

Kompostiranje



Kompostiranje

Kompostiranje je proces biološke transformacije u kome se aktivnošću mikroorganizama pretvaraju organske materije u materijal sličan humusu, poznat kao **kompost**.

Kompostiranje je na drugom nivou u hijerarhiji upravljanja čvrstim otpadom jer predstavlja tip recikliranja koji je posebno primenljiv na biorazgradivi otpad.

Kompostiranje je „biološko razlaganje i stabilizacija organskog supstrata, pod uslovima koji omogućavaju razvoj termofilnih mikroorganizama, kao rezultat oslobađanja toplote nastale tokom bioloških procesa, da bi se dobio krajnji produkt koji je stabilan, bez patogena i bez semena biljaka, a koji je pogodan za primenu na zemljištu“.





Cilj kompostiranja

Opšti ciljevi kompostiranja su:

- (1) transformacija biorazgradivog organskog materijala u biološki stabilan materijal i smanjenje početne zapremine otpada;
- (2) razlaganje patogenih mikroorganizama, jaja insekata i drugih neželjenih organizama koji mogu biti prisutni u otpadu;
- (3) zadržavanje osnovnih nutrijenata (azot, fosfor i kalijum) u što je moguće većoj količini i
- (4) dobijanje produkta koji se može koristiti za uzgoj biljaka.



Osnovni principi kompostiranja

Sa izuzetkom plastike, gume i kože, organska frakcija otpada se sastoji od proteina, amino kiselina, lipida, ugljenih hidrata, celuloze, lignina i pepela. Ako se ovi organski materijali podvrgnu aerobnoj mikrobiološkoj razgradnji, krajnji produkt je kompost.

Proteini,
Amino kiseline,
Lipidi,
Ugljeni hidrati,
Celuloza,
Lignin
Pepeo



O₂ +
hranljive materije +
mikroorganizmi



kompost +
nove ćelije +
CO₂ +
H₂O +
NO₃ +
SO₄ +
toplota



Šta se može kompostirati?

Kvalitetan kompost se dobije ako se izmeša što više različitog usitnjenog biljnog materijala:

- **Kuhinjski otpad** (ostaci i kora voća i povrća, ljuske jaja, talog kafe i čaja, ostaci hleba, peciva, listovi salate, kelja, blitve i sl.)
- **Vrtni ili zeleni otpad** (otkos trave i žive ograde, lišće, granje, uvelo cveće, otpalo voće, zemlja iz saksija za cveće, ostaci voća i povrća, korov, kora)
- **Ostali biorazgradivi otpad** (kora drveta, kosa, dlaka, slama, piljevina, iverje, papirne maramice, borove iglice, manje količine papira u koje su bili zamotani kuhinjski otpaci)



Šta se ne može kompostirati?

- tekući ostaci hrane
- meso, riba, koža, kosti
- mlečni proizvodi, ulja i masti
- pepeo,
- guma,
- opasan otpad
- obojeni i lakirani drveni otpad
- papirnati i stakleni otpad
- odeća, cigarete



DA !



ostaci voća



vrećice čaja



ostaci povrća



orez živice



suho lišće



ljuske jaja



talog kave



komadi papira



sjeno/slama
/grančice



karton



stajsko gnojivo



prirodna vlakna

NE !



sjeme korova



meso



veliki komadi
drva



fekalije kućnih
ljubimaca



ugljen/pepeo



riba



mlijeko i
mlečni proizvodi



pijevina
crnogorice



orašasti
plodovi



agrumi



sjemenke
i koštice



nerazgradive
tvori

Faze kompostiranja

Proces kompostiranja odigrava se u četiri faze:

- 1. Početna (inicijalna) faza** – U toku ove faze dolazi do mehaničke razgradnje materijala. Proces započinju mezofilne bakterije, gljive, aktinomicete i protozoe. Maksimalna temperatura u ovoj fazi dostiže 45°C.
- 2. Aktivna (termofilna) faza** – U ovoj fazi dolazi do brze razgradnje materijala. Temperatura u kompostnoj gomili se u roku od 24 do 72 h nakon formiranja gomile poveća iznad 45°C, obično do 65°C, kao rezultat oksidacije ugljenikovih jedinjenja. Ova termofilna faza i funkcija termofilnih bakterija u njoj je ključna za uništavanje patogenih organizama, larvi muva i semena korova. Da bi se to postiglo potrebno je održavati temperaturu od oko 65°C tri do pet dana. U toku ove faze neophodno je konstantno snabdevanje kiseonikom, bilo ručnim ili mehaničkim mešanjem i prevrtanjem gomile ili automatizovanom ventilacijom.



Faze kompostiranja

- 1. Faza hlađenja** – Nastavlja se razgradnja početnog materijala, sve do formiranja biološki stabilnih humusnih jedinjenja. Tada dolazi do dominacije mikroorganizama, koji su aktivni na nižim temperaturama.
- 2. Sazrevanje** – Sazrevanje zahteva minimum kiseonika i sam biološki proces postaje veoma spor. Sinteza humusnih jedinjenja koja je započeta u prvoj fazi sada se završava.



Proces kompostiranja

Brzina odigravanja procesa zavisi od više faktora. Kada je proces razgradnje završen, zapremina naslage se smanjuje za 20 do 60%, a masa i do 50%. Sadržaj vlage je manji za 40%, pH je oko 7, a odnos C/N treba da bude ispod 20:1. Neprijatni mirisi, koji se obično javljaju na početku procesa, nestaju.

18.2. 2006.



18. 4. 2006.



Proces kompostiranja

Hemijske i fizičke karakteristike komposta variraju u zavisnosti od prirode polaznog materijala, uslova pod kojima se kompostiranje odvija i stepena razlaganja. Neke od osobina komposta, po kojima se on razlikuje od drugih organskih materijala, svode se na sledeće:


- braon do tamno braon boja;
- nizak odnos sadržaja C/N;
- kontinuirana promena prirode zbog aktivnosti mikroorganizama;
- veliki kapacitet jonske izmene i adsorpcija vode.



Faktori koji utiču na proces kompostiranja

Faktori koji utiču na proces kompostiranja su:

- veličina čestica materijala koji se kompostira,
- zasejavanje mikroorganizama i mešanje,
- odgovarajući raspored mešanja (obrtnja),
- ukupna potreba za kiseonikom,
- sadržaj vlage,
- temperatura i kontrola temperature,
- odnos C/N u otpadu koji se kompostira,
- pH vrednost,
- stepen razlaganja,
- koeficijent respiracije i
- kontrola patogenih mikroorganizama.



Tokom odigravanja procesa oslobađa se toplota, nastaje ugljendioksid, voda isparava i nastaje relativno stabilan humus bez neprijatnih mirisa.

Veličina čestica

Organski biorazgradivi sastojci otpada uglavnom se veoma razlikuju po obliku i veličini. U cilju homogenizacije i obezbeđivanja boljih uslova razgradnje vrši se usitnjavanje. Naime, ukoliko su čestice manje veća je brzina biohemijske reakcije razgradnje, jer je lakše dostupan kiseonik, vlaga i efikasnije je mešanje.

Idealno je da veličina čestica bude manja od 5 cm, mada se i veće čestice mogu kompostirati. Veličina čestica materijala koji se kompostira zavisi od potrebnih karakteristika gotovog komposta i od potrebnih ekonomskih ulaganja za usitnjavanje.



Odnos ugljenik / azot

Ovo je kritični faktor za kompostiranje.

Optimalni opseg za većinu organskih otpadnih materija je od 20 do 25 : 1.

Muljevi iz biološke obrade otpadnih voda imaju relativno nizak C/N odnos (6,3) dok lišće i stare novine imaju relativno visok odnos (od 48 do 80).

U principu sav prisutan organski azot je biodostupan, dok sav organski ugljenik nije biorazgradiv (na primer lignin u novinskom papiru).

Pri niskom sadržaju ugljenika u odnosu na azot, tokom mikrobiološke razgradnje biorazgradivog otpada nastaje veća količina amonijaka, koji isparava, pa dolazi do gubitka azota, odnosno dobija se kompost loših karakteristika.



Odnos ugljenik / azot

Materijali	C / N odnos
Kokošiji stajnjak sa prostirkom	13 – 18 : 1
Otpad iz domaćinstva	12 – 20 : 1
Svinjski stajnjak	15 – 25 : 1
Strugotina i drveni iver	100 – 500 : 1
Hartija	150 – 200 : 1
Slama	40 – 100 : 1
Zelenilo	30 – 80 : 1
Tresetna mahovina	18 – 36 : 1



Mešanje (obrtnanje)

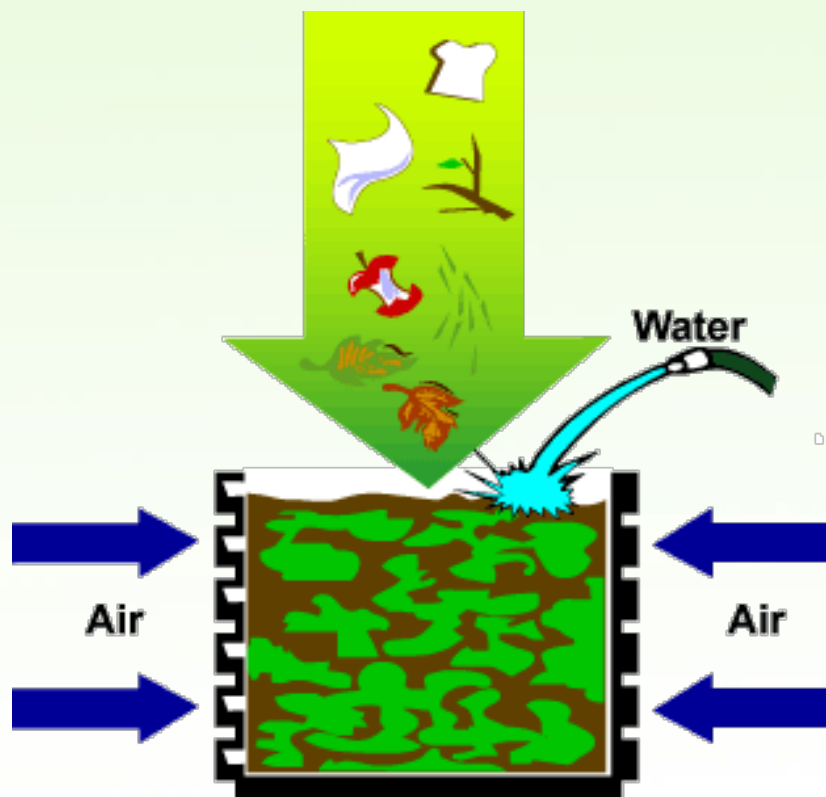
Mešanjem (obrtnanjem) otpada postiže se bolja aeracija. Aeracijom se postiže obogaćivanje svežim vazduhom centra kompostne gomile, gde nedostaje kiseonik. Brzo aerobno razlaganje dešava se samo uz prisustvo dovoljne količine kiseonika.

Mešanje se vrši na početku procesa da bi se sadržaj vlage ujednačio i podesio na optimalnu vrednost, a takođe i da se postigne uniformnija raspodela nutrijenata i mikroorganizama.

Učestalost obrtnanja zavisi od sadržaja vlage, karakteristika otpada i potrebne količine vazduha. Za organski otpadni materijal koji sadrži od 55 do 60% vlage i kompostira se tokom perioda od 15 dana, prvo obrtnanje treba da bude tri dana posle odlaganja, a zatim svaki drugi dan kako bi se materijal obrnuo četiri do pet puta.

Sadržaj vlage

Optimalni sadržaj vlage za aerobno kompostiranje je u opsegu od 50 do 60%. Vlaga može biti podešena mešanjem suvog i vlažnog materijala ili dodavanjem vode. Kada sadržaj vlage opadne na 40% brzina kompostiranja opada.



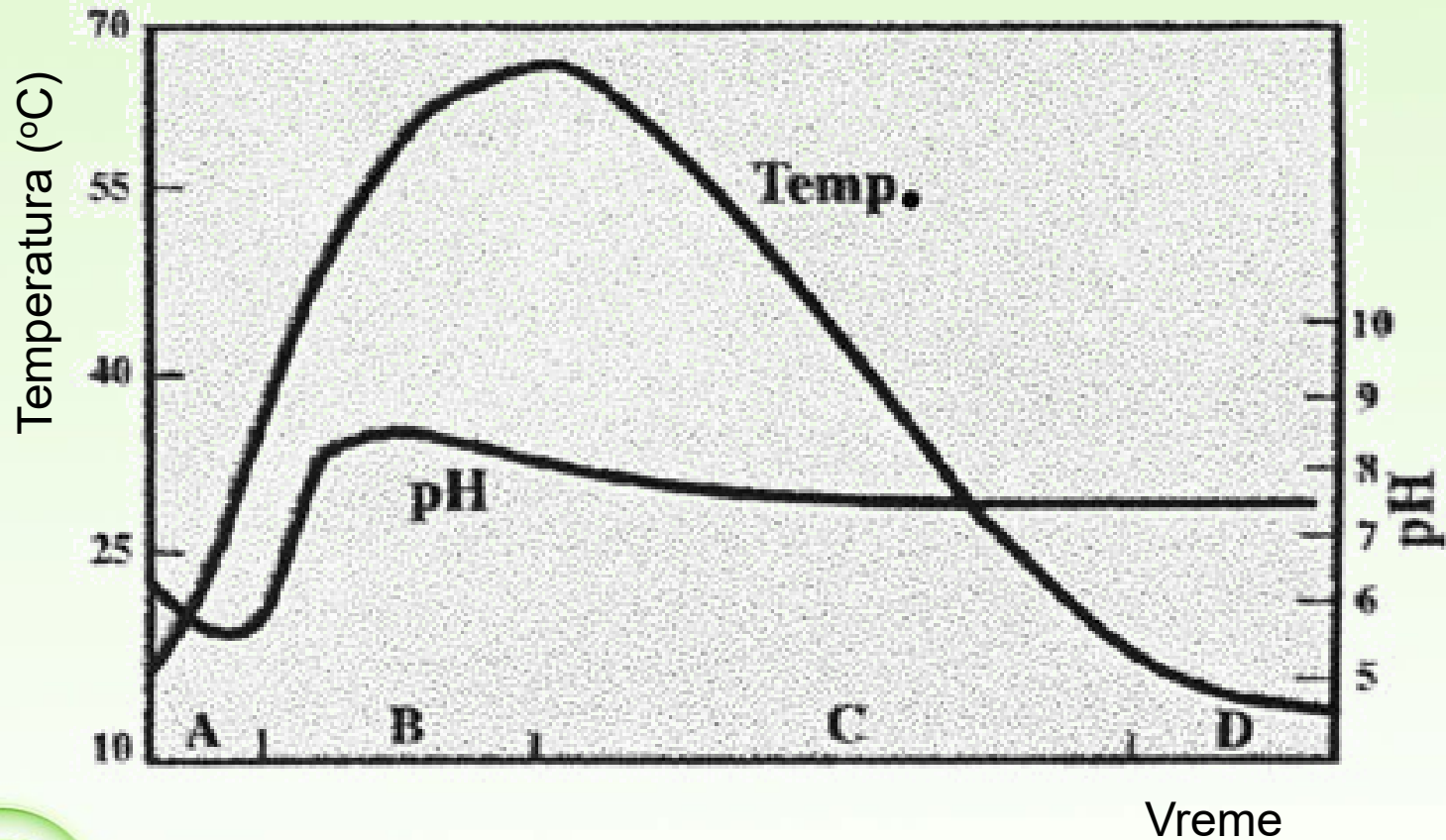
Temperatura

Aerobno kompostiranje se vrši pod mezofilnim (od 30 do 38 °C) ili termofilnim (od 55 do 60 °C) uslovima. Do porasta temperature tokom procesa kompostiranja dolazi usled odigravanja egzotermnih reakcija povezanih sa respiratornim metabolizmom. Temperatura se može kontrolisati kontrolom protoka vazduha.

Obično se posle obrtanja temperatura snizi za 5 do 10 °C, ali se za nekoliko časova dostigne početni nivo. Posle 10 do 15 dana temperatura opada, jer je završena oksidacija lako biorazgradivog organskog materijala. U bilo kojoj fazi kompostiranja poželjno je meriti temperaturu i pH vrednost materijala.



Promena temperature i pH vrednosti



A – mezofilna
C – hlađenje

B – termofilna
D - sazrevanje



Kontrola pH vrednosti

pH vrednost utiče na mikrobiološke procese i stabilizaciju otpada. pH vrednost, kao i temperatura, varira sa vremenom odvijanja procesa kompostiranja.

Optimalna pH vrednost za rast i razvoj mikroorganizama koji učestvuju u kompostiranju kreće se u opsegu 5,5 do 8.

Početna pH vrednost organske frakcije otpada nalazi se obično između 5 i 7. Tokom prvih nekoliko dana pH opada na 5, pa i manje, jer u početnoj fazi razlaganja nastaju organske kiseline. Kiseli uslovi pogoduju razvoju gljivica i razlaganju lignina i celuloze.

Posle tri dana od odlaganja uspostavljaju se termofilni uslovi, a pH raste do vrednosti od 8 do 8,5 koja ostaje približno konstantna do kraja procesa. Tokom hladenja pH opada na 7 do 8, koliko je i pH zrelog komposta.

Ukoliko nije dobra aeracija i uspostave se anaerobni uslovi, pH opada na oko 4,5 i proces kompostiranja se usporava.



Stepen zrelosti komposta

Pogodna metoda za određivanje stepena zrelosti komposta ne postoji. Naime, sazreo kompost je termin kojim se označava stepen humifikacije materijala, dok se stabilnost komposta odnosi na stepen aktivnosti mikroorganizama.

Sa aspekta plasiranja komposta na tržište najznačajniji je stepen zrelosti (sazrevanja) komposta. Naime, ako kompost nije zreo, dolazi do njegove dalje razgradnje u zemljištu, što dovodi do uspostavljanja anaerobnih uslova; na ovaj način zemljište oko korena biljke biva osiromašeno kiseonikom, nezreo kompost sa visokim odnosom C/N (25:1 ili veći) dovodi do osiromašenja zemljišta azotom.



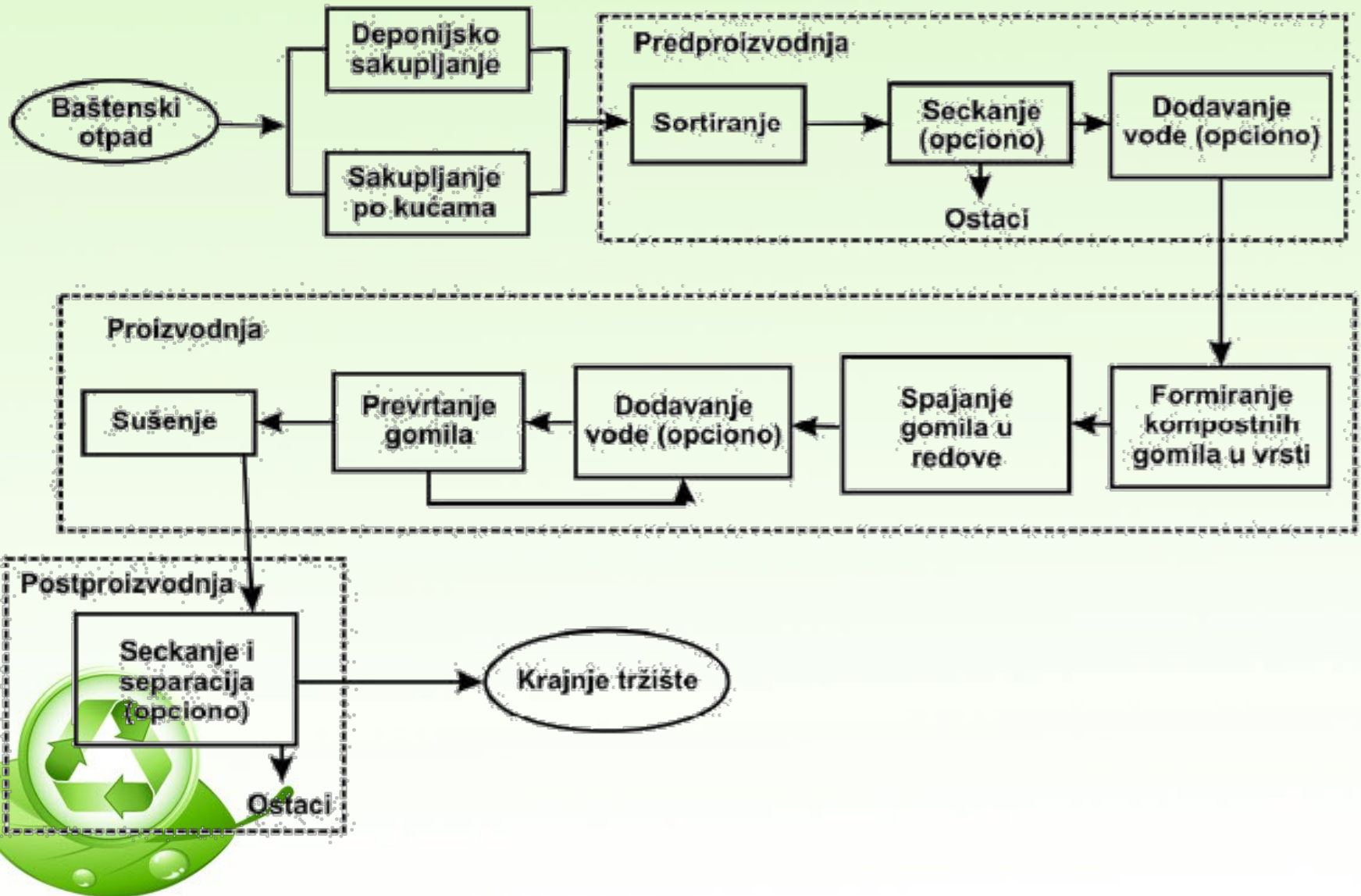
Kontrola mirisa

Osnovni problem koji se javlja tokom kompostiranja je razvoj anaerobnih uslova u nasipu, jer često u centralnom delu nema dovoljno kiseonika. Pod anaerobnim uslovima nastaju organske kiseline, a mnoge od njih imaju neprijatan miris.

Ovi problemi se mogu rešiti usitnjavanjem materijala, uklanjanjem plastike i drugih bionerazgradivih materijala, a najbolje rešenje je kompostirati organski biorazgradivi otpad odvojen na izvoru bez prisutnih kontaminirajućih materija.



Proces kompostiranja



Metode kompostiranja

Dve osnovne metode kompostiranja koje se danas koriste mogu se klasifikovati kao:

- (1) statička i
- (2) sa agitacijom.

Kod statičke metode materijal koji se kompostira se ne pomera, a vazduh se uduvava kroz materijal.

Kod agitacionog metoda, materijal koji se kompostira se okreće s vremena na vreme da bi se obezbedio kiseonik, kontrolisala temperatura, te da se zahvaljujući mešanju dobije uniforman proizvod. Ukoliko se kompostiranje vrši u polju kod agitacione metode obično se otpad nanosi kao naslaga (gomila), a kod statičkog metoda u obliku nasipa.



Aerisano kompostiranje statičkog nasipa

Aerisani statički nasipi, sastoje se od mreže aeracionih cevi preko kojih se nanosi pretprocesirana organska frakcija otpada.

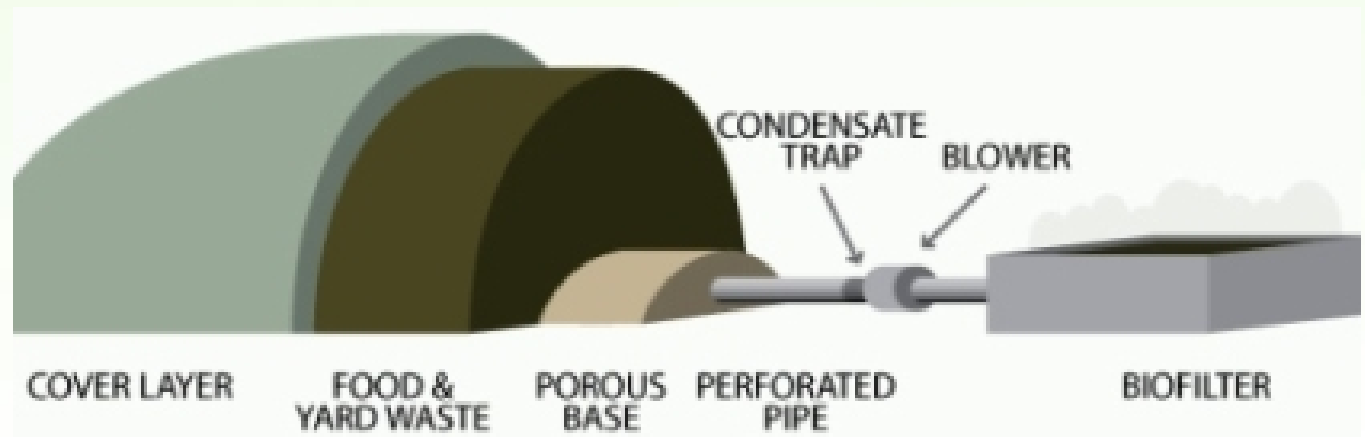
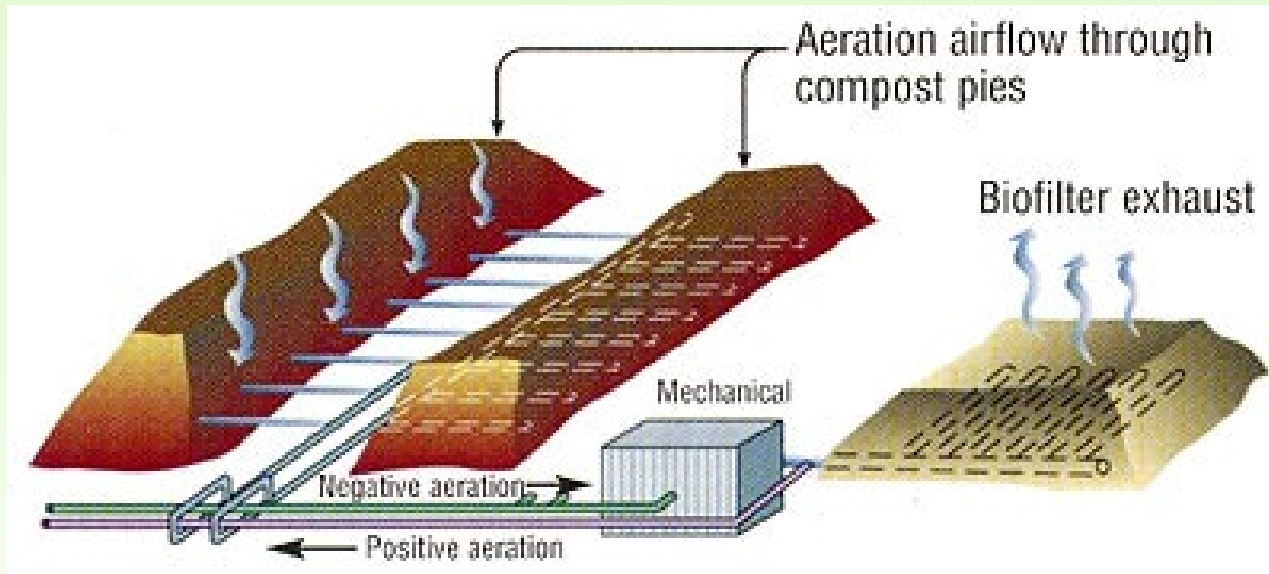
Visina je obično od 2 do 2,5 m. Sloj prosejanog komposta se obično nanosi odozgo preko formiranog nasipa kao izolacija i za kontrolu širenja neprijatnih mirisa

Svaki nasip ima svoj sopstveni ventilator za bolju kontrolu aeracije. Obično se snabdevanje vazduhom vrši preko perforiranih plastičnih cevi. Vazduh se uduvava da bi se obezbedio potreban kiseonik za biološku konverziju i da bi se kontrolisala temperatura u okviru nasipa.

Kompostiranje se vrši tri do četiri nedelje. Sazrevanje materijala se odvija tokom sledeće četiri ili više nedelja,



Aerisano kompostiranje statičkog nasipa



Kompostiranje metodom naslage

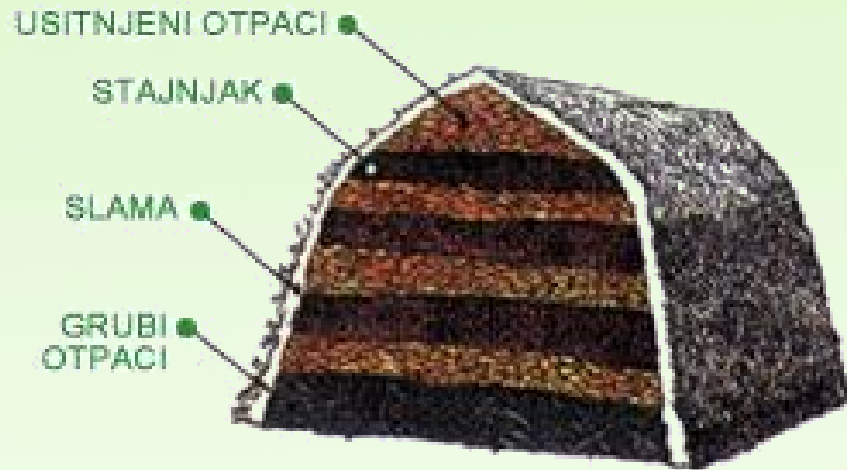
To je jedna od najstarijih agitacionih metoda kompostiranja. U najjednostavnijem obliku, ona se izvodi tako što se organski materijal koji se kompostira nanosi tako da formira naslagu širine osnove od 6 do 7 m, visine od 2 do 3,5 m.

Kod niskostepenih sistema sa metodom naslage utovarivačima se materijal okreće jednom godišnje, i da bi se postigla potpuna razgradnja potrebno je da protekne od 3 do 5 godina. Takođe, dolazi do širenja neprijatnih mirisa, jer se deo materijala nalazi pod anaerobnim uslovima.

Kod visokostepenih sistema to su gomile sa manjim poprečnim presekom, visine od 1,8 do 2,1 m i širine osnove od 4 do 5 m. Kod ovakvih sistema materijal se obrće dva puta nedeljno. Kompostiranje je završeno posle od 3 do 4 nedelje. Posle perioda okretanja, kompost se ostavlja još 3 do 4 nedelje da se obezbedi sazrevanje.



Kompostiranje metodom naslage



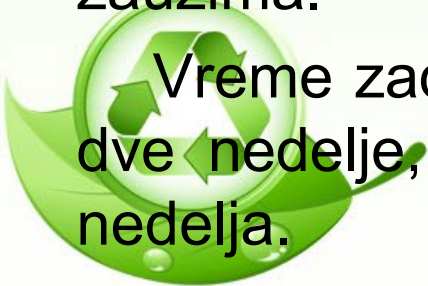
Kompostiranje u sudu

Ovaj vid kompostiranja se obavlja unutar zatvorene posude. Posude svih oblika mogu se koristiti kao reaktori u ovim sistemima, uključujući vertikalne bubnjeve, horizontalne tankove i cirkulacione rotacione tankove.

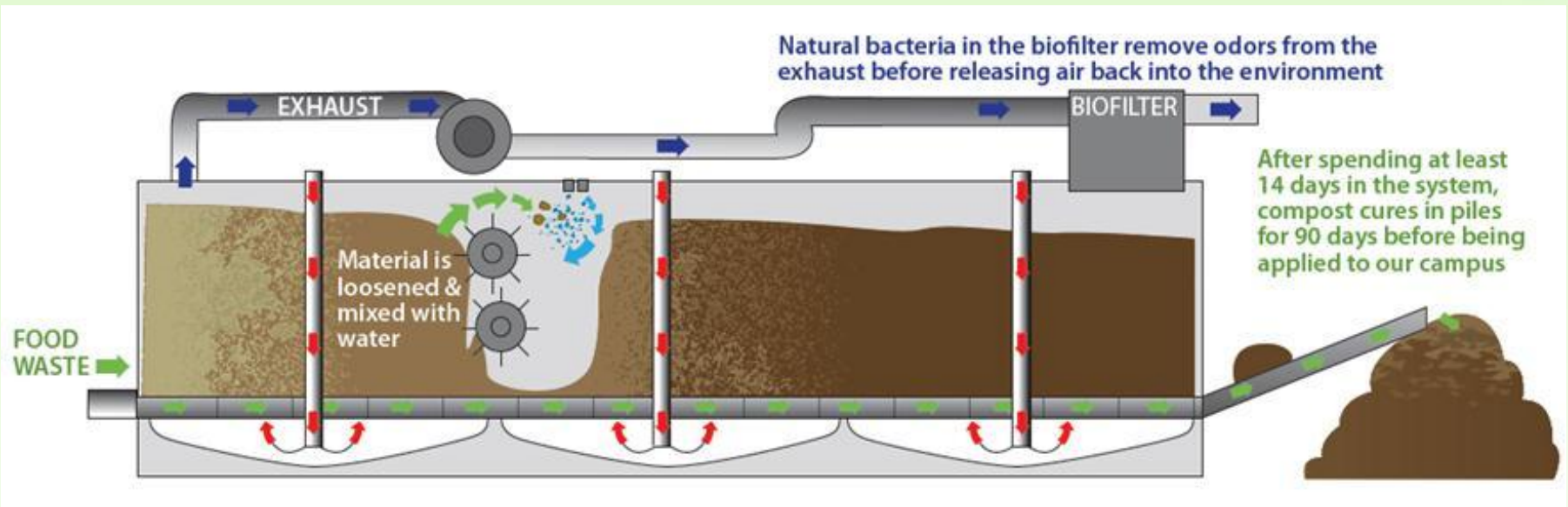
Mehanički sistemi su dizajnirani tako da se minimizira nastajanje neprijatnih mirisa i vreme procesiranja kontrolom uslova odigravanja procesa, kao što su protok vazduha, temperatura i koncentracija kiseonika.

Ovi sistemi poslednjih godina postaju sve popularniji zbog jednostavnije kontrole procesa i mirisa, kraćeg vremena trajanja, manjih manipulativnih troškova i manjeg prostora koji zauzima.

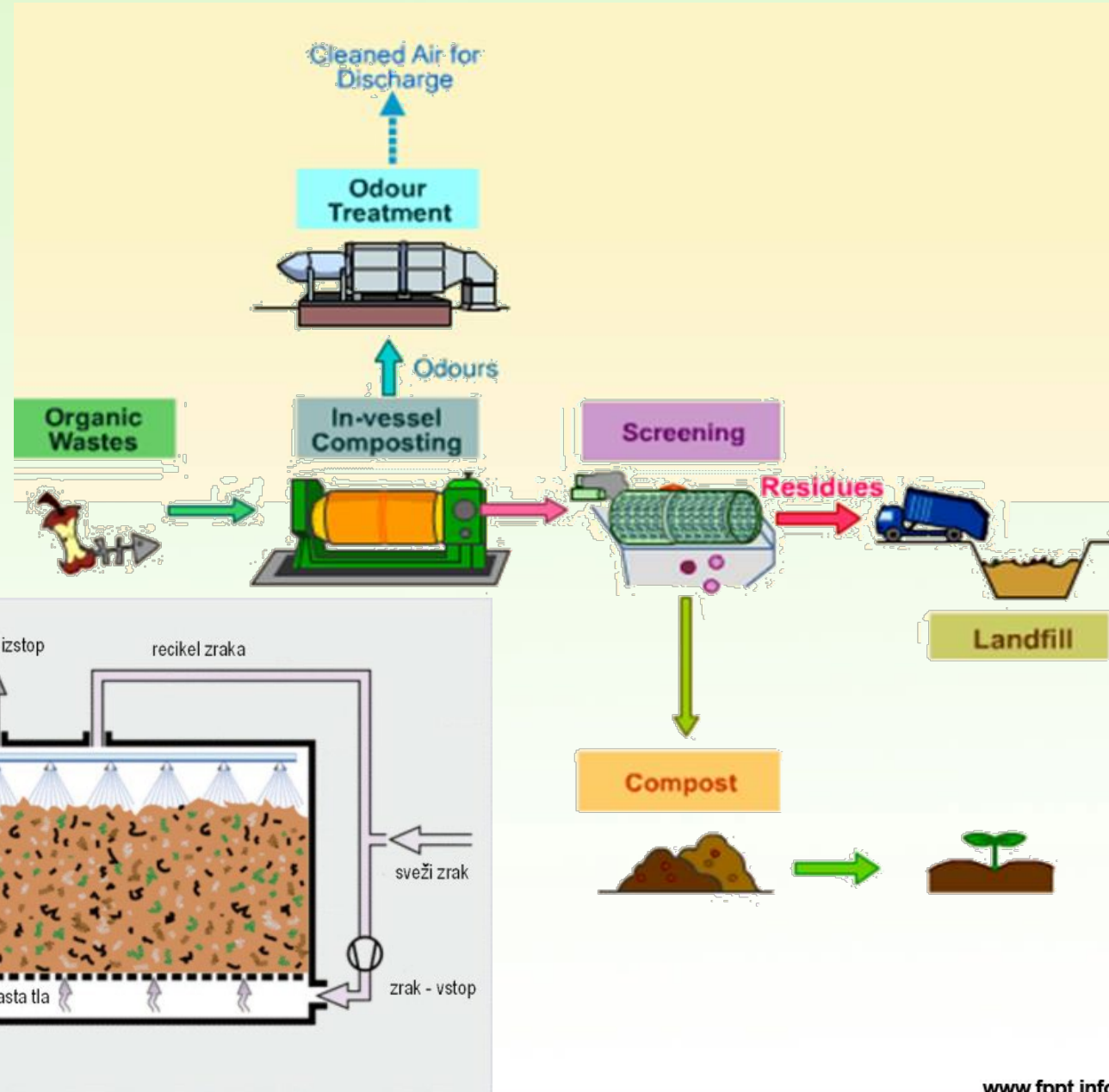
Vreme zadržavanja u reaktoru je u granicama od jedne do dve nedelje, dok je vreme sazrevanja duže – od 4 do 12 nedelja.



Kompostiranje u sudu



Kompostiranje u sudu





Kompostiranje u kućnim uslovima



Kompostiranje otpada u svetu

Od kasnih osamdesetih godina XX veka kompostiranje počinje da se primenjuje u većoj meri u Evropi, paralelno sa razvojem i primenom šeme za odvojeno sakupljanje bio-otpada.

Sa aspekta odvojenog sakupljanja i kompostiranja biorazgradivog otpada evropske zemlje se mogu podeliti u 4 grupe.

1. U **prvoj grupi** se nalaze Austrija, Belgija, Nemačka, Švajcarska, Luksemburg i Holandija. U ovim zemljama, a posebno u Nemačkoj, koristi se oko 80% biorazgradivog otpada.
2. U **drugoj grupi** nalaze se Danska, Švedska, Italija, Katalonija (Španija) i Norveška. U ovim zemljama, ima malo postrojenja koja rade i tržište je još uvek u fazi razvoja.



Kompostiranje otpada u svetu

3. U **trećoj grupi** se nalaze Finska, Francuska, Velika Britanija i Belgija (Valonija); to su zemlje u kojima su programi primene kompostiranja na početnom nivou.
4. U **četvrtoj grupi** nalaze se zemlje u kojima se samo ponegde vrši kompostiranje na izvoru odvojenog bio-otpada; u ovoj grupi nalazi se većina regiona u Španiji, Grčka, Irska i Portugalija. U ovim zemljama se još uvek praktikuje i ima značajnu ulogu kompostiranje mešanog komunalnog otpada iz urbanih sredina.



I na kraju....

Japanske arhitektae došle su na ideju da projektuju okruglu čajnu kućicu, koja će ujedno služiti i za kompostiranje.

Arhitektae su odlučile da iskoriste temperaturu koja se razvija tokom kompostiranja za zagrevanje prostora koji je dizajniran kao tradicionalna japanska vrtna kućica za ispijanje čaja.

Spoljašnji zidovi sadrže niz spremnika za kompostiranje. U njih se sa gornje strane ubacuju otpaci iz vrta, trava, suvo lišće i drugi materijali organskog porekla, a s donje strane se preuzima kompost. Tokom faze razgradnje, temperatura u središtu komposta može dostići i više od 60°C, od čega će se zagrevati mali unutrašnji prostor koji je, zahvaljujući transparentnom krovu, osvijetljen prirodnom svetlošću.



