

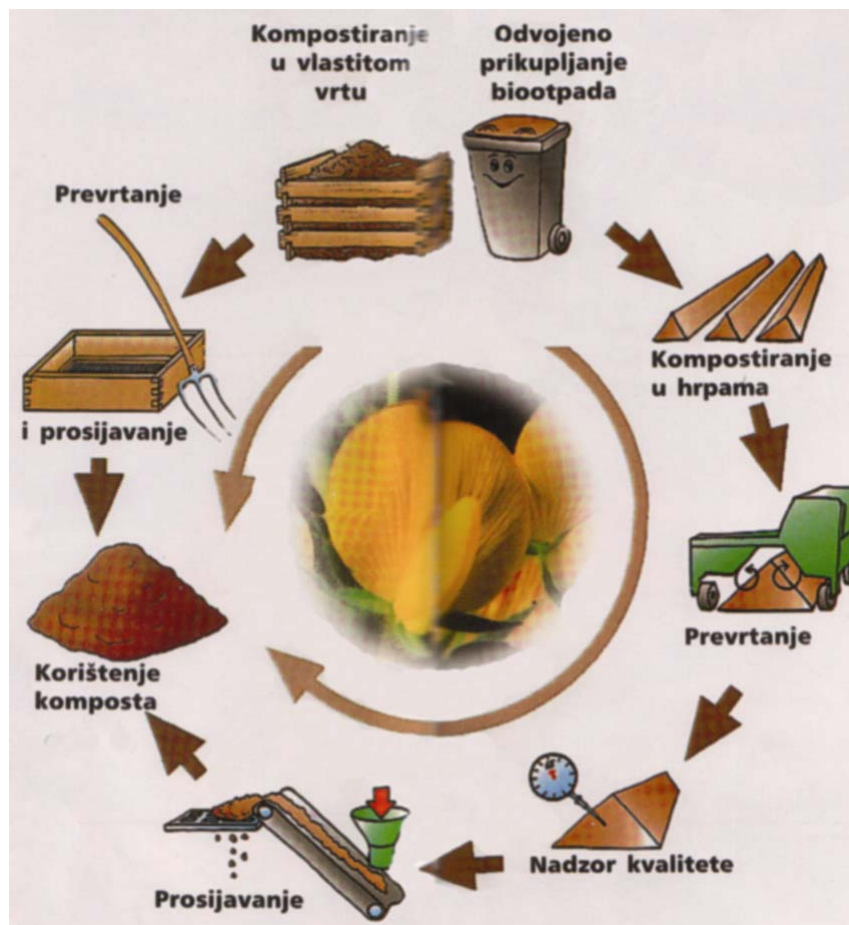
KOMPOSTIRANJE ZELENOGA OTPADA

Općenito o kompostiranju

Kompostiranje (prema lat. *compositus* = sastavljen) je razgradnja biološkoga otpada uz pomoć mikroorganizama kao što su bakterije, gljive i aktinomicete (mikroorganizmi u evolucijskom nizu između bakterija i gljiva). U procesu razgradnje nastaju ugljični dioksid, voda, toplina i kompost, a to je najstariji i najprirodniji način obnavljanja otpada te kvalitetno i potpuno besplatno organsko gnojivo koje poboljšava strukturu tla i sprječava isušivanje. Biološki se otpad prikladan za kompostiranje sastoji od kuhinjskog otpada (ostataka

GREEN WASTE COMPOSTING

Compost is a highly valuable fertilizer that is created by biological decomposition of organic vegetative waste generated by households during preparation of food, but also found in gardens, parks and forests. According to some analyses, this material accounts for as much as one third of all communal waste. This is why an organized composting is considered as a right way to ensure a systematic waste management, and is also an excellent opportunity to bring back to soil valuable organic materials that have been converted into a natural fertilizer. There are actually three composting plants in Zagreb: two are owned by companies that take care about municipal landscape design, while the third one is located at the municipal waste disposal site. Although there are no big composting plants in other parts of our country, the town of Osijek does have a society that encourages composting in smaller communities, particularly in schools and gardens around residential buildings. Activities of this society are quite varied and include advisory services given by its members, and encouragement of activities aimed at creation of small composting units in all parts of Croatia. Thanks to this Osijek based society, the quantity of green waste reused in composting has increased significantly.



Shema nastajanja komposta

pri pripremanju hrane) te vrtinoga ili zelenoga otpada, a najbolji je biološki otpad bogat dušikom (ostaci povrća i voća, talog kave i čaja, trava...) i onaj što sadrži velike količine ugljika (suho lišće, granje, sijeno, slama, piljevina, iglice četinjača...).

Vjeruje se da bi se upravo kompostiranjem ukupna količina otpada što završava na odlagalištima mogla smanjiti čak za trećinu. Time bi se znatno pripomoglo rješavanju jednog od najsloženijih problema vezanih za zaštitu okoliša u Hrvatskoj. Naime, pojačanim bi se odvajanjem i kompostiranjem otpada smanjili zagađivanje podzemlja procjednim vodama s odlagališta, stvaranje stakleničkog plina metana koji utječe na klimatske promjene, ali i opasnost od požara. Ujedno bi se smanjila uporaba umjetnih gnojiva koji utječu na kvalitetu voda i tla te ugrožavaju zdravlje ljudi, biljaka i životinja. Stoga kompostiranje zelenoga otpada što nastaje u vrtovima, cvjetnjacima, parkovima i šumama ima znatnih prednosti prema drugim metodama odlaganja otpada.

U prirodi proces razgradnje teče neprekidno od postanka života na zemlji, ali je taj proces vrlo spor pa su već u davnim vremenima pronađeni načini za njegovo ubrzavanje i pojačavanje. Stari su narodi, posebno na Istoku, prije više tisuća godina znali za kompostiranje, u Kini je, primjerice, poznato više od 4000 godina, a i danas je vrlo rasprostranjeno.

Ustanovljeno je da se u svijetu prije 19. st. proizvodilo i trošilo razmjerno mnogo više komposta, a razlog su smanjivanju kemijska otkrića Justusa von Liebiga (1803.-1873.) na temelju kojih je razvijena proizvodnja mineralnih gnojiva. Ta su gnojiva zbog jednostavnijega rukovanja počela potiskivati prirodna i organska, uključujući i kompost. Međutim, danas se povećanje proizvodnje i visoka biološka kvaliteta proizvoda ne mogu trajno osigurati bez primjene organskih gnojiva pa kompostiranje sve više dobiva na važnosti. Kompostiranjem iz zelenoga otpada nastaju vrijedne organske tvari koje poboljšavaju strukturu tla, pomažu zadržavanju vlage, tlo čine prozračnijim, povećavaju mikrobiološku aktivnost tla, obogaćuju ga hranjivim sastojcima te povećavaju otpornost biljaka na nametnike i bolesti.

Umjesto neselektivnoga odlaganja s ostalim gradskim komunalnim otpadom, svrha je kompostiranja organskoga otpada vraćanje tih tvari u biološki ciklus te povećavanje kakvoće tla i vode jer je kompostiranje dio sustavnog postupanja s otpadom.

Nije zanemariva i korist od prodaje komposta, ali ni smanjivanje količine otpada na gradskim odlagalištima, odlagališnih plinova (smanjenim organskim tvarima na odlagalištu), troškova odlaganja i zagađivanja zraka ugljičnim dioksidom što nastaje od samozapaljivanja otpada. Najprihvatljivije je odlaganje organskoga otpada u vlastitom vrtu, a to se uporabom prikladnog spremnika može učiniti i na gradskim balkonima.

U Hrvatskoj se godinama pojavljuje problem odlaganja zelenog otpada zbog nedovoljnog broja kompostana iako ima pokušaja da se organski otpad iz gradskoga zelenila kompostira i iznova rabi za prihranjivanje u uzgoja cvijeća i sadnica. Trenutačno postoje samo tri kompostane koje se nalaze u Zagrebu iako je potreba znatno veća s obzirom na količinu otpada. To su nam potvrdili Mario Vujić, dipl. ing., specijalist ekoinženjerstva s Fakulteta kemijskoga inženjerstva i tehnologije u Zagrebu i Mira Jelčić, aktivistica i predsjednica udruge *Centar za kompost Osijek*. Oni su zajedno istraživali tehnološke procese kompostiranja što se provode u kompostani *Jankomir* u Zagrebu i decentralizirano kompostiranje što od 1999. provodi osječka udruga *Centar za kompost*.

Kompostiranje u kompostanama

Sve su tri kompostane u sastavu *Zagrebačkog holdinga*, dvije u vlasništvu *TD Zrinjevac* d.o.o. (*Jankomir* i *Markuševac*), a treću je 2003. izgradio *ZGOS* d.o.o. na odlagalištu Jakuševac za kontejnerski tip kompostiranja.



Kompost na hrpi

Kompostana *Jankomir* započela je s radom 1991., a *Markuševac* 1995. Svaka zauzima površinu od 1,2 ha, a

kapacitet im je 30.000 m³ vegetacijskoga otpada iz kojega se može proizvesti 7000 m³ vrtnoga komposta – najboljega i najjačega biološkog gnojiva prikladnog za prihranjivanje gradskoga ukrasnog raslinja. Obje kompostane imaju vodonepropusne asfaltno-betonske podloge s kojih se voda slijeva u retencije ili kanalizaciju. Kompostane raspolažu s nekoliko strojeva nužnih za pripremu materijala za proces proizvodnje. Za proces se rabi aerobno kompostiranje otvorenim tzv. *windrow* sustavom (u dugim redovima) biološkoga otpada sa zelenih površina grada Zagreba. Proces traje od 8-10 mjeseci, a nakon toga se kompost može upotrebljavati. U zelenom otpadu koji se dovozi na kompostane ima i inertnoga otpada koji se stalno ručno odvaja mljevenjem, prevrtanjem i prosijavanjem i potom odlaze u kontejner i odvozi na odlagalište komunalnoga otpada u Jakuševcu.

Nakon odlaganja zeleni se otpad melje posebnim strojem za mljevenje i usitnjavanje kako bi sa što većom površinom došao u dodir sa zrakom i vodom odnosno imao najpo-

voljnije uvjete za usklađivanje odnosa vode i zraka u hrpi za kompostiranje i omogućio mikroorganizmima po-

četak razgradnje. Sačinjavaju ga trava, lišće i granje debljine do 30 cm. Nakon mljevenja veličina česti-

cije (kapaciteta $2 \times 250 \text{ m}^3$), a višak istječe u kanalizaciju. Kontrolu na izlazu iz kanalizacijskoga okna pro-

voljnija je količina kisika u hrpi za kompostiranje između 10 i 15 posto. Vrijeme i broj prevrtanja najčešće se određuje praćenjem temperature, ali ovisi i o drugim značajkama, kao što su veličina hrpe, sastav materijala i tip prevrtača. Hrpe se u početku prevrću svakih tri do pet dana, a u vrijeme dozrijevanja komposta svakih 15 dana.

Temperatura se od oblikovanja hrpe do završetka kompostiranja stalno mjeri jer je upravo ona jedan je od glavnih pokazatelja jačine kompostiranja. U početnoj se fazi kreće od 30 do 45 °C, a u termofilnoj fazi (dva do tri mjeseca nakon početka) dostiže vrijednosti od 55 do 68 °C. Pri kraju se procesa polagano smanjuje dok ne postigne vrijednost okoline temperature, a to je znak da je proces završen. Temperatura zajedno s vlažnošću uništava patogene mikroorganizme i sjemenke korova. Vrlo visoke temperature, veće od 70 °C, nisu dopuštene jer mogu uništiti i korisne mikroorganizme pa može doći i do samosterilizacije u kompostnoj masi. Temperatura se mjeri termometrom na dubinama od 0,3 m do 2 m.

Tijekom kompostiranja mjeri se i kiselost mase (pH vrijednost) koja je važan čimbenik u procesu kompostiranja jer različite vrijednosti pogoduju različitim vrstama mikroorganizama. Vrijednosti pH u početku iznosi od 5,5 do 6,5 jer tada dolazi do izdvajanja organskih kiselina, a s vremenom raste da bi na kraju u gotovom kompostu dostigla vrijednost od 7,5 do 8.

Kompostiranje traje osam do deset mjeseci, a potom se kompost prosijava i jednim dijelom izravno odlazi u prodaju (rinfuza), a dijelom se pakira ili rabi kao komponenta u sastavu različitih supstrata. Prosijavanjem se izdvaja materijal koji najvećim dijelom sačinjavaju komadići drveta (> 20 mm) za čije je truljenje potrebno dvije do četiri godine. Taj se materijal vraća na kompostiranje i miješa sa svježim biootpadom.



Kompost u redovima (pokriven)

ca u hrpi iznosi 5 do 60 mm. Tijekom se mljevenja miješaju se različiti materijali, a masa pripremljena za kompostiranje mora biti dobro izmiješana jer svi materijali imaju dobre i loše biološke, fizikalne i kemijske karakteristike, ali zajedno pružaju povoljne uvjete za rast i razvoj mikrobioloških organizama. Miješanjem različitih materijala postiže se prihvatljiv odnos ugljika i dušika, a drži se da je najpovoljniji odnos od 30 : 1.

Od samljevenoga i izmiješanoga materijala oblikuju se hrpe za kompostiranje koje su u presjeku trokutastoga oblika (visine 2,2 m, širine u bazi 5 m i duljine 50 m). U hrpi potom započinju pojačani procesi razgradnje zelenoga otpada, što se očituje u porastu temperature. Hrpe se slažu utovarivačima i rovokopačima, a potrebno je i zalijevanje kako bi se održala najpovoljnija vlažnost (od 50 do 65 posto). Najveća je potreba za vodom u prvoj vrućoj fazi kada su procesi pojačani, ali je vlaženje nepotrebno za velikih oborina.

Voda što istječe iz hrpa za kompostiranje prikuplja se u posebne reten-

vodi gradski Zavod za javno zdravstvo koji ujedno i nadzire mjernu postaju. Postaja je smještena unutar kompleksa i udaljena šezdesetak metara od kompostišta i najbližih stambenih zgrada. Pri smještaju se vodilo računa o meteorološkim parametrima i raspoloživim tehničkim mogućnostima.

Voda koja se prikuplja rabi se za polijevanje kompostne mase u sušnom razdoblju. Neovisno o tome radi li se o procjednoj vodi kroz kompostni materijal ili ocjednoj s plohe kompostiranja, bogata je hranjivima i mikroorganizmima što je čini pogodnom za vlaženje mase. Stoga i postoje već spomenute retencije, crpna stanica i posebna hidrantska mreža za recirkulaciju vode.

Nakon oblikovanja hrpa za kompostiranje i početka razgradnje, mikroorganizmi mogu potrošiti sav kisik, posebno stoga što je zbog zbijanja hrpe pod vlastitom težinom s vremenom otežan ulazak i izlazak svježega zraka. Zato je potrebno razrahljivanje hrpe, odnosno prevrtanje ili upuhivanje svježega zraka. Najpo-



Kompostana na odlagalištu Jakuševac

Za proizvodnju supstrata upotrebljava se više sastojaka, a uz kompost su najvažnije: litvanski i grahovski treset, kompost četinjače, obična zemlja, kvarcni pijesak, perlit te druga hranjiva. Miješanje se obavlja ovisno o vrsti i namjeni supstrata. Najprije se utovarivačem grubo promiješa, a zatim prosijava kroz sito (od 10 mm) i dalje miješa.

Kompost tijekom kompostiranja, gotovi kompost i supstrati kemijski se analiziraju prema ugovoru o suradnji u Zavodu za ishranu bilja Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Posebno se utvrđuje količina makrohranjiva (spojevi kalija, kalcija, magnezija, dušika, sumpora i fosfora) i mikrohranjiva (željezo, mangan, cink, bor, bakar, molibden i dr.) te teških metala i sl. Uzorci se komposta analiziraju jednom u sezoni, a supstrati četiri puta na godinu.

Proizvodnju u supstrata i komposta odobrilo je Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnoga razvoja. Pri kompostiranju u fazama nužno je kontrolirati i osigurati najbolje vrijednosti osnovnih čimbenika što utječu na pravilan tijek kompostiranja: vlažnost materijala (55-65 posto), sadržaj kisika (10-15 posto), odnos ugljika i dušika (30 :1), pH (7), usit-

njenost materijala (5-60 mm), temperatura (50-65 °C) i postojanje mikroorganizama.

ZGOS je 2003. na odlagalištu Jakuševac izgradio kompostanu za biološko kompostiranje kontejnerskoga tipa. Osnovni je cilj biološkoga kompostiranja i obnavljanja tla iskorištavanje odvojeno prikupljenoga biološkog otpada koji se dovozi na odlagalište. Riječ je o aerobnome biološkom postupku koji se u prvoj pojačanoj fazi odvija u zatvorenim dinamičkim modulima austrijske tvrtke Thöni (TDM) s biološkim filtrom. Postrojenje je zatvorenoga tipa, a izvedeno je s punom kontrolom procesa i smanjivanjem mogućih neugodnih mirisa. Dio se proizvoda biološkoga kompostiranja rabi za ozemljivanje odlagališta otpada Jakuševac, krajnji su proizvodi: gotovi kompost (vrijedno gnojivo u poljoprivredi, vrtlarstvu i sadnji nasada), prosijani talog (rabi se za njegovanje zemljišta) i metalni otpad (primjereno se obnavlja i odlaže).

Postrojenje može godišnje preraditi 2000 tona biološkog otpada, od čega je kućni 726 t, zeleni 986 t, ostaci voća i povrća s tržnica 103 t te pretrađivački 185 t.

Samostalno kompostiranje u Osijeku

Iako u Osijeku nema kompostana, ipak se mnogo kompostira zahvaljujući udruzi *Centar za kompost Osijek* čiji je osnovni cilj promicanje samostalnoga (decentraliziranog) kompostiranja i proizvodnja komposta kao prirodnoga gnojiva. Udruga postoji od 1999. kada je počela s osnivanjem mjesta za kompostiranje u gradu Osijeku, a danas se bavi poučavanjem i savjetovanjem na cijelom području Hrvatske. Mjesta se za kompostiranje organiziraju i obavlja poučavanje u odgojno-obrazovnim ustanovama, raznim institucijama i kod zainteresiranih pojedinaca. Udruga je dosad pomogla u nastajanju 207 mjesta za kompostiranje iz kojih se dalje širi znanje i iskustvo.

Pri samostalnom odnosno decentraliziranom kompostiranju ne treba prevoziti otpad i nije potrebna velika i skupa mehanizacija, a kod malih je hrpa znatno lakše kontrolirati što se i u kojim količinama stavlja za kompostiranje. Ako se ispravno radi, takva hrpa nema neugodan miris, a kompost se ne treba pakirati ni prevoziti i odmah je spreman za uporabu na mjestu gdje je organski otpad uglavnom i nastao, a zemlji se vraća njezina hranidbena vrijednost.

Najprije valja odrediti mjesto za kompostišta i odlučiti kako obavljati kompostiranje jer se to može učiniti u hrpi ili u posebnim posudama (komposterima) različite izvedbe. Kompostirati se inače može tijekom cijele godine. U zimskim se mjesecima aktivnost mikroorganizama u kompostnoj masi smanjuje zbog hladnoće pa je treba zaštititi od prevelike vlage i hladnoće. Ljeti se štiti od isušivanja pa vlažnost treba redovito provjeravati.

Kompostirati se može sav biljni otpad iz kuhinje, vrta, voćnjaka i travnjaka. Najkvalitetniji se kompost dobije ako se dobro izmiješa što više različitoga i usitnjenoga biljnog ma-

terijala, a rabi se: otpad bogat dušikom (ostaci voća i povrća iz kuhinje, jela od povrća, talog kave i čaja, ljuske luka, kore banana, naranči i lubenica te pokošena trava, korov iz vrta i uvenulo cvijeće) i otpad bogat ugljikom (lišće, slama, sijeno, ostaci obrezivanja voćaka, vinove loze i živice, hoblovina i piljevina, iglice četinara te ljuske od jaja). Kompostirati se međutim nikako ne smije novinski papir, časopisi u boji, vrećice iz usisivača za prašinu, pelene, pepeo ugljena, izmet mačaka i pasa, kosti, meso i masnoća te jela od mesa i ribe.

- odlaganja svih sastojaka s miješanjem i dodavanjem kamene prašine te punjenja kompostera ili oblikovanja hrpe, a prema potrebi valja navlažiti vodom te zaštititi od oborina i ostaviti da miruje
- preokretanja nakon 6 tjedana kada masu valja ponovno dobro izmiješati i potom vratiti na hrpu ili u komposter te navlažiti ako je suha ili kad je previše vlažna posuti kamenom prašinom i dodati suhoga lišća i drvenih isječaka
- zrenja koje je završeno nakon 6 do 12 mjeseci i kada je kompost

mjesta za kompostiranje što se vode u katastru udruge za razdoblje od 1997. do 2005. godine. Mjesta za kompostiranje razvrstana su prema nositeljima i obveznicima održavanja u pet kategorija: dječji vrtići, osnovne škole, srednje škole, udruge, ustanove i obiteljski vrtovi. Rečeno je već da je dosad formirano 207 mjesta za kompostiranje, ali je uočena težnja povećanju. Godine 2005. prikupljeno je gotovo dvostruko više biološkog otpada (312 m^3) nego 2004. (157 m^3). Iz prikupljene je količine 2004. proizvedeno 53 m^3 , a 2005. 80 m^3 gotovoga komposta.

Omjer se mjesta za kompostiranje u 2007. znatno povećao u korist građana. Udruga *Centar za kompost Osijek* provela je stoga novu akciju nazvanu *Retfala kompostira 07* – motrenje mjesta za kompostiranje u osječkom predjelu Retfala. Takvih je mjesta u katastru 49, ali je stvarni broj znatno veći jer nisu svi upisani budući da nisu prijavljeni anketnim upitnikom. Daleko se najviše kompostišta nalazi u vrtovima ili dvorištima privatnih kuća (čak 48), a samo jedno je bilo u dvorištu škole. Prema načinu kompostiranja na 19 je mjesta zabilježeno kompostiranje u plastičnom komposteru, u drvenom 20, u hrpi za kompostiranje 2, a u ostalo je svrstano 13 mjesta. Prema broju članova kompostnoga tima domaćinstva s četiri člana su najbrojnija, a slijede ih sa dva, tri člana i pet članova. Količina se prerađenoga biološkog otpada po pojedinom kompostištu kreće od $0,5$ do 2 m^3 godišnje, a prosječna količina, koja je utvrđena na najviše mjesta za kompostiranje, iznosi 1 m^3 . Iz $0,5$ - 2 m^3 prerađenoga biološkog otpada prosječno se dobije $0,2$ - $0,25 \text{ m}^3$ gotovoga komposta na godinu.

Potrebno je stoga slijediti europsku praksu u gospodarenju organskim otpadom i uvesti plaćanje otpada prema količinama jer se to u većini zemalja Europske unije pokazalo



Skupljanje zelenog otpada za kompostiranje u Osijeku

Postupak decentraliziranoga kompostiranja vrlo je jednostavan i sastoji se od četiri osnovna dijela:

- prikupljanja kuhinjskih otpadaka, pokošene trave i ostataka biljaka iz vrta koje valja usitniti i pomiješati s otpalim lišćem te usitnjenim drvenastim materijalom

spreman za uporabu, a pritom što sitniji dijelovi materijala i dodatna preokretanja poboljšavaju kvalitetu i ubrzavaju proces.

U posebnoj akciji *Decentralizirano kompostiranje 2005.* provedena je kvalitativna i kvantitativna provjera



Kućno kompostiranje u priručnoj posudi

izvrsnim rješenjem za povećanje broja onih koji se bave kompostira

njem. Tako štede novac, ali i znatno smanjuju postojeće količine organ

skoga otpada. U projektu *Retfala kompostira 07* uočeno je povećanje svijesti o potrebama odlaganja otpada na prirodan način radi očuvanja okoliša i povećanje broja sudionika u kompostiranju, a to pridonosi rješavanju problema zelenoga otpada.

Vjerojatno bi trebalo posebno poticati pripadnike graditeljskih struka da pri projektiranju stambenih zgrada predvide poseban prostor za kompostiranje. To se inače već primjenjuje u Švicarskoj i svakako je važan korak naprijed u rješavanju problema zelenoga otpada i ukupnoga otpada na odlagalištima.

Jadranka Samokovlija Dragičević

Snimci: L Dragičević