

# Kućno kompostiranje biootpadom-najstariji način recikliranja

---

Duš, Lorena

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:995628>

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

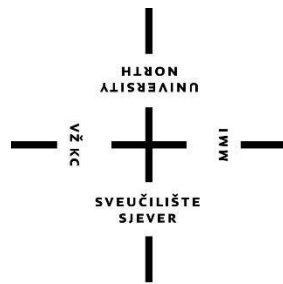
Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





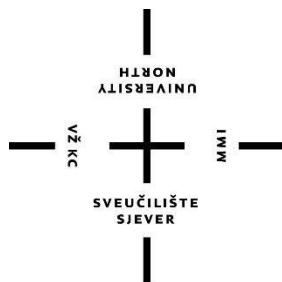
**Sveučilište  
Sjever**

**Diplomski rad br. 42/ARZO/2022**

**Kućno kompostiranje biootpada – najstariji način  
recikliranja**

**Lorena Duš, 1698/336**

Koprivnica, rujan 2022. godine



# Sveučilište Sjever

Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša

Diplomski rad br. 42/ARZO/2022

## **Kućno kompostiranje biootpada – najstariji način recikliranja**

**Studentica**

Lorena Duš, 1698/336

**Mentorica**

Izv. prof. dr. sc. Lovorka Gotal Dmitrović, dipl. ing. kem. tehn.

Koprivnica, rujan 2022. godine

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Ambalaža, recikliranje i zaštita okoliša		
PRISTUPNIK	Lorena Duš	MATIČNI BROJ	1698/336
DATUM	30.08.2022.	KOLEGIJ	Razvoj modela složenih sustava u zaštiti okoliša
NASLOV RADA	Kućno kompostiranje biootpada - najstariji način recikliranja		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Home composting of biowaste - the oldest method of recycling		

MENTOR	izv.prof.dr.sc. Lovorka Gotal Dmitrović	ZVANJE	izvanredna profesorica
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. izv.prof.dr.sc. Krunoslav Hajdek - predsjednik		
	2. izv.prof.dr.sc. Bojan Šarkanj-član		
	3. izv.prof.dr.sc. Lovorka Gotal Dmitrović-mentorica		
	4. red.prof.dr.sc. Mario Tomiša - zamjenski član		
	5. _____		

## Zadatak diplomskog rada

BROJ	42/ARZO/2022
OPIS	<p>U radu opisati faze procesa kompostiranja. Važno je naglasiti ulogu komposta u tlu kao i koncept održive poljoprivrede. Objasniti vrste sustava za kompostiranje te njihove principe rada. U praktičnom (eksperimentalnom) dijelu prikazati način kućnog kompostiranja na stvarnom (realnom) sustavu izvedenom za potrebe eksperimentalnog dijela rada. Razviti konceptualni model kućnog kompostiranja. Definirati ciljeve istraživanja, materijale i metode tefaktore koji utječu na proces kompostiranja. Prikazati rezultate i koncipirati zaključak</p> <p>Diplomski treba biti koncipiran na način:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Uvod</li><li>- Teorijski dio: - Proces kompostiranja,<ul style="list-style-type: none"><li>- Uloga komposta u tlu,</li><li>- Koncept održive poljoprivrede</li><li>- Sustavi za kompostiranje</li></ul></li><li>- Praktični dio</li><li>- Rezultati i rasprava</li><li>- Zaključak</li></ul>

ZADATAK URUČEN

30.8.2022

POTPIS MENTORA

*Lovorka Gotal Dmitrović*

SVEUČILIŠTE  
SJEVER



## **Zahvala**

*Zahvaljujem se mentorici izv. prof. dr. sc. Lovorki Gotal Dmitrović, dipl. ing. kem. tehn., na pruženoj pomoći i usmjeravanju tijekom izrade diplomskog rada. Također zahvaljujem svim profesorima na trudu i prenesenom znanju kroz studij. Veliko hvala mojoj obitelji i prijateljima na podršci i razumijevanju tijekom studiranja.*

## **SAŽETAK**

*Proces kompostiranja podrazumijeva biološku razgradnju organskog materijala i najstariji je način recikliranja. Kompostiranjem se uspostavlja prirodni kružni tok tvari. Kompost poboljšava strukturu tla, omogućava bolje zadržavanje vode u tlu te povećava broj nutritivnih spojeva koji su potrebni biljkama za rast i razvoj. Kućno kompostiranje je također jedan od ekološki najprihvatljivijih načina smanjivanja količine otpada. Čitav proces odvija se na jednom mjestu. U ovom diplomskom radu provodi se proces kućnog kompostiranja. Eksperimentalni dio rada sadrži sve bitne korake koje je potrebno slijediti kako bi se dobio što bolji konačni produkt. Također su navedeni svi materijali i instrumenti korišteni tijekom procesa te metode prema kojima je sam proces kompostiranja napredovao. Za kućno kompostiranje izrađen je komposter od drvenih transportnih paleta u koji se po slojevima složio organski otpad iz kuhinje i vrta. Komposter je smješten u polusjenovitom dijelu vrta i do njega je omogućen nesmetan pristup. Također se u blizini nalazi izvor vode jer je kompost prepušten vremenskim uvjetima pa ga je ponekad potrebno zalijevati. S druge strane, prozračivanje kompostne mase također je bitan korak koji se mora zadovoljiti kako bi razgradnja organskog otpada bila učinkovita i odvijala se u aerobnim uvjetima. U radu su navedeni i opisani svi fizički razlagači koji su zamijećeni tijekom procesa kompostiranja. Rezultati mjerenja temperature, vlage i pH vrijednosti tijekom procesa izneseni su u rezultatima rada te su analizirani. Na samom kraju rada nalazi se prikaz dobivenog konačnog proizvoda, tj. produkta kućnog kompostiranja. Dobiveni rezultati slažu se s podacima literaturnih referenci korištenih u radu.*

**Ključne riječi:** kompost, organski otpad, proces razgradnje biootpada

## **Summary**

*The composting process involves the biological decomposition of organic material and it is the oldest way of recycling. Composting establishes a natural circular flow of substances. Compost improves soil structure, enables better water retention in the soil and increases the number of nutritional compounds that plants need for growth. Home composting is one of the most environmentally friendly ways to reduce the amount of waste. The whole process happens in one place. In this thesis, the home composting process is carried out. The experimental part of a thesis contains all the essential steps that must be followed in order to obtain the best possible final product. Also listed and described are all the materials and instruments used during the process and the methods according to which the composting process progressed. For home composting, a composter was made from wooden transport pallets into which organic waste from the kitchen and garden was stacked in layers. The composter is located in a semi-shady part of the garden and there is easy access to it. There is also a water source nearby because the compost is left to weather conditions, so it sometimes needs to be watered. Aeration of the compost mass is also an essential step that must be met in order for the decomposition of organic waste to be effective and take place under aerobic conditions. All physical decomposers observed during the composting process are listed and described. The results of measuring temperature, humidity and pH values during the process were presented in the results of the work and were analyzed. At the end of the paper, there is a presentation of the obtained final product of home composting. The obtained results agree with the data of literature references used in the work.*

**Key words:** *compost, organic waste, biowaste decomposition process*

## Popis korištenih kratica

<b>O<sub>2</sub></b>	Kisik
<b>CO<sub>2</sub></b>	Ugljikov dioksid
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Voda
<b>NH<sub>3</sub></b>	Amonijak
<b>KIK</b>	Kationski izmjenjivački kapacitet
<b>cmol</b>	Centimol
<b>C</b>	Ugljik
<b>N</b>	Dušik
<b>P</b>	Fosfor
<b>K</b>	Kalij
<b>EZ</b>	Uredba vijeća
<b>EU</b>	Europska unija
<b>mm</b>	Milimetar
<b>cm</b>	Centimetar
<b>l</b>	Litra
<b>°C</b>	Celzijev stupanj



# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PROCES KOMPOSTIRANJA .....	2
2.1. Faza razgradnje .....	2
2.2. Faza pretvorbe .....	3
2.3. Faza izgradnje .....	4
3. ULOGA KOMPOSTA U TLU .....	5
3.1. Organska tvar tla .....	7
3.2. Povećanje stabilnosti i strukturnih agregata .....	7
3.3. Kationski izmjenjivački kapacitet (KIK), pH vrijednost i puferni kapacitet tla .....	8
4. KONCEPT ODRŽIVE POLJOPRIVREDE .....	9
5. SUSTAVI ZA KOMPOSTIRANJE .....	11
5.1. Nereaktorski (otvoreni) sustavi .....	11
5.2. Reaktorski (zatvoreni) sustavi .....	12
6. EKSPERIMENTALNI DIO .....	13
6.1. Ciljevi istraživanja .....	13
6.2. Konceptualni modeli kompostiranja .....	13
6.3. Materijali i metode .....	15
6.4. Izrada kompostera .....	15
6.5. Položaj kompostera .....	17
6.6. Priprema komposta .....	18
6.7. Omjer ugljika i dušika .....	23
6.8. Vlažnost materijala .....	25
6.9. Protok zraka .....	28
6.10. Temperatura .....	32

6.11.	Biologija komposta.....	34
6.12.	Vrijednost pH .....	41
7.	REZULTATI I RASPRAVA .....	43
7.1.	Rezultati mjerenja parametara tijekom procesa kompostiranja .....	43
7.2.	Test zrelosti .....	46
7.3.	Prosijavanje .....	47
8.	ZAKLJUČAK .....	50
9.	LITERATURA.....	52

## 1. UVOD

Snažnu ekološku krizu prisutnu u cijelom svijetu uvjetovalo je ponajprije neograničeno širenje konvencionalne poljoprivredne proizvodnje. Takvu vrstu proizvodnje karakterizira teška mehanizacija, sve češća upotreba agrokemikalija i monoprodukcija. U procesu suočavanja s istom, znanstvenici sugeriraju procjenu efikasnosti proizvodnih sustava u kontekstu održivosti. Pravilno gospodarenje otpadom ključno je u održivom razvoju društva, a recikliranje organskog otpada procesom kompostiranja praksa održive poljoprivredne proizvodnje [1].

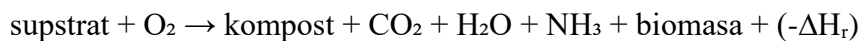
Proces kompostiranja predstavlja jedan od najstarijih načina recikliranja biološki razgradivog organskog otpada koji je još od davnina korišten u poljoprivrednim djelatnostima. Prva ljudska upotreba sirovog komposta zabilježena je 3.000 godina prije Krista u Egiptu gdje se kompost (uglavnom biljnog i životinjskog porijekla) rasipavao izravno po poljima i služio kao poboljšivač tla i gnojivo u agrikulturi. Kasnije se kompost miješao sa stajskom slamom, ekskretom čovjeka i ostalim otpadom te se ostavio na hrpama sve dok nije bio potreban za korištenje. Kiša je održavala vlažnost u hrpama i pomogla u procesu razgradnje. Grci i Rimljani su također znali vrijednost komposta za povećanje proizvodnje usjeva te su koristili toplinu komposta za proizvodnju ljetnog povrća u zimskim mjesecima. Kompostiranje kao praksa održivog vrtlarstva također je zabilježena na glinenim pločicama Mezopotamskog Akadskog carstva, 2334. godine prije Krista. Isto tako, kompostiranje se spominje u Bibliji i Talmudu te u mnogim književnim djelima, uključujući spise Williama Shakespearea i Sir Francisa Bacona [2, 3].

Kompostiranje je temelj organskog vrtlarstva još od vremena Sir Alberta Howarda, engleskog botaničara koji je prvi dokumentirao tehnike održive poljoprivrede, tj. organskog uzgoja i stekao naziv oca modernog kompostiranja. Između 1905. i 1934. godine osmislio je Indore-ov postupak izrade komposta. Metoda je dobila naziv po lokalitetu gdje je po prvi puta provedena i ispitana (Indore, Indija). Najvažniji segment koji je primijetio bila je veza između zdravog tla i zdrave populacije sela, stoke i usjeva [4]. Austrijski filozof Rudolf Steiner, rođen u Donjem Kraljevcu, iznio je principe biodinamičke poljoprivrede 1924. godine, naglašavajući kompostiranje kao središnju praksu. Biodinamička proizvodnja podrazumijeva holističko upravljanje zemljom, a to je ujedno i najviša paradigma održive poljoprivrede koja nudi jedan od najmanjih ugljikovih otisaka bilo koje poljoprivredne metode. Za ovakvu proizvodnju posebno se pripremaju ljekovite biljke, minerali i kompostirani životinjski stajski gnoj [5].

## 2. PROCES KOMPOSTIRANJA

Proces kompostiranja dolazi od latinske riječi *Compositus*, što znači sastavljen, odnosno složen. Definira se kao proces aerobne biološke razgradnje biootpada, odnosno organskih kompostabilnih dijelova otpada. Rezultat procesa je nastanak ugljikovog dioksida, vode, topline i komposta. Drugim riječima, kompostiranje predstavlja biološki postupak u kojem se organski dio otpada može razgraditi pod pažljivo kontroliranim uvjetima [1].

Kompostiranje se prikazuje općom jednadžbom [6]:

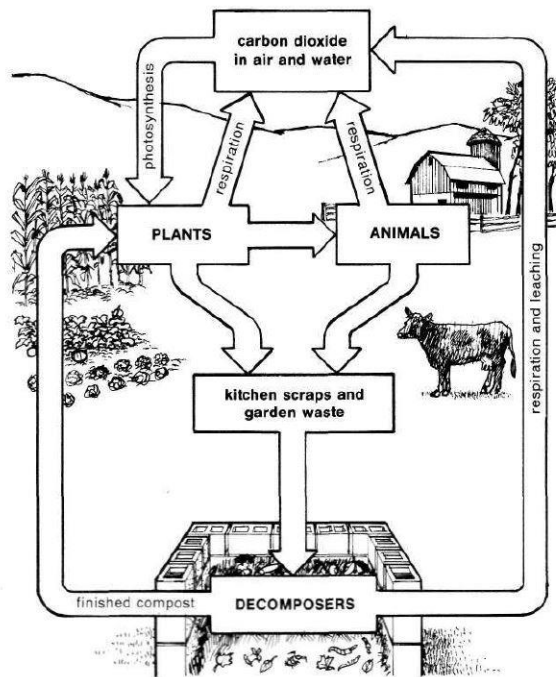


### 2.1. Faza razgradnje

Put od sirovog organskog materijala do gotovog komposta je složen i za njega su potrebni kemijski i mikrobn procesi. Otpadni materijal koji se postavi na kompostu hrpu razgrađuje se i pretvara pomoću gljivica, enzima, bakterija i drugih mikroorganizama koji su nevidljivi ljudskom oku. U procesu kompostiranja odvijaju se kemijski procesi oksidacije, redukcije i hidrolize, a njihove proizvode koriste mikroorganizmi u različitim fazama za daljnju razgradnju. Kemijski procesi su nužni bakterijama jer im osiguravaju energiju koja je potrebna za nastavak njihovih životnih procesa i dobivanja hranjivih tvari za rast i razmnožavanje. Energija se dobiva oksidacijom materijala, posebice frakcija ugljika što ujedno i stvara toplinu u kompostnoj hrpi. U početku procesa, toplinu osiguravaju materijali koji se brzo razgrađuju i oksidiraju, pa se iz tog razloga kompostna hrpa prilično brzo zagrijava i aktivnost bakterija je na vrhuncu, pri čemu dolazi do uništavanja sjemenja korova i uzročnika bolesti. Kada se takav materijal razgradi, aktivnost bakterija usporava i samim time se hrpa počinje hladiti. Iz tog razloga, potrebna je veća masa materijala koja će djelovati kao izolator i spriječiti gubitak topline te zadržati visoku temperaturu duže vrijeme, nakon završetka aktivnosti bakterija. Kako se kompost razgrađuje na jednostavnije oblike proteina i ugljikohidrata postaje dostupan širem spektru bakterijskih vrsta koje će odvesti u daljnju fazu razgradnje [1,7].

Ugljikohidrati (škrob i šećeri) se vrlo brzo razgrađuju u jednostavnije šećere, organske kiseline i ugljični dioksid. Bjelančevine se razgrađuju na peptide i aminokiseline, a zatim na raspoloživi spoj amonija i atmosferskog dušika. Nitrifikacijske bakterije pretvaraju spojeve amonija u nitrate i u tom obliku su dostupni biljkama. Mikroorganizmi kompostne hrpe, kao i sve žive tvari, trebaju ugljik iz ugljikohidrata i dušik iz proteina koji se nalaze u kompostnom supstratu. Kako bi proces napredovao, mikrobi moraju imati pristup zalihama elemenata od

kojih su građeni, zatim pristup izvoru energije te kemikalijama koje koriste za proizvodnju svojih enzima. Glave hranjive tvari za bakterije, aktinomicete i gljive su ugljik (C), dušik (N), fosfor (P), i kalij (K). Ove kemikalije u kompostnoj hrpi nisu u svom čistom obliku već se njihov oblik mijenja. Primjerice, dušik se može naći u obliku nitrata i nitrita, u amonijevim spojevima ili molekuli neprobavljene ili djelomično probavljene celuloze [7,8]. Ciklus dušika prikazan je na slici 1.



**Slika 1.** *Ciklus dušika* [7]

## 2.2. Faza pretvorbe

Faza pretvorbe uključuje porast temperature preko 45°C, a mezofilne mikroorganizme zamjenjuju termofilni (mikroorganizmi koji se razmnožavaju na temperaturama između 45°C i 70°C). Termofili razgrađuju složenije izvore ugljika, poput celuloze i lignina. Druga važna promjena u ovoj fazi je pretvorba dušika u amonijak, a pH komposta postaje lužnat. Porastom temperature na 60°C pojavljuju se sporogene bakterije i aktinobakterije odgovorne za razgradnju voskova, hemiceluloze i složenijih proteina. Nakon nekoliko dana, pa i mjeseci (ovisno o ulaznom materijalu) održava se visoka temperatura i smanjuje biološka aktivnost mikroorganizama. Dolazi do umiranja štetnih bakterija i mikroorganizama poput *Salmonelle* ili *Escherichie coli*. Ovaj proces također omogućuje higijenzaciju kompostne hrpe [6] te je potrebno češće prevrtanje kako bi se osigurala prozračnost i mikroorganizmima pružio kisik koji im je potreban za nastavak procesa razgradnje [8]. Kako se stabilnost komposta približava,

aktinomicete i gljivice koje su u prethodnoj fazi bile ograničene na hladnije rubove hrpe, počinju dominirati i ubrzavati proces.

Aktinomicete su vrlo važne u stvaranju humusa, razgrađuju biljnu materiju i pritom oslobađaju ugljik, dušik i amonijak, stvarajući hranjive tvari dostupne za više biljke. Protozoe su najjednostavniji oblik životinjskog organizma, iako su jednostanične i mikroskopske veličine, složenije su u svojim aktivnostima od većine bakterija, a svoju hranu dobivaju iz organske tvari na isti način kao bakterije. Gljive, za razliku od složenijih biljaka nemaju klorofil, pa stoga nemaju sposobnost proizvodnje ugljikohidrata. Većina gljiva pripada saprofitima jer žive na mrtvom materijalu i dobivaju energiju razgradnjom organskih tvari u mrtvim biljkama i životinjama. Gljive preuzimaju "vlast" tijekom završnih faza, kada je kompost razgrađen u lakše probavljivi oblik [7].

### **2.3. Faza izgradnje**

Početak ove faze oblikuje se svježiji kompost, a kasnije se odvija probavna razgradnja od strane višestaničnih organizama, primjerice grinja, puževa, stonoga, mrava, kukaca, buha, crva i glista te oni predstavljaju fizičke razlagače koji probavljaju kompost i stvaraju tzv. "kompostne grudice" koje čine osnovu za stvaranje zdravog komposta [4]. Većina ovih organizama najbolje funkcionira na srednjim ili mezofilnim temperaturama, prema tome se pojavljuju u završnoj fazi procesa kada se temperatura komposta počinje približavati temperaturi okoline.

Kompost se definira kao mrvičasta masa trule organske tvari izrađena od raspadnutog biljnog materijala. Zajednička karakteristika svih komposta je ta da humifikacijski proces ide do kraja, pa se kao njihova organska tvar pojavljuje humus. Poboljšivač je strukture tla, pruža širok spektar hranjivih sastojaka za biljke i dodaje korisne mikrobe u tlo. Maksimalne koristi komposta za strukturu tla (bolja agregacija, razmak pora i čuvanje vode) i za prinos usjeva obično se javljaju nakon nekoliko godina uporabe. Primjena komposta značajna je u području rataske proizvodnje, ali i u hortikulturi. Koristi se kao poboljšivač, kvalitetno gnojivo, odnosno kondicioner tla. Obično sadrži oko 2% dušika, 0,5 – 1% fosfora i oko 2% kalija. Dušik iz komposta postaje dostupan polako i u malim količinama, što smanjuje ispiranje i produžuje dostupnost tijekom cijele vegetacijske sezone. Zbog prilično niskog udjela hranjivih sastojaka, komposti se obično primjenjuju u velikim količinama. Ako se pravilno pripremi, kompost nema neugodnih mirisa, a zreo je kada ima rahlu i jednakomjernu teksturu, boja mu je tamnosmeđa do crna i ima ugodan miris [3, 7].

### 3. ULOGA KOMPOSTA U TLU

U današnje vrijeme sve je veća zabrinutost za okoliš i probleme koji se pojavljuju, poput degradacije tla, opustinjavanja tla, erozije i gubitka plodnosti tla. Navedeni problemi djelomično su posljedica smanjenja sadržaja organske tvari u tlu. Procjenjuje se da 45% europskih tala ima nizak sadržaj organske tvari, uglavnom u Južnoj Europi, ali i u područjima Francuske, Ujedinjenog Kraljevstva i Njemačke.

Kao ključne prednosti kompostiranja ističu se: smanjenje toka otpada, smanjenje emisije metana s odlagališta otpada, poboljšanje zdravlja tla i smanjenje erozije, ušteda vode te smanjenje osobnog otpada od hrane. Kompostiranje je izvrstan način recikliranja organskog otpada kojeg stvaramo u kućanstvu. Otpad od hrane i vrtni otpad zajedno čine više od 28% onoga što bacimo. Nadalje, otpad od hrane ne predstavlja samo veliko opterećenje za okoliš, već je i njegova prerada skupa. Kad se organska tvar obično razgradi, ona se aerobno razgrađuje, što znači da je razgrađuju mikroorganizmi kojima je potreban kisik. Kada se otpad pogodan za kompostiranje odbaci na odlagalište otpada, zatrpava se pod ogromnim količinama drugog otpada, prekidajući redovitu opskrbu kisikom za razlagače. Otpad tada završava u anaerobnoj razgradnji, a razgrađuju ga organizmi koji mogu živjeti bez protoka kisika. Tijekom anaerobne razgradnje bioplin se stvara kao nusproizvod. Ovaj bioplin sadrži otprilike 50% metana i 50% ugljičnog dioksida. To su ujedno i snažni staklenički plinovi, pri čemu je metan 28 do 36 puta učinkovitiji od CO<sub>2</sub>. Iako većina modernih odlagališta otpada ima sustave za prikupljanje metana, oni ne zahvaćaju sav plin. Budući da je infrastruktura čvrstog otpada dizajnirana oko odlagališta otpada, samo oko 6% otpada od hrane se kompostira. Međutim, države, gradovi, pojedinačna poduzeća i dobavljači mogu predvoditi strategije bez otpada kako bi povećali stope kompostiranja i recikliranja unutar svojih nadležnosti i kako bi spriječili nastajanje otpada [9].

Jedan primjer dobre prakse je Gradsko komunalno poduzeće PRE-KOM d.o.o. koje je svojevrsni pionir kada se govori o gospodarenju otpadom u kontinentalnoj Hrvatskoj. Pristupom u međunarodnu strategiju "Zero waste" poduzeće se obvezuje da će do 2025. g. odvojenim prikupljanjem otpada izdvojiti do 75% korisnog otpada koji će se potom obraditi i oporabiti, što uključuje postupke recikliranja, kompostiranja i aerobne obrade, a količine odloženog miješanog komunalnog otpada će se smanjiti na 60 kg/g. po stanovniku od dosadašnjih 70 kg/g. po stanovniku. Kompostana u Prelogu puštena je u rad 2015. g., a kapacitet obrade biootpada je 7240 t/g. Sama kompostana izrađena je uvažavajući sve zakonske i

ekološke zahtjeve, gdje se može izdvojiti vodonepropusno dno i zatvoren sustav za sakupljanje procjednih voda, te natkriven prostor za biostabilizaciju. Prema tome je kompostana Prelog jedna je od najmodernijih kompostana u Republici Hrvatskoj [10].

Kompost je važan alat za poboljšanje poljoprivrednih sustava velikih razmjera. Sadrži tri primarne hranjive tvari potrebne vrtnim kulturama: dušik, fosfor i kalij. Također uključuje tragove drugih bitnih elemenata poput kalcija, magnezija, željeza i cinka. Umjesto da se oslanja na sintetička gnojiva koja sadrže štetne kemikalije, kompostiranje nudi organsku alternativu. Sustavi za navodnjavanje su učinkoviti, ali su poljoprivrednicima skupi i dugotrajni za upravljanje. Uz to, vodu je sve teže dobiti širom zemlje. Istraživanje je pokazalo da se sposobnost zadržavanja vode u tlu povećava s dodatkom organske tvari. Zapravo, svaki porast organske tvari od 1% pomaže tlu da zadrži 20.000 galona više vode po hektaru. Korištenjem komposta za poticanje zdravog tla, poljoprivrednici ne moraju koristiti toliko vode i još uvijek mogu imati veće prinose u usporedbi sa poljodjelstvom s degradiranim tlom.

Kao nedostaci kompostiranja navode se: emisije neugodnih mirisa, emisije otpadnih voda i izravne ugroze zdravlja poljoprivrednika te drugih osoba koje njime rukuju [4]. Ljudsko i životinjsko zdravlje pod utjecajem je određenih herbicida u biljnim materijalima, a koji se u procesu kompostiranja zelenog otpada mogu zadržati. Ključno je i skupljanje te vraćanje otpadnih voda u kompostne hrpe. Njihovo pravilno zbrinjavanje odvija se uz pomoć uređaja za pročišćavanje. Na kvalitetu samog komposta, kao i na brzinu procesa kompostiranja utječe i kompostiranje na otvorenom koje je pod utjecajem različitih vremenskih uvjeta i ambijentalne temperature.

Široka primjena komposta u poljoprivrednoj proizvodnji potvrđuje njegove ekološke prednosti i utjecaje u usporedbi sa drugim vrstama gnojiva. Istraživanja ukazuju kako korištenje komposta uvelike poboljšava tlo i obnavlja ga, zatim poboljšava agregaciju i stabilnost čime se popravlja sama njegova struktura. Stabilnost agregata tla poboljšava infiltraciju vode i povećava sposobnost zadržavanja iste, čime se smanjuje otjecanje i erozija. Primjenom komposta se također osiguravaju veći prinosi i bolja kvaliteta ubranih usjeva jer se povećava sadržaj velikog broja nutritivnih spojeva kao što su klorofili, karotenoidi i fenoli. Kvaliteta komposta, uključujući kvalitetu ulazne sirovine, stupanj sazrijevanja, omjer C/N i sadržaj teških metala neki su od najvažnijih čimbenika koji određuju utjecaje na biološka svojstva tla i bioraznost [11].



### **3.1. Organska tvar tla**

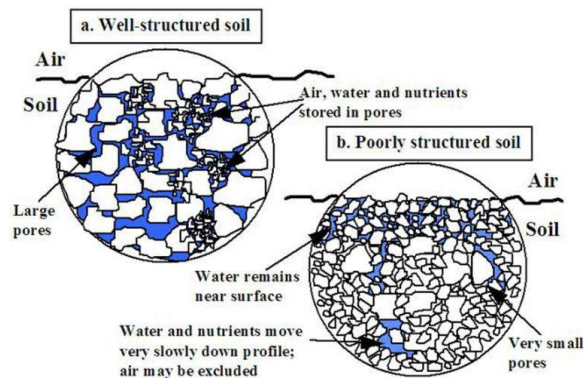
Organska tvar čini mali udio tla po volumenu (2 - 8 %) i sastoji se od živih i mrtvih tvari. Živu organsku tvar čine flora i fauna koja živi u tlu (edafon), a mrtvu organsku tvar čine biljni i životinjski ostaci u različitim fazama raspadanja, što daljnjom razgradnjom tvori humus. Organski materijali (na bazi ugljika) koji se dodaju u tlo uvelike će pridonijeti organskoj tvari budući da ih organizmi u tlu razgrađuju [12]. Neke važnosti organske tvari za kvalitetu tla su [13]:

- pružanje i zadržavanje esencijalnih hranjivih tvari za biljke (dušik, fosfor, sumpor),
- hrana i stanište za organizme u tlu,
- olakšavanje korijenju biljaka put do vode, zraka i hranjivih tvari,
- zadržavanje vode u pjeskovitim (suhim) tlima,
- drenaža i dostupnost kisika u glinovitim (mokrim i teškim) tlima.

Budući da organski materijali koji se dodaju u vrtove obično sadrže sporo dostupne, niske razine hranjivih tvari kao što su dušik (N) i fosfor (P), često se smatraju niskorizičnima za biljke i okoliš. Primjerice, kompost proizveden u dvorištu može sadržavati oko 1,3% dušika i oko 0,4% fosfora prema suhoj težini, dok višenamjensko vrtno gnojivo sadrži 10% dušika i 10% (ili više) fosfora. Sadržaj organske tvari ovisi o načinu gospodarenja i korištenja tla, prema tome može varirati - biti stalan, smanjivati se ili povećavati. Površine pod prirodnom vegetacijom sadrže vrlo visok i stabilan stupanj organske tvari, obzirom da nisu izložene većim antropogenim utjecajima, dok glavni razlog opadanja organske tvari u tlu predstavlja čovjek, konvencionalnom i intenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom kojom se ubrzava razgradnja organske tvari na način da se razbijaju strukturni agregati tla i uzrokuje erozija [14].

### **3.2. Povećanje stabilnosti i strukturnih agregata**

Veličina i prostorni raspored čestica, agregata i pora u tlu određuju strukturu tla (Slika 2.). Volumen čvrstih čestica tla i volumen pora utječu na ravnotežu zraka i sposobnost prodiranja korijena. Općenito, što je struktura tla zbijenija, to su uvjeti tla za rast biljaka nepovoljniji. Dodavanjem komposta u tlo povećava se stabilnost strukturnih agregata, najučinkovitije u pjeskovitim i glinovitim tlima. Istraživanja su pokazala kako se stvaranje agregata u tlu događa uglavnom kao rezultat fizičkih sila, a njihovu stabilizaciju uzrokuje niz čimbenika, posebice količina i kvaliteta anorganskih i organskih stabilizatora. Stabilnost agregata gornjeg sloja tla važna je za ulazak zraka, bolji protok vode, rast biljaka i otpornost na eroziju [14].



**Slika 2.** *Primjer dobre i loše strukture tla* [14]

### 3.3. Kationski izmjenjivački kapacitet (KIK), pH vrijednost i puferni kapacitet tla

Kationski izmjenjivački kapacitet je važan pokazatelj plodnosti tla, posebice za zadržavanje kationa u tlu i sposobnosti tla da opskrbi tri važna hranjiva potrebna biljkama: kalcij, magnezij i kalij. Katione drže negativno nabijene čestice gline i humusa koje se nazivaju koloidi, a oni se sastoje od najmanje dviju faza, od kojih je jedna disperzno sredstvo, a druga dispergirana faza. Koloidi imaju sposobnost zadržavanja velike količine kationa, pa zbog toga djeluju kao "spremnik" hranjivih tvari za korijenje biljaka. Što je negativni naboj koloida jači, to je veća njegova sposobnost zadržavanja i izmjene kationa. Koncentracije kationa izražene su u "cmol", a kationski izmjenjivački kapacitet varira od 300 do 1400 cmol/kg, što je daleko više u odnosu na KIK nekog drugog mineralnog materijala [4].

pH tla indikator je kiselosti ili alkalnosti tla, tj. koncentracije vodikovih iona u tlu. Na pH tla utječu različite kombinacije pozitivno nabijenih iona (natrij, kalij, kalcij, magnezij, aluminij, mangan i željezo) i negativno nabijenih iona (sulfat, klorid, bikarbonat i karbonat). Nadalje, pH tla izravno utječe na mogućnost biljaka za usvajanjem hranjivih tvari, odnosno bioraspoloživost biljnih hranjiva. Primjena komposta od velikog je značaja za pH tla jer kompostni materijal ima kalcizirajući učinak i povećava ili održava pH, te povećava pufernu sposobnost tla [4].

Puferni kapacitet tla je sposobnost tla da se odupre vanjskim utjecajima, posebice promjenama pH vrijednosti i time stvara dobre uvjete za život biljaka i mikroorganizama u tlu. Značajno pridonosi očuvanju tla i važan je pokazatelj njegove kvalitete. Što je veća koncentracija vodikovih iona u otopini vode u tlu, niži je pH, a što je vrijednost pH niža, to će biti veća kiselost tla [15].

#### **4. KONCEPT ODRŽIVE POLJOPRIVREDE**

Poljoprivreda i šumarstvo osiguravaju hranu i neprehrambene proizvode kako bi zadovoljili zahtjeve širokog spektra industrija i potrošača u različitim geografskim i društveno – ekonomskim uvjetima. Također pružaju socijalne i ekološke prednosti i imaju važnu ulogu u razvoju ruralnih područja, poboljšanja kvalitete života i otvaranja radnih mjesta. Rast svjetskog stanovništva, glad, pretilost i sve veći zahtjevi potrošača vrše pritisak na poljoprivrednu proizvodnju s ciljem poboljšanja sigurnosti hrane na globalnoj razini. Istovremeno, poljoprivredni i prehrambeni sustavi moraju biti otporni na izazov u vidu ograničenih resursa, degradacije okoliša, klimatskih promjena i gubitka biološke raznolikosti. Tranzicije zahtijevaju lokalno prilagođena rješenja koja će poboljšati ekonomsku održivost i društvene uvjete, omogućiti generacijsku obnovu i doprinijeti razvoju i privlačnosti ruralnih područja. Inovativne tehnologije su od ključne važnosti za razvoj i unapređenje znanja, prakse, društvenih inovacija, politika i upravljanja koje će omogućiti prijelaz prema održivim poljoprivrednim sustavima i ruralnim zajednicama. Europska Unija vodi se dugoročnim strateškim pristupom koji se usredotočuje na stvaranje održive primarne proizvodnje i jačanja ruralnih inovacija [16].

Održivost poljoprivrede temelji se na prethodnoj razradi i poštivanju određenih načela, ali i stavova i načina djelovanja. Upravo su te odrednice osnovni preduvjet ostvarenja i realizacije cjelokupnog koncepta. Osiguranje financijskog dohotka (profitabilnosti), pri čemu se sudjelovanje u poljoprivrednim aktivnostima smatra investicijom, stvaranje novog društvenog poretka koji će imati koristi od poljoprivrednih aktivnosti, kao i pružanje usluga rada, razvoja i obuke ciljanim skupinama te naposljetku očuvanje okoliša i osiguravanje njegove biološke raznolikosti predstavljaju tri osnovna načela na kojima počiva koncept održivosti.

Sustav održive proizvodnje karakterizira složenost ali i sofisticiranost upravljanja kako poljoprivrednim gospodarstvom tako i ekološkom proizvodnjom hrane. Nadalje, kao osnovna obilježja održive poljoprivrede ističu se [17]:

- poticanje bioloških procesa u području gospodarstva,
- poboljšanje strukture i proizvodnja temeljena na sprječavanju uporabe agrokemikalija,
- očuvanje tla,
- podizanje materijalnoga, intelektualnoga i moralnoga položaja poljoprivrednika,
- očuvanje raznolikosti životinjskih i biljnih vrsta, krajobraza i prirodnih bogatstava,
- proizvodnja kvalitetnijih i zdravijih namirnica,
- smanjenje utroška energije i uporabe neobnovljivih prirodnih resursa.

Održivost poljoprivrede u praksi uvjetovana je sljedećim zahtjevima. Naime, ona mora jamčiti zaštitu i očuvanju okoliša za konstantnu produktivnost. Između ostalog, ključna je i održivost prirodnih resursa. U konačnici, poljoprivrednicima mora jamčiti i ekonomski isplativu proizvodnju. U procesu kompostiranja, sukladno spomenutim načelima, naglasak je na primjeni komposta kroz održivu poljoprivrednu praksu. Osim toga, minimalizira se korištenje neobnovljivih resursa te se smanjuju energetske troškovi u procesu obrade samog otpada. Jednako tako smanjuje se i štetni utjecaj na ljudsko zdravlje. S druge pak strane, troškovi procesa kompostiranja su niski pa je očekivana i određena financijska korist poljoprivrednih proizvođača [9].

U organskoj poljoprivredi, kompost se koristi kao dodatak tlu, starter za sjeme, malč i prirodno gnojivo, ovisno o njegovim karakteristikama. Kako bi se kompost mogao upotrijebiti u organskoj poljoprivredi, mora sadržavati oznaku koja dokazuje da je provjerene kvalitete (Slika 3.) te da su u njegovoj proizvodnji redovito provedene analize kvalitete. Sustavi provjere kvalitete komposta razlikuju se u svakoj državi. U nekim državama kontrolira se samo finalni proizvod, dok se u nekim državama kontrolira cijeli proizvodni proces u kojem je nastajao kompost. Kompost koji zadovoljava sve uvjete održive poljoprivrede i proizveden je u skladu s odgovarajućim EU direktivama mora sadržavati oznaku certifikacije [4, 11].



**Slika 3.** Oznaka komposta proizvedenog u skladu sa EU direktivom [11]

## 5. SUSTAVI ZA KOMPOSTIRANJE

Vrsta otpada, raspoloživi prostor, zakonski propisi i ekonomska isplativosti određuju sustav u kojem će se kompostiranje provoditi. Sustavi se mogu podijeliti na reaktorske i nereaktorske. Reaktorski sustavi dijele se na horizontalne i vertikalne, dok se nereaktorski sustavi dijele na Windrow sustave te na kompostiranje u hrpi (stogu). Ovi sustavi mogu biti smješteni na otvorenom ili zatvorenom prostoru [18].

### 5.1. Nereaktorski (otvoreni) sustavi

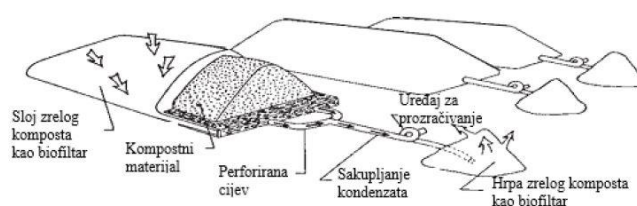
Primjena otvorenih sustava za kompostiranje je česta zbog jednostavnosti procesa i manjih financijskih troškova. Glavni nedostaci ovih sustava su: gubitak plinova koji nastaju u procesu kompostiranja kao nusprodukt, dugotrajnost procesa koji može potrajati 4 – 6 mjeseci, nemogućnost potpune kontrole procesa, ovisnost o vremenskim uvjetima i stvaranje neugodnih mirisa. Osnovne vrste nereaktorskih sustava su:

- **Windrow sustavi** – (Slika 4.) sastoje se od stavljanja organskog otpada u duge uske hrpe trapeznog ili polukružnog poprečnog presjeka. Dimenzije i broj hrpa ovisi o količini otpada koji se kompostira, raspoloživom prostoru i mehaničkoj opremi. Hrpe je potrebno često mehanički okretati kako bi se omogućio dotok zraka, svjetlost i temperatura te aktivirala populacija bakterija tijekom cijelog razdoblja stabilizacije. Učestalost okretanja komposta ima važnu ulogu za povećanje broja mikroba i jednoliki potencijal razgradnje u svim dijelovima kompostne mase. Kada se otpadni materijal miješa, tada dolazi do gubitka vode isparavanjem. Ukoliko se kompostira materijal koji je bogat ugljikom, tada je potrebno dodati vodu, a kod kompostiranja materijala bogatog dušikom, tj. materijala s visokim udjelom vode poželjno je isparavanje [6, 18].



**Slika 4.** *Windrow sustav kompostiranja* [18]

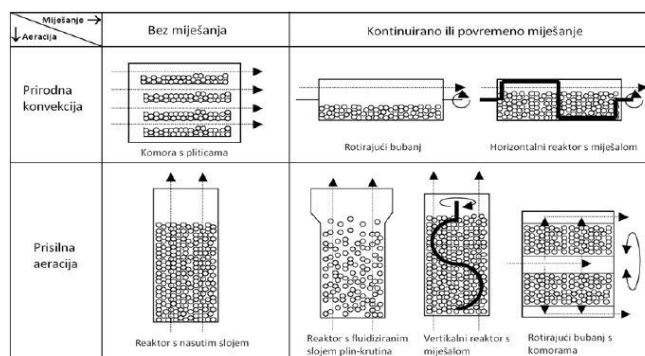
- **Kompostiranje u hrpi (stogu)** – Kod kompostiranja u hrpi (Slika 5.) nema miješanja materijala, već se prozračivanje materijala provodi prirodnom ili prisilnom konvekcijom zraka kroz hrpu. Ako se radi o prirodnoj konvekciji zraka, tada se unutar hrpe postavljaju perforirane cijevi kojima se prozračuje kompostna hrpa. Kod sustava sa prisilnom aeracijom isto tako se koriste perforirane cijevi, ali su one spojene na različite uređaje za prozračivanje. Kada se svježiji otpad postavi na hrpu, prekriva se slojem gotovog komposta koji služi kao biofilter, pa je samim time kontrola emisija štetnih plinova bolja. Ovaj sustav kompostiranja je jednostavan i jeftin te se najčešće koristi u manjim gospodarstvima [6, 18].



**Slika 5. Kompostiranje u hrpi [18]**

## 5.2. Reaktorski (zatvoreni) sustavi

Svaka metoda kompostiranja u zatvorenom prostoru s prisilnom izmjenom respiracijskih plinova je vrsta reaktorskog kompostiranja (Slika 6.). Reaktori za kompostiranje mogu biti vertikalni (toplinski izolirani, s miješalom, s nasutim slojem) i horizontalni (s miješalom i rotirajući). Glavne prednosti zatvorenih sustava su: mogućnost kontrole i podešavanja procesnih uvjeta (miješanje i protok zraka), neovisnost o klimatskim uvjetima, kraće trajanje procesa, sakupljanje i obrada procjednih voda te izlaznih plinova. Ovi procesi kompostiranja koriste se samo za predkompostiranje, zbog visokih troškova što je ujedno i glavni nedostatak ovih sustava [18, 19].



**Slika 6. Reaktorski sustav [6]**

## **6. EKSPERIMENTALNI DIO**

### **6.1. Ciljevi istraživanja**

Cilj ovog rada je riješiti problem organskih otpadaka iz kuhinje i vrta, a u isto vrijeme dobiti kvalitetno organsko gnojivo kojim će se obogatiti zemlja u vrtu. Tako obogaćena zemlja ojačati će biljke koje će zatim biti otpornije na razne štetnike i bolesti. Kućno kompostiranje je jedan od ekološki najprihvatljivijih načina smanjivanja količine otpada. Čitav proces se odvija na jednom mjestu i na taj način se ne troše energija i resursi za njegov prijevoz, preradu i primjenu.

Svrha je dokazati kako je kućno kompostiranje jednostavna tehnika razgradnje organskih sastojaka, tj. stvaranja uvjeta za prirodnu razgradnju biomase, što je sasvim normalna pojava u prirodi. Može se reći da je kompostiranje zatvoreni krug suradnje čovjeka i okoliša u kojem obje strane profitiraju.

Za uspješnost provedbe kućnog kompostiranja potrebno je zadovoljiti glave korake, poput: odabira prikladnog mjesta za komposter, sastava biootpada koji će se kompostirati, miješanja otpada bogatog ugljikom i otpada bogatog dušikom u pravilnom omjeru te usitnjavanja tog otpada. Potrebno je održavati optimalnu vlažnost kako bi proces razgradnje mogao normalno funkcionirati, odnosno kako bi se korisnim mikroorganizmima stvorili optimalni uvjeti za razvoj. Kompostnu hrpu je također potrebno često miješati radi prozračivanja i sprječavanja zbijenosti mase. Uz poštivanje navedenog, za nekoliko mjeseci se dobije gotov kompost mrvičaste strukture i bez intenzivnih mirisa [6].

U radu će biti objašnjen cjeloviti proces kućnog kompostiranja, što će također biti prikazano fotografijama i tablicama. Grafički prikazi će sadržavati podatke o praćenim parametrima tijekom procesa, a to su temperatura, vlažnost i pH kompostne mase. Na kraju će se dobiveni rezultati analizirati i usporediti sa literaturnim podacima.

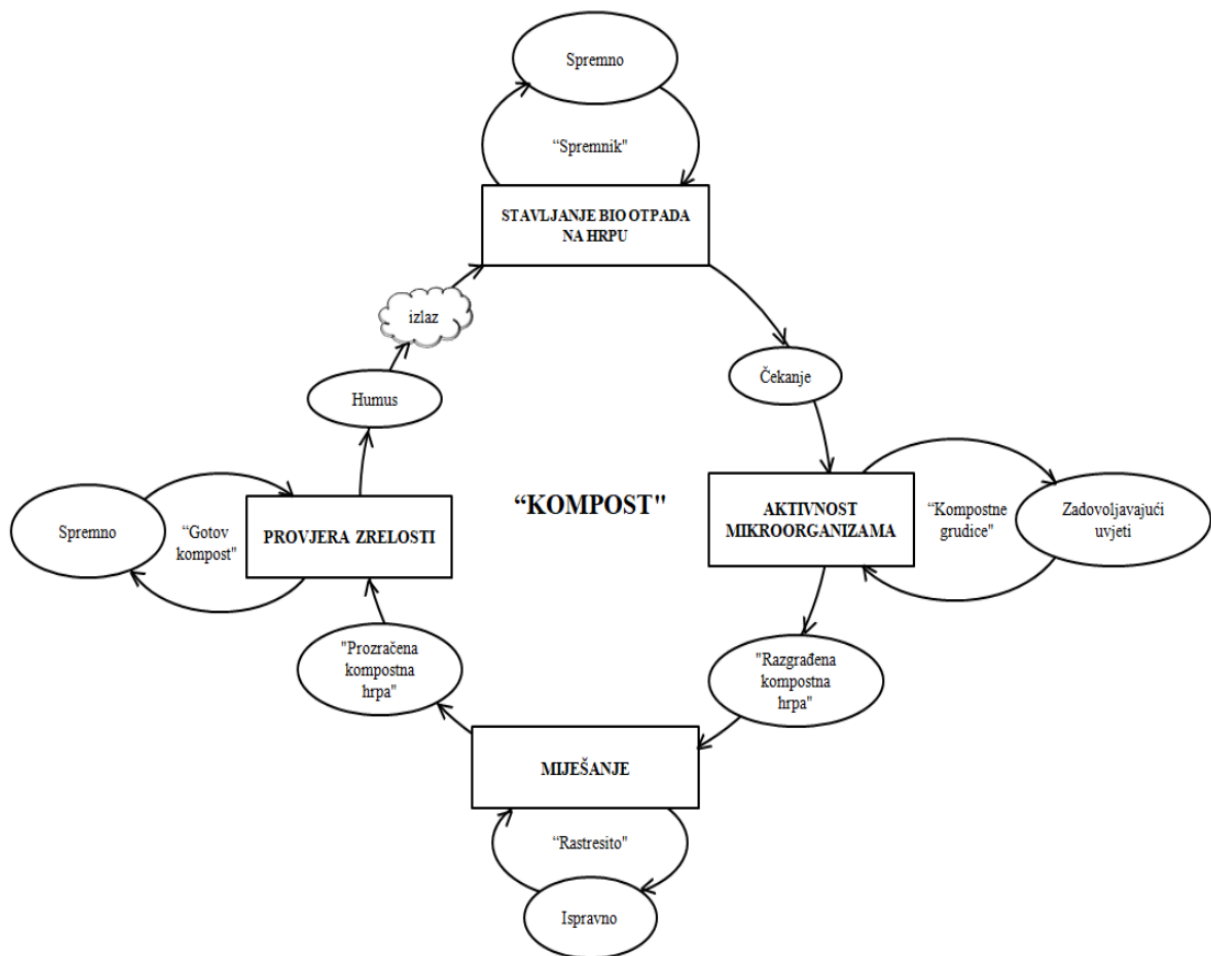
### **6.2. Konceptualni modeli kompostiranja**

Konceptualni model je razvijen kao Dijagram Ciklusa Aktivnosti - DCA (*engl. Activity Cycle Diagram - ACD*) i Ishikawa dijagram. U modeliranju temeljenom na aktivnostima dinamika sustava koristi se za prikaz dijagram ciklusa aktivnosti (DCA) koji je mrežni model logičkih i vremenskih odnosa među aktivnostima [20]. DCA se jednostavno implementira s metodom skeniranja aktivnosti pri izvođenju simulacije [21].

Dijagram ciklusa aktivnosti (ACD) je metoda za opisivanje interakcija objekata u sustavu. Koristi uobičajenu notaciju grafičkog modeliranja za objašnjenje niza aktivnosti u različitim okolnostima stvarnog života. Objekti u sustavu mogu se klasificirati u dvije klase [22]:

- 1) Prolazni objekt ili entitet koji prima usluge i napušta sustav,
- 2) Rezidentni objekt ili resurs koji služi entitetima.

U ovom modelu, ponašanje ili životni ciklus entiteta ili resursa u sustavu predstavljen je ciklusom aktivnosti, koji izmjenjuje aktivna stanja s pasivnim stanjima. Pasivno stanje entiteta ili resursa naziva se red u krugu, a aktivno stanje se naziva aktivnost u pravokutniku. Luk se koristi za povezivanje aktivnosti i reda. Aktivnost predstavlja interakciju između entiteta i resursa, kojoj je obično potrebno određeno vrijeme da se završi. Token se koristi za predstavljanje stanja reda čekanja i aktivnosti. Svi ciklusi aktivnosti su zatvoreni u sebe [23]. DCA kompostiranja prikazan je na slici 7.



**Slika 7.** Dijagram ciklusa aktivnosti entiteta "kompost" (Izvor: autor)



### 6.3. Materijali i metode

Za provedbu kućnog kompostiranja korišten je komposter vlastite izrade. Biootpad koji se dodavao u komposter sastojao se od otpadnih biljnih materijala i ostataka iz kućanstva i vrta. Temperatura, vlaga i pH praćeni su tijekom cijelog procesa pomoću instrumenata.

### 6.4. Izrada kompostera

Postoji više vrsta kompostera koji se mogu upotrijebiti za kućno kompostiranje. Mogu biti otvoreni i zatvoreni, građeni od plastičnog, žičanog, metalnog ili drvenog materijala te betonskih blokova. Otvoreni komposterima imaju niz prednosti, a to su: niska cijena, malo potrebnog materijala za izradu, laka postava, jednostavno dodavanje materijala na hrpu, dobar protok zraka, lako miješanje materijala pomoću alata za prozračivanje, dok otvoreno tlo omogućuje brzi pristup organizmima iz tla čime se ubrzava razgradnja. S druge strane, neki od nedostataka otvorenih kompostera su: brzo sušenje materijala ili prevelika vlaga (ovisno o vremenskim uvjetima), lak pristup štetnicima i mogući neugodan vizualni izgled. Zatvoreni komposterima pružaju uredniji izgled jer se organska tvar sakriva, ravnomjernije zadržavaju vlagu i toplinu unutar mase te sprječavaju pristup štetnicima. Također zahtijevaju više materijala za izradu, što ih čini skupljim. Često su manje veličine, pa tako sadrže manje organskog materijala, a dodavanje materijala i pristup kompostu je otežan.

Prilikom odabira kompostera potrebno je uzeti u obzir količinu organskog materijala koji će se kompostirati, raspoloživi prostor i vremenski period za koji se planira dovršiti proces kompostiranja [24].

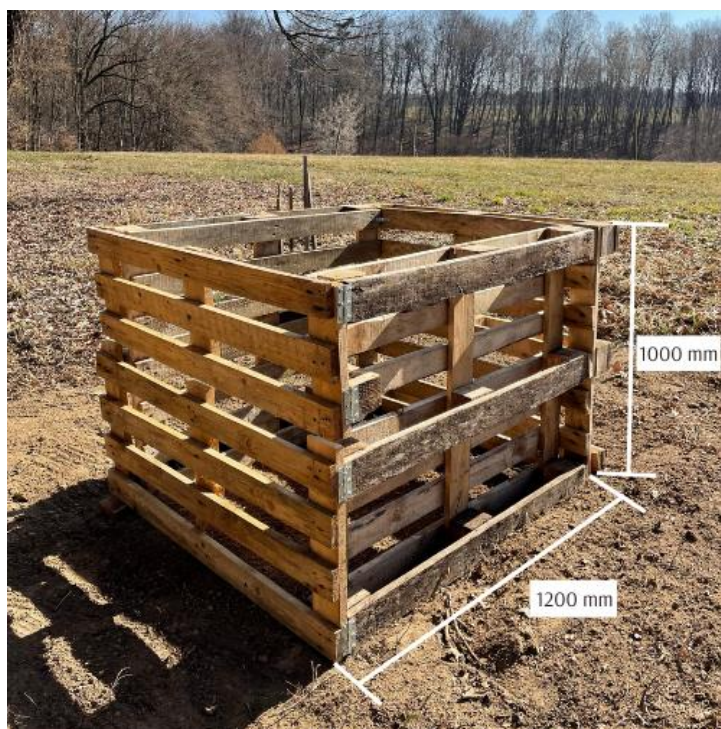


**Slika 8.** Izrada kompostera (Izvor: autor)

Za kućno kompostiranje izradio se komposter od drvenih transportnih paleta (Slika 8.). Ovakav oblik kompostera je vrlo popularan zbog svoje trajnosti i funkcionalnosti, a premda je napravljen od recikliranog materijala, ekološki je najprihvatljiviji, najbolje se uklapa u okoliš i dobar je termoizolator. Izrada kompostera od paleta jedan je od najjednostavnijih "uradi sam" projekata koji se može napraviti.

Komposter je izrađen od četiri palete koje su duljom stranicom postavljene na tlo. Svaka paleta je dimenzija 1200 x 1000 mm (Slika 9.). Ove dimenzije osiguravaju zadržavanje dovoljno visoke temperature i stabilnu vlažnost unutar hrpe, što je potrebno za normalan tijek procesa kompostiranja.

Postupak izrade kompostera započeo je okopavanjem i uklanjanjem korova te ravnanjem terena, pri čemu su se od alata koristile motika, štihača i grablje. Zatim su se iskopali plići jarci, radi boljeg „sjedanja“ paleta, tj. stranica kompostera na tlo. Palete su postavljene tako da čine oblik kocke i uglovima su pričvršćene jedna na drugu. Četvrta paleta upotrijebila se za izradu duplih vrata, na način da se prerezala na dva jednaka dijela (vodoravno) i pričvrstila šarcima s vanjske strane na susjednu paletu. Vrata omogućavaju lakše vađenje i miješanje komposta štihačom te rukovanje gotovim kompostom koji se nalazi na dnu hrpe. Isto tako, može se u svako doba provjeriti u kojoj se mjeri razgradio pojedini biljni materijal.



**Slika 9.** Dimenzije kompostera (Izvor: autor)

## 6.5. Položaj kompostera

Obzirom da većina organskog materijala za kompostiranje dolazi iz vrta (otkos trave, suho lišće, ostaci od obrezivanja, korovi i ostalo), a dobiveni kompost će se opet vratiti u vrt, komposter je postavljen na dnu dvorišta, nasuprot povrtnjaka i oko njega ima mnogo slobodnog prostora za nesmetan pristup. Kompost je potrebno povremeno zalijevati, osobito u toplim, sušnim razdobljima, stoga se u blizini nalazi izvor vode. Toplina sunca ubrzava proces razgradnje, dok previše sunca i topline može isušiti kompost, prema tome je položaj kompostera u odnosu na sunce polusjenovit, što prikazuje slika 10.



**Slika 10.** Položaj kompostera (Izvor: autor)

Komposter okružuju dva stabla graba (Slika 11.) koja imaju gustu i razgranatu krošnju, što je idealan zaklon od vjetra, jer vjetar oduzima toplinu i suši kompostni materijal. Isto tako, grab je listopadno stablo, ljeti pruža hladovinu, a zimi sunčevu svijetlost. Tlo na koje se postavio komposter je rahlo, dobro drenirano i blago ukošeno radi boljeg ocjeđivanja, stoga je nemoguće zadržavanje tekućine [7].



**Slika 11.** *Stabla graba koje okružuje komposter (Izvor: autor)*

## **6.6. Priprema komposta**

Organski materijali pogodni kompostiranju su neograničeni. Da bi se materijal kompostirao mora biti biorazgradiv i sadržavati tvari koje su korisne za mikroorganizme. Dakle, kompostirati se može biljni otpad iz kuhinje i vrta, a kvaliteta gotovog komposta ovisi o različitosti biljnog materijala koji se dodaje te miješanja u pravilnom omjeru.

### **Materijali pogodni kompostiranju jesu [25]:**

- Trava, korov;
- ostatci voća i povrća;
- suho lišće (osim lišća oraha),
- granje, kora drveta, iglice četinara;
- uvelo cvijeće;
- piljevina, sijeno, slama;
- zemlja iz lončanica za cvijeće;
- talog kave i čaja;
- ljuske jajeta;
- male količine papira i kartona;

- kutije od jaja;
- vuna, pamuk;
- perje, životinjska dlaka, kosa;
- stajnjak;
- male količine pepeo – drvenog ugljena.

**Materijali koji nisu pogodni kompostiranju [25]:**

- novinski papir i časopisi u boji;
- osjemenjeni korov;
- bolesne biljke i biljke tretirane pesticidima (mogu uništiti korisne mikroorganizme za kompostiranje);
- biootpad koji je bio u dodiru sa naftom, benzinom, uljanim ili zaštitnim bojama;
- anorganski materijal (guma, plastika, kamen, staklo, sintetika i slično);
- ostaci hrane (neugodan miris i privlačenje štetnika i glodavaca);
- masti i ulja (neugodan miris i privlačenje štetnika i glodavaca);
- izmet pasa i mačaka (može sadržavati parazite, bakterije, klice, patogene i viruse štetne za ljude);
- opasni otpad

Kompostna hrpa započela se graditi 15. ožujka, kada je na raspolaganju bilo dovoljno prikupljenog materijala iz kućanstva i vrta. Hrpa se složila odjednom, što je vrlo važno za pravilan tijek kompostiranja jer se osigurava dovoljno visoka temperatura. Hrpa se postavila direktno na tlo na način dodavanja biootpada različite biorazgradivosti po slojevima.

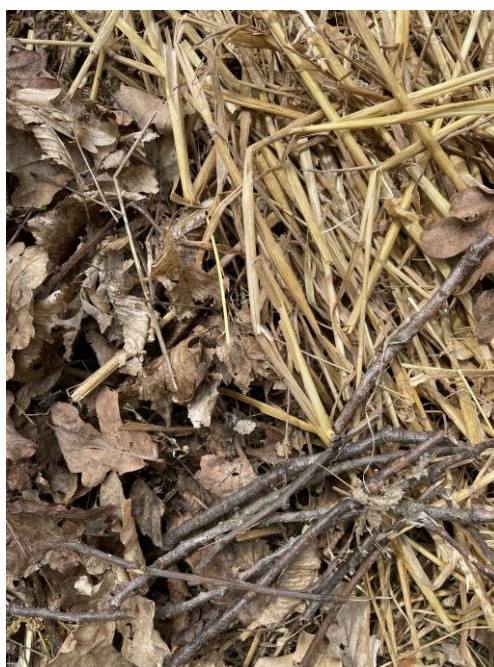
Prvi sloj načinjen je od granja koje se prikupilo pri orezivanju vinove loze. Granje je potom usitnjeno pomoću škara za vinograd (Slika 12.). Ovaj sloj kompostnoj hrpi osigurava neophodnu prozračnost i drenažu. Također izolira materijale od hladnog tla, što je bilo potrebno, premda se gradnja kompostne hrpe započela još u vrijeme hladnijih dana.

Općenito, smeđi materijali za kompostiranje su drvenaste i/ili vlaknaste prirode. To su materijali poput strukturnih komponenata biljaka i bogati su ugljikom. Kompostnoj hrpi daju strukturnu čvrstoću, sprječavaju zbijanje i izvor su hrane za sve organizme koji se nalaze u njoj [26].



**Slika 12.** *Prvi sloj kompostne hrpe (Izvor: autor)*

Strukturni biootpad koji se dodao kompostnoj hrpi sastojao se od ostataka orezivanja voćaka i vinove loze, usitnjenog suhog granja, drvene sječke, piljevine, zemlje iz lončanica za cvijeće, suhog lišća, isjeckanih kutija od jaja i kartona, slame, sijena, iglica četinarara. Strukturni biootpad koji čini najveći udio kompostne hrpe prikazan je na slici 13.



**Slika 13.** *Biootpad bogat ugljikom (Izvor: autor)*

Nakon sloja usitnjenog granja dodao se sloj suhog lišća, a zatim slojevi biootpada iz kuhinje te ostali vrtni otpad. Kompostna hrpa je dosegla visinu od 800 cm. Sav biootpad se najprije usitnio na manje komade (5-7 cm), kako bi mikroorganizmi imali dovoljno veliku površinu za aktivnost (oni razgrađuju organske materijale na mjestu rezova usitnjenog biootpada) te kako bi pretvorba organskih ostataka bila što brža, bez stvaranja neugodnih mirisa, plijesni ili pojave insekata. Može se reći da veličina kompostnog materijala i poroznost utječu na aeraciju hrpe, a poroznost je određena veličinom i vrstom čestica te visinom kompostne hrpe. Slobodni zračni prostor između čestica se mijenja i s napretkom procesa postaje sve manji jer dolazi do zbijanja čestica [6].

Pri slaganju hrpe pazilo se na omjer suhих i vlažnih materijala. Slojevi se nisu sabijali, već su ostali prozračni, a između svakog sloja biootpada nasuo se tanak sloj šumske zemlje.

Biootpad iz kuhinje se prikupljao u plastičnu posudu zapremine 3 L i postupno se nakon punjenja dodao kompostnoj hrpi (Slika 14.). Na isti način se dodavao i ostali materijal kada je postao dostupan u većoj količini.



**Slika 14.** Posuda u koju se sakupljao biootpad iz kuhinje (Izvor: autor)

Zeleni biootpad je otpad bogat dušikom, brzo se razgrađuje i osigurava mikroorganizmima proteine potrebne za rast, razmnožavanje i razgradnju ugljične hrane. Dušični materijali smatraju se aktivatorima kompostne hrpe jer omogućavaju zagrijavanje. Nisu toliko vlaknasti i glomazni kao ugljični materijali te ih je potrebno dodavati u manjim količinama. Dakle, materijali bogati ugljikom smatraju se hranom, a materijali bogati dušikom probavnim

enzimima. Ako se kompostu doda previše zelenog, zeljastog materijala bogatog dušikom, hrpa će se pretvoriti u sluzavu masu neugodnog mirisa na amonijak, što će trajati jedan ili dva dana, sve dok se masa ponovno ne stabilizira [26].



**Slika 15.** *Biootpad bogat dušikom (Izvor: autor)*

Zeleni otpad koji se dodavao kompostnoj hrpi sastojao se od ostataka voća i povrća, listova i kora voća i povrća, ljuski jaja, taloga kave, vrećica čaja, korova i ostataka biljaka iz vrta, uvenulog cvijeća i pokošene trave, što prikazuju slike 15. i 16.



**Slika 16.** *Sloj biootpada iz kuhinje i vrta (Izvor: autor)*

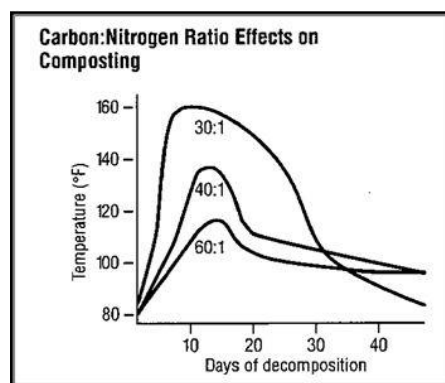


Svižeže pokošena trava predstavlja vrlo važan materijal bogat hranjivim tvarima, a siromašan strukturnim elementima. Ukoliko se kompostu doda velika količina svižeže trave, dolazi do enormne razgradnje, jakog zagrijavanja i stvaranja velike količine vlage. Potom se kompostna masa na pojedinim dijelovima sljepljuje, što dovodi do nedostatka kisika, truljenja i stvaranja anaerobnih uvjeta uz prisustvo neugodnih mirisa [26].

Da bi se spriječilo sljepljivanje mase, svižeža trava se pomiješala sa strukturnim materijalom poput suhog lišća, slame i sijena, te se dodala u tankom sloju na hrpu.

### 6.7. Omjer ugljika i dušika

Ugljik i dušik su najvažniji elementi potrebni za mikrobnu razgradnju organske tvari i proizvodnju komposta. Ugljik je izvor energije i osnovna građevna jedinica koja čini oko 50% mase mikrobnih stanica, a dušik ključna komponenta proteina, nukleinskih kiselina, aminokiselina, enzima i koenzima potrebnih za rast i funkciju stanica. Općenito se smatra da je idealan omjer ugljika i dušika (C:N) za kompostiranje oko 30:1, odnosno 30 dijelova ugljika za svaki težinski dio dušika (Slika 17.). Pri nižim omjerima, dušik će biti u višku i izgubiti će se kao plin amonijak, uzrokujući nepoželjne mirise. S druge strane, viši omjeri znače da u kompostnoj masi nema dovoljno dušika za optimalan rast mikrobnih populacija, pa će kompost ostati relativno hladan, a razgradnja se odvijati sporo [27].



**Slika 17.** Učinak C:N omjera na proces kompostiranja [27]

Kako kompostiranje napreduje, omjer C:N se postupno snižava s 30:1 na 10 - 15:1 za gotov kompost. Omjer se snižava iz razloga što mikroorganizmi svaki put kada konzumiraju organske spojeve, dvije trećine ugljika oslobađaju kao ugljični dioksid, a preostala trećina se zajedno s dušikom ugrađuje u mikrobnostanice te se nakon odumiranja stanica, dušik opet ispušta u upotrebu [27]. Tablica 1. sadrži podatke o C:N omjeru za različite vrste biootpada i njihove karakteristike s obzirom na razgradivost i vlažnost.

**Tablica 1.** C:N omjer različitih vrsta biootpada te njihove karakteristike s obzirom na razgradivost i vlažnost [28]

Materijal	C:N	Sposobnost razgradnje	Vlažnost u izvornom obliku
Trava	20-40	dobra	dobra
Lišće	30-80	dobra	srednja
Iglice četinara	30	srednja	slaba
Slama	20-30	dobra	vrlo loša
Sitno granje	115	dobra	srednja do prevelika
Ostaci voća	20-49	dobra	prevelika
Karton	200-500	dobra	loša
Piljevina	100-230	srednja	loša
Talog kave	20	dobra	dobra
Kora drveta	100-130	srednja	loša
Vrtni otpad	13	dobra	prevelika
Otpaci iz kuhinje	12-20	dobra	općenito prevelika
Kokošji gnoj	13-18	dobra	vrlo loša
Goveđi gnoj	20	dobra	srednja
Konjski gnoj	25	dobra	dobra
Stabljika kukuruza	60-73	loša	loša

Iako je optimalan omjer C:N otprilike 30:1, njega je ponekad potrebno prilagoditi prema raspoloživosti biljnih materijala. Većina dušika u kompostabilnim materijalima je lako dostupna, no međutim dio ugljika može biti vezan u spojeve koji su otporni na biološku razgradnju. Primjerice, stabljike kukuruza i slama se sporo razgrađuju jer se sastoje od otpornog oblika celuloze. Njihova relativno spora razgradnja znači da će njihov ugljik biti slabo dostupan mikroorganizmima, pa je u početku procesa potrebno povećati omjer C:N.

Humus koji nastaje razgradnjom svježeg organskog materijala sadrži približno 50% ugljika i 5% dušika (10:1). Većina svježeg biljnog materijala sadrži 40% ugljika, a omjer varira zbog razlika u sadržaju dušika, a ne ugljika. Suhi materijali su općenito u rasponu od 40 do 50% ugljika, a mokri materijali od 10 do 20% ugljika, stoga je vlažnost materijala najvažniji čimbenik u procjeni omjera ugljika i dušika [27].

## 6.8. Vlažnost materijala

Vlaga je krvotok za metaboličke procese razgradnje tijekom kompostiranja, dok je voda medij za kemijske reakcije, transport nutrijenata i kretanje mikroorganizama unutar kompostne hrpe. Organski materijal koji se razgrađuje mora biti vlažan ali ne previše mokar. Optimalan sadržaj vlage u kućnoj kompostnoj hrpi je između 40% - 60 %, ovisno o fazi procesa. Unutar navedenog raspona će tanki vodeni film prekriti čestice materijala koji se kompostira bez da se ispuni zračni prostor (pore) između i oko čestica. Ako je sadržaj vlage manji od 30%, aktivnost bakterija je inhibirana, što može biti problem tijekom vrućih i sušnih razdoblja. S druge strane, previše vlage (>65%) rezultira sporom razgradnjom, stvaranjem anaerobnih uvjeta, neugodnih mirisa i ispiranja hranjivih tvari. Također, ukoliko zeleni biootpad poput sviježe trave čini značajan dio organskog materijala koji se nalazi u kompostnoj hrpi, mogu nastati anaerobni uvjeti jer će sadržaj vlage porasti na 70%. Kako bi se isto spriječilo, potrebno je dodati strukturni materijal poput valovitog kartona ili kutija za jaja [27].

Premda se kompostiranje provodilo na otvorenom, često se više vlage gubilo aeracijom nego se dobivalo kišom. Prilikom miješanja kompostne hrpe, osigurala se voda za ovlaživanje mase (Slika 18.).



**Slika 18.** Zalijevanje kompostne hrpe (Izvor: autor)

Kako bi postotak vlage unutar kompostne mase bio točno određen, koristio se mjerac vlažnosti. Zapravo, 3 u 1 uređaj sa kojim se također može odrediti pH tla i sunčeva svjetlost

koja je potrebna biljkama (Slika 19.). Mjerač se koristio tako da se mijenjao položaj za vlažnost i pH prema potrebi (funkcija za svjetlost nije se upotrebljavala), zatim se sonda umetnula u kompostni materijal na 10 – 15 cm dubine. Nakon 10 minuta očitala se razina vlage/pH na brojčaniku. Specifikacije mjerača nalaze se u Tablici 2., a vlažnost i pH materijala praćeni tijekom procesa prikazuju slike 41. i 43.

**Tablica 2.** *Specifikacije mjerača*

<b>Naziv</b>	SONKIR 3-u-1 ispitivač vlažnosti, svjetlosti i pH vrijednosti
<b>Dimenzije</b>	29,21 x 5,08 x 3,81 cm; 80 grama
<b>Model</b>	MS02
<b>Raspon pH</b>	3,5 – 8 (3,5 – 6,5 kiselo, 7 - 8 alkalno)
<b>Raspon vlažnosti</b>	1–10 (1-3 suho, 4-7 optimalno, 8-10 mokro)
<b>Promjer bakrene i aluminijske sonde</b>	0,508 cm
<b>Duljina sonda</b>	20 cm



**Slika 19.** *Mjerač vlage i pH vrijednosti (Izvor: autor)*

Drugi način provjere vlažnosti unutar kompostne hrpe je testom gnječnja. Iz sredine kompostne hrpe uzima se šaka kompostnog materijala i lagano se pritisne. Ako je materijal previše suh, tada će se raspasti. Ako je sadržaj vlage normalan, kompost ostaje kompaktan, u obliku grude. U slučaju da je kompost suviše vlažan, voda će iscuriti iz šake prilikom pritiska (Slika 20.).



**Slika 20.** *Provjera vlažnosti testom gnječenja (Izvor: autor)*

Ovim testom može se utvrditi postotak vlažnosti materijala na sljedeći način [27]:

- *Manje od 40%* - kompost je presuh i ne stvara grudicu kada se pritisne, a ruka ostaje suha nakon odbacivanja materijala.
- *40-45%* - kompost se oblikuje u grudicu kada se stisne, ali ne ostaje u grudici kada se šaka otvori.
- *45-50%* - kada se kompost sabije, nastaje grudica, ali se ista raspada ako je "udarimo" drugom rukom.
- *50-55% (Slika 21)* - grudica komposta ostaje netaknuta kada se lupka, ali se voda ne vidi na rukama.
- *55-60%* - grudica ostaje netaknuta i sjajna, ali bez stvaranja kapljica vode.
- *60%* - gornja granica. Nakon pritiska grude ispušta se nekoliko kapi vode što je vidljivo između prstiju.
- *65%* - Kompost je previše mokar, a voda teče između prstiju kada se kompost cijedi.



**Slika 21.** *Idealna vlažnost kompostne mase (Izvor: autor)*

### **6.9. Protok zraka**

Kompostiranje se može odvijati aerobno (u prisutnosti kisika) ili anaerobno (bez kisika). Kisik je neophodan mikroorganizmima za učinkovitu razgradnju organskog otpada. Razgradnja će se dogoditi i u anaerobnim uvjetima, ali će proces biti vrlo spor i proizvoditi neugodne mirise. Komposta hrpa mora biti prozračna kako bi se spriječilo vrenje, pa se iz tog razloga mora redovito prozračivati, odnosno prevrtati. Veća prozračnost u početnim fazama razgradnje pojačava aktivnost mikroorganizama i skraćuje vrijeme aktivne razgradnje.

Tijekom procesa kompostiranja opada koncentracija kisika, a koncentracija ugljikovog dioksida raste. Ukupni volumni udio kisika i ugljikova dioksida unutar kompostne hrpe je oko 20 % ukupnog plina (zraka). Koncentracija kisika kreće se u vrijednostima između 15 i 20 %, a ugljikovog dioksida između 0,5 i 5 %. Ukoliko koncentracija kisika padne ispod navedenih vrijednosti, dolazi do stvaranja anaerobnih uvjeta [18].

Kompostna hrpa prevrtala se pomoću vila, jednom tjedno ili kada se dodavao svježiji materijal (Slika 22.). Pri prevrtanju se osiguralo da materijal s vanjske strane hrpe, koji je hladan i bogat kisikom dođe u središte, gdje će biti izložen višim temperaturama i povezati se sa toplijim i vlažnijim materijalom. Okretanje hrpe također daje uvid u napredovanje procesa - vidljivo je koji materijali se brže razgrađuju, a koji sporije, jesu li materijali previše vlažni ili previše suhi. Dakle, okretanje kompostne hrpe pomaže u upravljanju temperaturom, vlagom i mirisom.



**Slika 22.** Miješanje kompostne hrpe (Izvor: autor)

Da bi se proces raspadanja ubrzao i povećala aktivnost mikroorganizama, u kompostnu hrpu dodao se aktivator komposta bogat hranivima (Slika 23.).

Općenito, aktivator komposta je svaka tvar koja potiče biološku razgradnju kompostne hrpe. Može biti u obliku praha, granula ili tekućine. Ako se doda u kompostnu hrpu, donosi nove mikroorganizme koji množe broj koji je već prisutan u hrpi ili tvari koje pojačavaju aktivnost već prisutnih mikroorganizama, što ih čini još učinkovitijima. Postoje organski i umjetni aktivatori. Organski aktivatori su materijali koji sadrže visoku količinu dušika u različitim oblicima, poput proteina i aminokiselina. Umjetni aktivatori općenito su kemijski sintetizirani spojevi, primjerice amonijev sulfat ili fosfat, urea, amonijak ili bilo koje komercijalno dušično gnojivo. Naravno, korištenje umjetnih aktivatora nije preporučeno [10].

U kompostnu hrpu dodao se aktivator koji je prikladan za uporabu u organskom uzgoju. Sadrži oznaku Uredbe vijeća (EZ) br. 834/2007 što znači da je proizvod proizveden na ekološki način te je primjenjiv u ekološkoj poljoprivredi. Proizvođač navodi kako je proizvod razvijen za vrtlare koji brinu za zdravlje svojih biljaka i poštuju okoliš, a izvire iz biljnih i životinjskih tvari. Podaci o proizvodu nalaze se u tablici 3.

**Tablica 3.** Podaci o proizvodu *Substral Naturen – Compostmaker*

<b>Sastav</b>	Prerađene bjelančevine životinjskog porijekla 3. kategorije, gnojivo peradi, ljuske kakaovca, kompost biljnih ostataka
<b>Sadržaj</b>	1,5 kg (neto)
<b>Proizvođač</b>	Scotts France SAS, Chemin de la Sauvegarde 21, 69130 Ecully
* Proizvod je u skladu s Uredbom EZ br. 834/2007 i može se koristiti u ekološkoj poljoprivredi	



**Slika 23.** Aktivator komposta (Izvor: autor)

Aktivator komposta dodao se prilikom prvog prevrtanja kompostne hrpe. Najprije se sav materijal izvadio iz kompostera i izmiješao. Zatim se dio materijala vratio natrag u komposter (otprilike 10 cm visine) i po njemu se posipalo 5 šaka aktivatora (Slika 24.), što je otprilike 125 grama granula. Na taj sloj su se ponovno dodali kompostni otpaci i posipali sa aktivatorom te se isti postupak ponavljao sve dok sav materijal nije bio vraćen u komposter (Slika 25.).



**Slika 24.** Dodavanje granula u kompost (Izvor: autor)

Za aktivaciju ovog proizvoda i bržu razgradnju, kompostna hrpa se dobro navlažila, jer kada granule aktivatora dođu u kontakt s vodom, aktiviraju se sve tvari koje su prisutne u njima i na taj način osiguravaju sklad raspadanja hrpe komposta [10].





**Slika 25.** *Biotpad posipan aktivatorom komposta (Izvor: autor)*

Kako bi se kompost učinio još kvalitetnijim, preporuča se dodavanje ljekovitih biljaka jer je tako pripremljeni humus vrijedno gnojivo koje održava tlo zdravim, a biljkama pruža mnoge hranjive komponente važne za njihov rast i razvoj. Za to su posebice pogodni kopriva, stolisnik, maslačak i kamilica. Kopriva je riznica željeza, dušika i raznih minerala, stolisnik i maslačak (Slika 26.) obogaćuju zemlju bakrom, a kamilica pomaže u sprječavanju plijesni na sadnicama te obogaćuje tlo kalcijem [29].



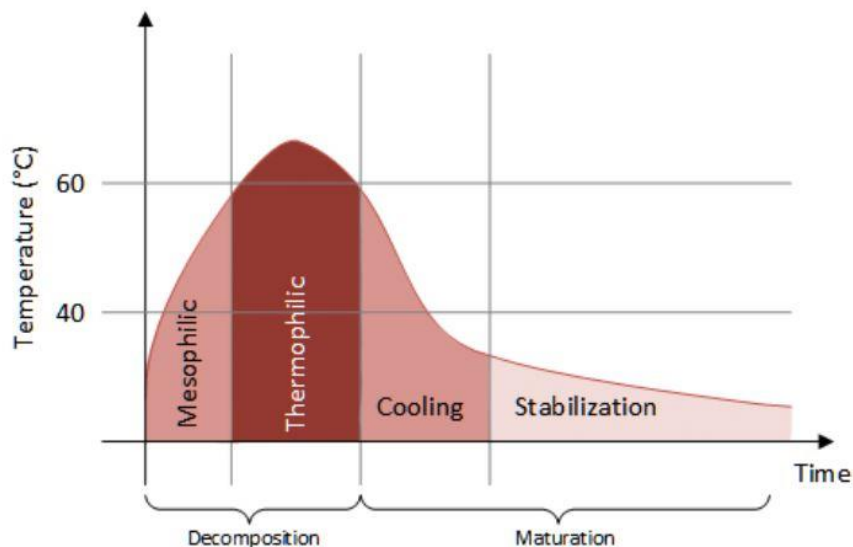
**Slika 26.** *Dodatak maslačka kompostu (Izvor: autor)*

## 6.10. Temperatura

U procesu kompostiranja mikroorganizmi razgrađuju organsku tvar i proizvode ugljični dioksid, vodu, toplinu i humus kao relativno stabilan krajnji organski proizvod. U optimalnim uvjetima, kompostiranje se odvija u tri faze, a to su [30]:

- Mezofilna ili umjereno-temperaturna faza (do 40°C) koja obično traje nekoliko dana;
- Termofilna ili visoko-temperaturna faza (preko 40°C) koja može trajati od nekoliko dana do nekoliko mjeseci, ovisno o visini kompostne hrpe i materijalima te
- Faza hlađenja i zrenja ili višemjesečno mezofilno sušenje ili sazrijevanje

Proces kompostiranja započinje na temperaturi koja je jednaka okolini i za nekoliko dana temperatura raste do 45°C. Porast temperature unutar kompostne hrpe rezultat je aktivnosti mikroorganizama jer kada oni razgrađuju kompost, njihova metabolička aktivnost stvara toplinu koja podiže temperaturu unutar hrpe. U početnoj, mezofilnoj fazi dolazi do razgradnje lako razgradivih spojeva poput šećera i proteina od strane primarnih razlagača, bakterija, gljiva i aktinobakterija [31].



**Slika 27.** Temperaturne faze tijekom procesa kompostiranja [30]

Kada temperatura organskog materijala dosegne temperaturu višu od 45°C, mezofilne mikroorganizme zamjenjuju termofilni organizmi (uglavnom termofilne bakterije), koji imaju sposobnost rasta na višim temperaturama. Ovi termofilni mikroorganizmi razgrađuju preostali složeniji organski materijal poput celuloze i lignina što se događa vrlo brzo, prema tome temperatura ubrzo poraste na 60°C - 65°C, a može čak preći 80°C. Ovakav porast temperature

je vjerojatno rezultat abiotske egzotermne reakcije u kojoj djeluju temperaturno stabilni enzimi aktinobakterija. Temperaturne faze tijekom procesa kompostiranja prikazuje Slika 27.

Kao što je već navedeno, vrlo je važno redovito miješati kompostni materijal jer u samom kompostu temperature nisu svuda jednake. Prema tome, s mikrobiološkog stajališta se razlikuju četiri zone komposta (Slika 28.). Vanjska zona je najhladnija i bogata kisikom; unutarnja zona je slabo opskrbljena kisikom; donja zona je dobro opskrbljena kisikom i temperatura je visoka, a gornja zona je uglavnom dobro opskrbljena kisikom i najtoplija je zona [31].



**Slika 28.** Zone komposta [31]

Nakon ispuštanja izvora ugljika i dušika iz materijala, temperatura hrpe se ponovno smanjuje i započinje završna faza. Aktivnost mezofilnih organizama se nastavlja, a pH kompostne hrpe se blago smanjuje. Ova faza hlađenja zahtjeva nekoliko tjedana te se može zamijeniti sa fazom sazrijevanja komposta, tijekom koje temperatura kompostne hrpe pada na razinu temperature okoline (20°C do 30 °C) i dolazi do kondenzacije ugljikovih spojeva te polimerizacije, što dalje pomaže u formiranju fulvinskih i huminskih kiselina [30].

Temperatura materijala unutar kompostne hrpe redovito se provjeravala pomoću termometra za kompost (Slika 29.) te se mjerila iz središnjeg dijela kompostne hrpe. Specifikacije termometra nalaze se u tablici 4., a rezultate mjerenja temperature tijekom procesa prikazuje slika 42.

**Tablica 4.** Specifikacije termometra

<b>Naziv</b>	Compost thermometer
<b>Dimenzije</b>	32,6 x 5,7 x 5,7 cm; 10 g
<b>Raspon temperature</b>	0°C do 80°C



**Slika 29.** Termometar za kompost

### **6.11. Biologija komposta**

Bez obzira koji se sustav za kompostiranje koristi, biološki organizmi imaju glavnu ulogu u procesu razgradnje biootpada u gotov kompost. Gotovo svi organizmi u kompostu su korisni, a najvitalniji su oni mikroskopske veličine. Također, ima i onih koji su dovoljno veliki da se promatraju golim okom. Jednom riječju, svi organizmi koji sudjeluju u procesu kompostiranja nazivaju se razlagači.

Najvažniji mikroskopski razlagači su bakterije koje obavljaju veliki dio razgradnje u kompostnoj hrpi. Aktinomicete, protozoe i gljive također imaju važnu ulogu. Ovi mikroorganizmi zajedno mijenjaju kemijski sastav organskog otpada, pa iz tog razloga nose naziv kemijskih razlagača. S druge strane, fizičkim razlagačima pripadaju grinje, stonoge, puževi, pauzi, bube, mravi, muhe, nematode, plosnati crvi, kolnjaci i najvažnije, gliste. Ovi organizmi grizu, melju, sišu i žvaču materijale i pretvaraju ih u manje komade, čineći ih pogodnijima za kemijsku razgradnju od strane mikroorganizama [32].

*Bakterijske populacije* (Slika 30.) se razlikuju od hrpe do hrpe, ovisno o sirovinama komposta, stupnju topline, količini prisutnog zraka, razini vlage i položaju hrpe. Odgovorne su za većinu razgradnje i stvaranja topline u kompostu. Nutritivno su najraznovrsnija skupina kompostnih organizama jer koriste širok raspon enzima za kemijsku razgradnju organskih materijala. Bakterije su jednostanični organizmi, strukturirani kao štapićasti bacili, kuglasti koki ili spiralno oblikovani spirili. Neke bakterije stvaraju kolonije, dok druge slobodno žive,

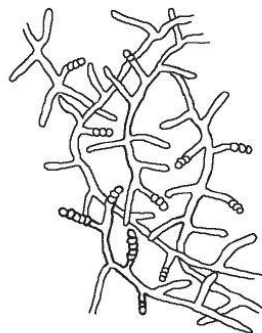
a razmnožavaju se pomoću binarne fisije. Smanjenje temperature kompostne hrpe ili nagla promjena njegove kiselosti može učiniti bakterije neaktivnima ili ih ubiti [7, 32].



**Slika 30.** *Bakterije* [32]

Kada nastupa druga faza kompostiranja, bakterije koje su dominirale u prvoj fazi bivaju desetkovane od strane drugih vrsta. Kako kompostna hrpa postaje toplija i stabilnost se približava, aktinomicete i gljive, koje su u prvoj fazi bile ograničene na hladnije rubove hrpe, počinju dominirati kompostom i voditi ga prema daljnjoj stabilnosti.

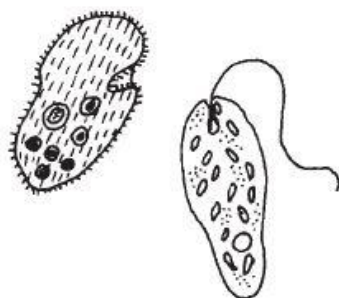
*Aktinomicete* (Slika 31.) su viši oblik bakterija, slične gljivicama i plijesni, uzrokuju karakterističan zemljani miris tla. Posebno su važne u stvaranju humusa, a razgradnjom životinjske i biljne tvari oslobađaju ugljik, dušik i amonijak, stvarajući hranjive tvari dostupne za više biljke. Aktinomicete tvore duge, nitaste i razgranate filamente koji izgledaju poput paukove mreže i protežu se kroz kompost. Ovi filamenti vidljivi su pred kraj samog procesa, na vanjskom rubu hrpe.



**Slika 31.** *Aktinomicete* [32]

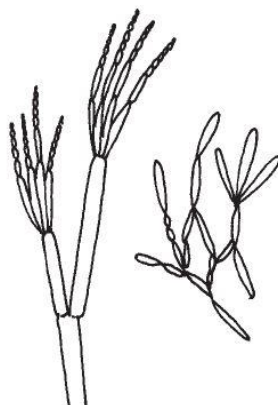
*Protozoe* (Slika 32.) su najjednostavniji oblik životinjskog organizma, veće i složenije u svojim aktivnostima od većine bakterija. Gram tla može sadržavati čak milijun protozoa, dok ih kompost sadrži daleko manje, posebice tijekom termofilne faze. Protozoe se hrane

organskom tvari na isti način na koji to rade bakterije. Čine samo mali udio mikrobne biomase u kompostu [7, 32].



**Slika 32.** *Protozoe* [32]

*Gljive* (Slika 33.) su organizmi bez klorofila, a mogu biti građene od jedne ili više stanica. Nedostatak klorofila onemogućava im stvaranje vlastitog ugljikohidrata, prema tome pripadaju heterotrofnim organizmima. Gljive su također saprofiti jer energiju dobivaju razgradnjom organske tvari u mrtvim biljkama i životinjama. Poput aktinoimceta, gljivice dominiraju tijekom završnih faza kompostiranja, kada se kompost promjeni u lako probavljivi oblik [32].



**Slika 33.** *Gljive* [32]

Bakterije, aktinomicete, protozoe i gljive imaju vezu uglavnom sa kemijskom razgradnjom u hrpi komposta. Međutim, veći organizmi koji ih žvaču i melju kroz kompostu hrpu nalaze se više u hranidbenom lancu i poznati su kao fizički razlagači. Većina fizičkih razlagača najbolje funkcionira na srednjim ili mezofilnim temperaturama, pa se u kompostnoj hrpi ne nalaze u svakom trenutku.

*Grinje* su sićušni člankonošci, srodne krpeljima i paucima. Mogu biti grabežljivci, paraziti ili biljojedi. Izuzetno su brojne u kompostu i nalaze se u svim razinama hranidbene mreže. Neke su primarni potrošači koji jedu organske ostatke poput lišća i trulih grančica. Sekundarni

potrošači hrane se gljivama ili bakterijama koje razgrađuju organske tvari, dok su neke grinje predatori, prema tome napadaju nematode, ličinke insekata i drugo grinje. Razmnožavaju se u pretjerano vlažnim uvjetima kompostne hrpe [7].

*Stonoge* su kopneni člankonošci uzdušnjaci koji nastanjuju vlažna staništa i uglavnom su aktivni noću, dok se po danu sakrivaju.

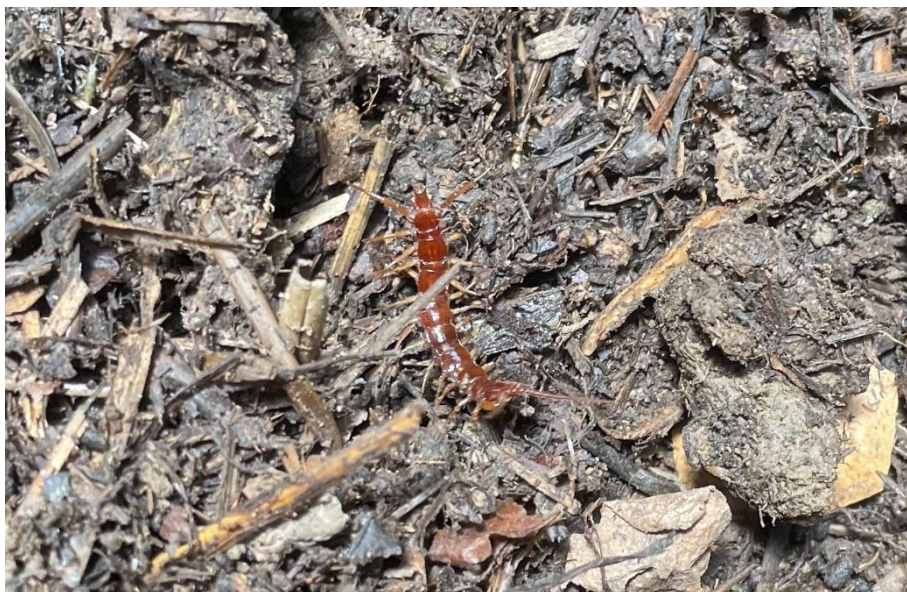
U kompostnoj hrpi uočena je *Dvojenoga* (Slika 34.), najbrojnija vrsta unutar potkoljena stonoga. Kolutićavost tijela joj je dobro izražena, na gotovo svakom od tjelesnih kolutića ima po dva para nogu, po čemu je i dobila ime. Hrani se mrtvim biljnim materijalom te ima važnu ekološku ulogu u razlaganju i kruženju hranjivih tvari u tlu [33].



**Slika 34.** *Dvojenoga* (Izvor: autor)

*Štrige* su podrazred kopnenih člankonožaca iz razreda stonoga. Imaju spljošteno tijelo, a na svakom članku nalazi se po jedan par dugih nogu. Na glavi se nalaze duga ticala i malene oči. Prvi par nogu pretvoren je u kukasto zavijene hitinske tvorevine pomoću kojih ova vrsta omamljuje plijen [32].

U kompostnoj hrpi zabilježena je štriga po imenu *Smeđa kamenjarka* (Slika 35.). Dugačka je između 18 i 30 mm, a široka do 4 mm. Kesten smeđe je boje.



**Slika 35.** *Smeđa kamenjarka* (Izvor: autor)

*Stjenice* su insekti koji se hrane krvlju toplokrvnih životinja. Borave u vlažnim staništima jer im nedostaje voštana kutikula koja je uobičajena za većinu insekata. Kreću se polako, hraneći se trulim drvom i otpornim tkivima lišća.

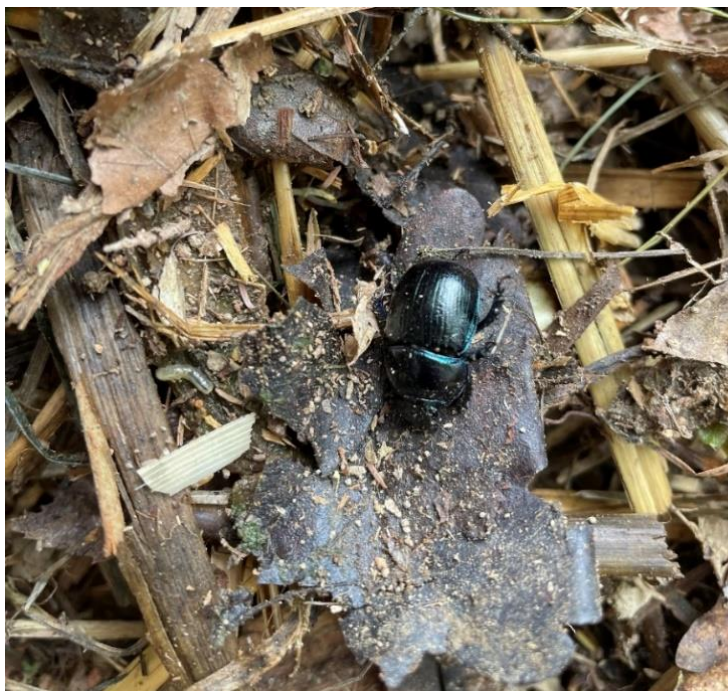
*Puževi* su mekušci spiralno zakrivljene ljušture, širokog stopala koje se uvlači, a mišićni diskovi na donjoj strani omogućavaju im puzanje. Neke vrste puževa hrane se živim biljnim materijalom, dok se druge hrane raspadnutom vegetacijom. Za razliku od mnogih drugih beskralježnjaka, neki puževi izlučuju enzime za probavu celuloze.

*Pauci* su najbrojnija grupa paukolikih životinja, srodni grinjama. Potrošači su treće razine koji se hrane kukcima i malim beskralježnjacima, a u vrtu mogu pomoći u kontroli vrtnih štetnika.

*Kornjaši* ili *tvrdokrilci* su najčešća vrsta kukaca. Od drugih krilatih kukaca razlikuju se po paru prvih krila koja su tvrda i zadebljana i služe kao zaštitni štitić za krhka leteća krila koja se nalaze ispod. Nezreli stadij kornjaša je ličinka koja raste u toplim mjesecima. Nakon što ličinka potpuno naraste, prolazi kroz stadij kukuljice, zatim se mijenja u odraslu jedinku tvrdog tijela s krilima. Većina odraslih kornjaša hrani se raspadajućim povrćem, dok su nekima plijen puževi, kukci i druge manje životinje [7, 32].

U kompostnoj hrpi uočen je kornjaš iz porodice truležara po imenu *Obični zujak* (Slika 36). To je kukac dugačak 2,5 cm, tamne boje sa plavkastim odsjajem. Oblik tijela mu je vrlo kompaktan i zakrivljen prema vrhu [9].





**Slika 36.** *Obični zujak (Izvor: autor)*

U kompostu je zabilježen i kornjaš naziva *Zlatna cetonija* (Slika 37.). Također pripada porodici truležara. Tijelo mu je široko, plosnato i sjajno, dugo 1,5 – 2 cm. Zlatnozelene je boje na gornjoj strani, dok mu je donji dio bakrenocrven [34].



**Slika 37.** *Zlatna cetonija (Izvor: autor)*

Ličinke *Zlatne cetonije* hrane se biljnim otpadom i raspadnutom organskom tvari. Često se nalaze u kompostnim hrpama i one su im idealno okruženje. Značajno doprinose funkciji ekosustava omogućavajući recikliranje organskih tvari. Proces razgradnje u kojem žive larve *Cetonije* je brži i homogeniji [34].

U kompostnoj hrpi uočena je populacija ličinka *Zlatne cetonije* (Slika 38).



**Slika 38.** *Ličinke Zlatne cetonije (Izvor: autor)*

Pri završetku procesa kompostiranja na hrpi je uočen kornjaš iz porodice jelenaka – *Obični jelenak* (Slika 39.). Pripada jednoj od najugroženijih skupina kornjaša i važna je karika u kruženju hranidbenih tvari u ekosustavu. Tijelo ženke je crno-smeđe, na glavi se nalaze ticala, a čeljust je kratka te vrlo snažna i oštra. Preko dana obitava na drvetu gdje se hrani biljnim sokovima. U hrvatskoj je jelenak strogo zaštićena vrsta zbog velikog smanjenja broja uništavanjem staništa [33].



**Slika 39.** *Ženka Običnog jelenka (Izvor: autor)*

*Kišne gliste* ili *gujavice* (Slika 40.) skupina su maločetinaša, potkoljena kolutićavca. Izdužena su i člankovita tijela koje je prilagođeno ukopavanju u podlogu. Imaju aktivnu ulogu u kompostiranju organskog materijala. Ne mogu preživjeti temperature veće od 35°C, pa će se u tom slučaju premjestiti u bilo koju hladniju zonu kompostne hrpe. Ponovno će se pojaviti tijekom hladnije faze sazrijevanja komposta. Organska tvar koja prolazi kroz probavni sustav gliste se razgrađuje i melje prije probave. Probavni crijevni sekret bogat je enzimima i drugim fermentatorima, a kompostne grudice koje stvaraju probavom značajno utječu na kvalitetu cjelokupnog humusnog materijala. Prema tome, gliste unapređuju kompost te fizikalnim i kemijskim procesima pridonose njegovoj kvaliteti [32].



**Slika 40.** *Kišna glista (Izvor: autor)*

### **6.12. Vrijednost pH**

Tijekom procesa kompostiranja pH općenito varira između 5,5 i 8,5. Početni pH ovisi o sastavu biootpada koji je dodan na hrpu. U ranim fazama kompostiranja mogu se akumulirati organske kiseline kao nusprodukt probave organske tvari od strane bakterija i gljiva. Nastali pad potiče rast gljivica koje su aktivne u razgradnji lignina i celuloze. Organske kiseline se dalje razgrađuju, prema tome je pH kompostne mase u porastu. To je uzrokovano dvama procesima koji se odvijaju tijekom termofilne faze, a to su razgradnja i isparavanje organskih kiselina te oslobađanje amonijaka od strane mikroorganizama tijekom razgradnje proteina i drugih izvora organskog dušika.

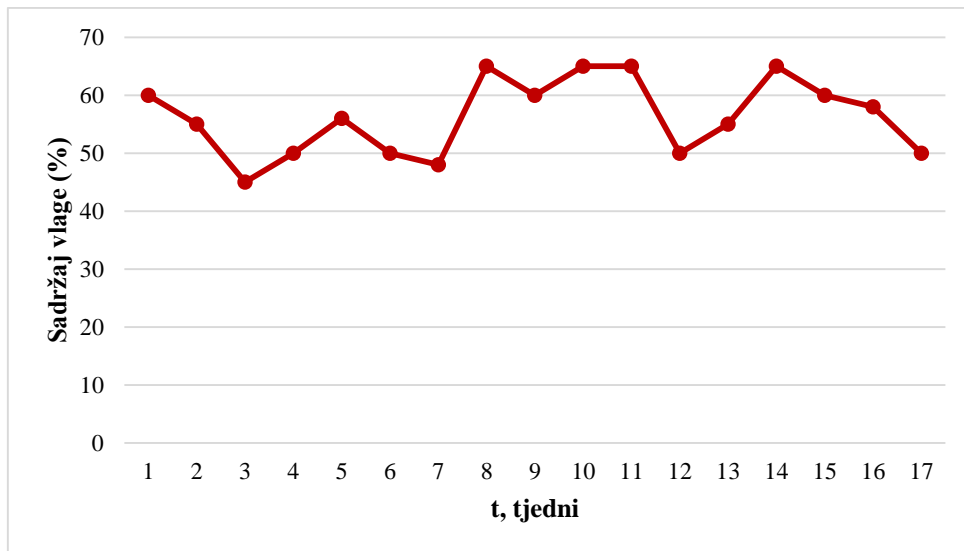
Kasnije se u procesu kompostiranja pH mijenja i postaje neutralan. To se događa iz razloga što se amonijak gubi u atmosferi ili je uključen u rast novih mikroorganizama. Gotov kompost općenito ima pH između 6 i 8 (Slika 44). Ukoliko proces postane anaeroban, pH će biti drugačiji. Također, nakupljanje kiseline može sniziti pH na 4 ili 5 i ozbiljno ograničiti aktivnost mikroorganizama. U takvim slučajevima je potrebno prozračivanje kompostne hrpe, pri čemu se kompost opet vraća u prihvatljivi pH [32].

Vrijednost pH mjerila se sa ispitivačem čije specifikacije su opisane u tablici 2.

## 7. REZULTATI I RASPRAVA

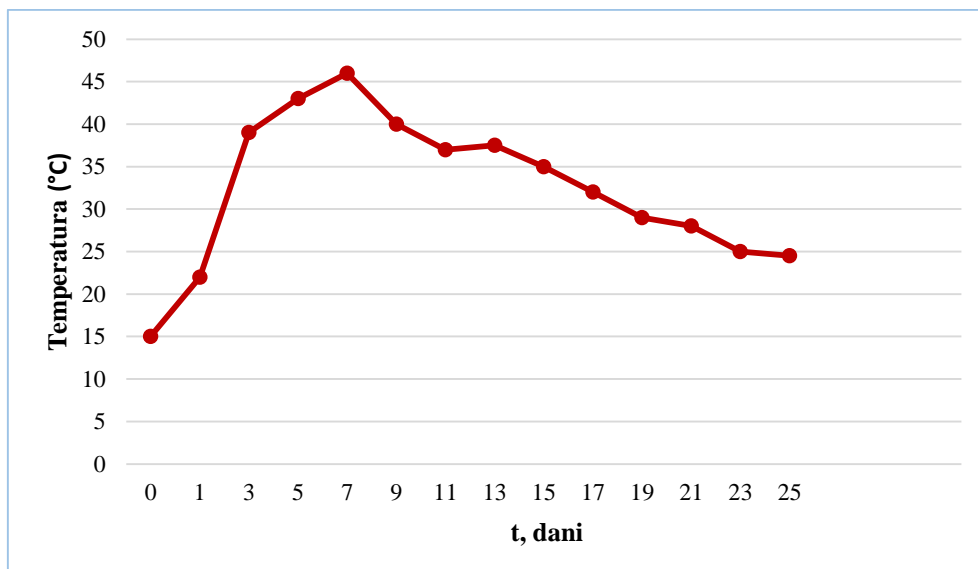
Proces kompostiranja proveden je u kućnom komposteru, tijekom 123 dana. Slijedi pregled rezultata mjerenih tijekom procesa te prikaz izlaznog produkta.

### 7.1. Rezultati mjerenja parametara tijekom procesa kompostiranja



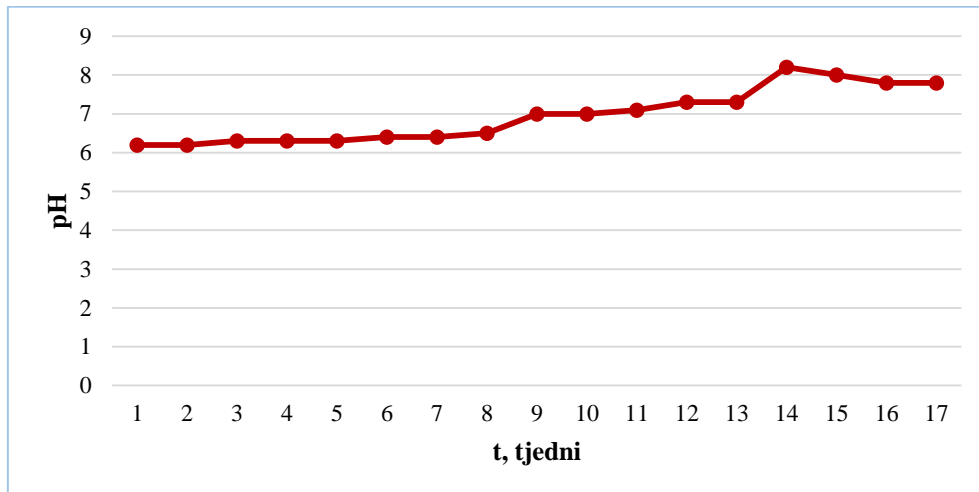
Slika 41. Rezultati mjerenja vlažnosti kompostne mase tijekom procesa kompostiranja

Budući da stvaranje topline koja prati razgradnju pokreće isparavanje, sadržaj vlage na početku procesa bio je 60%, a 3. tjedan smanjen je na 45%. Na slici 41. je vidljivo kako je tijekom cijelog procesa kompostiranja sadržaj vlage u kompostnoj hrpi bio optimalan te varirao od 45% do 65%. Stvaranje procjedne vode nije uočeno tijekom razdoblja kompostiranja.



Slika 42. Rezultati mjerenja temperature kompostne mase tijekom procesa kompostiranja

Slika 42. prikazuje rezultate mjerenja temperature kompostne hrpe tijekom procesa kompostiranja. Početna temperatura kompostne mase iznosila je 15°C, a nakon 7 dana postigla je najvišu temperaturu od 46°C, što je rezultat aktivnosti termofilnih mikroorganizama. Pad temperature zabilježen je 11. dan kada je temperatura komposta iznosila 37°C, dok je 17. dan pala na 32°C. Kako proces kompostiranja napreduje, temperatura komposta približava se temperaturi okoline, prema tome je 25. dan zabilježena temperatura od 24,5°C kojom započinje završna faza.



**Slika 43.** Rezultati mjerenja pH vrijednosti kompostne mase tijekom procesa kompostiranja

U početku procesa pH vrijednost komposta kretala se oko 6. Točnije, u prva dva tjedna vrijednost je iznosila 6,2, dok je u 8. tjednu porasla na 6,5, što je vidljivo na slici 43. Porast pH vrijednosti događa se zbog razgradnje komposta i aktivnosti mikroorganizama. Najveća pH vrijednost zabilježena je u 14. tjednu (8,2), što je vjerojatno rezultat povišene razine amonijaka u kompostnoj hrpi. Kako je krajem procesa amonijak oksidirao, pH kompostne mase postao je neutralan te na kraju procesa iznosi 7,8 što prikazuje slika 44.



**Slika 44.** pH vrijednost komposta pri završetku procesa (Izvor: autor)

Sljedeće fotografije prikazuju tijek raspadanja komposta u periodu od 18.04. do 15.07.



**Slika 45.** 18.04. (Izvor: autor)



**Slika 46.** 28.04. (Izvor: autor)



**Slika 47.** 09.05. (Izvor: autor)



**Slika 48.** 22.05. (Izvor: autor)



**Slika 49.** 01.06. (Izvor: autor)



**Slika 50.** 13.06. (Izvor: autor)



**Slika 51.** 02.07. (Izvor: autor)



**Slika 52.** 15.07. (Izvor: autor)

Slika 45. prikazuje ulazni materijal koji je u početnoj fazi, dok se na fotografiji 52. više ne mogu prepoznati materijali od kojih je kompost priređen (osim ponekih teže razgradivih dijelova). Prema tome se utvrđuje završetak kućnog kompostiranja. Masa je ujednačenog izgleda, struktura je mrvičasta i gumenasta, a boja komposta tamna. Kompost je postigao ugodan miris, tipičan za šumsko tlo.

## **7.2. Test zrelosti**

Slika 53. prikazuje ispitivanje zrelosti komposta koje se provelo sa sjemenkama zelene salate (brzo klijanje). U posudu se dodao kompostni materijal i posipao sjemenjem te se zalio.



**Slika 53.** Test zrelosti komposta (Izvor: autor)



Nakon 5 dana nikhule su mladice zelene salate (Slika 54.), prema tome je kompost spreman za upotrebu.



**Slika 54.** *Mladice zelene salate (Izvor: autor)*

### **7.3. Prosijavanje**

Nakon što je utvrđeno da je kompost zreo i spreman za upotrebu, provelo se prosijavanje pomoću sita vlastite izrade. Kompost se najprije prosijao kroz krupno sito što je prikazano na slikama 55. i 56.



**Slika 55.** *Prosijavanje kroz krupno sito (Izvor: autor)*

U kompostu se nalazi još dosta neraspadnutih strukturnih dijelova, poput grančica vinove loze, drvene sječke i ljusaka kikirikija.



**Slika 56.** *Kompost nakon prvog prosijavanja (Izvor: autor)*

Nakon grubog prosijavanja, kompost se ponovno prosijao kroz sito manjih otvora (Slika 57).



**Slika 57.** *Drugo prosijavanje komposta (Izvor: autor)*

Početna visina kompostne hrpe iznosila je 800 cm. Biootpad iz kuhinje i vrta dodavao se na hrpu otprilike jednom tjedno, tijekom ožujka, travnja i svibnja. Nakon drugog prosijavanja, ukupna masa gotovog komposta iznosi 19,8 kg.



**Slika 58.** *Gotov kompost (Izvor: autor)*

## 8. ZAKLJUČAK

Kompostiranje je biološka razgradnja organskog otpada i najstariji je način recikliranja otpada. Kompost se još od davnina koristio u poljoprivrednim djelatnostima gdje je služio kao poboljšivač tla i gnojivo. Konvencionalnom poljoprivrednom proizvodnjom i prekomjernim korištenjem štetnih kemikalija i gnojiva značajno se doprinosi degradaciji okoliša i gubitku organske tvari u tlu. Kompost je dobra alternativa za umjetna gnojiva, sadrži makro i mikroelemente koje umjetna gnojiva često ne sadrže. Ekološku prednost komposta u usporedbi sa drugim vrstama gnojiva potvrđuje njegova široka primjena u poljoprivrednoj proizvodnji. Kompost obnavlja tlo, poboljšava agregaciju i stabilnost čime se popravljaju njegova struktura. Primjena komposta u poljoprivrednoj proizvodnji od velikog je značaja. Osiguravaju se veći prinosi i bolja kvaliteta usjeva. Kompostiranje je održiva poljoprivredna praksa kojom se smanjuju energetske troškovi u procesu obrade otpada te se minimalizira korištenje neobnovljivih prirodnih resursa. Također se smanjuje štetan utjecaj na ljudsko zdravlje.

Temeljem provedenog kućnog kompostiranja mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Kompostiranje je relativno jednostavan proces s mnogo malih detalja koje treba razumjeti prije sigurnog početka procesa
- Potrebno je slijediti glavne korake kako bi se na kraju dobio kompost odgovarajućeg izgleda i kvalitete
- Zdravi kompost je pretežito baziran na ugljiku, a u manjem omjeru na dušiku, prema tome je omjer ugljika i dušika u kompostnoj hrpi ključan za ukupni pH i nutritivnu vrijednost
- Biootpad bogat dušikom se vrlo brzo razgrađuje, dok je otpadu bogatom ugljikom potrebno dulje vrijeme za razgradnju
- Brzina aerobne razgradnje raste s manjim veličinama čestica materijala koji se dodaje na hrpu
- Kako proces razgradnje napreduje, visina kompostne hrpe se smanjuje
- Prozračivanje kompostne mase je ključno za dobivanje zdravog komposta jer se u protivnom proces zaustavlja i počinju anaerobni uvjeti
- Dodatkom aktivatora u kompost zamjetno se ubrzava proces razgradnje
- Pri procesu kompostiranja važno je pratiti temperaturu, vlažnost i pH vrijednost kako bi proces napredovao
- Također je važno pratiti fizičke razlagače koji se pojavljuju u hrpi

- Razina vlage u kompostnoj hrpi bila je optimalna tijekom cijelog procesa kućnog kompostiranja
- Temperatura kompostne hrpe u početku procesa raste, a zatim kontinuirano pada te se na kraju procesa približava temperaturi okoline
- pH vrijednost kompostne hrpe mijenja se tijekom procesa, kako proces napreduje, pH vrijednost raste, a na kraju procesa postaje neutralna
- vanjski dio kompostne hrpe još uvijek nije do kraja razgrađen pa se može koristiti u daljnjem procesu kompostiranja
- Na kraju procesa ne razlikuje se izvorni materijal, osim većih komada koji su još uvijek prisutni, ali su spužvaste teksture i lako raspadljivi
- Proces kompostiranja je završen kada je masa ujednačenog izgleda, struktura komposta mrvičasta i gumenasta, boja tamno smeđa do crna, a miris tipičan za šumsko tlo
- Potrebno je provjeriti zrelost komposta sjemenjem koje brzo klija kako bi se utvrdilo da je dobiveni kompost spreman za upotrebu
- Ukoliko sjeme proklija kompost je spreman za prosijavanje i nakon toga se može upotrijebiti u vrtu

Provedbom procesa kućnog kompostiranja potvrđuju se podaci iz literaturnih referenci koje su korištene u radu.

## 9. LITERATURA

1. Herceg, N. (2013.) Okoliš i održivi razvoj, Synopsis d.o.o., Zagreb
2. Compost Magazine, The Fascinating Story of an Ancient Science, preuzeto sa stranice: [compostmagazine.com/compost-history/](https://compostmagazine.com/compost-history/) (01.09.2022.)
3. Larum, D. (2019.) How old is composting: Learn about the origins of composting, preuzeto sa stranice: <https://blog.gardeningknowhow.com/tbt/the-origins-of-composting/>
4. Periša, J. (2019.) Uloga i značaj kompostiranja u održivoj poljoprivredi. Završni rad. Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Osijek
5. Centar dr. Rudolfa Steinera, preuzeto sa stranice: <https://centar-rudolf-steiner.com/biodinamicka-nacela-i-praksa/> (04.05.2022.)
6. Šunjić, A.M. (2020.) Analiza procesa kompostiranja biootpada. Diplomski rad, Kemijsko-tehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu, Split
7. McLaughlin, C. (2010.) Composting. ALPHA, Penguin group, USA
8. Chang, R. i sur. (2019.) Influences of the thermophilic period on biodegradation and nitrogen loss in stimulated vegetable waste composting. Science Direct, vol. 18. Preuzeto sa stranice: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989418304517> (06.05.2022.)
9. Hrvatska enciklopedija, dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=62192> (10.05.2022.)
10. Gradsko komunalno poduzeće PRE-KOM d.o.o. Preuzeto sa stranice: <https://www.pre-kom.hr/> (01.06.2022.)
11. Martinez-Blanco, J. i sur. (2013.) Compost benefits for agriculture evaluated by life cycle assessment. Agronomy for Sustainable Development. Preuzeto sa stranice: [https://www.researchgate.net/publication/254257460\\_Compost\\_benefits\\_for\\_agriculture\\_re\\_evaluated\\_by\\_life\\_cycle\\_assessment\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/254257460_Compost_benefits_for_agriculture_re_evaluated_by_life_cycle_assessment_A_review) (11.05.2022.)
12. Adugna, G. (2018.) A review on impact of compost soil properties, water use and crop productivity. Agricultural Science Research Journal, Vol. 4(3): 93-104. Preuzeto sa stranice: [https://www.researchgate.net/publication/329655248\\_A\\_review\\_on\\_impact\\_of\\_compost\\_on\\_soil\\_properties\\_water\\_use\\_and\\_crop\\_productivity](https://www.researchgate.net/publication/329655248_A_review_on_impact_of_compost_on_soil_properties_water_use_and_crop_productivity) (12.05.2022.)

13. Sawyer, A. (2021.) Compost and soil organic matter: The more, the merrier?. University of Minnesota, United States of America. Preuzeto sa stranice: <https://extension.umn.edu/yard-and-garden-news/compost-and-soil-organic-matter-more-merrier> (12.05.2022.)
14. Kuveždić, M. (2016.) Uloga i značaj organske tvari u tlu. Završni rad. Poljoprivredni fakultet, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek
15. Dvoračkova, H. i sur. (2022.) Effect of different soil amendments on soil buffering capacity. PLOS Digital Health. San Francisco, California
16. European Commission. Agriculture, forestry, and rural areas. Preuzeto sa stranice: [https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/agriculture-forestry-and-rural-areas\\_en](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/agriculture-forestry-and-rural-areas_en) (13.05.2022.)
17. Srpak, M., Zeman, S. (2018.) Održiva ekološka poljoprivreda, zbornik radova Međimurskog veleučilišta u Čakovcu, vol. 9, no. 2. Čakovec
18. Lerotić, D., Smoljko, I. (2020.) Priručnik "Kompostiranje – tamo gdje otpad prestaje biti smeće". Kemijsko – tehnološki fakultet u Splitu, Split
19. Jukić, P. (2020.) Ko-kompostiranje biootpada i mulja. Završni rad, Prehrambeno – biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
20. Shi, J., A Conceptual Activity Cycle-Based Simulation Modeling Method, <http://www.informs-sim.org/wsc97papers/1127.PDF>, downloaded: August, 17th 2015.
21. Page, Jr., E.H., Simulation Modeling Methodology: Principles And Etiology Of Decision Support, PhD thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, <http://www.thesimguy.com/articles/simModMeth.pdf>, downloaded: August, 17th 2015.
22. Gotal Dmitrović, L., Dušak, V., Milković, M. (2017): Modeliranje informacijskih sustava za zaštitu površinskih voda, Sveučilište Sjever, Varaždin
23. Kang, D., Choi, B. K., Visual Modeling And Simulation Toolkit For Activity Cycle Diagram, [http://www.scs-europe.net/conf/ecms2010/2010%20accepted%20papers/ibs\\_ECMS2010\\_0037.pdf](http://www.scs-europe.net/conf/ecms2010/2010%20accepted%20papers/ibs_ECMS2010_0037.pdf), downloaded: August, 18th 2015.
24. Cromell, C. (2010.) Composting for dummies. The national Gardening Association, Wiley Publishing, Inc., Hoboken NJ 07030-5774.

25. Pokos, Nemeč, V. (2011.) Kompostiranje i biljna gnojiva. Stručni rad, Hrvatska poljoprivredna komora, Frankopanska 4, Ludbreg
26. Johns, J. (2021.) Composting made easy, A complete guide to composting at home
27. Carry on composting. Home, Allotment and Community Composting, preuzeto sa stranice: <http://www.carryoncomposting.com/416920203> (13.05.2022.)
28. Milanović, Z. (2022.) Biološki postupci i gospodarenje otpadom. TEHNOEKO, 99 (2022/3). Preuzeto sa stranice: <https://www.tehnoeko.com.hr/7374/Biološki-postupci-i-gospodarenje-otpadom> (02.06.2022.)
29. Gunjević, R. (2018.) Učinkovitost biodinamičkog uzgoja biljaka. Diplomski rad, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
30. Lal Meena, A. i sur. (2012.) Composting: Phases and Factors Responsible for Efficient and Improved Composting. ICAR – Indian institute of Farming Systems Research, Delhi.
31. Ivančić, A. (2019.) Karakterizacija materijala i biorazgradnja procesom kompostiranja. Diplomski rad, Metalurški fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
32. The science of composting, preuzeto sa stranice: [cwmi.css.cornell.edu/chapter1.pdf](http://cwmi.css.cornell.edu/chapter1.pdf) (15.06.2022.)
33. Hrvatsko biospeleološko društvo, Zagreb, preuzeto sa stranice: [hbsd.hr/stonoge/](http://hbsd.hr/stonoge/)
34. Šafarek, G. (2022.) Priroda Hrvatske, preuzeto na stranici: [prirodahrvatske.com/2018/07/09/zlatna-mara/](http://prirodahrvatske.com/2018/07/09/zlatna-mara/)



## Popis slika:

Slika 1. Ciklus dušika.....	4
Slika 2. Primjer dobre i loše strukture tla.....	9
Slika 3. Oznaka komposta proizvedenog u skladu s EU direktivom.....	11
Slika 4. Windrow sustav kompostiranja.....	12
Slika 5. Kompostiranje u hrpi.....	13
Slika 6. Reaktorski sustav.....	13
Slika 7. Dijagram ciklusa aktivnosti entiteta "kompost".....	15
Slika 8. Izrada kompostera.....	16
Slika 9. Dimenzije kompostera.....	17
Slika 10. Položaj kompostera.....	18
Slika 11. Stablo graba koje okružuje komposter.....	18
Slika 12. Prvi sloj kompostne hrpe.....	20
Slika 13. Biootpad bogat ugljikom.....	20
Slika 14. Posuda u koju se sakupljao biootpad iz kuhinje.....	21
Slika 15. Biootpad bogat dušikom.....	22
Slika 16. Sloj biootpada iz kuhinje i vrta.....	22
Slika 17. Učinak C:N omjera na proces kompostiranja.....	23
Slika 18. Zalijevanje kompostne hrpe.....	25
Slika 19. Mjerač vlage i pH vrijednosti.....	26
Slika 20. Provjera vlažnosti testom gnječenja.....	27
Slika 21. Idealna vlažnost kompostne mase.....	28
Slika 22. Miješanje kompostne hrpe.....	29
Slika 23. Aktivator komposta.....	30
Slika 24. Dodavanje granula u kompost.....	31
Slika 25. Biootpad posipan aktivatorom komposta.....	31
Slika 26. Dodatak maslačka kompostu.....	32
Slika 27. Temperaturne faze tijekom procesa kompostiranja.....	33

Slika 28. Zone komposta.....	33
Slika 29. Termometar za kompost.....	34
Slika 30. Bakterije.....	35
Slika 31. Aktinomicete.....	36
Slika 32. Protozoe.....	36
Slika 33. Gljive.....	37
Slika 34. Dvojenoga.....	38
Slika 35. Smeđa kamenjarka.....	38
Slika 36. Obični zujak.....	39
Slika 37. Zlatna cetonija.....	40
Slika 38. Ličinke Zlatne cetonije.....	40
Slika 39. Ženka običnog jelenka.....	41
Slika 40. Kišna glista.....	42
Slika 41. Rezultati mjerenja vlažnosti kompostne mase tijekom procesa kompostiranja.....	43
Slika 42. Rezultati mjerenja temperature kompostne mase tijekom procesa kompostiranja.....	44
Slika 43. Rezultati mjerenja pH vrijednosti kompostne mase tijekom procesa kompostiranja.....	45
Slika 44. pH vrijednost komposta pri završetku procesa.....	45
Slika 45. 18.04.....	46
Slika 46. 28.04.....	46
Slika 47. 09.05.....	46
Slika 48. 22.05.....	46
Slika 49. 01.06.....	46
Slika 50. 13.06.....	46
Slika 51. 02.07.....	47
Slika 52. 15.07.....	47
Slika 53. Test zrelosti komposta.....	48
Slika 54. Mladice zelene salate.....	48
Slika 55. Prosijavanje kroz krupno sito.....	49

Slika 56. Kompost nakon prvog prosijavanja.....	49
Slika 57. Drugo prosijavanje.....	50
Slika 58. Gotov kompost.....	50

### **Popis tablica:**

Tablica 1. C:N omjer različitih vrsta biootpada te njihove karakteristike s obzirom na razgradivost i vlažnost.....	24
Tablica 2. Specifikacije mjerača.....	26
Tablica 3. Podaci o proizvodu Substral Naturen – Compostmaker.....	30
Tablica 4. Specifikacije termometra.....	34

8.1%

PlagScan by Turnitin Results of plagiarism analysis from 31. 08. 2022. 12:26

Diplomski rad, Lorena Duš - Kućno kompostiranje biootpada - najstariji način recikliranja.docx  
Date: 31. 08. 2022. 11:59

View: \* All sources 98 122 matches

\* All sources 98

☆ Top three 3

🌐 Internet sources 72

📁 Organization archive 21

📖 Plagiarism Prevention Pool 5

<input checked="" type="checkbox"/>	[0]	1.4%	15 matches	Highlight matches in source	1 documents with identical matches
<input checked="" type="checkbox"/>	[2]	0.9%	16 matches	Highlight matches in source	
<input checked="" type="checkbox"/>	[3]	0.8%	12 matches	Highlight matches in source	
<input checked="" type="checkbox"/>	[4]	0.9%	11 matches	Highlight matches in source	
<input checked="" type="checkbox"/>	[5]	0.7%	10 matches	Highlight matches in source	
<input checked="" type="checkbox"/>	[6]	0.4%	9 matches	Highlight matches in source	
<input checked="" type="checkbox"/>	[7]	0.6%	12 matches	Highlight matches in source	
<input checked="" type="checkbox"/>	[8]	0.2%	4 matches	Highlight matches in source	
<input checked="" type="checkbox"/>	[9]	0.3%	6 matches	Highlight matches in source	1 documents with identical matches

HEBOM  
ALIBERANNO

Sveučilište  
Sjever



SVEUČILIŠTE  
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim privajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, LORENA DUŠ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica ~~završnog~~/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom KUĆNO KONTAMINIRANJE BIOPADRA - NEKORISNI NAČIN REKULURANJA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Lorena Duš  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, LORENA DUŠ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom ~~završnog~~/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom KUĆNO KONTAMINIRANJE BIOPADRA - NAJSTARIJI NAČIN REKULURANJA (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Lorena Duš  
(vlastoručni potpis)