

Komposti - nastajanje kvalitetnog organskog gnojiva

Komposti pripadaju, pored stajskog gnoja, gnojnice, bihugnoja, zelene gnojidbe i drugih, grupi organskih gnojiva. Kompost je u stvari, vrlo jednostavno rečeno, smjesa raznih biljnih, rezidua kućanstva, poljoprivrednog gospodarstva, naselja, industrije i drugo, a koji prerađeni radom mikroorganizama i drugih organizama služe kao visokokvalitetno organsko gnojivo. Zajedničko svim ovim kompostiranim materijalima je da humifikacija ide do kraja, odnosno da se dobiva trajni humus. Kompostiranje nije uobičajen proces u prirodi, jer obično ne nalazimo nakupine organskim materijala koje bi bile izložene razgradnji. Pa čak ako u prirodi i nađemo nakupine takvih materijala (npr. šume), uvjeti za razgradnju rezidua, daleko su od optimalnih koje nalazimo u kvalitetno održavanim humusnim hrpama.

Kompostiranje se u osnovi sastoji u pripremi mase organske tvari, u kombiniranju i miješanju radi postizanja pravilnog odnosa C i N (ugljika i dušika). Nakon toga u provedbi fizikalno kemijskih i bioloških procesa u pripremljenoj masi nastoji se postići najbolje dozrijevanje kompostiranjem proizvedene mase humusa. Sve to izvodi se što je moguće brže kako ne bi u predugom procesu došlo do značajnih i nenadoknadivih gubitaka hranjivih sastojaka i energije.

Predgovor temi o kompostima

Nekako od Drugog svjetskog rada, u poljoprivrednoj praksi, sve češće i intenzivnije dolazi do primjene tvorničkih mineralnih gnojiva u uzgoju ratarskih kultura. Vrlo brzo ova gnojiva postaju dominantan oblik ishrane biljaka, dok se organska gnojiva sve više "zaboravljaju". Veliki krivac ovakvom pristupu u poljoprivredi je i tadašnje političko ustrojstvo na ovim prostorima, koje je utjecalo da se na umjetan i neprirodan način razdvoji ratarska od stočarske proizvodnje. Međutim, ovakvom stanju može se "zahvaliti" i nedovoljnoj obučenosti poljoprivrednih proizvođača, a naročito na tadašnjim velikim društvenim poljoprivrednim gospodarstvima (bivši PIK-ovi). I autor ovog Priloga doživio je neugodno osobno iskustvo na jednom velikom poljoprivrednom gospodarstvu. Naime, radilo se o tome da je stajski gnoj s jedne velike farme izvožen na hrpe na površinu od cca 20-tak hektara, kontinuirano tijekom 15-tak godina. Posljedice ovakvog pristupa su višestruke: zauzetost velike površine plodnog tla (20-tak ha) na kojem se ne može uzgajati, obraslost cijele površine korovom i grmljem predstavlja idealnu podlogu za razvoj velikog broja štetnika i bolesti, veliki gubitak novca zbog nekorištenja, uz istovremenu kupovinu mineralnih gnojiva, naravno, ovakvo deponiranje na neadekvatnom mjestu i na neodgovarajući način predstavlja veliki ekološki udarac na okoliš (zagađenje tla i voda, aeropolucija itd.).Ovakav način (gnojidba samo mineralnim gnojivima bez unošenja organskih gnojiva), predstavlja "lakši i jednostavniji pristup", a ako je još potican od države.... Jedinu svjetlu točku predstavljali su "mali" (i siromašni) poljoprivredni proizvođači, koji su stajski gnoj sa svojega imanja izvozili na svoje poljoprivredne površine. U ovom se razdoblju sve češće koristi riječ *proizvoditi* (a i danas je to prečest slučaj), u smislu *proizvodnja kukuruza* ili *proizvodnja stoke*, a u ovom je slučaju ona apsolutno neprihvatljiva. Budući da su to živi organizmi, pravilan i prihvatljiv izbor riječi bio bi *uzgoj*. Dakle, *uzgoj kukuruza* i *uzgoj stoke*.

Dakako, pri ovakvom, prethodno navedenom stanju stvari i pristupu poljoprivrednoj proizvodnji i poljoprivrednim površinama, došlo je do velikog osiromašivanja naših tala, jer se krivo mislilo da mineralna gnojiva apsolutno i potpuno adekvatno mogu zamijeniti organska gnojiva. Danas smo svjesni neodrživosti i neosnovanosti ovih postavki. Suvremeni konvencionalni pristup uzgoju

poljoprivrednih kultura, danas je nezamisliv bez uporabe mineralnih gnojiva, ali isto tako i bez uporabe organskih gnojiva. Često se može čuti kako u organskim gnojivima nema dovoljno dušika, fosfora i kalija za ishranu visokoprinosnih kultivara ratarskih kultivara, što je i točno. Međutim, ono što dobivamo organskim gnojivima ne može se zamijeniti niti jednim mineralnim gnojivom.

Odlike kvalitetnog humusa

Zreo kompost amorfn je tamno-smeđe-siva masa bogata trajnim humusom, a samim tim i ugljikom, izražene puferne sposobnosti, kao i usvajanja korisne vode i biljnih hraniva. U usporedbi sa stajskim gnojem, siromašniji je na biljnim hranivima, ali je zato bogatiji trajnim humusom. Velika prednost komposta je u tome što su procesi razgradnje u potpunosti završe, pa se u tlo može unositi zajedno s provedbom sjetve ili sadnje.

Kemijski sastav komposta, kao uostalom i bilo kojeg drugog organskog gnojiva, varira o ishodišnom materijalu i samom procesu kompostiranja. Tako je sadržaj prosječnog zrelog komposta slijedeći. 0,35% N, 0,20% P₂O₅, 0,25% K₂O i 2-3% CaO.

Zašto kompostirati

Postoje brojni razlozi zašto se treba kompostirati, a možda ih je najjednostavnije objasniti kao rezultat, odnosno krajnji cilj kompostiranja, navodeći ih pregledno, kako slijedi:

- povećano iskorištavanje osnovne obnovljive tvari, energije iz biljne proizvodnje, te organskih ostataka proizvodnje, prerade, prehrane i komunalnog života,
- obnova organske tvari u tlu,
- povećana plodnost i biogenost,
- povećana proizvodnja u osnovnoj poljodjelskoj proizvodnji,
- bolja kakvoća i biološka vrijednost,
- manji utrošak mineralnih gnojiva i sintetskih, kemijskih sredstava,
- očuvanje okoliša od onečišćenja, bitno smanjenje onečišćenja podzemlja i tla,
- smanjeni uvoz kemijskih sirovina i manje trošenje fosilne energije,
- proizvodnja prirodne biološki proizvedene hrane,
- optimalno gospodarenje tvari, energijom i vodom uz značajno povećanje nacionalnog dohotka iz poljoprivrede i stočarstva,

Cilj kompostiranja je tvorba stabilnog humusa iz odgovarajuće smjese početne mase organskih tvari i minerala pod kontroliranim fizikalnim uvjetima.

Materijal za kompostiranje

Materijali koji se koriste za kompostiranje mogu se podijeliti na više načina, a osnovni uvjet je da otpaci moraju biti zdravi, porijeklom od organski proizvedenih sirovina, a dodavanje stimulatora razgradnje mora biti u skladu sa standardima za organsku proizvodnju.

Jedan od najjednostavnijih načina podjele materijala za kompostiranje je podjela na materijale koji se smiju i materijale koji se ne smiju kompostirati.

Kompostirati se smiju:

- otpaci iz vrta: pokošena trava, lišće, uvelo cvijeće, korov, -stara zemlja iz lonaca za cvijeće, usitnjeno granje,

- kuhinjski otpaci: sirovi ostaci povrća, kora krumpira, ostaci voća, kore agruma (usitnjene), talog kave, ostaci čaja, ljuske jaja,
- ostalo: životinjska dlaka, perje, male količine papira, pepeo drvenog ugljena ili drva,
- neki organski otpaci teško se razgrađuju pa se na kompostištu ne preporučuje stavljati velike količine takvih otpadaka. Tu spadaju: čepovi od pluta, ljuske oraha, češeri, kosti

Kompostirati se ne smiju:

- otpaci iz vrta: osjemenjeni korovi, lišće oraha, bolesne biljke,
- kuhinjski otpaci: otpaci kuhanih jela (privlače štakore), meso, kosti...
- ostalo: velike količine novinskog papira, časopisa u boji, pelene, pseći i mačji izmet, izmet općenito, ostaci duhana, sadržaj vrećica iz usisivača, pepeo kamenog i smeđeg ugljena te ugljena za gril (zbog sadržaja teških metala)...
- Na kompostištu nikako ne smijemo stavljati otpatke koji sadrže kemikalije, npr. stare lijekove, ulja, plastičnu ambalažu, bojano i impregnirano drvo, stiropor...

Primjereno kompostirati pod određenim uvjetima:

- meso i kosti (u svakom ih slučaju treba pokriti, jer mogu privući male životinje)
- korov sa sjemenjem i bolesni dijelovi biljke (pod uvjetom da je temperatura u kompostu viša od 50°C; stavite ih u unutrašnjost kompostne hrpe)
- ostaci jestivog ulja (samo u manjim količinama)
- papir / karton (tisak u boji može u sebi sadržavati teške metale)
- otpaci domaćih životinja (ali ne ako je životinja bolesna ili zaražena)
- pepeo (upotrijebiti samo pepeo od drveta, i to u manjim količinama)
- lupine južnog voća (u većini slučajeva su špricane!)
- ljuske oraha (pazite, treba im vrlo mnogo vremena da se raspadnu!)
- lišće hrasta, oraha i kestena (pazite, treba mu vrlo mnogo vremena da se raspadne!)

Slijedeća podjela materijala za kompostiranje je prema načinu odvijanja procesa humifikacije, a materijali se dijele u tri skupine:

- prvu skupinu čine teško raspadljive tvari (kosti, perje, dlake, čekinje, rožnate tvari i dr.),
- drugu skupinu čine tvari koje imaju sposobnost sorpcije vode i hraniva (zemlja, pepeo, mulj i dr.),
- treću skupinu čine tvari koje potiču raspadanje (fekalije, vapno, ekskrementi domaćih životinja, moneralna gnojiva i dr.).

Materijal za kompostiranje još se dijeliti i s obzirom na komercijalnu, ali i proizvodnju komposta za vlastite potrebe, a može se podijeliti u četiri skupine:

1. skupina – najčešće korišteni otpaci:

- lucerna (bogata dušikom),
- kukuruzni oklasci (male hranidbene vrijednosti, zahtijevaju sjeckanje),
- trava (bogata dušikom i kalijem),
- lišće širokolisnih kultura (povoljan sadržaj hraniva, potrebno sjeckanje),
- treset (siromašan hranivima, sporo se raspada),
- borove iglice (siromašne hranivima, sporo se razgrađuju, sadrže toksične rezidue),
- piljevina (vrlo siromašna dušikom, sporo se razgrađuje, može sadržavati toksične elemente, kisele je reakcije),

- morske trave (umjerena hranjiva vrijednost, bogate kalijem, visokog saliniteta, želatinozne),
- slama (vrlo mali sadržaj hraniva),
- korovi (umjereni sadržaj hraniva, treba izbjegavati korove s klijavim sjemenkama),
- sjeckano drvo (nizak sadržaj hraniva, sporo se razgrađuje),
- tlo (korisno kao izvor hraniva i mikroorganizama, pomaže zadržavanju vode, osigurava hraniva, dovoljno je 2-10% tla u kompostnoj hrpi).

2. skupina – industrijski otpaci:

- voćni trop (umjerena biljno-hranidbena vrijednost, sjemenke mogu preživjeti kompostiranje),
- krvno brašno (bogat dušikom),
- mahune (ljuske) graha (visok sadržaj hraniva),
- gradsko smeće (mala do srednja hranidbena vrijednost, novine i karton bogat celulozom),
- otpaci prehrambene industrije (graška, rajčice, žitarica, povoljna biljno-hranidbena vrijednost, ali mogu sadržavati tehnološke kontaminante),
- mulj otpadnih voda (dobre biljno-hranidbene vrijednosti, može sadržavati teške metale i antibiotske kontaminante).

3. skupina – tvari koje povećavaju biljno-hranidbenu vrijednost komposta

- koštano brašno (dodaje se zbog fosfata, ali se polako raspada pa je količina oslobođenog fosfora mala),
- organska gnojiva – neovisno o podrijetlu (male do umjerene biljno-hranidbene vrijednosti),
- sirovi fosfati (slabo topljivi),
- pepeo drveta (izvor kalija, kalcija i drugih hraniva, u početku može dovesti do velikog porasta pH vrijednosti čak od 9-10).

4. skupina – tvari koje služe za uklanjanje suvišne kiselosti:

- Thomasov fosfat (snižava kiselost, ali i osigurava biljna hraniva),
- vapnenac (izvor je kalcija, a što je vijače usitnjen to je učinkovitiji),
- dolomit (osigurava kalcij i magnezij, a potrebno ga je usitniti),
- pepeo drveta (u samo je početku jako bazičan).

Specifičnosti kompostnih materijala

Iz svega navedenog, vidljivo je da se kompostirati može bilo koja tvar organskog porijekla, ali su neke tvari više, a neke manje pogodne za kompostiranje. Ipak postoje neka "pravila kompostiranja" kojih se treba pridržavati, a vezano za specifičnost pojedinih kompostnih materijala. One manje pogodne pri slaganju u kompostne hrpe treba dobro usitniti i izmiješati s povoljnijim kompostnim materijalima.

Tako je npr. velike količine tvari siromašnih celulozom, kao što su otpaci hrane i urin domaćih životinja, teško kompostirati, jer one stvaraju veliku masu želatinoznog anaerobnog materijala u kompostnoj hrpi. Unošenjem u kompostnu hrpu vlaknastih materijala (piljevina, slama, lišće, drveni otpad, zreli biljni materijal) u želatinoznoj i gustoj masi popravljaju se uvjeti kompostiranja povišenjem aeracije.

U hrpi za kompostiranje ne smiju se nalaziti umjetni materijali i tvari koje se ne razgrađuju, koje su štetne za rad mikroorganizama, koje nepovoljno utječu na plodnost tla, koje su toksične za biljke i opasne za zdravlje ljudi i domaćih životinja. To su npr.: metani predmeti, rezistentne plastične tvari, staklo, plastika, sredstva za zaštitu bilja, lešine životinja uginule od zaraznih bolesti, osjemenjeni korovi i sl.

Siromašni kompostni materijal, glede biljnih hraniva, treba "obogatiti" odgovarajućim materijalom koji će taj nedostatak ukloniti. Najčešće se dodaju dušik, fosfor i kalcij, a moguće ih je unijeti u kompostnu hrpu preko materijala koji su bogati tim elementima, kao što su: mineralna gnojiva, leguminoze, stajski gnoj i otpaci klaonice (sušena krv, riblji otpaci, gnojnica i sl.).

Neke je organske materijale bolje unijeti u tlo nego ih prethodno kompostirati, jer se procesom kompostiranja neće dobiti na kakvoći. Takav su materijal npr. mlade leguminozne biljke, većina organskih gnojiva, otpaci povrtnih usjeva, a zajednička im je karakteristika da se brzo razgrađuju i brzo oslobađaju biljna hraniva.

Za razliku od prethodnog, neke materijale obavezno prije unošenja u tlo treba kompostirati, jer im je preširok C:N odnos (višak ugljika u odnosu na dušik). Takvi se materijali (slama, piljevina, drvenaste biljke) vrlo sporo razgrađuju, a hraniva koja se u početku oslobađaju potroše mikroorganizmi. U daljnjim fazama razgradnje, biljno-hranidbena vrijednost komposta raste, upravo zbog kontinuirane mikrobiološke aktivnosti.

Tablica 1. Primjer kompostnog materijala bogatog dušikom i materijala bogatog ugljikom.

Biootpad bogat <i>dušikom</i> (50%)	Biootpad bogat <i>ugljikom</i> (50%)
ostaci voća i povrća	usitnjeno suho granje i lišće
kore voća i povrća	slama i sijeno
talog kave i čaja	ostaci kod orezivanja
pokošena trava	voćaka i vinove loze
korov i ostaci biljaka iz vrta	hoblovina i piljevina
uvenulo cvijeće	iglice četinara

Uvjeti i procesi u kompostnim hrpama

Kompostirati se može na različite načine: primjenom različitih postupaka, na različitim mjestima (kompostna burad, ograđena komposišta od različitog materijala, na otvorenom, industrijsko kompostiranje i td.), uz ili bez kontrole procesa kompostiranja, spontano kompostiranje i td., ali svi mjere i postupci imaju nešto zajedničko. To su uvjeti i procesi koji se odvijaju u kompostnim hrpama i koji se moraju ispuniti, no krenimo redom.

Odnos ugljika prema dušiku (C:N) u kompostnoj hrpi

Kao što je rečeno, cilj kompostiranja je tvorba stabilnog humusa iz odgovarajuće smjese početne mase organskih tvari i minerala pod kontroliranim fizikalnim uvjetima. Relativan C:N odnos u početnoj organskoj tvari uvjetuje skladan razvoj mikroorganizama koji provode postupnu razgradnju i sintezu humusa. Vrlo je bitno da ta dva elementa moraju biti prisutna u određenom odnosu. Idealnim se smatra da na kraju procesa kompostiranja C:N odnos bude 10-25:1. Da bi se ovaj odnos postigao potrebno je materijal s dovoljnom količinom celuloze povezati s dušičnim tvarima životinjskog

podrijetla. Širi ili preširoki C:N odnos djeluje nepovoljno na tijek procesa kompostiranja, a u najboljem slučaju na produžetak trajanja procesa. U Tablici 2., prikazana je vrijednost pojedinog materijala obzirom na %N i C:N odnos.

Vrsta materijala	% N	C:N
Mokraća životinja	16-18	0,8
Otpalo voće		1,9-3,1
Mesni otpaci		2
Krv	10-14	3
Humus		10-25
Zreli kompost		10-25
Usitnjena trava	2,0-3,7	12
Izmet domaćih životinja (bez slame)	1,7-3,7	15
Kora od voća		15
Stabljike ljekovitog bilja		16-20
Kuhinjski otpad		23
Kanalski mulj	5,0-6,0	6-8
Kruti gradski otpad	0,5-1	34
Lišće	1	50
Slama	1,05-1,3	50-150
Treset	1	50
piljevina	0,11	51

Gotovo redovno, polazišni materijal za kompostiranje nema dobar C:N odnos, odnosno on je najčešće preširok. Da bi se ovaj odnos popravio, odnosno da bi se uskladio rad mikroorganizama, potrebno je dodavati materijal bogat dušikom (gnoj peradi, suhu krv, mesne otpatke i dr.) ili mineralni dušik. Odnosno, da bi se bolje iskoristio materijal bogat dušikom, potrebno je dodavati materijal bogat celulozom (treset, slama i dr.).

Biološka sastavnica kompostiranja

Kompostiranje je aerobni fermentacijski proces, pa se u osnovi proces kompostiranja može se prikazati slijedećom kemijskom jednačinom:



organska tvar utrošeni kisik kompost produkcija vode produkcija CO₂

Značajke ovog procesa su da se ono odvija u izrazito heterogenoj masi, te da su ti procesi podvrgnuti velikim fizikalno-kemijskim procesima. Nadalje, procesi se odvijaju djelovanjem mikrobioloških zajednica, koje su bogate različitim vrstama. Mikrobiološke zajednice su u stalnoj i dinamičkoj promjeni, budući da se moraju kontinuirano prilagođavati životnoj sredini (raznovrsni sastav mase, vlaga, temperatura, pH vrijednost, prisustvo ili odsustvo kisika i dr.). Pri procesu mineralizacije, odnosno provedbi procesa kompostiranja, oslobađa se CO₂, pri čemu se istovremeno troši kisik. U tom se procesu voda razdvaja na kisik i vodik, a vodik se veže na ugljik iz CO₂.

Proces kompostiranja odvija se pod djelovanjem heterotrofnih bakterija, aktinomiceta i gljivica, s tim da se 80% mikrobiološkog aktiviteta odvija pod djelovanjem bakterija. Karakterističan miris komposta na zemlju, potječe od aktinomiceta. Bakterije se u načelu pojavljuju u većoj gustoći od gljivica, ali su gljivice predstavljene većim brojem vrsta.

Proces kompostiranja

Samozagrijavanje organske tvari tijekom kompostiranja rezultat je mikrobiološkog disanja. Povećanje temperature utječe na mikrobiološku populaciju promjenama mezofilnih i termofilnih organizama, što utječe na ratu i brzinu razgradnje organske tvari. Zbog toga se mikrobiološko disanje može koristiti kao indikator dekompozicije i stabilnosti komposta. Proces samozagrijavanja kompostne mase ima određenu dinamiku te se krivulja temperature može podijeliti na mezofilnu (<45°C) i termofilnu zonu (>45°C) u okviru kojih se mogu razlikovati 4 faze:

1. inicijalna faza (mezofilna),
2. faza porasta temperature (termofilna faza),
3. faza maksimuma (termofilna faza),
4. rashlađivanje.

Kisik je neophodan za mikrobiološku aktivnost, jer je kompostiranje aerobni proces. Prozračivanje i opskrbljivanje kompostne mase kisikom može se provoditi preokretanjem mase, konvekcijom strujanjem zraka i mehaničkim prozračivanjem. Pasivno prozračivanje konvekcijom vrlo je ovisno o poroznosti kompostne mase. Nedostatak kisika rezultira procesima truljenja. Utrošak kisika tijekom kompostiranja ovisi o vlažnosti koja bitno utječe na mikrobiološku aktivnost, a maksimalan je utrošak uz 65% vlažnosti.

Dakle, prvu fazu zagrijavanja izazivaju mezofilni mikroorganizmi, koji temperaturu podižu do 40 °C, a nakon ove temperature, dolazi do razvoja uglavnom termofilnih bakterija. Iznad 50 °C razvijaju se gljivice aktinomicete, a nakon temperature od 65 °C razvijaju se sporogene bakterije koje preuzimaju razgradnju organske mase, odnosno pri ovoj temperaturi počinje i razgradnja celuloze. Temperatura kompostne hrpe ne bi trebala prelaziti 75 °C, jer se iznad te temperature zaustavlja aktivnost mikroorganizama i započinje proces sterilizacije kompostne mase. Idealno bi bilo u termofazi održati temperaturu između 60 i 70 °C.

Nakon termofilne faze, temperatura se spušta ispod 40 °C i dalje se nastavlja snažna aktivnost mezofilnih organizama. Posljednja faza dozrijevanja komposta je faza rashlađivanja, kada se uslijed usporavanja razgradnje (potrošen materijal) snižava temperatura. U ovoj fazi glavnu ulogu u tvorbi komposta preuzima makrofauna, odnosno kompost naseljavaju gujavice, koje zajedno sa ostalim sitnim životinjama rade pretežno na strukturi komposta. Nakon njihovog rada dobiven je zreo kompost, a pravi stupanj zrelosti komposta najlakše je utvrditi izgledom i mirisom. To znači da se u masi komposta ne mogu prepoznati početne tvari za kompostiranje, odnosno kada je masa komposta homogena, ujednačenog izgleda, tamne boje, sitno grudast, te kada ima karakterističan miris po šumskom tlu. Nakon zrenja kompost se može odmah koristiti ili se čuva, i to tako da ne izgubi svoja kvalitativna svojstva.

Tablica 3. Moguće negativne pojave tijekom kompostiranja

Stanje	Uzrok	Prva pomoć
Kompost je suh, izostaje fermentacija, pojavljuje se siva pljesnivost.	Usljed samozagrijavanja komposta ili pri vrlo suhom vremenu, isparila je voda i povećala se koncentracija soli u kompostu. Mikroorganizmi su zaustavili svoju aktivnost.	Rastresti, nakvasiti, dodati svježeg materijala (kuhinjski ostaci, usitnjena trava i korov). Ponovo formirati hrpu. Pokriti lišćem, suhom travom ili zemljom.
Kompost je suviše moker, nedostaje kisik, osjeća se miris truljenja, boja je smeđe-crna.	Dulje kišno razdoblje na nepokrivenom kompostu, suviše mekog, mokrog materijala (svježja trava, kuhinjski ostaci), premalo drvenastog materijala	Rastresti, dodati suhog, tvrdog materijala (sjeckano drvo, suho lišće, slama) i malo suhog, zrelog komposta ili ostataka kod prosijavanja.
Nepotpuna fermentacija (mjestimično suho, životinjice skupljene na jednom mjestu).	Suviše suhog drvenastog materijala	Rastresti, dodati svježe trave i kuhinjskih ostataka, dobro izmiješati i ponovno formirati hrpu.
Neugodan miris (nedostaje kisik, mjestimično vrlo moker)	Velik udio svježeg, mokrog, materijala bogatog dušikom.	Rastresti, prozračiti vilama, dodati suhog materijala (ostatak kod prosijavanja), dobro izmiješati, formirati gomilu.
Naizmjenično mokri-suhi dijelovi, pljesnivo i bez fermentacije.	Kompost nije dobro izmiješan kod formiranja hrpe i nije dobro održavan.	Redovito kontrolirati stanje kompostne gomile. Kod dodavanja svježeg materijala uvijek dobro izmiješati mokre kuhinjske ostatke sa suhim drvenastim materijalom i lišćem.

Vrste komposta

S obzirom na ishodišni materijal za kompostiranje, komposti se uvjetno mogu podijeliti na:

1. obični komposti

2. specijalni komposti

- kompostirani stajski gnoj,
- kompost od slame i kukuruzovine,
- kompost od treseta,
- kompost od mulja otpadnih voda,
- kompost od gradskog smeća,
- kompost od industrijskih otpadaka,
- kompostiranje biogenih otpadaka,

Za pripravu **običnih komposta**, kao ishodišni materijal koriste se svi otpaci domaćinstva i gospodarstva, a materijali se obično dijele, kako je već prethodno rečeno na 3 skupine materijala:

1. Teško raspadljive tvari (npr. kosti, dlake, perje),
2. Tvari s jakom apsorpcijom vode i hraniva (npr. mulj, pepeo),
3. Tvari koje potiču razgradnju (npr. fekalije, vapno).

Naravno, uz oprez, kako u kompostnim hrpama ne bi bilo toksičnih tvari, metala, stakla, itd.

Dužina pripreme, odnosno zrenja ovih komposta, kako je rečeno, ovisi o ishodišnom materijalu, a obično se kreće od 6-20 mjeseci. Kroz to razdoblje, kompostnu je hrpu potrebno prebacivati-miješati, a obično je dostatno 2-3 prebacivanja, ali s minimalnim razmakom od miješanja do miješanja od 3-4 tjedna. Ishodišni materijali za pripremu običnih komposta obično su kiseli, pa se za njihovu neutralizaciju obično dodaje Vapno u prosječnoj količini od 10-15 kg CaO/m³. Vapno je najbolje rasporediti u nekoliko slojeva pri formiranju kompostne hrpe. Ovi su komposti obično i s preširokim C:N odnosom, pa se zbog smanjivanja tog odnosa dodaje dušik. Kao redovan postupak u pripremi komposta dodaje se voda, kako kompostna hrpa ne bi bila presuha i kako bi se procesi mogli odvijati nesmetano. Treba voditi računa i o tome da kompostna hrpa ne bude prevlažna, jer to procese kompostiranja može odvesti u krivom smjeru. Kao aktivator procesa, umjesto vode može se dodavati i gnojnica. Ovakve kompostne hrpe najbolje je pripremati u sjeni, a pripremljene treba obavezno pokriti, najbolje zemljom, ali može i nekim drugim materijalom.

Tablica 4. Sastav materijala za pripremu običnih komposta.

Vrsta materijala	%					
	H ₂ O	Org. tvar	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Cima krumpira	76	22	0,40	0,16	0,85	0,78
Pljeva	14	77	0,60	0,55	0,25	0,36
Kukuruz-oklasci	14	85	0,24	0,02	0,25	0,03
Lišće (miješano)	15	80	1,0	0,23	0,26	1,86
Korovi	88	10	0,40	0,14	0,29	0,46
Pepeo ugljena	5	5	-	0,60	0,70	16,0
Kuhinjski otpaci	15	21	0,35	0,30	0,35	3,2
Fekalije	77	19	1,30	1,16	0,40	1,6
Treset	85	14	0,04	0,04	0,01	0,60

Kompostirani stajski gnoj pripada skupini specijalnih komposta. Specifičnost je kompostiranog stajskog gnoja u tome što proces humifikacije ide do kraja, za razliku od spremanja zrelog stajskog gnoja. Proces kompostiranja stajskog gnoja može se ubrzati miješanjem s tlom i običnim kompostom, jer se na taj način u proces uvode mikroorganizmi i fauna tla, odnosno na taj se način vrši "zaraza" mase koja će se kompostirati. Obično se slaganje hrpe za kompostiranje stajskog gnoja provodi tako da se na sloj stajnjaka debljine 30-35 cm stavlja tanak sloj tla s lucerišta (tlo zaraženo bakterijama), a postupak se ponavlja do konačne visine hrpe. Slaganje se završava slojem tla debljine 20-25 cm, a po potrebi se hrpa polijeva vodom, gnojnicom ili gnojovkom. Hrpa se tijekom procesa kompostiranja miješa nekoliko puta, a nakon smanjivanja početnih relativno visokih temperatura (temperatura takvih hrpa mogu iznositi 50-70 °C), u kompostnu se hrpu može unijeti mezofauna tla, a prvenstveno gujavice.

Tablica 5. Hranjivi elementi u gnoju životinjskog podrijetla.

Gnoj	Hranjivi elementi u % svježeg gnoja				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Goveđi	0,40	0,20	0,50	0,45	0,10
Konjski	0,60	0,28	0,53	0,25	0,14
Ovčji	0,80	0,23	0,67	0,33	0,18
Svinjski	0,55	0,75	0,50	0,40	0,20
Peradarski	1,70	1,60	0,90	2,00	-
Pačji i guščji	0,80	1,00	0,80	1,30	-

Ovakav se kompost još naziva i *glisnjak*, a gujavice se nakon završenog procesa kompostiranja mogu izdvojiti i samljeti u mesno brašno. Nakon tri do pet mjeseci proces kompostiranja je gotov i kompost je spreman za uporabu. Ovakav kompost je bogat humusno-glinenim kompleksom. Obično se primjenjuje u količini od 10-20 t/ha.

Kompost od slame i kukuruzovine

Još se naziva i umjetni stajski gnoj. Kompostiranje slame i kukuruzovine obično se provodi na gospodarstvima na kojima nema dovoljno stoke koja bi ih pretvorila u stajski gnoj. Danas se ovaj postupak sve više napušta, a prevladava zaoravanje žetvenih ostataka. Kompostiranje ove dvije vrste materijala u suštini samog postupka se ne razlikuju, osim u činjenici da je kukuruzovina puno grublja od slame, pa ju prethodno treba dobro usitniti, a po mogućnosti i raščihati. Postoji nekoliko načina kompostiranja ova dva materijala, a osnovni postupak je slijedeći: Najprije se slaže sloj slame 60-80 cm. Slama se zatim vlaži u tri navrata sa po 80 l vode po 100 kg slame ili kukuruzovine, svakih 12 sati. Kako bi se postupak vrenja ubrzao dodaje se tanak sloj stajnjaka i dušično gnojivo, ali ne u nitratnom obliku (zbog ispiranja). To može biti urea u količini 1,8-2,5 kg/100 kg materijala, koji se ravnomjerno raspoređuje. Slama se zatim obilno polijeva i dodaje se novi sloj. Hrpe se najčešće slažu pravokutnog oblika, s omjerom dužine i širine 2:1. Nakon zadovoljavajuće visine slojeva i dužine kompostne hrpe, masa se energično tlači, pa se zbog vrenja temperatura mase za 5-6 dana podigne na 50-60 °C. Tim se postupkom za 3-4 mjeseca dobije kvalitetan kompost. Hrpa se umjesto vodom može zalijevati i gnojnicom i gnojovkom. Budući da je ovo vrlo porozna masa, površina za kompostiranje bi trebala biti na betonskoj podlozi, a na dno kompostne hrpe se može staviti sloj tla, kako bi se upijala procjedna tekućina. Također, ovu se procjeđenu tekućinu može vratiti u kompostnu hrpu ili ju koristiti u pripremi druge hrpe. Postupak kompostiranja se može i pojednostaviti, tako da se već balirana slama dovezena s polja, uz prethodno dodavanje dušičnih gnojiva, zalijeva vodom, ili se direktno prska gnojovkom. Na svakom gospodarstvu, gotovo redovno ostaje određena količina slame, kukuruzovine, sijena trave ili djeteline, koja se pokvari, a ovaj pokvareni materijal se može vrlo učinkovito iskoristiti za pripremu prethodno opisanog komposta od navedenih materijala.

Tablica 6. Kapacitet upijanja vode i sadržaj hranjivih tvari nekih celuloznih materijala (% u odnosu na suhu tvar).

Materijal	Kapacitet upijanja vode	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Pšenična slama	210-240	0,4	0,1	0,8	0,1
Ječmena slama	220-240	0,4	0,1	0,9	0,2
Zobena slama	260-290	0,5	0,2	1,9	0,3
Drobljena slama	330-500	-	-	-	-
Zdrobljena stabljika kukuruza	300-400	1,0	0,1	2,3	0,7
Lišće	160-400	0,8	0,3	0,3	1,5
Biljni otpaci	130	0,8	0,1	0,3	0,4
Piljevina	350-400	0,2	0,1	0,2	0,8

Kompost od treseta

Treset odlikuje velika moć vezanja vode i hraniva i to od tri do osam puta više od vlastite težine, ali je siromašan biljnim hranivima. Treset se u osnovi dijeli na nizinski (bogatiji) i visinski (siromašniji), ali

podjela može biti i prema stupnju njegove razgradnje. Tako imamo slabo razgradljiv treset sa 5-25% humificirajućih tvari, srednje razgradljiv s 25-40% i jako razgradljiv s preko 40% humificirajućih tvari. Za kompostiranje se može koristiti bilo koji treset, kojim se dobiva visokokvalitetno organsko gnojivo. Postoji nekoliko načina i postupaka za pripremu tresetnog komposta. Jedan od njih je priprema tzv. *tresetno-sideratnog komposta*, koji se u osnovi priprema tako da se na samim tresetima uzgajaju leguminoze, koje se kasnije zaoravaju. Zaoravati se može cijela biljka ili nakon iskorištavanja nadzemne mase za krmu, zaoravaju se žetveni ostaci i korijen. Postupak je takav da se u fazi cvatnje leguminoze biljke zaoravaju na dubinu od 15 cm. Potom se nakon 15-20 dana tresetište tanjura, a masa se skuplja na hrpe visine 1,5-2 m i ostavlja ležati od jedan do dva mjeseca. Jedan od također uspješnih načina je i priprema tresetnog komposta na slijedeći način: 1 bala treseta + $\frac{1}{2}$ m³ zemlje + 4 kg (NH₄)₂SO₄ + 4 kg superfosfata + 4 kg patent kalija ili 8 kg NPK. U osnovi, najvažnija stvar u pripremi tresetnih komposta je da se, treset siromašan na biljnim hranivima i gotovo redovno s niskim pH, obogati dodavanjem fosfornih, kalijevih i dušičnih gnojiva, da se u masu unesu biološki aktivne tvari (npr. stajski gnoj) i vapneni materijali za popravljavanje pH reakcije dobivenog tresetnog komposta.

Kompost od mulja otpadnih voda

Razvoj društva praćen je urbanizacijom i velikim industrijskim razvojem, koji dovode do nagomilavanja velikih količina različitih vrsta tekućeg i krutog otpada. U tekući otpad ubrajaju se otpadne kanalske vode, koje sadrže ljudske fekalije, prljavu vodu iz stanova i s ulica i tekuće industrijske otpatke. Ove se vode najčešće odvede u prirodne vodotokove, a sadrže otrovne i štetne tvari (patogeni – potencijalni izvori zaraze), ali sadrže i određenu količinu organskih tvari. Prednosti u kompostiranju otpadnih voda su višestruke; dobivanje kvalitetnog organskog gnojiva (recikliranje otpada), kao i sprječavanje širenja patogena, zagađenja površinske i podzemne vode, sprječavanje toksičnog djelovanja na ljude, životinje i biljke. Sa stajališta zaštite okoliša zbrinjavanje velikih količina otpadnih voda (kao i krutog otpada), jedan je od prioritarnih zahtjeva današnjice, posebice s tehničkog i ekonomskog stajališta. Pri recikliranju otpadnih voda tretiranje se dijeli na primarnu, sekundarnu i/ili tercijarnu fazu. U primarnoj fazi svi otpaci koji plutaju ili se talože, moraju se odstraniti, dok velika količina fekalija ostaje u kloriranoj otopini. U sekundarnoj fazi, prirodno prisutne bakterije djelomično razgrađuju organske ostatke aerobnim i anaerobnim putem u bazenima, a dodatno se provodi kloriranje. Tercijarna faza sastoji se od fizikalnih (npr. filtriranje) i kemijskih (npr. vapnjenje) procesa koji smanjuju sadržaj dušika, organskog ugljika, patogena, virusa i parazita. Ovako pripremljen otopine mogu se koristiti za navodnjavanje, a ako se koriste za drugu svrhu, količina vode se mora drastično smanjiti. Kada otpadne vode sadrže do 5% mulja smatraju se tekućima, pri sadržaju 5-20% krute tvari nazivaju se gusta otopina, a s preko 20% krute tvari nazivaju se muljem. Sušeni mulj otpadnih voda koji služi kao gnojivo, sadrži 90% suhe tvari i 10% vode. Kanalske otpadne vode mogu se kompostirati i tako da se otpadna voda u bazenima tretira slabom izmjeničnom strujom kako bi se stimulirala aktivnost mikroorganizama, a zatim jačom strujom koja dovodi do ugibanja mikroorganizama i čišćenja vode. Nakon toga s dana bazena se skuplja istaloženi mulj koji se suši na 50-55% vode, a zatim se slaže u kompostne hrpe širine 2-2,5 m i visine 1-1,2 m. Budući da su kompostne hrpe u početku rahle, vrlo brzo se razvija temperatura do 60 °C uslijed rada termogenih bakterija, što dovodi do daljnjeg ugibanja patogena. Zahvaljujući povoljnom C:N odnosu u mulju, razgradnja se odvija vrlo brzo, pa je uputno u procesu kompostiranja otpadnog mulja koristiti i treset i gradsko smeće. Dodavanjem superfosfata mulju otpadnih voda dobiva se gnojivo poznato pod nazivom *poudrette*, koje sadrži oko 2% N, 4% P₂O₅ i 2% K₂O. S kompostiranim muljem otpadnih voda treba biti oprezan jer može sadržavati toksične i teške metale (bor, kadmij, bakar, živa,

olovo, cink, nikal i selen), koji su štetni za usjeve, a samim tim i za ljude i životinje. Stoga bi se prije njihove uporabe trebao znati i njihov sastav na navedene elemente.

Kompost od gradskog smeća

Postoji nekoliko načina dobivanja organskog gnojiva od gradskog smeća, a jedna od njih i poznata Pfeifer metoda iz SAD-a. Prije provedbe kompostiranja gradskog smeća, potrebno je odstraniti sve anorganske materijale (staklo, metal, plastiku, tekstil i td.), a očišćena se masa stavlja u posebne posude za vrenje uz dodatak vode i mineralnih gnojiva. Masa se zatim "zaražava" posebno uzgojenim bakterijama, nakon čega se u posudama odvija burno vrenje koje traje oko 30 dana. Zbog zagrijavanja mase većina patogena odumire, a prevrela masa bogata je vrijednim humusnim tvarima. Sam proces kompostiranja gradskog smeća nešto se razlikuje od uobičajenih načina kompostiranja. Postupak se provodi tako da se smeće najprije dobro samelje, zatim se slažu kompostne hrpe u koje se, radi održavanja povoljne vlažnosti, dodaje otpadna voda. Masu je bitno održati rastresitom kako bi se ostvarila povoljna prozračnost mase i održao potreban stupanj razgradnje, te spriječilo gnjilenje mase. Prozračnost mase se održava intenzivnim miješanjem mase, optimalnim odnosom organske i mineralne komponente i umjerenim vlaženjem. Hrpe se prave visine 2m, širine 3 m, a dužina može varirati ovisno o dostupnoj mehanizaciji. Nakon završenog procesa kompostiranja, kompost se može primjenjivati u količini od 20 t/ha u redovnoj gnojidbi do 50 t/ha u melioracijske svrhe.

Kompost od industrijskih otpadaka

Kompostirani industrijski otpad, zajednički je naziv za komposte iz različitih organskih izvora. Kao sirovine mogu se koristiti: pepeo od izgorenog ugljena, amonijačna voda kao nusproizvod industrije, mulj otpadnih voda, treset, gnoj svinjskih i peradarskih farmi i drugi industrijski otpaci. Obično su količine ovih industrijskih otpadaka velike, pa se njima manipulira strojevima. Svojtvo ovih komposta je da nerijetko sadrže veće količine hranjivih, biogenih elemenata, pa čak i više od zrelog stajskog gnoja. Nažalost, industrijski komposti često puta sadrže i veće količine tvari štetnih za zdravlje ljudi i domaćih životinja (npr. teški metali).

Kompostiranje biogenih otpadaka

Pod kompostima nastalih iz biogenih otpadaka, najčešće se smatraju komposti nastali iz otpadaka kućanstva. Opravdanost manipulacijom otpacima iz kućanstva opravdana je s aspekta recikliranja kao i s ekološkog aspekta, jer bi njihovo spaljivanje predstavljalo izvjesnu potencijalnu opasnost po okoliš. U današnje vrijeme odlaganje kućnog otpada postalo je jedan od glavnih problema zaštite okoliša, a jedan od uspješnih načina u rješavanju ovog problema je da se otpadni materijal ponovno uključi u prirodni ciklus. Ova je činjenica to važnija ako se uzme u obzir da otpadne tvari kućanstva mogu sadržavati 35-50% organskih, a time i biorazgradivih komponenti. Početak procesa recikliranja, odnosno kompostiranja kućnog otpada kreće od samog prikupljanja otpada u kućanstvu. Idealan način bio bi kada bi se otpaci kućanstva odmah selektirali na biorazgradivi i drugi otpad, pa bi se tako dobili "čistiji" inputi koji mogu direktno ući proces kompostiranja. U protivnom se mora provesti selekcija materijala što uvelike otežava proces recikliranja. Hrvatska je na dobrom putu, prema uzoru na razvijene zapadne zemlje, da prihvati model selektiranja kućnog otpada. U samom procesu kompostiranja mogu se primijeniti različiti postupci, koji jamče higijenski ispravan kompost u svim godišnjim dobima. U pripremi komposta kućnih otpadaka mogu se "osnovnim sirovinama" pridodati i drugi materijali, npr. drvo, piljevina, slama, kora, lišće i dr. Kompostiranje uz često miješanje hrpe organskog materijala, omogućuje dobivanje komposta visoke kakvoće, kroz tri do četiri mjeseca,

neovisno o godišnjem dobu. Kompost dobiven iz biogenih otpadaka kućanstva i naselja, u prosjeku sadrži: 55% suhe tvari, 0,93% N, 0,56% P₂O₅, 1,03% K₂O, 4,9% CaO, 0,68% MgO. pH reakcija kreće se oko 7,6 (u prosjeku), a C:N odnos je 15:1. Sadržaj dušika se može povećati uz dodavanje usitnjene kore i mineralnog dušika. Iako ovaj kompost ne bi trebao sadržavati teške metale, dobro je provoditi njegovu kontrolu prema kemijskom sastavu.

Zaključak

Današnje je moderno i razvijeno društvo, slobodno se može reći izgrađeno na "leđima" i na račun prirode. Priroda se iskorištavala i još uvijek se iskorištava na način njenog maksimalnog iscrpljivanja i gotovo redovno bez primisli o štetnosti i često puta o nepopravljivosti takvog djelovanja. Zbog takvog pristupa došlo je do narušavanja neraskidive poveznice skladnog prirodnog trokuta: TLO-BILJKA-DOMAĆA ŽIVOTINJA. U današnje je vrijeme sve veća zagađenost i opterećenost okoliša otpacima iz različitih izvora, ipak počela djelovati na svijest ljudi. Ove se promjene najjače osjećaju u najrazvijenijim zemljama svijeta (jer su tamo i najveća zagađenja), ali isto tako, ove su se promjene počele događati i u RH. Shodno tome, kompostiranje, a linijom prethodno rečenog, skroman je, ali ipak snažan utjecaj u smjeru vođenja računa, o iscrpnosti prirodnih izvora, odnosno o vraćanju onoga što smo uzeli od prirode.

Mali rječnik:

Aeracija – prozračivanje (najčešće se misli na unošenje kisika)

Aerobno – uz prisustvo zraka

Aeropolucija – zagađenje zraka

Amorfno – bez pravilne strukture

Anaerobno – bez prisustva kisika

Kontaminant – tvar onečišćivač

Patogen – izvor zaraze

Puferi – tvari koje djeluju kao stabilizatori u tlu (npr. stabilizacija pH u tlu)

Rezidue – ostaci

Rezistentno – otporno

Salinitet – slanost (npr. salinitet Jadranskog mora kreće se od 36-38 promila)

Toksini (toksično) – otrovi (otrovno)

Trop – ostatak nakon industrijske (ili domaće) obrade voća (npr. sjemenke)

Prof. dr. sc. Danijel Jug