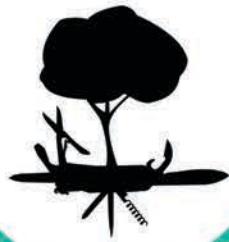


# Zeleni alati



## Briga o tlu



**ZELENI ALATI**  
**Briga o tlu**



**ZELENI ALATI** su edicija praktičnih permakulturalnih priručnika. **ZELENIM ALATIMA** obrađujemo različita područja održivih životnih stilova i ekoloških tehnologija jer smatramo da je najvažniji oblik socijalnog aktivizma onaj koji će ljudi podučiti konkretnim znanjima, vještinama i strategijama za stvaranje boljeg svijeta.



**ZELENA MREŽA AKTIVISTIČKIH GRUPA.**



*reciklirano imanje*

**ROSA  
LUXEMBURG  
STIFTUNG  
SOUTHEAST  
EUROPE**

Priručnik je objavljen  
uz podršku zaklade  
Rosa Luxemburg  
Stiftung Southeast  
Europe iz sredstava  
njemačkog Saveznog  
ministarstva za  
gospodarsku suradnju  
i razvoj. Kopiranje  
dozvoljeno, nije za  
prodaju.

**ZELENI ALATI**

**Briga o tlu**

**IZDAVAČ**

**Zelena mreža aktivističkih grupa (ZMAG)**

**ZA IZDAVAČA**

**Matko Šišak**

**AUTORI**

**Cvijeta Biščević i Bruno Motik**

**LEKTURA**

**Martina Pranić**

**RECENZIJA**

**Ana Čop, Gordana Dragičević,  
Norma Fressel, Sunčana Pešak, Dora Polšek**

**ILUSTRACIJE**

**Miran Križanić**

**GRAFIČKO OBLIKOVANJE**

**Jele Dominis**

**NASLOVNICA**

**Bruno Motik**

**TISAK**

**Tiskara Zelina**

**NAKLADA**

**1000 kom**

**ISBN 978-953-98985-8-6**

**CIP zapis dostupan u računalnome katalogu  
Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu  
pod brojem 000915953.**

CVIJETA BIŠČEVIĆ  
BRUNO MOTIK

**ZELENI ALATI**  
**Briga o tlu**

Vukomerić, studenog 2015.

# Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| 1. Uvod .....  | 7  |
| 1.2. Poljoprivreda i klimatske promjene.....                   | 8  |
| 1.3. Prehrana je agrikulturni čin.....                         | 9  |
| 1.4. Cijena poljoprivredne proizvodnje.....                    | 12 |
| 1.4.1. Zelena revolucija.....                                  | 14 |
| 1.4.2. Degradacija tla .....                                   | 16 |
| 1.4.3. Poljoprivreda i stanje tla u Hrvatskoj .....            | 25 |
| 1.4.4. Eksterni troškovi.....                                  | 27 |
| 1.5. Klimatski pametna poljoprivreda.....                      | 28 |
| 2. Kako vratiti život u tlo .....                              | 31 |
| 2.1. Što agrokemikalije čine našem tlu? .....                  | 31 |
| 2.2. Biologija tla - što se sve nalazi тамо долје? .....       | 34 |
| 2.2.1. Stanište.....   | 37 |
| 2.2.2. Safari kroz tlo.....                                    | 41 |
| 2.2.3. Rizosfera i njezine interakcije .....                   | 50 |
| 2.3. Biokemijski procesi u tlu.....                            | 52 |
| 2.3.1. Ciklus dušika (N) .....                                 | 53 |
| 2.3.2. Sumpor (S) .....  | 56 |
| 2.3.3. Fosfor (F) .....  | 57 |
| 2.3.4. Drugi anaerobni biokemijski procesi.....                | 57 |
| 2.3.5. Omjer kalcija i magnezija (Ca:Mg).....                  | 58 |
| 2.3.6. pH tla.....   | 60 |
| 2.3.7. Imobilizacija tvari .....                               | 62 |
| 2.4. Razumijevanje sukcesije, korova, bolesti i štetnika ..... | 63 |
| 2.4.1. Sukcesija .....   | 63 |
| 2.4.2. Korovi .....  | 66 |
| 2.4.3. Bolesti i štetni insekti .....                          | 67 |

|   |     |
|---|-----|
| 2.5. Testovi tla .....  | 68  |
| 2.5.1. Mikroskopiranje uzoraka tla .....                            | 68  |
| 2.5.2. Testiranje zbijenosti tla.....                               | 71  |
| 2.5.3. Klasični testovi.....  | 72  |
| 2.6. Što je dobar kompost i kako ga napraviti? .....                | 72  |
| 2.6.1. Omjer hranjivih tvari<br>u kompostnoj hrpi (C:N omjer) ..... | 73  |
| 2.6.2. Temperatura kompostne hrpe .....                             | 75  |
| 2.6.3. Kisik i vlaga .....  | 76  |
| 2.6.4. Oprema za kompostiranje .....                                | 77  |
| 2.6.5. Odabir metode kompostiranja.....                             | 78  |
| 2.6.6. Kompost kao gnojivo.....                                     | 85  |
| 2.6.7. Kako znamo da je kompost kvalitetan?.....                    | 88  |
| 2.7. Kompostni čaj .....  | 90  |
| 2.8. Postupak revitalizacije tla .....                              | 95  |
| 3. Budućnost poljoprivrede .....                                    | 99  |
| 3.1. Jedino život rađa život .....                                  | 99  |
| 3.2. Ugljikom bogata poljoprivreda.....                             | 101 |
| 3.2. 1. Regenerativna poljoprivreda .....                           | 105 |
| 3.2.2. Obnavljajuća poljoprivreda .....                             | 114 |
| 3.2.3. Sistemska prilagodba .....                                   | 118 |
| 4. Literatura .....   | 123 |



# 1. Uvod

Odavno je prošao trenutak kada je trebalo prepoznati nužnost osvještavanja posljedica čovjekovog utjecaja na okoliš i raditi na podizanju društvene razine ekološke pismenosti, te uspostaviti kolektivni dogovor o nužnom preuzimanju odgovornosti za smanjenje antropogenih emisija stakleničkih plinova. Premda s djelovanjem već kasnimo, još uvijek nije nemoguće ostvariti održivu budućnost.

**Sve veće stope nepredvidivih promjena klimatskih uvjeta**, kojima svjedočimo posljednjih nekoliko godina, **odražavaju se negativno na proizvodnju hrane**, uvelike doprinoseći globalnim nestabilnostima na socio-ekonomskoj i političkoj razini. Klimatske oscilacije odvijaju se brže nego li smo im se sposobni prilagoditi, stoga je **krajnje vrijeme za hrabre odluke i odvažne korake** koji će dovesti do pozitivnih promjena u načinu na koji ljudi nastanjuju planetu.

**Što ako brigom o tlu možemo postaviti temelje zdrave kulture i ekonomije? Što ako možemo regenerirati ekosustav planeta jedući bolju hranu? Što ako je biologija tla ključ ekonomski isplativih ekosustava?** Što želimo time reći? Održiva budućnost prehrambenog sustava – **kako uzgajamo, kupujemo i jedemo hranu** – ključna je za održavanje zdravog planeta. **Nacin na koji brinemo o tlu zajednički je nazivnik promjene koju si više ne možemo priuštiti ignorirati.**

Kumulativnim djelovanjem na lokalnoj i regionalnoj razini kroz promišljanje permanentnih agrikulturnih sustava koji koriste već dostupne i ekonomski isplative modele poljoprivredne proizvodnje (npr. **regenerativna poljoprivreda**), te primjenom jednostavnih tehnologija, poput **kompostiranja**, možemo u relativno kratkom vremenskom roku uspostaviti sustave koji zadovoljavaju lokalne potrebe, te ujedno podržavaju prehranu rastuće svjetske populacije.

Želja nam je kroz ovaj priručnik ukazati na određene alate i tehnike koji trajno doprinose uspostavljanju raznolikih i cjelovitih prehrambenih sustava koji istovremeno brinu o tlu, okolišu i svim živim bićima na planeti. Izneseni

modeli, strategije i različita iskustva specifični su u odnosu na stanište, razlikuju se od lokacije do lokacije, to jest, prilagođeni su lokalnom kontekstu i mikroklimatskim uvjetima na terenu. Stoga je potrebno prethodno analizirati i razumjeti kontekst kako bi se mogli ispravno odabrat i primijeniti optimalni alati i tehnike.

Nadamo se da će Vam ovaj priručnik poslužiti kao izvor ideja za pomoć u promišljanju i djelovanju u skladu s prirodom.

## 1.1. Poljoprivreda i klimatske promjene

Odgovor na izazov smanjenja antropogenih emisija stakleničkih plinova, ublažavanja posljedica klimatskih promjena i prehranjivanja rastuće svjetske populacije, leži nam pod nogama – u životu tlu u kojem uzgajamo hranu.

**Tlo je medij života** koji predstavlja temelj poljoprivrede – izvor je vlakana, goriva, lijekova i dodatnih usluga ekosustava. **Plodnost tla** izravno je povezana s kvalitetom i količinom hrane, te posljedično sa zdravljem, ne samo ljudi, već i cijelog ekosustava. Ako polazimo od premise da jesmo ono što jedemo<sup>1</sup>, odnosno, kako je jedan od prvih zagovornika organske poljoprivrede, **J. I. Rodale**<sup>2</sup> sažeо u



Zdrava zemlja

<sup>1</sup> Francuski gastronom i pravnik Jean Anthelme Brillat-Savarin u eseju "Fiziologija okusa, ili meditacije o gastronomiji" (1826. god.), piše: "Reci mi što jedeš i reći ću ti tko si". Kasnije, u eseju "Znanost i revolucija" iz 1850., njemački filozof i antropolog Ludwig Andreas Feuerbach postavlja poznatiju nam premisu: "**Čovjek je ono što jede**".

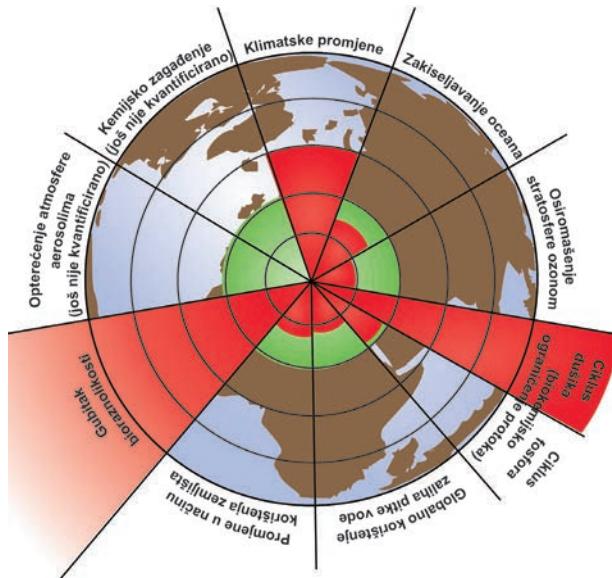
<sup>2</sup> Inspiriran idejama Sir Alberta Howarda o aerobnim i anareobnim kompostnim hrpmama, J. I. Rodale osnovao je **Institut Rodale** 1930. u Pennsylvaniji. Sir **Albert Howard** je, zajedno s **Rudolfom Steinerom** i **Evom Balfour**, jedan od utemeljitelja organskog pokreta u poljoprivredi.

jednadžbi: “**Zdravo tlo = zdrava hrana = zdravi ljudi**”, jasno je da je tlo ključan čimbenik vitalnosti kako ljudi, tako i cijelog planeta.

Dok su razvoj tehnologije i širenje industrijske poljoprivrede u posljednjih šezdeset godina doveli do povećanja količina proizvedene hrane, istovremeno se višestruko povećao i negativan **utjecaj koji suvremene poljoprivredne prakse imaju na tlo, vodu, zrak, bioraznolikost, klimu, koncentracije stakleničkih plinova**, odnosno, na cjelokupan okoliš.

Intenzivna industrijska agrikultura i globalni prehrabeni sustav čine golem pritisak na **biokapacitet planete**<sup>3</sup>, a s predviđenim rastom svjetske populacije<sup>4</sup> proizvodnja hrane trebat će se povećati za 70 % do 2050. godine (WRI)<sup>5</sup>.

Nastavak **dosadašnjeg kratkovidnog pristupa poljoprivrednoj proizvodnji** – eksplatacija resursa, prvenstvo prinosa i profita, te niska cijena hrane u odnosu na istinsku vrijednost okoliša – dodatno će opteretiti već ugrožene prirodne resurse i suočiti nas s ograničenim kapacitetom planeta da podrži suvremensti stil života.



#### OGRANIČENJA KAPACITETA PLANETA

Prikaz ukazuje na to kako smo već prešli u zone nestabilnosti s četiri od devet ograničenja kapaciteta planeta koja podržavaju uvjete života na Zemlji kakve danas poznajemo. Dok se gubitak bioraznolikosti i biokemijski procesi kruženja fosfora i dušika nalaze u visoko rizičnom području, u zonu nesigurnosti ušle su klimatske promjene i korištenje tla.

- 3** Znanstveno istraživanje “Ograničenja kapaciteta planeta 2.0” (*Planetary boundaries 2.0*), objavljeno u časopisu *Science* u siječnju 2015.
- 4** Prema najnovijem UN-ovu izvješću iz kolovoza 2015., očekivani rast populacije do 2050. godine kreće se između 9,4-10 milijardi ljudi.
- 5** **Svjetski institut za resurse** (World Resource Institute, WRI) globalna je nevladina istraživačka organizacija, osnovana 1982. godine, čiji rad je usmjeren na šest ključnih područja – klimu, obnovljive izvore energije, hrani, vode i održive gradove.

**Klimatske promjene više nisu hipotetska budućnost, one su nezaobilazna činjenica.** Izvješće Međuvladinog panela za klimatske promjene (IPCC)<sup>6</sup> iz 2014. jasno zaključuje kako je ljudski utjecaj na klimatski sustav nedvojben, te da su antropogene emisije ugljikovog dioksida ( $\text{CO}_2$ ), didušikovog oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) i metana ( $\text{CH}_4$ ) direktno odgovorne za niz štetnih pojava kojima danas svjedočimo. Riječ je o povećanju prosječnih globalnih temperatura zraka i oceana, otapanju snijega i leda, porastu razine mora, zakiseljavanju oceana, te pojavi temperaturnih ekstrema i polja vjetrova. Nadalje, IPCC pripisuje **31 % globalnih emisija stakleničkih plinova izravno poljoprivrednom sektoru i načinima na koje se obrađuje i upravlja površinama pod usjevima**. Ako tome dodamo i preradu hrane, njezin prijevoz, skladištenje, hlađenje i zbrinjavanje, više od 40 % ukupnih emisija izravno ovisi o načinu na koji se hrana proizvodi, te načinu na koji biramo, pripremamo i jedemo hranu.

## 1.2. Prehrana je agrikulturni čin<sup>7</sup>

Iako više od 95 % naše hrane dolazi direktno ili indirektno iz zemlje, **tlo je danas jedno od najugroženijih prirodnih resursa**. Prema procjenama Organizacije za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (FAO)<sup>8</sup>, erozija tla se samo u posljednjih pedesetak godina povećala za 50 %. To je dovelo do **dezertifikacije i drugih oblika degradacije** tla, te do napuštanja oko trećine svjetskih poljoprivrednih površina. Degradacija tla doprinosi ne samo nakupljanju stakleničkih plinova, već i gubitku resursa za uzdržavanje mnogobrojnih poljoprivrednih zajednica diljem svijeta.

Podaci govore da na povećanje degradacije tla prvenstveno utječu slijedeće poljoprivredne djelatnosti: **prekomjerna ispaša, neodrživo upravljanje zemljistem, krčenje šuma i prekomjerno vađenje ogrjevnog drva**. Industrija,

**6** **Međuvladin panel za klimatske promjene** (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) nastao je 1988. na inicijativu Ujedinjenih naroda, Svjetske meteorološke organizacije i Programa za okolinu UN-a (UNEP). Glavna aktivnost IPCC je procjena rizika klimatskih promjena uzrokovanih ljudskom aktivnošću, te izdavanje posebnih izvještaja vezanih uz primjenu Okvirne konvencije UN-a o promjeni klime (UNFCCC).

**7** Iz eseja “**The Pleasure of Eating**” (*What are people for?*, 1990.) uvaženog američkog pisca, aktivista, kulturnog kritičara i poljoprivrednika, **Wendella Berrya**, u kojem autor opisuje važnost razumijevanja veze između prehrane i zemlje.

**8** Organizacija za hranu i poljoprivredu (Food and Agriculture Organization, FAO) Ujedinjenih naroda utemeljena je 1945. s ciljem poboljšanja globalne razine prehrabnenog standarda, unapređenja poljoprivredne proizvodnje i života u seoskim zajednicama.

te ostale zemljišne pretvorbe, poput urbanizacije, dodatno doprinose povećanju stopa zagađenja i degradacije tla, što sveukupno ugrožava našu sposobnost da zadovoljimo prehrambene i energetske potrebe sadašnjih i budućih generacija. Diljem svijeta, pa tako i u Hrvatskoj, intenzivna monokulturna proizvodnja potpomognuta **fosilnim gorivima i velikom količinom agrokemikalija** znatno iscrpljuje tlo i ugrožava njegovu prirodnu plodnost, te **sposobnost da samostalno podrži poljoprivredne kulture.**

*“Fosilna su goriva oblik energije u kojoj su sažete velike količine prostora i vremena u vrlo koncentriranom obliku. Jedan od načina da si predočimo tu kompresiju je da uzmemu u obzir da je za jednu litru goriva bilo potrebno oko dvadeset i pet tona drevnog akvatičkog života, odnosno, da je za proizvodnju fosilnih goriva koja se spale u samo godinu dana bila potrebna količina organske tvari ekvivalentna ukupnoj biomasi biljnog i životinjskog svijeta kojem na Zemlji treba četiri stotine godina da izraste.”* - Timothy Mitchell, *Carbon Democracy: Political Power in the Age of Oil*

Klimatske su promjene globalni fenomen, no učinici tih promjena najznačajnije se osjećaju na lokalnoj i bioregionalnoj razini. U izvješću iz 2013. godine pod nazivom **“Probudimo se prije nego što bude prekasno”**, UN-ova Komisija za trgovinu i razvoj (UNCTAD) preporuča pomak prema što lokalnijoj poljoprivredi na malim gospodarstvima, konstatirajući kako su potrebne velike **promjene u našoj prehrani, poljoprivredi i trgovinskom sustavu** kako bismo se učinkovito suočili s izazovom **otklanjanja uzroka svjetske gladi i neishranjenosti, s klimatskim promjenama, te s migracijama** proizašlim iz složenih socio-ekonomsko-političkih čimbenika prouzrokovanih promjenama klimatskih uvjeta (npr. u slučaju **klimatskih izbjeglica**<sup>9</sup>).

*“Bez oblika poljoprivrede koji bi bili prihvatljiviji za okoliš nije izgledno da će biti moguć uspješan ekonomski i društveni razvoj.”* – *Zameci promjene: održiva poljoprivreda kao put prosperiteta za Zapadni Balkan, HBS, 2014.*

<sup>9</sup> Pojam **klimatskih izbjeglica** označava osobe koje su primorane napustiti svoje domove i zajednice zbog naglih i/ili dugoročnih posljedica nastalih uslijed klimatskih promjena poput suše, dezertifikacije, porasta razine mora, te poremećaja sezonskih vremenskih uzoraka.

**Da bismo održali naša društva, moramo podržati naša tla.** Stoga je UN 2015. godinu proglašio Međunarodnom godinom tla<sup>10</sup> kako bi se na društvenoj i političkoj razini povećalo razumijevanje važnosti uloge koju tla imaju za održivu poljoprivredu, kvalitetu i sigurnost hrane, sigurnost globalnog prehrambenog sustava i ublažavanje siromaštva. Dobro je iznova naglašavati kako **temelj održivosti ekonomskog i ekološkog sustava**<sup>11</sup> započinje brigom o tlu jer je ono nositelj gotovo svih funkcija ekosustava. O **prehrambenom suverenitetu**<sup>12</sup> smo već smo pisali i u drugim publikacijama udruge Zelena mreža aktivističkih grupa – ZMAG, no nije naodmet i ovdje podsjetiti na važnosti i prava na kvalitetnu lokalno proizvedenu hranu, klimatski i kulturno-ekološki prikladnu prehranu, te načine proizvodnje koji poštuju okoliš i prava poljoprivrednika, odnosno svih radnika uključenih u prehrambeni sustav.

### 1.3. Cijena poljoprivredne proizvodnje

Od vremena industrijske revolucije, poljoprivredni sektor znatno doprinosi povećanju antropogenih emisija stakleničkih plinova. Događa se to ne samo uporabom fosilnih goriva za proizvodnju agrokemikalija, te pogon traktora, poljoprivredne mehanizacije i transport prehrambenih proizvoda, već i **oslobađanjem ugljika intenzivnom obradom tla, krčenjem šuma i pretvaranjem prirodnih pašnjaka u obradive površine**. Neprimjeren odabir tehnologija obrade tla u odnosu na specifičnosti lokacije i prekomjerna ispša znatno su doprinijeli **eroziji, sabijanju i drugim oblicima degradacije tla**. To je posljedično uvećalo koncentracije ugljikovog dioksida u atmosferi. Povrh toga, **intenzivno stočarstvo** i s time povezani **probavni procesi preživača, uz neadekvatno zbrinjavanje životinjskog izmeta** povećavali su koncentracije metana, dok **razgradnja prekomjerno primjenjivanih mineralnih gnojiva** doprinosi koncentracijama didušikovog oksida u atmosferi.

Premda se čini logično prepostaviti kako je ugroženost tla moderna pojавa i da su naši preci živjeli u skladu s prirodom, ne bismo smjeli zaboraviti da je

<sup>10</sup> 2015 International Year of the Soils.

<sup>11</sup> **Ekologija i ekonomija** imaju isti korjen (grč. *oikos* (ekos) = kuća, dom, stanište). Ekologija označava poznavanje i odnos prema vlastitom domu, dok ekonomija označav gospodarenje, pravilno upravljanje domom.

<sup>12</sup> **Prehrambeni suverenitet** označava pravo svakog naroda da sam utvrdi vlastiti sustav prehrane bez ugrožavanja drugih ljudi i okoliša, te da očuva osnovne resurse za preživljavanje čovječanstva – plodno tlo, čistu vodu i zrak i narodnu baštinu poljoprivrednih kultura, pasmina stoke i tradicijskih znanja.



Sječa šuma



Polja intenzivne poljoprivredne proizvodnje ne ostavljaju prostor za prirodne ekosustave

**prelaskom na sjedilački način života, još prije 10 000 godina, započeo proces modifikacije prirodnih ciklusa kruženja tvari u tlu i atmosferi.** Drugim rječima, vezanost naših predaka uz neko mjesto trajala je onoliko koliko i kapacitet određene lokacije da podrži prehranu stanovništva. U trenutku kada bi se plodnost tla i okolni resursi iscrpili, kretalo se dalje: ili u **krčenje novih šuma i oslobođanje poljoprivrednih površina za usjeve** ili u osvajačke pohode na tuđe resurse. Sve većim rastom stanovništva, te gradova, došlo je do ubrzavanja tih procesa, a tehnološki napredak omogućio je rast i bujanje civilizacije po cijenu uništavanja i gubitka prirodnih resursa.

U Europi su u ranom srednjem vijeku još postojale zajednice koje su živjele od šumskega resursa, no daljnjim rastom populacije i sve bržim širenjem gradova, čije su prehrambene i energetske potrebe trebale biti zadovoljene u neposrednom okruženju, šume i šumski resursi postali su sve oskudniji. Svjetski institut za resurse (WRI) procjenjuje da se polovica zapadnoeuropskih šuma posjekla do početka srednjeg vijeka te da se sveukupno oko 75 % deforestacije dogodilo prije 1850-ih. Danas je preostalo svega **21 % izvornih drevnih šuma** koje su nekoć postojale na Zemlji. U prilog tome koliko su naši preci neumorno trošili zemlju govore i mnogobrojne promjene u krajolicima koji su ranije bili bogatiji vegetacijom. Tako, naprimjer, Herodot još u 5 st. n.e. opisuje Libiju kao zemlju bogatu plodnim tlima i mnogobrojnim izvorima. Danas je 90 % Libijskog teritorija pustinja.

Cijeli Mediteran nekada je bio područje bogato kopnenom vegetacijom. Povijesni rasplet ovog kraja je, naravno, puno kompleksniji, no uvlike se oslanja i na činjenicu da naši preci nisu uspjeli **održati ekološke sustave** koji bi podržali

njihovu bogatu kulturu. **Ekološka sukcesija**<sup>13</sup> je spriječena periodičnim uznemiravanjima poput spaljivanja (poljoprivreda, vojni pohodi), iskorištavanja šuma za ogrijev, drveni ugljen (potreban za izradu keramike) i građevinski materijal, te prekomjernom ispašom, koja je uvelike odgovorna za degradaciju čitavih krajolika. Erozija površinskog sloja zemlje bila je neizbjegžna.

Grčki je poluotok svojedobno bio prekriven bogatim sastojinama hrasta, platana i drugog drveća debelog lišća otpornog na sušu (sklerofilne šume). Platon je četiri stoljeća prije naše ere u svojem poznatom dijaligu *Kritija*<sup>14</sup> opisao Atiku (povijesno područje oko Atene) na sljedeći način: "Ono što sada postoji u usporedbi s onim što je nekada postojalo, kostur je bolesnog čovjeka – svo debelo i mekano tlo je izgubljeno, a ostao je samo goli okvir zemlje." Ovaj opis krajolika vrijedi još i danas. Pogledamo li danas krajolike zemalja plodnog polumjeseca<sup>15</sup>, uviđamo da je od nekadašnjih rajske vrtova i kolijevke civilizacije ostala samo siromašna zemlja koja više ne može podržavati procvat novih civilizacija.

**Ekološki otisak**<sup>16</sup> naših predaka, iskazan kao površina potrebna za zadovoljenje ljudskih potreba, zapravo je bio puno veći nego li prosječan ekološki otisak danas!<sup>17</sup> Iz perspektive naših predaka, Zemlja je izgledala kao gotovo neograničen i neiscrpan resurs.

### 1.3.1. Zelena revolucija<sup>18</sup>

**Kemijski potpomognuta poljoprivreda**, premda se čini kao da je oduvijek prisutna, pojavila se prije tek šezdesetak godina, kao ostavština ratne industrije. Nakon Drugog svjetskog rata mnoge velike kompanije koje su proizvodile ratnu mašineriju preorijentirale su se na poljoprivrednu mehanizaciju, a one koje su koristile nitrate za proizvodnju bombi i bojnih otrova počele su proizvoditi umjetna gnojiva, pesticide, herbicide i fungicide.

**13** **Ekološka sukcesija** je trajni proces smjene životnih zajednica nekog biotopa.

**Biotop** je stanište, odnosno životni prostor koji obuhvaća klimatske, biološke i fizičko-kemijske čimbenike, te tlo i reljef.

**14** <http://www.perseus.tufts.edu>

**15** Regija koja se proteže od istočne obale Sredozemnog mora do Perzijskog zaljeva i obuhvaća riječne doline Nila, Eufrata i Tigrisa

**16** **Ekološki otisak** je mjera područja (u hektarima) potrebnog za podržavanje proizvoda i usluga potrebnih čovjeku da zadovolji svoje potrebe te je recipročno povezan s biokapacitetom ekosustava.

**17** *Plows, Plagues and Petroleum: How Humans Took Control of Climate*, William Ruddiman, 2010.

**18** Skupni naziv za niz mjera pomoći kojih je značajno porasla produktivnost usjeva tijekom druge polovice 20. stoljeća, kao rezultat napretka u genetici i oplemenjivanju bilja, poljoprivredi (mehanizaciji i intenzivnoj uporabi kemikalija), te suzbijanju nametnika i bolesti.



Zaštita usjeva agrokemikalijama

Takozvana **“zelena revolucija”** koja je uslijedila nakratko je omogućila povećanje prinosa bez puno prethodnog znanja o funkcioniranju prirodnih sustava te **prividno “oslobodila” poljoprivrednu djelatnost od nepredvidivih bioloških procesa**. Za proizvodnju hrane više nije bilo potrebno imati nikakvo umijeće ni znanje – samo strojeve i kemikalije.

**Agrokemikalije** su danas nezaobilazan čimbenik u modernom pristupu poljoprivredi, iako je njihovo djelovanje izrazito **destruktivno za okoliš i zdravlje**. Osim u obliku toksičnih tvari koje završavaju u podzemnim vodama koje koristimo za piće, te u hrani koju jedemo, agrokemikalije uzrokuju i degradaciju poljoprivrednih površina ubijajući sve oblike života u tlu.

Agrokemikalije uzrokuju **odumiranje delikatne hranidbene mreže mikro- i makroorganizama** čija je prirodna uloga razgradnja i pretvaranje organskog materijala u oblike hranjiva koja su dostupna biljkama za rast. Posredne žrtve korištenja svih vrsta **biocida<sup>19</sup>** u poljoprivredi su zapravo sva živa bića koja s njima izravno ili neizravno dolaze u doticaj, uključujući i potrošače, odnosno kupce takve hrane.

<sup>19</sup> Europsko zakonodavstvo definira **biocid** kao kemijsku tvar ili mikroorganizam čija namjera je uništiti, odvratiti, učiniti bezopasnim, odnosno izvršiti kontrolni utjecaj na bilo koji štetni organizam kemijskim ili biološkim putem.

Istraživanja objavljena u posljednjih 15 godina pokazuju da velik dio hrane sadrži relativno niske količine **fitonutrijenata**<sup>20</sup>. Vjeruje se da je nedostatak hranjivih tvari u prehrani direktno povezan s iscrpljivanjem hranjiva u tlima, te da su smanjene količine fitonutrijenata u svježim namirnicama odgovorne za mnoge degenerativne bolesti – poput raka, karidovaskularnih bolesti, dijabetesa i demencije – koje nisu bile prisutne kod naših predaka.<sup>21</sup>

Također, nedavno proveden sveobuhvatan pregled mnogih ranijih znanstvenih istraživanja utvrdio je znatno nižu razinu antioksidansa u namirnicama iz konvencionalnog uzgoja, te primjetno niže razine pesticida i kadmija u voću, povrću i žitaricama iz organskog uzgoja.<sup>22</sup>

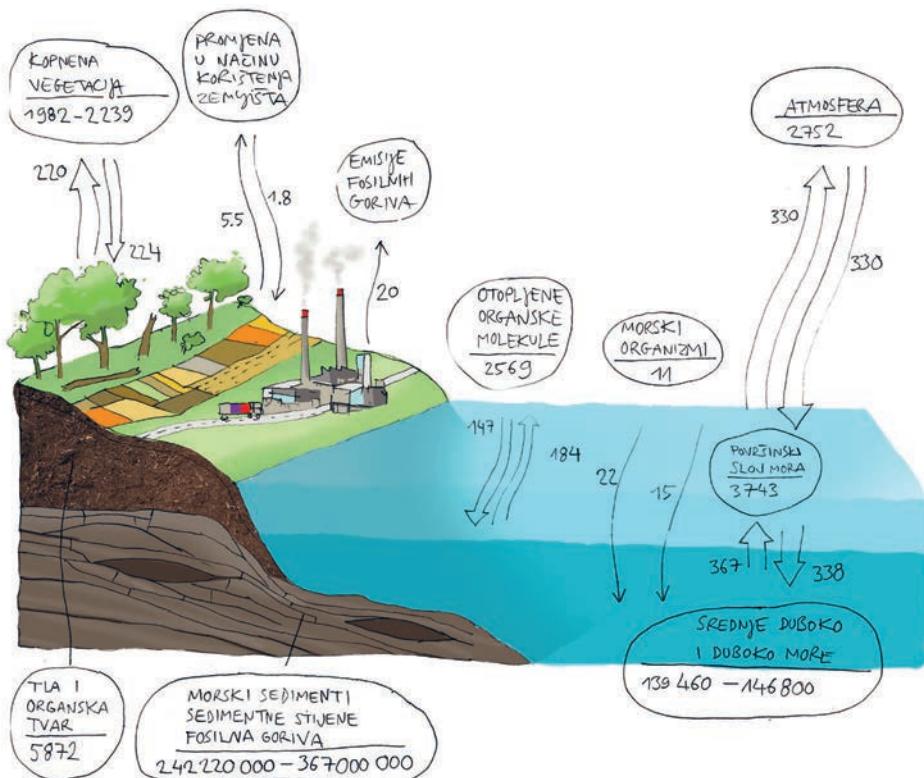
### 1.3.2. Degradacija tla

Pojava i razvoj poljoprivredne mehanizacije omogućili su nam da uz manje uloženog rada proizvodimo sve više hrane. Međutim, time su ubrzani i procesi destrukcije tla koje smo započeli još otkrićem pluga. **Oranje** se možda čini kao bezazleno djelovanje, pogotovo kada plug vuku volovi ili konji, no svako prevrtanje uzrokuje oksidaciju organske tvari u tlu i doprinosi stvaranju ugljikovog dioksida, te ispiranju hranjiva.

**Tlo čini četvrtinu ukupne površine planete i predstavlja treće najveće pohranilište ugljika** na Zemlji, nakon oceana i šuma. Tla imaju sposobnost pohraniti ugljik u izrazito stabilnim oblicima na duži period, čak i nakon što se iz njih ukloni vegetacija. Međutim, od samog početka **agrarne revolucije**, prema ravnatelju Centra za upravljanje i vezivanje ugljika pri Državnom Sveučilištu Ohio i profesoru Znanosti o tlu Škole za okoliš i prirodne resurse, **Rattanu Lalu, kultivirana tla diljem svijeta izgubila su 50-80% izvornih zaliha organskog ugljika**. Dr. Lal ističe kako “**ništa u prirodi ne prevrće tlo opetovano i redovito na specifičnu dubinu od 15-20 centimetara. Stoga se ni biljke ni drugi organizmi u tlu nisu razvili niti prilagodili tom dramatičnom uzinemiravanju.**”<sup>23</sup> Kako je pak Edward H. Faulkner napomenuo u knjizi iz 1943., simpatičnog naziva *Oračeva ludost* (*Plowman's Folly*) – “Činjenica je da nitko nikada nije ponudio znanstveni razlog za oranje.”<sup>24</sup>

**20** **Fitonutrijenti** su aktivni spojevi koje su biljke prirodno razvile u borbi protiv infekcija, a koje im omogućavaju preživljavanje. Osim makronutrijenata (masti, vlakna, ugljikohidrata i bjelančevina), te mikronutrijenata (vitamina i minerala), namirnice biljnog porijekla sadržavaju i tisuće spojeva zajedničkog naziva fitonutrijenti.

**21** *The Intelligent Gardner: Growing Nutrient-Dense Food*, Steve Solomon, 2012.



Globalni ciklus kruženja ugljika u biosferi u megatonama.

Ilustracija prikazuje ekvivalentne vrijednosti ugljika preračunate u milijarde tona ugljikovog dioksida prema izvještaju 179 Instituta Worldwatch (S.J. Scherr, S. Sthapit; *Mitigating Climate Change Through Food and Land Use*, 2009).<sup>25</sup>

Procjenjuje se da je oko 1 600 milijardi gigatona ugljika (ekvivalentno 5 872 milijardi tona CO<sub>2</sub>) pohranjeno u tlu i organskoj tvari do dubine od 1 metar, što iznosi više od ukupne količine ugljika koji se nalazi u atmosferi (2 752) i koji je pohranjen u kopnenoj vegetaciji (1 982-2 239).

<sup>22</sup> Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses, 2014.

<sup>23</sup> The Soil Will Save Us, Kristin Ohlson, 2014., str. 13

<sup>24</sup> Plowman's Folly, Edward H. Faulkner, 1943., str. 3

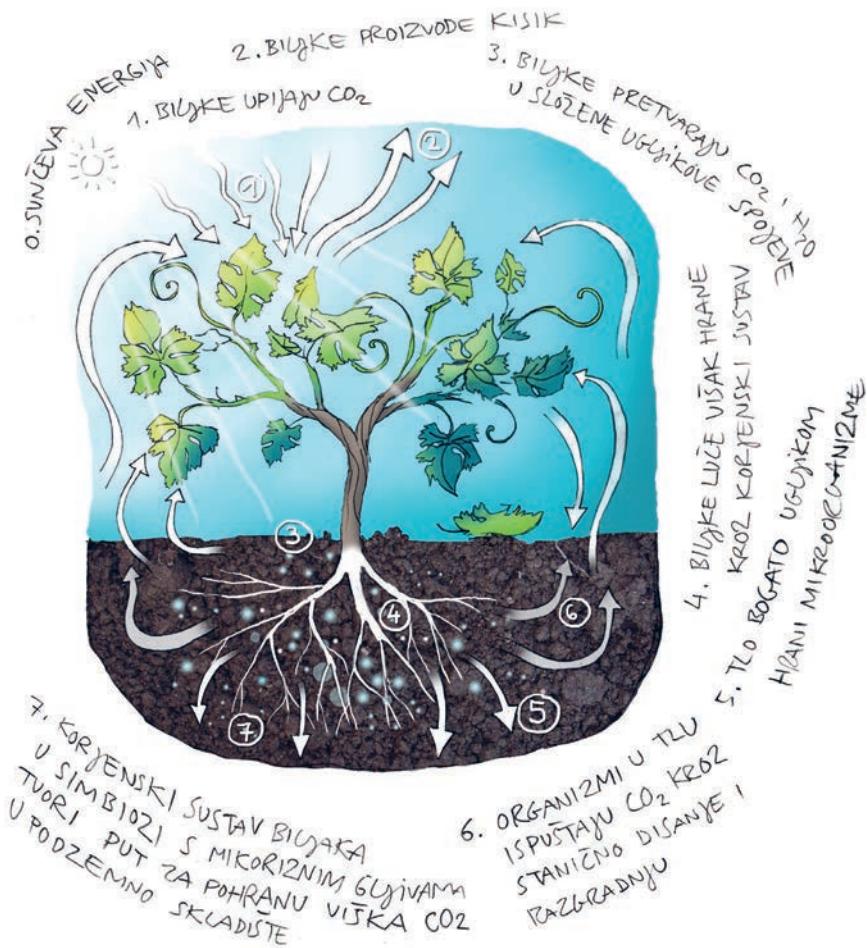
<sup>25</sup> Institut Worldwatch je globalno usmjerena istraživačka organizacija.

### CIKLUS UGLJIKA

**Sve je ugljik** – tlo pod našim nogama, biljke što rastu, zemlja kojom hodamo, životinje koje gledamo, hrana koju jedemo, energija koju koristimo, zrak koji udišemo, mi.

Ciklus ugljika je **biokemijski proces kruženja ugljika (C)** u promijenjenim kemijskim oblicima kroz voden i kopneni sustav i atmosferu. To je jedan od najvažnijih ciklusa na Zemlji jer omogućava ponovno korištenje ugljika kao **klučnog elementa za izgradnju organskih spojeva** svih živih organizama. Ugljik tvori i mnoge anorganske spojeve pa tako čini sastavnim dijelom stijena, tekućina i plinova.

Kruženje ugljika između atmosfere i tla



Ugljik iz atmosfere, oceana, drveća, tla i organizama u stalnom je pokretu, a važnu ulogu u njegovu kruženju igraju **fotosinteza i stanično disanje** koji omogućavaju **vezivanje, upijanje, pohranjivanje i otpuštanje biokemijske energije**. Biljke koriste energiju Sunca kako bi omogućile kemijsku reakciju između atmosferskog CO<sub>2</sub> i vode te proizvlede složene šećere. Jedan dio tih složenih šećera same biljke koriste za rast, dok ostali dio odlazi u tlu kroz korijenski sustav kako bi se nahranili korisni mikroorganizmi. Oni pak zauzvrat, kroz kompleksnu **hranidbenu mrežu**, iz tla uzimaju sva potrebna hranjiva i čine ih dostupnima za biljke, dok ujedno razgrađuju mrtvu organsku materiju stvarajući sve složenije i stabilnije spojeve ugljika koji u tlu mogu ostati pohranjeni više desetljeća.

Određeni dio ugljika ponovno se otpušta u atmosferu kroz disanje organizama i kroz razgradnju. Međutim, kroz **sekvestraciju ugljika** (proces vezivanja i pohranjivanja ugljika) moguće je dugoročno uskladištiti atmosferski ugljikov dioksid u upijališta kao što su tla i oceani.

Istraživanje **Christine Jones**<sup>26</sup> pokazalo je da se veliki udio atmosferskog ugljika može pohraniti u dublje slojeve tla putem osjetljivih simbiotskih odnosa korijenskog sustava biljaka i gljiva. Biljke u **mikoriznim**<sup>27</sup> **sustavima prenose i do 15 % više ugljika u tlo** nego li u sustavima bez mikrozinih veza. Nadalje, istraživanje **Sare F. Wright**<sup>28</sup> provedeno 1996. godine pokazalo je da se kroz ovakve simbiotske odnose ugljik putem **hifa**<sup>29</sup> (tankih hranidbenih niti) pohranjuje u vrlo stabilan **glikoprotein otporan na propadanje i do nekoliko desetljeća – glomalin**<sup>30</sup>. Glomalin služi kao **super ljepilo** držeći na okupu **strukturne mikroagregate**, odnosno organske tvari, mineralne komponente tla i pore (prazan prostor bitan za vodozračne odnose u tlu). Pod uvjetom da se prirodni sustav simbiotskih odnosa ne uznemirava, **velike količne ugljika mogu ostati pohranjene u podzemnom rezervoaru i do stotinu godina i to u dubljim slojevima tla (čak do 3 metra)!**

<sup>26</sup> “**Tlo kao skladište ugljika: Novi alat u bitci za klimu?**” (“Soil as Carbon Storehouse: New Weapon in Climate Fight?”), Yale Environment 360, 2014.

<sup>27</sup> **Mikoriza** je simbioza korijena i gljiva.

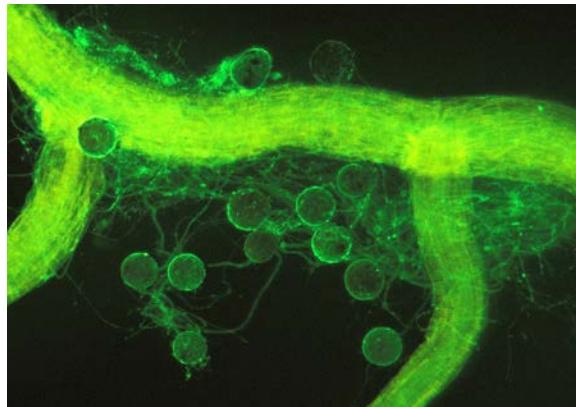
<sup>28</sup> “**Glomalin: Skroviste trećine svjetske količne ugljika uskladištenog u tlu**” (“Glomalin: Hiding Place for a Third of the World’s Stored Soil Carbon”), AgResearch Magazine, 2002.

<sup>29</sup> **Hife** su prehrambene niti koje zamjenjuju korjenove dlačice. **Micelij** je mreža hifa koja se poput paukove mreže može prostrjeti široki velike površine.

<sup>30</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Glomalin>

Mikroskopski pogled na mikoriznu gljivu koja raste na korijenu kukuruza.

Okrugla tijela su spore, a končana vlakna hife. Sloj kojim su presvučeni je glomalin – ljepljivi glikoprotein.



Oranje, frezanje, prevrtanje, drljanje, usitnjavanje, odnosno bilo kakvo zadiranje u prirodnu strukturu tla **narušava podzemnu arhitekturu pjeska, praha i gline koja se desetljećima oblikovala kroz rad mikro- i makroorganizama**, a kojima su za život potrebni zrak, voda i organske tvari. Oranje razara podzemnu hranidbenu mrežu koja je od presudne važnosti za stvaranje strukturnih mikroagregata koji drže vodu i plinove u tlu, te pružaju stanište mikroorganizmima.

Međutim, čak i nakon oranja, određeni broj mikroorganizama će ostati prisutan, te ako dobiju priliku, ponovno će, s vremenom, uspostaviti ravnotežu u tlu. No, nakon primjene sintetskih i mineralnih gnojiva te pesticida, **prirodno partnerstvo** tla, biljaka i mikroorganizama potpuno se uništava.

Prekomjerna upotreba **kemijskih gnojiva**<sup>31</sup> dugoročno osiromašuje tlo, negativno utječe na stvaranje organske tvari u tlu, uništava bioraznolikost, te zbog otjecanja u slivove i podzemne vode predstavlja opasnost za okoliš. Anorganska gnojiva su, također, izuzetno neučinkovita. Velik udio fosfora iz umjetnih gnojiva brzo se veže za minerale u tlu i postaje nedostupan biljkama. Dušik iz umjetnih gnojiva većim dijelom ostaje nedostupan biljkama, dok ga i više od 50% ispere kiša. Prosječna potrošnja mineralnih gnojiva **u Hrvatskoj iznosi 72 kg dušika po hektaru korištenene poljoprivredne površine**, što je više od prosjeka ostalih država članica EU, koje troše 65 kg dušika po hektaru korištenog poljoprivrednog zemljišta.<sup>32</sup>

<sup>31</sup> Za proizvodnju mineralnih gnojiva koriste se amonijeve soli koje se dobivaju **Habber-Boschovim postupkom**, odnosno katalitičkom sintezom amonijaka iz zraka i vodika.

<sup>32</sup> Studija *Zameci promjene: održiva poljoprivreda kao put prosperiteta za Zapadni Balkan*, HBS, 2014.



Obrada tla nekada i danas

#### **CIKLUS DUŠIKA**

**Dušik (N)** je važan **biogeni element** nužan za izgradnju aminokiselina, bjelančevina, enzima i nukleinskih kiselina. **Atmosfera sadrži 78% dušika (N<sub>2</sub>)**, a u zemlji je prisutan u obliku anorganskih spojeva (nitrati, nitriti, amonijeve soli) i organskih spojeva (urea, aminokiseline).

**Ciklus dušika** je proces u kojem dušik prelazi između različitih kemijskih oblika kroz biološke i fizičke procese. Mnoge od tih procesa obavljaju mikroorganizmi u nastojanju da pohrane energiju ili akumuliraju dušik u potrebnom obliku. **Organiski dušik** nalazi se u živim organizmima, **humusu** te u ostalim oblicima razgrađene organske tvari. Većina biljaka uzima dušik iz tla u obliku topljivih amonijevih i nitratnih soli te ga pretvaraju u aminokiseline. Samo neke biljke na čijem korjenju se nalaze dušikove bakterije, uz simbiotsko međudjelovanje, mogu koristiti dušik direktno iz zraka. Iz aminokiselina zatim nastaju specifične bjelančevine koje životinje, hraneći se biljkama, koriste za sintezu specifičnih životnjskih bjelančevina. Dušik se izlučuje kroz organizme životinja u obliku mokraće (sisavci) ili mokraće kiseline. Amonijak u **biosferu**<sup>33</sup> ulazi razgradnjom uginulih organizama, a prijelaz atmosferskog dušika u nitrate i amonijak naziva se **fiksacijom dušika**. Tako biljke ugrađuju dušik iz tla ili vode, a zatim se njima hrane biljojedi, mesojedi, svejedi. Kruženje ugljika završava uginućem organizma te mikrobiološkom razgradnjom čime ponovno nastaje amonijak (**amonifikacija**). Dušik u vodu ulazi kroz oborine, otjecanje ili kroz nešto drugačiji, no sličan, prijenos dušika (N<sub>2</sub>) iz atmosfere putem organizama u oceanima.

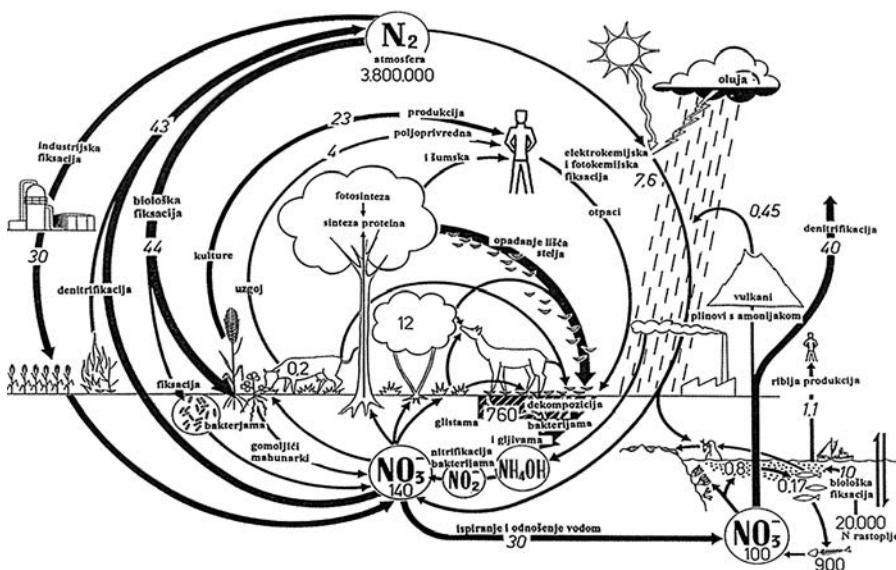
**33** **Biosfera** označava ukupno područje prostora Zemlje naseljenog živim bićima i atmosferu.

Ciklus dušika bitan je za ravnotežu ekosustava jer **njegova dostupnost utječe na ključne procese primarne proizvodnje i razgradnje biomase.**

Ljudske djelatnosti poput gnojidbe, spaljivanja biomase, industrijskog stočarstva, izgaranje fosilnih goriva, te oslobađanja dušika iz otpadnih voda i industrijskih postrojenja dramatično su promijenile globalni ciklus kruženja dušika. Čovjek godišnje otpušta 60% više dušikovih spojeva u biosferu nego što to čini priroda. Antropogeni unos dušika ( $N_2$ ) **iznosi 210 megatona (Mt) godišnje, dok iz prirodnih izvora potječe samo 140 megatona (Mt).** Zasićenje biosfere dušikom dovelo je do povećanja koncentracija amonijaka i dušikovih oksida koji aktivno mijenjaju atmosfersku kemijsku i pridonose povećanju temperature, te stvaraju smoga i kiselih kiša. Narušena kvaliteta biosfere posljedično smanjuje produktivnost i bioraznolikost ekosustava, te štetiti zdravlju biljaka, životinja, morskih organizama i ljudi.

Globalni ciklus kruženja dušika u biosferi u megatonama.

Brojevi u kurzivu odnose se na godišnji ciklus kruženja dušika, dok uspravne brojke pokazuju ukupne količine (prema Glavač, 2001.).



Bez zdrave zajednice mikro- i makroorganizama, koji biljkama pružaju sva potrebna hranjiva za rast i razvoj, dolazimo do problema neprekidne potrebe za dodavanjem umjetnih hranjiva iz eksternih izvora. I sam se “**otac umjetnih gnojiva**”, **Justus von Liebig**<sup>34</sup>, pred kraj života razočarao u vlastita nastojanja da zaobiđe prirodne procese napisavši: “Sagriješio sam protiv Stvoritelja i pravedno sam kažnjen. Želio sam unaprijediti njegov rad **jer sam slijepo vjerovao da je karika u nevjerljivom lancu zakona koji vladaju i stalno obnavljaju život na površini Zemlje zaboravljenja.**”<sup>35</sup>

Godine 1991. donesena je i Nitratna direktiva Europske unije (91/676/EEC) radi zaštite i sprečavanja daljnog prekomjernog **zagadivanja podzemnih i pitkih voda nitratima**. Postojeće je zagadenje u najvećoj mjeri uzrokovano poljoprivredom, odnosno **neodgovarajućom gnojidbom i nepravilnim skladištenjem stajnjaka**. Ispiranje nitrata iz anorganskih i organskih gnojiva (stajnjak) završava u podzemnim vodama i predstavlja izravnu opasnost za ljudsko zdravlje te, naravno, narušava biološku ravnotežu.

Zatvaramo oči pred činjenicom da je svijet pod našim nogama odgovoran za **95% planetarne bioraznolikosti**. Zdravo tlo obiluje sićušnim nevidljivim organizmima: nevjerojatnih 6 milijardi mikroorganizama nalazi se u samo jednoj čajnoj žličici zemlje. Kroz procese pripreme tla, iz godine u godinu se s većine poljoprivrednih površina uklanja sva vegetacija – korovi, druge biljke koje u tom trenutku nisu namijenjene proizvodnji, te ostaci usjeva iz prethodne godine – i tlo ostaje bez pokrova. **Ogoljelo zemljишte** izglađnjuje mikroorganizme u tlu kojima je potrebna i živa i mrtva organska tvar za prehranu. Čak i ekološki poljoprivrednici provode ovo narušavanje prirodne ravnoteže iz godine u godinu.

**Koefficijent isparavanja vode** povećan je u **tlu bez pokrova**. **Smanjena vlažnost** tla ograničava razvoj vegetacije koju želimo kultivirati. Golo se tlo brže i više zagrijava, što uvećava stope mineralizacije i smanjuje kapacitet tla da veže ugljik i zadrži vodu. Nedostatak organske tvari na površini smanjuje biološku raznolikost tla te povećava stope zbijanja, erozije i odrona. Općenito, smanjenje biološke raznolikosti narušava stabilnost i ključne funkcije ekosustava.

**Monokulturni uzgoj** se u prirodnim ekosustavima gotovo nigdje ne pojavljuje. Stoga priroda uvijek nastoji “popraviti” problem i uravnotežiti krajolik tako što šalje patogene organizme ili nametnike kako bi oslabila – ili čak ubila – dominantni usjev, te dopustila drugim vrstama da se usele. Prirodni sustavi

<sup>34</sup> **Justus von Liebig** (1803.-1873.) je njemački kemičar koji je, među ostalim mnogobrojnim izumima, u poljoprivredu uveo i umjetno gnojenje.

<sup>35</sup> **Hungry City: How Food Shapes Our Lives**, Carolyn Steel, 2013., str. 38



Tlo bez pokrova podložno je stvaranju pokorice, isušivanju, sabijanju i eroziji.

teže ravnoteži i ne dopuštaju dominaciju samo jedne vrste na nekom području. Dominaciju patogena nećemo pronaći u biološki raznolikom ekosustavu.

Kada u računicu ubacimo još i korištenje strojeva, s vremenom se povećava **zbijenost** tla. Zbijena su tla, zbog smanjene poroznosti, slabo drenirana, a stagniranje vode u tlima uzrokuje nedostatak kisika, što pogoduje razvoju anaerobnih organizama i utječe na stvaranje brazdi i vododerina. **Erozija** tla pod utjecajem vode i vjetra odnosi hranjive tvari i površinski sloj zemlje, a to pak izravno utječe na plodnost, prinose i kapacitet pohrane vode u tlu, što je pak znatan čimbenik prirodne sposobnosti ekosustava za ublažavanje posljedica poplava i suša.

Uslijed neodgovornog gospodarenja tlom **plodni, površinski sloj tla troši se 10-40 puta brže nego što se prirodno uspije obnoviti**. Procjenjuje se da se godišnje u prosjeku izgubi od **5 do 10 t/ha zemlje**. Usporedbe radi – prirodno se formira oko 0,5-1,0 t/ha površinskog sloja tla godišnje, odnosno, za formiranje 1 cm tla potrebno je i do 1000 godina, ovisno o klimatskim i drugim faktorima.

Još jedan veliki izazov za očuvanje poljoprivrednih površina predstavlja konkuriranje površina za proizvodnju **biogoriva i stočne hrane** s površinama za proizvodnju hrane za ljude. Iako se biogoriva doimaju kao “zelena energija”, ona u biti jednako kao i fosilna goriva prilikom korištenja ispuštaju stakleničke plinove u atmosferu. No, kako održivije prakse (o čemu će biti riječi kasnije u priručniku)



Erozija tla. Ispiranje gornjeg sloja tla nakon obilnih kiša.

uzgoja kultura za proizvodnju biogoriva predstavljaju potencijal za pohranu ugljika u tlo, te tako mogu doprinijeti zatvaranju ciklusa kruženja ugljika, biogoriva se smatraju manje štetnima od fosilnih goriva. Međutim, problem s biogorivima je činjenica da se proizvode od šećerne trske, kukuruza, soje, uljane repice i drugih biljaka koje same mogu poslužiti kao hrana. Također, uzgoj kultura za preradu u goriva podrazumijeva monokulturalni pristup, korištenje teške mehanizacije i agrokemikalija, te se najčešće za uspostavu takvih sustava na velikim površinama, radi isplativosti investicije, krče šume u zemljama trećeg svijeta, dok se gorivo koristi u razvijenim zemljama. Uzgoj stočne hrane također oduzima dragocjene površine za kultiviranje hrane za ljude potiskujući održive prakse prirodne ispaše životinja. Tako dolazimo i do etičkog problema proizvodnje hrane koja se koristi kao gorivo ili stočna hrana, dok u isto vrijeme svakih 3,6 sekundi na svijetu jedna osoba umre od gladi.

### **1.3.3. Poljoprivreda i stanje tla u Hrvatskoj**

Premda udio poljoprivrede u hrvatskom gospodarstvu čini maje od 6 % bruto domaće proizvodnje, prema podacima iz 2011. **poljoprivredni sektor čini značajan dio ukupnih nacionalnih emisija: 11.4 %**. Taj podatak ne sagledava

doprinose procesa prerade, transporta i skladištenja namirnica kroz sektor energije i prometa, kao ni značajan porast uvoza prehrambenih namirnica.

Program ruralnog razvoja Republike Hrvatske 2014.-2020. iznosi da je za **emisije metana (CH<sub>4</sub>)** najodgovornije **stočarstvo (unutrašnja fermentacija)**, **koje čini oko 80 % sektorskih emisija CH<sub>4</sub>**. Stoga je i dalje nužno pojačati provođenje mjera dobrog upravljanja stajskim gnojem na poljoprivrednim gospodarstvima u skladu s Nitratnom direktivom EU (91/676/EEC) i Pravilnikom o dobroj poljoprivrednoj praksi u korištenju gnojiva (NN 56/08), kako bi se zaštitili vodni resursi.

**“Najplodnija tla u Hrvatskoj (crnica i eutrično smeđe tlo) su kroz prethodnih stotinu godina obrađivanja izgubila 50-70 % organske tvari, a udio humusa je pao s prosječne razine od 4-6 % na 1-2 %. Najvažnija poljoprivredna tla u Hrvatskoj su u posljednjih 50 godina izgubila 2,1-2,8 % organske tvari, tj. 2,5 % organske tvari tijekom posljednjih trideset godina. Meliorirana tla su u razdoblju od oko dvadeset godina izgubila količinu humusa sa 6-10 % na 4-5 %, dok većina poljoprivrednih tala u Hrvatskoj danas ima sadržaj humusa od 1,5-2,5 %.” – Ž.Vidačak, M. Bogunović, A. Bensa, “Aktualno stanje zemljišta u Hrvatskoj”**

Od ukupne kopnene površine u Republici Hrvatskoj poljoprivredno zemljište zauzima oko 50 %, šume 44 %, a neplodna tla 6 % (tehnička namjena). Program ruralnog razvoja 2014.-2020. navodi kako u Hrvatskoj **gubitak površinskog sloja tla i plodnosti uzrokovan erozijom iznosi od 3,8 do 4 milijuna tona godišnje**. To je znatno više od prosjeka država članica Europske unije, koji iznosi 2,76 t/ha (EUSTAT 2012<sup>36</sup>). U Slavoniji i Baranji, gdje oranice zauzimaju više od polovice površine, tla sadrže u prosjeku od 2,1 do 2,8 % humusa, što je približno dva puta manje od sadržaja humusa u šumskom tlu (4-5 %). Takvo nepovoljno stanje humizacije posljedica je **dugotrajne intenzivne nekontrolirane agrotehničke prakse i prekomjernog iskorištavanja tla**. Podaci ukazuju i na to da erozija uzrokovana vodom utječe na gotovo 1,5 milijuna hektara poljoprivrednog zemljišta.

<sup>36</sup> EUROSTAT je statistički ured Europske unije (The Statistical Office of the European Communities), osnovan 1953. godine. Osnovni zadatak Eurostata je prikupljanje i obrađivanje usporedivih statističkih informacija iz država članica EU koje služe kao podloga za pripremu i provedbu politika Zajednice.

**HUMUS**

**Humus** (lat. *zemlja*) je organska tvar nastala **procesom humifikacije**, odnosno mikrobiološkim procesima razgradnje organskih tvari uginulih biljaka i životinja, te sinteze novih organskih tvari. Pretvorbom mrtve organske tvari nastaju kompleksni spojevi – **huminske kiseline**,

**humin i fulvinske kiseline.** Humus je dinamična komponenta tla čija transformacija ovisi o hidrotermičkim uvjetima, mikroorganizmima i čovjekovu utjecaju.

Postepenom razgradnjom humusne tvari iz organskih spojeva koji sadrže dušik, fosfor i sumpor, nastaju anorganske tvari: nitrati, fosfati i sulfati. One su topive u vodi i na taj način dostupne biljakama. Proces pretvorbe organskih ostataka u humusnu tvar, a zatim humusne tvari u jednostavne mineralne tvari naziva se **mineralizacijom**. Humus predstavlja skup stabilnih molekula, poput huminskih kiselina, koje u svojoj stabilnoj formi imaju životni vijek i do 500 godina.

Procesom mineralizacije organskih tvari oslobođaju se biljna hranjiva koja ulaze u novi ciklus rasta i razvoja biljaka. Biljke hranjive tvari crpe iz tla, pa se količina tih tvari tijekom vremena u tlu smanjuje. U prirodi se taj postepeni nedostatak hranjiva u tlu nadoknađuje ponovnom pretvorbom organske tvari u hranjiva, na primjer, kroz razgradnju lišća otpalog u jesen, ili povratkom prerađene organske tvari kroz izmet životinja, i sl.

**Humus sadrži velike količine ugljika i dušika**, odlikuje se sposobnošću sporog otpuštanja hranjiva, povoljno utječe na strukturu tla i vodozračne odnose, te toplinu tla. Zbog velikog udjela ugljika i dušika, humus povoljno utječe na razmnožavanje mikroorganizama koji dalje razgrađuju organske tvari i razlažu mineralne sastojke, zatvarajući tako prirodan ciklus kruženja hranjiva.

### 1.3.4. Eksterni troškovi<sup>37</sup>

U suvremenoj profitno-motiviranoj poljoprivredi rijetko se kada sagledavaju **eksterni troškovi** poljoprivredne proizvodnje, odnosno troškovi obnove okoliša koji se plaćaju u budućnosti i za koje je često kasnije potrebno izdvajati financije iz javnog sektora. U procjenama utjecaja poljoprivrednog sektora na okoliš izostavlja se učinak koji agrotehičke mjere imaju na vodu, tlo, zrak

<sup>37</sup> **Eksterni troškovi** označavaju cijenu prouzročene štete u okolišu; služe kao pokazatelj čimbenika koji utječu na opadanje ukupnog obujma **usluga ekosustava** ili troškove izazvane obnovom i održavanjem prirodnog okoliša.

i klimu. Ekološki se troškovi ne uzimaju u obzir zbog nedostatka ujednačene metodologije izračuna teško procjenjivih posljedica, te nedostatka pouzdanih podataka o krajnjem utjecaju pojedinih metoda ili alata.

**Kako kvantificirati zdravorazumsku vrijednost zdrave hrane, zdravih ljudi i zdravog okoliša? Kako procijeniti prirodni kapital usluga ekosustava<sup>38</sup>? Kako odrediti istinsku vrijednost okoliša koji vrvi životom?**

Čini se kako su svi dosadašnji naporci čovječanstva da unaprijedi metode kultiviranja i nastojanja za povećanjem prinosa doprinjeli samo smanjenju općeg razumijevanja postojecog bogatstva i osjetljivosti ekosustava koji nastanjujemo. Čini se da su dosadašnje neodržive poljoprivredne prakse potekle iz **temeljnog nerazumijevanja osnovnih prirodnih procesa i neuviđanja uzročno-posljedičnih veza**. Iz perspektive evolucijske biologije, nemogućnost da se uvidi dugoročno djelovanje i sagledaju posljedice loših odluka naziva se **“neprilagođena reakcija”**. Neuviđanje da neka akcija ili odluka može imati učinak na nešto što je samo naizgled nepovezano, ukazuje na stupanj **društvene kratkovidnosti** i naše nepovezanosti sa živim svijetom oko nas, odnosno, na nedostatak promatranja, intuicije, analize i kritičkog mišljenja.

## 1.4. Klimatski pametna poljoprivreda

**“Uloga poljoprivrede je proizvodnja hrane i vlakana, dok je kvalitetu tla uvijek nužno poboljšavati.”** – P.A.Yeomans, *Izazov krajolika (The Challenge of Landscape)*, 1958.

Poljoprivreda se doista nalazi u samoj srži gotovo svih današnjih društveno-ekonomskih i ekoloških problema – bilo **kao izvor ili kao moguće rješenje tih problema**. Zaštita, dobro upravljanje i održivo gospodarenje tlom neophodni su za sigurnost i budućnost prehrambenog sustava jer su **tla osnovni resurs primarnih djelatnosti**, što znači da predstavljaju i osnovni izvor egzistencije za mnogobrojne zajednice i milijune ljudi. Međutim, kao uvjet za obnavljanje tla, uzgoj zdrave hrane i posljedično kultiviranje otpornih ljudi, nužno je pružiti veću podršku razvoju organskog poljodjelstva. Kroz demonstracijske programe obnavljajućih metoda poljoprivrede važno je izgraditi kapacitete za razmjenu

**38 Usluge ekosustava** podrazumijevaju one usluge koje priroda pruža besplatno, a čovjek ih koristi. To su na primjer: polinacija, tvorba tla, ciklus kruženja hranjivih tvari, pročišćavanje vode, proizvodnja kisika, zaštita od erozije, reguliranje klima, hrana, vlakna, voda, kulturološke usluge.

znanja i vještina kako bismo dorasli zadatku ostvarivanja **klimatski pametne poljoprivrede.**

Mnogobrojna istraživanja ukazuju na potencijal upravo poljoprivrednog sektora u **posredovanju ublažavanja klimatskih promjena kroz vezivanje i pohranjivanje atmosferskog ugljika u tlo putem ciljanog povećanja populacija gljiva i bakterija, te kombiniranje prikladnih regenerativnih praksi organskih poljoprivrednih sustava.** Stoga je, ako na vrijeme želimo umanjiti posljedice negativnog utjecaja čovjeka na okoliš i osmisliti uspješne strategije za ublažavanje klimatskih promjena, nužno sagledati utjecaj poljoprivrednog sektora i uspješno usvojiti nove prakse korištenja i upravljanja zemljištem.

Dobra vijest je svakako da se **sva poljoprivredna proizvodnja zasniva na besplatnom, svima dostupnom i jednostavnom, niskotehnološkom procesu – fotosintezi**, odnosno, da živimo u golemom biološkom sustavu koji ima mogućnost riješiti nasljeđene probleme. Sva tehnologija koju trebamo upregnuti, a koja nam je već nadohvat ruke, su **evolucijski prilagođene uloge biljaka te mikro- i makroorganizama kojima trebamo dopustiti da odrade svoja prirodna zaduženja.** Najjednostavniji drevni alat za postizanje biološki aktivnog i nutritivno bogatog tla je **kompostiranje.**



## 2. Kako vratiti život u tlo

### 2.1. Što agrokemikalije čine našem tlu?

Prije samo 60 godina sva je poljoprivreda bila ekološka, tj. organska. To je relativno kratak vremenski period s obzirom na to da se poljoprivredom u ovom obliku bavimo već oko 10 000 godina, a raznim drugim oblicima uzgoja biljne hrane i puno duže. Naziv "konvencionalna" poljoprivreda je potpuno neadekvatan budući da riječ "konvencionalno" znači normalno, ubičajeno. Organska ili ekološka hrana bi, prema tome, trebala biti nešto posebno, neuobičajeno i nekonvencionalno. Većina naših djeđova i baka i svih njihovih predaka imala je privilegiju jesti isključivo organsku hranu koju nisu nazivali posebnim nazvima. To je jednostavno bila – hrana. I to ne samo hrana koja nije bila zatrovana kemikalijama, već hrana koja je sadržavala puno više hranjivih tvari nego moderna, "konvencionalna" hrana. Mnogo bi prikladnije bilo konvencionalnu hranu nazvati "kemijskom" ili "umjetnom" hranom, a organsku/ekološku hranu nazivati samo riječju "hrana". Također, paradoksalno je da današnji ekološki poljoprivrednici podliježu strogim kontrolama kako bi dobili certifikat o tome da hrana koju proizvode nije zatrovana, dok oni koji koriste kemikalije ne podliježu nikakvim kontrolama, te ne moraju imati posebnu strukovnu garanciju da zaista znaju rukovati tim opasnim otrovima.

Postoji široko rasprostranjeno uvjerenje – možemo ga nazvati mitom – o tome kako je kemijska poljoprivreda produktivnija od ekološke, te da je zato tako uspješna i rasprostranjena. To može biti istina, ali isključivo ako kemijsku poljoprivodu uspoređujemo s onom ekološkog poljoprivrednika koji ne surađuje s prirodom, to jest ne koristi sve blagodati zdravog tla. **Konvencionalna poljoprivreda ne daje veće prinose od ekološke poljoprivrede.** No samo pod uvjetom da se ekološka poljoprivreda prakticira na ispravan način, da je u suradnji s prirodom. Pokazalo se ne samo da ekološka poljoprivreda može konkurirati konvencionalnoj, već da je svojim prinosima može i nadmašiti. To se posebice pokazalo točnim za vrijeme nepovoljnih vremenskih prilika kao što su suše,

budući da su biljke u ekološkom uzgoju otpornije na sušu. U zdravom tlu, biljke razvijaju dublji korijen pa lakše dolaze do vode i stoga su otpornije na bolesti.

Na Institutu Rodale (Pennsylvania, SAD) se od 1981. godine provodi ekstenzivno znanstveno istraživanje koje se temelji na usporedbi konvencionalnih poljoprivrednih metoda s raznim ekološkim metodama. U više od 34 godine istraživanja bez dvojbe se pokazalo sljedeće:

- prinosi ispravno prakticirane ekološke poljoprivrede jednaki su prinosima konvencionalne poljoprivrede,
- u sušnim godinama prinosi ekološke poljoprivrede premašuju prinose kemijske poljoprivrede,
- hrana uzgojena na ekološki način, osim što ne sadrži tragove kemikalija, također ima znatno veću hranjivu vrijednost od kemijski uzgojene hrane,
- ekološke metode izgrađuju tlo umjesto da ga iscrpljuju, što znači da su ekološke metode dugoročno puno održivije,
- ekološke metode koriste 45 % manje energije i puno su efikasnije,
- kemijska poljoprivreda proizvodi 40 % više stakleničkih plinova nego ekološka,
- ekološke su metode mnogo profitabilnije nego kemijske poljoprivredne metode, čak i kada bi se izjednačila tržišna cijena hrane.

Korištenje kemikalija za tretiranje biljaka i tla je doslovno sijanje smrti. Neke od tih kemikalija (pesticidi, herbicidi, fungicidi) dizajnirane su upravo kako bi ubijale određene vrste organizama. Primjerice, ako imamo problem s nematodama (mikroskopski crvići) koje napadaju korijen usjeva, prskanje pesticidom protiv nematoda ne samo da će pobiti te nematode, već će usput pobiti i sve dobre tj. korisne nematode. Općenito, nematode su na lošem glasu upravo zbog određenih vrsta nematoda koje napadaju korijen biljaka, međutim manje je poznata činjenica da druge vrste nematoda, posebice one koje se hrane bakterijama i micelijem gljiva, imaju važnu ulogu u regulaciji dušika u tlu. Također, tu su i parazitske nematode koje napadaju štetočine poput puževa golača. Zapravo, većina nematoda štiti usjeve i ne bismo ih se smjeli olako riješiti. Korištenjem pesticida stoga stvaramo više štete nego koristi.

Problem nematoda koje napadaju korijen upućuje na neki drugi problem s tlom, pa problemu moramo pristupiti cjelovito, sagledavajući tlo kao sustav, a ne kao skup izoliranih organizama i kemijskih tvari. Korištenjem pesticida zapravo stvaramo uvjete idealne za razvoj bolesti i korova. Bolesti i korovi su organizmi

koji se izuzetno brzo razvijaju upravo u uvjetima sustava koji nije u ravnoteži. Korištenjem pesticida sustav izbacujemo iz prirodne ravnoteže i jedino čemu se možemo nadati je razvoj bolesti i korova, što zahtjeva korištenje sve više kemikalija. Tako zapravo ulazimo u začarani krug agrokemikalija i smrti. Sve što tlu i biljkama koje uzgajamo treba je zdrava, funkcionalna, bioraznolika mreža mikro- i makroorganizama koji se i inače nalaze u tlu u prirodnim okolnostima.

U slijedećim čemo poglavljima naučiti da je vraćanje prave vrste živih organizama u tlo jedini i najvažniji korak koji možemo učiniti kako bismo povećali produktivnost sustava proizvodnje hrane. Na taj način ne samo da ćemo prinosima nadmašiti konvencionalnu poljoprivredu nego ćemo i znatno smanjiti potrošnju vode za navodnjavanje kod usjeva koji to trebaju. Također, na taj način poljoprivredu pretvaramo u moćan alat za borbu protiv klimatskih promjena!

### **ODRŽIVA POLJOPRIVREDA**

U 1980-tim godinama termin "održiva poljoprivreda" podrazumijevao je zabranu oranja. Od tada do danas razvijene su mnoge tehnike uzgoja hrane bez potrebe za prevrtanjem tla (engl. *no-till*). Metode uzgoja bez oranja baziraju se na zelenoj gnojidbi, korištenju predusjeva i polijeganju predusjeva prije sjetve glavnog usjeva. Međutim, već tada je primijećeno da takve metode ponekad funkcioniраju, a ponekad ne. Problem je bio u tome što se nije znalo koliku važnost predstavljaju organizmi u tlu. U nekim istraživanjima koja su provedena na američkom Sveučilištu u Georgiji, prijelaz na metode bez oranja pokazao se katastrofalnim, budući da nije bilo organizama koji će razgraditi predusjev. Umjesto da se razgradio, predusjev se pretvorio u anaerobnu sluz koja je bila toliko skliska da je onemogućavala traktorima da prolaze poljem i obavljaju svoj posao. Zatim je u to usijan glavni usjev – kukuruz koji je isto tako istrnuuo, uslijed djelovanja anaerobnih organizama. Vraćanje korisnih, aerobnih mikroorganizama u tlo putem komposta i kompostnog čaja riješilo je sve probleme. Istraživanje se nastavilo i s vremenom su pesticidi postali nepotrebni, a količina potrebnog gnojiva se smanjila stostruko – s 400 kg umjetnog gnojiva po hektaru na 4 kg/ha. U Hrvatskoj se prosječno koristi 72 kg gnojiva po hektaru što je i dalje puno u odnosu na to koliko tog gnojiva zaista dospije do biljaka.

Također je potrebno napomenuti da znak ekološkog proizvoda i poštivanje pravilnika o ekološkoj poljoprivredi ne garantiraju da su poljoprivredne prakse održive. Mnogi ekološki poljoprivrednici temelje svoju proizvodnju na životinjskim gnojivima što nije samo po sebi loše, ali dugoročno ne gradi tlo i zapravo je vrlo neisplativo. Neke su kemikalije dopuštene u ekološkoj poljoprivredi, kao što je na primjer modra galica (bakrov(II)-sulfat). No kako

god sagledali, ta je kemikalija fungicid, pa osim što uništava bolesti, uništiti će i korisne gljive. Na taj način stvaramo kontraefekt jer time uništavamo i gubimo glavni štit – korisne gljive koje brane biljku od gljivičnih oboljenja.

Poljoprivrednu praksu možemo smatrati održivom samo ako dugoročno gradi humusni sloj tla, upija ugljik iz atmosfere i pohranjuje ga u tlo, ne koristi nikakve kemijske proizvode, te smanjuje količinu potrebnog rada i ulaganja energije.

#### **PRIJELAZNI PERIOD**

Čak i ako je tlo zatrovano pesticidima, uz pomoć korisnih mikroorganizama moguće ga je u jednoj sezoni obnoviti i pripremiti za maksimalnu produktivnost. U takvim slučajevima koristi se kompostni čaj specifično namijenjen za tu svrhu, a mora biti bogat određenim vrstama bakterija (4 vrste bakterija iz roda *Pseudomonas* i nekoliko vrsta iz roda *Bacillus*). Te su bakterije superjunaci podzemnog svijeta! One proizvode enzime koji razgrađuju benzensku strukturu molekula pesticida i na taj način neutraliziraju njihov učinak. Za ovaj postupak potrebno je svega 3 mjeseca. No proces je dosta zahtjevan za bakterije, te im moramo osigurati dovoljno hrane (melasa) i veliku količinu bakterija u kompostnom čaju.

Dakle, ako su u tlu prisutni pesticidi nema nikakvog smisla angažirati tešku mašineriju da bi se to tlo premjestilo. Umjesto toga, postupkom **bioremedijacije**<sup>39</sup> tlo možemo potpuno obnoviti i ozdraviti.

## **2.2. Biologija tla – što se sve nalazi tamo dolje?**

Bez živih bića, tlo se svodi samo na mineralnu komponentu. Dakle, ako izuzmemos organizme, ono što nazivamo zemljom sastoji se samo od gline, praha i pijeska, te nešto organske tvari. Bez života, tlo je samo prašina. U konvencionalnoj poljoprivredi mogli bismo reći da je tlo mrtvo. Ako pogledamo, primjerice, neku klasičnu oranicu na kojoj raste kukuruz ili pšenica, tlo sadrži daleko manje organizama nego što je to uobičajeno kod zdravog, funkcionalnog ekosustava u prirodi. Iz perspektive vrtlara ili poljoprivrednika mogli bismo pomisliti da nam organizmi u tlu nisu važni jer nas primarno zanimaju biljke koje rastu iz njega, to jest naš urod. Međutim, u sljedećih nekoliko poglavljia ovog priručnika naučit ćemo da je glavna i osnovna zadaća odgovornog vrtlara

<sup>39</sup> **Bioremedijacija** je postupak čišćenja i obnove onečišćenog, zatrovanih ekosustava pomoću živih bića. Primjerice, kod naftnih izljeva mogu se koristiti biljke ili gljive koje imaju sposobnost pročišćavanja terena, a mikroorganizmi tla imaju u tom procesu vrlo važnu ulogu.

ili poljoprivrednika vratiti život u tlo. Koristi takvog pristupa su višestruke jer organizmi u tlu:

- potiskuju bolesti i to se odnosi na sve bolesti, čak i one koje se pojavljuju na listu biljke,
- zadržavaju hranjive tvari u tlu (imobilizacija hranjiva),
- pretvaraju hranjive tvari u oblik dostupan biljkama,
- grade strukturu tla, što omogućava biljkama dublje prodiranje korijena u tlo što rezultira otpornijim i zdravijim biljkama,
- indirektno utječu na povećanje prinosa,
- pohranjuju ugljik u tlu.

**“Da bi smo proizveli zdravu hranu, potrebno nam je zdravo tlo koje zahtjeva da istovremeno upravljanmo kemijom, fizikom, biologijom i mikrobiologijom tla.”** - Elaine Ingham

**Elaine Ingham** istaknuta je biologinja poznata po istraživanjima međuodnosa unutar **hranidbene mreže tla**, odnosno, mikrobiologije i biljaka. Osnivačica je, predsjednica i direktorica tvrtke **Soil Foodweb Inc.**<sup>40</sup> koja se bavi istraživačkim programima temeljenim na njezinom ranijem radu u sklopu Sveučilišta u Oregonu. Cilj tvrke je prevesti ova znanja u akcije koje će osigurati zdravu prehrambenu mrežu koja poboljšava stanje tla bez oštećenja ekosustava, te smanjuje oslanjanje na anorganske kemikalije. Dr. Ingham promiče viziju održive poljoprivrede pomoći edukacije o izradi **bio-stimulacijskih proizvoda** za poticanje populacije mikroorganizama u tlu, što zauzvrat pospješuje rast biljaka.

Bez obzira kojim tipom uzgoja hrane se bavimo, korisno je u tlu imati zdrav, uravnotežen ekosustav koji će podupirati rast biljaka. Dakle, čak i ako se bavite konvencionalnom poljoprivredom jer još niste spremni odustati od uporabe agrokemikalija, valja razmisliti o tome da primjenite tehnike opisane u ovom priručniku. Pokazalo se da za vrijeme sušnih sezona oranicama koje se sastoje od živog tla produktivnost ne pada u odnosu na ostale sezone. Uz pomoć biološki zdravog tla možete smanjiti uporabu agrokemikalija i na taj način uštedjeti značajne količine novčanih sredstava!

No iako ove metode mogu revolucionarno unaprijediti konvencionalnu poljoprivrodu, ono čemu bismo uistinu trebali težiti je održiva ekološka proizvodnja u kojoj se potpuno ukida potreba za korištenjem bilo kakvih

<sup>40</sup> <http://www.soilfoodweb.com>

agrokemikalija. Čak i kada bismo izjednačili cijenu ekološki uzgojene i konvencionalno uzgojene hrane, ekološka poljoprivreda je i dalje daleko isplativija zbog puno manjih troškova proizvodnje, kao posljedica eliminacije agrokemikalija i smanjenje potreba za navodnjavanjem za 70 % (ukoliko se bavimo uzgojem kultura koje zahtijevaju navodnjavanje).

Živi organizmi u tlu važni su bez obzira bavimo li se uzgojem industrijskih žitarica, voćarstvom, vinogradarstvom, povrćarstvom, uzgojem cvijeća, održavanjem pašnjaka za prehranu stoke ili čak održavanjem golf terena. No nije svako tlo isto i u poglavljima koja slijede naučit ćemo kako kreirati uvjete u tlu koji su pogodni točno za onu kulturu koju uzgajamo. Pomnim promatranjem biologije tla u prirodnim ekosustavima došli smo do znanja kako se igrati s parametrima koji vladaju u tlu i na taj način kreirati kompost i tlo koje će biti najpovoljnije za našu kulturu. Okvirno možemo reći da će nam za uzgoj trajnica trebati tlo u kojem prevladavaju gljive, dok jednogodišnjim biljkama treba tlo u kojem prevladavaju bakterije. Naučit ćemo da je omjer biomase bakterija i gljiva važan parametar kojim možemo manipulirati i tako kreirati maksimalnu plodnost tla, ovisno o tome što uzgajamo.

Kada u svakodnevnom govoru koristimo termin "gljive", najčešće mislimo na plodna tijela gljiva koja u jesen i proljeće rastu u šumama. No glavnina tijela gljive nalazi se pod zemljom u obliku micelija koji se može sastojati od vlakana koja se protežu kilometrima kroz tlo. Jeste li znali da najveći živući organizam na našoj planeti nije plavetni kit, nego upravo gljiva? U šumama Oregona (SAD) nalazi se najveće živo biće na Zemlji i radi se o gljivi vrste *Armillaria ostoyae* koja se proteže površinom od 880 hektara. Metodom analize DNK znanstvenici su utvrdili da se radi o jednoj jedinci, dakle ne radi se o skupu gljiva iste vrste, već sva ta golema biomasa čini jednu jedinu gljivu!

U ovom priručniku termin "gljiva" koristimo kako bismo opisali bilo koji od organizama iz carstva gljiva (fungi). Budući da je carstvo gljiva vrlo širok pojam, terminom "gljiva" obuhvaćamo i ono što nazivamo gljivicama (mikroskopske gljive), i kvasce, pljesni, lišajeve i zapravo sve što spada u to carstvo.

## 2.2.1. Stanište

Prije nego što detaljnije pogledamo kakvi se sve organizmi nalaze u tlu, važno je napomenuti da će život u tlu jako ovisiti o staništu, dakle o uvjetima koji ondje vladaju. Ako želimo neko tlo oživjeti i osposobiti ga za maksimalnu produktivnost, moramo osigurati uvjete u tlu u kojima organizmi koji nam trebaju uopće mogu ne samo opstati, nego i prosperirati. Poznavanje staništa vrlo nam je bitno i za proces kompostiranja, ali i za samo tlo. Stanište nepovoljno za aerobne organizme bit će povoljno za bolesti i na taj način upravljanjem staništem diktiramo i kakav će se život u tlu razvijati, što značajno utječe na urod.

Zato se prilikom kompostiranja i prilikom obrade tla trebamo zapitati stvaramo li uvjete koji su povoljni za korisne organizme ili stvaramo uvjete povoljne za bolesti? Uvjeti koji definiraju neko stanište su:

- sadržaj kisika,
- vlaga,
- temperatura,
- hranjive tvari,
- ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ),
- fizikalni čimbenici.

Ovisno o tome kako se mijenjaju ovi čimbenici, mijenjat će se i život u tlu. Vjerojatno najvažniji čimbenik bitan za stanište je **sadržaj kisika**. On je ključan kako bismo u tlu ili u kompostu zadržali aerobne organizme koji su nam korisni. Mjera za sadržaj kisika u tlu ili kompostu je ppm (engl. *parts per million*).

### SADRŽAJ ORGANIZAMA U TLU I KOMPOSTU U OVISNOSTI O KISIKU:

- > 6 ppm  $\text{O}_2$  - aerobni mikroorganizmi
- < 6 ppm  $\text{O}_2$  - fakultativni aerobni organizmi (primarno su aerobni ali mogu preživjeti anaerobne uvjete)
- < 4 ppm  $\text{O}_2$  - anaerobni mikroorganizmi

U fakultativne aerobne organizme spadaju mnoge bolesti biljaka kao što su na primjer:

- *Pythium* - palež koja napada tikvenjače, rajčice, salate i sl.,
- *Phytophthora* - vršna palež,
- *Rhizoctonia* - gljivično oboljenje koje napada korijen brojnih vrsta biljaka, između ostalog krumpir,
- *Fusarium* - plijesan koja napada određene vrste povrća i žitarica u skladištima,

- proizvodi toksične mikotoksine opasne za čovjeka,
- *Cylindrocarpon* - uzrokuje trulež jagode i rak drveta jabuke,
  - *Armillaria* - parazitske gljivice koje napadaju drvenaste dijelove biljaka.

Prema tome, u svom tlu i kompostu želimo potpuno aerobne uvjete ( $>6$  ppm kisika) jer ti uvjeti najviše odgovaraju korisnim organizmima koji potiskuju bolesti. Također, bitno je da se naša kompostna hrpa prilikom kompostiranja zagrije najmanje na  $55^{\circ}\text{C}$ , tako da toplinom eliminiramo sve patogene organizme (uzročnike bolesti), te sjeme korova.

Ako neku od ovih bolesti odlučimo tretirati fungicidima, bolest će privremeno nestati, no uvjeti u tlu će i dalje pogodovati razvoju bolesti, pa na taj način nismo riješili problem nego samo privremeno suzbili simptom. Također, fungicid će pobiti sve one korisne organizme u tlu (ili listu) koji su nam prva linija obrane protiv bolesti. Nakon tretmana fungicidima, bolesti se brzo vraćaju ako ne promijenimo uvjete u staništu i vratimo korisne aerobne organizme u sustav.

Svi mikroorganizmi koji kod čovjeka izazivaju zarazu (patogeni) su anaerobni, kao što su recimo *Escherichia coli* i *Salmonella sp*. U crijevima čovjeka vladaju anaerobni uvjeti, dakle nema kisika, pa su crijeva čovjeka pogodno stanište za mnoge anaerobne organizme od kojih su neki patogeni. Ako u kompostu imamo **aerobne uvjete** i dovoljno aerobnih organizama, onda **patogeni organizmi ne mogu preživjeti**.

Važno je da su uvjeti u tlu aerobni ( $>6$  ppm kisika) tijekom cijele godine. Isto vrijedi i za kompost i kompostni čaj. Kod kompostnog čaja mikroorganizmi ovise o kisiku koji je otopljen u vodi, stoga moramo biti posebno oprezni kako u njemu ne bi zavladali anaerobni uvjeti (više o tome u sljedećim poglavljima).

#### **REGULACIJA KISIKA U KOMPOSTU**

Kod procesa kompostiranja, lako je regulirati količinu kisika u kompostnoj hrpi. Ako primjećujemo anaerobne znakove, kompostnu hrpu trebamo jednostavno preokrenuti i na taj način dodati kisik. Također trebamo paziti da kompostna hrpa ne bude premokra jer se na taj način stvaraju anaerobni uvjeti. Anaerobnu kompostnu hrpu ćemo prepoznati po neugodnim mirisima. Ovdje vrijedi zlatno pravilo: ako je miris neugodan, onda je proces anaeroban. Zdrav, aeroban kompost nikada i ni u kojoj fazi kompostiranja ne smije imati neugodan miris. Crna je boja također znak anaerobnog kompostiranja. U tom slučaju obično se radi o previsokim temperaturama i crna je boja posljedica prisutnosti ugljena, to jest potpuno oksidiranih ugljikovih spojeva. Boja komposta treba biti tamno smeđa, a ne crna!



Aktinobakterije

Još jedan znak prepoznavanja anaerobnih uvjeta u kompostranju pojava je sivih, pepeljastih tvorevina. Ovo nažalost nisu micelija gljiva, nego se radi o aktinobakterijama koje su fakultativni anaerobni organizmi. Pokazatelj su da gubimo kisik i da trebamo hitno preokrenuti kompostnu hrpu. Aktinobakterije također ubijaju micelij korisnih mikoriznih gljiva. Jedino u slučaju kad uzgajamo isključivo kupusnjače nam mikorizne gljive nisu važne, sve druge kulutre bolje uspjevaju ako rastu u simbiozi s mikoriznim gljivama.

Moramo imati na umu da je proces kompostiranja aeroban proces, što znači da se kisik zarobljen u džepićima zraka unutar komposta relativno brzo potroši. Razmnožavanje mikroorganizama troši kisik i time raste temperatura, a kao nusproizvod nastaje ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ). Temperatura unutar kompostne hrpe nije jednolika, dakle normalno je da će pri rubovima biti niža temperatura, a u samoj jezgri kompostne hrpe će biti viša temperatura. Temperatura jezgre nikada ne smije biti viša od  $70^\circ\text{C}$ , a najbolje bi bilo da, sigurnosti ради, nikada ne prelazi  $65^\circ\text{C}$ . Iznad  $70^\circ\text{C}$  gubimo sve korisne mikroorganizme. Ako je taj porast temperature postepen, onda većina organizama odlazi u stanje mirovanja (dormancije), no ako temperatura poraste naglo, mikroorganizmi umiru. U samo 3 dana jedna bakterija se razmnoži u 100 milijuna bakterija, a jedna hifa gljive u kilometre i kilometre hifa. Moramo biti svjesni koliko sam proces kompostiranja troši kisika kako bismo na vrijeme reagirali i preokrenuli kompost da bi se stanište održalo aerobnim.

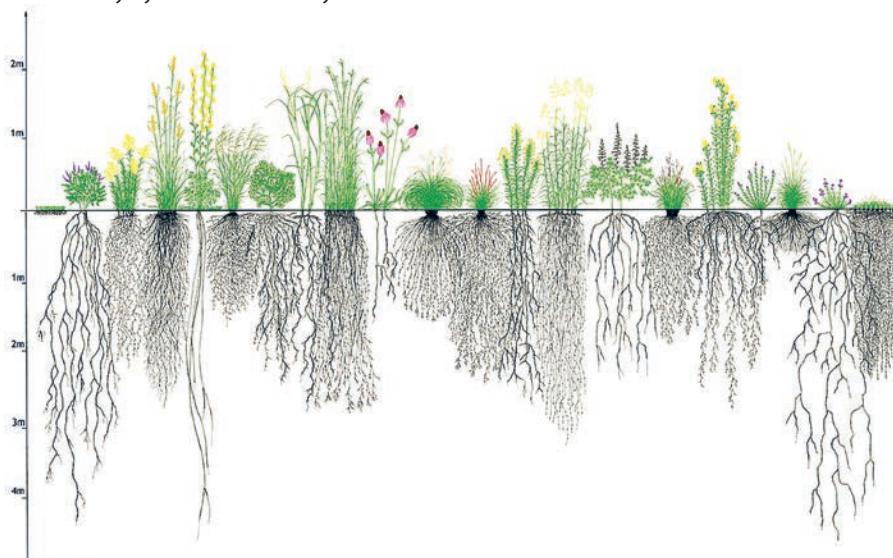
### REGULACIJA KISIKA U TLU

Sa samim tlom, situacija je ponešto složenija. Oranje je jedna metoda kojom je moguće vrlo brzo i lako dovesti kisik, no negativne posljedice oranja su zbijanje tla (stvaranje anaerobnih uvjeta u dubljim slojevima) i razaranje micelija gljiva, te ubrzana oksidacija hranjivih tvari. Stoga bi tu metodu trebalo koristiti kao posljednju. Umjesto toga, dugoročna izgradnja strukture tla pomoću organizama u tlu, biljaka koje ondje rastu, te pravilnog omjera magnezija i kalcija ima znatno dalekosežniji učinak. Suradnja s prirodom umjesto borbe protiv nje ključ je produktivnosti svakog ekosustava, te tako trebamo pristupiti vrtlarstvu i poljoprivredi – to su ekosustavi, a na nama je da se potrudimo da oni budu maksimalno produktivni. U poglavljima koja nadolaze opisat ćemo kako da posao rahljenja tla prepustimo biljkama i organizmima u tlu, te kako trajno regulirati omjer kalcija i magnezija u tlu što je preduvjet za očuvanje tla prozračnim.

### ZBIJENOST TLA

Opće je poznata činjenica da zbijeno tlo nije povoljno za uzgoj biljaka, no važno je razjasniti zašto je tome tako. U prvom redu, u zbijenom tlu nema dovoljno zraka, što znači da je ono anaerobno, a takvi uvjeti nisu povoljni za razvoj organizama koji potpomažu razvoj biljaka. Dapače, u anaerobnim uvjetima se razvijaju organizmi koji će oslabjeti razvoj korijena. U tlu u kojem su prisutni

Korijenje nekih livadnih biljaka



korisni organizmi koji omogućavaju mineralizaciju tvari u oblik topiv u vodi, korijen biljaka se može razviti do puno većih dubina nego što se ranije vjerovalo. Zastarjela su uvjerenja da korijen žitarica ne ide dublje od 4 do 10 cm, dok nam novija saznanja ukazuju na to da u pravim uvjetima korijen jednogodišnje žitarice može doseći i nekoliko metara. Kod najproduktivnijih vrsta trava, korijen može doseći i dubinu do 5 metara. Na tim dubinama jedini način kojim kisik prodre u tlo jest putem kanalića koje izgrađuju organizmi tla.

Dakle, prepreke razvoju korijena nisu mehaničke, već je mnogo važnije kakvi organizmi su prisutni u tlu. Anaerobni organizmi proizvode alkohol koji ubija korijen bilo koje biljke. Zdrave i snažne biljke mogu probiti beton, pa tako i zbijeno tlo, no samo pod uvjetom da ih pritom ne ograničavaju organizmi u tlu i kemijski spojevi koji nastaju u anaerobnim uvjetima (alkoholi). S druge strane, pionirski korovi imaju plitak korijen i u zbijenim tlima će uvijek nadjačati kultivirane biljke.

Primarni razlog zašto uopće obrađujemo tlo mehaničkim putem (oranje, tanjuranje, drljanje, frezanje itd.) je dovođenje zraka u tlo. Oranje je zaista brza metoda pomoću koje prozračujemo tlo, međutim s donje strane pluga se zbog pritiska stvara tzv. "taban pluga", što znači da ispod preorane mase zemlje tlo postaje još zbijenije. Poljoprivredna mehanizacija se zbog toga tijekom godina razvijala tako da se ore sve dublje i dublje. Međutim, s prvom se kišom tlo ponovno zbijja. Jedini način da dugoročno zadržimo tlo rahlim je pomoću uspostave živog ekosustava u tlu koji održava njegovu strukturu. Potrebno je uspostaviti biološko prozračivanje tla!

Kada je tlo toliko blatno da se lijepi za cipele ili vrtlarski alat, to znači da smo potpuno izgubili kalcij iz tla. Takva se zemlja može mijesiti poput tjestova i formirati u duge niti, što je pokazatelj gubitka kalcija. U takvom tlu jednostavno nema fizičkog prostora za organizme, kisik i vodu. Također, tlo bez kalcija skljono je formiranju pokorice nakon kiše.

## 2.2.2. Safari kroz tlo

Kao što smo već spomenuli, zdravo je tlo izuzetno bogato životom. Procijenjuje se da u 1 gramu tla obitava oko 600 milijuna bakterija. Osim velikog broja jedinki, važna je i njihova raznolikost, pa kada govorimo o bakterijama, treba ih biti oko 25 000 vrsta! Popisano i kategorizirano ih je tek oko 5 000 vrsta, što znači da mnogi od organizama koji se nalaze u tlu nisu ni kategorizirani. U jednoj cijeloj šumi imamo oko milijun vrsta bakterija.

Raznolikost je izuzetno važna kako bi u svim uvjetima vlažnosti, temperature, kisika i dostupnosti hranjivih tvari dio organizama cijelo vrijeme bio aktivan. Dakle, 24 sata dnevno, 365 dana u godini, u tlu konstantno netko radi za nas, ako održavamo bioraznolikost.

Osim što znamo da nam je potreban velik broj organizama u tlu, te da trebamo mnoštvo vrsta (bioraznolikost), bitno je i razumjeti kako funkcioniraju hranični procesi u tlu. U tlu, kao i u svakom ekosustavu, dolazi do mnogobrojnih interakcija među svim organizama. Te interakcije možemo opisati hraničnim lancima koji zajednički čine hraničnu mrežu.

Primjer jednog hraničnog lanca je sljedeći: organska tvar, koja je hrana bakterijama, koje su hrana treptljikašima (ciliata), koji su hrana nematodama, koje su hrana predatorskim nematodama, koje su hrana višim predatorima. Kombinacija "tko jede koga" ima bezbroj, što pokušavamo predočiti dijagramima hranične mreže tla.

Kao što vidimo, dva su osnovna izvora hrane za organizme u tlu. Jedan je mrtva **organska tvar** – lišće, stabljike, cvijet nakon cvatnje itd. U kompostnim hrpama, mrtva organska tvar je i jedini primarni izvor hrane. U poljoprivrednim

#### Hranična mreža





Kolači u tlu

tlima, to su biljni ostaci koji ostaju na kraju poljoprivredne sezone. Usput rečeno, u Hrvatskoj se poljoprivrednici ovog "otpada" najčešće rješavaju spaljivanjem, što je i jedan od najčešćih uzroka požara u prirodi. Oni koji ipak posjeduju malo više znanja, otpad ne spaljuju nego ga zaoru u tlo. Ako se zaorani biljni otpad ne razgrađuje, to je jasan pokazatelj da s našim tlom nešto nije u redu. Ako u tlu nemamo aerobne organizme koji razgrađuju ovakav otpad, velike su vjerojatnosti da smo upravo nahranili štetnike i bolesti, te da će umjesto aerobne razgradnje doći do anaerobnog truljenja kojim nastaje alkohol koji ubija korijen biljaka. Jedan od pokazatelja zdravog tla upravo je vrlo brzo razgrađivanje biljnog otpada.

Drugi osnovni izvor hrane su **biljne izlučevine**. Naime, dok je biljka živa, ona konstantno proizvodi hranjive tvari kojima hrani organizme u tlu. Biljne izlučevine se sastoje od šećera, složenijih ugljikohidrata i bjelančevina.



Šećer + ugljikohidrati + bjelančevine = recept za kolače!

Možemo zamisliti kako biljka konstantno kroz svoj korijen u tlu izbacuje paketiće hrane (slatkiše) koji služe kao mito za bakterije i gljive. Biljka na taj način osigurava zdravu mikrobiološku aktivnost u zoni svog korijenja (rizosferi). Ako je tlo zdravo, biljka hrani upravo organizme koji će štititi njezin korijen. Važno je shvatiti koliko je ovaj sustav inteligentan, jer biljka kao da zna koju hranu treba izbacivati i za koga. Biljka nikada ne proizvodi hranjive tvari kojima će hraniti bolesti. Vrsta tih hranjivih tvari mijenja se ovisno o dijelu godine. Osim u tlu, biljke proizvode i izlučuju ove paketiće hrane i na svojim stabljikama i listovima, kako bi se nahranila mikroflora na samom listu koja također funkcioniра kao zaštita od bolesti.

Važnost ovih izlučevina u ekosustavu vrlo je velika, stoga nas ne treba čuditi da biljka čak prosječno 50 % energije dobivene fotosintezom koristi za njihovu proizvodnju. Međutim, važno je znati da kada koristimo agrokemikalije zbog kojih korisni organizmi tla uginju, izlučevine ostaju kao hrana za štetne mikroorganizme, te se na taj način razvijaju bolesti.

Dakle, primarni izvor hrane u tlu su ili ostaci mrtve organske tvari ili biljne izlučevine. Njima se hrane **bakterije i gljive**.

Ove su dvije skupine organizama vrlo važne za zdravo tlo, a u kasnijim čemo poglavljima vidjeti i koliko je važna ravnoteža biomase između bakterija i gljiva, ovisno o tome koju kulturu želimo uzgajati. Možemo oopriličke reći da je



Bakterije i gljive pod mikroskopom (povećanje 400X)

i u najslabijim tlima količina bakterija dovoljna, no da im vjerojatno nedostaje bioraznolikosti. Gljive su u takvим tlima najčešće potpuno odsutne i većina našeg truda bit će usmjerena prema tome da vratimo gljive u tlo. Bioraznolikost bakterija i gljiva u tlu vraćamo pomoću komposta i kompostnog čaja, zajedno sa drugim važnim organizmima.

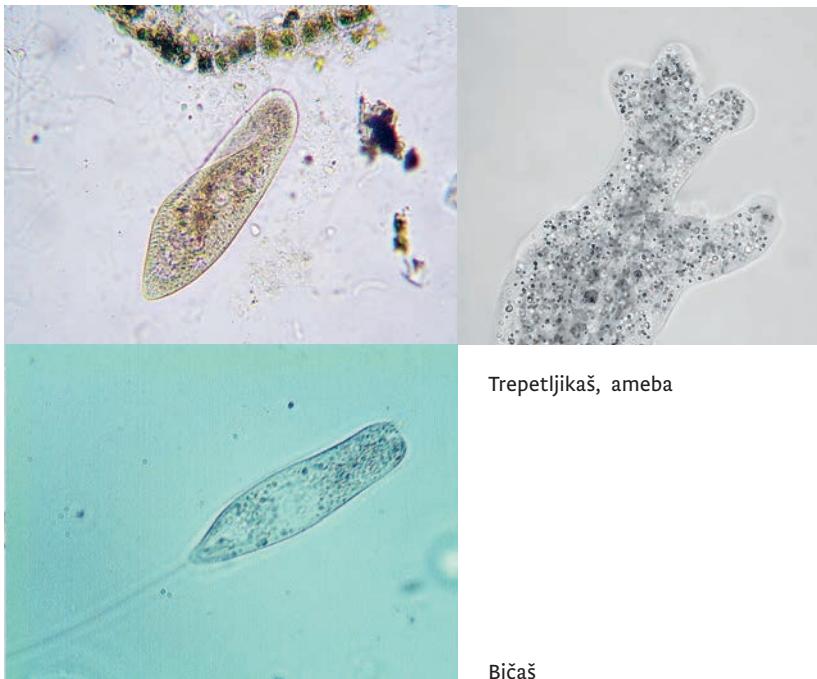
Bakterije i gljive su naše podzemno skladište hranjivih tvari. One svojim tijelima kroz hranjenje apsorbiraju tvari u tlu i time ih trajno zadržavaju do trenutka kada će zatrebati biljkama. Ako se u poljoprivrednoj proizvodnji oslanjamamo na gnojenje kao jedini izvor hranjiva za svoje biljke, izgubit ćemo mnogo hranjivih tvari s prvom kišom. Naime, bez obzira koristimo li životinjsko (organsko) gnojivo ili umjetno (anorgansko gnojivo), hranjive tvari za biljke koje se ondje nalaze u obliku kemijskih tvari topive su u vodi. Dakle, ako na polje ili vrt bacimo organsko ili prirodno gnojivo, ono će ondje ostati do prve kiše. Kiša otapa ove kemijske tvari i ispire ih u dublje slojeve tla, van zone korijenja naših biljaka i takvo gnojivo ne samo da postaje beskorisno, već i pridonosi zagađenju podzemnih voda i površinskih vodenih tokova. Gubici gnojiva su golemi, tako da tek oko 10 % ukupnog gnojiva koje se baci na polje stvarno dospije biljkama, a preostalih 90 % se ispere kišom. S druge strane, biljke mogu svojim korijenom

direktno upiti samo tvari koje su u vodotopivom obliku, pa zato primjenjujemo ovakvu praksu. Samo u takvom, vodotopivom obliku gnojivo može efikasno služiti kao direktna hrana biljkama. To je problem kojem moramo pristupiti na drugačiji način, a priroda to riješava tako da u njoj hranjive tvari za biljke zauzimaju druge, netopive oblike, a u topive se pretvaraju postepeno, pomoću mreže organizama u tlu.

Na primjeru dušika, oblik koji treba jednogodišnjim biljkama su nitrati ( $\text{NO}_3^-$ ). Ovih spojeva ima mnogo u životinjskom gnojivu, a umjetna gnojiva se baziraju na nitratima. Budući da su topivi u vodi, oni s našeg polja nestaju munjevitom brzinom. Međutim, ako hranjive tvari kojima raspolažemo najprije iskoristimo kao hranu za bakterije (kroz postupak kompostiranja) i dopustimo im da apsorbiraju te tvari, onda naš primarni izvor dušika nisu više nitrati, već bjelančevine koje sačinjavaju tijela bakterija. Tijela bakterija su izuzetno bogata bjelančevinama. Bakterije u zdravom tlu proizvode sluz (ljepilo) pomoću kojeg se drže skupa u mikroagregatima, te na taj način osiguravaju da ih kiša ne može odnijeti. Međutim, biljka ne može apsorbirati ni bakterije niti bjelančevine od kojih su bakterije sačinjene, pa nam zato treba ostatak hranidbene mreže, to jest predatori koji se hrane bakterijama i gljivama, te svojom probavom pretvaraju ove hranjive tvari u vodotopiv oblik, to jest oblik dostupan biljkama. Ključ ovog procesa je u tome što se on događa postepeno, dakle hranjive tvari u topivom obliku se otpuštaju točno u onoj mjeri kako i kada odgovara biljkama. Zapravo, biljke na određeni način i upravljaju ovim procesom, što je idealno jer znači manje posla za nas vrtlare i poljoprivrednike.

Što se tiče kalcija, poznato je da ga kiša ispirje iz tla, te da na taj način tlo postaje skljono sabijanju i formiranju pokorice, te nastupaju anaerobni uvjeti i kiselost, tj. snižava se pH vrijednost tla. Dodavanjem kalcija u obliku gipsa ili kalcita nećemo puno postići. Kratkoročno će se pH možda povećati na vrijednost koju želimo, no dugoročno će se kalcij isprati i pH će se ponovno smanjiti. Dakle, omjer magnezija i kalcija će se ponovno naći u neravnoteži, što znači da će opet doći do zbijanja, što dovodi do anaerobnih uvjeta i naposlijetku do smanjenja pH. Međutim, ako umjesto bacanja na polje, gips ili kalcit dodamo kompostu, gljive će apsorbirati kalcij. Pod mikroskopom možemo vidjeti kako se na površini hifa gljiva nalaze kristalići kalcija. Takav apsorbirani kalcij nikamo ne odlazi, dakle u tlu ostaje trajno, dokle god u njemu funkcioniра život.

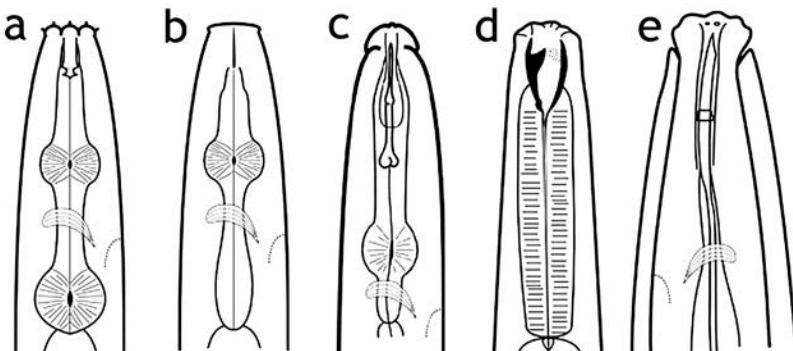
Dakle, ako hranjive tvari u tlu ne skladištimo u njihovu kemijskom, vodotopivom obliku, nego u tijelima organizama, riješili smo problem ispiranja tla i gubitak hranjivih tvari. Međutim, kao što smo već spomenuli, takav oblik



nije dostupan biljkama. Zato je važno da u tlu imamo organizme koji se hrane bakterijama i gljivama kako bi te zlatne rezerve postepeno pretvarali u oblik topiv u vodi i dostupan biljci. Sljedeća važna skupina organizama koji se nalaze u tlu su **praživotinje (protozoa)**. Ne radi se o dinosaurima, već o mikroskopskim jednostaničnim organizmima koji u tlu imaju nezamjenjivu funkciju – oni se hrane bakterijama i ponekad gljivama. Proizvodi njihovog metabolizma su hranjive tvari topive u vodi koje naše biljke mogu direktno apsorbirati. Vrlo je važno da u tlu i kompostu imamo pristune praživotinje jer bez njih nema izmjene hranjivih tvari.

Najvažnije tri skupine praživotinja su trepetljikaši, bičaši i amebe. U pravilu je dobro da ih u tlu ima što više, osim trepetljikaša. Ukoliko njih ima previše, to može upućivati na anaerobne uvjete.

Ameba vrste *Vampyrellidae* se hrani micelijem gljiva, a najdraža su joj hrana uzročnici bolesti *Pythium* i *Phytophthora* (plamenjača rajčice). Stoga je dobro da su amebe prisutne. Čak i mala količina umjetnih gnojiva može potpuno izbrisati populaciju ameba u tlu.



Tipovi nematoda prema vrsti hrane kojom se hrane:

- a) hrane se bakterijama, b) hrane se gljivama, c) hrane se biljkama (parazitske nematode), d) predatorske nematode (hrane se drugim nematodama), e) svejedi

**Nematode** su mikroskopski crvići koji su na lošem glasu zbog toga što neke od njih napadaju korijen usjeva. Međutim, nisu sve nematode loše! Dapače, neke od njih su vrlo korisne i štite biljke koje uzgajamo.

Samo nematode koje se hrane isključivo biljkama predstavljaju problem. Ostale su korisne jer se, jednako kao i praživotinje, hrane bakterijama ili micelijima gljiva, te metaboličkim procesima pretvaraju tu hranu u oblik topiv u vodi, dostupan biljkama. Također, korisne nematode se nadmeću s parazitskim nematodama i eliminiraju njihovu populaciju. Ako imamo problem s nematodama koje napadaju korijen, ne smijemo nikako posegnuti za pesticidom. Aplikacija pesticida bi kratkoročno riješila simptom problema, ali ne i njegov uzrok. Uz to bismo izgubili sve saveznike u tlu u obliku korisnih nematoda i drugih organizama. Odgovor na pitanje kako se riješiti parazitskih nematoda ponovno leži u staništu – uvjete u tlu je potrebno promijeniti natrag u aerobne. Također, aplikacijom kvalitetnog, bioraznolikog komposta možemo brzo vratiti populaciju korisnih nematoda koje potiskuju parazitske (loše) nematode.

Nematode koje se hrane bakterijama i gljivama kao da znaju da je biljka izvor hrane za bakterije i gljive. Zato štite biljku od parazitskih nematoda.

U skupinu **mikročlankonožaca** ubrajamo razne vrste grinja (*Acarina*) i skokuna (*Collembola*) koji ruju u tlu i na taj ga način rahle, hraneći se organizmima koji se nalaze niže od njih na hranidbenom lancu.



### Mikročlankonošci

**Gujavice** su svima dobro poznata bića i opće je znano da su vrlo korisne za tlo. No, manje je poznata činjenica da gujavica u svom probavnom traktu sadrži vrste bakterija iz roda *Bacillus* i *Pseudomonas* koje ne samo da potiskuju sve organizme patogene za čovjeka, već sadrže i enzime kojima mogu razgraditi pesticide!

Gujavica svojim prolaskom kroz tlo stvara kanaliće, a sluz koju ostavlja na njihovim stjenkama hrana je za bakterije. Bakterije povrh toga izlučuju svoju sluz (ljepilo), te na taj način stjenke tih kanalića postaju vodonepropusne, tvoreći tako nepropusne džepiće za zadržavanje zraka pod zemljom. Gujavice melju tlo i sve što ne može podnijeti pritisak koji nastaje u njihovim "ustima", gujavice apsorbiraju kao hranu. Drugi dio probavnog sustava gujavice je jednjak, u kojem se također događa mljevenje pri kojem pucaju stanične membrane svega što pojedu. Krajnji dio njezina probavnog sustava svojevrstan je inkubator za korisne bakterije. Gujavica je putujuća stanica za razgradnju pesticida!

Sve su gujavice korisne, te ih u tlu trebamo imati različitih vrsta. Kompostne gujavice žive u organskoj tvari, a tzv. kišne "gliste" (*Lumbricus*) žive u dubljim

slojevima, no izlaze na površinu po organsku tvar koju zatim odnose u dublje slojeve.

Sva ova bića zajednički čine sustav koji omogućava povećanje produktivnosti uz smanjenje rada i potpunu eliminaciju korištenja agrokemikalija.

**ŽIVA BIĆA U TLU ISPUNJAVAJU MNOGE KORISNE FUNKCIJE:**

- štite biljke od bolesti (zbogom pesticidima!),
- zadržavaju hranjive tvari (zaustavljaju ispiranje kišom) - imobilizacija hranjiva,
- podržavaju dostupnost hranjivih tvari, te se stoga formira ispravan oblik hranjivih tvari na pravom mjestu u pravo vrijeme,
- razgrađuju toksine,
- povećavaju kapacitet zadržavanja vode,
- podržavaju zdravlje korijena,
- održavaju rahlost tla, čime omogućuju i dublji rast korijena, što biljke čini otpornima, posebice u sušnim razdobljima.

### **2.2.3. Rizosfera i njezine interakcije**

Rizosfera je područje korijena u kojem se događaju sve interakcije između živih bića u tlu. Budući da biljke nemaju vlastite enzime kojima bi razgradile mineralne tvari u tlu, one su ovisne o organizmima tla da to naprave za njih. Da bi biljka mogla apsorbirati bilo kakve hranjive tvari, dva uvjeta moraju biti zadovoljena:

1. hranjive tvari moraju biti u takvom obliku da su topive u vodi,
2. hranjive se tvari moraju nalaziti tik uz korijen.

Organizmi tla biljkama donose hranjive tvari jer zauzvrat dobivaju biljne izlučevine, to jest hranu u obliku šećera, složenijih uglejikohidrata i bjelančevina. Neke biljke proizvode više izlučevina, a neke manje. Primjerice, korovi su biljke koje proizvode mnogo manje hranjivih tvari za organizme tla od drugih biljaka. Korovi štede vlastitu energiju, pa samo 20 % energije fotosinteze usmjeravaju u korijen. Sva ostala energija kod korova usmjerena je u proizvodnju sjemena kako bi se što efikasnije razmnožili. To je i jedna od osnovnih karakteristika korova – lako se razmnožavaju.

S druge strane, u slučaju trava i žitarica čak oko 60 % energije odlazi u korijen, zatim u slučaju povrća, posebice korijenastog, oko 75 % energije, dok grmlje i stabla čak 80 do 85 % energije fotosinteze usmjeravaju u korijen. Mogli bismo reći da su stabla poput santi leda - ono što vidimo na površini samo je manji dio ukupne slike.

Agronomi često čujemo kako govore da stavljanje organske tvari na polje ili u povrtnjak nema nikakvog učinka, jer te tvari biljke ne mogu apsorbirati. U određenom su smislu u pravu, jer biljka sama, bez pomoći organizama tla, zaista ne može apsorbirati organsku tvar iz tla. Međutim, oni zaboravljaju da u zdravom tlu živi čitava prehrambena mreža koja tu konverziju omogućava tako da se hranjive tvari topive u vodi otpuštaju točno kada ih biljka treba i u mjeri koja je potrebna biljci, a sve ostalo vrijeme te su hranjive tvari otporne na ispiranje i oksidaciju upravo zbog toga što su zadržane u kompleksnijem obliku.

### **MIKORIZA**

Mikoriza je simbioza između biljke i gljive. U ovom simbiotskom odnosu biljka i gljiva doslovno komuniciraju i trguju hranjivim tvarima. Biljke ponekad trebaju određene hranjive tvari koje su izvan dosega korijenskog sustava, te u takvim situacijama biljka svojoj mikoriznoj gljivi šalje informaciju što joj treba. Putem micelija gljiva može doseći tu hranjivu tvar i transportirati je do korijena biljke. Zauzvrat, gljiva dobija dio proizvoda fotosinteze koje biljka izlučuje kroz korijenje. Također, biljke hranjive tvari ne mogu apsorbirati izravno iz mineralne komponente tla, jer one nisu topive u vodi. Gljive imaju enzime pomoću kojih rastapaju čestice minerala, pa svojim micelijem transportiraju otopljenе tvari do korijena u obliku dostupnom biljci. Komunikacija između biljke i simbiotske mikorizne gljive događa se cijelo vrijeme, a komuniciraju biokemijskim putem.

### **FIKSACIJA DUŠIKA**

Dušik (N) je jedan od makronutrijenata, dakle vrlo važan element za vegetativni razvoj biljaka. U prirodi se nalazi u atmosferi, u plinovitom stanju. Da bi dospio u tlo i postao dostupan biljkama, moraju postojati bakterije koje ga fiksiraju, to jest kemijski pretvaraju u drugačiji oblik. Fiksacija dušika događa se u rizosferi, na korijenu biljaka leguminoza (mahunarki), a proces je detaljnije opisan u sljedećem poglavljju.

### **ZAŠTITA RIZOSFERE**

Najbolja zaštita usjeva od bolesti su gljive i bakterije, te drugi organizmi tla. To su milijarde organizama, desetci tisuća vrsta koje žive hraneći se biljnim izlučevinama, te tako brane korijen biljke budući da im je on primarni izvor hrane. U zdravom tlu, jaka zajednica mikroorganizama potpuno oplakuje korijen biljke i ako se pojavi patogeni organizam, dakle uzročnik bolesti, on jednostavno nema fizičkog pristupa biljci. On nema ni pristup hranjivim tvarima koje luči korijen, jer ih korisni organizmi iskorištavaju u potpunosti. Ako se

pojavi značajnija količina patogenih organizama koja bi mogla pokrenuti zarazu, korisni mikroorganizmi tla prva su linija obrane koja se bori s uzročnicima bolesti. Svakom poljoprivredniku i vrtlaru ovi organizmi trebali bi biti najvažniji saveznici, te stoga moramo potpuno napustiti korištenje svih agrokemikalija koje uništavaju život u tlu. Nekoliko prskanja pesticidima i korištenja mineralnih gnojiva možda neće u potpunosti uništiti zdravu populaciju organizama tla, no kroz duži period posljedice su očite. Svakim korištenjem kemikalija stvaramo priliku oportunim organizmima (bolestima i korovima) da se razviju. Ako nema korisnih organizama, biljka nastavlja proizvoditi hraničive tvari i izbacivati ih u tlo, što služi kao hrana štetnicima. Ako izgubimo bioraznolikost, izgubili smo i zaštitu.

Jedini povratak iz ovog začaranog ciklusa jest vraćanje zdravih mikroorganizama u tlo putem kvalitetnog, aerobnog komposta i/ili kompostnog čaja.

Tijekom godišnjih doba, u tlu nisu svi organizmi uvijek aktivni. Ovisno o uvjetima, u različito doba aktivni su različiti organizmi. U toplijem dijelu godine organizmi su općenito aktivniji, te ostaju aktivni dokle god tlo nije zaleđeno. Osim temperature, na aktivnost organizama u tlu utječu i biljke, tako što u proljeće kreću s lučenjem "kolača i slatkiša" u tlo, tako da dostupnost hraničivih tvari u proljeće automatski pokreće prirodne procese u tlu. Biljke u proljeće većinom izlučuju hranu za bakterije, koje ih zauzvrat opskrbljuju dušičnim spojevima – nitratima ( $\text{NO}_3^-$ ) koji biljkama omogućuju vegetativni rast. Kasnije kroz godinu biljke proizvode više hrane za gljive, koje zauzvrat proizvode amonijeve ione ( $\text{NH}_4^+$ ). U najsušnjem dijelu godine može se dogoditi da nemamo nikakve aktivnosti u tlu. Na jesen, kako u prirodi, tako i na polju, imamo mrtve ostatke biljnog materijala što ponovno postaje hrana za bakterije i gljive. Ukoliko se taj materijal ne razgrađuje lako, znači da nemamo dobar mikrobiološki sastav tla. Povrtnjak ili polje, ako je presuhlo, možemo zaliti vodom kako bi se potakla mikrobiološka aktivnost jer je vrlo važno da se ti biljni ostaci razgrade kako ne bi trunuli na polju i postali hranom za patogene organizme – bolesti.

## 2.3. Biokemijski procesi u tlu

Do sada smo se u priručniku uglavnom bavili biologijom tla i staništem. Saznali smo koliko je važno vratiti život u tlo putem putem kvalitetnog, aerobnog komposta i/ili kompostnog čaja. No, prije nego što krenemo u praktično promatranje procesa kompostiranja i postupaka izrade komposta i kompostnih

pripravaka, potrebno je detaljnije objasniti neke od kemijskih procesa koji se događaju u tlu i u kompostu.

### 2.3.1. Ciklus dušika (N)

Kao što smo već spomenuli, dušik je biljkama makronutrijent. Potreban je za vegetativni rast, a poljoprivrednici i vrtlari znaju da prisutstvo dušika u tlu može znatno utjecati na količinu uroda, to jest na prinos. Čak oko 78 % atmosfere sastoji se od dušika u plinovitom stanju. No, taj je plinoviti oblik biljkama potpuno neiskoristiv jer znamo da, kako bi biljke išta mogle apsorbirati, ta tvar mora biti topiva u vodi. I to ne u bilo kakvom obliku, jednogodišnje biljke najviše trebaju nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), a biljke trajnice ponajviše amonijeveione ( $\text{NH}_4^+$ ). Također, ovi spojevi moraju dospijeti točno oko korijena kako bi ih biljka mogla apsorbirati.

Proces kojim se dušik pretvara iz plinovitog elementarnog stanja u neke druge spojeve nazivamo fiksacijom dušika. Jedan prirodni proces pri kojem dolazi do konverzije dušika je udar munje. Za vrijeme olujnog nevremena u kojem su prisutna električna pražnjenja naboja u atmosferi, kiša koja pada na tlo nosi dušikove spojeve koji su korisni biljkama. No, takve su oluje rijetke i odgovorne su tek za manji postotak fiksiranog dušika u tlu.

Drugi vrlo važan postupak fiksacije dušika događa se putem bakterija koje se nalaze u tlu. Neke od bakterija fiksiraju dušik izravno iz atmosfere (*Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*). Najviše bakterija fiksatora dušika nalazi se ipak na biljkama, kao što je recimo aktinobakterija *Frankia*. Ako imamo ove bakterije u tlu, možemo svoj proizvodni sustav dovesti u takvo stanje da mu nikada više ne moramo dodavati dušik u obliku gnojiva.

#### FIKSACIJA DUŠIKA SIMBIOZOM BAKTERIJA I LEGUMINOZNIH BILJAKA

Bakterija roda *Rhizobium* najčešće je već prisutna u tlu, gdje čeka da naiđe hrana, da se može pokrenuti i početi "raditi". Kada nađe na korjenovu dlačicu leguminozne biljke, ona "inficira" korjenovu dlačicu i počinje koristiti izlučevine koje ova biljka pruža.

Biljke iz porodice mahunarki nazivamo još i leguminozama. Sve one imaju sposobnost fiksacije dušika ako se na njihovom korijenu nalazi *Rhizobium*, što je najčešće i slučaj jer je sveprisutna u tlu. Sve leguminoze proizvode svojevrsne mahune u kojima se nalazi sjeme. Najčešće povrtlarske kulture su razne vrste graha, mahuna, grašak, bob itd. Najraširenija poljoprivredna kultura leguminoza je soja. Također, ne zaboravimo sve vrste djetelina

(bijela, crvena, lucerna itd.) koje se mogu koristiti kao zelena gnojidba, predusjev ili kao živi pokrivač između gredica u povrtnjaku. Od stabala najrašireniji je bagrem (*Robinia pseudoacacia*), akacija, a u Dalmaciji rogač. Mnogo je vrsta biljaka u ovoj porodici, ovdje su nabrojane samo najpoznatije.

*Rhizobioum* svojim hormonima tjera biljku da luči sve veće količine hrane koja joj je potrebna kako bi se razmnožila. U tom trenutku bakterija je samo parazit koji crpi hranić iz biljke. Biljka izlučuje sve više hrane, a bakterija se razmnožava u tolikoj količini da ih na jednom mjestu može nastati i nekoliko milijardi. Tako nastaje nodul - kvržica na korijenu koja je posljedica fiksacije dušika.

Noduli na korijenju leguminoznih biljaka u kojima se događa proces fiksacije dušika



Prerezani nodul u kojem crvena boja upućuje na ispravan proces



U vanjskom dijelu nodula prisutan je kisik, pa se fiksacija dušika zapravo događa u unutarnjem dijelu nodula gdje nema kisika. Proces fiksacije dušika je anaeroban proces. No, ne dopustite da vas ovo zbuni – u tlu i dalje moraju prevladavati aerobni uvjeti, a anaerobne uvjete nalazimo samo u sredini samog nodula. Kada nodul prerežemo, on mora biti crvenkaste boje (boje krvi), što upućuje na to da dolazi do fiksacije. Crvena je boja indikator prisutstva željeza koje je prijeko potrebno u ovom procesu. Ako prerežemo nodul i on je iznutra crn, to znači da je bakterija samo parazit, te da ne dolazi do fiksacije dušika. U procesu fiksacije nastaju bjelančevine. Naposlijetku, kad bakterija zadovolji svoje potrebe, ona počinje biljci davati bjelančevine koje joj koriste za vegetativni rast. Zato, primjerice, bagrem sadrži veliku količinu dušika u obliku bjelančevina ne samo u svom korijenu već i u samom drvetu, lišću i plodu.

Fiksirani dušik u obliku bjelančevina stabilan je i ne ispire se s kišom kao što je to slučaj kada u tlo ubacujemo dušik u već topivom obliku prilikom dodavanja gnojiva. No takav oblik nije dostupan biljkama, a da bi to postao, biljka koja djeluje kao fiksator dušika mora umrijeti, te moramo biti sigurni da u tlu postoje organizmi koji će pojesti mrtvu materiju biljke (bakterije i gljive) i ugraditi je u svoja tijela. Sada je taj dušik zarobljen u tijelima bakterija i gljiva, i dalje nedostupan biljkama. Kako bi došlo do konverzije u oblik topiv u vodi, moramo imati predatore, dakle ostatak hranidbene mreže tla (praživotinje, nematode, mikročlankonošce, gujavice itd.). Predatori će pojesti gljive i bakterije, a proizvod njihovog metabolizma bit će dušikovi spojevi dostupni biljkama.

Ovaj je proces vrlo djelotvoran jer se dušik veže u obliku stabilnih spojeva – bjelančevina. Samo su dva načina kako dušik gubimo iz sustava:

1. ispiranje kišom (do čega neće doći ako je dušik zadržan u tijelima biljaka ili bakterija i gljiva)
2. isparavanje u obliku amonijaka (do čega će doći samo ako su uvjeti anaerobni) U tlu ili kompostu, dominantan oblik dušika je u bjelančevinama organizama. Ovisno o tome kakvo je stanište, to jest kakvi uvjeti u njemu vladaju, različitim biokemijskim procesima će nastati različiti dušikovi spojevi. Prema tome, ako u tlu vladaju anaerobni uvjeti, biokemijskim procesima nastaju drugačiji kemijski spojevi nego ako su uvjeti aerobni.

#### OBLICI DUŠIKA KOJI NASTAJU AEROBNIM PROCESIMA:

$\text{NO}_3^-$  (nitrati) – trebaju biljkama za vegetativni rast, pogotovo jednogodišnjim biljkama

$\text{NO}_2^-$  (nitriti) – lako se pretvaraju u nitrate pomoću bakterija roda *Nitrobacter*  
 $\text{NH}_4^+$  (amonijevi ioni) – potrebni više biljkama trajnicama

Sve biljke trebaju dušik u obliku nitrata i amonijevih soli, pitanje je samo u kojem omjeru. Neke trebaju više nitrata, a druge više amonijevih iona. Pokazalo se da biljkama što sličnijima povrću treba više nitrata, dok onima koje su sličnije stablima treba više amonijevih iona. Taj omjer u tlu kontroliraju mikroorganizmi, mi se njima ne moramo previše zamarati, samo trebamo uspostaviti mehanizam koji to obavlja sam. Ako surađujemo s organizmima u tlu, tlu ćemo morati vratiti samo onoliko dušika koliko smo ga uklonili s urodom, a ako uspostavimo fiksaciju dušika pomoću leguminoza (kao zelena gnojidba, predusjev, pokrov ili međukultura) onda možda možemo proći bez dodavanja imalo gnojiva i svejedno dobiti makismalnu produktivnost! No, preduvjet za to je izgrađena kompletna hranidbena mreža organizama u tlu.

#### OBLIK DUŠIKA KOJI NASTAJE ANAEROBNIM PROCESIMA:

$\text{NH}_3$  (amonijak) - plin koji miriše na mokraću

Ako kompost ima miris amonijaka, to je stoga što je proces iz nekog razloga postao anaeroban. Budući da je amonijak plin, on doslovce isparava iz naše kompostne hrpe, što znači da iz komposta brzo gubimo dušik. Uz to stvaramo stanište pogodno za bolesti i gubimo korisne, aerobne mikroorganizme. Kompost nikada ne smije imati neugodan miris! Bilo kakav smrad upućuje na to da je proces postao anaeroban, što znači da se umjesto aerobnog procesa razgradnje, u našoj kompostnoj hrpi dešava anaeroban proces truljenja. Također, ako osjetimo smrad, to znači da gubimo hranjive tvari koje isparavaju u atmosferu!

### 2.3.2. Sumpor (S)

Dominantan oblik sumpora u tlu je također u bjelančevinama, dakle tijelima organizama, te u organskoj tvari.

#### OBLICI SUMPORA KOJI NASTAJU AEROBNIM PROCESIMA:

$\text{SO}_4^{2-}$  (sulfati) – ovo su spojevi topivi u vodi i to je oblik kakav je potreban biljkama za apsorpciju,

$\text{SO}_3^{2-}$  (sulfiti),

$\text{SO}_2$  (sumporov dioksid),

$\text{S}^{2-}$  (sulfidi).

Svi ovi oblici sumpora su fungicidi! Bez obzira što je neke od ovih kemikalija dopušteno koristiti u ekološkoj poljoprivredi (kao npr. bakrov(II)-sulfat), one

uzrokuju štetu tako što ubijaju korisne gljive. Jednako je i s dušičnim spojevima: ako su van zone korijenja, ovi se spojevi kod svake kiše ispiru u dublje slojeve tla.

#### OBLICI SUMPORA KOJI NASTAJU ANAEROBNIM PROCESIMA:

$H_2S$  (vodikov sulfid) - plin koji zaudara po trulim jajima, nastaje redukcijom sulfata

Ovaj je smrad znak anaerobnog procesa i znak da gubimo sumpor isparavanjem.

#### 2.3.3. Fosfor (P)

Kao i u slučaju dušika i sumpora, fosfor se u tlu pojavljuje u bjelančevinama, dakle u tijelima živih bića, posebice u staničnim membranama. Njegov se anorganski oblik također nalazi u mineralnoj komponenti tla. Takav se fosfor ne ispiri, ali nije ni dostupan biljkama. Zato trebamo mikoriznu gljivu koja svojim enzimima može otopiti komadiće minerala (kamen, pjesak i sl.), pretvoriti ih u topivi oblik i transportirati do korijena biljke.

I u obliku bjelančevina i u obliku kamena, fosfor je prisutan u tlu i u aerobnim i u anaerobnim uvjetima. U anaerobnim uvjetima pojavljuje se u još jednom obliku, a to je plin fosfin ( $PH_3$ ).

#### 2.3.4. Drugi anaerobni biokemijski procesi

Kao što smo već vidjeli, i dušik i sumpor i fosfor se u anaerobnim uvjetima pretvaraju u plinovit oblik koji u sva tri slučaja naše osjetilo njuha detektira kao zaudaranje. Smrad je jedan od najboljih pokazatelja da je proces anaeroban. U anaerobnim uvjetima također nastaju spojevi:

- octena kiselina,
- butirična kiselina (miris kiselog mlijeka),
- valerijanska kiselina (miris bljuvotine),
- putrescin (miris strvina),
- formaldehid (bezbojni plin oštrog mirisa).

U anaerobnim se uvjetima također proizvode spojevi iz grupe alkohola. Alkohola ima nekoliko tisuća (dakle nije riječ samo o dobro poznatom etanolu). Bez obzira o kojem se alkoholu radi, on će spržiti biljno tkivo. Prvenstveno zbog alkohola, korijen biljaka se u anaerobnom tlu ne može razviti do svojeg punog potencijala, a biljke s dubokim korijenjem su puno otpornije jer mogu iskoristiti minerale i vodu iz dubljih slojeva tla.

U anaerobnim uvjetima tlo se zakiseljuje, a u ekstremnim se slučajevima može spustiti čak na pH 2, što je vrlo kiselo.

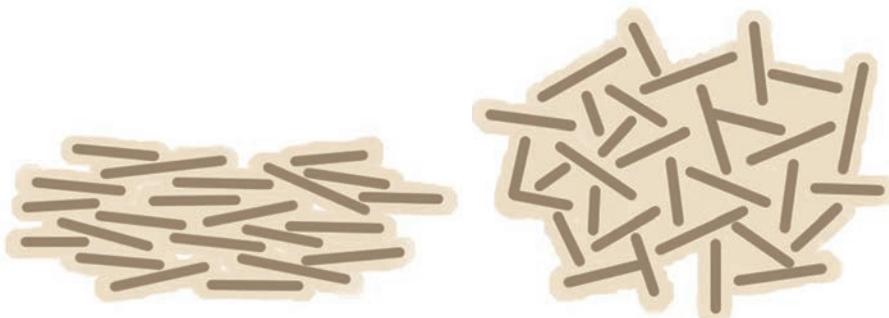
### 2.3.5. Omjer kalcija i magnezija (Ca:Mg)

Omjer kalcija i magnezija u tlu je izuzetno važan jer je preduvjet da tlo održavamo u aerobnim uvjetima. Budući da je kalcij sklon ispiranju kišom, naša tla najčešće pate od nedostatka kalcija. Detaljno objašnjenje fizikalno-kemijskih procesa funkcioniranja ovog mehanizma je van dosega ovog priručnika, ali važno je znati da idealan omjer leži negdje između 7:1 i 5:1. Točan omjer ovisi o tipu gline koju imamo, a to ovisi o tome kakva se matična stijena nalazi u podlozi. Ti se podaci mogu pronaći na pedološkim kartama. Dakle, tlo se uvjek sastoji od više različitih tipova gline, a zanima nas koji je dominantan.

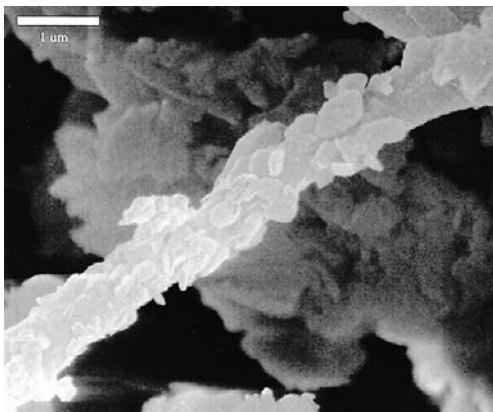
Ako nemamo dovoljno kalcija u tlu, glina postaje zbijena i ljepljiva. Pod mirkoskopom čestice gline vidimo kao pločice minerala koje se mogu slagati u različite oblike u prostoru. U slučaju da u tlu nemamo dovoljno kalcija, pločice gline zauzimaju položaj u kojem su naslagane jedna na drugu. Ti slojevi se kližu jedan niz drugi, što daje dojam "masne" gline koju valjamo rukama.

Dodatak kalcija uzrokuje da se pločice gline drugačije poredaju – tako da su okomite jedna na drugu. To je početak gradnje strukture tla i preduvjet da u tlu ponovno uspostavimo aerobne uvjete, budući da između pločica gline nastaje prostor koji mogu nastaniti bakterije i hife gljiva, te omogućiti prolazak vode i kisika. Kada tlo sadrži dovoljno kalcija onda gljive svojim hifama mogu lako formirati makroaggregate.

Dakle, prvi korak mora biti uspostava pravilnog omjera kalcija i magnezija, što će se uglavnom svesti na dodavanje kalcija u određenoj mjeri. Ako želite biti



Struktura gline ovisno o omjeru kalcija i magnezija



Kristalići kalcijeva oksalata na hifama gljive

posve sigurni da je omjer ispravan, uzorak tla možete poslati na kemijsku analizu. Kroz analizu tla možemo dobiti preporuku o tome koliko kalcija treba dodati tlu. U poljoprivredi su brojni primjeri dodavanja kalcijevog sulfata, gipsa, kalcita ili kalcija u nekom drugom obliku u tlo. Takav je postupak vrlo kratka vijeka jer su svi ovi proizvodi topivi u vodi i ispiru se kišom. Zbijeno tlo u kojem nema kalcija je uvijek kiselo. Dodatak kalcija u ovom obliku kratkoročno diže pH vrijednost prema neutralnoj, ali na žalost samo na određeno vrijeme, stoga moramo pronaći načina kako zadržati kalcij u tlu.

Provedena su istraživanja i brojni pokusi, te se pokazalo da u tlu oko 2 % kalcija može zadržati organska tvar, oko 3 % kalcija mogu zadržati bakterije, dok će čak 95 % kalcija dodanog u tlo zadržati gljive. Naime, gljive apsorbiraju kalcij i pretvaraju ga u kalcijev oksalat koji ostaje vezan na površini njihovih hifa.

Na taj način kalcij ostaje vezan za gljive i ne ispire se kišom. Kao i kod drugih elemenata, jedini oblik kalcija kakav biljke mogu apsorbirati topiv je u vodi, pa u tlu moraju biti prisutni predatorski organizmi koji se hrane gljivama i pretvaraju kalcij u oblik dostupan biljkama.

#### PRAKTIČNA METODA DODAVANJA KALCIJA POMOĆU GLJIVA:

Kemijska analiza tla će nam pokazati koliko kalcijeva sulfata ili kalcita (kalcijevog karbonata) trebamo dodati tlu. Recimo da je to 1 tona po hektaru. Umjesto da dodamo tu količinu, dijelimo je sa 60 i tu količinu stavljamo u kompost. Kompost mora sadržavati dovoljno hrane za gljive, dakle dovoljno celuloznog materijala (kao što su piljevina, slama,drvna sječka, karton, lišće i sl.). Dakle, umjesto 1000 kg, koristimo 16,6 kg materijala i miješamo ga s kompostom. Materijal ne smijemo dodati

kompostnoj hrpi na početku jer bi mogao usporiti proces kompostiranja.

Umjesto toga, dodajemo ga kada je temperatura kompostiranja u opadanju. Mora biti viša od 35°C, dakle kompost još uvijek mora biti topao. Umjesto 1 tone kalcija na hektar dodajemo jednu tonu komposta (vlažnosti oko 50 %). Učinak ove metode je dugotrajan i dokle god ne uništimo žive organizme u tlu, nećemo imati problema s kalcijem.

U trenutku kada izbalansiramo omjer Ca:Mg, gljive počinju formirati grudice koje su obložene njihovim micelijem – makroaggregate. Bakterije grade mikroaggregate i svi organizmi u tlu (gujavice, mikro člankonošci, nematode, praživotinje) rade zajedno s korijenom biljke na uspostavi zdravog, prozračnog tla.

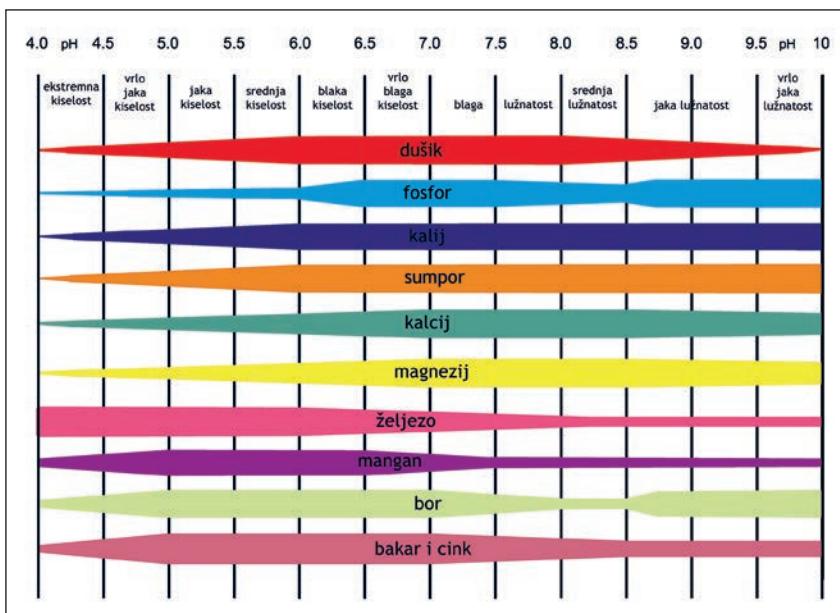
#### **KOLIKO KALCIJA TREBAMO VRATITI TLU?**

Većina tla ima dovoljnu količinu kalcija za uzgoj biljaka. Ako ga nema u prvih 10 cm tla, on se najčešće nalazi u dubljim slojevima, što znači da trebamo izgraditi strukturu tla kako bi korijen i micelij uspjeli doseći taj dublje pozicionirani kalcij. Ako niste sigurni, tlo možete dati na analizu. No u svakom slučaju, preporuke koje dobijete kao povratnu informaciju treba uzeti s dozom rezerve zbog svega što smo naveli.

#### **2.3.6. pH tla**

Smatra se da je važnost pH vrijednosti tla u tome što su hranjive tvari pri različitim stupnjevima kiselosti različito dostupne biljkama za apsorpciju. Regulacijom pH zapravo pokušavamo regulirati dostupnost hranjivih tvari biljkama. Tipičan je primjer vrlo kiselo tlo u kojem može biti prisutno dovoljno dušikovih spojeva, ali ih biljka pri toj pH vrijednosti ne može apsorbirati. Agronomi kažu da je idealna pH vrijednost između 6,5 i 6,8.

Prema tablici koja slijedi, kada bismo se držali pravila 6,5 do 6,8 pH, isпадa da su važni samo makroelementi. Dakle, ni kalcij niti magnezij se ne apsorbiraju maksimalno pri toj pH. Prema tablici, dušik je maksimalno dostupan pri pH 6,5 do 6,8, no kao da se ignorira činjenica da pri toj pH dušik uopće neće biti prisutan u tlu u obliku nitrata koji su potrebni za vegetativni rast jednogodišnjih biljaka. Pitanje pH vrijednosti tla moramo sagledati iz drugačijeg kuta. Svi elementi nisu biljci uvijek jednakо potrebni. U određenim razvojnim fazama, biljci je potrebno više jednog elementa, a u drugim stadijima su joj potrebni neki drugi elementi.



Dostupnost hranjivih tvari u ovisnosti o pH

Kada bismo dostupnost htjeli kontrolirati pomoću pH, morali bismo ga stalno mijenjati. Gotovo svaki dan morali mijenjati pH tla.

Također, kada testiramo pH, mjerimo ga u prosječnoj vrijednosti. Ako bismo pH vrijednost mjerili detaljnije, ona nije ista svugdje u tlu u jednom povrtnjaku ili oranici. Drugačija je pH uz sam korijen, a drugačija u redovima.

Budući da se pH vrijednost uzima u obzir kao jedan od važnijih čimbenika u analizi tla, slijedeća rečenica može zazvučati pretenciozno. Kada u obzir uzimamo i biologiju tla, a ne analiziramo ga samo kao skupinu kemijskih elemenata, MJERENJE pH VRIJEDNOSTI POSTAJE SASVIM NEVAŽNO! Ono nam može biti koristan orijentir, ali nikako nije presudan faktor u tlu. Trebamo prestati pokušavati regulirati pH tla i prepustiti biljkama da pomoću mikroorganizama kontroliraju kiselost tla. Presudan faktor za tlo je prisutnost svih potrebnih organizama za funkcioniranje ovog ekosustava na maksimalno produktivan način, koji onda sami reguliraju pH prema potrebi.

Bakterije proizvode ljepilo koje je kod aerobnih bakterija uvijek lužnato. Glijive proizvode organske kiseline i na taj način mikroorganizmi sami mogu

regulirati pH tla. Ono što je zaista važno je da, ovisno o tome koju kulturu uzbijamo, pogodimo dobar omjer bakterija i gljiva u kompostu i tlu, pa na taj način zapravo posredno reguliramo i pH vrijednost.

U kontinentalnoj Hrvatskoj kiselost tla zaista može biti problem. Tlo može biti kiselo iz dva razloga:

1. Kalcij u tlu je izgubljen ispiranjem, što dovodi do zbijenosti i anaerobnih uvjeta što znači da tlom dominiraju loši anaerobni organizmi.
2. Na našoj parseli raste šuma, pa tlom dominiraju gljive koje proizvode organske kiseline.

U praksi, ako se radi o poljoprivrednim parcelama, nikada nije problem u višku gljiva u tlu, već se radi o anaerobnim uvjetima, pa zapravo jedini način da omogućimo tlu da samo regulira pH je:

- tako da vratimo kalcij u tlo, što će poboljšati strukturu i omogućiti aerobne uvjete,
- tako da vratimo aerobne organizme u tlo putem komposta i kompostnog čaja.

### 2.3.7. Imobilizacija tvari

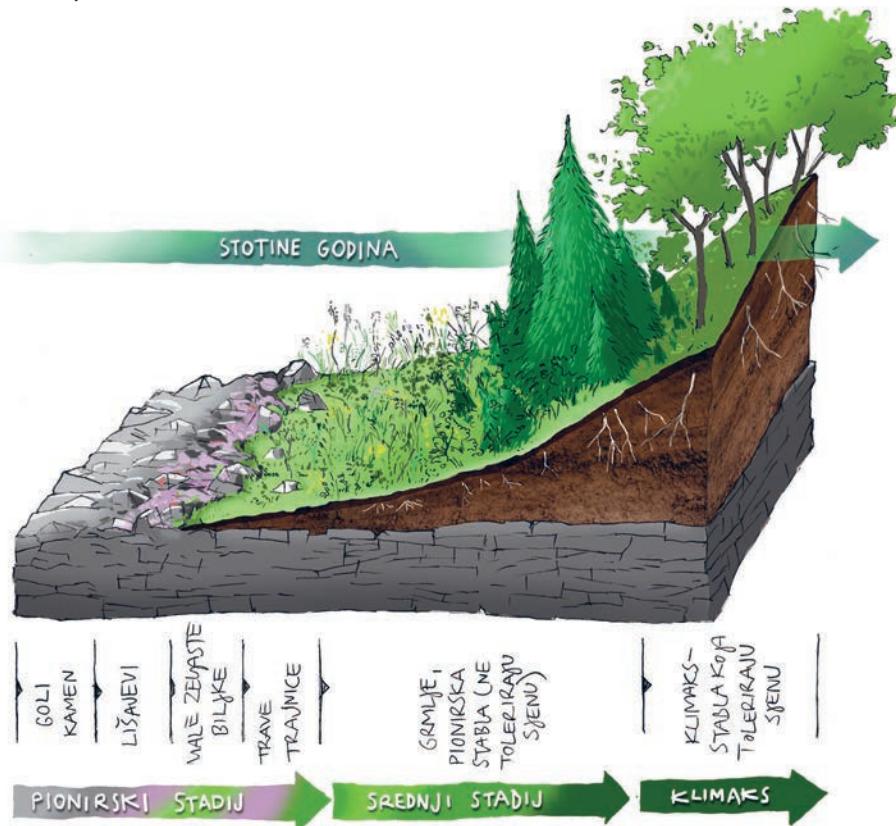
Imobilizacija tvari je zaustavljanje gubitka hranjivih tvari iz tla. Prvenstveno se misli na sprečavanje ispiranja hranjivih tvari kišom. Kao što smo već spomenuli, oblici dušika koji se najlakše ispiru su upravo oni oblici koji biljkama trebaju – oni koji su topivi u vodi. To su nitrati ( $\text{NO}_3^-$ ), nitriti ( $\text{NO}_2^-$ ), amonijevi ioni ( $\text{NH}_4^+$ ) te amonijak ( $\text{NH}_3$ ). Kada se kroz tlo kreće voda, a to je svaki puta kada navodnjavamo ili pada kiša, ne želimo da dušikovi spojevi budu u ovom obliku. Prestaje biti važno je li dušik došao od umjetnog gnojiva ili prirodnog, životinjskog gnoja. Dušik se najmanje ispire ako ga u tlu držimo u obliku bjelančevina od kojih se sastoje tijela živih bića, pogotovo bakterija koje proizvode ljepilo koje ih drži u malim nakupinama (mikroagregatima). Osim u bakterijama, hranjive tvari želimo zadržati u tijelima gljiva, praživotinja, nematoda, mikro člankonožaca, korijenu biljaka i organskoj tvari. Na taj će se način gubitak dušika ispiranjem svesti na minimum. Na taj način tvari postaju imobilizirane, to jest onemogućeno im je kretanje i gubitak ispiranjem.

## 2.4. Razumijevanje sukcesije, korova, bolesti i štetnika

### 2.4.1. Sukcesija

Sukcesija je proces kojim živa bića koloniziraju neki prostor. Ona opisuje što se događa kada, primjerice, posječemo šumu, preoremo tlo i prepustimo ga prirodi, te kako kroz godine od gole zemlje nastaje šuma. Isto se događa i kada požar opustoši neko područje – istog trena kreću procesi sukcesije kako bi se ekosustav ponovno razvio i dosegao stabilan oblik. Drugi uzroci ogoljenja tla mogu biti životinje (pretjerana ispaša), ljudi (sječa šume, oranje, agrokemikalije), prirodne katastrofe (požari, poplave, erozija).

Sukcesija



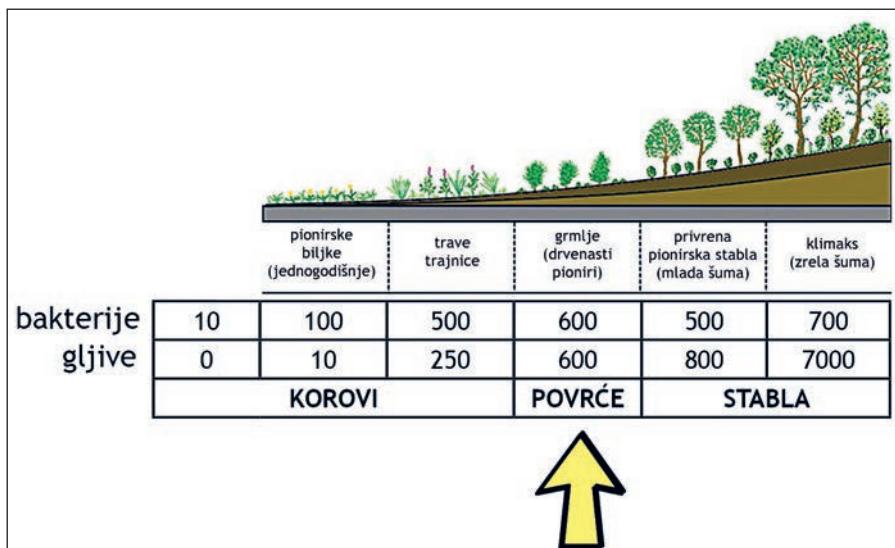


Kolonizacija matične stijene životom

Završni stadij sukcesije u našem podneblju je šuma i zato je nazivamo klimaksom (vrhuncem) sukcesije. Dakle, bilo gdje u kontinentalnoj Hrvatskoj, ako preoremo tlo i prepustimo ga prirodi, naposljetku će kroz godine nastati šuma. Taj proces ima svoju dinamiku i svake se sezone slika sastava bioraznolikosti tog područja potpuno promjeni. Svake godine biljke u suradnji s organizmima tla pripremaju stanište za sljedeću generaciju sukcesije. Također, tlo se sukcesijom drastično mijenja iz godine u godinu. Tlo sukcesijom postaje sve dublje i plodnije iz godine u godinu, a omjer bakterija i gljiva se mijenja iz dominacije bakterija u dominaciju gljiva.

U većini literature sukcesija je opisana na sljedeći način: od lišajeva, kroz biljke do šume. No prije pojave lišajeva najprije se događa sukcesija na mikroskopskom nivou. Budući da smo u ovom priručniku orijentirani na mikrobiologiju tla, morat ćemo nešto detaljnije opisati te rane stadije sukcesije kako bismo bolje razumjeli procese koji se prirodno događaju u tlu.

Zamislimo da je negdje došlo do vulkanske erupcije i tlo je prekriveno isključio **mineralnom komponentom** bez organske tvari. Puno prije pojave lišajeva matičnu stijenu najprije nastanjuju **cijanobakterije**. To su vrste bakterija koje mogu fotosintezom sintetizirati hranjive tvari, te fiksirati dušik iz atmosfere. One proizvode otpadnu organsku tvar kojom se hrane **druge bakterije**. Nakon toga dolaze **praživotinje (protozoa)** koje se hrane



Omjer bakterija i gljiva u sukcesiji

bakterijama i pokreću proces cirkulacije hranjivih tvari – u se ovom stadiju prvi puta pojavljuje dušik u mineralnom obliku. Kada se nakupi dovoljno hranjivih tvari, pojavljuju se **mikroskopske gljive i alge**. Tek tada omjer bakterija i gljiva dosegne oko 100:1, pojavljuju se prvi **lišajevi**. Kada omjer bakterija i gljiva dosegne 10:1, uvjeti u tlu postaju povoljni za biljke, pa se pojavljuju prve **biljke – pioniri**. To su biljke koje su izuzetno otporne, a u procesu sukcesije jedini im cilj je fotosintezom proizvesti dovoljno biomase (hrane za gljive) kako bi se u tlu stvorili uvjeti za slijedeći stadij sukcesije. Pioniri su poznati kao korovi i imaju vrlo definiranu svrhu u ekosustavu, a to je obogaćenje tla i mijenjanje staništa. No jednom kada su s tom zadaćom gotovi, više se ne pojavljuju. Također, u ovom stadiju sukcesije dušik nije konstantno prisutan u tlu, već se pojavljuje u impulsima, što pogoduje pionirima / korovima. Biljke proizvode sve više hrane za gljive (celuloza, lignin i sl.), pa omjer bakterija i gljiva postaje povoljan za rast trava koje nisu produktivne ali mogu poslužiti kao hrana životinjama. Također se pojavljuju prve kupusnjače (npr. gorušica) i druge biljke koje nisu mikorizne. U ovoj fazi tlom još uvijek dominiraju bakterije. Ove biljke proizvode još hrane za gljive. Sredina sukcesije se događa kada omjer bakterija i gljiva dosegne omjer od 1.25:1. Takvo je tlo u prirodi povoljno za razvoj kvalitetnijih trava, kao što je na primjer ljudlj. Takvo isto tlo idealno je i za uzgoj žitarica i povrća (salata, korijenastog povrća kao što su mrkva, luk i cikla, biljkaka pomoćnica: rajčica,

paprike, patlidžana, krumpira itd.). Porastom količine hrane za gljive polako prelazimo u tlo kojem dominiraju gljive. Tla koja sadrže 2 do 5 puta više gljiva od bakterija su tla koja podržavaju pašnjake (trajnice) i rast ranih drvenastih biljaka. Nakon toga nastupa sukcesija listopadnog i zimzelenog drveća u kojem omjer bakterija i gljiva u tlu može doseći čak 1:1000.

Već smo spominjali kako je pri planiranju uzgoja hrane potrebno obratiti pažnju na omjer bakterija i gljiva u tlu kako bismo svojim biljkama stvorili idealno tlo. To saznanje proizlazi upravo iz proučavanja procesa sukcesije u prirodi. Stoga pogledajmo još jednom kako izgleda sukcesija kroz godine. Međutim, ovaj ćemo put obratiti posebnu pažnju na omjer bakterija i gljiva u tlu.

Ovisno o tome što želimo uzgajati, pomoću omjera bakterija i gljiva ćemo stvoriti uvjete u tlu koji će u najvećoj mogućoj mjeri podržati našu kulturu. U pravilu, kulture najbolje uspijevaju u tlima u kakvima se njihovi srodnici inače pojavljaju u prirodi. Kao primjer možemo uzeti jagode. Uzgojene jagode se ne pojavljuju u prirodi, ali njihovi najbliži srodnici su šumske jagode i one rastu u tlu koje je idealno i za kultivirane jagode. Takve uvjete želimo kopirati. Borovnice će, primjerice, najbolje uspijevati u tlu kojim dominiraju gljive, a već smo naučili da gljive proizvode organske kiseline, stoga će i takvo tlo biti blago kiselo. Za uzgajivače cvijeća vrijede isti uvjeti kao i za uzgajivače povrća, a sva stabla (voće, orašasti plodovi itd.) trebaju tlo kojim dominiraju gljive.

## 2.4.2 Korovi

Ekološka definicija korova kaže da su to biljke koje rastu brzo u lošim uvjetima, brzo se razmnožavaju i oportune su. Oni proizvode veliku količinu sjemena jer svega 20 % svoje energije usmjeravaju u korijen, a gotovo sve ostalo odlazi na proizvodnju sjemena. Korove možemo smatrati napastima i smetnjom, ali moramo ih uzeti u obzir i kao indikatore za brzu analizu tla. Pojava korova na nekom dijelu tla ukazuje na anaerobne uvjete i lošu strukturu. Korovima odgovara visok udio nitrata u tlu ( $\text{NO}_3^-$ ), pogotovo kada se pojavljuju u impulsima (refulima), a to je upravo ono što se događa kada koristimo anorganska gnojiva.

I opet, osnovna je zadaća vrtlara i poljoprivrednika da u tlu stvore uvjete u kojima napreduju aerobni organizmi koji će izgraditi strukturu tla. Na taj će se način klijanje korova svesti na minimum. U plodnom tlu bogatom korisnim organizmima i organskom tvari korovi jednostavno manje klijaju. Ako, primjerice, kupite kompost i iz njega proklijaju korovi, radi se o vrlo lošem kompostu koji je vjerojatno anaeroban.

Podešavanje omjera bakterija i gljiva u tlu omogućava nam da preskočimo nekoliko početnih stadija sukcesije i odmah stvorimo tlo kakvo bi u prirodi nastajalo desecima godina. Kompostom i kompostnim čajem zapravo ubrzavamo prirodne procese i već u jednoj sezoni možemo stvoriti plodno tlo u kojem korovi gube svoju svrhu u ekosustavu. No, nemojmo očekivati čuda. Ako tlo ostane golo i dalje će se na našim oranicama ili povrtnjacima pojaviti biljke koje nismo posijali koje pokušavaju prekriti tlo. Tlo nikada ne bi smjelo ostati golo jer će ga uvijek prekriti korovi, ali ako imamo kvalitetno, biološki izbalansirano tlo onda ti korovi neće biti oni najagresivniji. To znači da će se umjesto recimo pirike ili ambrozije pojaviti npr. loboda ili neka druga korisna biljka. U takvom tlu, pomoći malčiranja, zelene gnojidbe, predusjeva ili zelenog pokrova (engl. *cover crop*) možemo u potpunosti potisnuti korove iz priče, a time i potrebu za herbicidima. No, ako tlo nije izbalansirano, borba s korovima će biti mukotrpna.

#### 2.4.3. Bolesti i štetni insekti

Kao i korovi, bolesti i nametnici imaju svoje mjesto u ekosustavu i važno je da njihovu funkciju pokušamo što bolje razumjeti. Insekti ne napadaju naše usjeve zato da nam načine štetu, oni su tu kao reakcija na neku neravnotežu u ekosustavu. Već je sama monokultura neravnoteža u ekosustavu. Polje pšenice od nekoliko hektara je nešto što se u prirodi nikada ne bi pojavilo samo od sebe. Zato je važno da pokušamo stvoriti bioraznolikost u tlu. Bioraznolikost u povrtnjaku tvorimo miješanjem kultura, dok bioraznolikost na polju tvorimo tako da između redova glavne kulture imamo podkulturu, najčešće leguminozu koja fiksira dušik. Također, trebamo razumjeti da je primarna namjena štetnih insekata skupljanje i razgradnja otpada. Zato i napadaju biljke koje su pod stresom i koje su slabe. Biljke su slabe najčešće zato što nisu razvile dovoljno dubok korijen zbog nepovoljnog stanja u tlu. U takvim situacijama, biljke ispuštaju određenu vrstu mirisa koja privlači štetnike. Ozbiljnije najezdje insekata i bolesti, kao i pojavu korova, moramo protumačiti kao simptom problema u tlu. Kao što nas napadaju bolesti kada nam je narušen imunološki sustav, tako se događa i u prirodi. Napast je posljedica nestabilnosti ekosustava, primarno ekosustava tla.

Korištenje kemikalija možda kratkoročno rješava problem, ali ne uklanja njegov uzrok. Pesticidi, herbicidi i fungicidi su kao tablete protiv bolova koje kratkoročno pomažu, ali zapravo samo maskiraju simptome. Kada jednom riješimo probleme nastale u tlu, u potpunosti se možemo riješiti potrebe za bilo kakvim agrokemikalijama, a smanjuje se i potreba za navodnjavanjem za oko 70 %, te povećavamo kvalitetu hrane koju uzgajamo.

Koliko god to nevjerljivo zvučalo, čak i kod stabala, bolesti na listu su simptom problema u tlu. Tlo je inokulum za cijelu biljku, što znači da mikroflora koja se nalazi na listu biljke originalno dolazi izravno iz tla. Ako u tlu nema korisnih mikroorganizama, neće ih biti ni na listu.

Već je spomenuto da je vrlo važno imati korijen potpuno prekriven korisnim organizmima. Isto vrijedi i za nadzemni dio biljke – moramo osigurati da je cijela biljka prekrivena mikroorganizmima koji žive od izlučevina biljke, a zauzvrat je štite i čuvaju. Ako iz nekog razloga listovi biljke ostanu bez ove zaštite, možemo aplicirati kompostni čaj koji ponovno uspostavlja kolonije korisnih organizama na površini lista. Kada pogledamo takav list pod mikroskopom, jedva ćemo uspjeti vidjeti površinu biljke. Umjesto toga vidjet ćemo bakterije koje su zalijepljene za list pomoću svojeg ljepila, te niti micelija koje ga potpuno prekrivaju. Taj biofilm štiti list od bolesti i insekata. Još jednom, zapamtite da su organizmi tla naši najveći saveznici i zaštite.

## 2.5. Testovi tla

Prije aplikacije komposta ili kompostnog čaja, najprije se moramo pozabaviti dijagnostikom. Već samom vizualnom procjenom možemo odrediti u kakvom je stanju tlo. Samonikle biljke koje rastu na nekom tlu nam mogu poslužiti kao indikatori stadija zbijenosti tla ili njegove kiselosti, a mogu ukazivati i na prisutstvo određenih hranjivih tvari u tlu. Promatranje same strukture tla, te uzimanje uzorka i jednostavan test valjanja zemlje u određene oblike, mogu nam okvirno dati dojam o njegovoj strukturi. Promatranje boje tla kroz slojeve nam govori koliko se organske tvari nalazi u tlu. Čitanje krajolika je vrlo važno jer samim prisustvom na terenu možemo mnogo toga zaključiti, kao što je recimo ponašanje vode na terenu (zadržavanje ili prebrzo otjecanje). U našem priručniku *Permakulturni dizajn – priručnik uz tečaj* pisali smo o ovim metodama, dok ćemo se u ovom priručniku usredotočiti na specifične metode pomoću kojih možemo utvrditi u kakvom je točno stanju tlo, te kakav nam je kompost potreban kako bismo ga obnovili i uspostavili njegovu punu produktivnost.

### 2.5.1. Mikroskopiranje uzorka tla

Ovo je najtočnija metoda pomoću koje utvrđujemo kakav je biološki sastav tla. Mikroskopiranjem možemo utvrditi koji je omjer bakterija i gljiva, jesu li u tlu

prisutni predatori (praživotinje i nematode), te iz toga zaključiti odvijaju li se u tlu aerobni procesi koji našem usjevu koriste ili mu odmažu.

Uzorci tla se uzimaju pomoću jednostavnog alata namijenjenog za tu svrhu. Jednako dobro može poslužiti i kuhički alat za vađenje kocena iz jabuka (2,5 cm promjera).

Uzorak uzimamo tako da zahvatimo sloj od 0 do 5 cm dubine. Alat jednostavno zabodemo u tlo i izvadimo uzorak. Ako po površini imamo gust biljni pokrov, moramo ga razmaknuti kako bismo došli do same zemlje.

Ako radimo na većim površinama, dobro je sve skupa staviti na papir tako da dobijemo bolji pregled. Tlocrt terena nam je vrlo koristan u ovoj situaciji. Na crtežu možemo skicirati i zapisati probleme koje smo primijetili na terenu – zbijenost, bolesti, probleme s drenažom, insekti itd. Polja možemo numerirati i podijeliti u određene logične cjeline. Uzorke uzimamo s onog polja koje je u najgorem stanju jer logika nalaže da ako uspijemo ondje riješiti probleme s tlom, ista će metoda pomoći i drugim poljima. Trebamo uzeti 5 do 10 uzoraka na raznim lokacijama i pomiješati ih u čistoj kanti. Od svega toga uzimamo šaku zemlje (max 500 g) i stavljamo je u vrećicu kako uzorak ne bi izgubio vlagu. Dobro je, ako je moguće, imati malo korijenja u uzorku. Lokacije za uzimanje uzoraka odabiremo nasumično. Ako naše biljke rastu u redovima, uzorke ne uzimamo s puteljaka nego uz stabljiku, ali ne preblizu nego u ravnini s nadzemnim dijelom biljke.

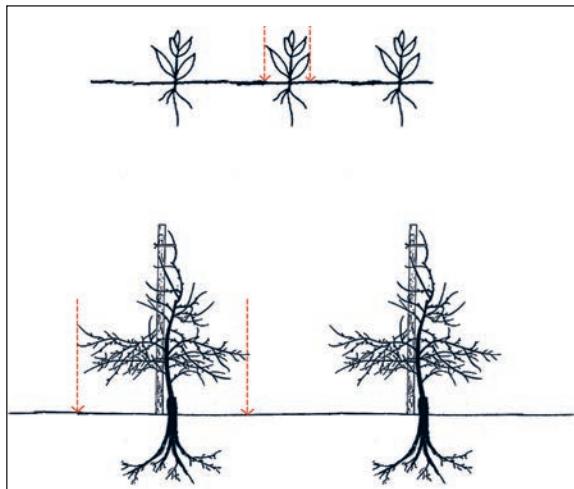
Ako imamo npr. i pašnjak i voćnjak i polje žitarica, ne smijemo miješati raznovrsne uzorke, već samo miješamo uzorke istog tipa polja. Nije potrebno uzimati uzorke s veće dubine tla jer su već provedena istraživanja i na osnovu prvih 5 cm može se procijeniti što se nalazi u dubljim slojevima. Prikupljene uzorke miješamo s vodom i mikroskopiramo.

Ono što pod mikroskopom izgleda kao vlakna, to su hife gljiva, dok su točkice bakterije. Kod bakterija nas ne zanima točno o kojim vrstama se radi, ali pokušavamo procijeniti je li prisutna raznolikost ili monokultura. Jako je

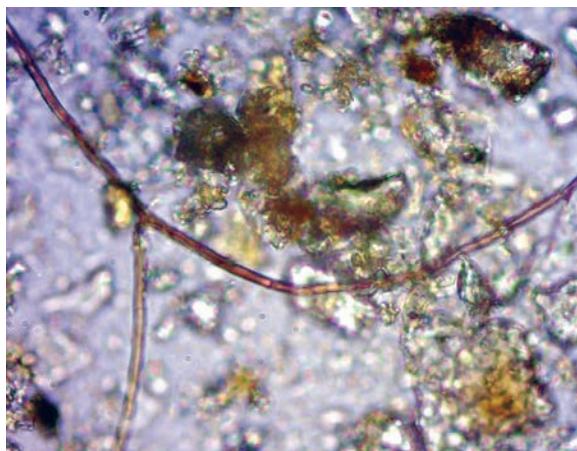


Alat za odstranjivanje kocena jabuka - može poslužiti kao alat za uzimanje uzoraka tla

Mjesto uzimanja  
uzorka tla



Uzorak tla pod  
mikroskopom



važno da je u našem tlu (i kompostu) prisutan cijeli spektar bakterija kako bi u različitim uvjetima uvijek imali određene organizme koji rade svoj posao. Promjena od samo 2 stupnja u temperaturi rezultirat će slanjem cijelog seta bakterija u stanje mirovanja, dok će se aktivirati drugi set bakterija. Isto je i s gljivama, ne pokušavamo utvrditi o kojoj se točno vrsti radi. Postoji, međutim, pravilo koje nam omogućava da procjenimo radi li se o korisnim gljivama ili o uzročnicima bolesti. Hife korisne gljive su obično šire u promjeru (4 do 5 mikrometara) i obojane su, mogu biti najrazličitijih boja i one potiskuju bolesti. Zločudne gljive su pod mikroskopom prozirne i imaju hife užeg promjera (2 do

3 mikrometra). Postoje izuzeci ovom pravilu, no ako se držimo ovih naputaka, možemo procijeniti sastav gljiva u tlu dovoljno dobro za svoje potrebe.

Ako pod mikroskopom spazimo prozirno vlakno užeg promjera, to upućuje na uzročnika bolesti, no ne trebamo odmah paničariti. U tlu su uvjek prisutne i jedne i druge vrste gljiva, važno je da je prisutna raznolikost kako bi dobroćudne gljive držale populaciju zloćudnih pod kontrolom. Također, pod mikroskopom možemo primjetiti zrnca kristala na površini hifa, što je kalcijev oksalat – način na koji gljive zadržavaju kalcij u tlu kako se ne bi isprao. Smeđe nakupine su mikroagregati, grudice koje se prvenstveno sastoje od bakterija i njihovog ljepila pomoću kojeg su zalijepljene. Smeđa boja u mikroagregatima upućuje na huminske kiseline. Fulvinske kiseline su bež boje.

Kada pokušavamo procijeniti omjer bakterija i gljiva, nije važan broj jedinki, već omjer biomase. Bilo bi absurdno uspoređivati broj jedinki jer bakterije brojimo u milijunima, dok se jedna jedinka gljive može protezati kilometrima kroz tlo. Zato, kada govorimo o omjeru bakterija i gljiva, govorimo o omjeru biomase bakterija i biomase gljiva. Također, osim bakterija i gljiva, važno je utvrditi imamo li u tlu dovoljno predatora u obliku praživotinja (protozoa) i nematoda kako bi se osigurala izmjena hranjivih tvari.

## 2.5.2. Testiranje zbijenosti tla

Već smo spomenuli da korijenje zdravih biljaka može probiti i beton, pa zbijeno tlo biljkama zapravo ne predstavlja mehaničku prepreku, već je problem u tome što su uvjeti u zbijenom tlu anaerobni, te u njemu nisu prisutni organizmi koji će podržati razvoj biljke, već upravo suprotno – anaerobni organizmi koji će njezin razvoj spriječiti. Zato kada promatramo zbijenosť, moramo biti svjesni da ustvari promatramo stanište. Pokazalo se da se korijenje u zdravom tlu pruža puno dublje nego što se prije vjerovalo. Primjerice, prema određenim testiranjima, korijen lucerne može doseći čak 15 metara dubine!

Mjerni instrument pomoću kojega možemo vrlo precizno testirati zbijenosť



Penetrometar

tla zove se penetrometar. Pomoću ovog mjernog instrumenta možemo precizno detektirati je li tlo zbijeno i na kojoj dubini.

### 2.5.3. Klasični testovi

Ako uzorak tla poželite poslati na klasičnu analizu u neki od laboratorijskih, to je dobra ideja jer je uvek korisno imati što više informacija o svojem tlu. No naputke koje ćete dobiti kao savjete treba uzeti s dozom rezerve. Na primjer, ako je vaše tlo kiselo, dobit ćete naputke kako ga neutralizirati dodavanjem lužante tvari. Već smo opisali kako je puno učinkovitije dodavati kalcijeve spojeve u kompost pri kraju procesa kompostiranja umjesto da ga rasprostiremo izravno po polju. Analiza pH je korisna kao orijentir, ali ako surađujete s organizmima u tlu onda nam je taj podatak sam za sebe potpuno nevažan. Posebice bismo trebali prestati neprestane pokušavati namjestiti pH razinu jer kada jednom uspostavimo biologiju u tlu, ona to čini za nas. Mnogo je smislenije kontrolu nad pH prepustiti biljci koja za to koristi bakterije i gljive.

Klasična laboratorijska analiza će nam također dati informaciju o dostupnosti hranjivih tvari u tlu. Međutim, treba uzeti u obzir da ti testovi mjere samo hranjive tvari otopljene u vodi. Na taj se način ignorira potencijal otpuštanja hranjivih tvari koje se u tlu nalaze u tijelima organizama, što je posebice važno ako se bavimo ekološkom proizvodnjom ili povrtlarstvom. Također, otopljene tvari se nalaze samo na površini mikroagregata, no tu su i huminske i fulvinske kiseline koje se nalaze unutar mikroagregata. Stoga zaključujemo da su klasični laboratorijski testovi nepotpuni i mnogo nam je korisnije sagledati kako funkcioniра život u samom tlu nego koliko kemijskih tvari u njemu ima.

## 2.6. Što je dobar kompost i kako ga napraviti?

Kompostiranje je proces aerobne razgradnje organske tvari. To je definicija kompostiranja i ako je u smjesi prisutna tvar koja nije nastala aerobnim procesom, to jednostavno nije kompost. Da bismo proizveli kompost ne možemo samo na hrpu nabacati bilo kakvu organsku tvar. Kompostiranje nije komplikirano, no ipak na neke čimbenike moramo pomno pripaziti. To su:

- pravilan omjer hranjivih tvari u kompostnoj hrpi (C:N omjer),
- kisik,
- temperatura,
- vлага.

## 2.6.1. Omjer hranjivih tvari u kompostnoj hrpi (C:N omjer)

To je omjer dominantnih grupa hranjivih tvari u bilo kojoj biomasi. Bilo koji materijal s velikim udjelom ugljikovih spojeva smatramo **dominantno ugljičnim materijalom**. To su materijali koji sadrže visok postotak celuloze, poput piljevine, slame, drvene sječke, kartona i sl. **Dominantno dušični materijali** su oni koji sadrže visok udjel dušikovih spojeva, bez obzira o kojem obliku dušika se radi (anorganski dušik u obliku  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , ili aminokiseline i bjelančevine). U praksi su to najčešće životinjska gnojiva i urin, biljna biomasa leguminoznih biljaka, kao što je recimo djettelina, lucerna, drvna

| VRSTA BIOMASE                                      | C:N OMJER    |
|--|--------------|
| KRVNO BRAŠNO                                       | 3:1          |
| BAKTERIJE  | 5:1          |
| RIBLJI OSTACI                                      | 5,5:1        |
| MLJEVENA SOJA                                      | 4 DO 6:1     |
| GNOJIVO OD PERADI                                  | 5 DO 15:1    |
| SVINJSKO GNOJIVO                                   | 10 DO 20:1   |
| OVČE GNOJIVO                                       | 13 DO 20:1   |
| MLJEVENA LUCERNA                                   | 15:1         |
| SVJEŽE POKOŠENA TRAVA                              | 20:1         |
| GLJIVE   | 20:1         |
| TALOG KAVE   | 20:1         |
| ODSTAJALO KRAVLJE GNOJIVO<br>POMIJEŠANO SA STELJOM | 20 DO 30:1   |
| ZELENI LISTOVI                                     | 30:1         |
| PRAŽIVOTINJE (PROTOZOA)                            | 30:1         |
| SLAMA  | 40 DO 100:1  |
| NEMATODE   | 100:1        |
| KUKURUZOVINA                                       | 60 DO 120:1  |
| SMEĐI, DRVENASTI BILJNI MATERIJAL I SUHO LIŠĆE     | 150 DO 200:1 |
| LISTOPADNO DRVO (PILJEVINA, DRVNA SJEČKA I SL.)    | 300:1        |
| ZIMZELENO DRVO (PILJEVINA, DRVNA SJEČKA I SL.)     | 500:1        |

sječka bagrema ili recimo ostaci soje. Kod leguminoza moramo biti sigurni da je došlo do fiksacije dušika. Primjerice, slama lucerne sadrži mnogo dušika, no moramo provjeriti ima li na korijenu nodula te ih prerezati i uvjeriti se da su crveni. Samo ako su noduli crveni tretiramo je kao materijal bogat dušikom. U protivnom je tretiramo kao zeleni materijal, a ako je potpuno suha kao smeđi. Drvna sječka bagrema se smatra zelenim materijalom (C:N = 30:1), dok list i sjeme spadaju u dušični materijal.

Svi ovi materijali ustvari sadrže i ugljične i dušikove spojeve, samo je pitanje u kojem omjeru. Kao primjer dajemo tablicu. Ova tablica je malo proširena, nisu svi materijali korisni u kompostiranju, no objavljujemo ih ovdje kako biste dobili dojam kako promatrati C:N omjer kod različitih tipova biomase.

Primijetite da je C:N omjer u bakterijama 5:1 što znači da je u njima prisutno izuzetno puno dušika! Bakterije su mali *body builderi* podzemnog svijeta, dok kompost sadrži goleme količine bakterijske biomase, što to je primarni izvor dušika za naše biljke (naravno, uz funkciranje ostatka hranidbene mreže kako bi se taj dušik pretvorio u oblik topiv u vodi).

### **3 VRSTE MATERIJALA: DUŠIČNI, ZELENI I SMEĐI**

Kako bismo pojednostavili priču s C:N omjerom, različite tipove biomase možemo svrstati u tri skupine. U tablici su te tri skupine prikazane različitim bojama. Prva skupina (crveno) su oblici biomase izuzetno **bogati dušikom**. Druga skupina su ono što još nazivamo i **zelenim materijalima**, a treća ono što zovemo **smeđim materijalima**. Uzgred, trebate pripaziti na to da neki od tih materijala u stvarnosti nisu te boje. Na primjer, kravljе gnojivo je u prirodi smeđe, ali ga svarstavamo u zelene materijale jer je prema omjeru C:N blisko pokošenoj travi i svježem lišću. Smeđi materijali su oni koji su najbogatiji ugljikovim spojevima i sadrže relativno malo dušikovih spojeva.

Kompostiranje crnogorice ili hrasta može biti malo otežano zbog kemijskih tvari koje sadrže – zbog smola i tanina. Zato trebamo osigurati da je hrpa drvne sječke dovoljno prozračna, te da je u kompostnoj hrpi prisutna bioraznolikost gljiva.

Omjer ugljika i dušika u kompostnoj hrpi nam je važan za dva čimbenika:

#### **1. TEMPERATURA**

Što je u kompostnoj hrpi više dušičnih materijala, to će se ona zagrijati na višu temperaturu. Dušik možemo smatrati svojevrsnim gorivom koje pokreće proces kompostiranja. Kompost koji sadrži jako puno dušika se može zagrijati čak do 90 °C, no to nikako nije dobro jer na taj način gubimo većinu dobroćudnih,

korisnih organizama. Temperatura kompostne hrpe nikako, čak ni na kratko vrijeme, ne smije preći  $70^{\circ}\text{C}$ . Zbog sigurnosti smatramo da je gornja granica  $65^{\circ}\text{C}$ .

Udjelom dušičnog materijala zapravo možemo regulirati kako će se kompostna hrpa ponašati u smislu generiranja topline. Dušik pokreće proces. Ako želimo da se proces kompostiranja odvije brzo, što je idealno u komercijalnim situacijama kada kompost prodajete, tada možemo upotrijebiti više dušičnog materijala tako da se generira puno topline. Također, takvu kompostnu hrpu ćemo morati prevrnuti više puta jer će temperatura stalno rasti. Bez obzira na to za koji tip kompostiranja se odlučimo, **SVAKI PUT KADA TEMPERATURA PORASTE NA  $65^{\circ}\text{C}$ , KOMPOSTNU HRPU MORAMO PREOKRENUTI** kako bi se ohladila! S druge strane, ako nam se ne žuri, udio dušika možemo tako podesiti (dodamo ga manje) da proces kompostiranja traje duže, a temperatura u cijelom ciklusu samo jednom dosegne  $65^{\circ}\text{C}$  tako da je samo jednom moramo preokrenuti, što je idealno ako kompost radimo za svoje potrebe na razini kućanstva.

## 2. SADRŽAJ BAKTERIJA I GLJIVA

Ranije smo već objasnili kako je omjer bakterija i gljiva u kompostu važan ovisno o tome kakvu kulturu želimo uzgajati. Otpriklike bismo mogli reći da nam za jednogodišnje biljke treba kompost kojim dominiraju bakterije, a za biljke trajnice nam treba kompost kojim dominiraju gljive.

Ako u kompost stavimo više dušika, dakle hrane za bakterije, krajnji rezultat će biti kompost s višim udjelom bakterija. Ako pak u kompostnu hrpu stavimo više ugljičnog materijala koji je hrana za gljive, u kompostnoj hrpi će se razviti veća količina gljiva.

### 2.6.2. Temperatura kompostne hrpe

Toplina nastaje kao nusproizvod staničnog disanja – biološkog procesa koji je obrnut od fotosinteze. U tom se procesu hranjive tvari razgrađuju i pritom dolazi do oslobođanja topline i  $\text{CO}_2$ . Kao što smo već spomenuli, važno je da se kompostna hrpa zagrije, ali ne na previsoku temperaturu. Ako temperatura uopće ne poraste, to znači da ne dolazi do razgradnje tvari. Ako je potrebno, možemo koristiti aktivator komposta kako bi proces započeo. Najbolji aktivator je kvalitetan i stabilan kompost preostao od prethodnog kompostiranja.

Idealno bi bilo da se kompostna hrpa zagrije na najmanje  $55^{\circ}\text{C}$  i tako ostane 3 dana. To je potrebno kako bi se neutraliziralo sjeme korova koje može dospjeti u kompostnu hrpu sa zelenim materijalima. Također, te temperature patogeni

organizmi koji izazivaju bolesti ne mogu preživjeti pa odumiru, što je nužno! U praksi, temperatura komposta u početku neprestance raste, stoga je potrebno pažljivo motriti temperaturu i preokrenuti hrpu čim dosegne  $65^{\circ}\text{C}$ . Nakon  $65^{\circ}\text{C}$ , uvjeti u kompostnoj hrpi brzo postaju anaerobni. Ne samo da pri temperaturama višim od  $70^{\circ}\text{C}$  gubimo sve korisne organizme, već se i kisik troši tako brzo da kompostna hrpa neminovno postaje anaerobna, što znači da stvaramo uvjete pogodne za bolesti i štetnike.

Nakon što smo preokrenuli kompostnu hrpu, ako je u njoj i dalje prisutno dovoljno kisika i hrnjivih tvari, temperatura će i dalje rasti.

### 2.6.3. Kisik i vлага

Do sada smo već više puta naglasili važnost aerobnih uvjeta u kompostu pri kojima se stvara stanište za korisne organizme koje ćemo kasnije staviti u tlo. U praksi to znači da kompostni materijal u prvom redu ne smije biti premokar jer u tom slučaju dolazi do anaerobnih uvjeta i truljenja. Idealna vlažnost kompostne hrpe kod uobičajenog procesa kompostiranja je 50 %, dok je idealna vlažnost ako kompostiramo uz pomoć kompostnih gujavica (glista) je 60 do 70 %. Kada materijal koji se kompostira uzmemo u ruku i stisnemo šaku, te ako se na površini pojave 1 do 2 kapi vode, riječ je o vlažnosti od otprilike 50 %. Ako istisnemo nešto više vode, to znači da je vlažnost 60 do 70 %, no nikada ne bismo smjeli imati takvu situaciju da iz materijala curi voda. Takav kompost vrlo brzo odlazi u anaeroban proces i moramo mu hitno dodati suhog materijala (idealna je piljevina), te ga preokrenuti. Pravilan udio vode je prvi preduvjet da kompost ostaje aerobnim. Drugi je preduvjet da ga preokrenemo kada je to potrebno. Postoje mjerni instrumenti uz pomoć kojih možemo vrlo precizno utvrditi udio kisika u kompostnoj hrpi. Ako imate pristup takvoj opremi, koncentracija kisika mora biti veća od 6 ppm. No, to većinom nije potrebno budući da temperatura može biti indikator kisika u kompostu. Dakle još jednom, najvažnije je hrpu preokrenuti svaki put kada dosegne  $65^{\circ}\text{C}$ .

**VLAGA** – materijal koji zagrabilo šakom iz kompostišta pri 60-70 % vlage malo kaplje, a ako je riječ o 50 % vlage šaku moramo stisnuti da bi se kapljice vode pojavile. Ako šaku stisnemo najjače što možemo i voda ne kaplje, no materijal se drži skupa, tada imamo 40 % vlage (kompost trebamo malo smociti, a ako se radi o glistama onda je vlage premalo). Pri 30 % vlage kompostni materijal se ne drži skupa i moramo mu smjesti dodati vodu! Kada dodajemo vodu, možemo umjesto čiste vode dodati kompostni čaj, čime ćemo inokulirati kompostnu hrpu korisnim organizmima.

Ako kompostu dodajemo vodu, idealno bi bilo da je kišnica. Ako dodajemo vodu iz vodovoda ona obavezno mora odstajati kako bi iz nje ispario klor.

Inače, klor je kemikalija koja se u vodu i stavlja kako bi se spriječio rad mikroorganizama, što je dakako u procesu kompostiranja vrlo štetno. U nekim dijelovima svijeta se u vodu dodaje i kemikalija pod nazivom kloramin koja je također štetna za proces kompostiranja. U tom slučaju u vodu dodajemo huminsku ili limunsку kiselinu kako bi se kloramin neutralizirao.

Kao eksperiment možete napraviti kompostni čaj i staviti ga u dvije posude. U jednu dodamo klorirane vode, a u drugu kišnicu i nakon 24 sata stavimo i jedan i drugi uzorak pod mikroskop. Što mislite, što bi se moglo dogoditi?

#### **2.6.4. Oprema za kompostiranje**

Količina opreme koju trebamo za kompostiranje će naravno biti drugačija ako radimo kompost samo za sebe i svoj mali povrtnjak ili ako imamo komercijalnu proizvodnju. Minimalno je imati vile kojima ćemo kompost preokretati, no bilo bi poželjno imati i termometar kojim možemo precizno motriti temperaturu, a time posredno i kisik. Može se koristiti kuhički termometar za tekućine sa sondom od nehrđajućeg čelika, a vrlo je korisno imati termometar dizajniran upravo za mjerjenje temperature komposta s dugačkom sondom koja doseže centar kompostne hrpe bez potrebe da po njoj kopamo.

Što se tiče raznih posuda za kompostiranje, smatramo da je većina toga nepotrebno, a jednostavna su riješenja uvijek i najjeftinija, te najučinkovitija.

Za komercijalne proizvođače bilo bi poželjno uložiti u nešto skupljiji komad opreme – a to je mjerač udjela kisika, kako bi bili sigurni da svojim kupcima isporučuju samo kvalitetan aerobni kompost. Također će vam trebati stroj za preokretanje kompostne hrpe i prednji utovarivač. Ovo su traktorski nastavci koji će vam biti neophodni za manipulaciju velikim količinama materijala.

Kompostnu hrpu je potrebno pokriti kako ne bi došlo do ispiranja hranjivih tvari koje još nisu imobilizirane (apsobirane u tijela organizama). No kako je kompostiranje aeroban proces, također ne smijemo koristiti materijal koji je potpuno nepropusn jer bismo kompostnu hrpu na taj način doslovno mogli ugušiti. Za manje kompostne hrpe idealan je karton, a za velike, komercijalne kompostane, može se koristiti paropropusna folija koja omogućava izmjenu plinova, no ne dozvoljava ulazak kiše. Materijal kojim hrpu pokrivamo također će usporiti isparavanje potrebne vlage iz kompostne hrpe.

## 2.6.5. Odabir metode kompostiranja

Najvažnije što trebamo znati je da sve metode, ako se ispravno prakticiraju, mogu proizvesti kvalitetan kompost. Dakle nije toliko važna metoda, koliko je važno pridržavati se zadanih parametara u smislu temperature, vlage, kisika i omjera hranjivih tvari. Postoje brojne metode kompostiranja i brojni "uredaji" koji se mogu koristiti za proces, od rotirajućih kompostera, plastičnih spremnika, sve do nešto jednostavnijih kompostera napravljenih od paleta ili otpadnih dasaka. Ovisno o tome što nam treba i odgovara estetski, mogu se koristiti svi ovi uređaji, primjerice ako stanujemo u gradu i raspolažemo ograničenim prostorom, onda rotirajući komposter koji stane na balkon može biti vrlo koristan. Jednostavno rješenje za urbane uvjete je kompostiranje u kanti o čemu smo već pisali u priručniku ***Permakulturni dizajn - priručnik uz tečaj*** koji je moguće besplatno preuzeti na našoj web stranici ([www.zmag.hr](http://www.zmag.hr)). Na internetu postoji i detaljan video priručnik koji je obajvila Zelena akcija, koji tu metodu detaljno opisuje korak po korak ([https://www.youtube.com/watch?v=t\\_1HL9H1cnA](https://www.youtube.com/watch?v=t_1HL9H1cnA)). Ako imate okućnicu, onda je ipak najjednostavnije kompostirati tako da se formira hrpa. Mnogi iskopaju rupu u tlu i samo u nju ubacuju kuhinjski otpad. Iako je to najjednostavnija metoda da se riješimo organskog otpada, to nije kompostiranje i na taj način nećemo uspjeti proizvesti nikakav kompost.

Plastični su komposteri po našem mišljenju skupi i vrlo lako mogu prouzrokovati anaerobne uvjete jer su uglavnom zatvoreni, pa je stoga potrebno dodatnu pažnju posvetiti dostupnosti kisika. Također, zbog izloženosti suncu (UV zrakama), oni s vremenom propadaju i postaju neupotrebljivi stvarajući tako nepotreban otpad. Kompostišta napravljena od paleta ili letava su svakako bolja opcija, samo moramo paziti na to da kompost bude pokriven isto kao i u slučaju ako se odlučite kompostirati bez ikakvog uređaja (na hrpi). Preokretanje hrpe u takvom kompostištu može biti otežano zbog drvenih stranica pa obavezno kompostište izradite tako da se jedna stranica može otvoriti.

Jednostavno slaganje materijala na hrpu je vjerojatno najjednostavnija metoda kompostiranja. Mi na Recikliranom imanju<sup>41</sup> preferiramo metodu kompostiranja pomoću žičane mreže. Jednostavna je i jeftina, te čini preokretanje hrpe brzim i lakim. Za tu će vam metodu biti potrebna žičana mreža kakva se koristi za ograde ili nešto slično. Trebat će vam mreža dugačka 4 do 5 metara, a prodaje se standarno u rolama širine 1 metar. Mrežu jednostavno savijemo

<sup>41</sup> **Reciklirano imanje** je projekt udruge ZMAC. Imanje je zamišljeno kao ekoselo, edukacijski centar i poligon za istraživanje permakulture i održivog načina života, a nalazi se u selu Vukomerić, oko 30 km južno od Zagreba.



Kompostiranje u mreži



Kompostiranje na veliko

u cilindar, povežemo na krajevima i postavimo direktno na tlo tako da stoji okomito. Cilindar načinjen od mreže napunimo materijalom koji kompostiramo pri čemu poštujemo sve što smo do sada naučili o omjerima hranjivih tvari i vlažnosti materijala.

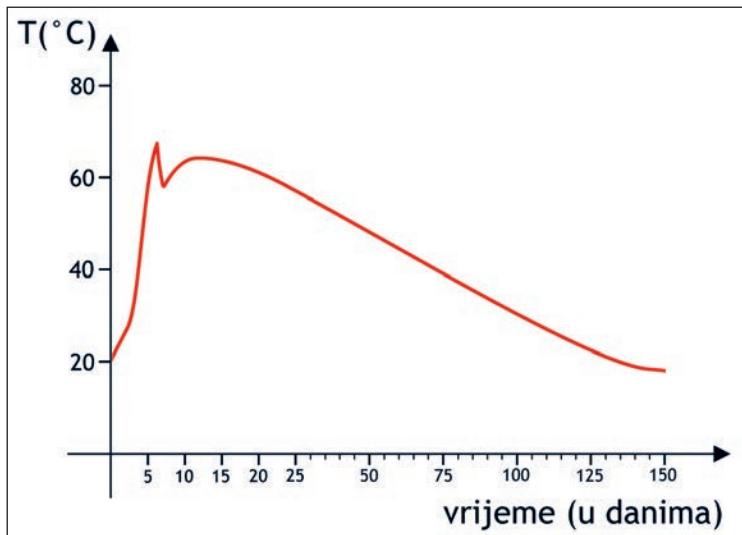
Na slici to nije prikazano, no kompost obavezno moramo prekriti kako bismo spriječili ispiranje hranjivih tvari koje još nisu apsorbirali mikroorganizmi. Za to možete koristiti običnu ceradu ili karton. Kada dođe vrijeme da kompostnu hrpu preokrenemo, otvorite mrežu, uklonite je s kompostne hrpe i formirajte cilindar odmah pokraj hrpe. Vilama hrpu preokrećemo tako da najprije uzimamo materijal sa rubova kompostne hrpe, dakle kao da joj želimo "oguliti" vanjski sloj. Taj materijal obacujemo u mrežu tako da dospije u sredinu nove hrpe. Zatim sav ostali materijal jednostavno prebacimo u novi cilindar i prekrijemo. Dakle, materijal preokrećemo tako da ono što je bilo izvana, sada dolazi u središte kompostne hrpe. Ako želite proizvoditi velike količine komposta za prodaju, to se standardno radi tako da se formiraju duguljaste hrpe koje se onda lako mogu strojno preokretati.

Kao što vidite, metode su različite i svaka od njih može proizvesti dobar kompost ako pazimo na sve čimbenike. Pomoću omjera hranjivih tvari imamo kontrolu nad temperaturom procesa kompostiranja. Ako kompostna hrpa sadrži više dušika, brže će se zagrijavati zbog veće aktivnosti mikroorganizama. Tako pomoću C:N omjera proces kompostiranja možemo krojiti prema svojim potrebama. Ovisno o dinamici i temperaturi procesa kompostiranja, kompost možemo podijeliti na **statični i termalni**. Oba procesa daju kvalitetan kompost, samo kroz različite vremenske periode.

### STATIČNI KOMPOST

Ova je metoda sporija, ali zato zahtjeva manje rada uloženog u preokretanje kompostne hrpe jer ćemo je u toku cijelog procesa morati preokrenuti samo jednom. Metoda je idealna za kućno kompostiranje ako imate okućnicu. Trebamo pažljivo pogoditi omjer hranjivih tvari tako da kompostna hrpa ne "podivlja" u smislu temperature, jer ćemo je inače morati preokretati mnogo češće. U svakom kompostnom materijalu mogu se naći spore patogenih organizama i važno je da proces kompostiranja eliminira te štetnike. Kod metode statičnog komposta do eliminacije patogenih organizama doći će jednostavno zbog konkurenkcije. U pravilnim uvjetima kroz dovoljno dugačak vremenski period, korisni mikroorganizmi će nadjačati štetnike, ali zato moramo pažljivo motriti čimbenike kompostiranja, u prvom redu temperaturu i vlagu. Također, koristimo toplinu kao sredstvo eliminacije korova i patogenih organizama, tako da je kod komposta dobro da temperatura kompostnog materijala bude viša od 55 °C kroz period od 3 dana.

Ako bismo mjerili temperaturu svakoga dana i unijeli tu temperaturu u graf, za ovu metodu on bi trebao otprilike izgledati ovako.



Kretanje temperature statične metode kompostiranja

Ako dobro pogodimo C:N omjer, temperatura će već u otprilike 6 dana narasti na 65 °C. Tada kompostnu hrpu trebamo obavezno preokrenuti i nikako ne dozvoliti da temperatura pređe 70 °C. Na grafu preokretanje izgleda kao mala stepenica. U sljedećih će nekoliko dana temperatura nastaviti rasti, nakon čega će se početi spontano spušтati. Kroz otprilike 150 dana (5 mjeseci) temperatura kompostne hrpe će se smanjiti na sobnu temperaturu i tada možemo reći da je proces kompostiranja u potpunosti završen. Ovaj proces nazivamo statičnim kompostiranjem jer zahtjeva samo jedno preokretanje hrpe.

#### **UPOZORENJE:**

Ako ste stavili previše dušičnih materijala u kompostnu hrpu, temperatura će nastaviti rasti i nakon prvog preokretanja. Kada ona ponovno dosegne 65 °C, hrpu moramo obavezno ponovno preokrenuti. Svaki put kada hrpa dosegne 65 °C, vrijeme je da preokrenemo hrpu i to je zlatno pravilo s kojim ne možete pogriješiti pri kompostiranju. U raznoj literaturi mogu se naći razne metode kompostiranja, s naputcima da hrpu treba preokretati svaka 2 dana, ili svakih mjesec dana i sl. Vrijeme nije kriterij! Temperatura je pokazatelj koji moramo pratiti. Ako smo planirali raditi statični kompost s jednim preokretanjem, no temperatura ipak nastavlja rasti, to znači da nismo pogodili C:N omjer. Umjesto da pustimo da temperatura pređe

70 °C, moramo nastaviti preokretati i preokretati sve dok temperatura ne počne spontano padati. U protivnom će hrpa postati anaerobna i ne samo da ćemo izgubiti sve korisne organizme koje pokušavamo razmnožiti, nego ćemo gubiti i hranjive tvari i stvoriti stanište za štetne anaerobne organizme!

Dakle na pitanje "Kada treba preokrenuti kompostnu hrpu?" odgovor je uvijek isti, a to nije "nakon X dana", nego čim temperatura kompostne hrpe pređe 65°C. Također, bez obzira o kojoj metodi kompostiranja je riječ, temperatura kompostnog materijala mora biti viša od 55 °C kroz 3 dana kako bi se uništila klijavost sjemena korova koje se može naći u kompostnom materijalu, te kako bi se uništili štetni mikroorganizmi. Pritom pazite da se svaki komadić kompostnog materijala zagrije na 55°C, što može biti izazov budući da temperatura nije jednolika kroz cijeli presjek komposta. Unutrašnjost je toplija, a vanjska strana hladnija. Zato pri preokretanju moramo paziti na to da ono što je ranije bilo s vanjske strane sada dolazi iznutra – tako da se i taj dio materijala zagrije na 55 °C.

Statično kompostiranje možemo planirati kroz tjedan tako da hrpu započnemo primjerice u subotu, u nedjelju joj mjerimo temperaturu, te još nekoliko puta tokom tjedna i sljedeću je subotu ponovno preokrenemo. Nakon toga je pustimo da odstoji sve dok temperatura ne padne na temperaturu okoline, a to će biti u roku od oko 5 mjeseci.

Ako temperatuta raste prebrzo, nemojte doći u iskušenje pokušati smanjiti temperaturu vodom. Na taj ćete način samo dobiti kompostni materijal prezasićen vodom koji će lako preći u anaeroban proces. Umjesto toga hrpu brzo preokrenite i dodajte još ugljičnog materijala (u ovu svrhu najbolje piljevine ili hoblovine) – na taj način ćete usporiti rast temperature.

Ako temperatura uopće ne raste, provjerite vlažnost. Ako je vlažnost u redu, onda treba dodati još dušičnog materijala. Ako temperatura i dalje stoji, očito se radi o toksičnom materijalu koji sadrži preveliku količinu pesticida ili nekih drugih kemikalija koje sprečavaju kompostiranje. I za takav kompostni materijal postoji riješenje – treba ga najprije poprskati kompostnim čajem koji je izrađen od glisnjaka (humusa dobivenog kompostiranjem pomoću glista), jer one u svojem probavnom traktu sadrže mikroorganizme koji su sposobni razgraditi molekule pesticida. Budući da je takav proces bioremedijacije vrlo energetski intenzivan, u kompostni čaj prije apliciranja dodajemo melasu kako bi se osigurao izvor hrane za bakterije.

### **RECEPT ZA STATIČNI KOMPOST**

- 10 % dušičnog materijala ( $C:N = 10$ ): neodstajalo kokošje ili kravlje gnojivo, grašak ili grah (cijela biljka), lucerna,drvna sječka ili piljevina bagrema i sl. (uglavnom je dobro da se kombinira neko gnojivo i leguminoza)
- 30 % zelenog materijala ( $C:N = 30$ ) - svježi otkos trave, zeleno lišće i sl.
- 60 % smeđeg materijala ( $C:N > 100$ ) - drvna sječka, piljevina, slama)

Ako koristimo ranije spomenutu metodu kompostiranja pomoću žičane mreže, praktična metoda dodavanja vode u kompost je da vrtno crijevo s prskalicom pričvrstimo uz rub žičane mreže i lagano pustimo vodu tako da se rasprskava po kompostnom materijalu kojeg slažemo na hrpu.

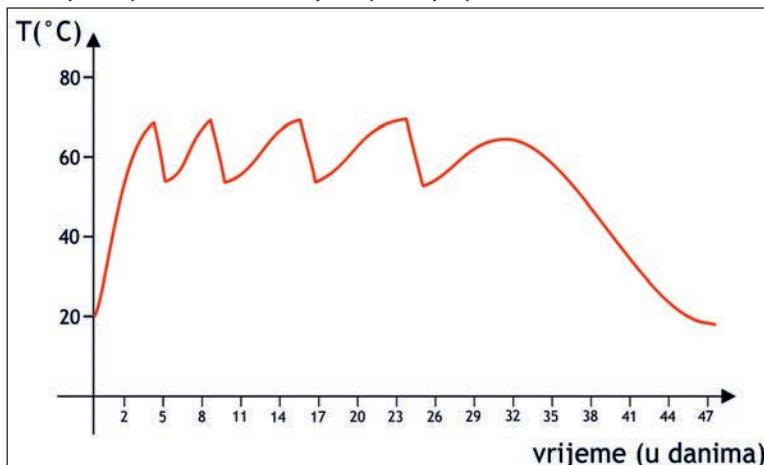
Pri kraju kompostiranja, kada temperatura padne ispod  $40^{\circ}\text{C}$ , u kompostnu hrpu možemo dodati nešto kalcija kako bi ga gljive apsorbirale. Na čemo taj način tlu dodati kalcij koji ondje trajno ostaje.

Ako unutar kompostne hrpe postoje anaerobni džepovi, to je u redu, važno je da većina kompostne hrpe bude aerobna. Primjerice, u unutrašnjosti grudica materijala, pa čak i unutar mikroagregata, uvjeti mogu biti anaerobni. Stoga je najvažnije da oko tih džepova vladaju aerobni uvjeti u kojima žive aerobni organizmi koji će u konačnici nadjačati anaerobne.

### **TERMALNI KOMPOST**

Iako se kod svih procesa kompostiranja razvijaju značajne količine toplinske energije, termalni je kompost koristan ako želimo da se proces završi u kraćem

Kretanje temperature u termalnoj kompostnoj hrpi



vremenskom periodu. To ćemo postići tako da u kompostnu hrpu stavimo nešto više dušičnog materijala što će rezultirati većom aktivnošću bakterija i višim temperaturama. I opet, vrijedi pravilo da kompostnu hrpu moramo preokrenuti kada temperatura pređe  $65^{\circ}\text{C}$ , no umjesto jednom, tijekom cijelog procesa morat ćemo preokrenuti 4 do 5 puta. Ako pravilno pogodimo C:N omjer, graf kretanja temperature u kompostnoj hrpi bi trebao izgledati ovako:

Graf prikazuje proces kompostiranja prilikom kojeg smo izveli 4 preokretanja. U nekim će slučajevima biti potrebno 5 preokretanja. Temperatura pada na sobnu već nakon 50-ak dana, što znači da je proces kompostiranja u potpunosti završen i materijal je spreman za uporabu.

Zbog količine preokretanja, ova će metoda možda biti korisnija komercijalnim proizvođačima komposta koji za preokretanje koriste mehanizaciju. Njima je i u interesu da se kompostni proces što brže završi, kako bi kompost mogli prodati i što prije započeti sljedeći ciklus komposta.

#### **RECEPT ZA TERMALNI KOMPOST**

Kod termalnog komposta svakako želimo više dušičnog materijala nego kod statičnog. Želimo da udio materijala bogatog dušikom ( $\text{C:N} \approx 10$ ) bude oko 25 %. I opet, najbolja je kombinacija leguminoza i životinjskog gnojiva. Preostalih 75 % hrpe će ovisiti o tome želimo li završni proizvod u kojem će dominirati bakterije ili gljive. Već smo ranije spomenuli da će nam za uzgoj trajnica trebati kompost kojim dominiraju gljive, a ako želimo uzgajati jednogodišnje biljke, onda nam treba kompost kojim dominiraju bakterije.

#### **RECEPT ZA KOMPOST KOJIM DOMINIRAJU BAKTERIJE**

- 25 % dušični materijal ( $\text{C:N} < 10$ )
- 45 % zeleni materijal ( $\text{C:N} = 30$ )
- 30 % smeđi materijal ( $\text{C:N} > 100$ )

#### **RECEPT ZA KOMPOST KOJIM DOMINIRAJU GLJIVE**

- 25 % dušični materijal ( $\text{C:N} < 10$ )
- 30 % zeleni materijal ( $\text{C:N} = 30$ )
- 45 % smeđi materijal ( $\text{C:N} > 100$ )

Kao i kod statičnog kompostiranja, ako u tlu postoji nedostatak kalcija, pri kraju kompostiranja ga možemo dodati u kompost.

Proces kompostiranja je završen u trenutku kada nema više reproduktivne mikrobiološke aktivnosti. To znači da će se temperatura kompostne hrpe

izjednačiti s temperaturom okoline. Nikad nemojte na polju ili vrtu koristiti kompost koji je još uvijek topao, već dopustite da se proces potpuno završi. Kao i kod preokretanja, temperatura je pokazatelj kada je proces gotov, dakle umjesto da mjerimo vrijeme, važnije je da mjerimo temperaturu.

Kada bismo oko biljaka na tlo stavili kompost koji nije završio proces kompostiranja, došlo bi do gubitka dušika iz tla jer ga proces kompostiranja troši. Na taj način u tlu stvaramo uvjete u kojima dolazi do natjecanja za hranjive tvari. U utrci za hranjivim tvarima bakterije će uvijek pobjediti, gljive dolaze druge, a biljke posljednje. Također, visoka temperatura može našteti biljkama. Polugotov kompost je koban za biljke i zato trebamo uvijek imati dovoljno strpljenja da pričekamo da mu temperatura padne na sobnu temperaturu. Takav kompost nazivamo **stabilan kompost** i njegova karakteristika je da je količina dušika koju troše organizmi (imobilizirani dušik) u balansu s dušikom koji nastaje mineralizacijom (metabolizmom predatora).

Dokumentirano je da u zrełom kompostu još sljedećih 6 mjeseci dolazi do povećanja bioraznolikosti. Nakon 6 mjeseci nestaje hranjivih tvari za mikroorganizme, što znači da organizmi u kompostu postaju neaktivni. Takav kompost je kvalitetan još sljedeće dvije godine, nakon čega dolazi do opadanja količine organizama.

## 2.6.5. Kompost kao gnojivo

Kompost se sastoji uglavnom od tijela organizama i nešto organske tvari.

Jasno nam je zašto su nam organizmi korisni, ali legitimno je pitanje – ima li u kompostu dovoljno hranjivih tvari za uzgoj biljaka?

Odgovor je nedvojbeno DA, ali neke stvari moramo uzeti u obzir. Za početak, potrebno je odgovoriti na pitanje: Što je gnojivo? Agronomi se uglavnom usredotočuju na makronutrijente u obliku odmah dostupnom biljkama. Dakle, najviše se uzimaju u obzir dušik (N), fosfor (P) i kalij (K). Međutim, za zdravlje biljaka su važni i drugi elementi. Biljke kojima su dostupni svi potrebni elementi bit će zdravije i otpornije na bolesti. To je kao i s ljudima. NPK paradigma bi bila kao da kažemo da je sve što ljudima treba za prehranu kombinacija ugljikohidrata, bjelančevina i masti, a poznato je da nam osim toga trebaju i brojni mikronutrijenti, vitmini, minerali itd. Dakle, zasnivati prehranu biljaka samo na N, P i K je u startu pogrešno.

Druga je pogreška što se u agronomiji gnojivom smatra samo tvar koja je odmah dostupna biljci. Na primjeru dušika, u obzir se uzimaju samo nitrati

( $\text{NO}_3^-$ ). Ponekad se uzimaju u obzir i nitriti ( $\text{NO}_2^-$ ) koje biljke ne mogu izravno apsorbirati, ali se relativno lako putem bakterija pretvaraju u nitratre. No što je s ostalim oblicima dušika, recimo aminokiselinama ili bjelančevinama? Oni su itekako bitan izvor dušika u tlu, no da bi postali dostupni biljkama, moramo imati organizme koji te spojeve pretvaraju u nitratre i nitrite. Sada znamo da ako imamo funkcionalnu hranidbenu mrežu organizama u tlu, gnojivo je sva organska tvar koja se nalazi u tijelima bakterija, gljiva, praživotinja (protozoa), nematoda, mikročlankonožaca, sve huminske kiseline, fulvinske kiseline, čak i ponešto dušika koji je vezan u mineralnoj komponenti tla. Sve to može postati dostupno biljkama ako imamo ekosustav koji funkcioniра s kompletnim spektrom organizama tla.

Kada promatramo fosfor, kao gnojivo se u agronomiji računaju samo fosfati ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), no ne uzimaju se u obzir, primjerice, minerali kamena koji mogu postati fosfati ako u tlu imamo organizme (prvenstveno gljive) koji minerale svojim enzimima mogu otopiti i apsorbirati. Isto vrijedi i za kalij.

Ono što je važno znati je da kompost sadrži ne samo veliku količinu hranjivih tvari i to u imobiliziranom obliku (netopivom), nego nam omogućava da oblici hranjiva koji nikada ne bi bili dostupni biljkama, postanu dostupni putem biološke aktivnosti. Zato se uspostavom života u tlu potreba za dodavanjem gnojiva dramatično smanjuje. U Hrvatskoj se u prosjeku troši oko 70 kg mineralnih gnojiva po hektaru. To se može smanjiti na 4 kg/ha, a ako uspostavimo zelenu gnojidbu, u potpunosti možemo eliminirati potrebu da se tlu iz godine u godinu išta dodaje. Sve što trebamo napraviti je uspostaviti život u tlu i čuvati ga.

#### **KORIŠTENJE ŽIVOTINJSKOG GNOJIVA ZA PRIHRANU TLA**

Životinska gnojiva sadrže mnogo tvari koje su topive u vodi i zbog toga ih gubimo sa svakom kišom ili navodnjavanjem. Kaže se da je životinjsko gnojivo "prejako" za izravnu aplikaciju, ali to nije samo zbog previsoke koncentracije hranjivih tvari u njemu, već i zato što sadrži patogene organizme. Zbog toga se tradicionalno gnojivo ostavlja da "sazrije", to jest da odstoji prije upotrebe. Dok takvo gnojivo stoji, mi gubimo hranjive tvari. Gubimo ih ispiranjem sa svakom kišom, ali i isparavanjem jer u gnojivu nabacanom na hrpu vladaju uglavnom anaerobni uvjeti. Ako osjetimo neugodan miris, to znači da hranjive tvari isparavaju, a životinjski gnoj gotovo uvijek zaudara. Nadalje, anaerobni uvjeti pogoduju štetnim organizmima, a ne pogoduju korisnim. Omjer C:N u čistom gnojivu je oko 10:1 što znači puno dušika, što znači da ne stvaramo povoljne uvjete

za razvoj svih organizama koji su nam potrebni u tlu. Gljiva u gnojivu gotovo i nema jer ono malo slame koje obično dolazi s kravljim izmetom nije dovoljno hrane za njihov razvoj. Sve u svemu, tradicijski način korištenja životinjskog gnojiva je vrlo neučinkovit, te potencijalno štetan. Puno učinkovitije bi bilo gnojivo kompostirati zajedno sa svim ostalim materijalima i onda koristiti kompost, zbog svega već navedenog u ovom priručniku.

#### **KOLIKO KOMPOSTA NAM TREBA?**

Stara permakulturna poslovica kaže: "Komposta nikad dosta!", ali ovdje ćemo pokušati ipak dati precizne brojke. Kompostiranje je posao u koji moramo uložiti trud i materijal koji ne mora uvijek biti besplatan. Zbog toga želimo aplicirati točno onoliko komposta koliko je potrebno za revitalizaciju tla i prehranu biljaka, ni grama više, jer sve suvišno je rasipanje i zapravo nepotrebno.

Kako bismo točno utvrdili koliko komposta nam treba, prvi korak je mikroskopom analizirati tlo kako bismo utvrdili kakvo je stanje u tlu. Osnovna namjena komposta je vratiti sve potrebne organizme u tlo. Nakon što smo tlo testirali, odabrat ćemo recepturu za kompost koji nam treba – dominiran bakterijama ili gljivama. Ako je tlo potpuno uništeno i ne sadrži ni približno dovoljno organizama i organske tvari, standarno se aplicira 2,5 tone komposta po hektaru. Ako tlo sadrži dovoljno organske tvari, ali u njemu nema organizama, onda će biti dovoljno aplicirati samo kompostni čaj. U svakom slučaju, komposta ne možete staviti previše. Biljke mogu rasti iz čistog komposta i možemo ga koristiti umjesto mješavine za uzgoj presadnica. Ali ako raspolažemo s parcelama čiju površinu mjerimo u hektarima, onda moramo biti štedljivi s kompostom.

Što se tiče dušika, kompost sadrži golemu količinu dušikovih spojeva i to je oko 16800 ppm ukupnog dušika, od čega je oko 400 ppm amonijak, a 280 ppm su nitrati. U poljoprivrednoj proizvodnji računa se da nam treba oko 15 ppm dušika po toni bilo kojeg uroda (sjemena ili ploda).

Glavni proizvođač mineraliziranog oblika dušika u tlu su praživotinje (protozoa). Primjerice, jedna *Euglena* pojede 6 bakterija i pritom ispusti 5 molekula dušikovih spojeva u tlo. Svaka praživotinja dnevno pojede 10 000 bakterija, što znači da se u takvom tlu svaki dan proizvede 8 000 molekula dušičnih spojeva. Zdravo tlo sadrži oko 50 000 praživotinja po gramu tla. To znači da se u gramu zdravog tla dnevno pojede 500 milijuna bakterija čime nastaje 40 milijuna molekula dušikovih spojeva, što je oko 7 mg dušika dnevno. Biljke kada najviše rastu trebaju oko 0,2 mg dušika po gramu tla, što znači da nam praživotinje daju daleko više dušika nego nam je potrebno.

Poljoprivreda bi trebala biti jednostavna! Umjesto toga, komplikirana je samo zato što smo razorili život u tlu.

### 2.6.6. Kako znamo da je kompost kvalitetan?

Prva i najjednostavnija metoda analize komposta je vizualna procjena. Boja bi trebala biti bogata tamno smeđa, boja čokolade. Nikako ne smije biti crna jer to je indikator potpuno oksidirane organske tvari koja obično nastaje kada su temperature u kompostu previsoke. Boju uvijek procjenjujemo na danjem svjetlu jer pod umjetnim svjetlom može izgledati drugačije. Bogata smeđa boja je indikator huminskih kiselina, a bež boja fulvinskih kiselina, obje su poželjne u kompostu. Kompost treba biti rastresit i porozan kao na slici. Moraju biti vidljivi džepići zraka i mora se mrviti pod rukama.

Svakako bi trebala biti vidljiva vlakna micelija, ali ne i pepeljaste tvorevine jer to nisu gljive nego aktinobakterije koje upućuju na anaerobne uvjete. Vlakna micelija su najčešće bijela, ali mogu biti i žuta ili smeđkasta. Ako iz kompostne hrpe izrastu gljive, to generalno nije loš znak, no ako su sve gljive iste vrste, to znači da nam nedostaje raznolikost. Takav se kompost može preokrenuti i inokulirati ga s još najmanje dvije vrste gljiva. Siva pljesan je loša vijest i proizvodi spore koje ne smijemo udisati.

Ako odmah osjetimo smrad, znači da kompost jednostavno ne valja. Nikakav neugodan miris ne bi trebao nastati u kompostnoj hrpi. Vinske mušice su također indikator anaerobnog komposta jer dolaze na alkohol koji isključivo nastaje u anaerobnim uvjetima posredstvom anaerobnih gljivica – kvasaca. Anaerobni kompost je obično grudast, a čim prelomimo grudu osjetit ćemo smrad.

Ako imate mogućnosti kompost analizirati pomoću mikroskopa, onda možete precizno utvrditi koliko će kompost biti učinkovit. Kvalitetan, aeroban kompost bi trebao sadržavati 15 do 30 µg biomase živih, aktivnih bakterija po gramu komposta te 150 do 300 µg ukupne biomase bakterija po gramu suhe mase komposta. Ovisno o tome želimo li kompost dominiran gljivama, ova će brojka biti bliža 150 µg ili ako želimo kompost dominiran bakterijama, onda će biti bliža 300 µg. Također, kompost mora sadržavati 2 do 10 µg aktivnih gljiva, te ukupno 150 µg (kod komposta dominiranog bakterijama) do 500 µg ili više (kod komposta dominiranog gljivama) biomase gljiva po gramu suhe materije komposta. Promjer hifa gljiva mora biti prosječno 2,5 µm ili veći. Kako bi se osigurala cirkulacija hranjivih tvari, kompost mora sadržavati 50 000 ili više praživotinja (protozoa) po gramu suhe tvari komposta od čega su najmanje 25 000 bičaši, najmanje 25



Rastresiti kompost



Anaerobni materijal

ooo amebe i 50 do 100 trepetljikaši. Viši broj trepetljikaša upućuje na anaerobne uvjete u kompostu. Nematode moraju biti prisutne u količini od 20 do 100 KORISNIH nematoda po gramu suhe tvari komposta. Ne smijemo imati štetne nematode u kompostu.

## 2.7. Kompostni čaj

Kompostni čaj je aerobni voden ekstrakt komposta. Proizvodi se tako da u posudu stavimo vodu u koju najprije uronimo opremu za obogaćenje kisikom. To može biti jača pumpica za akvarije (kompresor) koja služi tome da upuhuje mjeđuhrice zraka u vodu. Mjeđuhrice zraka prolaze kroz vodu i pri tom se kisik otapa u vodi. Taj je kisik izuzetno važan ako želimo podržati aerobne mikroorganizme. Zatim kvalitetan kompost stavite u vrećicu od poroznog platna, gaze, a može se koristiti i čarapa najlonka, te ga uronite u vodu i pričvrstite tako da visi iznad mlaza mjeđuhrice zraka koje proizvodi pumpa. Upravo zbog te

Izrada kompostnog čaja



platnene vrećice uronjene u vodu, kompostni je čaj dobio svoj naziv jer podsjeća na filter vrećicu čaja uronjenu u šalici vode. Vrećica ostaje tako uronjena u vodu oko 24 sata pri čemu organizmi i hranjive tvari iz komposta padaju u vodu gdje se dodatno razmnožavaju jer im odgovaraju aerobni uvjeti. Mikroorganizmi mogu kao i ribe disati kisik koji je otopljen u vodi, pa voda mora obavezno biti zasićena kisikom jer u protivnom kompostni čaj postaje anaeroban što znači da gubimo korisne organizme i uzgajamo štetne.

Voda za izradu kompostnog čaja mora biti čista, a ako ima bilo kakav neugodan miris bolje ju je ne koristiti. Idealno bi bilo koristiti čistu kišnicu, ili ako je nemamo, možemo koristiti i vodu iz vodovoda, samo je moramo prije dodavanja vrećice s kompostom ostaviti da odleži neko vrijeme s upaljenom pumpicom za prozračivanje kako bi se iz nje eliminirao klor. Mjehurići koje proizvodi kompresor ne samo da vodi dodaju kisik, već i mehanički izbijaju čestice iz vrećice s kompostom. U vodu padaju tijela mikroorganizama i tvari iz komposta topive u vodi, dakle hranjive tvari. Nakon procesa u vrećici ostaje kompost koji je još uvijek dobar i može se iskoristiti kao začetak za novu kompostnu hrpu. Prije ubacivanja vrećice s kompostom, voda već mora sadržavati maksimalnu količinu otopljenog kisika.

U vodu se obično još dodaje i hrana za mikroorganizme kako bi se razmnožili, no pri tom moramo biti vrlo oprezni jer dodavanje previše hrane može uzokovati pretjerano razmnožavanje mikroorganizama, što rapidno troši kisik iz vode.

Ako organizmi troše više kisika nego što je kompresor sposoban vratiti u vodu, potrošit će se sav kisik u vodi i nastupiti će anaerobni uvjeti. U anaerobnim uvjetima aerobni organizmi umiru i kontrolu preuzimaju štetni anaerobni organizmi. Dakle, na taj način možemo izgubiti sve korisno iz kompostnog čaja, sve korisne bakterije, gljive, praživotinje, nematode, a također gubimo i dušik, sumpor i fosfor, te se počinju proizvoditi neke organske kiseline i alkoholi koji mogu ubiti biljku ako primijenimo takav kompostni čaj. Stoga, kao i kod izrade komposta, isto pravilo vrijedi i za kompostni čaj – moramo osigurati da uvjeti ostanu aerobni, što je dakako teže budući da se radi o vodenom ekstraktu. Iz istog razloga, kompostni čaj nakon gašenja kompresora ne smije stajati. Moramo ga upotrijebiti odmah!

#### **OSNOVNI RECEPT ZA KOMPOSTNI ČAJ**

Platno od koje je napravljena vreća za kompost ne smije biti pregusto kako bi organizmi iz nje mogli izaći. Melasa je tekućina koja nastaje kao nusproizvod u proizvodnji šećera od šećerne trske. Sadrži preko 150 vrsta šećera koji u kompostnom čaju služe kao hrana za mikroorganizme. Budući da se u

| VELINE KOLIČINE                          | MALE KOLIČINE                      |
|--|------------------------------------|
| <b>1000 L VODE</b>                       | <b>5 L VODE</b>                    |
| <b>2,5 LITRE HUMINSKE KISELINE</b>       | <b>12,5 ML HUMINSKE KISELINE</b>   |
| <b>1 L MELASE</b>                        | <b>5 ML MELASE</b>                 |
| <b>1 L EKSTRAKTA MORSKIH ALGI</b>        | <b>5 ML EKSTRAKTA MORSKIH ALGI</b> |
| <b>15 KG KOMPOSTA U VREĆI ZA KOMPOST</b> | <b>75 G KOMPOSTA (MOŽE I VIŠE)</b> |

kompostnom čaju nalaze tisuće vrsta različitih organizama, različite vrste šećera bit će hrana za različite organizme. Međutim, ponekad se u proizvodnji koristi sumpor kao konzervans melase, stoga moramo paziti na to da melasa koju ubacujemo u kompostni čaj ne sadrži sumpor jer on djeluje kao fungicid.

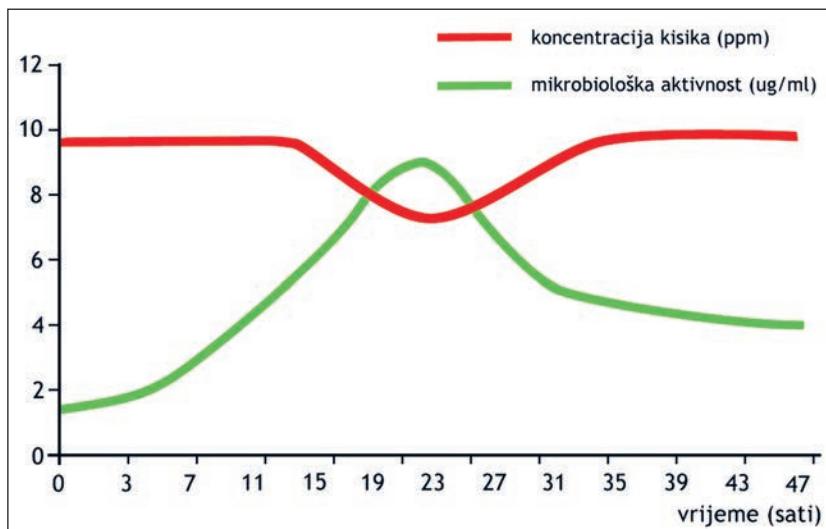
Obavezno se trebamo pridržavati recepta za kompostni čaj. Kad bismo stavili previše melase u kompostni čaj, ugrozili bismo cijelu rundu jer se uz prisutstvo više hranjiva mikroorganizmi brže razmnožavaju, te brže troše kisik iz vode, a to može dovesti do anaerobnih uvjeta.

#### VRIJEME I TEMPERATURA

Pri vanjskoj temperaturi od 22°C vrijeme proizvodnje kompostnog čaja bit će 24 sata. Ako je toplije, vrijeme možemo skratiti, a ako je hladnije možemo ga produžiti. Ako je jako hladno, kompostni bi čaj bilo bolje raditi u zatvorenom. Idealno bi bilo da je temperatura kompostnog čaja jednaka temperaturi tla na koje ćemo ga primjeniti.

#### KISIK

Oprema pomoću koje upuhujemo kisik u vodu mora biti dovoljno snažna da opskrbi proces dovoljnom količinom kisika tijekom izrade kompostnog čaja. Male pumpice za akvarije nisu dostatne čak ni za najmanju količinu. Ako radimo 5 litara kompostnog čaja onda moramo nabaviti najveću moguću pumpicu za akvarij koju uspijemo pronaći na tržištu. Pumpica bi trebala biti u mogućnosti isporučiti najmanje 30 litara zraka u minuti za 50 litara kompostnog čaja. Korisno je imati opremu pomoću koje možemo izmjeriti količinu otopljenog kisika u vodi tako da bismo cijelo vrijeme bili posve sigurni da je proces aeroban. Graf prikazuje kako bi se pri idealnim uvjetima u procesu izrade kompostnog čaja trebala kretati koncentracija otopljenog kisika u odnosu na mikrobiološku reproduktivnu aktivnost.



Koncentracija kisika u odnosu na mikrobiološku aktivnost

#### KADA APLICIRATI KOMPOSTNI ČAJ?

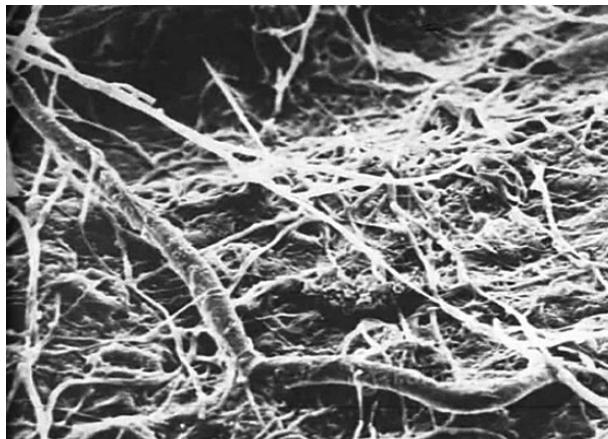
Kompostni čaj se aplicira u tlo pred sadnjom ili sjetvu. Dakle, u proljeće se koristi kompostni čaj u količini od 200 l/ha ili kompost u količini od 2,5 t/ha. Ako sjeme namaćete prije sjetve, umjesto u čistoj vodi, dobro ga je namočiti u kompostnom čaju. Sljedeća aplikacija kompostnog čaja je folijarna i primjenjuje se u doba godine kada se očekuju gljivična oboljenja. Važno je da se list poprska kompostnim čajem i s gornje i s donje strane. Svakako je bolje kompostni čaj aplicirati preventivno nego čekati da se bolesti već razviju, no kompostni čaj je toliko učinkovit da u nekim slučajevima može potisnuti već uznapredovalu bolest. No kako bismo bili sigurni, bolje je ne čekati prve znakove bolesti i aplicirati kompostni čaj unaprijed.

Za prskanje možete koristiti strojeve koji sluče za aplikaciju pesticida, dok se za manje površine koriste ručne prskalice. Važno je ne koristiti mlaznicu užu od 400 µm u promjeru jer bi mogla oštetiti organizme dok prolaze kroz nju.

#### MJERE USPJEŠNOSTI

Mikroskopska snimka lista koji je poprskan kompostnim čajem mora izgledati tako da gotovo ne možemo vidjeti list. On je potpuno prekriven nitima gljiva, tijelima bakterija, praživotinja i drugih organizama. Biljka proizvodi izlučevine kojima hrani ove organizme, a oni je zauzvrat štite od nametnika i bolesti.

List potpuno  
prekriven  
organizmima



Mikroorganizmi ostaju zalipljeni za površinu lista pomoću ljepila koje izlučuju bakterije. U procesu izrade kompostnog čaja želimo potaknuti bakterije da proizvode ove ljepljive tvari, a to se postiže dodatkom melase. Ovo svojstvo je posebno važno kada kompostni čaj apliciramo folijarno. Kada kompostni čaj apliciramo na tlo, tada to nije toliko važno. Ako pod mikroskop stavimo list iz konvencionalne proizvodnje, vidjet ćemo potpuno praznu površinu lista. To znači da smo korištenjem agrokemikalija uspjeli u potpunosti eliminirati kako štetne, a tako i korisne organizme, pa list ostaje bez zaštite.

Prije aplikacije, kompostni čaj možemo postaviti pod mikroskop, te izbrojiti organizme na njemu i procjeniti njihovu raznolikost, isto kao kada radimo testove tla ili komposta. Također, možemo mjeriti dubinu korijena biljaka. Izmjerimo dubinu korijena jedne sezone, pa onda opet sljedeće i usporedimo. Dubinu korijena možemo izmjeriti tako da biljku zajedno s korijenom izvadimo iz tla i isperemo zemlju s korijena mlazom vode, te metrom izmjerimo dužinu najdužeg dijela korijena. Također, možemo izvesti test zbijenosti tla penetrometrom prije i poslije tretmana kompostom ili kompostnim čajem. U tlu bi trebala golin okom biti vidljiva vlakna gljiva i mikročlankonošci. Razgradnja stabljike, lista ili bilo kakvog drugog otpadnog materijala koji ostaje na tlu nakon žetve je također dobar indikator koliko dobro funkcioniра hraničbena mreža tla.

## 2.8. Postupak revitalizacije tla

Postupak regeneracije i revitalizacije tla u svrhu uspostave zdravog tla koje će nam omogućiti lakši uzgoj hrane bez potreba za korištenjem agrokemikalija uz povećanje prinosa možemo svesti na četiri jednostavna koraka:

1. TESTOVI – Utvrditi u kakvom stanju je tlo. Najvažnije je utvrditi što nam od organizama tla nedostaje. Također je korisno znati u kakvom je tlo stanju u smislu kemijske analize.
2. DODATI ORGANIZME – Aplicirati kompost ili kompostni čaj, te ako je potrebno dodati hranu za korisne mikroorganizme. Ponekad je dovoljno samo jednom dodati kompost, a korisni organizmi u tlu ostaju trajno, sve do neke prirodne nepogode ili ako ih uništimo agrokemikalijama. Ako u tlu ima dovoljno organske tvari (primarne hrane za mikroorganizme) onda možemo aplicirati samo kompostni čaj u količini od 200 l/ha. Ako organske tvari nema, onda trebamo dodati stabilan kompost u količini od 2,5 t/ha.
3. ODRŽAVATI STANIŠTE u prvom redu aerobnim i bogatim hranjivim tvarima uz minimalnu destrukciju organizama i oksidaciju hranjivih tvari. Oranje i bilo kakvo drugo mehaničko kultiviranje trebamo svesti na minimum, a veći naglasak staviti na zelenu gnojidbu, biljni pokrov i malčiranje, ako se radi o manjim površima. Kod uzgoja jednogodišnjih biljaka u redovima moramo nekako razrahliti i otvoriti tlo kako bismo ubacili sjeme, ali pokušavamo u što manjoj mogućoj mjeri dirati i zbijati ostatak tla između samih redova. Podzemna mreža micelija gljiva je vrlo dragocjena i pokušavamo je očuvati što je više moguće. Duboko oranje tla posve razbija vlastna micelija gljiva i sustav vraća ponovno na početak, tako da je oranje nepoželjno i štetno, te ćemo ga koristiti kao metodu samo ako je nužno.  
U biodinamici i permakulturi sve ćešće se umjesto pluga koristi podrivač jer rahlji tlo bez preokretanja slojeva te razbija bilo kakve zbijene slojeve tla što smanjuje rizik od nastajanja anaerobnih uvjeta u tlu. Podrivanje nam također omogućava da u brazdu ubacimo kompost ili kompostni čaj čime organizme ubacujemo u dublje slojeve tla što je vrlo korisno.
4. MOTRENJE je korisno kako bismo u bilo kojem dijelu procesa mogli primijetiti negativne trendove te intervenirati i ispraviti mogući problem.

### TIJEKOM VREMENA

JESEN – Kada na polju ili u vrtu imamo ostatke organskog materijala, idealno je vrijeme za primjenu komposta ili kompostnog čaja kako bi se osigurala biološka

aktivnost koja će omogućiti razgradnju tih tvari. U protivnom, organski će materijal poslužiti kao hrana za bolesti i štetnike.

**PROLJEĆE** – Najprije trebamo uzeti uzorke tla kako bismo provjerili koliki je učinak od jesenje aplikacije. Kada je dovoljno toplo, prije sjetve ili sadnje trebamo aplicirati kompost ili kompostni čaj, ovisno u tome što će nam testovi tla pokazati i to samo ako je potrebno. Testovi nam mogu pokazati da nije potrebno dodavanje ovih pripravaka, pa bi to u tom slučaju predstavljalo gubitak vremena i energije. Kompostnog čaja ili komposta ne možemo nikada staviti previše, ali moramo s njima biti ekonomični. Kod jednogodišnjih nasada, aplikacija se izvodi prije sjetve ili sadnje, a kod trajnih nasada mjesec dana prije pupanja.

**PRI SJETVI** – Sjemenski materijal je najbolje namočiti u kompostnom čaju, a može se dodati i inokulant mikoriznih gljiva ako znamo da su nam potrebne. Ako sjetuvi izvodimo pomoću strojeva, sjeme možemo natopiti u kompostnom čaju s mikoriznim gljivama, pa ga opet osušiti kako bi se mogla koristiti mehanička sijačica. Ako radimo s biljkama trajnicama, korijen možemo natopiti kompostnim čajem s pravim mikoriznim gljivama.

**FOLIJARNO** – Zaštитiti listove od bolesti u proljeće dok je dovoljno vlažno, tako da živa bića koloniziraju površinu listova. Najčešće se izvode 3 folijarne aplikacije kompostnog čaja s razmacima od mjesec dana, bez obzira radi li se o jednogodišnjim ili trajnim nasadima. U trenutku kada već vidimo prve znakove bolesti, biljke kompostnim čajem prskamo svaka 2 tjedna. Sljedeće godine možda neće biti potrebno intervenirati.

**U SLUČAJU SUŠE** – Dokle god se sušenje tla događa postepeno, organizmi imaju priliku otići u stanje mirovanja, dakle mogu preživjeti i ekstremne uvjete. Ako se sušenje tla događa naglo, recimo kada bi vlaga pala sa 50 % na 15 % u dva dana, onda organizmi umiru i bit će potrebno ponovno aplicirati kompost ili kompostni čaj. Bilo kakva nagla promjena u tlu ili kompostu ubija organizme. Inače, ako tlo već sadrži zdravu i cjelovitu hranidbenu mrežu svih organizama koji bi ondje trebali biti, tlo je znatno otpornije na sušu, a korijenje biljaka seže puno dublje, što ih čini otpornijima jer mogu doći do vode. Sušne su godine one u kojima biologija tla pokazuje svu svoju snagu u očuvanju uroda. To su sezone kada će živo tlo svojim urodima premašiti i konvencionalnu proizvodnju.





## 3. Budućnost poljoprivrede

### 3.1. Samo život rađa život

“**Permakultura je metodologija ekološkog dizajna pri čemu stvaramo odnose između minerala, biljaka, životinja i ljudi na način da su njihove uloge i prinosi optimizirani. Cilj je stvoriti sustave koji su ekološki smisleni i ekonomski samodostatni, a koji zadovoljavaju vlastite potrebe a da ne iskorištavaju ili zagađuju okoliš, te su stoga dugoročno održivi.**” – Bill Mollison

Permakulturni pristup proizvodnji hrane nastoji uspostaviti **trajne poljoprivredne ekosustave** koji svoje funkcije mogu samostalno obavljati u što je većoj mogućoj mjeri bez ljudskog uplitanja. Najfunkcionalniji poljoprivredni sustav je onaj koji **optimalno koristi sunčevu energiju, vlagu, mikroklimu i biologiju**, te prikuplja ukupnu vrijednost živog proizvodnog sustava kroz najduži period pretvarajući usluge ekosustava u proizvode za druga živa bića, kao što su ljudi.

U osnovi, sve se svodi na **hvatanje, skladištenje i prijenos energije**. U toj transformaciji, mobilizaciji i imobilizaciji hranjivih tvari, kako smo naučili i uz ovaj priručnik, ključnu ulogu igra **živi svijet**. Mikroorganizmi su razvili specifične oblike života na Zemlji. Kroz 3,5 milijarde godina organizmi su formirali planet na kojem živimo; od masivnih stijena do koraljnih grebena, od tla u kojem raste hrana do kisika u atmosferi koji omogućava život na planetu. Bez organizama, Zemlja bi bila još jedna gola i beživotna stijena u svemiru.

Žetva biološke energije je ono što nam je omogućilo prezivljavanje do danas. Naše dosadašnja eksperimentiranja i nastojanja da zamjenimo biološke procese kemijskim, mehaničkim i inženjerskim sustavima, u najboljem su slučaju očijukanje s katastrofom. Jedino su živi procesi cijeloviti i zaokruženi. **Samo su živi procesi regenerativni jer samo život rađa život.** Stoga naš opstanak na



Komparativni sustav uzgoja (FST - *Farming System Trial*) na farmi Instituta Rodale u Pensylvaniji, SAD

ovom planetu ovisi o našoj sposobnosti da **uskladimo odnos sa životnim silama i uspostavimo partnerstvo s biološkim procesima.**

**Lady Eve Balfour**, jedna od prvih žena koje su završile agronomski fakultet, 1939. na svojem imanju u Haughelyu (Suffolk, UK), uspostavila je **prvu komparativnu studiju organske i kemijske poljoprivrede**<sup>42</sup>. Usporedila je mješoviti uzgoj organski zaokruženog i cjelovitog sustava s kemijski potpomognutim uzgojem ovisnim o vanjskim čimbenicima. Eksperiment je ubrzo potvrdio ono što je još Justus von Liebig sam posumnjao pola stojeća ranije. Balfour je ustanovila da je **organski kultivirano zemljište razvilo snažan prirodan međuodnos u kojem hranjive tvari u tlu postižu svoj vrhunac tijekom ciklusa vegetacije, dok je kemijski tretirano polje razvilo snažnu ovisnost o kemijskim pripravcima.** Usporedila je taj efekt sa stvaranjem ovisnosti o opojnim drogama koje **modificiraju funkcije živih organizama** i s vremenom traže povećanje doza, te mogu prouzročiti **apstinencijski sindrom** uslijed naglog prestanka uzimanja.

**42** **Lady Eve Balfour** svoje istraživanje je opisala u knjizi *The Living Soil* 1943. godine, a 1946. suosnovala je i bila prva predsjednica Engleske udruge **Soil Association** koja aktivno zastupa i promovira organsku poljoprivredu.

Već ranije spomenuta najduža znanstvena usporedna studija konvencionalne i organske poljoprivrede na 133 hektara pri Institutu Rodale, koja traje od 1981. godine, potvrđuje činjenicu da **konvencionalni sustavi neučinkovito koriste energiju** i doprinose stakleničkim plinovima. Za razliku od njih, organska proizvodnja energiju koristi učinkovitije, dok pritom izgrađuje plodnost tla i ima jednake ili čak veće prinose (npr. za vrijeme sušnih sezona).

U prilog organskoj poljoprivredi govori i 2014. predstavljena studija **Zameci promjene: održiva poljoprivreda kao put prosperiteta za Zapadni Balkan<sup>43</sup>**. Studija je pokazala kako je izgradnja plodnosti tla ključna za proizvodnju visokih prinosa i rješavanje prehrambenih potreba stanovništva Zapadnog Balkana. Također, istraživanje i usporedba tri razvojna poljoprivredna scenarija (bez mjera, eko i eko+) potvrđuje kako, dugoročno gledajući, **konvencionalna poljoprivreda ima znatno niže prinose** od organske, te zahtjeva mnogo **veća finansijska i energetska ulaganja** za održavanje stabilnih prinosa. **Organska poljoprivreda**, s druge strane, osim manjih finansijskih izdavanja i većih prinosa, nakon samo 2-3 godine **doprinosi i porastu osnovnih usluga ekosustava**.

### 3.2. Ugljikom bogata poljoprivreda

**“Povećanje od samo 1.6 % organskog ugljika u prvih 30 cm tla pomoglo bi pohraniti količinu ugljikovog dioksida u protuvrijednosti od 100 ppm (P.A. Yeomans, 2005.), što bi spustilo razine atmosferskog ugljika na predindustrijsku razinu, te radikalno poboljšalo prirodne i proizvodne krajolike, naše zajednice i gospodarstvo.” – Darren J. Doherty, *Regrarians Handbook***

Brojne studije govore u prilog golemom potencijalu sekvestracije ugljika kroz poljoprivredni sektor, odnosno, potencijalu koji nose promjene u načinu na koji kultiviramo hranu. Jednostavno rečeno, **mogli bismo pohraniti 100 % trenutnih godišnjih emisija CO<sub>2</sub> prelaskom na regenerativne prakse upravljanja zemljištem**, točnije, maksimalnim iskorištavanjem procesa pohrane ugljika u tlo kroz fotosintezu i simbiotske odnose. **Ugljikom bogata poljoprivreda** uključuje provedbu postupaka koji povećavaju stope uklanjanja atmosferskog ugljika i pretvaraju ga u biljni materijal i organske tvari. Primjena

**43** Izradu studije finansirala je Zaklada Heinrich Boell (HBS), a istraživanje je proveo tim međunarodnih istraživača pod vodstvom dr. Darka Znaora, 2014.

tih postupaka može ublažiti efekt staklenika, dok istovremeno povećava prinose i regenerira humusni sloj.

Teško je za očekivati da ćemo na globalnoj razini u sljedećih nekoliko godina preploviti ukupne antropogene emisije stakleničkih plinova ili vratiti koncentracije ugljikovog dioksida na predindustrijsku razinu od 350 ppm. Čak i da uspijemo zaustaviti trenutne emisije, i dalje je potrebno vrijeme da se sav višak ugljika iz atmosfere negdje pohrani. Stoga, **podržavanje zajednica mikroorganizama predstavlja rješenje** za hvatanje u koštac s trenutnim antopogenim emisijama CO<sub>2</sub> i ublažavanjem posljedica klimatskih promjena.

Izvještaj Instituta Rodale iz 2014. iznosi da bi prelazak na regenerativne metode organskog uzgoja hrane na samo pola svjetskih poljoprivrednih površina mogao smanjiti godišnje emisije ugljikovog dioksida s 51 gigatone na postavljeni prag od 41 gigatone do 2020. godine, te ograničiti globalno zagrijavanje na 1,5 °C.<sup>44</sup>

Nadalje, Institut za poljoprivredna istraživanja pri Sveučilištu u New Mexicu je pod vodstvom **Davida C. Johnsona** razvio proces pasivnog kompostiranja, odnosno, **kompostiranja bez prevrtanja**, koji je u skladu s metodologijom **dr. Elaine Ingham**.

Ovom se metodom kompostiranja postiže optimalan omjer populacija gljiva i bakterija, te nizak salinitet (~2-3 mS/cm<sup>2</sup>). U kombinaciji primjene takvog, biološki aktivnog komposta s kultiviranjem usjeva bez prethodnog prevrtanja tla (engl. *no-till*) i uklanjanja ostataka organskog materijala s polja, postižu se odlični rezultati za pohranjivanje atmosferskog ugljika. Podaci ove komparativne studije tri metode uzgoja (aplikacija komposta bez prevrtanja tla, organska poljoprivreda i konvencionalna metoda), koja se provodila četiri i pol godine na tri testna polja, ukazala je na golem **potencijal uklanjanja antropogenih emisija ugljikovog dioksida kroz održivo kultiviranje hrane**<sup>45</sup>.

**“Uočena stopa proizvodnje biomase u ovom sustavu uzgoja ima sposobnost pohraniti dovoljnu količinu CO<sub>2</sub> (20 tona/hektaru), na manje od 11 % svjetskih obradivih površina, koja bi mogla ukloniti sve antropogene emisije ugljikovog dioksida.”** - dr. David C. Johnson<sup>46</sup>

**44** “Regenerativna organska poljoprivreda i klimatske promjene: praktična rješenja za globalno zagrijavanje” (“Regenerative Organic Agriculture and Climate Change: A Down-to-Earth Solution to Global Warming”), Rodale Institute, 2014.

**45** “Development of soil microbial communities for promoting sustainability in agriculture and a global carbon fix”, David C. Johnson, Joe Ellington, Wesley Eaton

**46** *The Soil Will Save Us*, Kristin Ohlson, str. 233

Studija je pokazala da su se uz primjenu biološki aktivnog komposta populacije korisnih mikroorganizama u tlu eksponencijalno povećavale, dok se istovremeno respiracija CO<sub>2</sub> u površinskom sloju tla smanjila. Količine organske tvari u tlu su se kroz dvije godine povećale za 67 %, što je posljedično dovelo do povećane proizvodnje usjeva (prinosi su se povećali 4 puta!). Kapacitet tla da zadrži vodu skočio je za više od 30 % u odnosu na prijašnje stanje, a povećanje ukupne količine organske tvari uvećalo je sposobnost tla da pohrani CO<sub>2</sub>.

### Reactor Design

**Materials List:**

1. Pallet with 6 evenly spaced 4 ½" holes
2. Landscaping cloth- 5.1 oz needle punched ( 2- 6'x6', 6'x12')
3. Concrete remesh(6"x6"#10) wire (5'x12')
4. Six (6) 4" X 5' perforated plastic drainfield pipe
5. Sprinkler system (Timer, spray emitter)


  
**NM STATE** Institute for Energy & the Environment

davidc.johnson@nmsu.edu

Johnson-Su kompostni reaktor  
<http://www.authorstream.com/Presentation/davidcjohnson-413029-johnson-su-composting-bioreactor-easy-no-turn-compost-reactor-entertainment-ppt-powerpoint/>

#### PASIVNO KOMPOSTIRANJE

**Johnson-Su Compost Reactor** je tehnički izrazito jefitno i jednostavno rješenje kompostera za proces razgradnje bez prevrtanja koje koristi perforirane PVC cijevi postavljene unutar kompostne hrpe, a koje omogućuju konstantnu cirkulaciju zraka. Cirkuliranje zraka omogućava održavanje optimalne temperature, dok korištenje optimalnog omjera C:N materijala (vidi recept za statično kompostiranje), uz održavanje konstantne vlažnosti pomoću prskalice, potiče idealne uvjete za razvoj populacija gljiva i bakterija. Kako se hrpa ne uznemirava, gljive imaju mogućnost razvoja micelija za vrijeme samog procesa, što dodatno ubrzava razgradnju lignina iz drvene komponetne. Također, razvijeni micelij može u kasnijoj primjeni potpomoći bržoj simbiozi tla i biljaka unutar odabranog poljoprivrednog sustava. Razgradnja materijala odvija se kroz period od 4-5 mjeseci, a pokazalo se da naknadno obrađivanje materijala pomoću kompostnih glista povećava koncentraciju dušika. Prezentacija s uputama za izradu ovog pasivnog kompostera u cijelosti je dostupna na internetu.



Kako izgleda tlo bogato ugljikom?

Usporedba tla bogatog ugljikom na New Forest farmi Marka Sheparda uspostavljenoj 1995. godine i susjednog polja kukuruza koje se obraduje na konvencionalan način. Organska tla u usporedbi s tlom s konvencionalne oranice vrlo su različita izgledom zbog povećanog udjela ugljika i mikroorganizama. Organska tla su tamnija, a vidljivi su i mikroagregati.

Godine 2008. pokrenut je projekt **Marin Carbon Project** (MCP)<sup>47</sup> čiji je cilj bilo istraživanje potencijala sekvestracije ugljika u tlu kroz prirodne cikluse interakcije vegetacije s tlom na poljoprivrednim zemljištima ruralnog okruga Marin u Kaliforniji. Petogodišnje istraživanje pokazalo je da se korištenjem komposta kao pripravka za regeneraciju tla može znatno povećati stopa sekvestracije, te neposredno ukloniti višak atmosferskog ugljika. Marin Carbon projekt je i dalje u tijeku, te radi na uspostavi novih demonstracijskih i testnih površina na pašnjacima, oranicama i šumama, kako bi se razvili **protokoli** koji će pomoći uspostaviti raznolike i optimalne modele upravljanja poljoprivrednim zemljištem.

**“Jednokratna aplikacija 1,2 cm komposta na degradirani pašnjak može znatno povećati rast vegetacije (za 40-70 %), sposobnost tla da zadrži vodu i pohraniti ugljik (min. 1,5 tona CO<sub>2</sub>/ralu) bez ponavljanja postupka u periodu od sljedećih 30 godina.”** - Marin Carbon Project

<sup>47</sup> <http://www.marincarbonproject.org/home>

Podsjetimo se – pametnim kompostiranjem možemo podržati prirodne procese razgradnje organskih otpadaka, a povećanje populacija mikroorganizama u tlu doprinjet će **regeneraciji humusa**. Ako omogućimo prirodnu mineralizaciju organske tvari pripomoći ćemo stvaranju stabilnih molekula poput humina (koji se u svojoj osnovi sastoji samo od ugljika, vodika i malo kisika), te koje imaju životni vijek i do 500 godina! Također, ako omogućimo formiranje glomalina kroz simbiotske mikorizne odnose gljiva i biljaka, za što su ključne prikladne prakse korištenja i upravljanja zemljištem, moći ćemo pohraniti stabilne oblike ugljika duboko u tlo, gdje će on ostati pohranjen desetljećima.

Primjerice, Američko ministarstvo poljoprivrede savjetuje farmerima da zaštitite glomalin smanjenom obradom tla, te korištenjem trajnog pokrova kako bi omogućili formiranje dubokog korijenskog sustava. Jedna od najvažnijih preporuka je postizanje vrlo jednostavanog cilja – **stopostotne pokrivenosti tla 100 % vremena**. Dodatno se preporuča integrirati **agrošumarstvo na minimalno 20-30 % proizvodne površine**. Korištenje trajnica u sustavu posljedično mijenja i mikroklimatske uvjete, što doprinosi ukupnoj prilagođenosti i otpornosti sustava, te regeneraciji tla, a pri tom se povećava i proizvodni kapacitet, te pohrana ugljika.

Dakle, zbog sposobnosti biljaka da apsorbiraju ugljik kroz fotosintezu, te sposobnosti tla da veže ugljik u trajnije oblike (glomalin, humus), **poljoprivreda ima potencijal prehraniti čovječanstvo na klimatski neutralan način, te u relativno kratkom vremenskom razdoblju ukloniti antropogene viškove ugljikovog dioksida**.

### 3.2.1. Regenerativna poljoprivreda

Ugljikom bogata poljoprivreda može poprimiti mnoge oblike. Prije nego pristupimo kultiviranju, moramo se zapitati koje su kulture i metode najprikladnije u odnosu na tlo i biljne zajednice specifičnog područja.

**Regenerativna poljoprivreda** je pojam za širi pristup organskoj poljoprivredi koji podrazumijeva stvaranje cjelovitih prehrabrenih sustava kroz povećanje raznolikosti bioloških zajednica i izgradnju tla. Ovakav model poljoprivredne proizvodnje koristi razne **agrotehničke mjere poput: obrade tla bez prevrtanja (engl. no-till), ostavljanja organskog materijala na tlu, predusjeva, biljnog pokrova, zelene gnojidbe, podrivanja usporedno s nagibom terena (engl. keyline), plodreda, te povećanog korištenja višegodišnjih nasada u kombinaciji sa sezonskim kulturama (mješoviti usjevi među stablima; engl. alley cropping)**. Iako neke od tih mjeru imaju

relativno nizak potencijal za sekvestraciju ugljika i ublažavanje klimatskih promjena, lako su usvojive i široko primjenjive, a pomažu izgradnji tla i podražavaju plodnost. Navedene mjere opisane su i u ZMAG-ovom priručniku ***Permakulturni dizajn – priručnik uz tečaj***, u poglavljju “3. Tlo i Uzgoj hrane”.<sup>48</sup>

Mjere za poboljšanje kvalitete tla uključuju i **dizajn, opremu, te strukturne promjene terena** (npr. upojni jarak<sup>49</sup>), a koje se primjenjuju i radi povećanja sekvestracije ugljika. **Podrivanje usporedno s nagibom terena** može se, naprimjer, provoditi prema unaprijed izrađenom uzorku za **oblikovanje zemljišta (engl. keyline design<sup>50</sup>)** koji se razrađuje u odnosu na zamišljene **ključne linije (engl. keylines)** u krajoliku. Ključne linije ne prate doslovno **izohipse<sup>51</sup>**, a planiraju se u odnosu na **ključne točke (engl. keypoints)** koje se pak određuju prema topografskim karakteristikama i promjenama u nagibu terena. Polaganje uzorka ključnih linija zasniva se na **optimalnom sakupljanju i pohrani vode, te izgradnji tla.**

Podrivanje čini duboke brazde, tj. usjekе u terenu bez prevrtanja samih slojeva tla. Usjeci se koriste za sijanje, a ujedno pomažu boljoj infiltraciji vode, oslobođanju nutrijenata i prozračivanju dubljih slojeva tla. Prozračeno tlo opskrbljeno vodom pospješuje život mikroorganizama, te posljedično povećava proizvodnju biomase, što ima izravan utjecaj na količnu organskih ostataka koji se vraćaju u tlo. Na taj se način zatvara ciklus organske razgradnje i ponovne proizvodnje hranjiva.

Priprema tla za uzgoj sezonskih kultura može se, dakle, ostvariti i umanjenom obradom tla, te potpunim izostankom oranja. Ranije spomenuta ***no-till*** metoda podrazumijeva **pripremu tla izostavljanjem oranja i usitnjavanja zemlje**, te prepostavlja **polaganje predusjeva ili zelene gnojidbe prije sjetve utrzivih jednogodišnjih usjeva**. Institut Rodale tehnički je unaprijedio ovu metodu korištenjem posebnog **valjka (engl. roller crimper)<sup>52</sup>** s prednje strane

**48** [http://www.zmag.hr/admin/public/javascript/fckeditor/editor/ckfinder/userfiles/files/PRIRUC%CC%8CNIK\\_PK\\_DIZAJN\\_web.pdf](http://www.zmag.hr/admin/public/javascript/fckeditor/editor/ckfinder/userfiles/files/PRIRUC%CC%8CNIK_PK_DIZAJN_web.pdf)

**49** **Swale** (engl.) označava strukturu promjenu u terenu koja obično prati izohipse. U teren se ukopava upojni kanal, tj. uleknuće s grebenom (val-kanal) radi upravljanja vodom u krajoliku. Više o tome možete pročitati u poglavljju “5.1. Voda u krajoliku” u priručniku ***Permakulturni dizajn – priručnik uz tečaj*** u izdanju ZMAG-a.

**50** **Keyline® dizajn** integrirani je pristup planiranja i upravljanja zemljištem koji je **P.A. Yeomans** u Australiji razvijao od ‘40.-ih do ‘80.-ih godina. Svoja znanja iz geologije, pedologije i hidrologije, te dugogodišnje praktično iskustvo Yeomans je preotriočio u sistemsko promišljanje i gospodarenje krajolikom koje velikom brzinom može izgraditi tlo i povećati udio humusa. Pristup prati **keyline** uzorak kultiviranja zemljišta pomoću **Yeomansovog podrivača (Yomans plow)**.

**51** **Izohipsa** je zamišljena linija koja spaja točke jednakih apsolutnih visina; slojnica.



Podrivanje tla u vinogradu



Yeommansov podrivač

Teren sa usporedno položenim uzorkom ključnih linija u odnosu na blagi nagib terena  
(engl. *keyline*)

traktora, dok sa stražnje strane poseban disk istovremeno radi usjek u koji se polaže sjeme. Na taj se način ophodnja mehanizacijom svodi na minimum što znatno utječe na zbijenost tla, odnosno, **fizičku zaštitu mikroagregata**. Time se štiti i stanište mikroorganizama i stablini oblici organskog ugljika u tlu. Naravno, kao i u prethodnoj metodi, zemljište se nastoji kultivirati usporedno s nagibom terena. Valjak zarezuje stabljike biljaka i polaže ih na tlo a da ih u potpunosti ne sasječe. Biljke se tako sporije razgrađuju, što pospješuje sporo otpuštanje nutrijenata, a korijenski sustav koji ostaje u tlu sprečava eroziju površinskog sloja, te ujedno poziva mikroorganizme na razgradnju ostataka mrtve organske materije. Položene biljke doprinose stvaranju novog organskog sloja na površini

**52 Valjak** (engl. *roller crimper*) je posebno oblikovani šuplji metalni valjak s plitkim metalnim rebrima postavljenim prema *chevron* (cik-cak) uzorku.



Organska metoda obrade tla bez prevrtanja (engl. *no-till*) na testnom polju Instituta Rodale. Polaganje zelene gnojidbe valjkom (engl. *roller crimper*) uz istovremeno prskanje zemljišta kompostnim čajem i sjetvu utrživih jednogodišnjih kultura (engl. *seed-drill*).



Usjek za polaganje sjemena



Kukuruz u položenom predusjevu

zemlje i služe i kao malč, odnosno, pomažu očuvanju vlažnosti i održavanju optimalne temperature tla. Položene biljke, također, povoljno utječu i na sprečavanje rasta nepoželjnih biljaka (korova). Odabir predusjeva koji odgovara glavnom usjevu važan je čimbenik u optimalnom funkcioniranju ove tehnike. Sveukupno, ova metoda donosi i energetske uštede i traži manje novčanih ulaganja. No, kako traži usklađivanje sa specifičnim prirodnim obilježjima nekog prostora i određenog zemljишta, svakako se ne može primjenjivati bez prethodnog promišljanja i analize, te stoga sama po sebi ne predstavlja sveti gral poljoprivrede.



Međuuosjev  
kukuruza  
među  
stabalima  
oraha (engl.  
*alley cropping*)  
u jugoistočnoj  
Francuskoj,  
Dauphiné,  
u blizini  
Grenoblea;  
AGROOF

Ostale mjere mogu uključivati i navodnjavanje sustavima **kap po kap**, što sprečava zaslanjivanje tla i gubitak ugljika, pogotovo u aridnim područjima. **Bio-ugljen**<sup>53</sup> se koristi kao pripravak za poboljšanje kvalitete tla jer doprinosi fizičkoj zaštiti mikroorganizama, osigurava im stanište, te sporo otpušta ugljik u tlu.

Ostali postupci regenerativnog gospodarenja tlom uključuju sadnju **mješovitih usjeva jednogodišnjih ili višegodišnjih kultura između redova trajnica** (engl. *alley cropping*), te korištenje trajnih nasada kao živih ograda za zaštitu od vjetra (sprečavanje erozije, povećanje bioraznolikosti, biološka zaštita), proizvodnju hrane za ljude i ispaše za životinje, te ogrjevnog drva (kratka ophodnja) ili materijala za gradnju.

Prelazak na sustave koji koriste isključivo **trajnice u kombinaciji s ispašom životinja** svakako zahtjeva promjene u načinu na koji promatramo ljudske prehrambene potrebe, no izrazito je važna mjeru za strategiju niskougljičnog razvoja. **Agrošumarstvo** predstavlja model poljodjelstva koji podržava ekološke funkcije tla. Kombiniranje **poljoprivredno-šumarskog sustava (agrošumarstvo)** sa slobodnom ispašom životinja tvori silvo-pastoralne ekosustave (**šumske pašnjake**). Ovakvi sustavi osiguravaju stočnu hranu, životinske sirovine i hranu za ljude, te potiču razvoj lokalne zajednice kroz stvaranje dohotka i radnih mjesta. Istovremeno, oni regeneraju zemljište i doprinose očuvanju bioraznolikosti. **Agro-silvo-pastoralni sustavi** sastoje se od visokih stabala u čijoj sjeni se mogu uzgajati prikladne kulture, zatim široko

<sup>53</sup> **Biougljen** (biochar, terra preta) nastaje pirolizom biomase pri ekstremnim temperaturama i pod visokim tlakom uz potpuno odsutstvo kisika. Nikako ga ne treba mijesati s drvenim ili aktivnim ugljenom.

Agro-silvo-pastoralni sustav Dehesa<sup>54</sup> u Bullollos Par del Condado, Huelva, južna Španjolska



Primjer poljoprivredno-šumarskog sustava uzgoja topole kao materijala za gradnju s međukulturom kukuruza u Piemonte regiji, sjeverozapadna Italija.



razmaknutog drveća u kombinaciji s međuusjevima i/ili raštrkanih stabala na pašnjacima. Takvi su sustavi bili široko rasprostranjeni u Europi do polovice srednjeg vijeka kada je širenje jednogodišnjih kultura dovelo do postepenog gubitka povezanosti prehrane sa šumama, te sve veće industrijalizacije poljoprivrede koja je započela degradacijske procese i dovela do značajnog gubitka plodnosti tla. Danas su šumarstvo, poljoprivreda i stočarstvo tri sasvim odvojene aktivnosti. No, u Europi još uvijek postoje kulturni krajolici kojima se upravlja na ovaj način. Najpoznatiji je vjerojatno **Dehesa sustav** u Španjolskoj i Portugalu (ukupno 5,5 milijuna hetara).

Funkcija zdravog tla može se podržati i upošljavanjem životinja. Učinkovit **sustav brze i zgušnute (engl. mob stocking) rotacijske ispaše (engl. rotational grazing) na ograđenim pašnjacima** može imati blagotvoran učinak na izgradnju

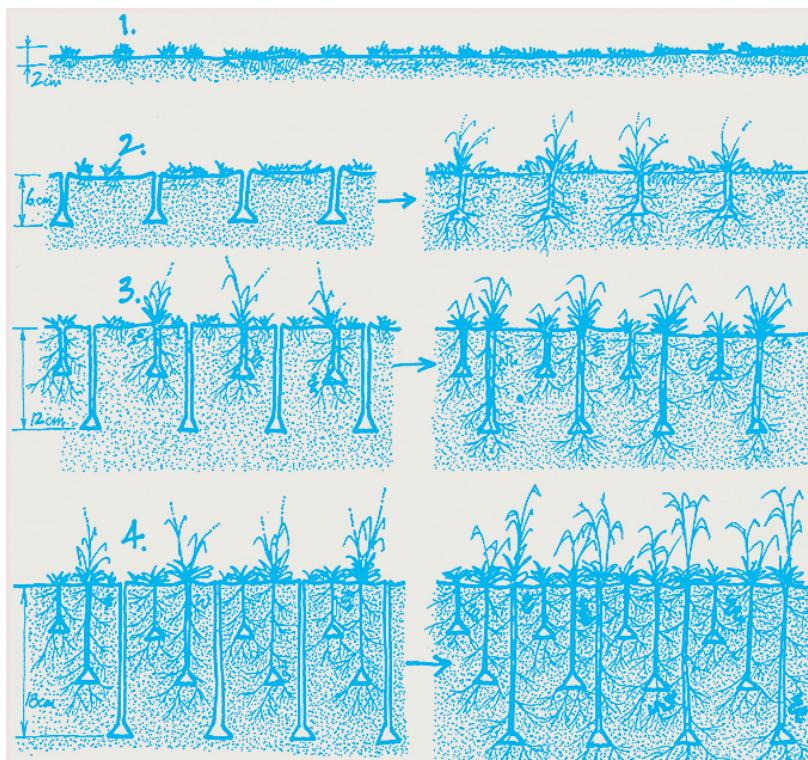
<sup>54</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Dehesa\\_\(pastoral\\_management\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Dehesa_(pastoral_management))



Primjer intenzivne rotacijske ispaše na ograđenom pašnjaku

tla. **Intenzivna rotacijska ispaša** imitira ponašanje divljih krda biljojeda koja su nekada prirodno održavala okoliš krećući se brzo i zgasnuto kroz prostor. U ovakovom sustavu ispaše, blago se ostavlja u većem broju na malom prostoru, ali na kratak vremenski period, od samo nekoliko dana. Zatim se životinje sele na drugi pašnjak. Kako životinje ne borave dugo na istom prostoru, ne uspijevaju u potpunosti ogoliti livadu, već trave pojedu samo do trećine njihove visine, što omogućava brzu regeneraciju vegetacije.

Prilikom ispaše, dijelovi korjenskog sustava trava djelomično odumiru, te na taj način pridonose akumulaciji organske materije u tlu, inicirajući poziv na gozbu mikroorganizmima koji zauzvrat podupiru rast trava novim hranjivima. Ova **životna suradnja ostvaruje otporne i raznolike zajednice** trava jakog korjenskog sustava, što pak sprečava erozijske procese. Životinje, također, pomažu rahljenju tla, te apsorpciji vode kroz mala uleknuća koja nastaju njihovim gaženjem. Međutim, ključno je paziti na vrijeme zadržavanja životinja na određenom prostoru jer njihov predug boravak ondje doprinosi zbijenosti tla, te može dovesti i do prekomjerne ispaše poljoprivrednog zemljišta. Na kraju, osim životinjskih proizvoda, u ovakovom sustavu poljoprivrede dobivamo tlo obogaćeno ugljikom, nahranjeno nutrijentima iz urina i životinjskog izmeta, te besplatnu prirodnu košnju. Ova metoda upravljanja životnjama u krajoliku primjenjiva je i na malim i na velikim povšinama. Važno je samo kopirati princip vremenskog kretanja u prostoru, te prilagoditi broj životinja kapacitetu zemljišta. Prema mnogim istraživanjima, upravo u načinu na koji se gospodari livadama i pašnjacima leži najveći potencijal za pohranjivanje ugljika u tlo.



Shematski prikaz izgradnje tla podrivanjem i sijanjem raznolikih vrsta trajnih trava

Kombiniranje intenzivne rotacijske ispaše s podrivanjem i istovremenom sjetvom trajnih trava, može stvoriti plodni površinski sloj zemlje zapanjujućom brzinom. Prema iskustvu farmera **Abea Collinса<sup>55</sup>**, koji fokusira svoj rad na izgradnju površinskog sloja tla, na taj se način, akumulacijom organskih tvari, u samo tri godine površinski sloj može povećati za 50 centimetara!

**“Ako dovoljno poljoprivrednika prigrli izgradnju tla kao osnovni poljoprivredni alat, imamo priliku smanjiti trenutnu koncentraciju atmosferskog CO<sub>2</sub> na predindustrijsku razinu u roku od deset godina.” - Abe Collins, Soil Carbon Coalition**

<sup>55</sup> Abe Collins je član uprave neprofitne organizacije **Soil Carbon Coalition** čija misija je unaprijediti praksu i širiti svijest o korištenju atmosferskog ugljika u izgradnji organske tvari. Collins je stočar i osnivač Collins Grazing LLC.

Primjer uspješnog modela ovakvog načina poljodjelstva je svakako **farma Polyface** **Joela Salatina** u Virginiji, SAD. Dodatne informacije o ovim metodama također se mogu pronaći u ZMAG-ovom priručniku **Permakturni dizajn – priručnik uz tečaj** u poglavljima “3. Tlo i Uzgoj hrane” i “4. Trajnice u permakulturi”.

**Joel Salatin** je američki farmer, predavač i pisac koji promiče nekonvencionalne metode s ciljem “emocionalnog, ekonomskog i ekološkog jačanja” poljoprivredne proizvodnje. Na obiteljskoj farmi **Polyface** u Virginiji (SAD) uspostavio je model stočarstva baziran na metodi **holističkog upravljanja**® koju je razvio **Alan Savory (The Savory Institute)**. Farma posluje kroz izravan plasman proizvoda potrošačima. **Holističko upravljanje** je sustav donošenja odluka koji zamjenjuje fragmentarno razmišljanje i kratkoročna rješenja s cjelovito usmjerениm okvirom za dugoročno djelovanje na temelju kritički donesenih odluka. Holistički plan definira krhkost sustava određenog područja prema raspodjeli vlage i biološkoj razgradnji organske materije tijekom godine. Pristup Alana Savorya i projekti Instituta Savory zanimljiv su primjer djelovanja koje postiže regeneraciju izrazito degradiranih krajolika ostvarujući pritom ekonomski dohodak za lokalnu zajednicu.

Kao metoda klimatski pametne poljoprivrede, regenerativna poljoprivreda svakako isključuje bilo kakvo korištenje agrokemikalija i genetskog inžinjeringu. Teži u što je moguće manjoj mjeri oslanjati se na vanjske resurse, te ostvariti sustav koji se održava internim procesima. Spomenute mjere i modeli komplementarni su, te se mogu kombinirati kako bi se stvorili cjeloviti poljoprivredni ekosustavi. Sve navedene mjere i modeli korisni su u osmišljavanju prelaska s konvencionalnog uzgoja na regenerativne metode proizvodnje hrane koji istovremeno mogu obnoviti čitave krajolike.

#### **ALATI I TEHNIKE BRIGE O TLU PREPORUKE ZA IZGRADNJU PLODNOŠTI TLA:**

- vratiti život u tlo (mikroorganizmi)
- izgraditi dubinu plodnog sloja (npr. kompost, životinje)
- podržati simbiotske odnose biljaka i mikroorganizama
- razvijati duboki korijenski sustav
- nikada ne ostavljati tlo bez pokrova (npr. zelena gnojidba, predusjev, pošumljavanje)

- spriječiti erozijske procese i ispiranje nutrijenata (npr. pokrov, trajnice)
- koristiti dinamičke akumulatore (npr. leguminoze)
- poticati proizvodnju biomase i optimalno korištenje fotosinteze (prostorna raspršenost elemenata)
- prilagoditi tehnike obrade tla lokalnom ekosustavu i krajoliku
- spriječiti zbijanje tla umanjenom obradom (npr. podrivanje)
- izbjegavati uznemiravanje površinskog sloja (npr. *no-till*)
- kombinirati poljoprivredno-šumarske i silvo-pastoralne sustave
- povećati agrobioraznolikost (npr. polikulturni sustavi, plodore)
- obnoviti obalna područja

**OSNOVNA PRAVILA BRIGE O TLU JESU:**

- podržati život u tlu
- prilagoditi tehnike poljodjelstva lokalnom ekosustavu i krajoliku
- pravilno gospodariti poljoprivrednim ekosustavom
- podržati ciklus kruženja i sekvestracije ugljika

### 3.2.2. Obnavljajuća poljoprivreda

**“Društvo napreduje kada stari sade drveće u čijem hladu znaju da nikada neće uživati.”** - Grčka poslovica

Kao jedan oblik regenerativne, organske, ugljikom bogate poljoprivrede, **obnavljajuća poljoprivreda (engl. Restoration Agriculture)** se zasniva na uspostavljanju poljoprivrednih ekosustava koji oponašaju biljno-životinjske zajednice specifične **bioregije<sup>56</sup>**. Obnavljajuća poljoprivreda sagledava **urođeno izobilje prirodnih sustava** i temelji svoju proizvodnju na **optimalnom iskorištanju sunčeve energije** da zadovolji potrebe čovječanstva. To je koncept **zasnovan na viziji** poljodjelstva koje preispituje naš odnos prema sunčevoj energiji, prirodnim sustavima, preradi, te odnosu između poljoprivrednika i mikroorganizama, insekata ili bilo kojeg drugog živog bića u ekosustavu.

**56** **Bioregija** je ekološki i zemljopisno definirano područje određeno prirodnim granicama ekosustava, odnosno, životni prostor obilježen načinom razvoja životnih oblika koji ga nastanjuju te prirodnim svojstvima organizacije.

**Restoration Agriculture** prevodimo kao **obnavljajuća poljoprivreda** radi nespretnе interpretacije doslovnog prijevoda pojma *regeneration* (engl.) na hrvatski jezik – restauracija, što označava *ponovno uspostavljanje nečega što je uništeno ili je propalo*, dok sama praksa obnavljajuće poljoprivrede u svojoj naravi nije nužno i restauracijska, odnosno, ne polazi od obnavljanja povijesnih krajolika, već od uspostave poljoprivrednih sustava koji su ekološki i ekonomski isplativi, no pritom ne isključuje i povijesni kontekst. Također, pojam želimo odvojiti od pojma **regenerativne poljoprivrede** radi lakšeg raspoznavanja terminologije, projekata, autora i istraživanja.

**Adaptacija ekosustava** promjenjivim klimatskim uvjetima i ekonomski isplativoj proizvodnji **temelji se na agro-silvo-pastoralnim principima**, odnosno, na prepoznavanju uloge cjelokupnog ekosustava kao ‘prirodnog kapitala’ poljoprivrednih gospodarstava. Kombinacijom mješovitih usjeva među drvećem (*alley cropping*), šuma hrane (*food forests*), silvo-pastoralnog sustava (šumskih pašnjaka), te rotacijske ispaše, **radi se s vrstama koje su prilagođene specifičnom klimatskom području**, a imaju visoke prinose i otporne su na bolesti. **Prostorni raspored kultura prati uzorak kultiviranja zemljišta prema keyline modelu** kako bi se, osim otpimalnog korištenja fotosinteze, kultivirao potencijal vode radi postizanja najboljih uvjeta za razvoj biomase. **Kroz višegodišnje promatranje vrši se selekcija i uzgoj najprilagodenijih sorti**, te se na taj način uspostavlja klimatski prilagođen i otporan **poljoprivredni ekosustav**. U trenutku kada je cjeloviti sustav uspostavljen, za dobro upravljanje sustavom preostaje nam samo pratiti i nadgledati pirodne procese, te pravovremeno reagirati u slučaju potrebe.

Obnavljajuća poljoprivreda zasniva se, dakle, na **ciljanom i optimalnom uznemiravanju ekološke sukcesije**, imitirajući prirodne procese smjena životnih zajednica nekog **bioma**<sup>57</sup>. Ovakav način poljoprivrede predstavlja priliku za **kultiviranje potrebne količine kalorija, ugljikohidrata, bjelančevina, ulja, lijekova, energije i vlakana** nužnih za ljudsku dobrobit kroz prepoznavanje ekološke i ekonomske vrijednosti jestivih i korisnih trajnica, višegodišnjih kultura i životinja određenog bioma. Poljoprivredni sustav baziran na principima obnavljajuće poljoprivrede proizvodi **dva puta više kalorija po hektaru nego li konvencionalne ratarske kulture**.

<sup>57</sup> **Biom** je zemljopisno raširen ekosustav kojeg određuju makroklimatski uvjeti i tip ekoloških zajednica koje u njemu žive. Odlikuje se određenim dominantnim vrstama vegetacije, kao što su primjerice tropска šuma, tundra, savana, bjelogorične i crnogorične šume.

Za razliku od konvencionalne poljoprivrede u kojoj većina ugljikohidrata, bjelančevina i ulja dolazi iz jednogodišnjih biljaka, znači biljaka koje rastu samo jednu sezonu, obnavljajuća poljoprivreda koristi drugačiji spektar kultura za proizvodnju prepoznatljivih i utrživih prehrambenih proizvoda. To su: orašasti plodovi, voće, sokovi od bobičastog voća, mlijeka i brašna od orašastih plodova, te proizvodi životinja iz slobodne ispaše.



Farma New Forest, Viola, Wisconsin, SAD

#### OBNAVLJAJUĆA POLJOPRIVREDA

**Mark Shepard** je 1995. godine uspostavio šumu hrane na 42 hektara koju mnogi smatraju jednim od najambicioznijih projekata održive poljoprivrede u SAD-u. Danas je **farma New Forest** (Wisconsin, SAD) jedan od razvijenijih **agro-silvo-pastoralnih sustava baziranih na trajnicama** i služi kao inspirativan primjer prelaska sa sustava konvencionalne proizvodnje u permanentni prehrambeni ekosustav u vremenskom periodu od dvadeset godina. Glavni usjevi su kesten i lješnjak, zatim razne vrste oraha, pinjoli, jabuke, kruške, trešnje, višnje, šparoge i tikve, te se proizvodi sok od jabuke i *cider* (alkoholno piće od jabuka). Na farmi se, također, uzbajaju krave, svinje, guske, te kokoši.

Mark Shepard drži tečajeve permakulturnog dizajniranja, te radionice obnavljajuće poljoprivrede temeljene na dvadesetogodišnjem iskustvu koje je 2013. godine pretočio u knjigu *Restoration Agriculture: Real-world Permaculture for Farmers*. Kao školovani strojar i ekolog, iz potrebe za upravljanjem farmom razvio je i patentirao posebno prilagođenu opremu

za sadnju, žetvu i preradu proizvoda iz poljoprivredno-šumarskih sustava. Član je i poljoprivredne zadruge **Organic Valley**, najveće svjetske zadruge organskih farmera, te suočničav Organizacije za razvoj obnavljajuće poljoprivrede (Restoration Agriculture Development)<sup>58</sup> koja potiče suradnju agrikulturnih dionika te pomaže uspostavljanju globalne mreže cjelovitih poljoprivredno-šumarskih sustava.



Rotacija  
životinja  
na New  
Forest  
farmi

Cilj ovakvog modela proizvodnje je kroz gospodarsku djelatnost (proizvodnja, plasman i opskrba) poljoprivrednih imanja **uspostaviti potpune i trajne ekološke sustave koji čine zdravu prehranu, kulturu i ekonomiju**, dok istovremeno obnavljaju kritične funkcije ekosustava, poput vezivanja i pohrane ugljika, pročišćavanja i infiltracije vode, kruženja hranjivih tvari i povećanja **agro-bioraznolikosti**.

Uspostava trajnih i prikladnih sustava zasniva se na analizi povijesno-klimatskih čimbenika specifičnih za lokaciju, dizajn gospodarstva i razradu modela proizvodnje u skladu s potrebama poljoprivrednika i zajednice, a u odnosu na mogućnosti staništa, klime i reljefa. Također, strateški se promišlja način korištenja zemljišta kroz vrijeme, odnosno, prelazak s jednog modela proizvodnje na drugi.

<sup>58</sup> Restoration Agriculture Development (RAD) je organizacija koja okuplja ekološke, agronomiske i investicijske stručnjake, te ih povezuje s poljoprivrednicima, poduzetnicima, članovima zajednice i investitorima.

### 3.2.3. Sistemska prilagodba

**“Zemlju zloupotrebjavamo jer ju doživljavamo kao robu koju posjedujemo. Kad na zemlju počnemo gledati kao na zajednicu kojoj pripadamo, tek ćemo je tada početi koristiti s ljubavlju i poštovanjem.”**

- Aldo Leopold, *A Sand County Almanac*

Dugoročne strategije za razvoj održivog suživota ljudi i okoliša, niskougljičnog razvoja, te ublažavanje klimatskih promjena ne mogu se promišljati bez sagledavanja novih alata i praksi korištenja i upravljanja poljoprivrednim površinama. Rješenja za smanjenje antropogenih emisija ugljikovog dioksida kroz sektore prometa, energetike i industrije, te ukupno neutraliziranje čovjekovog utjecaja na ekosustave koje nastanjuje, kroz ostale sektore vjerovatno neće biti široko primijenjena još nekoliko desetljeća. Također, takva rješenja zapravo ne uklanjuju već postojeće koncentracije ugljikovog dioksida u atmosferi.

Kako bismo na vrijeme postigli **promjene u načinu na koji upravljamo tlom kao ključnim resursom za vitalnost naših društava**, osim učinkovitijih politika, potrebno je promicanje, no ponajviše uspostavljanje, permanentnih modela gospodarenja poljoprivrednim zemljишtem. Uz donošenje i provedbu novih preporuka, mjera zaštite, te uspostavu sustava monitoringa i poticaja, za kvalitetno gospodarenje tlom nužno je koristiti alate koji regeneriraju ovaj vrijedan resurs, dok istovremeno povećavaju prinose i donose znatne energetske i ekonomski uštede. Potencijal metoda, praksi i strategija navedenih u ovom priručniku je velik. Utoliko više što se isti mogu primijeniti na fragmentiranim poljoprivrednim površinama jednako kao i na velikim, okrugljenim poljima, pašnjacima i livadama. **Svakako, u suvremenoj poljoprivredi ključno je poduzimati sve moguće mјere koje pospješuju pretvorbu organske materije u humus i njegovo povećanje u tlu.**

I UN-ovo izvješće “Probudimo se prije nego što bude prekasno” (UNCTAD, 2013.), o trenutnom stanju svijeta i potrebama reforme globalnih pravila uzgoja i trgovine hranom zaključuje kako “ovo implicira brze i značajne promjene od konvencionalne, moderne industrijske proizvodnje hrane prema **mozaiku održivih, regenerativnih proizvodnih sustava koji također značajno poboljšavaju produktivnost malih obiteljskih gospodarstava.**”

**“Tlo povezuje naše živote, ono je izvor i odredište sviju nas. Tlo iscjeљuje, obnavlja i ponovno uspostavlja – bolesti prelaze u zdravlje, starost u mladost, smrt u život. Bez odgovarajuće skrbi o tlu ne**

**možemo imati zajednicu, jer bez odgovarajuće skrbi o tlu ne možemo imati život.”** – Wendell Berry, *The Unsettling of America: Culture and Agriculture*

Nedostatak povjerenja u biološki sustav i životne sile, te redukcionistički pristup životu su nas i doveli u ovu prehrambeno-zdravstvenu i ekološko-ekonomsku pat poziciju. Ako su životinje, uključujući i ljude, **biokemijska preslika<sup>59</sup>** tla u kojima raste hrana, tada globalna zdravstvena slika mnogo govori o stanju u kojem se nalazimo danas. Ne možemo si više priuštiti tromost i odgađanje ključnih odluka. Uspijemo li prihvati neugodne promjene koje nas očekuju, imamo priliku sami izabrati kako želimo živjeti i kako želimo da nam svijet izgleda, te u tom pravcu usmjeriti pažnju. Prevladavanje zastarjelih uvjerenja i proaktivno donošenje odluka može stvoriti **scenarij snažnih ambicija i viziju zdrave budućnosti.**

“Hrana doista JEST središnja tema i može biti katalizator velikih promjena koje trebaju prodrijeti u sve razine društva ako čovječanstvo želi napredovati kao vrsta. Mi jesmo ono što jedemo i naš planet izgleda ovako kako izgleda zbog načina na koji se hranimo.” - Mark Shepard, *Restoration Agriculture*

Dokle god postoji i najmanja mogućnost **obnove tla uz istovremeno regeneriranje prehrambenog sustava, zdravlja, kulture i okoliša**, dotele ne postoji dovoljno valjano opravdanje za nedostatak hrabrosti i odlučnosti da se krene u akciju. Možda je najveća, i jedina, prepreka uspostavljanju održivog suživota ljudi i okoliša nemogućnost da kolektivno zamislimo **kako je to uopće živjeti u skladnim odnosima**. Nitko od nas nikada nije živio u skladnom i održivom društvu, stoga nam je teško zamisliti kako bi to izgledalo. Ako ne možemo zamisliti skladno društvo, kako ćemo zamisiti skladne odnose u drugim sferama života. Međutim, i tu nam priroda može poslužiti kao učiteljica. Ugledamo li se na suradničke odnose koji već postoje oko nas, u ekosustavima koje nastanjujemo, u tlu pod svojim nogama, možemo se nadahnuti i savladati otpor promjenama, te usvojiti neke nove obrasce ponašanja.

**59** William A. Albrecht (1888.-1974.) bio je sveučilišni profesor i direktor Odjela za tla pri Sveučilištu u Misuriji, te istaknuti autoritet za međuodnose plodnosti tla i zdravlja ljudi. Doveo je u izravnu vezu pitanje kvalitete tla, kvalitetne hrane i zdravlje. Vjerovao je da su životinje (uključujući ljude) biokemijska preslika (*biochemical photograph*) tla u kojima se uzgaja hrana koju jedu.

**Briga o tlu je nužna jer će nam u protivnom nestati hrana, a zatim i društvo.  
Tlo je zalog budućnosti.**

Na samom se kraju možemo zapitati: Što čekamo? Koje obrasce trebamo promijeniti kako bismo ostvarili produktivne poljoprivredne ekosustave? Kako ćemo postići održivost sada? Koji su nam poticaji potreбni da postignemo željene promjene? Što nas može potaknuti? Tko će odraditi sav taj posao? Kako znamo da nešto nije moguće ako nismo ni pokušali? Što ćemo učiniti sa svoje strane da se pobrinemo o tlu? Hoćemo li iskoristiti biološki kapital za izgradnju otpornosti? Ili ćemo i dalje raditi račun bez krčmara?

**“Tlo je stvaralački medij za većinu osnovnih životnih potreba. Stvaranje započinje u šaci prašine.”** - dr. William A. Albrecht





## 4. Literatura

### **POPIS KORIŠTENE LITERATURE**

2015 International Year of Soils; <http://www.fao.org/soils-2015/en/>

Acres U.S.A.; "**SOS: Save our Soils**", 2015., [http://www.amazingcarbon.com/PDF/Jones\\_ACRES\\_USA%20\(March2015\).pdf](http://www.amazingcarbon.com/PDF/Jones_ACRES_USA%20(March2015).pdf)

Agroforestry research trust; <https://www.agroforestry.co.uk/>

Amaranthus, M., Allyn, B.; "**Healthy Soil Microbes, Healthy People**", The Atlantic, 2013., <http://www.theatlantic.com/health/archive/2013/06/healthy-soil-microbes-healthy-people/276710/>

Balfour, Eve; *The Living Soil*, Faber & Faber, 1943.

Baranski, M. et. al.; "**Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses.**", 2014., <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24968103>

Berry, Wendell; "**The Pleasure of Eating**" u *What are people for?*, North Point, 1990.

Comis, Don; "**Glomalin: Hiding Place for a Third of the World's Stored Soil Carbon**", u AgReserach Magazine, United States Department of Agriculture (USDA), 2002. <http://agresearchmag.ars.usda.gov/2002/sep/soil>

Doherty, D., Jeeves, A.; **Regrarinas Handbook – I. Climate**, pdf izdanje, 2015.

Ehrlich, A. & P.; "**Ecoscience: The Greeks and Romans Did It, Too!**", Mother Earth News, 1980., <http://www.motherearthnews.com/nature-and-environment/greeks-and-romans-zmaz80mjzraw.aspx>

European Environmental Agency (EEA); "**3.6 Soil Degradation**" u *Environment in the European Union at the Turn of the Century*, 2011., <http://www.eea.europa.eu/publications/92-9157-202-0/page306.html>

EURAF (European Agroforestry Federation); <https://euraf.isa.utl.pt/>

Falk, Ben; ***The Resilient Farm and Homestead: An Innovative Permaculture and Whole Systems Design Approach***, Chelsea Green Publishing, 2013.

Faulkner, Edward; ***Plowman's Folly***, University of Oklahoma Press, 1943.

Fibershed; “**Carbon Farming**”, <http://www.fibershed.com/education/carbon-farming/>

Grgasović, V., Jelavić, V., Kordić, Z., Pašičko, R., Vešligaj, D.; ***Tranzicija prema niskougljičnom razvoju Republike Hrvatske***, Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) u Hrvatskoj, 2013, [http://mzoip.hr/doc/tranzicija\\_prema\\_niskougljicnom\\_razvoju\\_hrvatske.pdf](http://mzoip.hr/doc/tranzicija_prema_niskougljicnom_razvoju_hrvatske.pdf)

*Inhabit* (2015.), dokumentarni film

Ikerd, John; “**Healthy Soils, Healthy People: The Legacy of William Albrecht**”, <http://web.missouri.edu/ikerdj/papers/Albrecht%20Lecture%20-%20Healthy%20Soils%20Healthy%20People.htm>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC); “**Climate Change 2014: Synthesis Report**”, 2014., <http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

Johnson, D., Ellington, J., Eaton, W.; “**Development of soil microbila communities for promoting sustainability in agriculture and a global carbon fix**”, 2015., <https://peerj.com/preprints/789v1/>

Johnson-Su; “**Compost Reactor**”; prezentacija: <http://www.authorstream.com/Presentation/davidcjohson-413029-johnson-su-composting-bioreactor-easy-no-turn-compost-reactor-entertainment-ppt-powerpoint/>

Kelava, Marina; “**Imamo li budućnost? Ne, s ovakvom ekonomijom**”, H-alter, veljača 2014., <http://h-alter.org/vijesti/imamo-li-buducnost-ne-s-ovakvom-ekonomijom>

Marin Carbon Project; <http://www.marincarbonproject.org/home>

Mitchell, Timothy; ***Carbon Democracy: Political Power in the Age of Oil***, Verso, 2011.

Motik, B., Rodik, D., Šimleša, D., Dragičević, G., Kardum, I., Šišak, M., Maljković, N., Pocrnčić, S., Paro Vidolin, S., Pešak, S.; ***Permakulturni dizajn – priručnik uz tečaj***, Zelena mreža aktivističkih grupa (ZMAG), 2014.

New Forest Farm; <http://www.newforestfarm.net/>

Odjel za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku; nastavni materijali Zavoda za zoologiju; <http://biologija.unios.hr/webbio/nastava/nastavni-materijali>

Ohlson, Kristin; ***The Soil Will Save Us***, Rodale, 2014.

Planet Tech Associates; “**Land Restoration with Holistic Management**”, 2013.

<http://planet-tech.com/blog/land-restoration-holistic-management>

Polyface Farms; <http://www.polyfacefarms.com/>

Puđak, Jelena; “**Bioregionalizam: koncept organizacije društvenog života i model razvoja koji doprinosi očuvanju okoliša i integralnoj održivosti**” u Socijalna ekologija, 2010., <http://hrcak.srce.hr/54570>

Regrarians; <http://www.regrarians.org/>

Restoration Agriculture Development (RAD); <http://radpioneers.com/>

Rodale Institute; “**The Farming Systems Trial: Celebratin 30 years**”, 2011.

Rodale Institute; “**Regenerative Organic Agriculture and Climate Change: A Down-to-Earth Solution to Global Warming**”, 2014.

Ruddiman, William; ***Plows, Plague and Petroleum: How Humans Took Congrol of Climate***, Princeton University Press, 2010.

Schwartz, J.D.; “**Soil as Carbon Storehouse: New Waepoan in Climate Fight?**”, 4.3.2014., Yale Envrioment 360, [http://e360.yale.edu/feature/soil\\_as\\_carbon\\_storehouse\\_new\\_weapon\\_in\\_climate\\_fight/2744/](http://e360.yale.edu/feature/soil_as_carbon_storehouse_new_weapon_in_climate_fight/2744/)

Shepard, Mark; ***Restoration Agriculture: Real-world Permaculture for Farmers***, Acres U.S.A, 2013.

Singhal, A.A., Libinski, B.; “**How Food Waste Costs Our Cities Millions**”, World Resource Institute, 16.04.2015., <http://www.wri.org/blog/2015/04/how-food-waste-costs-our-cities-millions>

Soil Carbon Coalition; <http://www.soilcarboncoalition.org/>

Solomon, Steve; ***The Intelligent Gardner: Growing Nutrient-Dense Food***, New Society Publishers, 2012.

Steel, Carolyn; ***Hungry City: How Food Shapes Our Lives***, Random House, 2013.

Stockholm Resilience Center; “**Planetary boundaries research**”, <http://www.stockholmresilience.org/21/research/research-programmes/planetary-boundaries/>

*Symphony of the Soil* (2012.), dokumentarni film

The Savory Intitute; <http://savory.global/>

The Xerces Society; **Farming with Native Beneficial Insects**, Storey Publishing, 2014.

Toensmeier, Eric; **The Carbon Farming Solution: A Global Toolkit of Perennial Crops and Regenerative Agriculture Practices for Climate Change Mitigation and Food Sedurity**, Chelesa Green Publishing, 2015.

Vidačak, Ž., Bogunović, M., Bensa, A.; “**Aktualno stanje zaštite tla u Hrvatskoj**”, izvorno u Gazophylacium, 2005., <https://bib.irb.hr/prikazi-rad?>

White, Courtney; **Grass, Soil, Hope: A Journey through Carbon Country**, Chelsea Green Publishing, 2014.

Whole Systems Design; <http://www.wholesystemsdesign.com/>

Worldwatch Institute; “**Mittigating Climate Change Through Food and Land Use**”, Report #179, 2009., <http://www.worldwatch.org/bookstore/reports>

World Resources Institute; <http://www.wri.org/>

Znaor, D., Landau, S., Karlogan, S., Mirecki, N., Mandić, S., Nadlački, R.; **Zameci promjene: održiva poljoprivreda kao put prosperiteta za Zapadni Balkan**, Zaslada Heinrich Boell (HBS), 2014., <http://unlocking-the-future.com/publikacije/10/pdf/>

#### **IZVORI ILUSTRACIJA**

Wikipedia; <https://en.wikipedia.org/>

Wikipedija; <https://hr.wikipedia.org/>

Panoramio; <http://www.panoramio.com/>

Flickr; <https://www.flickr.com/>

USDA Image Gallery; <http://www.ars.usda.gov/>

AGFORWARD project; <https://www.flickr.com/photos/agforward>

**PREPORUČENA LITERATURA**

- Berry, Wendell; *The Unsettling of America: Culture and Agriculture*, Sierra Club, 1977.
- Carbon Farming Course; <http://carbonfarmingcourse.com/>
- Compost Junkie; <http://www.compostjunkie.com/>
- Klein, Naomi; *This Changes Everything: Capitalism vs. the Climate*, Simon & Schuster, 2014.
- Leopold, Aldo; *A Sand Country Almanac*, Oxford University Press, 1949.
- Miracle Farms; <http://miracle.farm/en/>
- Mollison, B., Holmgren, D.; *Permaculture One: A Perennial Agriculture for Human Settlements*, International Tree Crop Institute USA, 1981.
- Chomsky, Noam: *Profit Over People: Neoliberalism and Global Order*, Seven Stories Press, 1999.
- Pollan, Michael: *The Omnivore's Dilemma: A Natural History of Four Meals*, The Penguin Press, 2006.
- Save Our Soils; <http://saveoursoils.com/>
- Savory, Allan; *Holistic Management – A New Framework for Decision Making*, Islan Press, 1998.
- Shiva, Vandana; *Soil Not Oil: Environmental Justice in an Age of Climate Crisis*, South End Press, 2008.
- Shiva, Vandana: *Earth Democracy: Justice, Sustainability and Peace*, South End Press, 2005.
- Sinai, Agnes; "Upravljanje klimatskim kaosom?", Le Monde diplomatique, Hrvatsko izadnje, kolovoz 2015., <http://lemondediplomatique.hr/upravljanje-klimatskim-kaosom/>
- Smith, J.Russell; *Tree Crops: A Permanent Agriculture*, 1929., [http://journeytoforever.org/farm\\_library/smith/treecropsToC.html](http://journeytoforever.org/farm_library/smith/treecropsToC.html)
- Stamets, Paul: *Mycelium Running: How Mushrooms Can Help Save the World*, Ten Speed Press, 2005.
- Yeomans, P.A. *The Keyline Plan*, 1954. <http://soilandhealth.org/wp-content/uploads/o1aglibrary/o1o125yeomans/o1o125toc.html>
- Yeomans, P.A. *The Challenge of Landscape*, 1958., <http://soilandhealth.org/wp-content/uploads/o1aglibrary/o1o126yeomansII/o1o126toc.html>

**Z**ahvaljujemo generacijama mikroorganizama koji su stvorili uvjete za razvoj života na Zemlji i omogućili da danas živimo ovdje, svi zajedno.





Supported by:

