikroorganizmi počinju sa ponovnim djelovanjem nakon hlađenja komposta. U toj fazi, takođe preovladavaju mezofilne bakterije.

Virusi su paraziti koji izazivaju oboljenja životinja, biljaka i čovjeka. Ukoliko se zaraženi biljni materijal podvrgne kompostiranju, količina patogenih virusa se u njemu znatno smanjuje, zahvaljujući pretežno temperaturno-vremenskim uticajima.^[5]

Protozoe su jednoćelijski mikroorganizmi koji se hrane bakterijama, algama i drugim mikroorganizmima, koje su odgovorne za brojnost bakterijske populacije. Nakon hlađenja, kompost postaje pristupačan za veliki broj zemljišnih životinja, koje, uglavnom, imaju veliki uticaj na preradu kompostirajućeg materijala, zahvaljujući njihovoj ulozi u fizičkom drobljenju komposta, kao i u miješanju različitih komponenti komposta.^[5]

Na slici 1.2. predstavljen je grafički prikaz razgradnje organske materije.



Slika 1.2. Šematski prikaz razgradnje organskog materijala

Poznato je da inokulanti komposta ubrzavaju proces razlaganja. U tu grupu, prije svega spadaju celulolitički i lignolitički mikroorganizmi (*Trichinella spiralis*, *Paecilomyces fusisporum*, *Trichoderma viride* i *Aspergillus species*). Inokulacija celulolitičkim gljivama ubrzava proces i doprinosi poboljšanju kvaliteta finalnog proizvoda. Praktična iskustva ukazuju na to da se kombinacijom celulolitičke kulture gljivica (*Trichinella spiralis*, *Paecilomyces fusisporum*, *Trichoderma viride* i *Aspergillus species*) dostigla efikasnost u procesu kompostiranja. Na to je ukazalo smanjenje količine organskog otpada (5-10%), povećanje ukupnog sadržaja azota u kompostu, kao i poboljšanje sadržaja hranljivih materija u njemu.^[6]

2. MODERNE TEHNOLOGIJE KOMPOSTIRANJA

Održiva upotreba prirodnih resursa obuhvata odgovorno rukovanje sa biorazgradivim otpadom iz domaćinstava i agroindustrije, što doprinosi zaštiti okoline i zdravlju ljudi. Izazovi u upravljanju otpadom su se pojačali uslijed industrializacije i porasta stanovništva, a nedostatak finansijskih sredstava dodatno otežava taj proces. Stoga, takav otpad često se smatra bezvrijednim materijalom koji treba odbaciti. Za postizanje održivog upravljanja komunalnim i poljoprivrednim otpadom, ključno je istraživanje novih metoda i primjena inovativnih tehnologija kako bi se otpad pretvorio u koristan bioresurs. Kompostiranje je jedan od načina smanjenja količine organskog otpada i istovremeno smanjenja onečišćenja okoline, dok se dobija vrijedan proizvod.

Proizvodnja organskog đubriva iz otpada hrane putem kompostiranja predstavlja ekološki prihvatljivu i jeftinu alternativnu metodu. Na primjer, 4 miliona tona organske frakcije čvrstog komunalnog otpada je tretirano u 124 postrojenja za kompost u Evropskoj uniji radi proizvodnje organskog đubriva tokom 2006. godine. Slična situacija je i u Holandiji, Španiji i Francuskoj koje su na ovaj način tretirale 24% svog otpada.^[9]

Prilikom kompostiranja neophodno je proizvesti zreo i stabilan kompost u što kraćem vremenskom periodu. U tu svrhu koriste se različiti aditivi, uključujući hemikalije, mikrobe koji rashlađuju, sredstva za povećanje zapremine (slama i lišće), prirodni minerali (zeoliti), kao i biougalj koji se proizvode iz otpadne mase. Upotreba prirodnih zeolita i biougla za optimizaciju procesa kompostiranja je učestalija zbog njihovih jedinstvenih fizičko-hemijskih karakteristika. Zeoliti su prirodni hidratizirani aluminosilikatni minerali porozne strukture koji se odlikuju povećanim kapacitetom izmjene katjona, sorpcijom, koriste se kao sredstvo za povećanje zapremine i molekularno prosijavanje. Mikroporozna struktura zeolita ih čini sposobnim da apsorbuju višak vlage i da na taj način obezbjeđuju aerobne uslove za mikrobe inhibirajući njegovu konverziju u slobodni NH_3 , čija je funkcija da kontroliše mirise i obezbjeđuje aeraciju tokom procesa kompostiranja.^[9]

Uzimajući u obzir prednosti kompostiranja, zaključuje se da se može koristiti za transformaciju organske materije u korisne proizvode koristeći degradativna svojstva makro i mikroorganizama koji se nalaze u matrici zagađivača. Najčešće je zastupljena tehnologija za transformaciju organskog otpada u organsko đubrivo (kompost), čime se recikliraju mineralni hranljivi sastojci (N, P i K) koji se dalje upotrebljavaju u poljoprivredne svrhe. Navedeno čini kompost ozbiljnim konkurentom na tržištu đubriva. Termofilni uslovi povezani sa kompostiranjem pružaju prostor za potpunu higijenu komposta uništavajući patogene organizme prisutne u otpadu. Proces kompostiranja se zasniva na razgradnji i humifikaciji organske materije. Navedeno se može postići samo ukoliko se procesom efikasno upravlja, to implicira da bi se trebalo adekvatno planirati tokom kompostiranja kako bi se proizveli korisni proizvodi ili proizvodi za dodatnom vrijednošću.^[10]

Samim tim, zaključuje se da kompostiranje predstavlja ekološki prihvatljivu metodu koja se može upotrebljavati od domaćinstava do industrijskih pogona, međutim, važno je istaći neophodnost edukacije lokalnog stanovništva radi podizanja svijesti o mogućnostima kompostiranja u domaćinstvu.^[11,12]

Kompost nije samo završni proizvod recikliranja organskog otpada: uz odgovarajuće uslove sa aeracijom ili bez nje, mogu se dobiti i drugi korisni proizvodi (kompostni čaj, kompostni ekstrakt).^[13]

Danas je u upotrebi niz različitih metoda koje se uspješno primjenjuju u svrhu procesa kompostiranja. Odabir odgovarajuće metode se vrši na osnovu više faktora, i to: sastava otpada, površina prostora koja je na raspolaganju za postrojenje, finansijske isplativosti i tako dalje.

Postoji mnogo različitih metoda pogodnih za kompostiranje i to:

1. Kompostiranje metodom naslage/gomile – okretanje (eng. Windrow/pile composting – turning);
2. Kompostiranje u vrsti sa aktivnom aeracijom (eng. Windrow/pile composting – active aeration);
3. Kompostiranje u vrsti, sa pasivnom aeracijom (eng. Windrow/pile composting – passive aeration);
4. Kompostiranje metodom naslage/gomile – statička gomila (eng. Windrow/pile composting – static pile);
5. Kompostiranje u zatvorenim sistemima (eng. In-vessel systems);
6. Vermikompostiranje (eng. Vermicomposting).^[14]

1. Kompostiranje metodom naslage/gomile – okretanje (eng. Windrow/pile composting – turning)

Ova metoda se zasniva na mehaničkom okretanju materijala gdje dimenzije prozora moraju biti u skladu sa opremom koja se koristi za okretanje. Visina gomile (lamele) je obično 2 m, dok je njena širina 3,6 m.

Okretanjem materijala u gomili postiže se:

- ujednačenost mješavine;
- smanjenje mogućnosti za pregrijavanje materijala usljed čega bi se smanjila aktivnost mikroba;
- postizanje optimalne vrijednosti sadržaja vlage;
- veći sadržaj kiseonika koji stimuliše mikrobnu aktivnost.

Kako bi se dostigla željena temperatura od 55°C, tokom prve 2-3 nedjelje preporučuje se okretanje gomila u redovnim intervalima. U ovoj metodi je bitan sam postupak miješanja materijala u gomili, jer njegovim pravilnim miješanjem materijal sa površine se miješa odnosno homogenizuje sa materijalom iz sredine što pospješuje

jednaku razgradnju cjelokupnog materijala. Na slici 2.1. prikazano je kompostiranje metodom okretanja gomile.



Slika 2.1. Kompostiranje metodom naslage/gomile – okretanje
(Izvor: <http://waywardspark.com/organic-compost-program/#comment-172517>)

2. Kompostiranje u vrsti sa aktivnom aeracijom (eng. Windrow/pile composting – active aeration)

Metoda statične gomile se bazira na miješanju kompostnog materijala koji se nakon miješanja postavlja na perforiranu plastičnu cijev ili cijev kroz koju struji vazduh. Propuštanje vazduha zavisi od poroznosti materijala koji se želi kompostirati, kao i veličine gomile. Visina gomile za ovu metodu obično iznosi 8-15 stopa. Ovu metodu karakterišu niski troškovi, dobra kontrola mirisa, visok stepen uništavanja mikroorganizama.

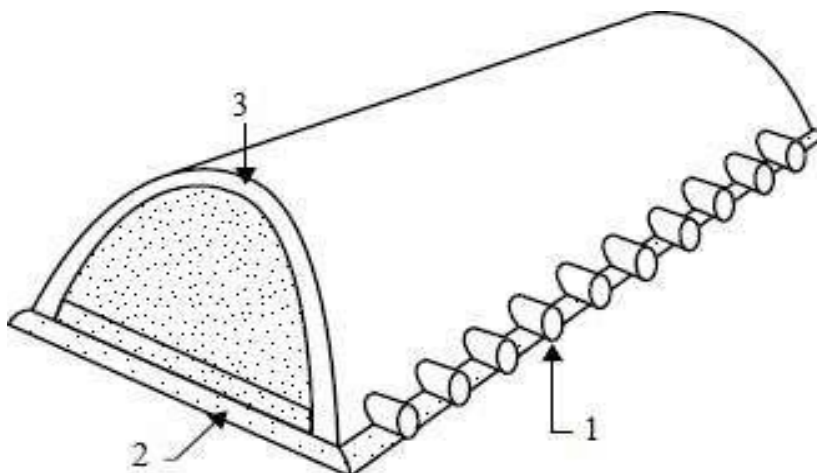
Na slici 2.2. prikazano je kompostiranje u vrsti sa aktivnom aeracijom.



Slika 2.2. Kompostiranje u vrsti sa aktivnom aeracijom
(Izvor: <https://www.trustbasket.com/blogs/composting/aerobic-composting>)

3. Kompostiranje u vrsti, sa pasivnom aeracijom (eng. Windrow/pile composting – passive aeration)

Kompostiranje u vrsti, sa pasivnom aeracijom, poznat kao PAWS (Passive Aeration Windrow System), predstavlja sistem u kojem se vrši postavljanje cijevi za aeraciju ispod gomile, slika 2.3. PAWS omogućava bolju aeraciju od statičkih gomila i može postići veće temperature, ali može biti podložan raznim problemima, posebno ako je miješanje u gomili neadekvatno u neodgovarajućem C-N odnosu ili vlažnosti. Cijevi u gomili otežavaju okretanje gomile što utiče na stepen kompostiranja. ^[14]



Slika 2.3. Kompostiranje u vrsti, sa pasivnom aeracijom

Izvor: (https://www.researchgate.net/figure/Passive-aerated-windrow-Graves-et-al-2010_fig4_321276372)

4. Kompostiranje metodom naslage/gomile – statička gomila (eng. Windrow/pile composting – static pile)

Ova metoda predstavlja najlakši i najjeftiniji način kompostiranja. Ona se zasniva na jednostavnom gomilanju materijala u redove, bez aeracije.

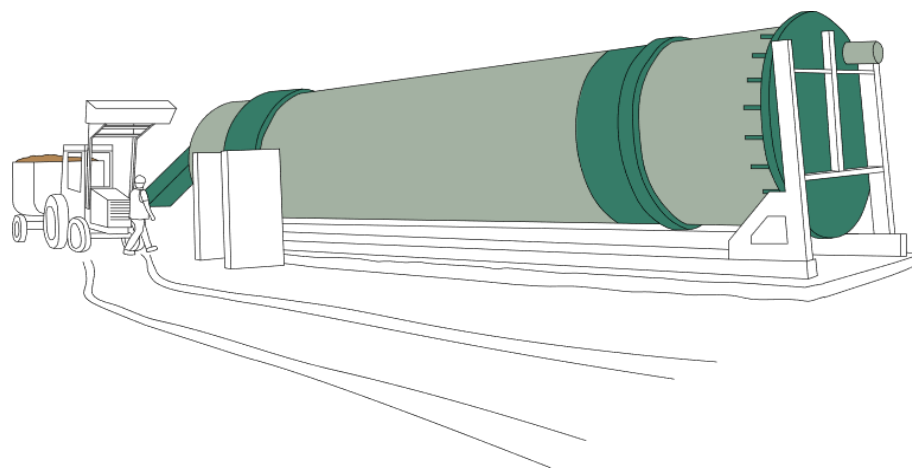
Zbog nedostatka aeracije mogu nastati brojni problemi koji otežavaju sam proces, kao i stvaranje komposta lošijeg kvaliteta. Kod ovakve metode, potrebno je voditi računa o veličinama gomila. Veće gomile neće dozvoliti prodiranje vazduha kroz gomilu što dodatno može uticati i na pregrijavanje gomile. Male odnosno preniske gomile brzo gube toplotu i vlagu što negativno utiče na proces raspadanja.^[15]

5. Kompostiranje u zatvorenim sistemima (eng. In-vessel systems)

Ovaj vid kompostiranja predstavlja novu tehnologiju koja je izazvala veliko interesovanje istraživača, kao i ljudi koji se bave kompostiranjem. Predstavlja zatvoren sistem koji se obavlja u unutrašnjosti kontejnera ili rezervoara (slika 2.4), koji posjeduju sisteme za prečišćavanje izduvnih gasova i mirisa kroz biofiltere. Aeracija se obavlja preko aeracionih pumpi ili samom rotacijom rezervoara. Kako se proces obavlja u zatvorenom prostoru, vlaga se zadržava i lako se održava. Obzirom da spoljašnji faktori ne utiču na sam proces, ovaj vid kompostiranja se može izvoditi bilo gdje, bez obzira na klimu predjela u kom se želi vršiti kompostiranje.

Kompostiranje u zatvorenim sistemima pruža mogućnost smanjenja emisija neprijatnih mirisa koji često prate otvorene kompostere. Ova činjenica je posebno važna ukoliko se uzmu u obzir urbane sredine gdje je neophodno izbjegavati emitovanje neprijatnih gasova/mirisa u okolnu sredinu. Takođe, ovaj vid kompostiranja pruža obradu većih količina otpada bez zauzimanja velikog prostora,

pored toga, može da prihvati bilo koju vrstu otpada (npr. ostatke hrane, meso, životinjsko đubrivo).^[16]



Slika 2.4. Rezervoar za kompostiranje

(Izvor: <https://www.bigcompostexperiment.org.uk/about/about-composting>)

U tabeli 2.1. je prikazano poređenje kompostiranja u zatvorenom sistemu u odnosu na druge metode.^[17]

Tabela 2.1. Uporedna procjena kompostiranja In – vessel systems

Redni broj	Parametri	Kompostiranje u zatvorenom sistemu	Druge metode
1.	Kontrola vlage	DA	NE
2.	Kontrola temperature	DA	NE
3.	Kontrola aeracije	DA	NE
4.	Kontrola izduvnih gasova	DA	NE
5.	Klima *Hladna zemlja *Topla zemlja	MOGUĆE MOGUĆE	NIJE MOGUĆE NIJE MOGUĆE
6.	Ponovna infekcija	NE	DA
7.	Profesionalni rizici	NE	DA
8.	Miris	NE	DA
9.	Potreba za prostorom	MALO	VELIKO
10.	Potrebne vještine	NE	DA
11.	Dizajn	DA	NE
12.	Vrijeme	BRZO	SPORO
13.	Trošak	SLABO	VISOKO

6. Vermikompostiranje (eng. Vermicomposting)

Termin vermikompostiranje predstavlja upotrebu kišnih glista za kompostiranje organskog otpada. Benefiti upotrebe vermikomposta na zemljište su brojni, pored obogaćivanja zemljišta hranljivim nutrijentima, vermikompost održava optimalnu pH vrijednost u zemljištu, suzbija bolesti biljaka, sprečava eroziju, povećava sposobnost tla na zadržavanje vode, pronalazi primjenu u remedijaciji zemljišta...

Kišne gliste mogu da prerade, tj. „pojedu“ svoju tjelesnu težinu na dnevnom nivou, što znači da će 1kg crva potrošiti 1kg otpada, čime dolazi do smanjenja zapremine otpada za oko 50%. Konačan proizvod koji nastaje vermikompostiranjem bogat je makro i mikro nutrijentima, vitaminima, hormonima rasta, enzimima, kao i imobilisanom mikroflorom. Na slici 2.5, dat je prikaz izgleda glista u procesu kompostiranja.

Postoje više metoda vermikompostiranja, neki od njih su:

- prozori;
- kante;
- protočni reaktori;
- korita;
- toranj i jama ili rov.



Slika 2.5. Gliste u procesu kompostiranja

(Izvor:https://www.marktspiegel.de/schwabach/c-lokales/stadt-schwabach-hat-weitere-gruengutcontainer-aufgestellt_a23698)

Crvi koji se najčešće koriste u procesu vermikompostiranja su: *Lumbricus rubellus* (crvena glista), *Eisenia fetida* (gnojni crv), *Lumbricus terrestris* (poznat kao noćni puzavac) i tako dalje.

Kompostiranje predstavlja dobar način i za tretman čvrstog komunalnog otpada, međutim, zaključeno je da kompost dobijen od miješanog komunalnog otpada sadrži određeni procenat teških metala, pa se iz tog razloga ne može koristiti u poljoprivredne svrhe. Takođe, sam nivo hranljivih materija u datom kompostu je ispod granice.^[18]

2.1. Zone postrojenja tretmana kompostiranja

– Prijemni prostor

Prijemni prostor je prostor u kojem se dovozi materijal za kompostiranje otpada. U ovom dijelu se vrši pregled potencijalnog materijala za kompostiranje kao i odvajanje onog otpada koji po katalogu otpada ne predstavlja biorazgradivi otpad. U kompostani Kavač se vrši tretiranje autohtonih biljnih vrsta koje su karakteristične za ovo područje. Otpad koji ne spada u grupu biorazgradivog otpada se odvaja i deponuje na deponiju. Biljni otpad za kompostiranje se tretira, odnosno priprema za sam proces kompostiranja usitnjavanjem uz pomoć mehanizacije (šreder), slika 2.6. Nakon prilagođavanja veličine materijala za kompostiranje, u cilju boljeg odnosa C/N u zavisnosti od sastava izdrobljenog materijala, materijal se može obogatiti sa različitim vrstama organskog otpada. Takođe, u ovom dijelu se vodi računa i o drugim parametrima koji utiču na sam proces kompostiranja (aeracija, temperatura, pH, vlaga...), pa se shodno tome vrši prilagođavanje i provjera navedenih parametara.



Slika 2.6. Prijemni prostor u kompostani Kavač

Prostor za kompostiranje predstavlja zonu u kojoj se odvija proces kompostiranja. Organizacija i oprema ovog prostora zavise od izbora metode kompostiranja. Za ovu zonu je potrebno obezbijediti adekvatan prostor i neophodnu mehanizaciju. U slučaju kompostane Kavač, primjenjuje se aerobno kompostiranje u gomili, na betonskoj podlozi koja je natkrivena nadstrešnjicom, slika 2.7. U blizini ove zone smješten je bazen za prihvatanje otpadnih voda koje se sakupljaju sa podloge kompostiranja, a koje se koriste u povratnom procesu nalivanja gomila kada je to potrebno.



Slika 2.7. Prostor za kompostiranje u kompostani Kavač

– Prostor za sazrijevanje i skladištenje

Prostor za sazrijevanje i skladištenje predstavlja dio u kojem se kompostni materijal nakon faze kompostiranja deponuje u cilju sazrijevanja materijala kao i provjere njegovih hemijskih i fizičkih osobina, slika 2.8. Komunalno Kotor na godišnjem nivou vrši laboratorijsko ispitivanje u akreditovanom centru za ispitivanje, pri čemu se utvrđuje da li je dobijeni kompost 1. kategorije kvaliteta na osnovu Pravilnika o uslovima za preradu biootpada i kriterijumima za određivanje kvaliteta produkata organskog recikliranja iz biootpada („Sl. list Crne Gore“, br.59/13). Za sazrijevanje materijala je potrebna manja površina prostora jer se u prethodnoj fazi zapremina materijala znatno smanjuje.

Faza sazrijevanja traje cca 45 dana. Poslije sazrijevanja dobijeni materijal u ovom slučaju kompost, pakuje se u odgovarajućoj ambalaži nakon čega se skladišti na mjesto predviđeno za skladištenje. Kompostana Kavač još uvijek ne posjeduje pakerice za pakovanje komposta već dobijeni kompost predaje lokalnom stanovništvu radi njegove dalje namjene.



Slika 2.8. Prostor za sazrijevanje i privremeno skladištenje komposta u kompostani Kavač

3. POSLJEDICE NEADEKVATNOG ODLAGANJA BIORAZGRADIVOG OTPADA

Podgorica kao dinamičan grad, suočava se sa rastućim problemom neadekvatnog odlaganja otpada što sa sobom povlači ozbiljne posljedice koje pored ostalog imaju uticaj i na život stanovnika. Otpad koji se nepravilno odlagao na divljim deponijama i neautorizovanim mjestima postao je gorući problem koji zahtjeva hitno rješenje. Pored toga, divlje deponije narušavaju estetiku grada, stvarajući lošu sliku i utičući na turizam.

Neadekvatno odlaganje biorazgradivog otpada može imati ozbiljne posljedice na životnu sredinu, od kojih su ključne:

- Zagađenje vode: Biorazgradivi otpad može biti izvor zagađenja kada dospije u vodena tijela, gdje može izazvati smanjenje kiseonika, eutrofikaciju i prisustvo patogena. Kako bi se spriječilo zagađenje vodenih tijela biorazgradivim

- otpadom, trebaju se primjenjivati rješenja poput smanjenja otpada, razdvajanja otpada i tretmana otpada.^[19]
- Emisija gasova staklene bašte: Kada se biorazgradivi otpad nepravilno tretira, često završava na deponijama, gdje se raspada u anaerobnim uslovima. Tokom ovog procesa, otpad oslobađa metan, koji je jak gas staklene bašte. Metan je oko 25 puta snažniji od ugljen-dioksida kao gas staklene bašte, što znači da njegovo oslobađanje ima značajan uticaj na klimatske promjene.
 - Zagađenje vazduha: Nepravilno odlaganje biorazgradivog otpada, posebno sagorijevanje otpada na otvorenom, može dovesti do značajnog zagađenja vazduha. Sagorijevanje organskog materijala stvara emisije štetnih gasova, uključujući azotne okside, sumpor-dioksid i čestice koje mogu imati negativne efekte na ljudsko zdravlje i kvalitet vazduha.
 - Gubitak resursa: Kada se biorazgradivi otpad nepravilno zbrinjava, određeni broj resursa se gubi. Umjesto da se koriste za proizvodnju komposta koji se može koristiti kao prirodno đubrivo, oni završavaju na deponijama ili se spaljuju, što predstavlja gubitak potencijalno korisnih resursa.
 - Uticaj na životnu sredinu: Oko biorazgradivog otpada stvara se veliki broj mikroorganizama, što može povećati rizik od prenosivih bolesti među ljudima, biljkama i životinjama koje uzrokuju mikroorganizmi.^[20]

4. PREGLED TRENUTNOG STANJA UPRAVLJANJA BIORAZGRADIVIM OTPADOM I LEGISLATIVA U CRNOJ GORI

Politiku upravljanja otpadom Crna Gora je otpočela donošenjem Nacionalne politike upravljanje otpadom, 2004. godine. Tokom 2005. godine urađen je Strateški master plan za upravljanje otpadom i usvojen Zakon o upravljanju otpadom. Usljed procjene da ne postoje uslovi za njegovu implementaciju, primjena Zakona o upravljanju otpadom je odložena za 2008. godinu, a i za 2010. godinu. Kako su se detektovali razni problemi implementacije ovog Zakona u praksi, izvršena je izrada novog Zakona u toku 2011. godine, koji je u toku iste i usvojen.

U cilju uspostavljanja integralnog sistema upravljanja biootpadom, Crna Gora je proteklih godina usvojila sljedeće:^[21]

- Osnovni Zakon o upravljanju otpadom („Službeni list Crne Gore“, br. 64/2011);
- Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o upravljanju otpadom („Službeni list Crne Gore“, br. 39/2016);
- Set odgovarajućih podzakonskih akata, čime je uspostavljen solidan pravni okvir.

Institucionalni okvir u oblasti upravljanja biorazgradivim otpadom

U oblasti upravljanja otpadom učestvuje niz institucija koje praktično implementiraju zakone i podzakonske akte koji se odnose na upravljanje otpadom:

- Ministarstvo turizma, ekologije, održivog razvoja i razvoja sjevera;
- Agencija za zaštitu životne sredine (Environment protection Agency of Montenegro);
- Monstat;
- Komunalna preduzeća u Podgorici – „Čistoća“ DOO, Deponija „Livade“;
- Uprava za inspeksijske poslove.

Pretpostavlja se da će gore navedeni Zakoni i podzakonski akti proći kroz određene dopune kako bi se dopunili sa propisima koji nedostaju, uz pomno praćenje izmjena određenih propisa koje će se dešavati na nivou EU.

„Čistoća“ d.o.o. - Podgorica obavlja sakupljanje, transport i predaju otpada ovlašćenom licu za tretman i skladištenje, u ovom slučaju deponiji „Livade“. „Čistoća“ d.o.o. vrši sakupljanje otpada iz posuda za „suvu“ i mokru“ frakciju, korpi, kontejnera od 5 ili 7 m³ za odlaganje biorazgradivog otpada.

Pod rukovodstvom Čistoće nalazi se i šest reciklažnih dvorišta i to – RD Zabjelo, RD Tološi, RD Donja Gorica, RD Zlatica, RD Konik, iako je zvanično druga Opština otpadom sa teritorije Zete će i dalje upravljati „Čistoća“ d.o.o. u saradnji sa pomenutom Opštinom (RD Goričani). Na reciklažnim dvorištima, slika 4.1. građani mogu besplatno odložiti pojedine vrste opasnog i neopasnog otpada koji mora biti pravilno razvrstan.

Takođe, na reciklažnim dvorištima se može odložiti i biljni otpad, izuzev na reciklažnom dvorištu Goričani, obzirom da u blizini postoje privremena odlagališta za biljni otpad na više lokacija.

Lokacije na kojima su izgrađena privremena odlagališta za biljni otpad u Opštini Zeta su: Goričani, Berislavci, Balabani, Srpska, Golubovci, Mahala, Mojanovići i Vukovci.



Slika 4.1. Reciklažno dvorište

Prema Elaboratu o postavljanju posuda za sakupljanje komunalnog otpada na teritoriji Glavnog grada za 2021. godinu prazni se ukupno 589 posuda (250 posuda za „suvu frakciju i 339 posuda za mokru frakciju) čija je zapremina 1.1m^3 , a koji su pozicionirani na 223 mikrolokacije.

Osim „Čistoće“ d.o.o. sakupljanje biljnog otpada obavlja i „Zelenilo“ d.o.o. – Podgorica koje vrši održavanje zelenih površina. Na teritoriji Glavnog grada zelene površine zauzimaju prostor od 1.200 ha. Zelenilo održava 20 ha gradskih parkova, 21 ha zelenila u razdjelnim ostrvima i uz saobraćajnice kao i 55 ha blokovskog zelenila. Pored toga, u kontinuitetu Zelenilo održava 180 ha park šuma, zaštitnih pojaseva, 895 ha neuređenih zaštitnih pojaseva i obala rijeka.

Prema podacima, na godišnjem nivou se sakupi cca 15 000 t biljnog otpada, od čega se dio otpada odvozi na deponiju i odlaže na privremenom odlagalištu za biljni otpad, a dio se drobi uz pomoć drobilice. Materijal dobijen drobljenjem biljnog otpada se koristi kao prekrivač u park šumama koji ima za cilj oplemenjivanje zemljišta.

Deponija Livade vrši prihvata otpada iz više Opština, pored Podgorice otpad se dovozi iz Cetinja, Danilovgrada, Tuzi i Zete. Dopremljeni neselektovani komunalni otpad se na deponiji istovara jednim dijelom na sanitarnoj kadi a dio otpada se istovara u prijemnoj zoni gdje se otpad grajferom prebacuje na ulaznu traku slika 4.2.

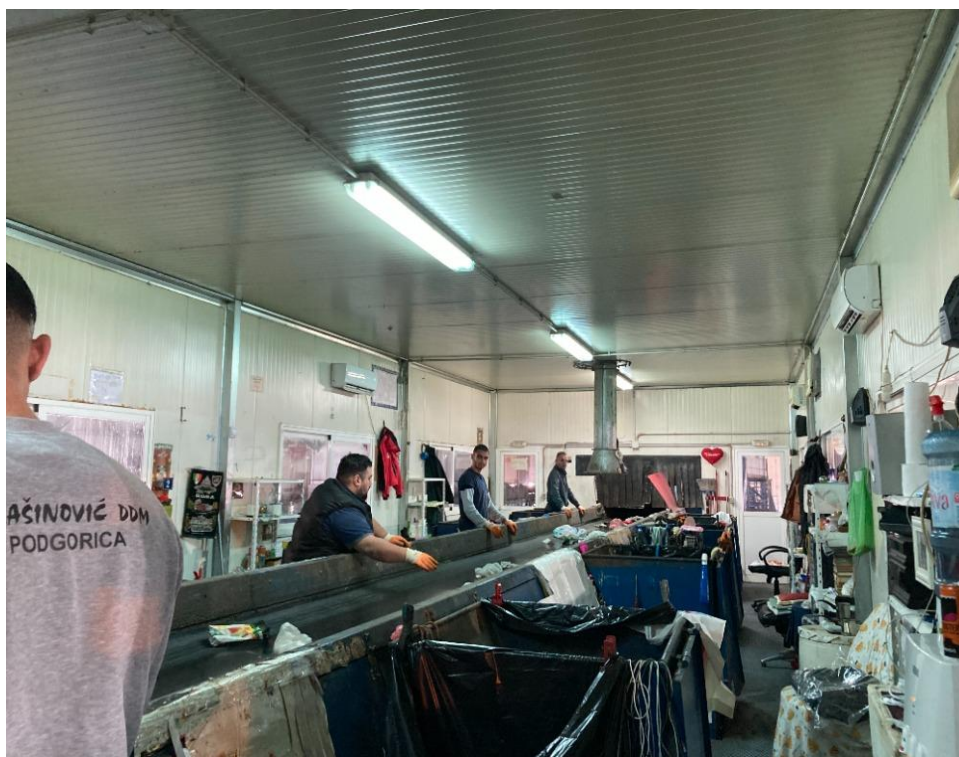


Slika 4.2. Transportna ulazna traka

Sljedeći korak je razdvajanje otpada u primarnoj kabini gdje se izdvajaju gume, karton, staklo, tekstil i kabasti materijal. Nakon primarne selekcije otpad ulazi u rotacioni bubanj na kojem se nalaze šiljci koji obavljaju cijepanje kesa prilikom čega se materijal iz kesa rasipa i prolazi kroz magnet u cilju otklanjanja željeznih komada. Onaj materijal čija je veličina $<90\text{mm}$ se upućuje na presu ili kontejner koji se nakon toga kao organski otpad upućuje na sanitarnu kadu. Otpad većih dimenzija od 90mm se upućuje na dalju selekciju u sekundarnu kabinu, slika 4.3, gdje se vrši odvajanje aluminijskih limenki, PET ambalaže, papira, plastičnih kesa i ostale plastike.

Prilikom izlaska materijala iz sekundarne kabine uz pomoć elektromagneta izdvajaju željezni materijali koji se upućuju na presu zajedno sa željeznim materijalom sa početka selekcije.

Nakon punjenja kapaciteta koševa, materijal se upućuje na višenamjensku presu, gdje se svi selektovani materijali presuju u bale, slika 4.4, koje se skladište na mjesta predviđena za to.



Slika 4.3. Sekundarna sortirna kabina

U okviru deponije „Livade“ nalazi se i Privremeno odlagalište za biljni otpad na kojem se vrši njegovo skladištenje bez tretmana.



Slika 4.4. Presovani materijal – bale

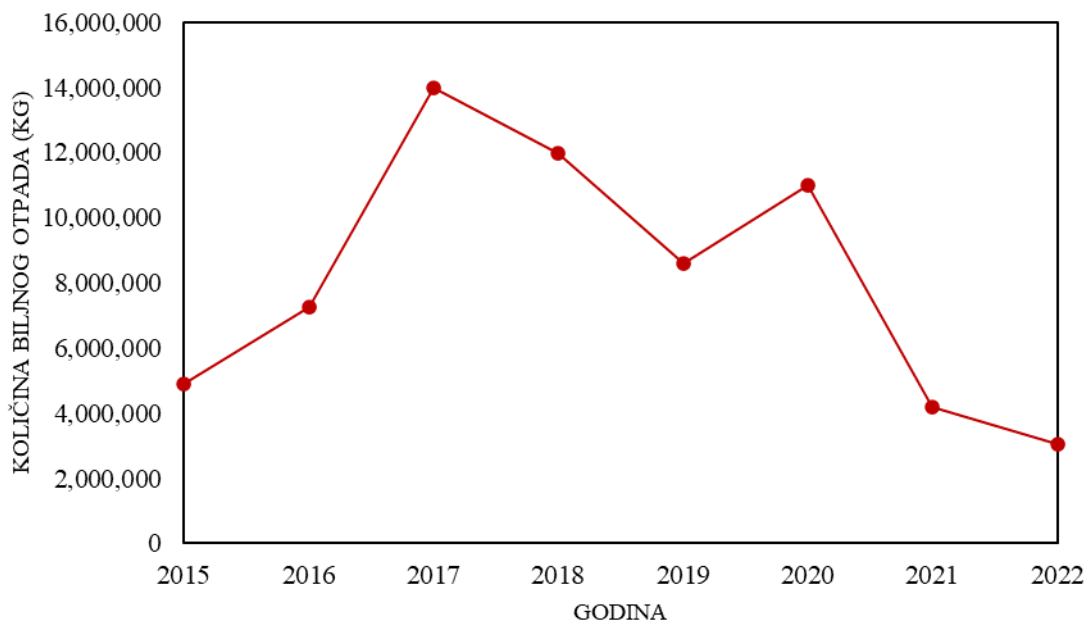
5. METODOLOGIJA ISPITIVANJA

5.1. Prikaz trenutnog količinskog stanja otpada na lokalitetu Deponije „Livade“

U tabeli 5.1, dat je prikaz količine biljnog otpada (kg) koji je odlagan na odlagalištu za biljni otpad na prostoru gradske Deponije „Livade“ po mjesecima na godišnjem nivou (2015. – 2022. godina), dok je na slici 5.1. dat grafički prikaz.

Tabela 5.1. Količina biljnog otpada odlaganog na odlagalištu za biljni otpad, Deponija Livade (kg)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Januar	512,880	718,520	767,860	1,113,060	517,700	700,120	278,860	414,700
Februar	656,260	846,760	1,670,300	1,472,240	1,606,390	1,513,160	1,128,280	857,800
Mart	532,860	530,180	1,739,800	1,220,680	2,202,760	1,407,100	1,115,000	690,580
April	195,980	448,080	1,127,920	1,604,260	1,084,060	1,303,260	287,340	237,980
Maj	293,060	406,700	1,275,560	1,361,580	779,520	991,260	405,160	216,760
Jun	287,380	496,920	1,018,840	1,343,020	550,840	1,021,400	289,460	140,640
Jul	356,300	460,320	817,520	1,053,500	468,320	887,720	161,400	152,340
Avgust	296,620	383,820	866,360	657,720	404,620	853,540	95,520	115,900
Septembar	420,540	629,560	1,336,480	554,840	430,620	810,040	116,240	98,580
Oktobar	520,360	790,440	1,425,300	795,800	258,160	711,680	128,020	92,080
Novembar	508,940	710,160	1,231,600	516,060	207,080	449,720	107,980	49,600
Decembar	329,000	855,260	725,180	288,000	100,200	346,120	86,060	
UKUPNO	4,910,180	7,276,720	14,002,820	11,980,760	8,610,270	10,995,120	4,199,320	3,066,960



Slika 5.1. Grafički prikaz količine deponovanog biljnog otpada na godišnjem nivou za period 2015. – 2022. godina

Iz tabele 5.1. vidi se da je najveća količina biljnog otpada deponovana 2017. godine, dostižući svoj maksimum od 1425300 kg u oktobru. Primjetno je da prije 2017. godine količina biljnog otpada koja se deponuje na odlagalištu za biljni otpad (Deponija „Livade“), doživljava konstantan rast, nakon čega ta količina počinje da opada uz variranje 2020. godine. Uočava se i da se količina biljnog otpada koja se deponuje na datoj deponiji znatno smanjuje u toku 2022. godine, dostižući minimalnu izmjerenu količinu otpada u datom rasponu od 3066960 kg, uzimajući u obzir to da mjerenje iz decembra ne bi prouzrokovalo značajnije varijacije u datim ciframa.

Zbirna količina deponovanog KO na Deponiji Livade, prikazana nam je u tabeli 5.2.

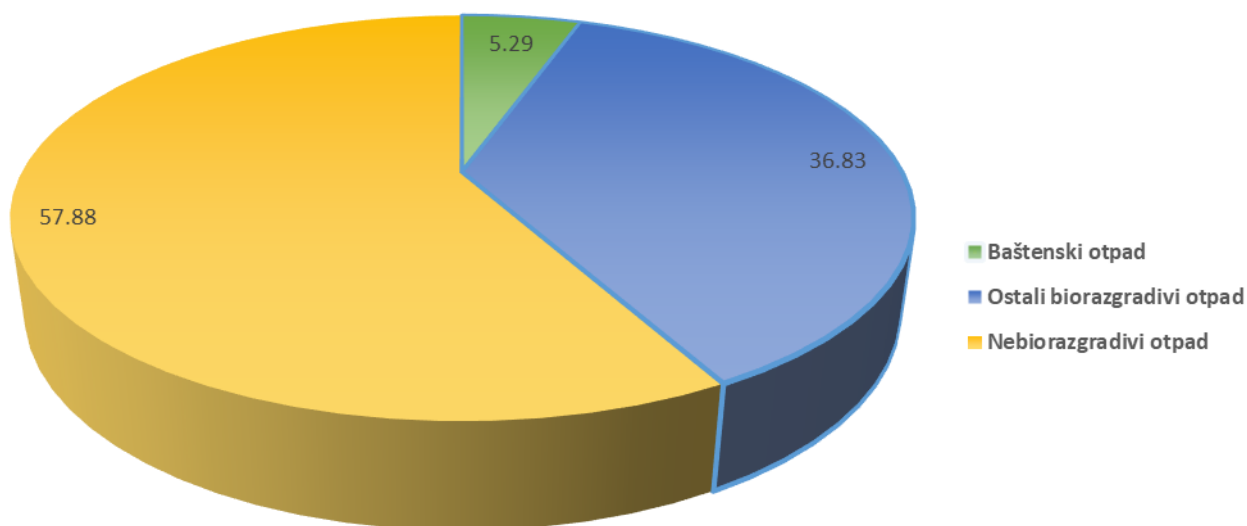
Tabela 5.2. Ukupna količina KO odlaganog na Deponiji Livade (kg)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Januar	5,678,240	5,445,340	5,506,460	6,213,740	6,021,180	6,037,100	6,416,440	6,041,380
Februar	5,472,920	5,554,160	5,633,500	5,804,300	5,900,430	6,059,700	5,803,920	5,816,880
Mart	6,513,440	6,331,100	6,272,040	7,063,340	6,294,660	6,811,640	6,203,880	6,472,420
April	6,714,240	6,108,780	5,991,960	6,758,760	6,630,900	6,123,100	6,350,040	6,551,220
Maj	6,768,000	6,136,120	6,088,060	6,750,480	6,890,340	6,598,640	6,465,340	6,691,220
Jun	5,765,120	6,132,780	6,366,900	6,644,280	6,732,420	6,426,680	6,212,620	6,515,140
Jul	5,763,360	6,395,000	7,235,520	7,224,720	7,204,580	6,821,640	6,813,540	6,717,220
Avgust	5,787,320	6,133,820	7,059,900	6,899,440	7,185,640	6,657,400	6,843,900	6,721,660
Septembar	5,677,880	6,453,840	6,609,780	6,831,060	6,888,840	6,493,780	6,539,880	6,945,920
Oktobar	6,236,480	7,267,580	6,846,740	7,274,280	7,118,540	7,229,660	6,728,040	6,983,560
Novembar	5,805,060	6,829,280	6,781,520	6,957,000	7,480,320	6,299,420	6,791,009	7,006,500
Decembar	5,782,340	6,342,560	7,306,960	7,005,480	7,420,680	6,827,760	7,129,940	
UKUPNO	71,964,400	75,130,360	77,699,340	81,426,880	81,768,530	78,386,520	78,298,540	72,463,120

Ukupna količina komunalnog otpada nastalog u Podgorici u toku 2021. godine iznosi 78,298,540 kg (tabela 5.2.). Uzimajući u obzir prosjek kolektivnog, individualnog i ruralnog sektora (tabela 5.3.), morfološki sastav date količine otpada iznosi 42,12% biorazgradivog otpada od čega (slika 5.2.):

- 5,29% baštenskog otpada;
- 36,83% ostalog biorazgradivog otpada.

Ukupna količina biorazgradivog otpada za 2021. godinu prema morfološkom sastavu iznosi 28837352 kg, dok količina baštenskog otpada iznosi 4414992 kg. Shodno tome, ukupna količina biorazgradivog otpada za 2021. godinu koji bi se mogao podvrgnuti procesu kompostiranja iznosi 32979344 kg.



Slika 5.2. Dijagramski prikaz morfološkog sastava otpada

Ovaj set podataka pruža osnovu za razmatranje strategija i politika koje bi mogle poboljšati efikasnost upravljanja biorazgradivim otpadom. Moguće je razvijanje programa za podsticanje građana na odvajanje otpada, dodatno obrazovanje o važnosti kompostiranja kao i unaprjeđenje infrastrukture za recikliranje, kako bi se postigla održivija budućnost u pogledu upravljanja otpadom.

Ukupna količina biorazgradivog otpada prema projekciji u odnosu na morfološki sastav otpada iznosi 28837352 kg za 2021. godinu što označava značajan iznos organskog otpada koji se generiše tokom jedne godine. Ovaj podatak je ključan sa aspekta razumijevanja obima izazova u pogledu upravljanja organskim materijalom.

5.2. Morfološki sastav otpada sa teritorije Glavnog grada Podgorica

U okviru Izvještaja o količinama i morfološkom sastavu otpada („Report on quantities and morphological composition of waste for 16 representative municipalities“), vršena je analiza morfološkog sastava otpada predmetne lokacije.

^[22] Metodologija ispitivanja se bazira na dva ispitivanja:

- mjerenje količine generisanog otpada u Opštini Podgorica;
- uzorkovanje i analiza morfološkog sastava za Opštinu Podgorica.

U svrhu uzorkovanja i analiziranja morfološkog sastava izuzeto je 500 kg otpada. Uzorci su uzeti iz dva tipa urbanih zona: individualno i kolektivno stanovanje, kao i ruralne zone u okviru Opštine.^[22] Morfološki sastav otpada iz datih urbanih zona prikazan je u tabeli 5.3:

Tabela 5.3. Morfološki sastav otpada sa prostora Opštine Podgorica

Podgorica	Maseni udio		
Kategorija otpada	Kolektivno stanovanje (%)	Individualno stanovanje (%)	Ruralni sektor (%)
Biorazgradivi otpad	45,24	40,74	40,42
Papir/karton	29,3	16,21	14,26
Staklo	6,29	7,83	2,44
Metali (crni/obojeni)	1,18	0,62	0,18
Plastika	10,38	12,6	21,12
Tekstil	2,17	1,29	1,32
Pelene	3,55	9,11	4,32
Građevinski materijali	0,00	2,44	8,65
EE otpad	0,11	0,00	0,00
Medicinski otpad	0,40	0,00	2,37

Koža	0,00	0,38	0,00
Drvo	0,37	7,51	0,79
Ostalo	0,00	0,00	2,78
Fina frakcija <10 mm	1,00	1,26	1,35

Na osnovu tabele 5.3, uočava se da najveći maseni udio u ukupnoj količini otpada čini biorazgradivi otpad. Date vrijednosti biorazgradivog otpada ne pokazuju značajna odstupanja u zavisnosti od zone stanovanja. Evidentno je da je procenat električnog i elektronskog otpada odloženog na datoj teritoriji neznan, odnosno, svega 0,11% je pribilježeno iz zone kolektivnog stanovanja, 0,00% iz preostalih zona, što ukazuje na problem pravilnog odlaganja ove vrste otpada.

U okviru biorazgradivog otpada izdvaja se baštenski otpad i drugi biorazgradivi otpad (ostaci hrane), čiji je odnos dat u tabeli 5.4:

Tabela 5.4. Maseni udio biorazgradivog otpada po kategoriji stanovanja

Podgorica	Maseni udio		
Kategorija otpada	Kolektivno stanovanje (%)	Individualno stanovanje (%)	Ruralni sektor (%)
Baštenski otpad	1,91	6,14	7,84
Ostali biorazgradivi otpad	43,33	34,60	32,58

Na osnovu sprovedenih analiza iz tabele 5.4, zaključuje se da je mnogo veći procenat ostalog biorazgradivog otpada, u kom prvenstveno spadaju ostaci hrane u odnosu na procenat baštenskog otpada. Imajući u vidu date procenat može se analizirati C/N, koji je važan parametar za proces kompostiranja. Odnos C/N utiče na brzinu i efikasnost razgradnje organskog materijala u kompostu. Mnogi komposter se pridržavaju pravila „zelenih“ i „smeđih“ materijala. Zeleni materijali su materijali

bogati azotom, brzo se razgrađuju i obezbjeđuju proteine mikroorganizmima uključenim u proces kompostiranja. Smeđi materijali su materijali bogati ugljenikom koji se sporije raspadaju.^[23] Možemo zaključiti, da ako je baštenski otpad dominantan u smjesi biorazgradivog otpada, to bi moglo rezultirati povoljnim C/N odnosom za kompostiranje, jer bi prisustvo azotnih jedinjenja iz ostataka hrane doprinjelo ubrzanju procesa razgradnje. U navedenom u tabeli 5.4, vidimo „nepovoljan“ količinski odnos vrsta otpada, što se najjednostavnije rješava dodavanjem materijala sa nižim odnosom C/N poput stajskog đubriva i sl. jer isti sadrže više azotnih jedinjenja što pospješuje proces kompostiranja.

5.3. Kompatibilnost temperature u Crnoj Gori za pospješivanje procesa kompostiranja

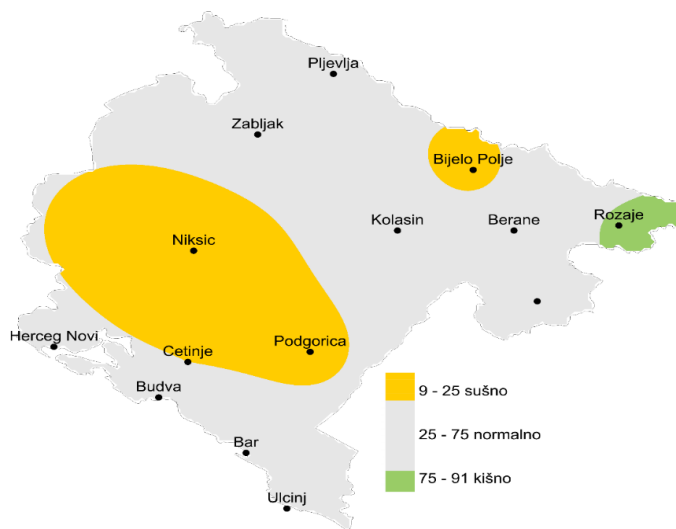
Prva mezofilna faza odnosi se na mikroorganizme koji opstaju na temperaturama 25-45°C, takođe pošto termofilna faza podrazumijeva izrazito visoke temperature, zaključuje se da je jedan od prioritarnih faktora održavanje adekvatne temperature. Mikroorganizmi su najaktivniji, tj. najefikasniji na temperaturi 35-45°C uz idealan sadržaj vlage koja se kreće od 45% do 60%.

Na osnovu godišnjeg izvještaja o temperaturi u Crnoj Gori za 2022. godinu, broj ljetnjih dana, dan kada je maksimalna dnevna temperatura vazduha $\geq 25^{\circ}\text{C}$, se kretao od 36 dana na Žabljaku do 151 dan u Podgorici, dok se broj tropskih dana, dan kada je maksimalna dnevna temperatura vazduha $\geq 30^{\circ}\text{C}$, kretao od 4 dana na sjeveru Crne Gore do 99 dana na jugu, u Podgorici 97 dana i bili su iznad prosječnih vrijednosti, slika 5.3.^[24]



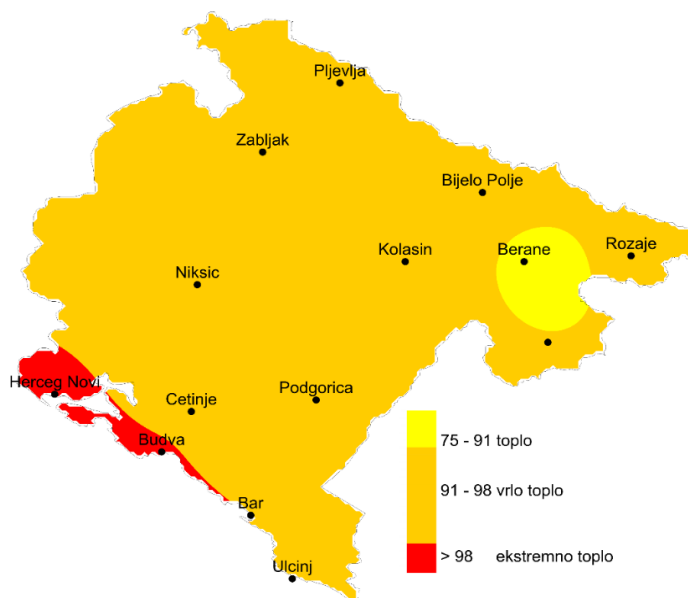
Slika 5.3. Temperatura vazduha
(Izvor: <http://www.meteo.co.me/page.php?id=39>)

Količina padavina na teritoriji Crne Gore, prikazana je na slici 5.4: [24]

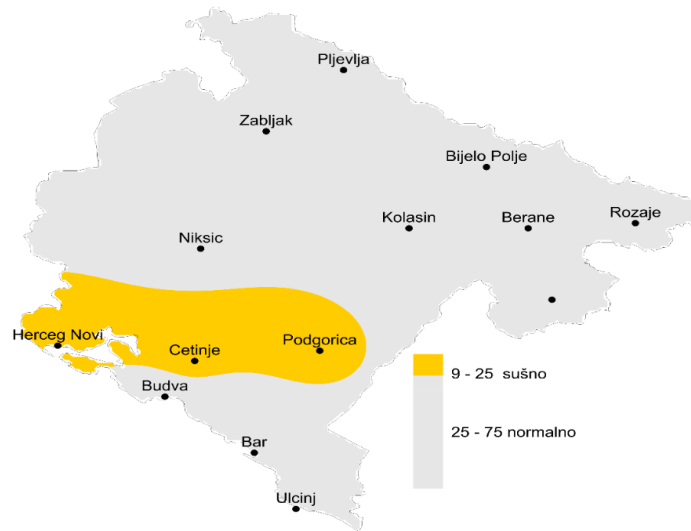


Slika 5.4. Raspodjela percentila količine padavina
(Izvor: <http://www.meteo.co.me/page.php?id=39>)

Temperatura vazduha se kreće u kategoriji toplo, veoma toplo do izuzetno toplog, dok se količina padavina prema raspodjeli percentila kreće se u kategoriji sušno i normalno, slika 5.5,5.6. [24]



Slika 5.5. Raspodjela percentila temperature vazduha
(Izvor: <http://www.meteo.co.me/page.php?id=39>)



Slika 5.6. *Raspodjela percentila količine padavina*
(Izvor: <http://www.meteo.co.me/page.php?id=39>)

Shodno gore navedenim podacima, u kontekstu Podgorice, gdje se temperature kreću oko 32°C, ova tvrdnja sugerise da klimatski uslovi podržavaju optimalne temperature za efikasan proces kompostiranja. Samim tim, mikroorganizmi će u kompostnoj gomili raditi efikasnije, što dovodi do bržeg razlaganja biorazgradivog otpada i proizvodnje kvalitetnog komposta.

5.4. Model sakupljanja biorazgradivog otpada na teritoriji Glavnog grada Podgorica

Crna Gora, to jeste njeni organi državne uprave kao i organi lokalne samouprave, kada je u pitanju tretiranje biorazgradivog otpada, moraju proširiti svoje aktivnosti na:

1. Edukaciju i svijest: ključno je edukovati stanovništvo o važnosti razdvajanja biorazgradivog otpada na samom izvoru i pravilnom postupanju s njim. Kampanje informisanja i edukacije mogu se sprovesti putem medija, školskih programa, javnih događaja i slično, kako bi se promovisala svijest o važnosti održivog upravljanja biorazgradivim otpadom;
2. Infrastruktura za razdvajanje otpada: izgradnja infrastrukture koja podržava razdvajanje otpada na samom izvoru je ključna za uspješno upravljanje biorazgradivim otpadom. Potrebno je osigurati dostupnost posebnih kontejnera za biorazgradivi otpad na javnim mjestima, uključujući domaćinstva, trgovačke centre, restorane i druge ustanove;
3. Kompostna postrojenja: Crna Gora ispunjava sve uslove za mogućnost promovisanja kompostiranja kao načina obrade biorazgradivog otpada. Izgradnja kompostnih postrojenja/pružanje podrške privatnom kompostiranju

može omogućiti pretvaranje biorazgradivog otpada u kompost koji se dalje može koristiti kao gnojivo u poljoprivredi, vrtlarstvu ili uređivanju zelenih površina;

4. Inicijative i regulative: Vlada može uspostaviti stimulišuće mjere i regulativu koja podstiče odgovorno postupanje sa biorazgradivim otpadom. To može uključivati subvencije za izgradnju kompostnih postrojenja, olakšice za privatna domaćinstva koja koriste vlastite kompostere i podsticaj za firme koje primjenjuju održive prakse upravljanju sa otpadom.
5. Saradnja sa privatnim sektorom: partnerstvo sa privatnim sektorom može biti uspješno sa aspekta pospješivanja upravljanja biorazgradivim otpadom. Crna Gora može podsticati firme da usvoje praksu razdvajanja i obrade biorazgradivog otpada, kao i podsticati investicije u infrastrukturu za obradu i recikliranje otpada.

Svijest i posvećenost građana Švedske su ključni faktori uspjeha koji su doveli do toga da se Švedska smatra jednim od globalnih lidera u održivom upravljanju otpadom. Biorazgradivi otpad, mnogi stanovnici Švedske odlažu u posebne kante koje se potom odvoze na kompostiranje kako bi se od istog proizveo kompost koji se koristi dalje u poljoprivredi i vrtlarstvu. [25]

Upravljanje biorazgradivim otpadom zahtijeva kontinuirane napore svih građana, lokalnih vlasti i institucija, kako bi se postigla efikasna i održiva praksa. Jedna od ključnih mjera za Crnu Goru je uvođenje odvojenog sakupljanja otpada koje će zaživjeti uz uspješno promovisanje i edukacije. Gradovi i opštine su postavljale kontejnere za različite vrste otpada, međutim, zbog nedovoljno razvijene svijesti građana o značaju pravilnog upravljanja biorazgradivim otpadom i otpadom generalno, može se reći da se postavljanje kontejnera nije pokazalo kao mjera koja je zaživjela.



Slika 5.7. *Tretiranje biorazgradivog otpada do gotovog proizvoda*

Jedan od načina uspješnog tretiranja biorazgradivog otpada dat je na slici 5.7. Razdvajanje otpada na izvoru predstavlja fazu broj jedan, i podrazumijeva:

- edukaciju (informisanje stanovništva o važnosti razdvajanja otpada i pravilnom postupanju sa biorazgradivim otpadom);
- obezbjeđivanje potrebnih kontejnera (postavljanje neophodnih kontejnera za biorazgradivi otpad na javnim mjestima, trgovačkim centrima, ugostiteljskim objektima.);
- podsticaj domaćinstava za korišćenje kontejnera ili vreća za odvajanje biorazgradivog otpada.

Prikupljanje otpada predstavlja fazu broj dva u ovom cjelokupnom procesu i neophodno je:

- obezbjeđivanje vozila (specijalizovana vozila za prikupljanje biorazgradivog otpada radi izbjegavanja miješanja sa drugim vrstama otpada);
- redovno prikupljanje (organizovano redovno prikupljanje biorazgradivog otpada po tačno definisanim rasporedom i rutama).

Što se tiče vozila specijalizovanih za prikupljanje biorazgradivog otpada, ista se često nazivaju „zelenim“ ili „kompostnim“ vozilima. Neki od primjera takvih vozila su:

- Kompostni kamioni: Kamioni opremljeni posebnim kontejnerima za prikupljanje biorazgradivog otpada. Kontejneri obično imaju hermetički zatvorene poklopce kako bi se spriječilo curenje i širenje mirisa. Kamioni, takođe, mogu imati dodatnu opremu za mehaničko ili hidraulično pražnjenje kontejnera na odredištu.
- Vozila za usisavanje otpada: Ova vozila koriste usisnu tehnologiju za prikupljanje biorazgradivog otpada, posebno lišća, granja i drugih vrsta organskog otpada. Otpad se usisava u rezervoare na vozilu kako bi se kasnije obradio na odgovarajućem mjestu.
- Kombinovana vozila za otpad: Ova vozila su dizajnirana za prikupljanje i razdvajanje različitih vrsta otpada, uključujući biorazgradivi otpad. Imaju odvojene odjeljke ili rezervoare za različite vrste otpada čime olakšavaju sortiranje i dalju obradu.
- Električna vozila: S obzirom na rastući interes za održivost i smanjenje emisija gasova staklene bašte, sve više se razvijaju električna vozila za prikupljanje otpada. Ova vozila imaju smanjeni uticaj na okolinu u poređenju sa ostalim vozilima.

Odabir vozila zavisi od lokalnih uslova, infrastrukture i tehničkih mogućnosti.

Sljedeću fazu predstavlja transport biorazgradivog otpada, što podrazumijeva:

- prevoz biorazgradivog otpada do odgovarajućih postrojenja;
- pogodne rute i načini prevoza otpada radi minimiziranja troškova i negativnih uticaja na okolinu.

Četvrtu fazu čini obrada otpada koja podrazumijeva izgrađena kompostna postrojenja za obradu biorazgradivog otpada, dok petu finalnu fazu čini dobijanje gotovog proizvoda, to jeste komposta, koji se dalje može koristiti u poljoprivredi i vrtlarstvu kao i uređenju zelenih površina. Takođe, potrebno je raditi na promovisanju upotrebe komposta među lokalnim poljoprivrednicima, vrtlarima i drugim zainteresovanim stranama kako bi se podstakla upotreba održivih proizvoda.

5.5. Procjena uslova i pogodnosti izgradnje kompostane u Podgorici

Za odabir odgovarajuće metode za proces kompostiranja u Podgorici uzeto je u obzir nekoliko faktora i to:

-raspoloživi prostor

U Podgorici postoje lokacije koje bi ispunjavale uslove za izgradnju kompostane, uzimajući u obzir potrebnu površinu prostora, udaljenost od objekata stanovanja, dostupnost infrastrukture i tako dalje (Ćemovsko polje, Kakaricka gora..).

-količina otpada

Količina biorazgradivog otpada posljednjih godina se povećava i pretpostavlja se da će trend rasta nastaviti, metoda „gomile“ predstavlja adekvatan način kompostiranja.

-vrijeme kompostiranja

Zatvoreni sistemi kompostiranja predstavljaju brži način za dobijanje komposta, dok metoda „gomile-okretanje“ zahtijeva nešto duži period kao i stalni nadzor. Na primjer, primjenom ove metode u kompostani Kavač – Tivat, gotovi proizvod – kompost se dobija za period od 3 mjeseca, što predstavlja zadovoljavajući period za dobijanje komposta. Takođe, ova metoda u odnosu na zatvoreni sistem koji nudi brži proces dobijanja komposta predstavlja jeftiniju varijantu kompostiranja. Zatvoreni sistemi zahtijevaju specijalizovanu tehnologiju i opremu (zatvoreni kontejneri sa naprednim kontrolnim sistemom za praćenje temperature, vlage i drugih uslova.), kvalitet materijala od kojeg je uređaj napravljen, kao i njegov kapacitet, što je veći kapacitet to je veća cijena uređaja, tako da se povećava i cijena komposta.

-blizina izvora sirovina

Kompostana bi trebala biti blizu izvora sirovina, kao što je komunalni otpad, ostaci hrane i baštenski otpad. To bi smanjilo troškove transporta i olakšalo prikupljanje sirovina.

-klima

Podgoricu karakteriše mediteranska klima, ljeta su vruća tokom kojih se temperatura kreće iznad 30°C, što predstavlja povoljan parametar za ubrzavanje procesa kompostiranja, sa povećanim praćenjem usljed suše, jer suša može uticati na proces kompostiranja, pa je neophodno praćenje parametara i kvašenje gomile, što je kod metode „gomile-okretanje“ lako kontrolisati u odnosu na kompostiranje u vrsti sa pasivnom aeracijom, gdje cijevi u gomili otežavaju okretanje. U toku zimskih mjeseci, kada proces kompostiranja usljed spoljašnjih klimatskih uslova (niže temperature, veći broj kišnih dana) znatno usporava, sa povećanjem vlage u gomilama, potrebno je obezbijediti potrebnu drenažu, odvode viška vode iz gomila u rezervoare za skladištenje.

Potrebno je raditi i na razvijanju svijesti građana u smjeru pojedinačnog kućnog kompostiranja koje se može obavljati u kompostnim kontejnerima ili u hrpama, u dvorištima. Pored kućnog kompostiranja, koje je moguće primjenjivati u gradskim, prigradskim naseljima i selima, postoje i varijante kompostiranja u „zajednici“. Ovaj vid kompostiranja se može primjenjivati u stambenim kvartovima, gdje se formiraju zajednički kompostni centri, koji su namijenjeni za kompost većih količina otpada.

5.6. Opravdanosti primjene procesa kompostiranja metodom naslage/gomile – okretanje (eng. Window/pile composting – turning)

Implementacija ove metode na nivou grada zahtijeva stalan angažman i praćenje. U odnosu na pasivne metode, ovom metodom se dobija kvalitetan kompost koji može pronaći široku primjenu.

Prednosti ove metode su:

- *brža razgradnja* (pri čestom okretanju gomile stvaraju se povoljni uslovi u kompostnom materijalu, materijal se dovoljno prozračuje, održava se potreban procenat vlage,..);
- *uspostavljanje dobre temperaturne ravnoteže* (pri okretanju gomile dolazi do postizanja optimalne temperature pri čemu se u kompostnom materijalu uništavaju patogeni mikroorganizmi);
- *smanjenje mirisa* (pri razgradnji biorazgradivog otpada dolazi do stvaranja neprijatnih mirisa koji se redovnim okretanjem gomila smanjuju);

- *ravnomjerno sazrijevanje* (okretanjem gomila dolazi do bolje raspodjele mikroorganizama i hranljivih materija u gomili);
- *manja privlačnost za insekte* (aktivno okretanje gomile doprinosi efikasnijoj razgradnji materijala usljed čega se kao takav ne čini privlačnim za insekte).

Nadalje, kompost koji se dobija ovom metodom ima vrijednost prirodnog đubriva koje je bogato sa hranljivim materijama, time bi, korišćenje komposta dobijenog na ovaj način poboljšava kvalitet zemljišta, povećava plodnost i može doprinijeti održivoj poljoprivredi kako u Podgorici tako i u njenoj okolini.

Ovaj vid metode kompostiranja, kao način dobrog upravljanja otpadom i očuvanja životne sredine se primjenjuje u državama širom svijeta i to širom SAD-a, Kanade, Evropskim zemljama - Njemača, Francuska, Švedska i druge. Takođe, metode kompostiranja se mogu razlikovati od države do države, jer se one prilagođavaju sa propisima, raspoloživim resursima i drugim.

Pored navedenih prednosti, postoje i nedostaci metode kompostiranja metodom naslage/gomile – okretanje:

- potreba za stalnim nadzorom (kako bi se proizveo kvalitetan gotovi proizvod, neophodno je redovno okretanje, dodavanje materijala u cilju održavanja adekvatnih uslova);
- potreba za prostorom (kod formiranja većih gomila potrebno je obezbijediti veći prostor, što je za manje sredine izazov);
- neprijatan miris i najezda štetočina (u slučaju neadekvatnog održavanja kompostnog materijala dolazi do širenja neprijatnih mirisa i stvaranja pogodnog ambijenta za insekte);
- vremenski uslovi (pri izuzetno visokim ili niskim temperaturama dolazi do negativnog uticaja na sami proces);
- potreba za edukovanim kadrom (nedostatak znanja o uspostavljanju potrebnih parametara za proces kompostiranja, može dovesti do neuspjelog procesa kompostiranja);
- zagađenje (usljed nepridržavanja pravila kompostiranja može doći do zagađenja okoline).

Takođe, važno je istaći da se većina navedenih nedostataka može eliminisati uz pridržavanja pravila upravljanja biorazgradivog otpada, kao i pridržavanja preporuka koje ova metoda zahtijeva.

5.7. Predlog lokacije za izgradnju kompostane sa prikazom objekta

Pravilnikom o uslovima za preradu biootpada i kriterijumima za određivanje kvaliteta produkata organskog recikliranja iz biootpada („Sl. list Crne Gore“, br. 59/13) su određeni kriterijumi za udaljenost postrojenja za kompostiranje od stambenih objekata i to: kompostana sa minimalnim kapacitetom od 3 000 t zatvorenog tipa mora biti udaljena 300 m od stambenih objekata, dok kompostana otvorenog tipa najmanje 500 m od istih.

Na određivanje kapaciteta kompostane utiču i sljedeći parametri:

- kvalitet komposta;
- potrebna infrastruktura;
- ekonomski faktori;
- tehnički uslovi;
- potrebna oprema i mehanizacija;
- obučeni kadar.

Predlog lokacije

Prema projekciji količina biorazgradivog otpada za teritoriju Podgorice za 2021. godinu iznosi cca 32 000 t u idealnim uslovima odvajanja biorazgradivog otpada. Uzimajući u obzir da je morfološki sastav otpada sklon odstupanjima u odnosu na rast broja stanovništva kao i njihovih navika, pretpostavlja se da dolazi i do varijacija u količinama odloženog biorazgradivog otpada.

Izgradnja kompostane uz deponiju može se smatrati strateškim i održivim pristupom upravljanja otpadom. Neke od prednosti su:

- Smanjeno opterećenje deponije: Lokacija kompostane iza deponije omogućava obradu biorazgradivih materijala koji bi inače završili na deponiji čime se i produžava njen vijek trajanja što je u skladu s načelima održivog upravljanja otpadom.
- Optimizacija transporta: Blizina kompostane deponiji smanjuje troškove transporta biorazgradivog materijala sa deponije do kompostane. Ovo može rezultirati efikasnijim korišćenjem resursa i manjim emisijama CO₂ povezanim sa transportom.
- Lokalni izvor sirovina: Kompostana može koristiti biorazgradive materijale koji su već prisutni na deponiji što bi olakšalo lokalno snadbijevanje sirovinama za kompostiranje i pospješilo koncept održive cirkularne ekonomije.

- Upravljanje mirisima: Upravljanje kompostom i deponijom u neposrednoj blizini omogućava efikasno praćenje i kontrolu procesa. Integrisani pristup omogućava bolje upravljanje mirisima i sprečava širenje toksičnih gasova.
- Održiva praksa upravljanja otpadom: Lokacija kompostane u blizini deponije ukazuje na praksu održivog upravljanja otpadom koja se oslanja na minimiziranje odlaganja i maksimiziranje recikliranja i ponovne upotrebe materijala.
- Održivost zajednice: Integracija kompostane s deponijom može imati pozitivan uticaj na lokalnu zajednicu, jer smanjuje opterećenje deponije i podržava ciljeve održivosti.
- Važno je naglasiti da, iako postoji niz prednosti ovog pristupa, izgradnja i upravljanje kompostanom zahtijeva pažljivo planiranje, praćenje i kontrolu čime bi se poštovali svi regulatorni standardi i smjernice. Saradnja sa lokalnim vlastima i ekološkim stručnjacima ključna je kako bi se osiguralo da takav projekat bude održiv i u skladu s najboljim praksama zaštite okoline.

Nakon spovedenih istraživanja/analize, lokacija (slika 5.8.) ulica Španskih boraca, neposredno iza deponije „Livade“ d.o.o., u Podgorici, je predviđena za izgradnju kompostane. Lokacija je odabrana nakon razmatranja više faktora kao što su dostupnost, praktičnost i održivost,. Izgradnjom kompostane na predmetnoj lokaciji, stvoriće se prilika efikasnog i odgovornog obrađivanja biorazgradivog otpada.

Ukupna površina parcele namijenjene za projektovanje kompostane iznosi 71,507.68 m².



Slika 5.8. Predlog lokacije „Kompostana Podgorica“

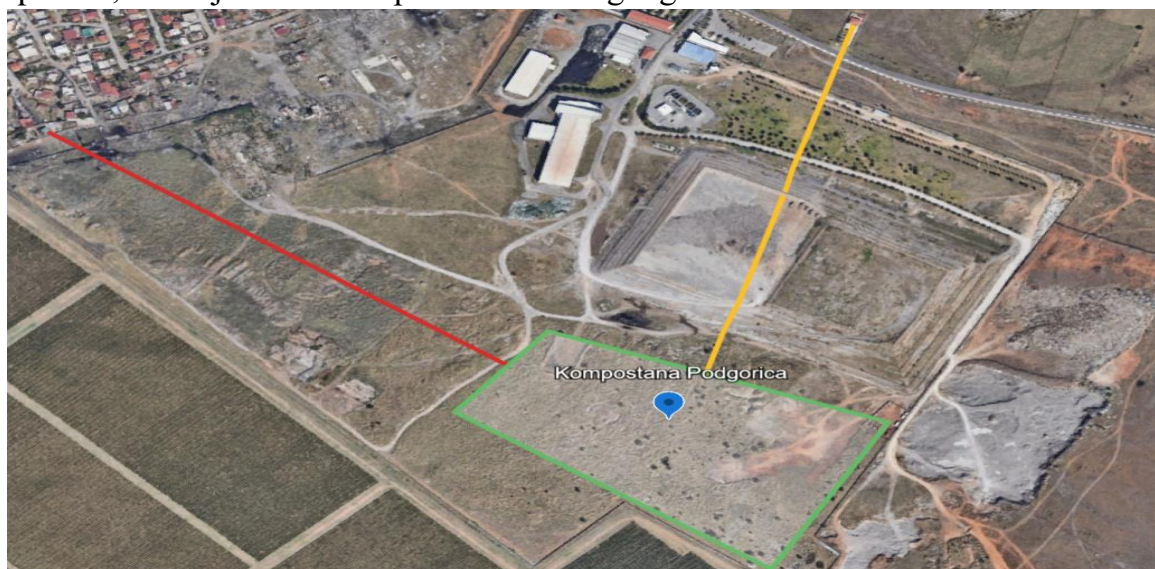
Udaljenost predložene lokacije koja iznosi 564 m odnosno 524 m od naseljenog područja (Konik odnosno Opština Tuzi) ispunjava uslove koji su propisani Pravilnikom o uslovima za preradu biootpada i kriterijumima za određivanje kvaliteta produkata organskog recikliranja iz biootpada („Sl. list Crne Gore“, br. 59/13), (slika 5.9.).

Odabrana lokacija kompostane u okolini pomenute deponije ima niz značajnijih prednosti koje doprinose efikasnom i održivom upravljanju otpadom. Prva i najvažnija prednost je efikasno i brzo odvoženje otpada sa deponije do kompostane. Ovo omogućava smanjenje vremena transporta kao i troškove logistike smanjujući i mogućnost zagađenja odnosno štetnih uticaja koji mogu nastati usljed dužeg skladištenja otpada.

Pored toga, lokacija u blizini deponije omogućava jednostavan pristup i proces upravljanja otpadom. Nadzor i održavanje kompostane postaju lakši, jer se nalazi u neposrednoj blizini deponije, što omogućava brže reakcije na potrebe i izazove koje zahtjevaju hitnu intervenciju ili rješavanje kako bi proces kompostiranja bio efikasniji (npr. nepredviđeni problemi, tehničke poteškoće ili drugi faktori koji mogu ometati glatki tok kompostiranja).

Takođe, predmetna lokacija podržava i optimalno iskorišćenje resursa. Otpad sa deponije „Livade“ bi se koristio kao dragocjeni resurs za proizvodnju komposta. Ovaj ciklus zatvaranja resursa omogućava smanjenje količine otpada na deponiji i stvaranje korisnog proizvoda koji može biti uspješno iskorišćen u poljoprivredi i za druge svrhe.

Uostalom, povezivanje kompostane sa deponijom omogućava zajedničko planiranje i koordinaciju aktivnosti upravljanja otpadom. Lokalne vlasti i organizacije zadužene za upravljanje otpadom mogu zajedno raditi na održivom i efikasnom upravljanju otpadom, uzimajući u obzir specifičnost ovog regiona.



Slika 5.9. Udaljenost Kompostane Podgorica od naseljenih područja

5.7.1. Elementi planirane kompostane u Podgorici

Kompostana se odlikuje određenim sadržajem, među kojim su najznačajniji sledeći elementi:

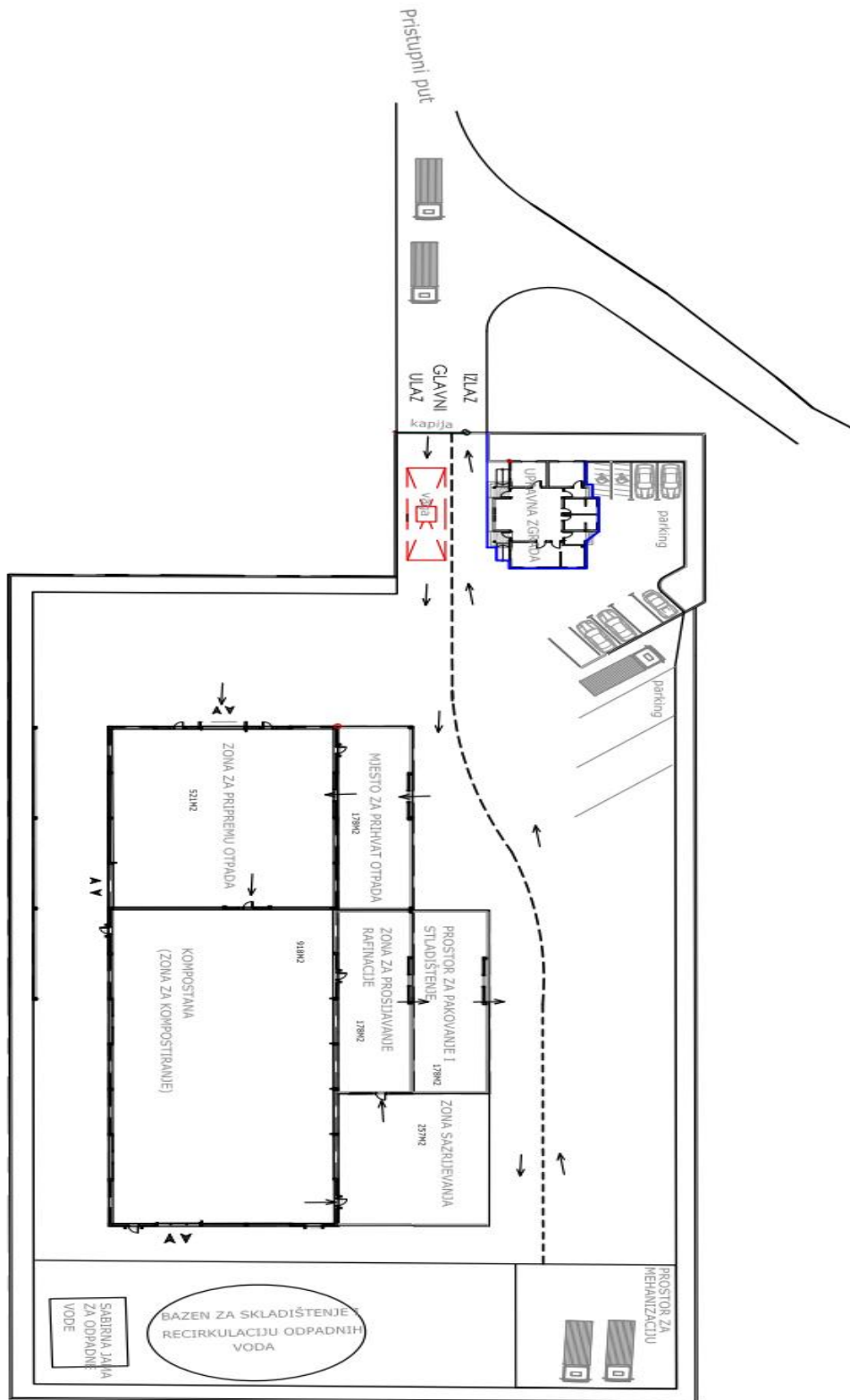
- ulazna platforma (vaga za mjerenje količine dovezenog otpada);
- prostor za prijem otpada i njegovo privremeno skladištenje ($P_{\text{prijemot}}=178\text{m}^2$);
- zona za pripremu otpada ($P=521\text{m}^2$);
- zona za kompostiranje ($P=918\text{m}^2$);
- zona za sazrijevanje komposta ($P=257\text{m}^2$);
- zona za prosijavanje/rafinaciju komposta ($P=178\text{m}^2$);
- prostor za pakovanje i skladištenje komposta ($P=178\text{m}^2$).

Površine prikazane u gore navedenim stavkama planimetrisane su putem programa AutoCad.

Jako je bitna činjenica da do planirane kompostane vodi magistralni put, odnosno razvijena saobraćajnica koja zadovoljava standarde za potrebnu mehanizaciju. Učestali saobraćaj na relaciji Podgorica – Tuzi uslovljava često održavanje date saobraćajnice. Pojas oko kompostane je zeleni pojas. Na samom ulasku u prostoru kompostane vršiće se mjerenje otpada i provjeravanje dokumentacije o porijeklu otpada. Podaci o količinama, sastavu i porijeklu otpada će se unositi u djelovodnik otpada. Nakon provjere, otpad će se odvoziti u prijemnu zonu ($P=178\text{m}^2$) gdje će se vršiti njegovo privremeno skladištenje. U zoni za prepremu otpada ($P=521\text{m}^2$), otpad će se usitnjavati uz pomoć šredera gdje će se vršiti i njegovo miješanje. U zoni za kompostiranje (918m^2) formiraće se kompostne gomile sa razmakom od 1m. U ovom dijelu platforme vršiće se svakodnevno provjeravanje temperature, vlage, odnosa C/N (koji će se u slučaju nepovoljnog odnosa korigovati dodavanjem materijala sa većim udiom azota) i ostalih faktora koji utiču na biorazgradnju. U odnosu na parametre određivaće se, koliko često je potrebno obaviti prevrtanje gomila i da li je potrebno izvršiti kvašenje gomila. U zavisnosti od pogodnosti materijala za kompostiranje, kao i uslova, vrijeme razgradnje može varirati. Uzimajući u obzir količinu otpada u gomilama proces razgradnje može trajati cca 6 nedjelja, dok je period sazrijevanja kraći i traje 2-4 nedjelje. Nakon kompostiranja i sazrijevanja komposta, kompost će se upućivati na rafinaciju u cilju otklanjanja krupnijih čestica koje će se vraćati u ponovni proces biorazgradnje. Fino prosijani kompost će se pakovati i skladištiti na suvom mjestu.

Na prostoru kompostane nalaziće se dva bazena od kojih će jedan služiti za skladištenje otpadnih voda (sabirna jama za otpadne vode), a drugi za prikupljanje i recirkulaciju otpadnih voda sa prostora kompostane.

Na slici 5.10. dat je prikaz „Kompostane Podgorica“.



Slika 5.10. Skica Kompostane Podgorica

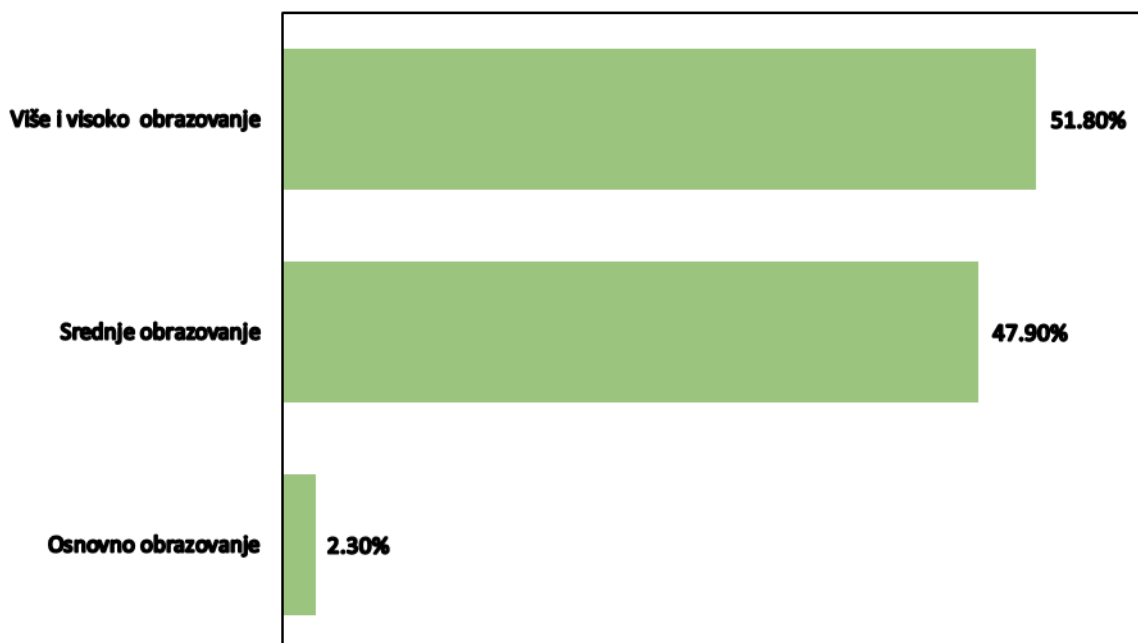
5.8. Rezultati ankete „Kompostiranje – stanje i perspektive“

Uvođenje održivih praksi zaštite životne sredine postaje sve važnije u današnjem svijetu, a kompostiranje se nameće kao jedan od ključnih koraka ka smanjenju otpada i očuvanju resursa. U skladu sa istim, istraživanje o stavovima, navikama i percepcijama stanovništva o kompostiranju postaje od suštinskog značaja.

Podgorica, kao najveći grad u Crnoj Gori, predstavlja značajan uzorak za istraživanje zbog toga što stanovništvo i infrastruktura u ovom gradu često odražavaju šire stanje u zemlji.

Istraživanje o kompostiranju u Podgorici pored ostalog ima za cilj da doprinese razvoju svijesti, kao i promociji održivih praksi u zajednicu. Kroz analizu rezultata ankete, postiže se mogućnost sagledavanja trenutnog stanja u zemlji i identifikacije potencijalnih koraka za unapređenje kompostiranja na predmetnoj teritoriji, a kao glavni cilj ankete izdvaja se dobijanje boljeg uvida u trenutnu situaciju i potencijalne izazove u vezi sa kompostiranjem na datom području.

Od ukupno 309 ispitanika, 269 (87,1%) ispitanika se rodilo i živi u Podgorici. Najmlađi ispitanik koji je popunio anketu ima 16 godina, dok najstariji ima 74 godine. Ovaj širok raspon uzrasta može pružiti uvid u to kako se različite generacije odnose prema kompostiranju. Od ukupnog broja ispitanika 51,50% ima stečeno visoko obrazovanje, 48,20% srednje, a svega 2,30% osnovno obrazovanje (slika 5.11.).

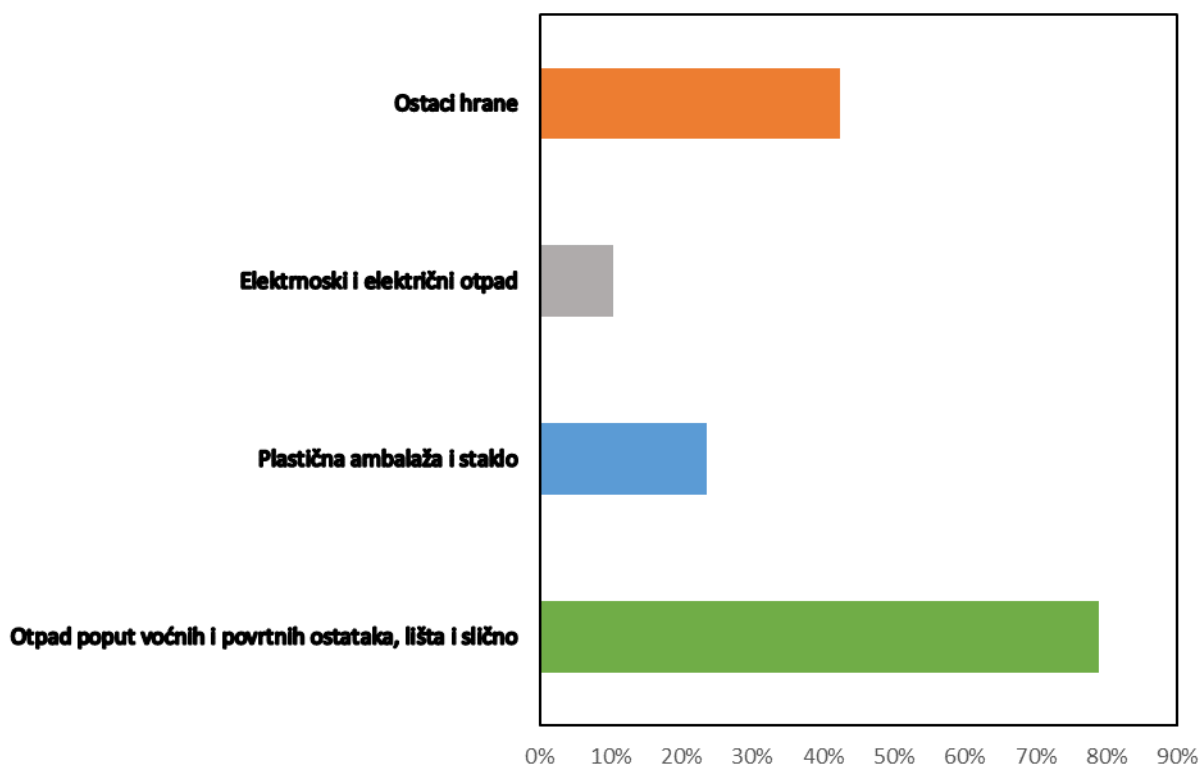


Slika 5.11. Grafički prikaz stečenog obrazovanja ispitanika

Sa konceptom kompostiranja donekle je upoznato 61,2%, nije upoznato 30,1%, dok svega 11% je „veoma dobro“ upoznato sa postupkom kompostiranja. Kompostiranje kao proces razgradnje biorazgradivog otpada vidi 83,2% ispitanika, 12,9% pod kompostiranje podrazumijeva skladištenje otpada na deponije, a 6,1% pod ovim procesom podrazumijeva spaljivanje otpada u energetskim postrojenjima.

Što se tiče učestvovanja u procesu kompostiranja 4,9% ispitanika je izjavilo da redovno primjenjuju kompostiranje, 19,4% povremeno, dok 76,1% nikada nije učestvovalo u procesu kompostiranja. Procenat od 76,1% , tj. procenat veći od tri četvrtine ispitanika ukazuje na značajan prostor za unapređenje svijesti i obrazovanja o kompostiranju, što podrazumijeva razmatranje kampanja za podizanje svijesti i obuke o prednostima kompostiranja kako bi se ovaj procenat sveo na minimum.

Na slici 5.12., dat je grafički prikaz vrsta otpada koju ispitanici smatraju adekvatnom za kompostiranje. Zabrinjavajuća činjenica je da 73 ispitanika smatra da u otpad pogodan za kompostiranje spada plastična ambalaža i staklo, dok 32 ispitanika smatra da je elektronski i električni otpad pogodan za dati postupak.



Slika 5.12. Grafički prikaz vrsta otpada koju ispitanici smatraju pogodnim za kompostiranje

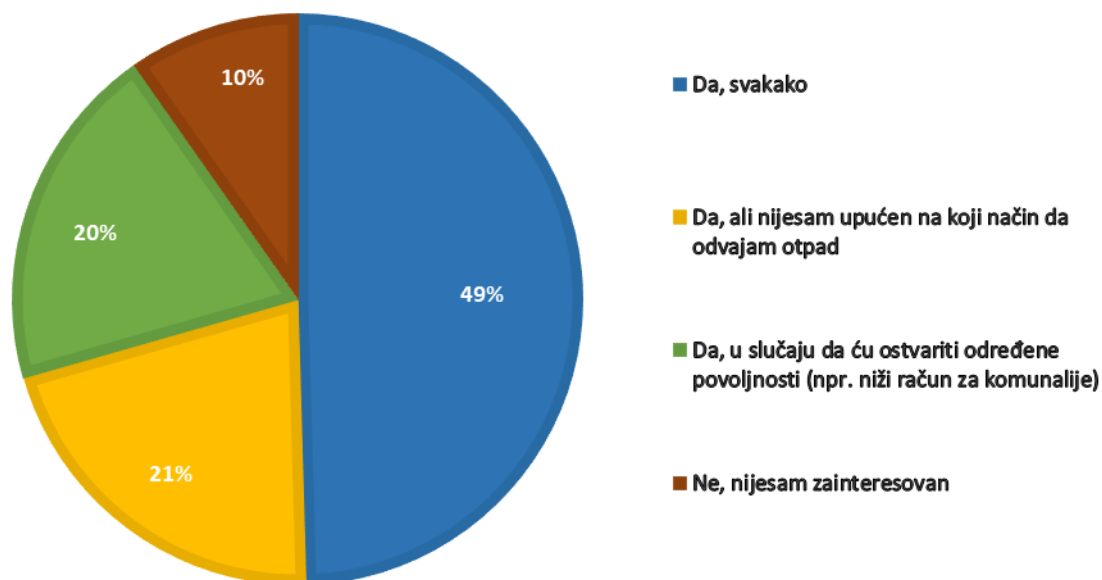
Na pitanje da li su ikada koristili kompost kao gnojivo čak 58,9% je izjavilo da nije nikada, 31,4% povremeno, dok samo 10% ispitanika je koristilo kompost kao gnojivo u svom dvorištu.

Ova činjenica se može povezati sa podatkom da se čak 59,9% ispitanika izjasnilo da nema uslova za kompostiranje. Kao glavnu prepreku, odnosno izazov po pitanju kompostiranja 205 ispitanika vidi kao nedostatak znanja o kompostiranju pored čega čak 181 ispitanik misli da je nezainteresovanost za kompostiranje jedan od glavnih uzročnika niskog pokazatelja zastupljenosti kompostiranja u ovoj zemlji.

Na odnos vlasti i lokalnih samouprava prema procesu kompostiranja ukazuje to da 206 ispitanika, odnosno 66,7% nikada nije učestvovalo u edukacijama o kompostiranju, dok 28,2% nikada nije bilo upoznato sa tim da se organizovala edukacija na datu temu. Svega 9,7% ispitanika je prisustvovalo edukacijama na temu kompostiranja, što je poražavajući podatak shodno tome da je dobar broj ispitanika iz struka koje se bave upravo upravljanjem otpadom. Od ukupnog broja ispitanika, 93,9% smatra da bi lokalna zajednica trebala pružiti više podrške, odnosno resursa kompostiranju, takođe 93,5% ispitanika smatra da je uvođenje edukacije na temu kompostiranja u osnovnim i srednjim školama neophodna.

Trenutno stanje upravljanja otpadom kao i nivo obavljanja komunalnih usluga nadležnih organa oslikava se u činjenici da 24,3% ispitanika smatra da nadležne službe ne obavljaju dužnosti kako bi trebalo, 53,4% smatra da oni djelimično obavljaju svoje nadležnosti, dok 23% se izjasnilo da obavljaju u skladu sa svojim mogućnostima. Prema podacima, čak 92,9% ispitanika izrazilo je saglasnost sa potrebom za rigoroznijim mjerama za nepropisno odlaganje otpada. Ovako visok procenat podrške strožijim mjerama govori mnogo o društvu, njegovoj svijesti i shvatanju problema otpada. Građani prepoznaju ozbiljnost problema i spremni su da podrže mjere koje će obezbijediti odgovornost i disciplinu u vezi sa upravljanjem otpadom. Samim tim, 94,2% ispitanika smatra da razvrstavanje otpada u zasebne kontejnere je neophodno podići na viši nivo čime izražavaju spremnost za promjene po pitanju prakse upravljanja otpadom u Crnoj Gori.

Na slici 5.13., uočava se da je polovina, odnosno 50% ispitanika spremno za razdvajanje otpada na mjestu nastanka, tj. u kućnim uslovima. Takođe, bitna je i činjenica da bi 21% ispitanik učestvovao u razdvajanju otpada u slučaju da postoje određene smjernice koje bi ukazale kako adekvatno sortirati otpad. Ako se ovim procentima doda i procenat ispitanika koji je spreman da učestvuje u razvrstavanju otpada u slučaju ostvarivanja određenih benefita, a koji iznosi 20%, zaključuje se da je čak **91% ispitanika spremno da odgovorno postupa sa otpadom na mjestu njegovog nastanka.**



Slika 5.13. Grafički prikaz o spremnosti za selekciju otpada u kućnim uslovima

Dodjelu namjenskih posuda za kompostiranje od strane lokalne zajednice, 173 ispitanika vidi kao rješenje za podsticanje zastupljenosti procesa kompostiranja, dok bi 109 ispitanika kompostiranje sprovodilo u svom dvorištu improvizacijom posude.

Od značajnijih komentara, sugestija i predloga ispitanika izdvajaju se sljedeći:

- „Ljudi nijesu dovoljno upućeni, a ni zainteresovani za ovako nešto.“
- „Više obratiti pažnju na javno informisanje građana putem medija o kompostiranju i odvajanju otpada.“
- „Umanjenje računa bi me podstaklo na kompostiranje.“
- „Važimo za ekološku državu, a nažalost smo sve samo ne ekološka država. Ljudi nemaju osnovnu kulturu. Smeća ima gdje god se okrenemo. Prelijepu prirodu uništava nažalost čovjek.“
- „Radionice na temu kompostiranja na lokalnim nivoima kao super ideja.“
- „Potrebno je incirati ovu temu.“
- „Donirati svakoj mjesnoj zajednici drobilice za mljevenje grana nakon rezidbe koja predstoji.“

ZAKLJUČCI

Na bazi svega navedenog može se zaključiti sljedeće:

Na osnovu morfološkog sastava otpada, ukupna količina biorazgradivog otpada koja bi se mogla podvrgnuti procesu kompostiranja iznosi cca 32 000 tona otpada što ukazuje na veliki potencijal za primjenu procesa kompostiranja u Podgorici. Takođe, uzimajući u obzir trend rasta stanovništva, a sa tim i dalje urbanizacije, kompostana predstavlja jedno od prioritenih mjera u rješavanju problema odlaganja biorazgradivog otpada.

Izbor lokacije za izgradnju kompostane u neposrednoj blizini deponije „Livade“ d.o.o. u Podgorici je rezultat pažljive analize i razmatranja više faktora kako bi se osigurala efikasnost i održivost ovog procesa. Prva i ključna prednost ove lokacije je brzo i efikasno odvoženje otpada sa deponije do kompostane čime bi se smanjilo vrijeme transporta, što uključuje i logističke troškove istovremeno minimizirajući moguće negativne uticaje dužeg skladištenja otpada. Osim toga, blizina omogućava lak pristup i efikasno upravljanje otpadom. Naposljetku, povezivanje kompostane sa deponijom omogućava usaglašeno planiranje i koordinaciju aktivnosti upravljanja otpadom. U suštini, izbor ove lokacije za kompostanu predstavlja ključni korak ka unaprjeđenju prakse upravljanja otpadom u Podgorici, doprinoseći očuvanju životne sredine i smanjenju negativnih uticaja na zajednicu.

Anketa o upravljanju otpadom pokazala je da građani nisu dovoljno informisani o kompostiranju, što ističe potrebu za poboljšanom svijješću i obrazovanjem. Takođe, izražena je želja za raznovrsnim oblicima edukacije, uključujući školske programe i lokalne radionice. Građani su pokazali spremnost za kompostiranje uz odgovarajuće smjernice i podršku, a naglašena je uloga lokalnih inicijativa i vlasti u promociji održivog upravljanja otpadom. Takođe, postoji podrška za strožijim kaznenim mjerama kao sredstvom suzbijanja nepropisnog odlaganja otpada.

Zaključak istraživanja sugerise da je proces kompostiranja izvodljiv na predmetnoj lokaciji, uzimajući u obzir pored ostalog i temperaturne uslove u Podgorici (oko i iznad 32°C tokom ljetnjeg perioda), blizinu deponije. Odnos C/N u biorazgradivom otpadu može biti podložan korekciji, što bi poboljšalo pogodnosti za kompostiranje. Važno je takođe naglasiti da su lokalne inicijative, podrška vlasti i svijjest građana ključni za uspješno implementiranje procesa kompostiranja na toj lokaciji.

LITERATURA

1. Direktiva 2008/98/EZ Evropskog Parlamenta i Vijeća o otpadu, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098>, decembar, 2008.
2. A. Cerda, A. Artola, X. Font, R. Barrena, T. Gea, A. Sanchez: Composting of food wastes, Status and challenges, *Bioresource Technology*, 248 (2017), 29.
3. E. Epstein: The science of composting, Technomic Publishing Company, Lancaster, Pennsylvania, USA, (1997), 487.
4. A. L. Heena, M. Karwal, D. Dutta, R. P. Mishra, Composting: Phases and Factors Responsible for Efficient and Improved Compostig, *Agriculture & Food: E-Newsletter*, 10028, (2021), 85-90.
5. D. Đukić, L. Mandić, S. Vesković: Opšta i industrijska mikrobiologija, Agronomski fakultet, Čačak, Srbija (2015).
6. R. Ahmad, G. Jilani, M. Arshad, Z. Zahir, A. Khalid, Bio-conversion of organic wastes for their recycling in agriculture: an overview of perspectives and prospects, *Annals of Microbiology*, 57 (4), (2007), 471-479.
7. F. Nemet, K. Perić, Z. Lončarić, Microbiological activities in the composting process- A review, *Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 8 (2), (2021), 41-53.
8. S. Karnchanawong, S. Nissaikla, Effects of microbial inoculation on composting of household organic waste using passive aeration bin. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, (2014), 113-119.
9. A. S. Nizami, A. S. Aburiazaiza, M.A. Barakat, M. I. Rashidi, M. I. Ismail, Optimizing the process of food waste compost and valorizing its applications: A case study of Saudi Arabia, (2017), 426-438.
10. M. Milinković, Biopotencijal komposta i produkata komposta, doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija (2013).
11. C. Onwosi, V. Igbokwe, J. Odimba, I. Eke, M. Nwankwoala, I. Iroj, L. Ezeogu, Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects, *Journal of Environmental Management*, 190, (2017), 140-157.

12. V. Šarić, Gospodarenje biootpadom iz poljoprivredne i prehrambene industrije, Agronomski fakultet, Zagreb, (2016).
13. J.H. Crawford, Composting of agricultural wastes review, Process Biochemistry, 16 (1983), 14-18.
14. H. Martin: Agricultural Composting Basics, Ontario, Order, 05-023, (2005), 1-8.
15. Harold B. Gotaas, Composting Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes, Ženeva, Švajcarska, (1956), 57-58.
16. J.A.K. Ibrahim, A.T.M.A. Majeed, Organic Solid Waste in Vessel Composting System, Baghdad University, Irak, (2014), 127-128.
17. V. Manyapu, S. Shukla, S. Kumar, K. Rajendra, In-Vessel composting: a rapid technology for conversion of biowaste into compost, 2, (9), (2017), 62.
18. Nilanthi J. G. J. Bandara, Municipal Solid Waste Management – The Sri Lanka Case, Department of Forestry and Environmental Sciences, University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka, (2011).
19. T. Hanafiah, Problems for Biodegradable Waste Management in Water Pollution, International Journal of Waste Resources, London, 13, (2021).
20. B.M. Popoola, Biodegradable Waste , Ajayi Crowther University, Nigeria, (2022), 3.
21. Strategija upravljanja otpadom Crne Gore do 2030. godine, Vlada Crne Gore, Ministarstvo turizma, ekologije, održivog razvoja i razvoja sjevera, Direktorat za Ekologiju.
22. Udruženje „AQUASAN“-mreža u BIH, NALAS, SeSWA-Serbian Solid Waste Association, Report on Quantities and morphological composition of waste for 16 representative municipalities, Novi Sad, (2015).
23. <https://www.carryoncomposting.com/416920203.html>
24. Zavod za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore (<http://www.meteo.co.me/page.php?id=39>).
25. Platform: Smart City Sweden, Swedish Environmental Research Institute, Stockholm, Švedska.

PRILOG

Kompostiranje u Podgorici: Stanje i Perspektive

Pol:

- muški;
- ženski.

Godine:

- 1. Jeste li upoznati sa konceptom kompostiranja?**
 - a) Da, veoma dobro;
 - b) Da, donekle;
 - c) Ne, nijesam.
- 2. Šta predstavlja kompostiranje?**
 - a) Proces razgradnje biorazgradivog otpada;
 - b) Skladištenje otpada na deponiju;
 - c) Spaljivanje otpada u energetskim postrojenjima.
- 3. Jeste li ikada učestvovali u procesu kompostiranja?**
 - a) Da, redovno;
 - b) Da, povremeno;
 - c) Ne, nikada.
- 4. Koje vrste otpada smatrate pogodnim za kompostiranje? (mogućnost odabira više odgovora)**
 - a) Otpad poput voćnih i povrtnih ostataka, lišća i slično;
 - b) Plastična ambalaža i staklo;
 - c) Elektronski i električni otpad;S
 - d) Ostaci hrane.
- 5. Jeste li ikada koristili kompost kao gnojivo?**
 - a) Da, redovno;
 - b) Da, povremeno;
 - c) Ne, nikada.
- 6. Koje prepreke ili izazovi su prisutni po pitanju kompostiranja u Crnoj Gori? (mogućnost odabira više odgovora)**
 - a) Nedostatak prostora za kompostiranje;
 - b) Nedostatak znanja o kompostiranju;
 - c) Nezainteresovanost za kompostiranje;
 - d) Nedostatak vremena za kompostiranje;
 - e) _____
- 7. Jeste li ikada učestvovali na edukaciji o kompostiranju koja je organizovana od strane lokalnih vlasti ili organizacija?**
 - a) Jesam;
 - b) Nijesam;

- c) Nijesam upoznat/a da se organizovala edukacija na tu temu.
- 8. Smatrate li da bi lokalna zajednica trebala pružiti više podrške i resursa za kompostiranje?**
- a) Da, svakako.
b) Nema potrebe.
- 9. Smatrate li da bi se trebala posvetiti veća pažnja edukaciji djece?**
- a) Da, svakako.
b) Ne, smatramo da dovoljno uče o toj temi.
- 10. Da li smatrate da nadležne službe zadužene za komunalne usluge Glavnog grada Podgorica obavljaju svoje dužnosti na odgovarajući način?**
- a) Da;
b) Djelimično;
c) Smatram da ne obavljaju svoje dužnosti kako bi to trebalo.
- 11. Da li smatrate da je neophodno uvesti strožiju neselektivnu kaznenu politiku za nepropisno odlaganje otpada?**
- a) Da, svakako.
b) Ne, već se primijenjuje.
- 12. Da li smatrate da je razvrstavanje otpada u zasebne kontejnere neophodno podići na viši nivo, ukoliko je potrebno urediti Zakonom kao u zemljama u regionu?**
- a) Da, smatram da je neophodno.
b) Ne.
- 13. Da li biste u kućnim uslovima vršili selekciju otpada, kada biste znali da selekcijom otpada na mjestu nastanka pomažete i učestvujete u reciklaži otpada?**
- a) Da, svakako;
b) Da, ali nijesam upućen/a na koji način da odvajam otpad;
c) Da u slučaju da ću ostvariti neke povoljnosti kao na primjer niži račun za komunalije i slično;
d) Ne, nijesam zainteresovan/a.
- 14. Da li imate uslova za kompostiranje?**
- a) Da,
b) Ne.
- 15. Koju opciju biste najradije izabrali?**
- c) Kompostiranje u dvorištu, improvizacijom posude za kompostiranje;
d) Kompostiranje u namjenskim posudama, koju bih dobio/la od lokalne zajednice;
e) Nijednu, ne želim kompostirati.

